

## INFLUENCE DE L'ALTERNANCE JOUR/NUIT SUR LES DEPLACEMENTS DE CIVELLES EN FLUVARIUM

A. BARDONNET, S. DASSE, M. PARADE ET M. HELAND

---

UMR ECOBIOP (INRA/UPPA), Ecologie Comportementale et Biologie des Populations de Poissons

Station INRA d'Hydrobiologie 64 310 St Pée sur Nivelles, France.

E-mail : [bardonne@st-pee.inra.fr](mailto:bardonne@st-pee.inra.fr)

### RÉSUMÉ

La migration des civelles d'anguille (*Anguilla anguilla* L.) en estuaire met en jeu de nombreuses réponses comportementales qui nécessitent une meilleure compréhension de la réponse des individus aux facteurs de l'environnement. Le rôle de l'alternance jour/nuit sur le déplacement des civelles a été étudié en fluvarium. La dynamique journalière des captures amont/aval ainsi que les caractéristiques (taille, poids, stade pigmentaire) des individus ont été décrites au cours de deux expériences (février et mars 2000). Les civelles ont été capturées essentiellement de nuit et dans les pièges aval, ce qui est en accord avec les hypothèses de transport en migration portée et les observations de pêche avec captures nocturnes plus importantes. Les comparaisons entre individus « migrants » (capturés dans les pièges) et « résidents » (pêchés en fin d'expérimentation) indiquaient une tendance pour les migrants à être un peu plus grands. Dans un des deux réplicats, les migrants étaient aussi plus lourds et leur stade pigmentaire plus avancé que les résidents. Les résultats suggèrent que le nombre d'individus en activité diminue fortement après 3-4 heures de nage.

**Mots-clés** : civelle, activité locomotrice, fluvarium, rythme journalier, nyctémère

### STUDY OF GLASS-EELS MOVEMENTS IN A FLUME IN RELATION TO NYCTHEMERAL CHANGES

#### ABSTRACT

The understanding of glass-eels (*Anguilla anguilla* L.) progress in estuary is a complex phenomenon which requires to better analyze their behavioural response towards environmental parameters. Two experiments on the influence of the light/dark diel change on glass eel movement were carried out in a flume, during February and March 2000. The upstream and downstream dynamics of catches, as well as some fish characteristics (length, weight, pigmentary stage) were recorded. Glass-eels were caught mainly by night and in the downstream trap. These downstream catches mean that fish moved with the waterflow, which is in agreement with the hypothesis on selective tidal transport generally admitted (swimming behaviour adapted to the migration in estuary, where upstream displacement occurs during the flood tide). Fish caught in the traps, (Movers) were slightly longer than fish collected in the substratum (Stayers). In one of the two replicates, movers were also more pigmented and heavier than stayers. Results suggest that swimming activity lasted for 3-4 hours.

**Key-words** : glass eel, locomotor activity, flume, diel rhythm, nycthemere

## INTRODUCTION

L'anguille (*Anguilla anguilla* L., 1758) est une espèce catadrome. A partir de sa zone de reproduction située dans la Mer des Sargasses, la larve leptocéphale d'anguille effectue, grâce au Gulf Stream, une migration transocéanique de 7 à 9 mois et demi (LECOMTE-FINIGER, 1994). Sur le talus continental Européen, ces larves se métamorphosent en civelles, ce qui représente d'importantes modifications physiologiques, morphologiques et comportementales. En Aquitaine, elles arrivent massivement entre novembre et mars, mais on peut en trouver toute l'année en petite quantité (CHARLON et BLANC, 1982 ; ELIE et ROCHARD, 1994). A partir du talus continental, dans les zones soumises à l'influence de la marée, les civelles (grâce à un comportement particulier) utiliseraient le flot comme vecteur de migration vers l'amont (Mc CLEAVE et KLECKNER, 1982). L'hypothèse la plus probable est qu'elles profitent d'un transport pélagique principalement passif par les courants de marée lors du flot, mais que, en revanche, lors du jusant, elles se plaquent au fond et nagent à contre-courant ou s'enfouissent plus ou moins complètement dans le sédiment quand le courant devient trop fort (CANTRELLE, 1984 ; GASCUEL, 1987). Ce comportement implique une dynamique de progression dépendante du rythme des marées. Les expériences de WIPPELHAUSER et Mc CLEAVE (1988) ont ainsi pu mettre en évidence que l'inversion du courant était un synchroniseur efficace de l'activité des civelles capturées dans des zones soumises à l'influence de la marée. Cependant, de nombreux auteurs font aussi état de captures plus importantes de nuit que de jour (GANDOLFI *et al.*, 1984 ; GASCUEL, 1987 ; ELIE et ROCHARD, 1994) et dans un estuaire à eau peu turbide, tel que celui de l'Adour, la pêcherie n'est active que la nuit. Ces observations suggèrent qu'en plus de la marée, la luminosité jouerait un rôle sur le déplacement des civelles. Les travaux de DE CASAMAJOR *et al.* (1999) suggèrent que c'est la répartition verticale de la civelle dans la tranche d'eau qui est modifiée par la luminosité. Afin d'étudier le comportement des civelles vis-à-vis de la lumière, des civelles capturées sur l'Adour (estuaire non turbide) par des pêcheurs professionnels au tamis poussé (capture en surface) sur la zone d'Urt (zone soumise à l'influence de la marée, marquant la limite administrative de salure des eaux) ont été ramenées au laboratoire puis relâchées dans deux sections d'un fluvarium équipées de pièges amont et aval.

