



Seine Normandie-Nord Migrateurs
Association Interrégionale pour la restauration et
la gestion des populations de poissons migrateurs

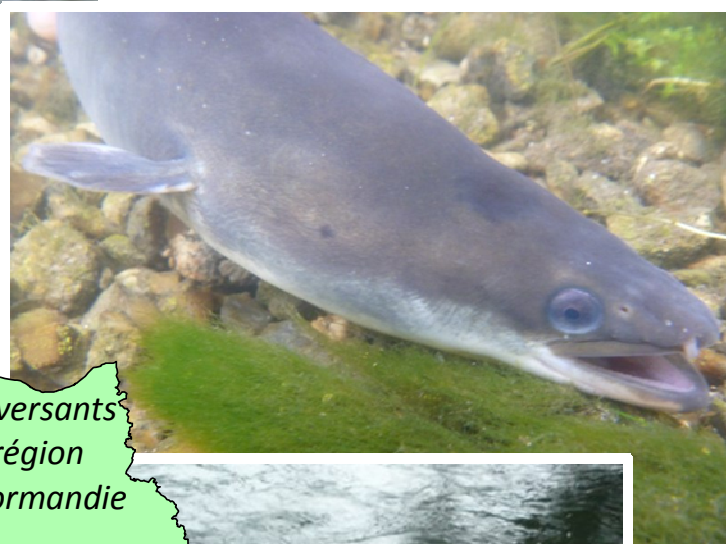
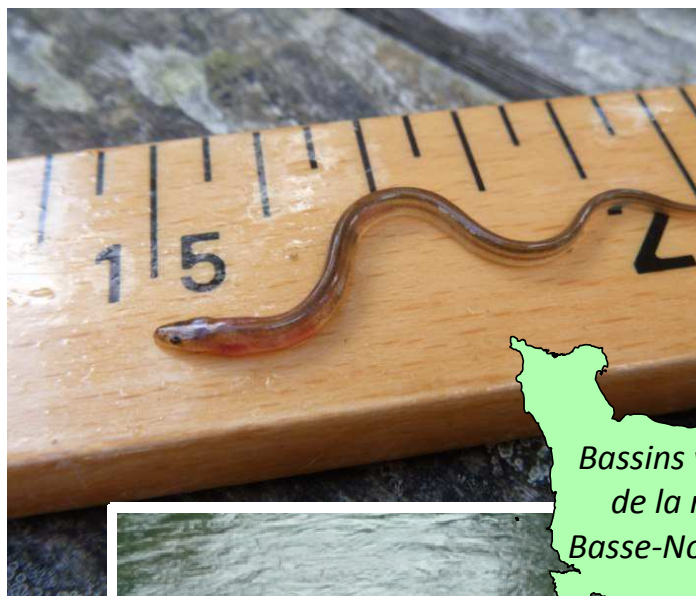
seinormigr



PROGRAMME DE MONITORING (SURVEILLANCE) DU PLAN DE GESTION ANGUILE FRANÇAIS

ÉVALUATION DU STOCK D'ANGUILLES JAUNES EN PLACE

ANNÉE 2012 – NOTE DE SYNTHÈSE



Bassins versants
de la région
Basse-Normandie



Unité de Gestion Anguille Seine-Normandie

Seine Normandie-Nord Migrateurs

✉ 11 cours Clemenceau – 76100 ROUEN

☎ 02 35 62 01 55

✉ seinormigr@gmail.com

Geoffroy GAROT
Chargé de mission

1

2

3

1: Jeune anguille de l'année capturée lors des pêches par échantillonnage ponctuel d'abondance sur la Risle, le 31/09//12 (© SEINORMIGR).

2: Anguille femelle argentée capturée lors des pêches par échantillonnage ponctuel d'abondance sur la Risle, le 30/08/2012 (© SEINORMIGR).

3: Echantillonnage ponctuel d'abondance de l'anguille sur l'Andelle à Romilly-sur-Andelle, le 04/09/2012 (© SEINORMIGR).

Cette note synthèse doit être citée comme suit ;

GAROT G., 2013. Programme de monitoring (surveillance) du plan de gestion anguille français – Évaluation du stock d'anguilles jaunes en place sur l'Unité de Gestion Anguille Seine-Normandie – Année 2012. Note de synthèse sur les bassins versants de la région Basse-Normandie. Seine Normandie-Nord Migrateurs (SEINORMIGR). 31 pages.

PARTENAIRES

PARTENAIRES FINANCIERS

- Agence de l'Eau Seine-Normandie (AESN), Nanterre, Directions Territoriales Bocages Normands et Seine aval
- Fédération Nationale de la Pêche en France et de la protection du milieu aquatique (FNPF)
- Association Migrateurs Seine Normandie-Nord Migrateurs (SEINORMIGR) et ses membres : 16 Fédérations Départementales des Associations Agréées pour la Pêche et la Protection du Milieu Aquatique (FDAAPPMA) ; Aisne, Aube, Calvados, Eure, Marne, Haute-Marne, Nord, Oise, Paris (Hauts-de-Seine, Seine-Saint-Denis et Val-de-Marne), Seine-Maritime, Seine-et-Marne, Yvelines, Somme, Essonne, Yonne, Val d'Oise.

PARTENAIRES TECHNIQUES

- Association Migrateurs Seine Normandie-Nord Migrateurs (SEINORMIGR)
- Fédération du Calvados pour la Pêche et la Protection du Milieu Aquatique (FDAAPPMA 14)
- Fédération de l'Eure pour la Pêche et la Protection du Milieu Aquatique (FDAAPPMA 27)
- Fédération de la Seine-Maritime pour la Pêche et la Protection du Milieu Aquatique (FDAAPPMA 76)
- Office National de l'Eau et des Milieux Aquatiques, Direction Interrégionale de Compiègne (ONEMA)

RÉSUMÉ POUR UNE LECTURE RAPIDE

- ☛ **18 à 20 bassins versants** concernés sur l'Unité de Gestion Anguille Seine-Normandie.
- ☛ **142 à 179 stations** de mesures d'abondances des populations d'anguille européenne ;
 - 20 sur un réseau fixe suivies annuellement,
 - 122 sur un réseau tournant suivies uniquement tous les 2 à 3 ans.
 - 37 stations en dehors du monitoring
- ☛ **60 à 80 stations prospectées chaque année** sur l'ensemble de l'Unité de Gestion Anguille Seine-Normandie.
- ☛ **8 classes d'abondances de définies**, correspondant à autant de niveaux de qualité, lesquelles vont de « nulle » (absence d'individu capturé) à « excellente » (plus de 160 individus capturés).
- ☛ Une **identification** systématique sur chaque cours d'eau du **front de colonisation active**, correspondant au dernier point de mesure où ont encore été capturés des individus migrants en phase de colonisation du bassin (individus dont la taille ne dépasse pas 300mm).
- ☛ Sur les 6 cours d'eau échantillonnés en plusieurs points de leur linéaire en 2012 (Vire, Seules, Orne et Dives) la **fraction** de ces fleuves côtiers **colonisée activement par l'anguille européenne s'élève en moyenne à seulement 67%** ;
 - **Vire : 65%** de colonisation active
 - *A priori pas d'obstacles majeurs à l'aval affectant le recrutement fluvial, mais des effets cumulés d'obstacles difficilement franchissables qui minorent alors rapidement les abondances de la population.*
 - **Seules : 84%** de colonisation active
 - *Un recrutement fluvial excellent, le plus élevé de la campagne 2012, suivi d'une colonisation quasi-complète du bassin, malgré des premiers ouvrages particulièrement sélectifs vis-à-vis des plus jeunes stades (individus de l'année de moins de 15 centimètres, à seulement 20 kilomètres de la mer.*
 - **Orne : 41%** de colonisation active (ou 70% si l'on place la limite amont du fleuve au barrage de Rabodanges ...)
 - *Le barrage de Montalivet en fond d'estuaire altère le recrutement fluvial, les individus de l'année étant résiduels à l'amont de l'obstacle. A mi-bassin, l'obstacle de Saint-Rémy (l'Enferney) fait chuter les niveaux d'abondances, notamment des plus jeunes individus. Le barrage de compensation de Saint-Philbert condamne tout accès à l'amont du bassin.*
 - **Dives : 77%** de colonisation active
 - *Un très fort recrutement fluvial, avec un taux de colonisation qui s'effondre à moins de 40 kilomètres de la marée dynamique. Les affluents estuariens montrent également un recrutement élevé. Au-delà les ouvrages présents stoppent la progression des individus de l'année et la population devient très rapidement quasi-relictuelle avec seulement quelques individus capturés.*
- ☛ Un outil efficace pour révéler avec précision l'**impact des obstacles à l'écoulement** (majeurs comme modestes) **sur la continuité écologique des cours d'eau normands via leur niveau de colonisation active par l'anguille européenne.**

TABLE DES MATIÈRES - SOMMAIRE	
PARTENAIRES	P.4
RÉSUMÉ POUR UNE LECTURE RAPIDE	P.5
RÉSULTATS ET INTERPRÉTATIONS	P.7
PARAMÈTRES ÉTUDIÉS	P.7
<i>ABONDANCES (INDICES)</i>	P.7
<i>DENSITÉS</i>	P.7
<i>STRUCTURES EN ÂGES</i>	P.7
EFFICACITÉ DE LA MÉTHODE	P.10
RÈGLES D'INTERPRÉTATION	P.11
À L'ÉCHELLE DU BASSIN SEINE-NORMANDIE	P.12
<i>ABONDANCES ET DENSITÉS</i>	P.12
<i>FRONTS DE COLONISATION ACTIVE</i>	P.14
À L'ÉCHELLE DES BASSINS VERSANT ÉCHANTILLONNÉS	P.16
<i>BASSIN DE L'ORNE</i>	P.16
<i>BASSIN DE LA VIRE</i>	P.19
<i>BASSIN DE LA SEULLES</i>	P.20
<i>BASSIN DE LA DIVES</i>	P.21
BIBLIOGRAPHIE	P.23
ANNEXES	P.30
- ANNEXE 1 -	P.31

RÉSULTATS ET INTERPRÉTATIONS

PARAMÈTRES ÉTUDIÉS

De par le mode opératoire appliqué, le relevé d'informations et les éléments de biométrie mesurés, les résultats ainsi obtenus peuvent permettre de travailler sur différents paramètres, à savoir ;

- Un **nombre d'anguilles capturées par station**, c'est le *nombre total d'anguilles capturées à l'issue des 30 points d'Echantillonnage Ponctuels d'Abondance réalisés sur chaque station*.
- Un **indice d'abondance d'anguilles par station**, c'est le *nombre moyen d'anguilles capturées par point d'Echantillonnage Ponctuels d'Abondance*.
- Une **densité d'anguilles estimée** (d'après Briand-IAV, 2011).
- Les **structures en taille**, représentées par classes (fournissant un **indice sur l'âge** des individus), des populations d'anguille capturées, ou échantillonnées, sur chacune des stations, ainsi que leur répartition, ou évolution de celles-ci sur le profil longitudinal des cours d'eau étudiés.
- Les **relations entre le poids et la longueur du corps** (courbes de croissance) et les corrélations significatives qui ont pu en ressortir (uniquement sur les bassins versants de la région Haute-Normandie).
- Et, le cas échéant, la **proportion d'anguilles jaunes et argentées par bassin** (d'après Pankhurst, 1982 et Durif, 2009).

ABONDANCES (INDICES)

Les premiers résultats s'expriment donc par le nombre total d'anguilles capturées au terme des 30 points d'Echantillonnage Ponctuels d'Abondance réalisés sur chaque station. C'est de cette abondance globale que peut être déduite une Capture par Unité d'Effort correspondant au nombre moyen d'individus prélevés par point durant 30 secondes d'échantillonnage, ou indice d'abondance permettant d'estimer une densité d'anguilles sur une surface de 100m² à partir de la méthodologie développée par Laffaille et *al.* (2005).

DENSITÉS

La relation existant entre l'indice d'abondance et la densité d'anguilles sur une surface donnée, avait été révélée par les nombreux travaux de Lafaille et *al.*, et Bretagne Grands Migrateurs durant les années 2004 à 2009. Années à l'issue desquelles une première version avait été dévoilée à un plus large public par cette Association Migrateurs mais dont l'utilisation à une plus large échelle avait malheureusement révélé son caractère surestimatif des densités, en particulier sur les cours d'eau côtiers normands.

