

VOLET POISSONS MIGRATEURS

Contrat de Projet Etat-Région
2007 - 2013



Analyse des tendances
de stock d'anguilles
jaunes du bassin
versant de la Vilaine
par pêches électriques

2011

Maître d'ouvrage :

Institution d'Aménagement de la
Vilaine



Cédric Briand
Brice Sauvaget

Edition :

Avril 2012



PREFECTURE DE LA RÉGION BRETAGNE

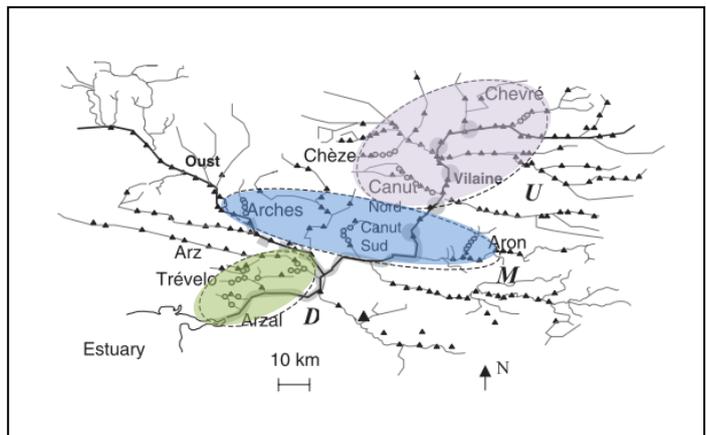


MATERIEL ET METHODES

ZONE D'ETUDE

Pour cette étude, le bassin versant a été séparé en trois classes de distance (rkm = kilomètres de rivière) :

- la zone aval située à moins de 50 kilomètres de rivière du barrage d'Arzal (<50 rkm) est formée principalement par des affluents connectés au bief aval de la Vilaine sous influence directe du barrage d'Arzal. Le cours principal de la Vilaine forme un bief de 30-150 m de large, en connexion avec les marais de Redon.



- la zone intermédiaire est composée de secteurs situés entre 50 et 100 kilomètres de rivière du barrage d'Arzal (50-100 rkm). Les affluents échantillonnés comportent le Canut Sud, séparé de la Vilaine aval par un barrage, et le ruisseau de l'Aron accessible après deux barrages. Le troisième, le ruisseau des Arches, est plus difficile d'accès pour les anguilles. Il est localisé sur l'Oust et est séparé par 6 barrages de navigation de la Vilaine aval. Cet axe a été entièrement équipé de passes à anguilles en 2003.

- la zone amont (>100 rkm) comprend des affluents connectés à l'axe de la Vilaine. Les points d'échantillonnage sont localisés entre 110 et 165 kilomètres du barrage d'Arzal. En 1999 et 2000, 13 passes à anguilles ont été construites sur les barrages de navigation de la Vilaine, facilitant l'accès aux affluents du Canut Nord et de la Chèze. Elles ont aussi facilité l'accès au Chevré situé en amont de Rennes, bien que trois barrages soient restés non équipés pour l'accès à cette rivière. Une passe à anguilles située sur le troisième barrage de la Vilaine (la Molière) a été arrachée durant la crue de l'hiver 2000 et reconstruite en 2006.

METHODE DE PÊCHE

Sur 46 stations de pêche électrique prospectées sur le bassin versant de la Vilaine chaque année entre fin août et novembre de 1998 à 2005 (BRIAND *et al.*, 2006), une sélection de 19 stations situées sur 10 affluents ont été conservées à partir de 2007 et sont depuis prospectées tous les 2 ans (**Carte 1**). La méthode de pêche est standardisée. Les pêches électriques sont effectuées à l'aide d'un matériel de type Héron. Les secteurs de pêche couvrent approximativement une surface de pêche de 100 m². Ils sont délimités et marqués de manière à prospecter le même secteur d'une campagne de pêche sur l'autre. Le courant utilisé est continu. L'anode est placée à intervalles réguliers de manière à prospecter l'ensemble de la surface du secteur de pêche. Une fois le courant appliqué, l'électrode est maintenue en place pendant au minimum 30 secondes, plus si une anguille détectée n'est pas encore capturée. La capture des anguilles est effectuée par deux pêcheurs, équipés d'une épuisette large à cadre métallique avec le bord inférieur droit de 60cm de large avec des mailles de 2 mm ; et d'une petite épuisette à main ronde ou carrée avec des mailles de 2 mm. Cet équipement peut varier en fonction des circonstances. Les grandes épuisettes sont surtout efficaces dans les secteurs où le

débit est important et la visibilité réduite. Lorsque le débit est faible ou nul, les grandes épuisettes ne sont pas utilisées. Les épuisettes secondaires peuvent être remplacées par des petites épuisettes rectangulaires utilisées dans la biométrie lorsque le cours d'eau pêché est en étiage sévère, et qu'il est nécessaire de « chasser » les anguillettes dans les interstices des pierres sur les radiers. Les stations pêchées font l'objet d'un inventaire complet de la faune piscicole présente. Le nombre d'anguilles collectées par point est noté par un opérateur en rive, qui est également chargé de contrôler le temps de pêche.

TRAITEMENT DES DONNÉES

Les densités sont évaluées comme suit :

$$D = \frac{N_{cs}}{\text{surface}}$$

où N_{cs} correspond aux nombres évalués par la méthode de Carle&Strubb (librairie FSA, R) et la **surface** correspond à la surface mouillée de la station de pêche.

L'**efficacité** de pêche est calculée à partir de l'effectif Carle&Strubb (N_{cs}) et de l'effectif au premier passage (N_{p1}) :

$$\text{Efficacite (\%)} = \frac{N_{p1}}{N_{cs}}$$

Les biomasses d'anguilles estimées (B_e) par station sont calculées à partir des biomasses

$$B_e = B \times \frac{D}{N}$$

Les densités de chaque classe de taille (i) sont calculées comme suit :

$$D_{t=i} = N_{t=i} \times \frac{N_{cs}}{N \times \text{surface}} = N_{t=i} \times \frac{D}{N}$$

Les densités par classe d'âge sont calculées grâce à la clé taille élaborée par Mounaix (1992) complétée par des anguilles prélevées en 1998 et 1999 dans les cours d'eaux (Briand *et al.*, 2006).

$$\begin{pmatrix} D_{a=0 \ s=1} & \cdots & D_{a=0 \ s=n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ D_{a=4+ \ s=1} & \cdots & D_{a=4+ \ s=n} \end{pmatrix} = t \begin{pmatrix} D_{t<80 \ s=1} & \cdots & D_{t<80 \ s=n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ D_{t>700 \ s=1} & \cdots & D_{t>700 \ s=n} \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} P_{a=0 \ t<80} & \cdots & P_{a=4+ \ t<80} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ P_{a=0 \ t>700} & \cdots & P_{a=4+ \ t>700} \end{pmatrix}$$

Pour les âges ($a= 0,1,2,3,4+$), classes de tailles ($t=<80, [80-90[, \dots, [390,400[, [400,500[, [500,600[, [600,700[, >700$) et station $s= 1$ à n , où P représente la proportion pour une cellule de la matrice de clé taille âge, D_a la densité par âge pour une station et D_t la densité par classe de taille.