## MATÉRIEL ET MÉTHODES

Le fluvarium de la station d'hydrobiologie de Saint-Pée-sur-Nivelle est un aquarium en anneau fonctionnant en circuit fermé. Il est séparé en deux sections de 10 m de long, 1 m de large et 0,8 m de profondeur. La température de la pièce est gardée constante grâce une climatisation (température de l'eau :  $12,5^{\circ}\text{C} \pm 0,5^{\circ}\text{C}$ ). L'éclairage artificiel est constitué par un système de néons programmables (intensité maximale : 180-200 lux) avec possibilité de passer graduellement de la pleine lumière à l'extinction en 30 min. Le fluvarium est rempli avec l'eau de la Nivelle filtrée (rivière proche de la station) et un système de piégeage à l'amont et à l'aval de chaque section délimite deux zones de 8 m x 1 m (8 m<sup>2</sup>).

La hauteur d'eau est de 0,5 m et la vitesse du courant au milieu de la colonne d'eau est de  $11 \text{ cm}\cdot\text{s}^{-1} \pm 4 \text{ cm}\cdot\text{s}^{-1}$  (vitesse maximale :  $15 \text{ cm}\cdot\text{s}^{-1}$  à l'entrée du piège amont de la section 2) c'est-à-dire en dessous de la vitesse limite de nage de la civelle (Mc CLEAVE 1980, BARBIN et KRUEGER, 1994). Afin que les poissons disposent de caches et qu'on puisse, malgré tout, les retirer facilement à la fin de l'expérience, quatre cadres grillagés de 1,2 m<sup>2</sup> recouverts d'une couche de gravier de 3 cm d'épaisseur (diamètre : 2-4 mm) sont disposés sur le fond de chaque section.

Les lots de civelles sont fournis par des professionnels de l'Adour pêchant sur une zone soumise à l'influence de la marée (près de la commune d'Urt, 22 km de

l'embouchure), et sur laquelle il n'y a pas eu d'intrusion d'eau de mer pendant la période de capture (salinité de 0 g.l<sup>-1</sup>). Les poissons pêchés dans la nuit sont immédiatement comptés et un lot de 400 civelles par section est constitué. Les poissons sont introduits dans chaque section après comptage : 100 civelles sont déposées au-dessus de chaque cadre de gravier. Après une période d'acclimatation de 24 h, les pièges (cylindres grillagés dont l'ouverture est muni d'un anti-retour selon le principe de la nasse ; diamètre 10 cm, longueur 40 cm, maille 1mm) sont rendus fonctionnels par ouverture d'un clapet.

Dans la première expérience qui dure 24 heures (E24h), les civelles ont été pêchées dans la nuit du 31 janvier au 1<sup>er</sup> février 2000. Ce lot était composé à 90% de civelles au stade 5B ; taille 67,95 mm  $\pm$  4,37 ; poids 0,298 g  $\pm$  0,062). Il a été mis en place dans le fluvarium le 1<sup>er</sup> février à 14 h (heure légale). Les horaires de l'aube et du crépuscule étaient calés sur les conditions à cette époque de l'année, à savoir une aube de 8 h à 8 h 30 et un crépuscule de 18 h à 18 h 30 (heure légale). L'ouverture des clapets rendant les pièges fonctionnels a eu lieu le lendemain, 2 février à 13 h (heure légale). Les pièges des 2 sections ont été relevés toutes les heures avec des relevés surnuméraires permettant d'encadrer l'aube et le crépuscule. Le piégeage a duré 24 H et les civelles ont été analysées autant que possible immédiatement après capture (lorsque 3 heures étaient insuffisantes pour traiter toutes les captures, les lots ont été gardés à 4°C avant traitement). Les civelles capturées ont été comptées, mesurées à 0,5 mm près, puis pesées après essorage sur papier filtre (balance Mettler AE 160, précision : 0,001 g). Leur stade pigmentaire a été déterminé sous la loupe binoculaire selon les critères établis par ELIE *et al.* (1982). Après le dernier piégeage, le 3 février à 14 h, les civelles encore présentes dans le fluvarium ont été pêchées à l'épuisette après enlèvement et tri du substrat. Elles ont été placées à 4°C et dans la journée du 4 février, elles ont été comptées, mesurées, et leur stade pigmentaire a été déterminé.

Les données concernant les stades pigmentaires des civelles ont été traitées par un test du Khi-deux. Les effectifs en stades 5A, 6A1 et 6A2 étant très faibles, des regroupements ont été réalisés aboutissant à un tableau de contingence 2 x 2. Les données concernant la longueur (L), le poids (W) et le coefficient de condition ( $K=1000*W/L^3$ ) sont comparées à l'aide du test t de Student,  $Z = (m_a - m_b) / \sqrt{(s_a^2/n_a + s_b^2/n_b)}$ , logiciel STATITCF 5.0, 1991).