Dans ces conditions, c'est à partir des derniers travaux et sur communication personnelle de Briand C. en 2011 qu'une nouvelle corrélation a pu être appliquée sur les abondances mesurées en Normandie et ainsi estimer des densités d'anguilles qui soient à priori plus réalistes ;

$$\text{Densité estimée (nombre d'individus sur 100m}^2\text{)} = (\text{EXP}^{(-1.37+0.837 \times \text{LN}(\text{nombre d'individus moyen par EPA}))}) \times 100$$

(d'après Briand C., 2011)

STRUCTURES EN ÂGES

Une analyse de la structure en âge d'une population d'anguilles observée est possible dans la mesure où la taille des individus renseigne sur leur âge approximatif, lequel permet alors de déduire la part de recrutement fluvial au sein de cette population. Chez l'anguille européenne, comme chez la plupart des espèces de poissons, des classes de tailles peuvent être aisément définies avec pour chacune d'elles une

signification biologique, notamment en termes d'âge et de comportement (cf. p.51 § « Efficacité de la méthode », du rapport « GAROT G., 2011. Programme de monitoring (surveillance) du plan de gestion anguille français – Évaluation du stock d'anguilles jaunes en place sur l'Unité de Gestion Anguille Seine-Normandie – Année 2010. Rapport de suivi. Seine Normandie-Nord Migrateurs (SEINORMIGR). 160 pages »).

Globalement 3 types de structures de populations (annexe 1) peuvent être observés (d'après Laffaille P., sur les cours d'eau bretons) ;

- **Population jeune** : population dominée par les plus jeunes individus, les plus à même de coloniser un bassin versant, représentée par les individus de tailles inférieures à 150 mm (1 an maximum dans les eaux continentales) et comprises entre 150 et 300 mm (3 à 4 ans maximum) ;
 - *Ce sont les individus les plus jeunes qui révèlent le **niveau de recrutement**, qualifié de bon lorsque la population est dominée par les individus de tailles inférieures à 150 mm sur les secteurs les plus en aval d'un bassin, et par les individus de tailles comprises entre 150 et 300 mm plus en amont.*
- **Population en place** : population équilibrée, centrée sur la classe de tailles comprises entre 300 et 450 mm (individus essentiellement sédentaires) avec de part et d'autre toutes les classes de tailles représentées ;
- **Population relictuelle** : population dominée par les individus les plus âgées, dont les tailles sont comprises entre 450 et 600 mm et plus).

Remarque : la présence d'anguilles dont la taille est supérieure à 600 mm est plutôt rare. Leur dominance tendrait à indiquer que l'espèce risque de disparaître très rapidement sur la zone où elles ont été capturées.

L'analyse de l'état de la population sur chaque point de mesure peut être synthétisée et apparaître ainsi sur une fiche récapitulative à l'échelle stationnelle (*figure 1*) mais aussi de bassin.

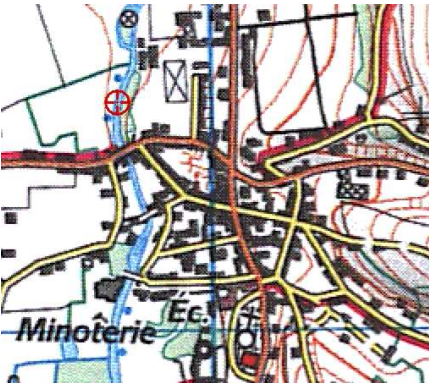

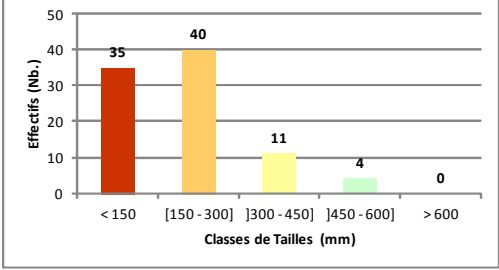
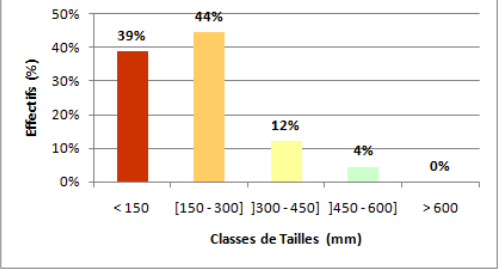
DESCRIPTIF A L'ÉCHELLE STATIONNELLE D'UNE PÊCHE SPÉCIFIQUE DE L'ANGUILLE PAR ÉCHANTILLONNAGE PONCTUEL D'ABONDANCE UNITÉ DE GESTION ANGUILE SEINE-NORMANDIE			
TYPE DE PROSECTION :		Echantillonnage Pontuel d'Abondance (E.P.A.) - Prospection à pied (Martin Pêcheur)	
IDENTIFICATION		ÉLÉMENTS TEMPORELS	
• Bassin :	Durdent	• Date de première prospection :	24/09/2010
• Cours d'eau :	Durdent	• Date de dernière prospection :	24/09/2010
• Dénomination de la station :	Durdent-1	• Nombre de prospection(s) :	1
• Code de la station :	MA-SN-DUR-1	• Année d'actualisation :	2010
LOCALISATION GÉOGRAPHIQUE			
• Commune(s)-Code postal :	Vittefleury (Seine-Maritime)-76450		
• Rue/Chemin/Lieu-dit :	Rue du Bas de la Ville/rue de la Durdent		
• Accès le plus simple :	Par le pont et la pâture en rive gauche		
• Coordonnées (Lambert II étendu) :	X : 477385 Y : 2537304		
• Distance à la limite transversale de la mer (km) :	6		
• Distance à la marée dynamique (km) :	6		
• Distance à la confluence (km) :	-		
• Nombre d'ouvrages depuis la mer :	1 (buse estuarienne)		
CARACTÉRISTIQUES PHYSIQUES			
• Longueur pêchée (m) :	112		
• Largeur moyenne (m) :	10		
• Profondeur moyenne pêchée (cm) :	40		
• Occupation du sol :	Agricole		
DESCRIPTIFS DES HABITATS			
• Proportions des différents faciès d'écoulement :			
• Rapides :	0%	• Radiers :	40%
• Plats courants :	60%	• Plats lents :	0%
• Profonds :	0%		
• Colmatage :	non		
• Ecoulements diversifiés :	non		
• Substrat :	Dominant : Cailloux, fins et grossiers		
	Accessoire : Gravier, fins et grossiers		
• Végétation aquatique :	Hydrophytes fixes		
• Habitats piscicoles :	Végétation du lit		
• Ripsylve (équilibrée ou non) :	non		
• Ombrage (oui/non) :	oui en rive droite		
• Conditions hydrologiques :			
• Niveau :	Etiage sec		
• Tendance :	Stable		
• Turbidité (nulle/faible/moyenne) :	Nulle		
INDICE D'ABONDANCE - DENSITÉ - CLASSES DE TAILLES		AUTRES ESPÈCES CAPTURÉES	
• Nombre total de captures (anguilles) :	99	• Chabot :	40
• Nombre moyen de captures par point (E.P.A.) :	3	• Truite fario :	3
• Estimation du niveau de l'abondance :	TRES FORTE	• Flet :	1
• Densité d'anguilles estimée (anguille/m²) :	0,7		
• Densité d'anguilles estimée (anguille/100m²) :	69		
Structure en classes de tailles des anguilles capturées par E.P.A. sur la Durdent : Station de Vittefleury - Année 2010			
			
SYNTHÈSE			
• Etat de la population :	Dominée à 83% par les plus jeunes individus (≤ 300 mm) encore migrants (en phase de colonisation).		
• Niveau de recrutement :	Plutôt satisfaisant		
COMMENTAIRES/OBSERVATIONS			
Station située à 6 kilomètres de la mer, où la capture d'un jeune Flet semblerait témoigner d'un franchissement aisé de la passe à poissons aménagée dans la buse estuarienne (éxutoire) du fleuve.			

Figure 1 : Exemple d'un descriptif à l'échelle stationnelle d'un E.P.A. anguille (SEINORMIGR).

EFFICACITÉ DE LA MÉTHODE

Comme évoqué précédemment (Cf. p.35 § « Habitats préférentiels (supposés) de l'anguille », du rapport « GAROT G., 2011. Programme de monitoring (surveillance) du plan de gestion anguille français – Évaluation du stock d'anguilles jaunes en place sur l'Unité de Gestion Anguille Seine-Normandie – Année 2010. Rapport de suivi. Seine Normandie-Nord Migrateurs (SEINORMIGR). 160 pages »), de par la nature des macrohabitats prospectés, toujours en raison du mode opératoire appliqué mais aussi du matériel utilisé, l'efficacité de l'outil et de la méthode de capture doit être remise en question. Il est en effet probable que les abondances ainsi constatées ne transcrivent pas systématiquement la réalité vis-à-vis des plus grands individus, qui, même s'ils sont aussi présents sur les faciès échantillonnés, relativement peu profonds, sont peut être davantage concentrés sur les milieux plus profonds.

Remarque : Sur les petits cours d'eau côtiers, d'une longueur de quelques dizaines de kilomètres, aux milieux profonds très restreints (et même quasi-inexistants en tête de bassin, sous-entendu le quart plus amont du cours d'eau), l'échantillonnage de toutes les classes de tailles observées, y compris les plus importantes, pourrait malgré tout être considéré comme représentatif des populations en place.

Ainsi, une telle prospection à pied à l'aide d'un appareil portatif (néanmoins adapté aux cours d'eau étudiés), limitant la profondeur d'échantillonnage à 60-70 centimètres, et réduisant les habitats piscicoles pêchés aux radiers et plats, cible alors les plus jeunes individus, vraisemblablement d'une taille inférieure à 400 mm.

A partir de ce constat, il devient intéressant de revenir sur la signification biologique de chaque classe de taille chez l'anguille.

Dans un rapport du CEMAGREF (Département Gestion de milieux aquatiques) basé sur les données produites par le Réseau Hydrobiologique et Piscicole (RHP) de 1990 à 1997 (Office National de l'Eau et des Milieux Aquatiques, anciennement Conseil Supérieur de la Pêche), une liste d'indices reposant sur l'effectif et la taille des anguilles fut mise en place (Lambert et Rigaud, 1999)

Pour ce faire, à partir des données actuelles il a pu être établi une correspondance entre les stades biologiques du cycle de l'anguille et le comportement des individus, regroupés sous le terme d'éthopase. A chaque phase correspond un comportement.

Chacune de ces phases correspond à une période de l'année et chaque individu appartient à une classe de taille.

Ainsi, ils ont proposé une signification biologique à chaque classe de taille établie :

- **[60, 150]** : civelle et jeune anguille jaune de 1 été
- **[150, 300]** : anguille jaune non sexuellement différenciée d'au moins 2 étés
- **[300, 450]** : anguille mâle jaune et argentée, femelle jaune
- **[450, 600]** : anguille femelle jaune ou argentée, anguille mâle présentant un retard dans sa migration génésique
- **[600, 1200]** : anguille femelle qui présente un retard pour sa migration génésique et dont la sédentarisation est possible.

De ces données, les auteurs ont défini des indices basés sur les effectifs et la taille des individus. Ils sont au nombre de 7, regroupés en trois catégories, ceux concernant le flux entrant, ceux sur le stock en place et ceux sur le flux sortant. Ils se calculent sur toute la période d'étude.

Dans le cadre de la Basse-Normandie, l'étude repose sur la période 1990-2003 et sur l'évolution 2000-2003/1990-1993.









1. **Indice 1.1** : rend compte de l'abondance des anguilles de moins de 150 mm (civelle et jeune anguille jaune). Il se calcule en faisant la moyenne des abondances des anguilles de chaque station et ce pour des stations situées à moins de 100 km de la mer. Dans l'application à la Basse-Normandie, il faudrait calculer cet indice sur les stations situées à moins de 100 km de la mer de même que sur les stations où il n'y a ni obstacle infranchissable entre la mer et la station ni pêche à la civelle.