ANALYSES STATISTIQUES

Les densités d'anguilles sont log transformées pour normaliser la distribution (Shapiro-Wilks $p>0.1$). Une analyse de variance simple est appliquée en utilisant la formule :

$$\log(\text{Densite}) \approx \text{année} + \text{station}$$

avec un lien identité et une distribution normale. Un test post hoc de Tukey est appliqué aux densités pour grouper les années semblables.

L'évolution de la densité en anguilles et des biomasses est analysée par zone (classe de distance du barrage) et par âge. Les tendances de densité sont analysées ainsi que la moyenne par secteur de distance. Cette moyenne est comparée à la valeur de référence de 0.3 anguille.m⁻² fixée par le PLAGEPOMI pour les parties aval des cours d'eaux.

MARQUAGE RECAPTURE DES ANGUILLES

Le marquage des anguilles a été effectué par pit tag à l'aide d'un injecteur manuel. Les pits tags ont été placés dans la cavité abdominale. Ils sont passés dans l'alcool avant d'être implantés. Les anguilles de taille susceptible d'être recapturées ont été testées pour le marquage.

EFFET DES MESURES DE TRANSPORT DE CIVELLES

En Vilaine, les décisions de gestion ont en partie reposé sur la mise en place d'opérations de pêches expérimentales et de transport de civelles qui étaient destinées à compenser la diminution des montées sur la passe à civelles. Ces opérations de transport ont eu lieu en 1999, 2000, et de 2002 à 2005. Elles offrent une opportunité de mesurer l'effet d'une politique de gestion qui a été mise en place à l'échelle européenne.

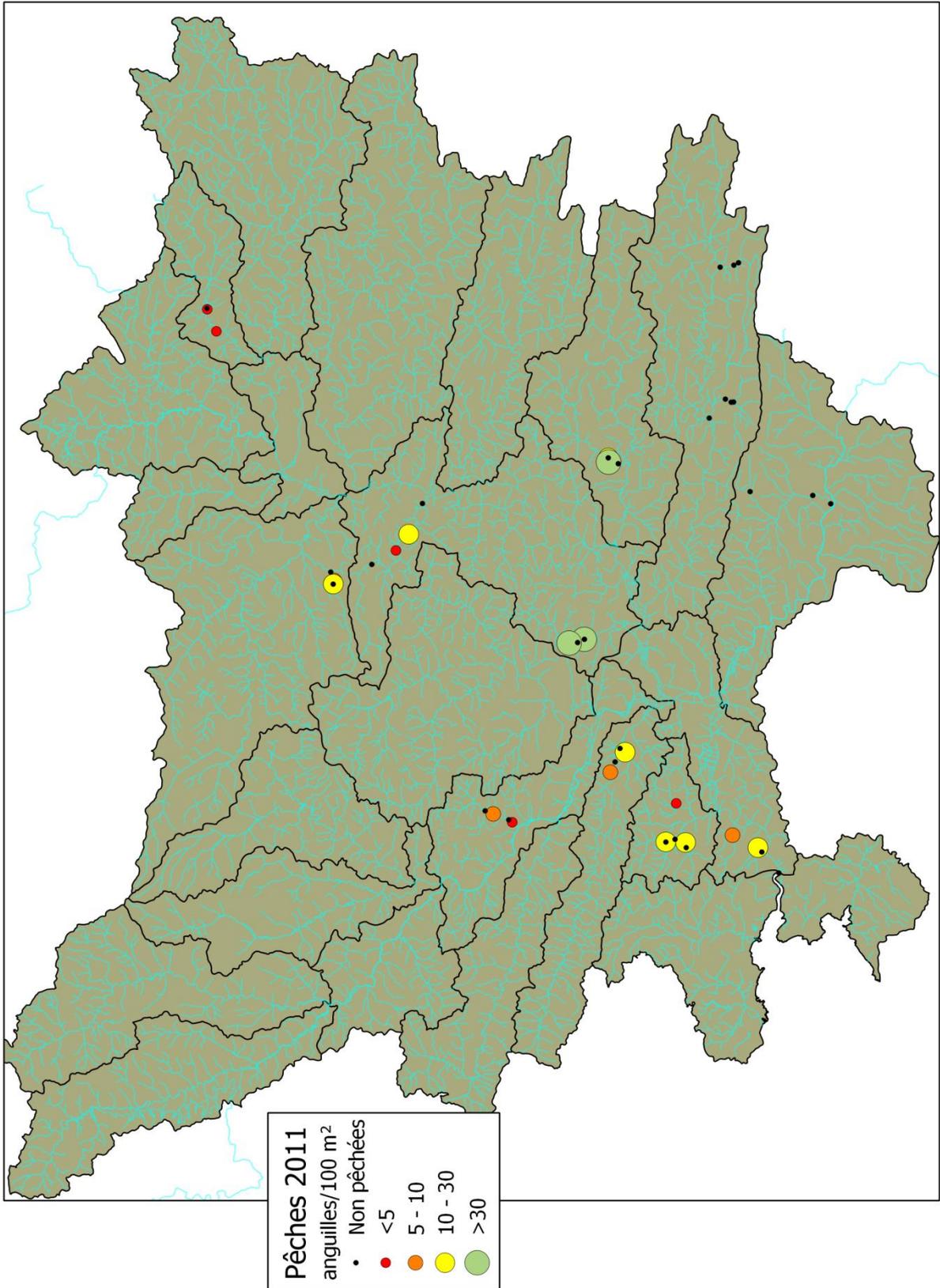
L'analyse de la survie des civelles après transport dans des ruisseaux de taille suffisamment réduite pour permettre un échantillonnage systématique des abondances de civelles après transport a conduit à des valeurs extrêmement faibles. Ces éléments, de même que la connaissance des problèmes de survie des civelles après pêche (Briand et al., 2012), amènent à vouloir tester l'hypothèse d'une survie différente entre les civelles migrant sur la passe et les civelles obtenues après pêche expérimentale.

L'hypothèse qui est effectuée est que les densités dans les cours d'eaux ont, après quelques années, une importance qui est linéairement liée au recrutement fluvial. Le recrutement fluvial net de civelles est calculé avec une mortalité différente entre les civelles franchissant la passe et les civelles transportées après pêche. Trois hypothèses sont effectuées :

- H1 : une survie identique en fonction des deux sources (60 % de mortalité),
- H2 : une survie plus faible des civelles transportées (80 % de mortalité),
- H3 : une survie nulle des civelles transportées.

Ces données sont comparées à l'évolution des densités analysées dans la zone aval (<50 rkm) qui est également celle où les transports ont eu lieu.

L'analyse des corrélations croisées entre la série de densités obtenues après pêche électrique et la série de recrutement fluvial renseigne sur le délai moyen entre l'arrivée des civelles et l'éventuel pic de densités dans les cours d'eaux. Ce délai est appliqué pour décaler les séries de recrutement. Ensuite la corrélation entre les séries correspondant aux différentes hypothèses de mortalité est appliquée. L'idée est que la série avec la meilleure corrélation correspondra à la meilleure survie probable des civelles.