Afin d'évaluer si la dynamique des captures observée dans l'expérience E24h avait été influencée par la diminution du nombre des individus potentiellement prêts à migrer (puisque ceux-ci sont retirés après leur piégeage), une nouvelle expérience d'une durée de 60 heures (E60h) a été réalisée. Les civelles ont été pêchées dans la nuit du 5 au 6 mars 2000. Les caractéristiques du lot étaient les suivantes (évaluation sur 57 individus le 6/3/2000) : 74% de stades 5B, 16% de 6A0, 5,2 % de 6A2, 3,5 % de 6A1 et 1,3% de 5A. Elles pesaient 0,302 g  $\pm$  0,066 g et mesuraient 68,6 mm  $\pm$  4,21 g. La mise en place dans le fluvarium a eu lieu le 6 mars à 14 h. Les horaires de l'aube et du crépuscule ont été fixés à 7 h 30-8 h et 19 h-19 h 30, respectivement. Les clapets rendant les pièges fonctionnels ont été ouverts le 7 mars à 13 h. Dans la section 1, les civelles piégées ont été retirées, alors que dans la section 2, elles ont été comptées puis remises dans leur section d'origine dans les minutes suivant le relevé des pièges. Afin que le temps d'évaluation du nombre de civelles piégées n'excède pas 5 min, les civelles capturées dans la section 2 ont été pesées par lot lorsque l'effectif piégé était supérieur à une vingtaine (balance Kern 510-33, précision 0,01g). L'élimination de l'eau avant la pesée étant difficile à standardiser (les civelles sont « égouttées » dans une épuisette avant la pesée), la marge d'erreur a été estimée par comptage sur différents lots comportant 20 à 50 civelles. Les pièges ont été relevés de façon à encadrer l'aube et le crépuscule jusqu'au 10 mars à l'aube. Des relevés surnuméraires ont été réalisés toutes les heures de 19 h à 3 h la première nuit.

## RESULTATS

### Expérience E24h

#### Survie et taux de déplacements

La survie basée sur le nombre total de civelles retrouvées vivantes a atteint 94 % dans la section 1 et 93,5 % dans la section 2. Les taux de migrants calculés sur cette base atteignait 65 % en moyenne (240 sur 377 civelles en section 1, et 251 sur 374 civelles en section 2). L'essentiel des migrants (pratiquement 90 %) est récupéré dans les pièges aval. Seules 26 civelles sur 240 (soit 10,8 %), et 24 sur 251 (soit 9,6 %), respectivement dans les sections 1 et 2 ont été capturées dans les pièges amont.

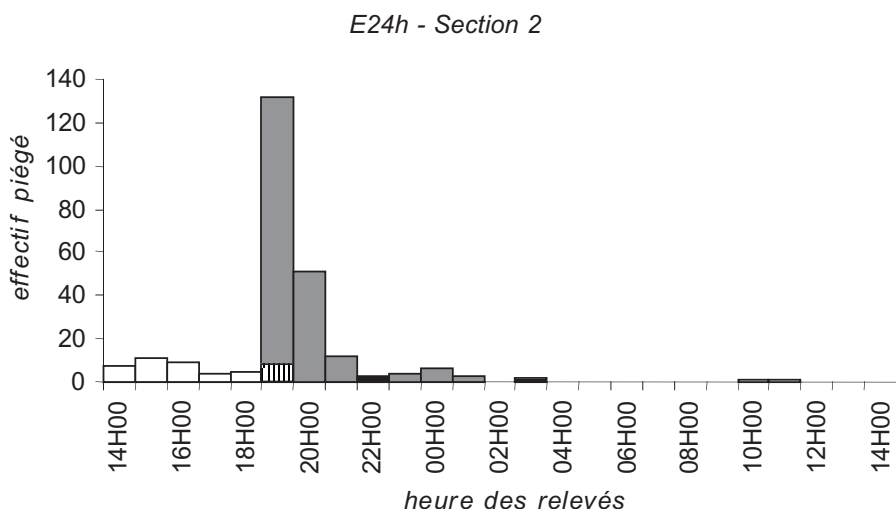
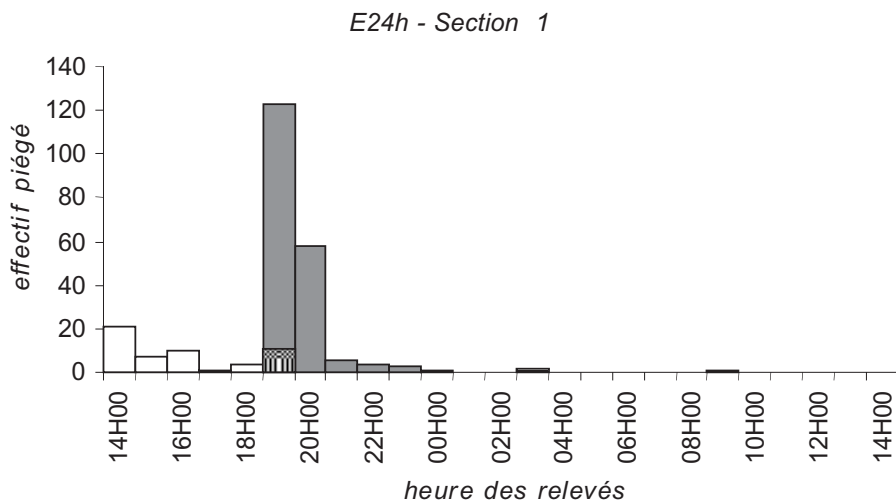