2. **Indice 2.12** : concerne les **anguilles potentiellement migrantes de taille inférieure à 300 mm (civelles, anguilles jaunes de 1^{er} été, anguilles jaunes non sexuellement différenciées)**. Il se calcule en faisant la moyenne des abondances d'anguilles de taille inférieure à 300 mm, pour l'ensemble des bassins versant sur la période d'étude.
 - *Cet indice renseigne sur le stock d'anguilles immatures en croissance. Il représente le cumul de tous les recrutements sur plusieurs périodes.*
3. **Indices 2.21** : concerne les anguilles mâles et femelles sédentaires et les mâles en dévalaison. Il ne tient compte que des individus de taille comprise entre 300 mm et 450 mm. Il se calcule en faisant la moyenne des abondances de ces individus.
 - *Cet indice est intéressant car renseigne sur la population en place et permet d'établir le stock futur d'anguilles potentiellement reproductrices.*
4. **Indices 2.23** : s'intéresse au stock d'anguilles femelles. Il se calcule en ne considérant que les individus de plus de 450 mm (calcul de l'abondance moyenne).
 - *Il est intéressant d'en tenir compte. En effet par comparaison avec le stock total d'anguilles mâles et femelles il devient alors possible d'évaluer le stock d'anguilles femelles pouvant participer à la reproduction.*
5. **Indices 2.26** : concerne les anguilles, toutes tailles confondues. Il permet de mettre en évidence la situation générale du peuplement d'anguille sur toute la région et ce, en fonction de la distance à la mer. Ce qui est tout à fait applicable en Basse-Normandie.
6. **Indice 2.27** : s'intéresse à l'évolution de la structure en taille au cours du temps sur la période d'étude. Il tient compte des stations situées à moins de 50 km de la mer et entre 50 et 100 km. Il prend en compte 3 classes de tailles : inférieure à 300 mm, entre 300 et 450 mm, et supérieure à 450 mm.
 - *Cet indice est complémentaire du précédent car il tient compte en plus du facteur temps et donne donc l'évolution de la population d'anguille pour chaque année de la période d'étude.*
7. **Indice 3.1** : se définit comme la proportion d'anguilles de plus de 600 mm par rapport au nombre d'individus de plus de 450 mm. Cet indice renseigne sur le flux sortant si l'on admet qu'il représente la fraction de femelles risquant de sédentariser définitivement sans participer à la reproduction. Cet indice est applicable au peuplement de Basse-Normandie car son augmentation signifierait un vieillissement anormal de cette fraction de population ce qui pourrait expliquer entre autre une telle évolution du peuplement en Basse-Normandie.

☞ **En référence à l'indice 2.12, concernant les anguilles potentiellement migrantes de taille inférieure à 300 mm, à savoir les civelles, anguilles jaunes d'un été, anguilles jaunes non sexuellement différenciées, et aux limites d'efficacité de la méthode d'échantillonnage, celle-ci permet néanmoins d'identifier sûrement le front de colonisation active de l'espèce sur chaque bassin étudié.**

RÈGLES D'INTERPRÉTATION

Hormis l'identification des fronts de colonisation active, révélateurs des conditions de circulation de l'anguille sur les cours d'eau abordés, des règles d'interprétation des abondances observées ont pu être définies à l'issue de la dernière réunion de travail entre l'ONEMA et l'association SEINORMIGR en janvier 2011. Fruits de retours d'expériences non publiées à ce jour, c'est à partir des chiffres tirés des pêches RHP effectuées en Normandie de 1990 à 2003 (ONEMA) et des premiers indices anguille réalisés en 2010 (SEINORMIGR) que 8 classes de qualité ont été délimitées ; de nulle, avec aucune anguille, à excellente avec plus de 160 individus comptabilisés (capturés et échappés) sur chacune des stations (*figure 2*). À ces classes sont associés les niveaux d'abondances (total et de l'indice), ainsi que les densités d'anguilles (sur 100m² et au m²).

Définition des classes d'abondances et des densités d'anguilles par Échantillonnage Ponctuel d'Abondance (EPA)				
Classe de qualité (niveau)	Nombre d'anguilles capturées par station (30 EPA/points)	Nombre d'anguilles moyen capturées par EPA (point) : indice d'abondance	Densité/100m ²	Densité/m ²
	nulle	0	0	0
	très faible	]0-5]	]0-0,2]	]0-0,06]
	faible	]5-10]	]0,2-0,3]	]0,06-0,10]
	moyenne	]10-20]	]0,3-0,7]	]0,10-0,18]
	assez forte	]20-40]	]0,7-1,3]	]0,18-0,32]
	forte	]40-80]	]1,3-2,7]	]0,32-0,58]
	très forte	]80-160]	]2,7-5,3]	]0,58-1,03]
	excellente	> 160	> 5,3	> 1,03

Unité de Gestion Anguille Seine-Normandie 2010 - SEINORMIGR

Figure 2 : Classes d'abondances d'anguilles définies sur les cours d'eau normands (ONEMA – SEINORMIGR).

À L'ÉCHELLE DU BASSIN SEINE-NORMANDIE

ABONDANCES ET DENSITÉS

Après avoir défini 8 classes d'abondances (ONEMA - SEINORMIGR, 2011) apparaît alors sur chaque cours d'eau prospecté la situation de leur population d'anguille respective (figure 3), reflet de leur taux de cloisonnement ou de la nature des aménagements piscicoles des ouvrages qui y persistent encore.

Classes d'abondances d'anguilles capturées :

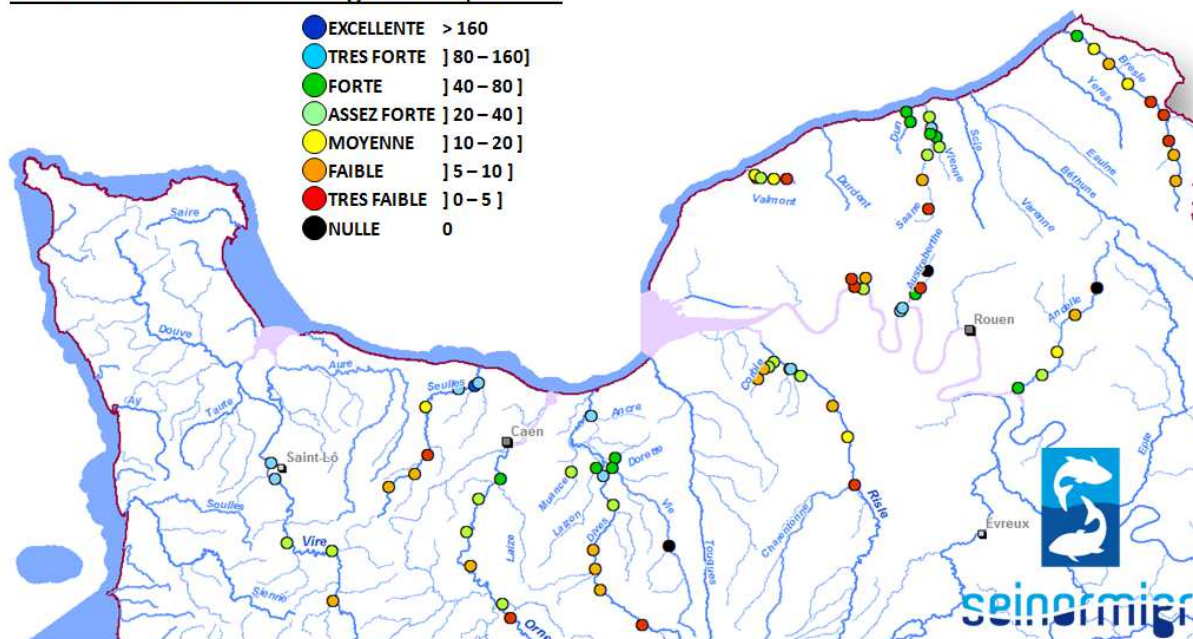


Figure 3 : Classes d'abondances d'anguilles observées sur les cours d'eau de l'UGA Seine-Normandie échantillonnés en 2012 (SEINORMIGR).

Les abondances observées sur la Vire et l'Orne ne révèlent toujours un effondrement de la population qu'après respectivement une distance de plus 70 et 100 kilomètres de la marée dynamique, résultat d'un travail d'ouverture sur ces bassins depuis presque une trentaine d'années, et viennent ainsi confirmer les chiffres observés en 2010 et 2011.

A l'inverse, l'apparition de faibles abondances à seulement quelques kilomètres de la marée dynamique (Risle) et/ou de la confluence (Andelle) dénoncent clairement les retards de restauration de la libre circulation piscicole sur ces bassins dont les conditions de circulations piscicoles semblent ne pas avoir évolué.

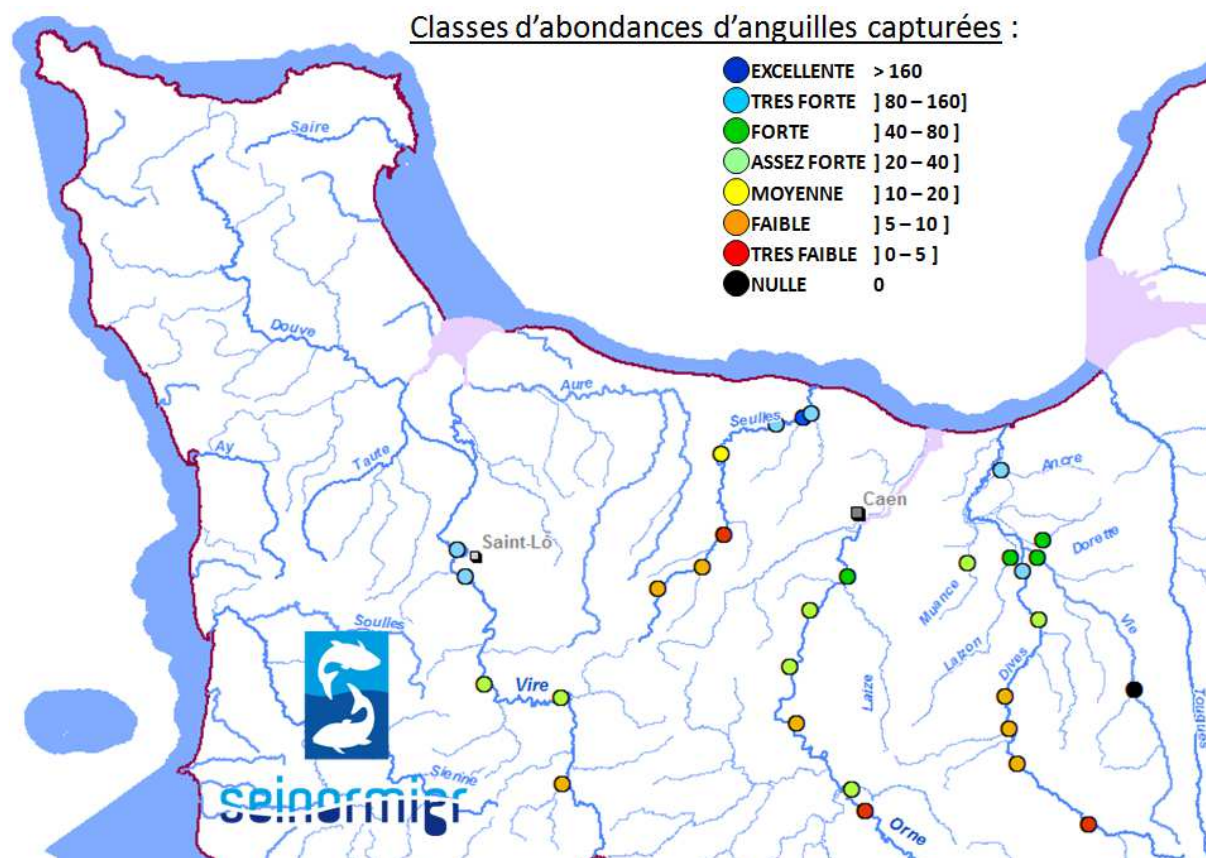


Figure 4 : Classes d'abondances d'anguilles observées sur les cours d'eau de la région Basse-Normandie échantillonnés en 2012 (SEINORMIGR).