Carte 1.- Densités observées sur les stations de pêche électrique du bassin versant de la Vilaine en 2011.

RESULTATS

RECRUTEMENT ESTUARIEN

Les captures totales de la pêcherie sont passées de 57 tonnes en 1981 à 17.4, 14.9, 13.9, 7.9, 14.5, 9.1, 6.7, 6.8, 2.6 et 3.9 tonnes respectivement de 1998 à 2011 pour les années de pêches électriques.

RECRUTEMENT FLUVIAL

Le recrutement fluvial vers le bassin versant est composé majoritairement du stade civelle, variant de 0.01 à 2.47 millions de civelle par an (2.7 à 701 kg pour 2011 et 1998). Le nombre d'anguilles jaunes comptées sur les passes a varié de 15 553 à 33 649 entre 1996 et 1999, puis a chuté à 851 en 2005, remonté fortement ensuite à 71 584 en 2009, puis chuté à nouveau jusqu'à 9 554 en 2011. Les deux recrutements fluviaux les plus forts ont été observés en 1996 et 1998 et la chute du recrutement fluvial reflète celle des débarquements de la pêche civellière qui sont passés de 21 tonnes en 1997 à 4.0 tonnes en 2011. Entre 2000 et 2005, les captures lors des pêches expérimentales ont lissé la chute du recrutement fluvial sans la compenser pleinement (**Figure 1**). L'augmentation de la migration des anguilles jaunes après 2005 est concomitante avec l'arrêt des pêches scientifiques de civelles après la saison de pêche professionnelle. La baisse de la migration de civelles à partir de 2009 est la conséquence de la fermeture tardive de la saison de pêche professionnelle extension de la saison jusqu'à la fin avril).

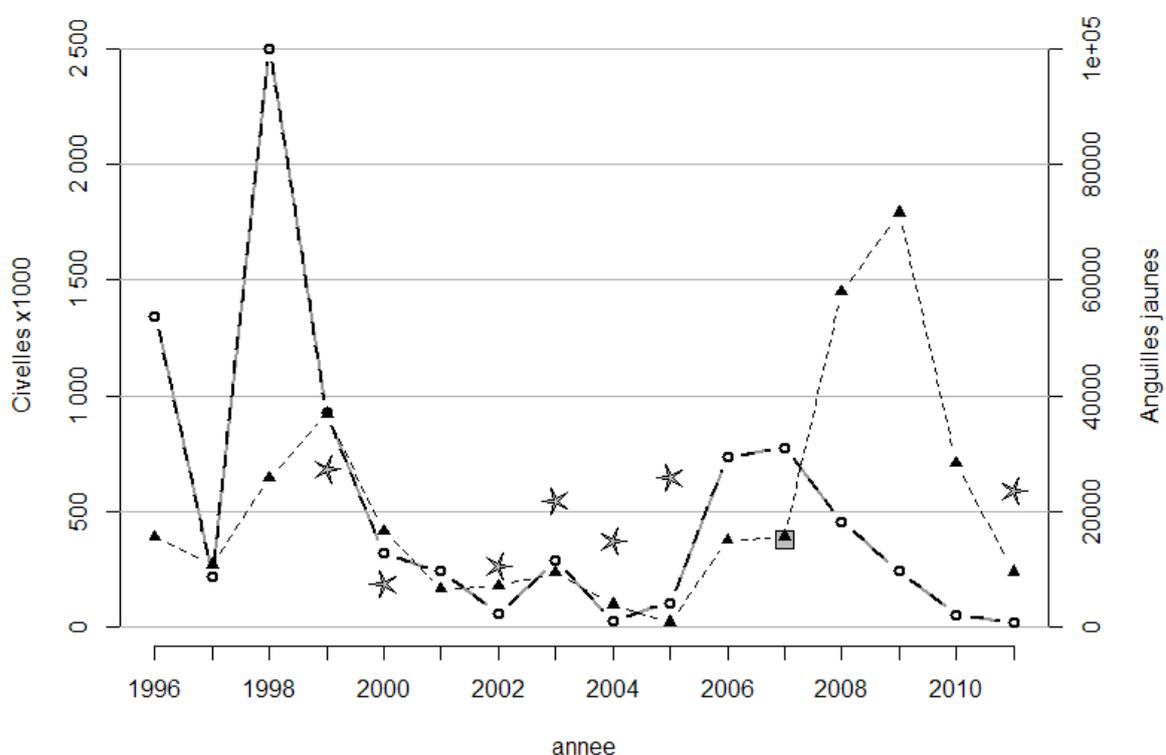


Figure 1.- Migrations d'anguilles jaunes (--Δ--) et de civelles (-o-) sur la passe au barrage d'Arzal, civelles pêchées et transportées (étoiles) et estimation de la migration de civelles lors des manœuvres d'écluse entre 1996 et 2011 (carré).

TENDANCES DE LA POPULATION D'ANGUILLE

Pour l'analyse des résultats obtenus par pêche électrique depuis 1998, seules les stations prospectées à chaque campagne ont été conservées, soit 19 au total (9 pour le Morbihan et 10 pour l'Ille-et-Vilaine).

L'efficacité de pêche est très bonne pour les années 2003 à 2009 et elle reste bonne avec 62% pour 2011 (**Tableau 1**). La densité moyenne par station est passée de 0.72 (+0.37) anguille.m⁻² en 1998 à 0.88 (+0.42) anguille.m⁻² en 2000 avant de chuter rapidement à 0.34 (+0.10) anguille.m⁻² en 2003. Depuis, elle continue à baisser pour atteindre 0.17 (+0.07) anguille.m⁻² en 2011. L'évolution de la biomasse moyenne est moins linéaire avec des valeurs assez stables entre 1998 et 2001 (16.50 +-4.35 et 18.97 +-6.64 g.m⁻²) puis en chute marquée jusqu'en 2011 à 6.08 (+-2.56) g.m⁻² mais avec la biomasse la plus forte de la période 2003-2011 en 2007 (11.37 +-8.62 g.m⁻²) (**Tableau 1**).

Campagne	Densité moyenne CS	Biomasse moyenne CS	Efficacité (%)
1998	0.72 +- 0.37	16.50 +- 4.35	51 +- 7
1999	0.73 +- 0.35	18.05 +- 6.71	54 +- 9
2000	0.88 +- 0.42	19.10 +- 5.86	59 +- 11
2001	0.78 +- 0.28	18.97 +- 6.64	60 +- 9
2002	0.58 +- 0.29	13.21 +- 4.65	56 +- 12
2003	0.34 +- 0.10	8.92 +- 3.07	69 +- 9
2005	0.23 +- 0.09	8.31 +- 4.03	75 +- 11
2007	0.21 +- 0.08	11.37 +- 8.62	72 +- 10
2009	0.22 +- 0.08	8.90 +- 3.43	66 +- 12
2011	0.17 +- 0.07	6.08 +- 2.56	62 +- 10

Tableau 1.- Densité et biomasse moyennes en anguilles (méthode Carle et Strub) et efficacité de pêche calculées pour les 19 stations prospectées entre 1998 et 2011. Les intervalles de confiance sont à 0.05.