Figure 1

Profil de captures par heure des civelles dans les pièges amont et aval au cours de l'expérience E24h. Captures de jour (barres blanches), captures aube-crêpuscule (barres hachurées), captures de nuit (barres noires).

Figure 1

Number of glass eel caught per hour in the upstream and downstream traps in the course of the E24h experiment. Daylight catches (white bars), twilight catches (hatched bars), night catches (dark bars).

### Dynamique circadienne des captures

Les résultats dans les deux sections sont très comparables (Figure 1). La migration diurne ne représente que 15 % des captures. Les captures de jour apparaissent surtout dans les premières heures qui suivent l'ouverture des clapets qui rendent les pièges fonctionnels. Une augmentation des captures apparaît au moment de la demi-heure crépusculaire. Pendant la nuit, plus de 60 % des individus sont piégés durant la première demi-heure nocturne (18 h 30-19 h). Après le relevé de 20 h, les captures sont en forte baisse. Il n'y a pas de reprise des captures avec l'aube et celles-ci restent pratiquement nulles jusqu'à l'arrêt des relevés à 14 h. Les captures amont représentent seulement 7 % des civelles capturées pendant le crépuscule et la scotophase. Ce taux de capture amont augmente pendant la scotophase puisqu'il représente 42 % des civelles diurnes en section 1, et 29 % des civelles diurnes en section 2.

### Longueur, poids et coefficient de condition (Tableau I)

Les données biométriques (longueur, poids) indiquent que les résidents sont plutôt plus petits que les migrants (test de Student,  $Z_{\text{section 1}} = 3,09$   $p < 0,01$  ;  $Z_{\text{section 2}} = 2,75$   $p < 0,01$ ). Les différences portant sur le poids et le coefficient de condition des individus ne sont significatives que dans la section 2. Les migrants sont alors plus lourds (test de Student,  $Z_{\text{section 1}} = 3,79$   $p < 0,01$ ) et ont un meilleur coefficient de condition (test de Student,  $Z_{\text{section 2}} = 2,58$   $p < 0,01$ ). Les différences entre migrants amont et aval ne sont jamais significatives.

**Tableau I**

**Longueur, poids et coefficient de condition des civelles de l'expérience E24h en fonction de leur comportement (résident/migrant ; migrants amont/aval) dans les sections 1 et 2.**