ÉVALUATION DES ABONDANCES D'ANGUILLES SUR LES COURS D'EAU DE BASSE-NORMANDIE - ANNÉE 2012											
BASSIN	RIVIÈRE	STATION	DÉPARTEMENT	COMMUNE	DISTANCES			ANGUILLES CAPTURÉES	NIVEAU D'ABONDANCE	DENSITÉ ESTIMÉE / 100 M ²	FRACTION DE MIGRANTS
					À LA MER	À LA MARÉE	À LA SOURCE				
Vire	Vire	1 VIRE1_2012	50	Agneaux	39	17	89	113	TRES FORTE	80	97%
Vire	Vire	2 VIRE2_2012	50	Gourfaleur	49	27	80	111	TRES FORTE	76	98%
Vire	Vire	4 VIRE4_2012	50	Fourneaux	72	50	56	32	ASSEZ FORTE	27	66%
Vire	Vire	5 VIRE5_2012	14	Campeaux	93	70	36	25	ASSEZ FORTE	23	36%
Vire	Vire	7 VIRE7_2012	14	Vire	111	89	18	9	FAIBLE	9	0%
Seulles	Seulles	1 SEULLES1_2012	14	Reviars	7	0	64	182	EXCELLENTE	115	81%
Seulles	Mue	1 MUE1_2012	14	Reviars	6	0	22	114	TRES FORTE	78	70%
Seulles	Seulles	2 SEULLES2_2012	14	Crevilly	15	7	57	104	TRES FORTE	72	86%
Seulles	Seulles	3 SEULLES3_2012	14	Vaux-sur-Seulles	29	22	42	19	MOYENNE	17	68%
Seulles	Seulles	4 SEULLES4_2012	14	Tilly-sur-Seulles	48	40	24	3	TRES FAIBLE	4	100%
Seulles	Seulles	1 SEULLES1_2012	14	Villy-Bocage	54	47	17	5	TRES FAIBLE	6	20%
Seulles	Seulles	5 SEULLES5_2012	14	Cahagnes	62	54	10	7	FAIBLE	8	29%
Orne	Orne	1 ORNE1_2012	14	Feuguerolles-Bully	27	12	145	46	FORTE	36	89%
Orne	Orne	2 ORNE2_2012	14	Grimbosq	38	21	136	31	ASSEZ FORTE	26	58%
Orne	Orne	3 ORNE3_2012	14	Thury-Harcourt	48	31	127	33	ASSEZ FORTE	28	52%
Orne	Orne	6 ORNE6_2012	14	Clécy	63	46	112	9	FAIBLE	9	33%
Orne	Orne	8 ORNE8_2012	14	Le Mesnil-Villement	83	65	92	33	ASSEZ FORTE	28	58%
Orne	Orne	9 ORNE9_2012	14	Ménil-Hermei	90	72	85	2	TRES FAIBLE	3	0%
Dives	Dives	1 DIVES1_2012	14	Biéville-Quétiville	32	13	73	132	TRES FORTE	88	74%
Dives	Dives	2 DIVES2_2012	14	Ouville-la-Bien-Tournée	41	23	63	29	ASSEZ FORTE	25	52%
Dives	Dives	3 DIVES3_2012	14	Jort	55	36	49	7	FAIBLE	8	29%
Dives	Dives	4 DIVES4_2012	14	Crocq	68	50	36	8	FAIBLE	8	0%
Dives	Dives	5 DIVES5_2012	14	Saint-Lambert-sur-Dive	84	66	20	1	TRES FAIBLE	1	100%
Dives	Ancre	1 ANCRE1_2012	14	Brucourt	8	0	15	119	TRES FORTE	81	85%
Dives	Dorette	1 DORETTE1_2012	14	Victot-Pontfol	31	12	12	57	FORTE	43	67%
Dives	Laizon	1 LAIZON1_2012	14	Méry-Corbon	29	10	35	75	FORTE	55	72%
Dives	Vie	1 VIE1_2012	14	Corbon	31	13	64	76	FORTE	55	84%
Dives	Vie	2 VIE2_2012	14	La Brévière	65	46	30	0	NULLE	0	0%
Dives	Muance	1 MUANCE1_2012	14	Argence	26	7	12	31	ASSEZ FORTE	26	77%
Dives	Ante	1 ANTE1_2012	14	Morteaux-Coliboëuf	61	42	20	7	FAIBLE	8	14%

Extrait de l'Unité de Gestion Anguille Seine-Normandie 2012 - SEINORMIGR

Figure 5 : Abondances et densités d'anguilles observées sur les cours d'eau de la région Basse-Normandie échantillonnés en 2012 (SEINORMIGR).

Dans le cas particulier des cours d'eau seinomarins échantillonnés en 2012 ; Valmont, Dun, Sâne dont

certain déjà échantillonnés en 2010 (Dun), la comparaison de cours d'eau pour lesquels la buse estuarienne a été aménagée d'un dispositif de franchissement (Durdent, échantillonnés en 2012) avec des cours d'eau sur lesquels les buses restent à ce jour intactes et toujours aussi pénalisantes sur les migrations génésiques des populations piscicoles amphihalines (Sâane), il apparaîtrait toujours une certaine « perméabilité » de celles-ci vis-à-vis de l'espèce anguille au vu des premiers résultats, mais un effondrement des abondances mesurées dès les premiers kilomètres parcourus sur les cours d'eau en question montrerait le contraire. La colonisation de l'espèce semblerait se confirmer comme étant ainsi densité-dépendante, comme évoqué par de nombreux auteurs, et donc déterminée par le nombre d'individus parvenant à pénétrer les parties basses des fleuves, ici particulièrement limité par les buses estuariennes.

Ce phénomène semble se répéter sur la rivière index du bassin Seine-Normandie, pénalisée à son tour, non pas par une buse estuarienne, mais par le barrage du Tréport (régulant la marée du bassin portuaire) dont le dispositif de franchissement n'est pas adapté aux capacités de nage et de reptation des civelles amenées au pied de l'ouvrage par la marée.

En termes de densités, les dernières méthodes d'estimation (comm. pers. Briand C., 2011) tendraient à montrer qu'en utilisant ces 8 classes d'abondances, celles-ci recouvrent majoritairement les intervalles de densités des individus présents sur 100 m² de cours d'eau (figures 2 & 5).

FRONTS DE COLONISATION ACTIVE

Comme expliqué précédemment (Cf. p.51 § « Efficacité de la méthode », du rapport « GAROT G., 2011. Programme de monitoring (surveillance) du plan de gestion anguille français – Évaluation du stock d'anguilles jaunes en place sur l'Unité de Gestion Anguille Seine-Normandie – Année 2010. Rapport de suivi. Seine Normandie-Nord Migrateurs (SEINORMIGR). 160 pages »), en ne totalisant que les individus d'une taille inférieure ou égale à 300mm (civelles, jeunes anguilles jaunes d'un été et anguilles jaunes non sexuellement différenciées d'au moins deux étés, potentiellement migrantes), individus cible de la méthode et de l'appareillage employés, il devient alors possible d'identifier les fronts de colonisation active de l'espèce sur chaque bassin échantillonné (figures 6 et 7).

IDENTIFICATION DES FRONTS DE COLONISATION ACTIVE DE L'ANGUILLE EUROPEENNE SUR LES COURS D'EAU DE BASSE NORMANDIE - ANNÉE 2012				
Cours d'eau	Linéaire (km) total (de la mer à la source)	Linéaire (km) total (à partir de la limite tidale)	Derniers point de présence des individu en migration (≤ 300 mm) (à la mer - à la limite tidale)	Fraction colonisée par les individus migrants/ limite tidale
VIRE	129	107	93 - 70	65%
SEULLES	72	64	62 - 54	84%
ORNE	173	157	80 - 65	41%
DIVES	104	86	84 - 66	77%

Figure 6 : Fronts de colonisation active de l'anguille européenne observés sur les cours d'eau de la région Basse-Normandie échantillonnés en 2012 (SEINORMIGR).

Ces derniers atteignent respectivement 65 et 70 kilomètres, soit une colonisation du bassin, à près de 70% sur la Vire, et de seulement un tiers sur l'Orne si l'on considère la fraction ainsi colonisée par les individus encore en migration par rapport au linéaire total du cours d'eau (à partir de la limite de la marée dynamique).

Remarque : Les paramètres à prendre en compte dans cette interprétation du taux de colonisation active de l'espèce restent toutefois à définir ; notamment l'intégration des zones de balancement des marées ou encore des têtes de bassins non échantillonnées, dans le cas présent du linéaire restant à l'amont de la dernière station. Cette question se pose d'autant plus avec l'exemple du bassin de l'Orne où très souvent le cours d'eau est limité, à tort, au barrage hydroélectrique de Rabodanges (figure 7), haut de 20 mètres, et amputé ainsi de presque la moitié de son linéaire. Dans ce cas de figure le taux de colonisation active double pour atteindre 60%.



Figure 7 : Barrage à voûtes multiples et contreforts de la centrale hydroélectrique EDF de Rabodanges (département de l'Orne). Achevé en 1959, haut de 20 mètres et long de 160 mètres, l'ouvrage, toujours pas équipé à

ce jour de dispositif de franchissement piscicole, condamne ainsi l'accès aux espèces amphihalines à près de la moitié du bassin de l'Orne.

Classes d'abondances d'anguilles capturées :

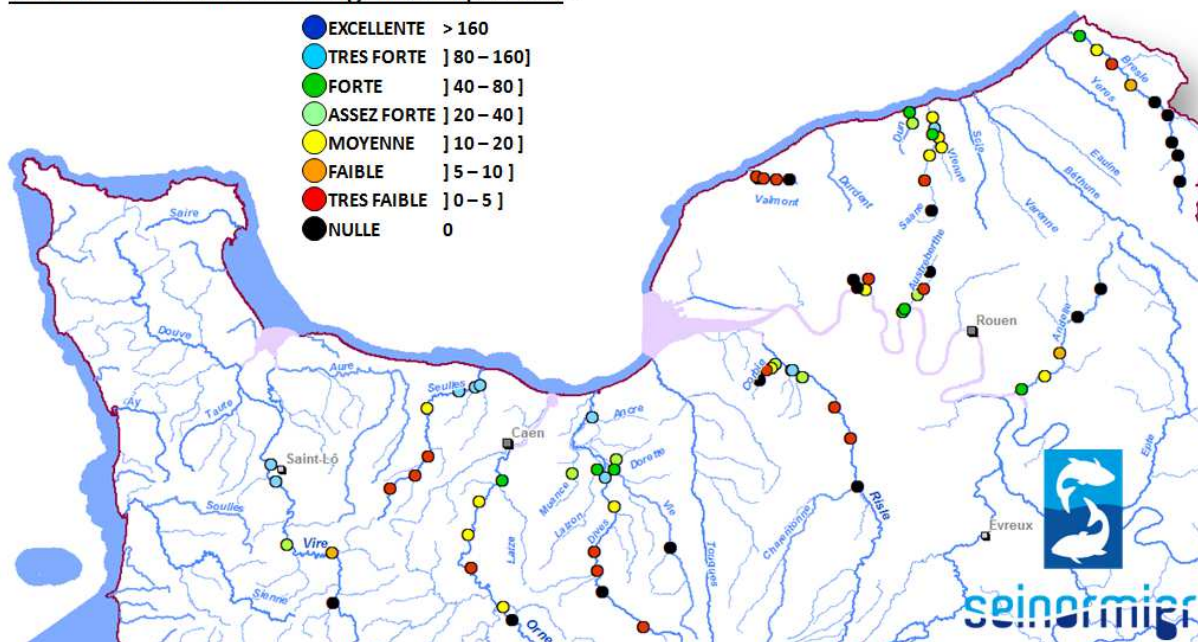


Figure 8 : Classes d'abondances d'anguilles de tailles inférieures à 300mm (en migration) observées sur les cours d'eau de l'UGA Seine-Normandie échantillonnés en 2012 (SEINORMIGR).

A l'inverse, et sans surprise les taux de colonisation de l'anguille sur les cours d'eau Hauts-Normands prospectés dans leur totalité en 2012 (Risle, Andelle, Austreberthe, Rançon, Sainte-Gertrude, Valmont, Sâne-Vienne, Bresle) présentent les mêmes difficultés de colonisation amont, soit en raison de la présence d'ouvrages majeurs dès les premiers kilomètres de cours d'eau (Risle, Andelle, Austreberthe, Valmont) ou bien par la l'accumulation d'obstacles qui finissent rapidement par avoir raison des capacités de franchissement des plus jeunes individus en migration (Sâne-Vienne, Bresle).