L'analyse de variance montre que les deux facteurs station et année sont significatifs (**Tableau 2**). Le pourcentage de déviance expliqué par le modèle est de 67%.

	Df	Deviance	Resid. Df	Resid. Dev	F	Pr(>F)	
NULL			189	260.793			
stcod	18	112.175	171	148.617	11.741	< 2.2e-16	***
annee	9	62.633	162	85.984	13.112	1.31E-15	***

Tableau 2.- Analyse de variance sur les données de densité log transformées, les facteurs année et station sont significatifs.

Les densités ont diminué de manière significative entre 2000 et 2003, et l'année 2011 montre des densités comparables statistiquement aux densités des années 2005 à 2007, mais qui marquent un recul significatif par rapport aux densités de 2003 (Tukey Post hoc test, groupes séparés au seuil de 0.05) (**Figure 2, Tableau 1**).

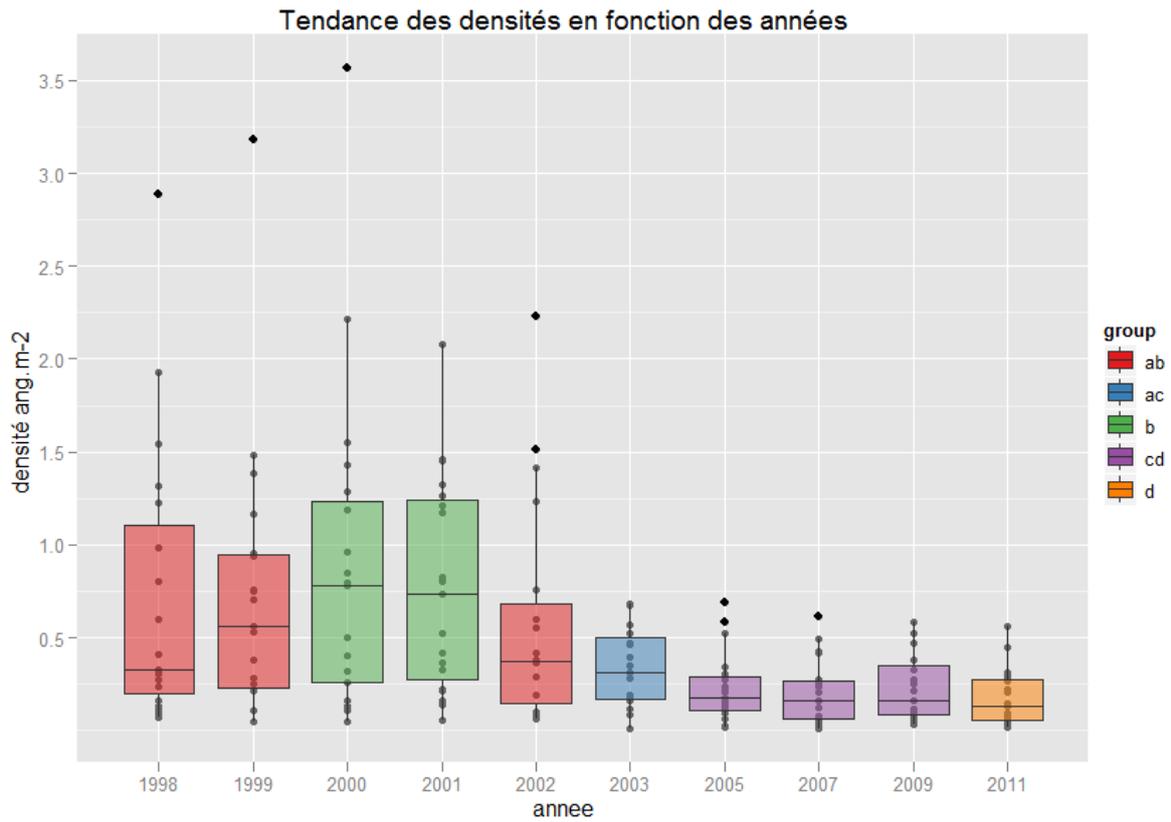


Figure 2.- Classement des densités en fonction des années, test Post hoc de Tukey, groupes classés au seuil de 0.05)¹.

¹ Attention dans la lecture du graphique, les pêches électriques ont eu lieu tous les ans de 1998 à 2003, puis tous les 2 ans ensuite. L'axe des abscisses des figures ne tient pas compte de ce changement d'échelle.

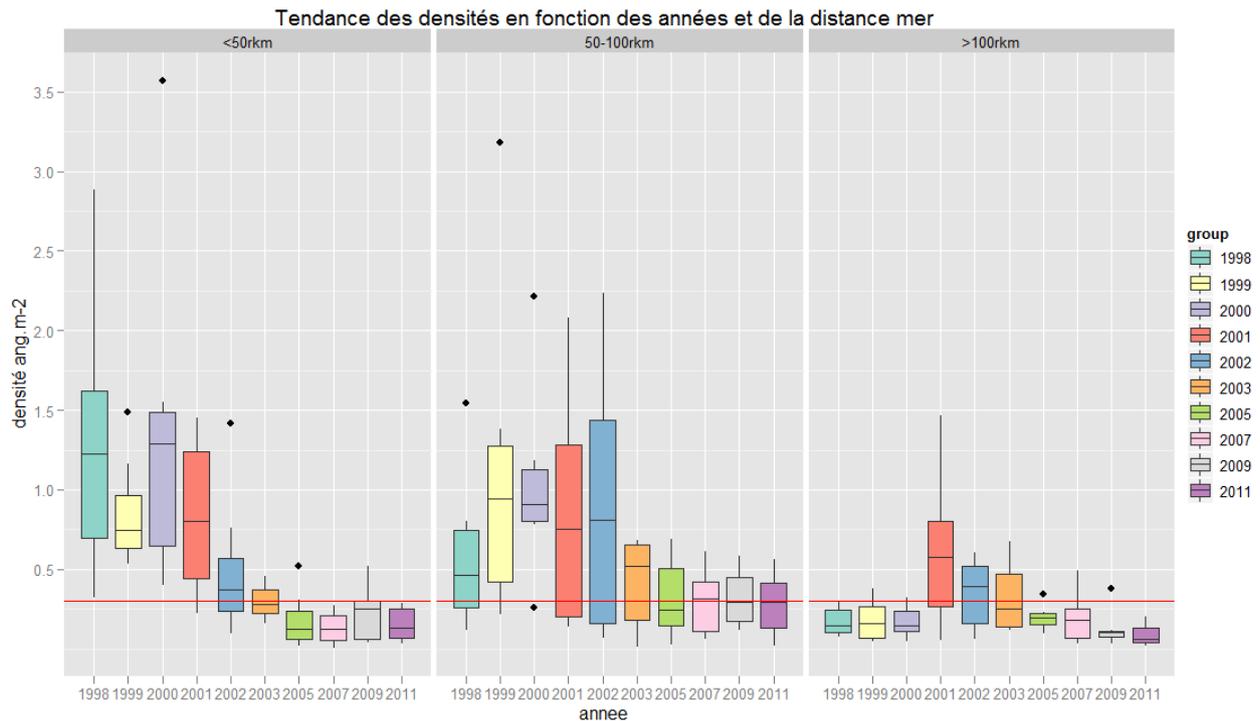


Figure 3.- Densités moyennes d’anguilles par classe de distance pour les pêches électriques de 1998 à 2011. L’axe rouge représente le seuil fixé actuellement dans le plan de gestion (0.3 anguille.m⁻²). Les barres d’erreur correspondent aux intervalles de confiance à 0.05².