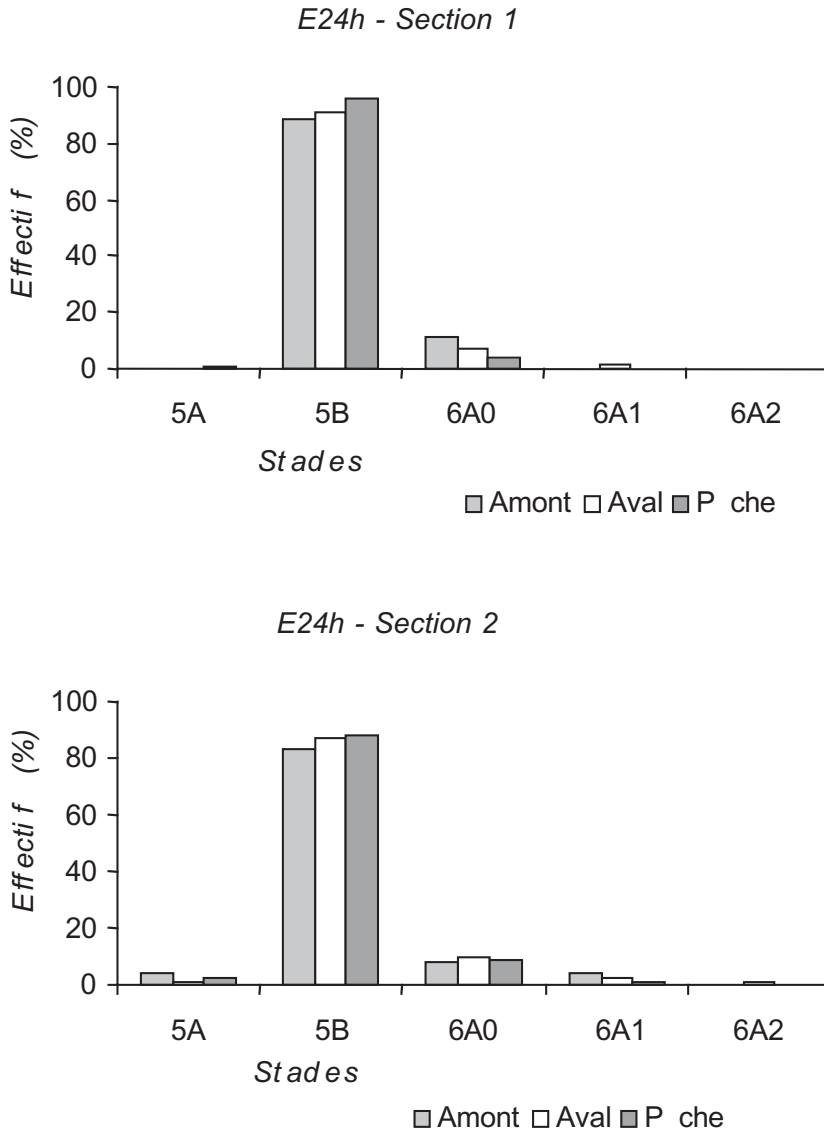
**Table I**

**Length, weight and condition factor of glass eels in the course of the experiment E24h according to their behaviour (stayer/mover; upward/downward catches) in sections 1 and 2.**

		Section 1			Section 2		
		Moyenne	Écart-type	effectif	Moyenne	Écart-type	effectif
Longueur (cm)	Population totale	6,75	0,428	377	6,84	0,44	374
	Résidents	6,66	0,421	137	6,76	0,41	123
	Migrants	6,80	0,425	240	6,89	0,45	251
	Amont	6,86	0,537	26	6,81	0,36	24
	Aval	6,79	0,410	214	6,89	0,46	227
Poids (g)	Population totale	0,2944	0,0604	377	0,3015	0,0641	374
	Résidents	0,2865	0,0577	137	0,2839	0,0622	123
	Migrants	0,2988	0,0616	240	0,3100	0,0634	251
	Amont	0,3041	0,0798	26	0,2936	0,0577	24
	Aval	0,2982	0,0592	214	0,3118	0,0638	227
Coeff de condition (k en g.mm-3)	Population totale	0,9517	0,1193	377	0,9301	0,0963	374
	Résidents	0,9651	0,1269	137	0,9105	0,1101	123
	Migrants	0,9441	0,1143	240	0,9398	0,0874	251
	Amont	0,9261	0,1055	26	0,9185	0,0823	24
	Aval	0,9463	0,1154	214	0,9420	0,0878	227

### Stades

Le stade 5B domine très largement dans les 2 sections (Figure 2). En regroupant les effectifs des stades 5A et 5B d'un côté et 6A0 à 6A2 de l'autre, on peut réaliser des comparaisons par test du Chi2 à 1 ddl. Il y a une différence significative entre migrants et résidents dans la section 1 ( $\chi^2 = 3,99 > \chi^2, p < 0,05$ ), la proportion des stades « tardifs » étant plus importante parmi les migrants. Dans la section 2, cette tendance est aussi observée mais la différence n'est pas significative ( $\chi^2 = 1,06$ ). Les différences entre migrants amont et aval ne sont jamais significatives ( $\chi^2 = 0,197$  et  $0,000$  respectivement en section 1 et 2).



**Figure 2**  
Répartition en pourcentage des stades des civelles capturées dans les pièges amont et aval et lors de la pêche de récupération lors de l'expérience E24h.

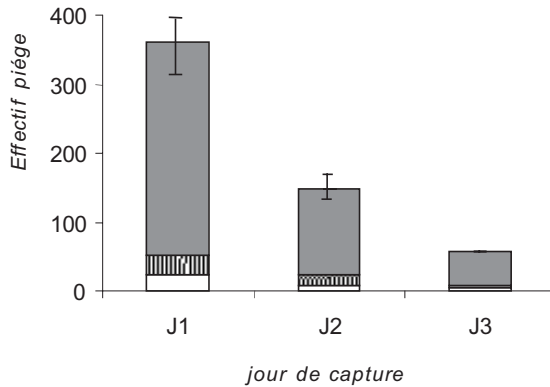
**Figure 2**  
Distribution of pigmentary stages of glass eel (in percentages) caught in the upstream trap (light grey bars) and downstream trap (white bars), and fished at the end (dark grey bars) in the course of the E24h experiment.

### Expérience E60h

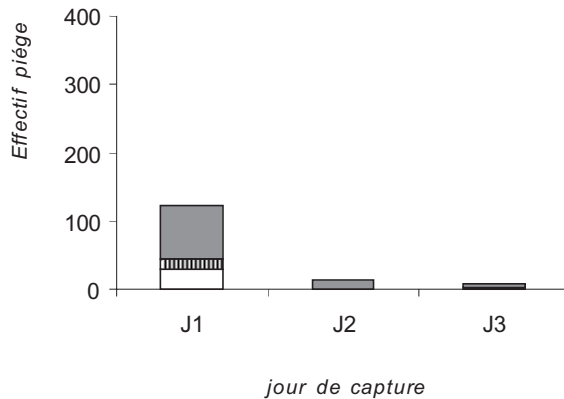
#### Survie et taux de déplacements

La survie a atteint 88 % en section 1 et 90 % en section 2. L'effectif de civelles piégées à J1 (période du 7 mars 13 h au 8 mars 7 h 30) a été de 122 individus en section 2, dont 18 dans le piège amont. Dans la section 1 où les civelles ont été remises après piégeage, l'effectif a été multiplié par presque trois : 356 civelles piégées