La campagne d'échantillonnage de 2012 valide ainsi les résultats observés lors de la campagne de 2010 et 2011, qu'il s'agisse de l'impact réel des buses estuariennes sur les capacités de l'anguille à coloniser de tels cours d'eau privés d'estuaire et limités dans leurs flux migratoires avec la mer, ou des fronts de colonisation active de l'espèce en fonction de l'avancement des programmes de restauration de la continuité écologique de chaque cours d'eau inclus dans la plan de gestion anguille.

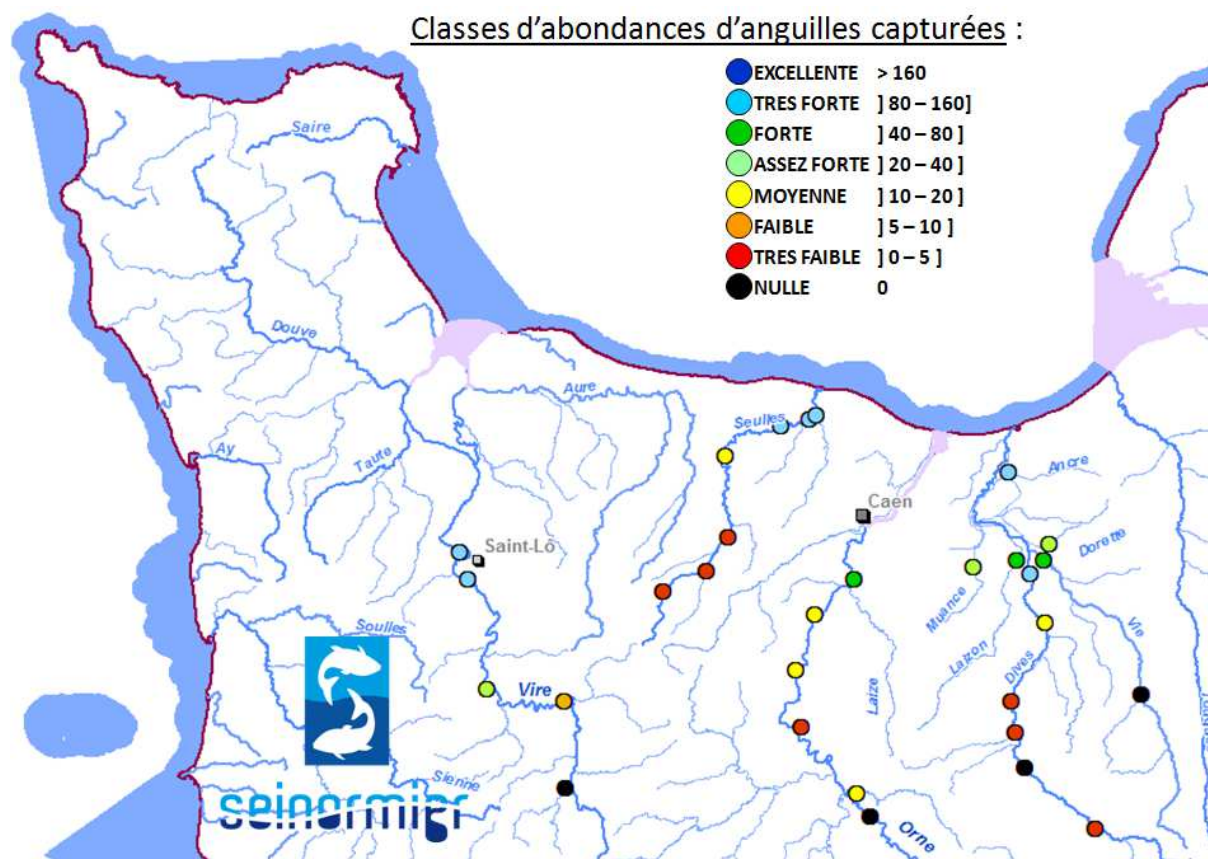


Figure 9 : Classes d'abondances d'anguilles de tailles inférieures à 300mm (en migration) observées sur les cours d'eau de la région Basse-Normandie échantillonnés en 2012 (SEINORMIGR).

☞ *Malgré un nombre de points de mesures plus restreint en 2012 les fronts de colonisation active des bassins de la Vire et de l'Orne ne semblent pas avoir évolué.*

À L'ÉCHELLE DES BASSINS VERSANTS ÉCHANTILLONNÉS

BASSIN DE L'ORNE (Cours principal)

Lors de la campagne 2010 et 2011 les premiers points de mesures réalisés sur le cours principal de l'Orne avaient révélé les abondances d'anguilles les plus élevées des cours d'eau suivis à ce jour sur l'UGA Seine-Normandie, avec 180 individus échantillonnés dès les 20 premiers kilomètres suivant le fond de l'estuaire matérialisé par le barrage de Caen (Montalivet, *figure 8*), qualifiant ainsi le niveau d'abondance d'excellent.



Figure 10 : Barrage de Caen situé sur le Cours Montalivet servant à alimenter et réguler le niveau d'eau du canal de Caen à la mer. Premier obstacle du plus grand fleuve bas-normand, situé à près de 18 kilomètres de la limite transversale de la mer, l'ouvrage marque ainsi le fond de l'estuaire de l'Orne. (© Arnaud RICHARD – ONEMA).

Aujourd'hui ces chiffres sont près de 5 fois moins importants, avec des niveaux d'abondances tout juste assez forts sur le premier tiers du cours d'eau échantillonné. Ce cas de figure démontre la variabilité

interannuelle des recrutements fluviaux en jeunes anguilles en particulier sur les bassins les plus importants

(Vire, Orne et même Seine) contrairement aux plus petits fleuves côtiers qui malgré leurs difficultés rencontrées aux estuaires semblent présenter un niveau de recrutement assez stable d'une année sur l'autre. L'origine de ces variations majeures reste encore à déterminer.

En termes d'évolution, celle-ci reste analogue à 2010 et 2011, en révélant les mêmes points de blocages majeurs que sont les barrages de l'Enfernay et de Saint-Philbert (*figures 11*). Le schéma de décroissance reste classique avec une rupture marquée après 40 kilomètres de la zone tidale due à la sélectivité importante du barrage de l'Enfernay, au-delà de laquelle la population arrive tant bien que mal à se maintenir et devenir relictuelle à plus de 70 kilomètres, le barrage de compensation de Rabodanges ne laissant aucune chance aux individus colonisant le bassin. Au-delà de ce point seules quelques grosses femelles sont présentes, pour lesquelles leurs chances de retrouver le chemin de la mer dans une retenue d'une telle étendue sont minces tout comme leurs possibilités de survivre aux différentes turbines hydroélectriques qui les séparent de l'estuaire.

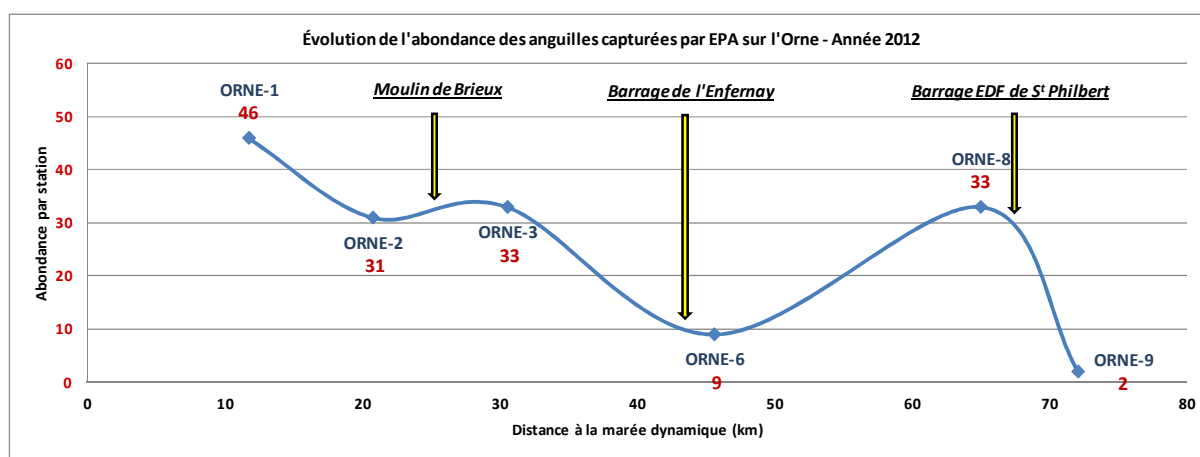


Figure 11 : Évolution des abondances d'anguilles capturées sur le cours principal de l'Orne – Année 2012 (SEINORMIGR).

Même si les capacités d'accueil des différentes stations de mesures ont très certainement une incidence sur les abondances observées, les populations échantillonnées à l'aval du barrage (*figure 11*) et de Saint-Philbert sont très majoritairement constituées d'individus en migration (<300mm), 70% (*figure 12*). La baisse d'effectifs à Clécy est le résultat du point de blocage du barrage de l'Enfernay à Saint-Rémy (*figure 13*).

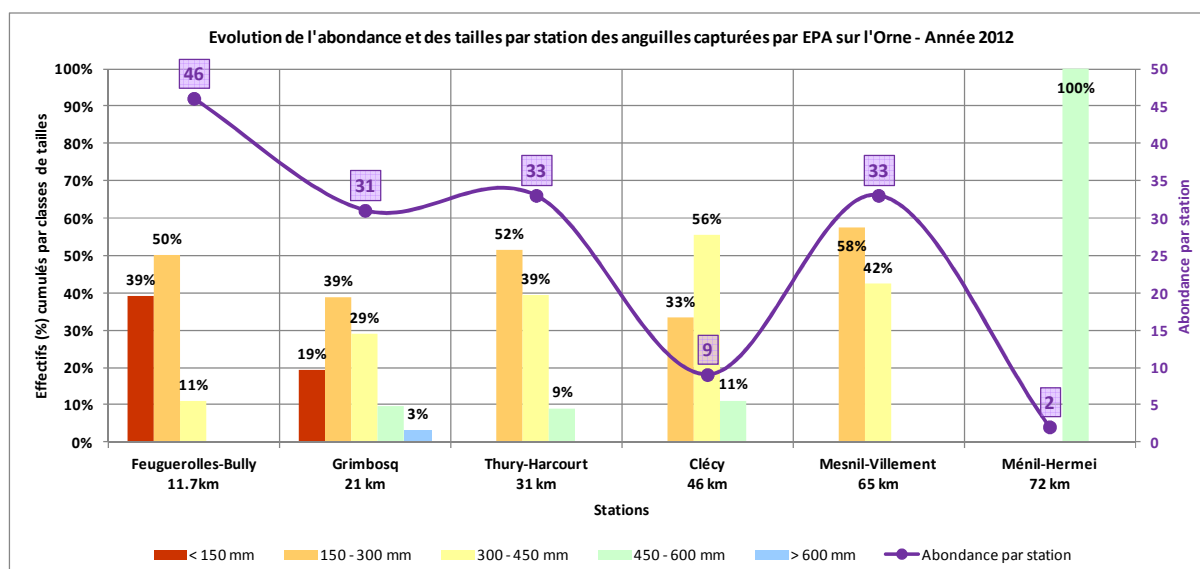


Figure 12 : Évolution des abondances et des structures en tailles des anguilles capturées sur le cours principal de l'Orne – Année 2012 (SEINORMIGR).



Figure 13 : Barrage de l'usine de l'Enfernay à Saint-Rémy responsable d'un effet bloquant, avec l'observation d'une accumulation de jeunes anguilles en migration au pied de l'obstacle. Perturbation qui provoque un retard dans la migration de l'espèce et altère sa colonisation du bassin. (© Arnaud RICHARD – ONEMA).

Ainsi, le front de colonisation active de l'anguille sur le bassin de l'Orne semble ne pas avoir reculé malgré un maillage d'échantillonnage plus grossier qu'en 2010 et s'observe alors à 47 kilomètres de la zone tidale révélant ainsi un taux de colonisation active du bassin de l'ordre de 41% à l'échelle du bassin dans son intégralité, ou de 70% en admettant que celui-ci se limite au barrage de Rabodanges. Le dernier point de mesure étant situé à l'amont du barrage de Saint-Philbert (*figure 12*), barrage de compensation du barrage de Rabodanges, dont le dispositif de franchissement piscicole de type « Ecluse Borland » est inefficace vis-à-vis de l'anguille, la population est alors quasi-absente de cette zone soumise à éclusées.