Le déclin en densité intervient pour toutes les catégories de distance à la mer (**Figure 3**). Les densités de 2011 sont assez semblables à celles de la période 2005-2009 à moins de 100 kilomètres de la mer, mais poursuivent leur déclin plus en amont. A plus de 100 kilomètres de la mer, les densités sont maintenant inférieures à celles des premières années de pêches électriques où la colonisation démarrait avec 0.09 (+0.07) anguille.m⁻². En 2011, pour la première fois les stations situées entre 50 et 100 kilomètres de la mer ont des densités inférieures à la cible de gestion de 0.3 anguille.m⁻² fixée par le PLAGEPOMI pour les parties aval des cours d’eaux avec 0.28 (+0.22) anguille.m⁻². Sur l’ensemble des stations, la densité moyenne est très inférieure à la cible de gestion avec 0.17 (+0.07) anguille.m⁻².

En 2011, en comparaison avec la période 2005-2009, les biomasses moyennes suivent la même tendance que les densités en fonction de la distance à la mer (**Figure 4**), avec une stagnation à moins de 100 kilomètres de la mer (respectivement 2.48 +-2.50 et 9.23 +-7.11 g.m⁻²) et une baisse marquée au-delà avec 7.13 (+-4.13) g.m⁻². La biomasse moyenne en 2011 tous secteurs confondus est de 6.08 (+-2.56) g.m⁻². La chute des biomasses depuis le début des pêches est d’autant moins marquée que l’on s’éloigne du barrage d’Arzal.

² Attention les pêches électriques ont eu lieu tous les ans de 1998 à 2003, puis tous les 2 ans ensuite.

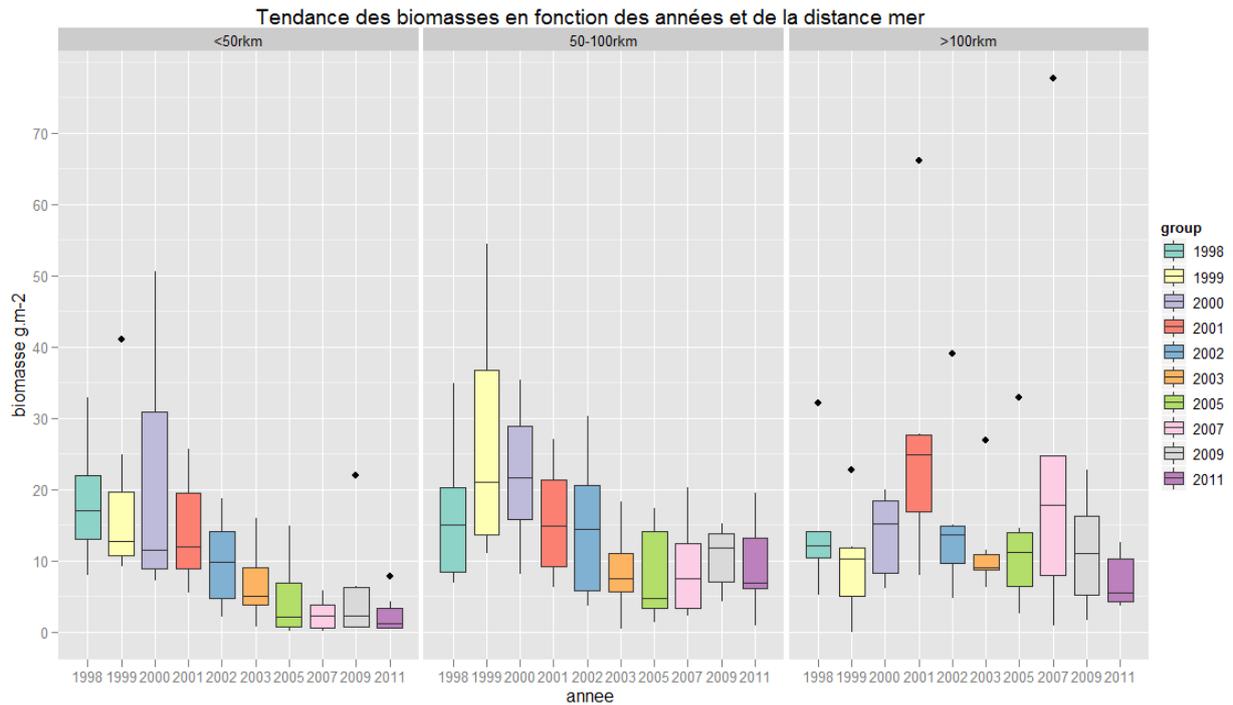


Figure 4.- Biomasses moyennes d'anguilles par classe de distance pour les pêches électriques de 1998 à 2011. Les barres d'erreur correspondent aux intervalles de confiance à 0.05³.

La clé taille-âge utilisée doit être considérée avec précaution car il n'y a pas eu de vérification des données de croissance. Les anguillettes en migration ayant une taille significativement plus faible que les autres (IMBERT *et al.*, 2008), il est possible que les individus classés dans les moins de deux ans aient en fait un âge plus important (3 ou 4 ans).

³ Attention les pêches électriques ont eu lieu tous les ans de 1998 à 2003, puis tous les 2 ans ensuite.