*E60h Section 1 - avec remise*



*E60h Section 2 - avec enlèvement*



**Figure 3**

Rythme de capture sur 3 jours au cours de l'expérience E60h dans la section avec remise (section 1) et dans la section avec enlèvement (section 2). La barre d'erreur correspond au mini-maxi des estimations d'effectifs faites à partir du poids des lots. Captures de jour (barres blanches), captures aube-crépuscule (barres hachurées), captures de nuit (barres noires).

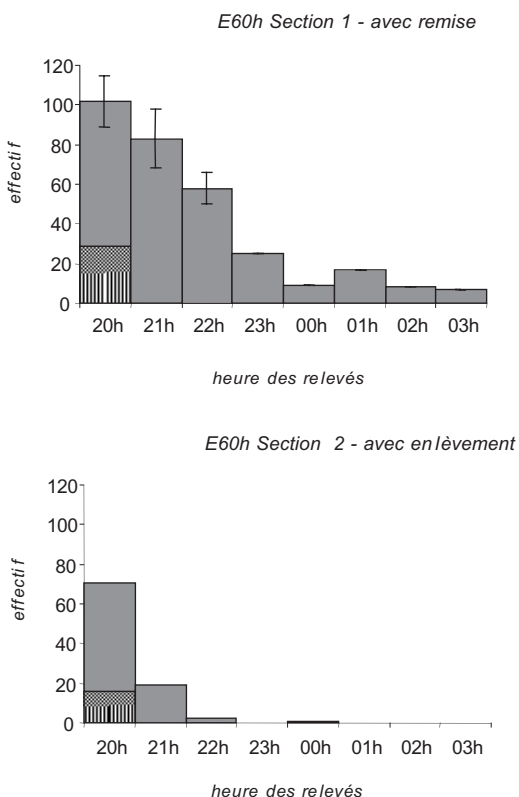
**Figure 3**

Numbers of catches for three days (J1-J2-J3) in the channel where fishes were released after catching (section 1) or kept after catching (section 2). The vertical lines above the bars in section 1 represent the mini-maxi of the estimated number of catches when it was derived from the weight of the batch. Daylight catches (white bars), twilight catches (hatched bars), night catches (dark bars).

(fourchette d'estimation : 319 à 394), dont 13 individus dans le piège amont (Figure 3). L'évolution sur les jours suivants montre une baisse des captures, drastique dans le cas de la section 2, avec 14 individus pour J2 (8 mars 7 h 30 au 9 mars 7 h 30), et 9 individus pour J3 (9 mars 7 h 30 au 10 mars 7 h 30). Dans la section 1, la baisse est aussi évidente, bien que moins rapide : 129 civelles piégées (fourchette d'estimation : 112 à 146) pour J2, et 60 individus pour J3. Les captures amont restent faibles (16 % en moyenne sur la section 2, 5 % sur la section 1). Les relevés montrent que les civelles conservent sur les 3 jours un rythme nocturne de déplacement.

Dynamique des captures pendant la première nuit

On retrouve un pic en début de nuit suivi d'un amortissement rapide dans le cas de la section sans remise (section 2), avec un quasi arrêt des captures 1H 30 après le crépuscule. Dans la section avec remise (section 1), ce ralentissement est plus lent et il n'y a pas d'arrêt complet des captures (Figure 4). Les captures restent importantes



**Figure 4**  
 Rythmes de captures par heure, entre le début du crépuscule (19 h) et 3h du matin au cours de l'expérience E60h dans la section avec remise des civelles piégées (section 1) et dans la section avec enlèvement des civelles piégées (section 2). La barre d'erreur correspond au mini-maxi des estimations d'effectifs faites à partir du poids des lots. Captures de jour (barres blanches), captures aube-crépuscule (barres hachurées), captures de nuit (barres noires).

**Figure 4**  
 Number of catches per hour from 19:00 (beginning of the dusk) and 3:00 in the morning during the E60h experiment in the channel where fishes were released after catching (section 1) or kept after catching (section 2). The vertical lines above the bars in section 1 represent the mini-maxi of the estimated number of catches when it was derived from the weight of the batch. Daylight catches (white bars), twilight catches (hatched bars), night catches (dark bars).



jusqu'à 22h puis se stabilisent entre 7 et 25 individus par heure de 22h à 3 h du matin. Le relevé suivant réalisé juste avant l'aube à 7 h permet la capture de 25 individus.