Figure 14 : Barrage de la centrale hydroélectrique EDF de Saint-Philbert, qui marque le front de colonisation active de l'anguille européenne sur le bassin de l'Orne et à l'amont duquel, sur le tronçon de cours d'eau soumis aux éclusées du barrage de la centrale hydroélectrique EDF de Rabodanges, la population est résiduelle, voire quasi-absente au regard des effectifs qui y ont été capturés. (© Arnaud RICHARD – ONEMA).

☞ *La très faible proportion d'individus de l'année (< 130mm) dès le premier point de mesure, à seulement 11 kilomètres du fond de l'estuaire, et séparé de celui-ci par seulement un ouvrage ; le barrage de Caen, révèle ainsi un réel dysfonctionnement du dispositif de franchissement piscicole en place sur cet ouvrage, sans doute dû à sa gestion hydraulique pour alimenter le canal de Caen à la mer, laquelle ne semble pas adaptée aux capacités de nage des jeunes individus.*



Figure 15 : Barrage du Grand Moulin à Feugueroles/May-sur-Orne et sa passe à anguilles. (© Geoffroy GAROT – SEINORMIGR).

BASSIN DE LA VIRE (Cours principal)

Le bassin de la Vire semble toujours présenter le plus fort taux de colonisation active par l'anguille européenne sur les cours d'eau de l'UGA Seine-Normandie échantillonnés en 2010, comme 2011 avec très probablement la totalité de son linéaire exploité par les plus jeunes individus encore en phase de migration.

Contrairement au bassin de l'Orne le recrutement fluvial de la Vire se montre d'un niveau équivalent à 2010 (figures 16 & 17). Ces différences de recrutement peuvent avoir une origine marine à l'approche du talus continental, comme un effort de pêche, légal ou non, plus important aux abords de l'estuaire ...

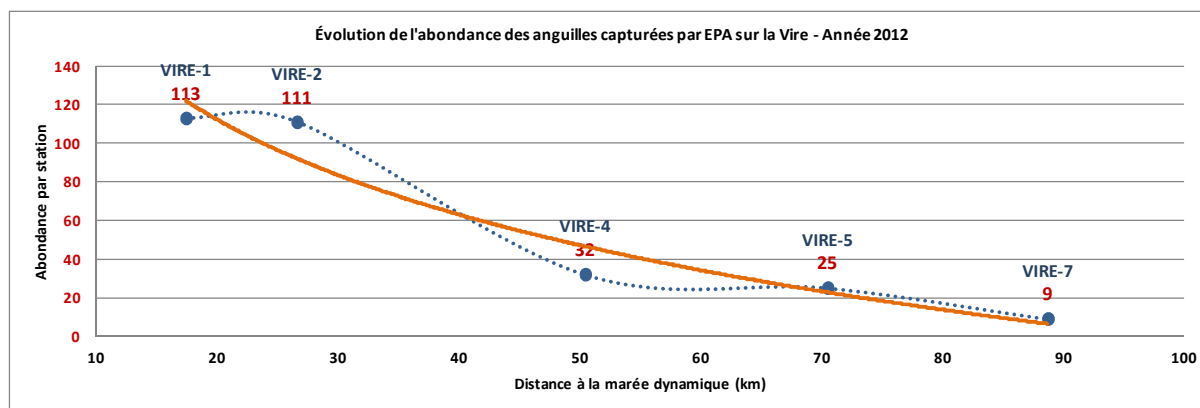


Figure 16 : Évolution des abondances d'anguilles capturées sur le cours principal de la Vire – Année 2012 (SEINORMIGR).

Le sursaut d'abondance observé dès la deuxième station à Gourfaleur n'est que le résultat de l'impact du barrage du Moulin des Rondelles, ce qu'attestent d'ailleurs les plus de 90% d'individus en montaison (<300mm), considérablement ralentis dans leur progression. Ce phénomène de blocage est aujourd'hui en raison du faible recrutement mesuré à l'aval du fleuve sur la commune d'Agneaux à l'aval de Saint-Lô.

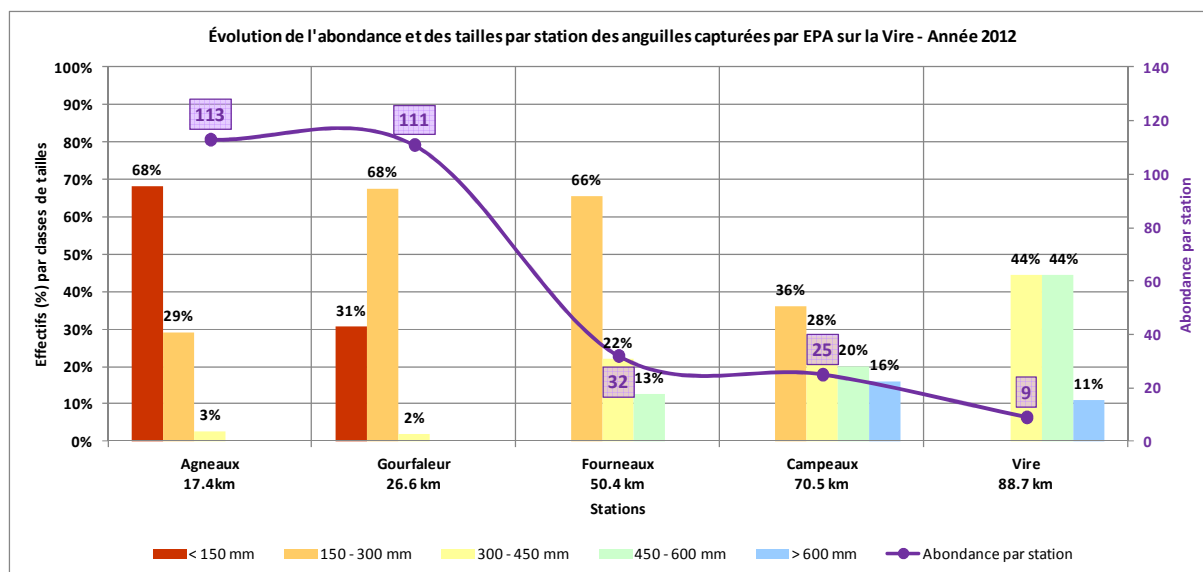


Figure 17 : Évolution des abondances et des structures en tailles des anguilles capturées sur le cours principal de la Vire – Année 2012 (SEINORMIGR).

BASSIN DE LA SEULLES (Cours principal et affluents)

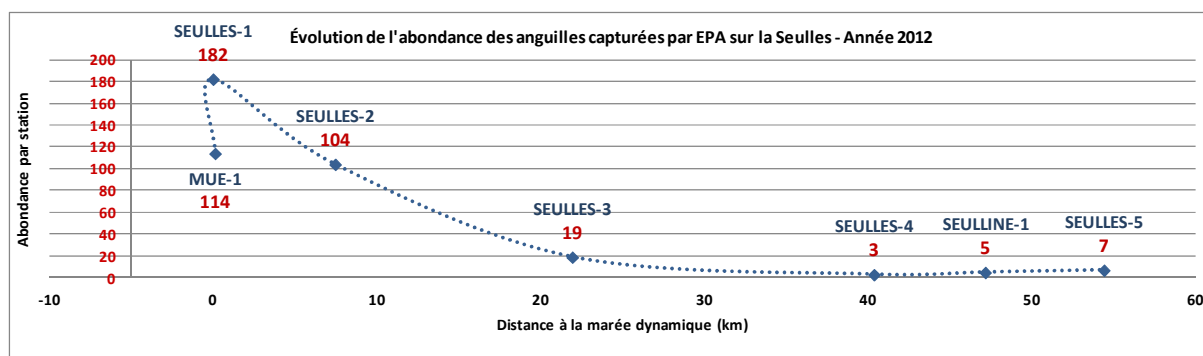


Figure 18 : Évolution des abondances d'anguilles capturées sur le bassin de la Seulles – Année 2012 (SEINORMIGR).

Les bassins de la Seulles et de la Dives présentent en 2012 un excellent recrutement fluvial, y compris sur les affluents estuariens (*figures 18 à 22*). La marée dynamique se faisant ressentir assez haut ces les fleuves poussant alors les individus en nages portée jusqu'aux premiers radiers.

Cependant, ces bassins observent une rupture d'abondances particulièrement marquée, à mi-parcours sur la Seulles (Vaux-sur-Seulles) ou au deux tiers du bassin sur la Dives (Jort). Sur ces points de décrochement les effectifs, sont divisés par un facteur allant de 5 à 6, avec une disparition des individus de l'année et un reliquat d'individus encore en migration.

Un diagnostic fin des ouvrages présents sur ces deux bassins n'a pu encore se faire avec précision, notamment avec les derniers éléments de connaissance de l'espèce, afin de statuer définitivement sur les abondances mesurées. Les recrutements des deux fleuves ne semblent en apparence pas compromis.

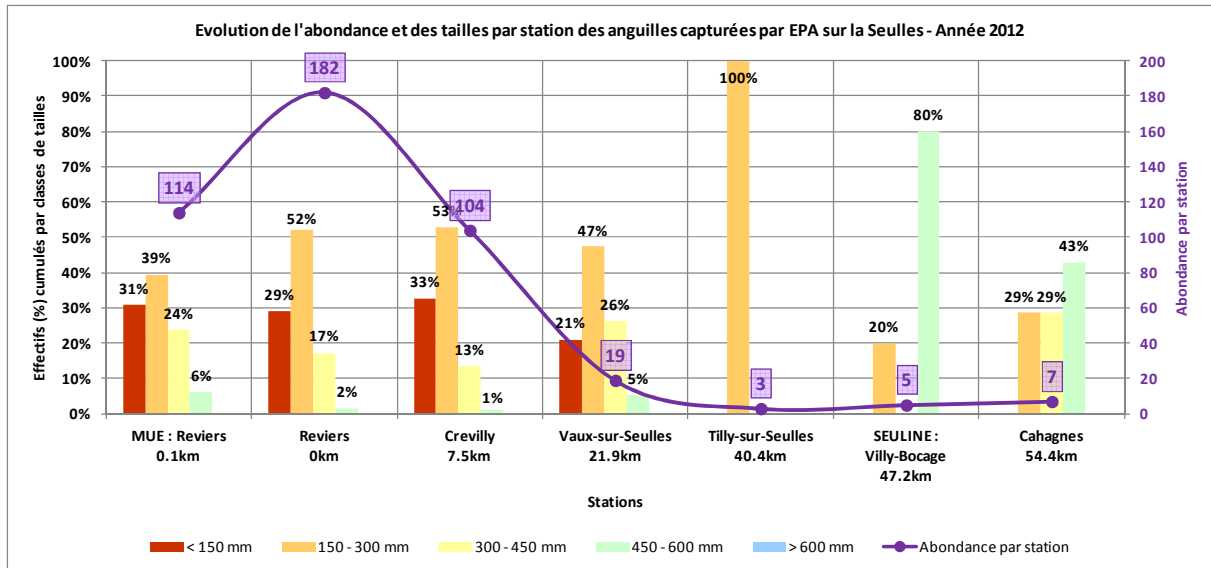


Figure 19 : Évolution des abondances et des structures en tailles des anguilles capturées sur le bassin de la Seulles – Année 2012 (SEINORMIGR).