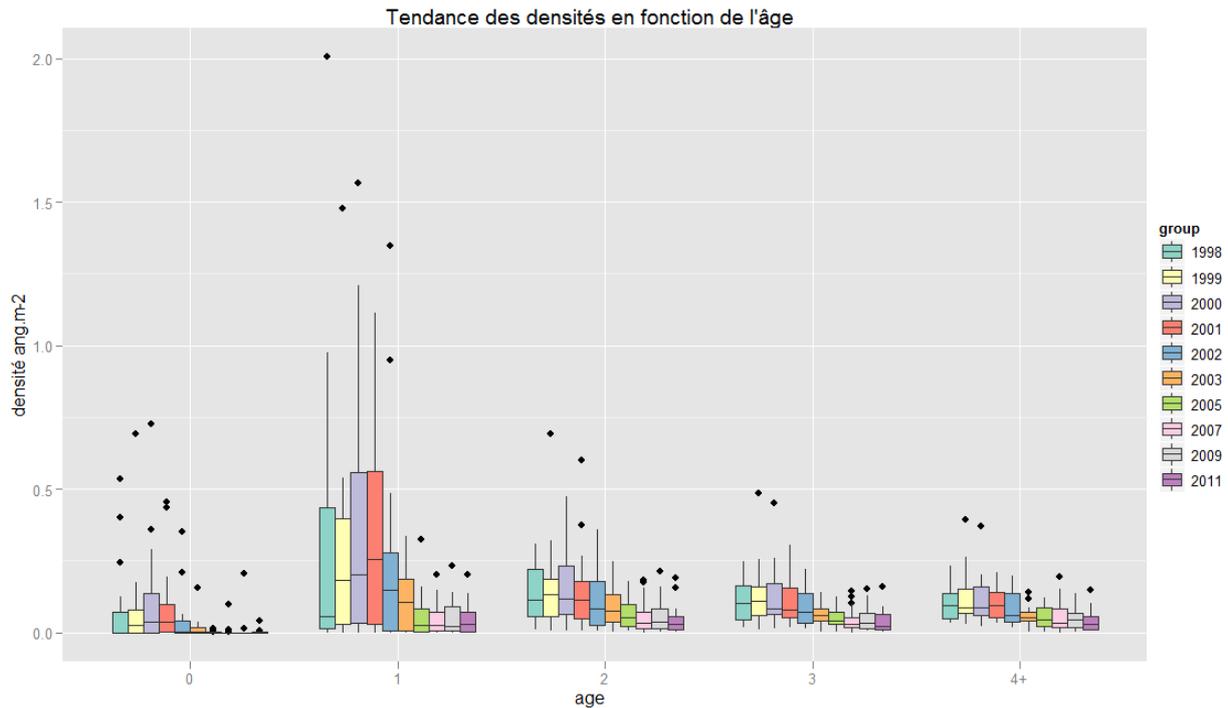


Figure 5.- Tendence des densités en fonction de l'âge des anguilles (reconstituée à l'aide d'une clé taille âge) pour les pêches électriques de 1998 à 2011⁴.

Les anguilles d'âge 0 sont quasiment absentes après 2003, avec au plus 0.01 (+0.02) anguille.m⁻² en 2009 (**Figure 5**). Les âges 1 sont stables depuis 2005 avec 0.05 (+0.03) anguille.m⁻² mais avec des densités très faibles par rapport à la période 1998-2001 (0.31 anguille.m⁻² en moyenne). Pour les âges 2 à 4+, il y a une baisse progressive des densités à partir de 2003. En 2011, les effectifs par classe d'âge hors âge 0 sont très homogènes avec 0.04 (+0.02) à 0.05 (+0.03) anguille.m⁻².

MARQUAGES RECAPTURES

Les croissances des anguilles marquées sont assez faibles avec en moyenne 17 mm par an. Certaines anguilles n'ont pas grandi du tout en deux ans alors que d'autres ont gagné 63 mm. La recapture sur 102 anguilles marquées de 19 individus montre que la probabilité de recapture des anguilles sur les mêmes stations est de 18 % (**Tableau 3** en annexe).

EFFET DU TRANSPORT

La corrélation entre la série de recrutement fluvial (civelles + anguilles jaunes migrant sur les passes d'Arzal + civelles transportées vers le fleuve) et les abondances d'anguilles sur l'aval du bassin versant (zone < 50 rkm), est maximale avec un délai de deux ans. Cette corrélation est de 0.73 si on fait une hypothèse de mortalité identique entre les civelles transportées et les civelles montées sur la passe. Elle augmente à 0.77 si on fait une hypothèse de survie de moitié des civelles de la passe par rapport aux civelles pêchées. Elle est maximale (0.78) si on suppose que toutes les civelles transportées meurent (**Figure 6**).

⁴ Attention les pêches électriques ont eu lieu tous les ans de 1998 à 2003, puis tous les 2 ans ensuite.

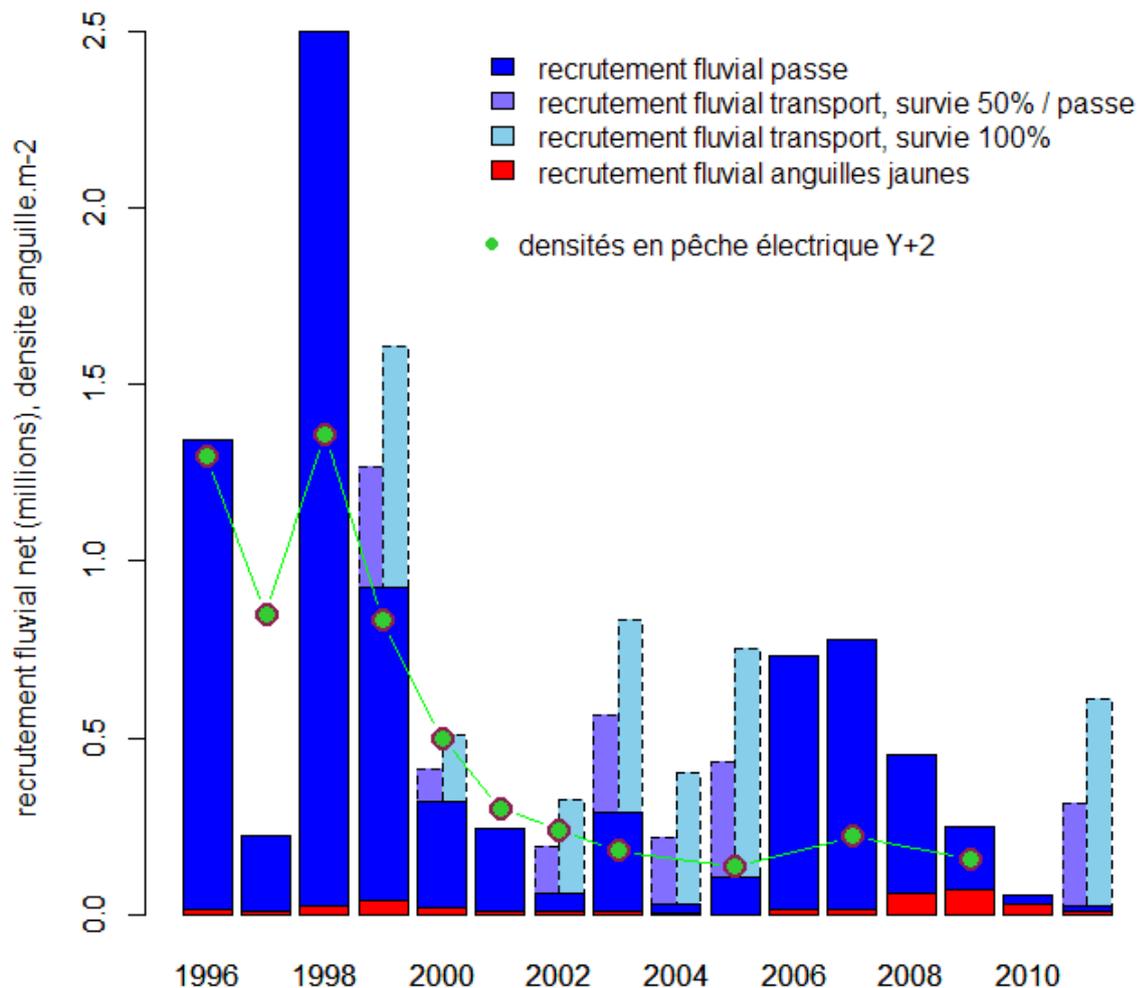


Figure 6.- Recrutement fluvial sous diverses hypothèse, en bleu clair : survie identique pour les civelles transportées et celles de la passe, en violet : contribution de moitié des civelles transportées, en bleu : recrutement de civelles aux passes d'Arzal, en rouge : recrutement en anguilles jaunes aux passes d'Arzal. Densités en anguilles jaunes (en vert) mesurées lors des pêches électriques 2 ans après le recrutement.