## DISCUSSION

Dans les conditions du fluvarium, eau claire et 180 lux pendant la photophase, les captures ont été presque entièrement nocturnes. CREUTZBERG (1961) de même que GASCUEL (1987) avaient noté que de jour, les captures étaient plus importantes en profondeur. Plus tard, DE CASAMAJOR *et al.* (1999) montraient que l'éclairement dû à la pleine lune était capable de modifier le ratio des civelles migrant près de la surface ou près du fond (avec plus de migrants près du fond en cas de pleine lune). Ainsi, la lumière pourrait être un inhibiteur de l'activité de nage des civelles via leur photonégativité. Cette activité nocturne pourrait aussi représenter un rythme d'activité synchronisé par la photopériode. Dans leur étude sur le rythme d'activité des civelles, WIPPELHAUSER et Mc CLEAVE (1988) ont réalisé toutes leurs expériences en lumière faible (environ 10 lux) et constante. Sur des civelles capturées en zone tidale ils ont mis en évidence un rythme d'activité avec une période proche de 12,4 h et synchronisé par l'inversion de courant. L'alternance jour/nuit pourrait cependant jouer un rôle dans la mesure où par deux fois sur des civelles capturées en amont de la zone tidale, ces auteurs ont observé une activité cyclique avec des périodes se rapprochant plutôt de l'horloge circadienne (22,4 h et 30 h). Les travaux assez anciens de BOHUN et WINN (1966) sur l'activité locomotrice de l'anguille jaune concluaient à un contrôle exogène de la lumière, mais l'analyse de leurs résultats, basée sur une moyenne de l'activité sur une dizaine de jours, ne paraît pas satisfaisante. Ainsi, si une activité locomotrice dépendante de la luminosité est un fait bien établie chez l'anguille pour la plupart de ses stades de développement : leptocéphale (CASTONGUAY et Mc CLEAVE, 1987), civelle pigmentée et anguille jaune (Van VEEN *et al.*, 1976, 1981), anguille argentée (VOLLESTAD *et al.* 1986), la question d'un possible contrôle endogène n'est pas résolue.

Dans le fluvarium, le pic de début de nuit est très marqué dans les deux expériences. Cependant lorsque les civelles sont remises dans la section après capture, le pic d'activité dure plus longtemps : environ 3 h 30, avant de se stabiliser entre 8 et 25 poissons par heure. Ainsi, l'arrêt des captures observé dans l'expérience E24h et dans la section 2 de l'expérience E60h lorsqu'il n'y a pas remise en place des poissons était sans doute dû à l'épuisement en migrants du stock en place. La durée d'activité observée dans la section 1 corrobore les conclusions de Mc CLEAVE et WIPPELHAUSER (1987) et de WIPPELHAUSER et Mc CLEAVE (1988) d'une activité de nage durant en moyenne 190 minutes, et renforce l'hypothèse selon laquelle il pourrait exister un contrôle endogène provoquant l'arrêt de l'activité après 3 à 4 h de nage.

La plupart des civelles ont été capturées au niveau des pièges aval. Elles ont donc exprimé un comportement de nage correspondant à une progression avec le flux d'eau. Il peut s'agir d'une progression volontaire (active ou passive), ou résulter d'une incapacité des civelles à lutter contre le courant d'eau. Cette dernière hypothèse est cependant peu probable car la vitesse maximum à l'entrée des pièges reste inférieure à la capacité de progression de la civelle (Mc CLEAVE, 1980), et cela a été vérifié dans les conditions du fluvarium (HELAND et PARADE, 2002). Ainsi les civelles pourraient exprimer un comportement en cohérence avec leur lieu de capture soumis à l'influence des marées (zone d'Urt) plutôt qu'avec les conditions de courant unidirectionnel auxquelles elles sont soumises dans le fluvarium. WIPPELHAUSER et Mc CLEAVE (1988) lors de leur étude sur le rythme d'activité de la civelle, avaient aussi noté l'expression de comportements adaptés au lieu de capture.

Aucune différence entre la pigmentation ou les caractéristiques biométriques des individus piégés alors qu'ils se déplaçaient vers l'amont ou vers l'aval n'a pu être mise

en évidence par nos expérimentations. Par contre, les résidents avaient tendance à être moins longs et, dans un cas sur deux, ils étaient moins lourds et la proportion de civelles pigmentées était moindre. Dans les conditions d'expérimentation, la propension à se déplacer avec le courant d'eau la nuit pourrait donc être influencée par l'historique de l'animal (date d'arrivée, durée de la résidence dans l'estuaire avant capture).

L'expérience E60h a montré que les captures s'arrêtaient après 3 jours passés dans le fluvarium. Des expériences précédentes réalisées dans des conditions comparables avaient aussi montré que l'activité des civelles se réduisait de façon importante après 3 jours (HELAND et PARADE, 2002). Cette cessation progressive de l'activité de nage des civelles dans les conditions expérimentales du fluvarium peut avoir une explication éthologique. Il est fréquent d'observer chez l'animal l'extinction d'une réponse comportementale en l'absence de renforcement (Mc FARLAND, 2001). Dans le cas des civelles, le renforcement pourrait être une progression vers l'amont de la rivière offrant des conditions d'habitat différentes et/ou une modification du signal chimo-sensoriel, facteurs absents de notre système expérimental.