BASSIN DE LA DIVES (Cours principal et affluents)

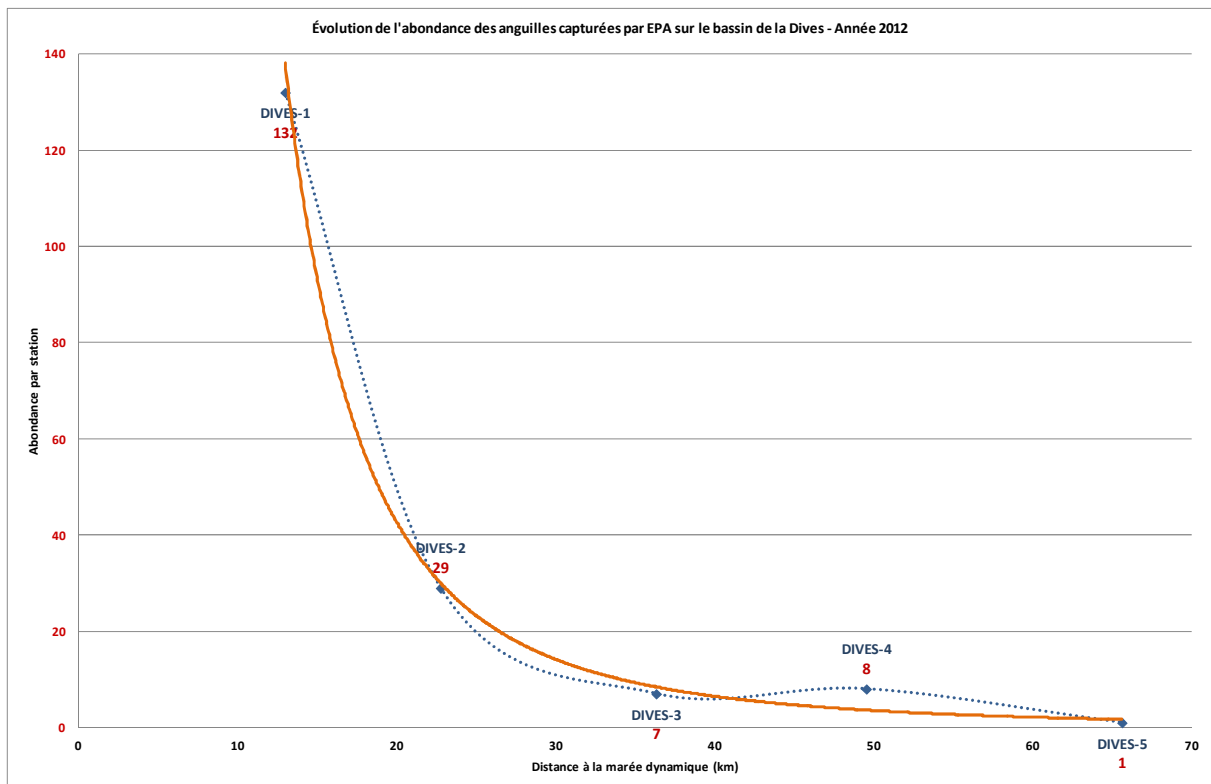


Figure 20 : Évolution des abondances d'anguilles capturées sur le bassin de la Dives – Année 2012 (SEINORMIGR).

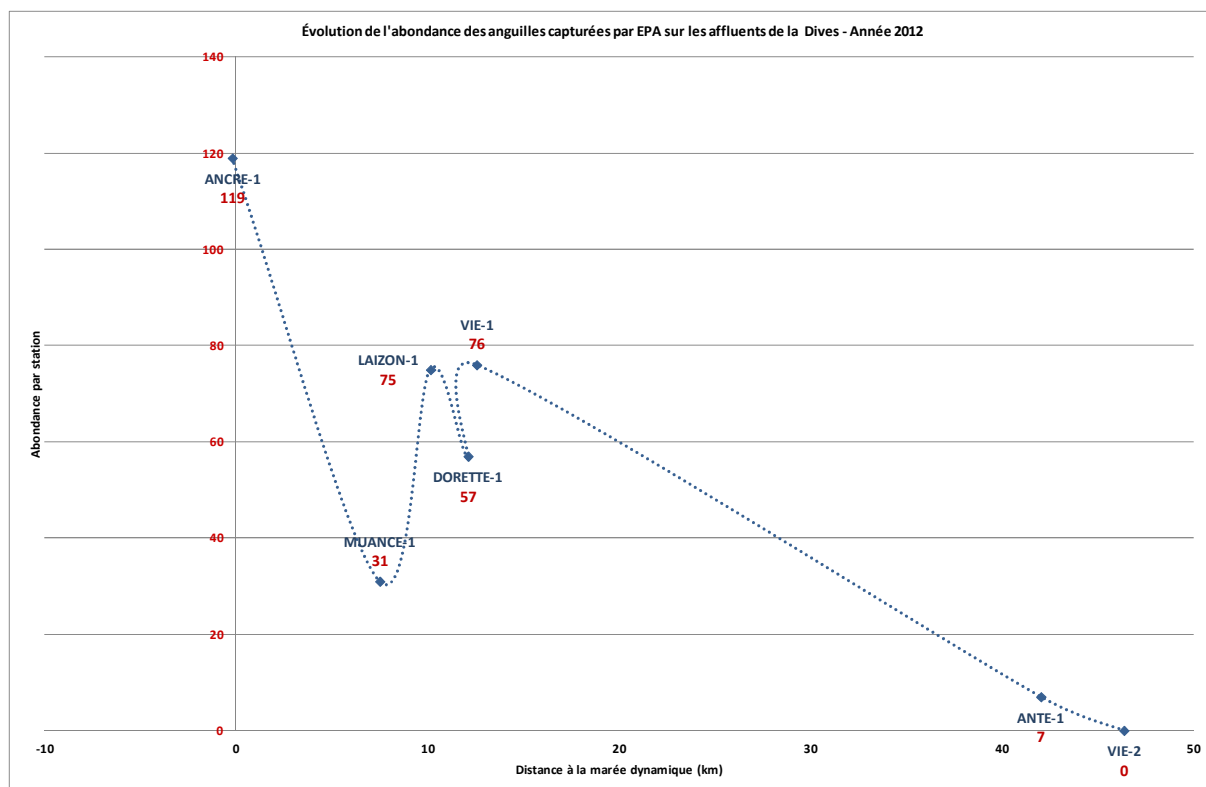


Figure 21 : Évolution des abondances d'anguilles capturées sur les affluents de la Dives – Année 2012 (SEINORMIGR).

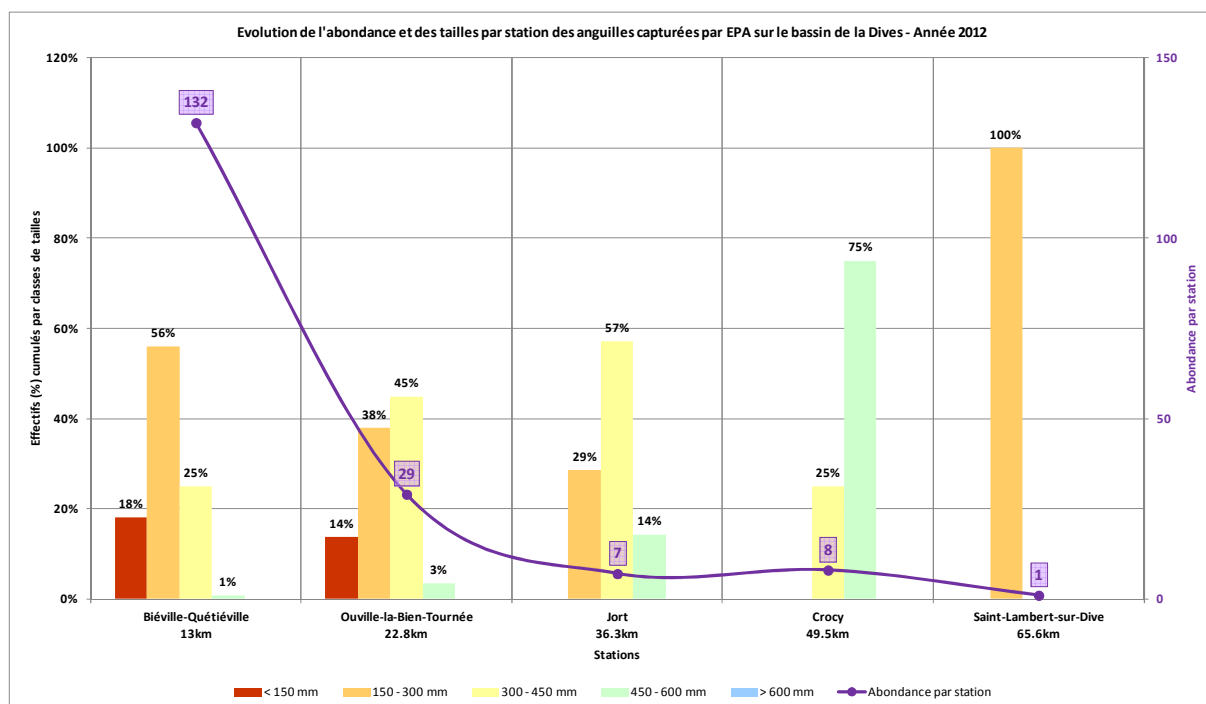


Figure 22 : Évolution des abondances et des structures en tailles des anguilles capturées sur le bassin de la Dives – Année 2012 (SEINORMIGR).

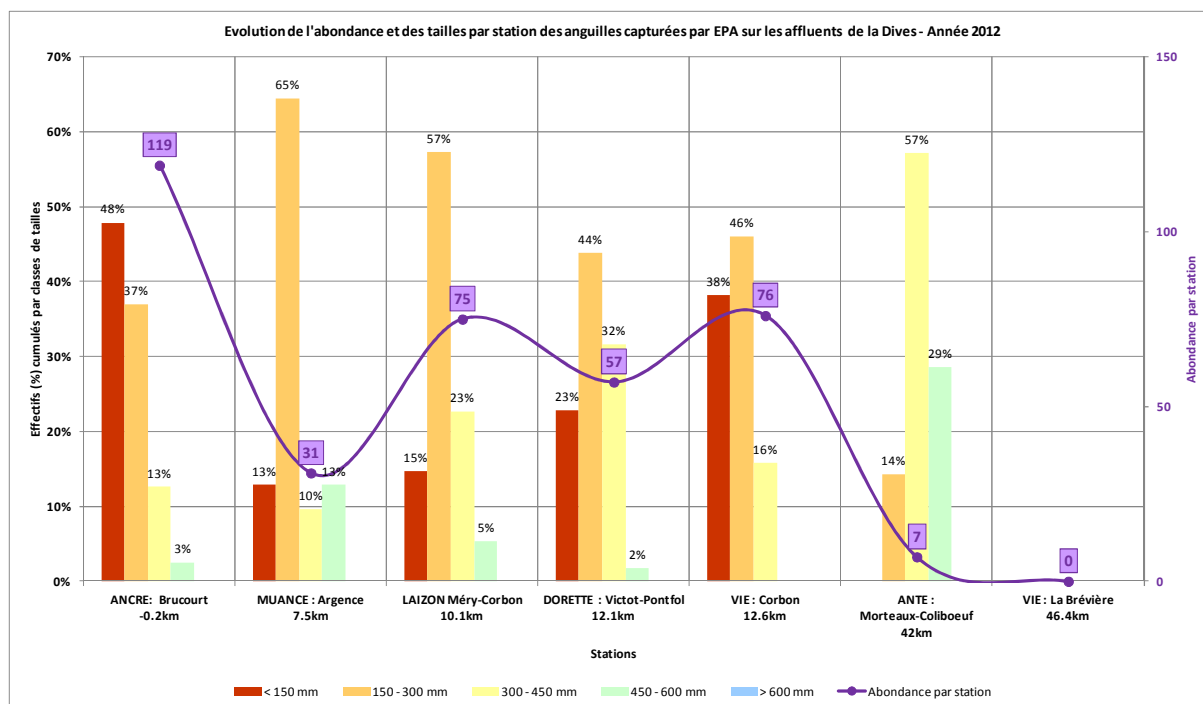


Figure 23 : Évolution des abondances et des structures en tailles des anguilles capturées sur les affluents de la Dives – Année 2012 (SEINORMIGR).