DISCUSSION

Les densités moyennes sont passées, depuis 2005, en dessous de la cible de 0.3 anguille.m⁻² affichée dans le plan de gestion, et la situation s'est encore dégradée en 2011 (**Figure 3**). Après une tendance à l'augmentation qui s'est poursuivie jusqu'en 2001 dans les secteurs amont de la Vilaine, elles accusent une baisse marquée dans tous les secteurs. La baisse est particulièrement forte dans les secteurs aval où les fortes densités ont probablement conduit à la production de mâles dont le départ a probablement commencé dès 2001. En 2011, seul le Canut Sud atteint la cible de gestion avec 0.50 anguille.m⁻² (**Figure 7**).

Les biomasses aval moyennes sont en chute marquée dans tous les secteurs, et ce d'autant plus que les stations sont proches du barrage d'Arzal (**Figure 4**). Ceci pourrait s'expliquer par le sexe-ratio qui est en faveur des mâles quand les densités sont élevées. Les départs de mâles, plus précoces auraient pu avoir lieu plus tôt dans le secteur aval. La forte biomasse observée en 2007 sur le secteur

le plus amont s'explique par l'accumulation de femelles de grande taille en aval d'un ouvrage interdisant la migration (en aval de l'étang de Chevré) ; elle est plus faible en 2011 car la majorité des individus ont disparu de ce secteur, sans doute suite à leur argenture. On trouve ainsi sur le secteur amont la même tendance continue à la diminution des densités d'anguilles avec un décalage dans le temps par rapport au secteur aval.

Cette différence de sexe-ratio avait été observée lors de l'étude de la dévalaison sur la Vilaine en 2009 (voir rapport dévalaison 2009) qui montrait que le bassin versant du Trévelo était peuplé majoritairement de mâles (environ 90%) et que le bassin versant de l'Isac, plus en amont mais encore dans la zone <50 rkm, était déjà peuplé en majorité de femelles (environ 75%). Il faut donc s'attendre à la chute des productions d'anguilles argentées dans les années à venir.

L'évolution des densités et des biomasses dans le secteur traduit bien l'effet du recrutement fluvial (**Figure 3**). L'augmentation du taux d'exploitation à partir de 2010 pourrait se traduire par une poursuite de la baisse, mais l'évolution des densités dépendra également de l'effet des transports de civelles en 2011 (200 kg : survie escomptée faible) et 2012 (330 kg : bonne survie attendue ?).

Il convient de remarquer qu'au cours de la dernière décennie le régime de gestion a plutôt eu tendance à s'améliorer, mais que la diminution de 20% des taux d'exploitation n'a pas suffi à enrayer la chute des arrivées de civelles. Les taux d'exploitation de la pêche civelière ont fortement augmenté suite à la suppression des mesures de gestion saisonnières en faveur d'un quota, car la diminution de l'effort nominal (nombre de navires) a peu d'effet dans les estuaires où la pêche est concentrée par un ouvrage (Briand, 2009).

Pour les stations distantes de plus de 100 km, la construction de passes à anguilles (en 1999, 2000 et principalement 2001) a bénéficié aux civelles passées à Arzal en 1998 et 1999 et arrivées sur les stations les plus en amont en 2001 (**Figure 3**). Les zones amont sont devenues accessibles plus rapidement avec l'amélioration de la continuité écologique sur le bassin versant de la Vilaine. La passe piège de Malon (premier ouvrage sur la Vilaine) a été démontée en septembre 2008 et c'est seulement en mai 2011 qu'elle a été reconstruite. Il est possible qu'il y ait eu un blocage au niveau de ce barrage.

En raison des très faibles passages de civelles à Arzal, et malgré l'opération de transport de civelles sur la Vilaine, on ne trouve plus d'anguilles d'âge 0 lors des pêches électriques (**Figure 5**). Pour la même raison, la chute est spectaculaire pour les âges 1 avec un maximum de 0.37 (+0.22) anguille.m⁻² en 2000 contre 0.05 (+0.03) en 2011.

La mise en place d'opérations de transport entre 1999 et 2005 ne s'est pas traduite par une augmentation de densité dans la partie aval du fleuve où avaient lieu ces transports. Les densités d'anguilles d'âges 0 et 1 ont chuté d'un facteur 8 entre 2000 et 2005 au moment où les transports ont eu lieu, et où ils auraient dû, numériquement, compenser la baisse de recrutement sur la passe. La meilleure corrélation entre la série de recrutement fluvial et les estimations de densité est obtenue en faisant l'hypothèse que toutes les civelles transportées sont mortes. Il fait peu de doutes que les opérations de transport n'ont pas eu l'efficacité escomptée, probablement du fait de la faible qualité des civelles transportées (Briand *et al.*, 2011). Pourtant, les pêches expérimentales ont fait l'objet d'une attention particulière, notamment en ce qui concerne la vitesse des navires, la durée des traits, et le traitement par les mareyeurs des civelles collectées.

La croissance mesurée par pit tag est faible (17 mm par an), mais elle concerne des anguilles de taille supérieure à 30 cm, possiblement affectées dans leur première année suivant le marquage. Il est également possible que les anguilles à croissance plus rapide soient déjà parties du bassin. Le fort taux de recapture sur les stations est à noter et le suivi par pit tag mérite d'être poursuivi.

En conclusion, le suivi des densités d'anguilles jaunes sur le bassin versant de la Vilaine permet de suivre l'effet des mesures de gestion même si la tendance obtenue lisse fortement les variations observées au niveau du recrutement. Les incertitudes concernant la survie des civelles transportées (qui semble faible) et la répartition par âge des anguilles mesurées en pêche électrique limitent l'analyse à une simple corrélation entre deux séries chronologiques.

REFERENCES

BRIAND C., FATIN D., FONTENELLE G. and FEUNTEUN E., 2006. Effect of re-opening of a migratory axis for eel at a watershed scale (Vilaine river, Southern Brittany). *Bull. Fr. Pêche Piscic.*, 378, 67:86.

BRIAND C., SAUVAGET B., GIRARD P., FATIN D. et BEAULATON L., 2012. Push net fishing seems to be responsible for injuries and post fishing mortality in glass eel in the Vilaine estuary (France) in 2007. *Knowl. Managt. Aquatic Ecosyst.*, 2011. <http://dx.doi.org/10.1051/kmae/2011080>

IMBERT H., ARROWSMITH R., DUFOUR S. and ELIE P., 2008. Relationships between locomotor behaviour, morphometric characters and thyroid hormone levels give evidence of stage-dependent mechanisms in European eel upstream migration. *Horm. Behav.*, 53, 69:81.