## REMERCIEMENTS

Nous remercions le Gis grisam pour son soutien, ainsi que le Ministère de l'Environnement et la Dîren Aquitaine pour avoir partiellement financé cette étude. Nous remercions également E. Huchet et J-C. Vignes pour leur aide technique lors de la mise en place et de la réalisation des expériences. Enfin, nous tenons à remercier les professionnels de l'Adour et notamment D. Mahaut pour nous avoir fourni le matériel biologique.

## BIBLIOGRAPHIE

- BARBIN G.P. et W.H. KRUEGER, 1994. Behaviour and swimming performance of elvers of the American eel, *Anguilla rostrata*, in an experimental flume. *J. Fish Biol.*, 45, 111-121.
- BOHUN S. et WINN H.E. 1966. Locomotor activity of the American eel (*Anguilla rostrata*). *Chesapeake Science*, 7, 137-147.
- CANTRELLE I. 1984. Les populations de civelles d'*Anguilla anguilla* L. en migration dans l'estuaire de la Gironde. *Vie Milieu*, 34 (2/3), 109-116.
- CASTONGUAY M. et J.D. Mc CLEAVE. 1987. Vertical distributions, diel and ontogenetic vertical migrations and net avoidance of leptocephali of *Anguilla* and other common species in the Sargasso sea. *J. Plankton Res.*, 9, 195-214.
- CHARLON N. et J.M. BLANC, 1982. Etude des civelles d'*Anguilla anguilla* dans la région du bassin de l'Adour. 1) Caractéristiques biométriques de longueur et de poids en fonction de la pigmentation. *Arch. Hydrobiol.*, 93, 238-255.
- CREUTZBERG F., 1961. On the orientation of migrating elvers (*Anguilla vulgaris* Turt.) in a tidal area. *Neth. J. of Sea Res.*, 1 (3), 257-338.
- DE CASAMAJOR M.N, BRU N. et P. PROUZET, 1999. Influence de la luminosité nocturne et de la turbidité sur le comportement vertical de migration de la civelle d'anguille (*Anguilla anguilla* L.) dans l'estuaire de l'Adour. *Bull. Fr. Pêche Piscic.*, 355, 327-347.
- ELIE P., LECOMTE-FINIGER R., CANTRELLE I. et N. CHARLON, 1982. Définition des limites des différents stades pigmentaires durant la phase civelle d'*Anguilla anguilla* L. (Poisson téléostéen anguilliforme). *Vie Milieu*, 32(3) 149-157.
- ELIE P. et E. ROCHARD, 1994. Migration des civelles d'anguilles (*Anguilla anguilla* L.) dans les estuaires, modalités du phénomène et caractéristiques des individus. *Bull. Fr. Pêche Piscic.*, 335, 81-98.
- GANDOLFI G., PESARO M. et P. TONGIORGI, 1984. Environmental factors affecting the ascent of elvers, *Anguilla anguilla* (L.), into the Arno river. *Oebalia*, X, 17-35.

- GASCUEL D., 1987. La civelle d'anguille dans l'estuaire de la Sèvre Niortaise. Biologie, écologie, exploitation. Rapport général. *Public. Dépt. Halieutique de l'ENSA de Rennes*, 330 pp.
- HELAND M. et M. PARADE, 2002. Etude expérimentale de l'influence des paramètres hydrodynamiques sur la migration de civelles d'anguille Européenne. Rapport Gis Grisam, INRA/Diren Aquitaine, 22 pp.
- LECOMTE-FINIGER R., 1994. Contribution de l'otolithométrie à l'étude de la dynamique de la migration larvaire de l'anguille européenne *Anguilla anguilla*. *Bull. Fr. Pêche Piscic.*, 335, 17-31.
- Mc CLEAVE J.D., 1980. Swimming performance of European eel (*Anguilla anguilla* L.) elvers. *J. Fish Biol.*, 16, 445-452.
- Mc CLEAVE J.D. et R.C. KLECKNER, 1982. Selective tidal stream transport in the estuarine migration of glass eels of the American eel (*Anguilla rostrata*). *J. Cons. Int. Explor. Mer*, 40, 262-271.
- Mc FARLAND D., 2001. Le comportement animal. Psychobiologie, Ethologie et Evolution, De Boeck Univ., Paris, Bruxelles, 613 pp.
- Van VEEN T.H., HARTWIG H.G. et K. MÜLLER, 1976. Light-dependent motor activity and photonegative behavior in the eel (*Anguilla anguilla* L.). *J. Comp. Physiol.*, 111, 209-219.
- Van VEEN T.H., ANDERSSON M. et D.E. NILSSON, 1981. Diel rhythm in the elver, *Anguilla anguilla* : testing a computerized system for recording biorhythmics. *Oikos*, 37, 69-72.
- VOLLESTAD L.A., JONSSON B., HVIDSEN N.A., NAESJE T.F., HARALDSTAD O. et J. RUUD-HANSEN, 1986. Environmental factors regulating the seaward migration of European silver eels (*Anguilla anguilla*). *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 43, 1909-1916.
- WIPPELHAUSER G.S. et J.D. Mc CLEAVE, 1988. Rhythmic activity of migrating juvenile american eels *Anguilla rostrata*. *J. mar. biol. Ass. U.K.*, 68, 81-91.