MOUNAIX B., 1992. Intercalibration et validation des méthodes d'estimation de l'âge de l'Anguille européenne (*Anguilla anguilla*, L.). Application au bassin versant de la Vilaine, Bretagne. Thèse Ingénieur, Ecole nationale Supérieure Agronomique de Rennes, Rennes, pp 146.

RICHARD G., 2009. Analyse des migrations d'anguilles au barrage d'Arzal. Rapport de stage, 59p.

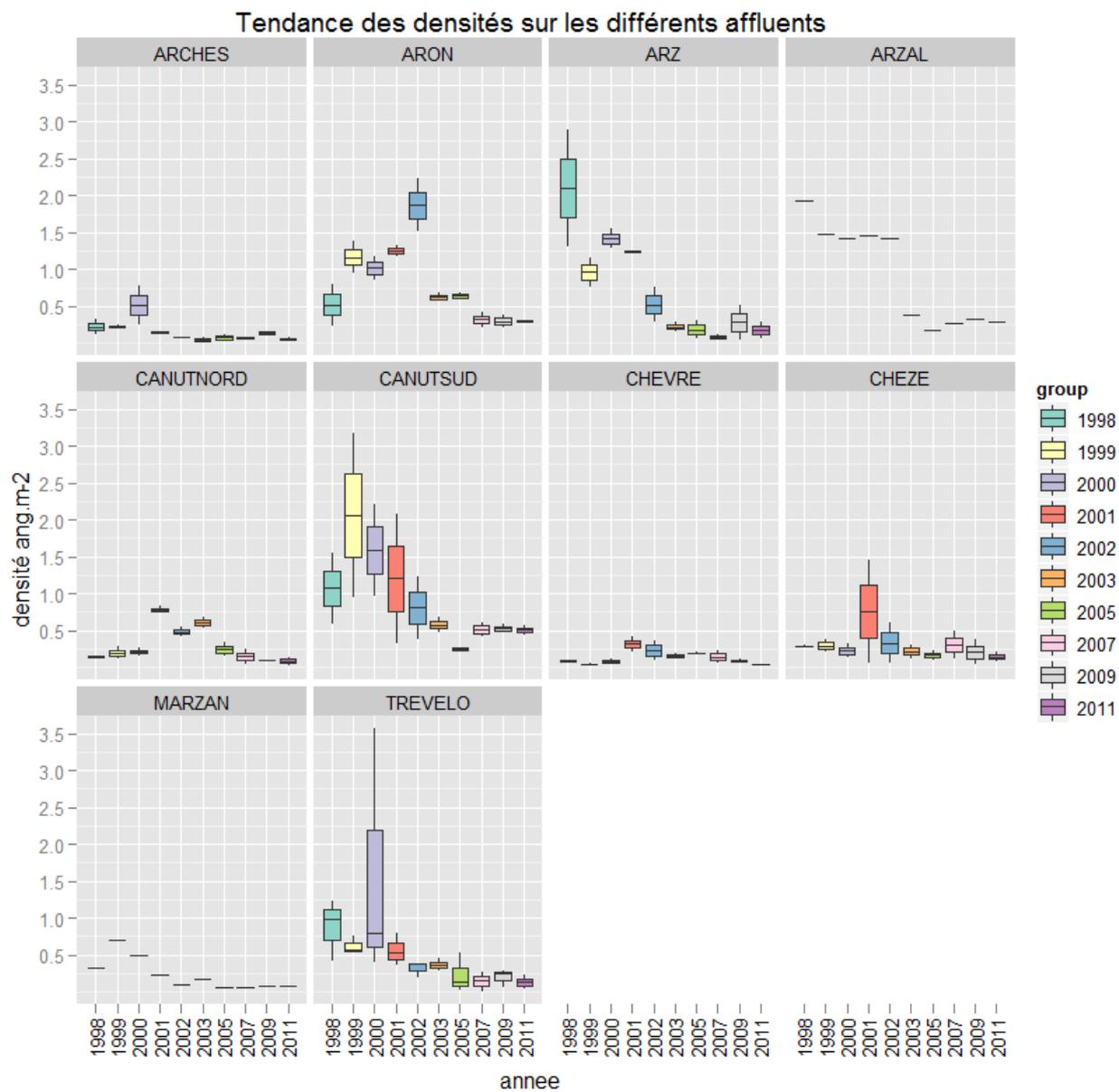


Figure 7.- Tendance des densités sur les différentes rivières du bassin versant de la Vilaine.

marquage 2009				recapture 2011				marque	changement opérateur	différences			
T	P	IO	LP	T	P	IO	LP			T	P	IO	LP
307	40	3.31	12.8	325	57	5.45	14.1	00_06DF_1AC8	0	18	17	2.14	1.3
313	44	2.81	13.1	365	77	4.07	15.1	00_06E4_AE36	0	52	33	1.26	2
317	49	2.70	13.1	340	64	3.42	14.0	00_06DF_0F30	0	23	15	0.72	0.9
343	58	3.48	15.9	407	103	5.42	19.3	00_06E4_7D53	0	64	45	1.94	3.4
306	49	3.32	12.2	320	58	4.12	13.8	00_06DF_34EF	0	14	9	0.8	1.6
315	46	2.63	13.9	377	87	4.31	17.8	00_06E4_9420	0	62	41	1.68	3.9
411	120	4.13	22.3	474	187	6.16	23.9	00_06E4_7EF0	0	63	67	2.03	1.6
518	189	4.67	20.9	570	261	5.64	22.9	00_06E4_832D	1	52	72	0.97	2
351	82	4.63	17.0	352	76	6.15		00_06E4_7C33	1	1	-6	1.52	
337	57	3.54	14.3	375	81	3.69	15.1	00_06E4_832B	1	38	24	0.15	0.8
409	106	3.47	19.3	446	137	4.49	22.6	00_06E4_997C	1	37	31	1.02	3.3
319	47	3.28	13.2	354	67	3.2	14.6	00_06DF_3572	1	35	20	-0.08	1.4
336	57	3.03	13.7	340	50	2.67	13.4	00_06DF_22AF	1	4	-7	-0.36	-0.3
342	65	3.95	16.2	373	76	4.17	17.8	00_06DF_2120	1	31	11	0.22	1.6
477	220	5.44	24.0	512	277	4.98	26.1	00_06DF_2557	1	35	57	-0.46	2.1
387	96	3.33	15.7	430	118	2.78	19.0	00_06E4_A748	1	43	22	-0.55	3.3
590	376	5.20	28.2	595	379	5.07	28.9	00_06DF_3CB7	1	5	3	-0.13	0.7
375	100	3.70	16.8	409	127	4.46	18.7			34	27	0.76	1.9

Tableau 3.- Marquage recapture d'anguilles, avec les différences de taille (T), poids (P), indice oculaire (IO) et longueur pectorale (LP). La colonne changement d'opérateur indique que l'opération de mesure a été réalisée par un opérateur différent (moins expérimenté).