BIBLIOGRAPHIE

- ADAM G., FEUNTEUN É., PROUZET P., RIGAUD C.,** 2008. L'anguille européenne ; indicateurs d'abondance et de colonisation. Editions Quae. 393p.
- ACFM,** 1998. ICES cooperative research report, Vol. 229.
- ACFM,** 2001. ICES cooperative research report, Vol. 246.
- ACFM,** 2002. ICES cooperative research report, Vol. 255, pp. 940-948.
- APRAHAMIAN M. W.,** 1988. Age structure of eel, *Anguilla anguilla* (L.), populations in the River Severn, England, and the River Dee, Wales. *Aquac. Fish. Manag.*, 19, 365-376.
- BAISEZ A.,** 2003. Paroles d'anguilles. In Lettre d'information, pp. 4, Rennes.
- BONHOMMEAU S.,** 2008. Effets environnementaux sur la survie larvaire de l'Anguille (*Anguilla anguilla*) et conséquences sur le recrutement. Thèse de Doctorat Halieutique - Agrocampus Rennes.
- BONHOMMEAU S., CHASSOT E. and RIVOT E.,** 2008. Fluctuations in European eel (*Anguilla anguilla*) recruitment resulting from environmental changes in the Sargasso Sea. *Fisheries Oceanography*, 17: 32-44
- BRIAND C., BOUSSION D.,** 1997. Suivi des migrations de poissons sur la Vilaine. Bilan de la première année de fonctionnement des passes à poissons d'Arzal. Institution d'aménagement de la Vilaine, rapport de mission, 59 p.
- BRIAND C., FATIN D., FONTENELLE G., FEUNTEUN É.,** 2002. Effect of re-opening of a migratory axis for eel at a watershed scale (Vilaine river, Southern Brittany). *American Fisheries Society Symposium*, communication orale.
- BRIAND C., FATIN D., FONTENELLE G., FEUNTEUN É.,** 2003. Estuarine and fluvial recruitment of European glass eels in an exploited Atlantic estuary, *Fisheries Management and Ecology*, 10 : 377-384.
- BRIAND C., FATIN D., FONTENELLE G., FEUNTEUN É.,** 2005a. Effect of re-opening of a migratory pathway for eel (*A. Anguilla*) at a watershed scale (Vilaine river, Southern Brittany), *Bulletin France de la Pêche et de la Pisciculture*, 378-379 : 67-86.
- BRIAND C., FATIN D., FONTENELLE G., FEUNTEUN É.,** 2005b. Estimating the stock of glass eels in an estuary by mark-recapture experiments using vital dyes, *Bulletin Français de la Pêche et de la Pisciculture*, 378-379 : 23-46.
- BRIAND C., BAISEZ A., BARDONNET A., BEAULATON L., FEUNTEUN E., LAFFAILLE P., LAMBERT P., PORCHER J. P., PROUZET P., RIGAUD C. and ROBINET T.,** 2006b. Connaissances, outils et méthodes pour la mise en place de plans de gestion de l'anguille (*A. anguilla*) dans les bassins versants français. Rapport d'expertise scientifique et technique du Groupe « Anguille » du GIS Poissons Amphihalins (GRISAM), Paris.
- BRUSLÉ J.,** 1990. Effects of heavy metals on eels, *Anguilla* sp. *Aquat Living Resour*, 3, 131-141.
- BRUSLÉ J.,** 1994. L'anguille européenne *Anguilla anguilla*, un poisson sensible aux stress environnementaux et vulnérable à diverses atteintes pathogènes. *Bulletin Français de la Pêche et de la Pisciculture*, 335, 237-260.
- CAMPTON P., CRIVELLI A.J.,** 2010. L'anguille européenne, *Anguilla anguilla*, dans le canal d'Arles à Bouc – Etat des lieux et premiers résultats de la passe-piège installée sur le barrage à sel – Campagne 2009/2010. Rapport d'études. Migrateurs Rhône Méditerranée. 38p. hors annexes.
- CAMPTON P., GEORGEON M., LEBEL I.,** 2010. Etude des conditions de migration anadrome de l'Anguille (*Anguilla Anguilla*) sur les fleuves côtiers méditerranéens – Berre, Orbieu, Fresquel, Jaur, Gapeau, Réal Martin, Brague, Cagne, Var, Paillons. Rapport d'étude (synthèse). Migrateurs Rhône Méditerranée. 79p. hors annexes.

CARLE F. L. and STRUB M. R., 1978. A New Method for Estimating Population Size from Removal Data. *Biometrics*, 34, 621-630.

CASTONGUAY M., HODSON P. V., COUILLARD C. M., ECKERSLEY M. J., DUTIL J. D. and VERREAULT G., 1994. Why is recruitment of the American eel, *Anguilla rostrata*, declining in the St. Lawrence River and Gulf ? *Canadian journal of fisheries and aquatic sciences*, 51, 479-488.

CHANCEREL F., 1994. Note technique. La répartition de l'Anguille en France. *Bulletin Français de la Pêche et de la Pisciculture*, 335, 289-294.

COPP G.H., 1989. Electrofishing for fish larvae and juveniles : equipment modifications for increased efficiency with short fishes. *Aquaculture and Fisheries Management* 20: 453-462

COUILLARD C. M., HODSON P.V., CASTONGUAY M., 1997. Correlations between pathological changes and chemical contamination in American eels, *Anguilla rostrata*, from St. Lawrence River. *Canadian journal of fisheries and aquatic sciences*, 54, 1916-1927.

CRIVELLI A.J., CAMPTON P., LEBEL I., LEGURUN L., CONTOURNET P., 2010. Etude du recrutement des civelles et de leur devenir dans l'étang du Vaccarès – Campagne 2009. Rapport d'études. Migrateurs Rhône Méditerranée. 37p. hors annexes.

DEKKER W., 1998. Long-term trend in the glasseels immigrating at Den Oever, The Netherland. *Bull Fr Pêche Piscic*, 349, 199:214.

DEKKER W., 2000. A procrustean assessment of the European eel stock. *ICES Journal of Marine Science*, 57, 938-947.

DEKKER W., 2001, in press. Status of the European eel stock and fisheries. In *Proceedings international symposium Advances eel biology*, Tokyo, Japan.

DEKKER W., 2004. Slipping through our hands Population dynamics of the European eel.

DÉSAUNAY Y. and GUÉRAULT D., 1997. Seasonal and long-term changes in biometrics of eel larvae: a possible relationship between recruitment variation and North Atlantic ecosystems productivity. *Journal of Fish Biology*, 51, 317-339.

DURIF C., ÉLIE P., DUFOUR S., MARCHELION J., VIDAL B., 2000. Analyse des paramètres morphologiques et physiologiques lors de la préparation à la migration de dévalaison chez l'anguille européenne (*A. anguilla*) du Lac de Grand-Lieu (Loire-Atlantique), *Cybium*, 24 : 63-74.

DURIF C., 2003. La migration d'avalaison de l'anguille européenne *Anguilla anguilla* : caractérisation des fractions dévalantes, phénomène de migration et franchissement d'obstacles. Thèse de doctorat en écologie aquatique. Université Paul Sabatier – Toulouse III. 350p.

DURIF C., DUFOUR S., ÉLIE P., 2005. The silvering process of *Anguilla anguilla* : a new classification from the yellow resident to the silver migrating stage. *Journal of Fish Biology*, 66 : 1025-1043.

DURIF C., GUIBERT A. and ELIE P., 2009. Morphological Discrimination of the Silvering Stages of the European Eel. *American Fisheries Society Symposium* 58 : 103-111.

ÉDELIN E., 2005. Facteurs du contrôle de la dispersion continentale chez l'anguille. Thèse de Doctorat en écologie aquatique. Université Paul Sabatier – Toulouse III. 144p.

EFRON B., 1983. Estimating the error rate of a prediction rule: improvement on cross-validation. *J. Amer. Statist. Assoc.*

ÉLIE P. and RIGAUD C., 1984. Etude de la population d'anguille de l'estuaire et du bassin versant de la Vilaine : examen particulier de l'impact du barrage d'Arzal sur la migration anadrome (civelles), proposition d'amélioration du franchissement de cet obstacle. Cemagref/Université de Rennes, Rennes.

FEUNTEUN É., 2002. Management and restoration of European eel population (*Anguilla anguilla*) : An impossible bargain. Ecol Eng, 18, 575-591.

FEUNTEUN É., ACOU A., GUILLOUËT J., LAFFAILLE P., LEGAULT A., 1998. Spatial distribution of an eel population (*A. anguilla*) in a small coastal catchment of Northern Brittany (France). Consequences of hydraulic works. Bulletin Français de la Pêche et de la Pisciculture, 349 : 129-139.

FEUNTEUN É., ACOU A., LAFFAILLE P., LEGAULT A., 2000. European eel : prediction of spawner escapement from continental population parameters. Canadian journal of fisheries and aquatic sciences, 57, 1627:1635.

FEUNTEUN É., BOULLIER J., BRIAUDET J., LAFFAILLE P., 2000. La population d'anguille du Rhône aval : étude préliminaire en vue de l'élaboration d'un protocole de suivi et de restauration. DIREN Rhône-Alpes, EDF CNPE Saint-Alban et Université de Rennes 1, 114 p.

FEUNTEUN É., RIGAUD C., ÉLIE P., LEFEUVRE J.C., 1992. Le marais doux endigué de Bourgneuf-Machecoul (Pays de Loire). Premiers éléments de connaissance du peuplement piscicole. Relation ichtyofaune-habitat et problèmes majeurs de gestion. Revue des Sciences de l'Eau, 5, 509-528.

FEUNTEUN E., LAFFAILLE P., ROBINET T., BRIAND C., BAISEZ A., OLIVIER J.M. et ACOU A., 2003. A review of upstream migration and movements in Inland waters by Anguillid Eels : Toward a general theory. In eel biology (eds K. Aida, K. Tsukamoto and K. Yamauchi), pp. 181-190. Springer, Tokyo.

FONTAINE, Y.A., 1994. L'argenture de l'anguille : métamorphose, anticipation, adaptation. Bulletin Français de la Pêche et de la Pisciculture 335 : 171-185

FONTAINE, M., DELERUE-LE BELLE N., LALLIER F. and LOPEZ E., 1982. Biologie générale. Toutes les anguilles succombent elles après la reproduction et frayent-elles nécessairement en mer ? C. R. Acad. Sc. Paris, 294, 809-811.

GAROT G., 2003. Synthèse sur la biologie du Nématode *Anguillicola crassus*. Rapport d'études. DESS « Exploitation des Ressources Vivantes Côtières » - Université de Caen Basse-Normandie. 51p. hors annexes.

GASCUEL D., 1986. Flow-carried and active swimming migration of the glass eel (*Anguilla anguilla*) in the tidal area of a small estuary on the French Atlantic coast. Helgoländer Meeresuntersuchungen, 40: 321-326

GERMIS G., 2009. Evaluation de l'état de la population d'anguille en Bretagne par la méthode des indices d'abondance « anguille » de 2003 à 2008. Rapport d'études. Bretagne Grands Migrateurs. 61p.

HARO A., RICHKUS W. A., WHALEN K., HOAR A., BUSCH W. D., LARY S., BRUSH T. and DIXON D. A., 2000. Population decline of the American eel : implications for research and management. Fish Manage.

HELFMAN G. S., FACEY D. E. and HALES L. S., 1987. Reproductive ecology of the American eel. Trans Am Fish Soc, 1, 42-56.

HODSON P. V., CASTONGUAY M., COUILLARD C. M., DESJARDINS C., PELLETIER E. and MCLEOD R., 1993. Spatial and temporal variations in chemical contamination of American eels, *Anguilla rostrata*, captured in the estuary of the St Lawrence river. Canadian journal of fisheries and aquatic sciences, 51, 464-477.

IBBOTSON A., SMITH J., SCARLETT P. and APRAHAMIAN M., 2002. Colonization of freshwater habitats by the European eel *Anguilla anguilla*. Freshwater Biology, 47: 1696-1706

ICES, 1999. Joint EIFAC/ICES working group on eel. In EIFAC, Occasional Paper, Vol. 34, pp. 31, Silkeborg.

- ICES**, 2002. Report of the ICES/EIFAC Working group on eel. In International Council for the Exploration of the sea (ed ICES), pp. 55, Copenhagen.
- ICES**, 2003. Report of the ICES/EIFAC Working group on eel. In International Council for the Exploration of the sea (ed ICES), pp. 48, Nantes.
- ICES**, 2006 Report of the ICES/EIFAC Working Group on Eels, Rome, Italy.
- ICES**, 2006. Report of the Joint EIFAC/ICES Working Group on Eels (WGEEL), 23-27 January 2006. ICES CM 2006/ACFM : 16. 350p.
- ICES**, 2008. Report of the Joint EIFAC/ICES Working Group on Eels (WGEEL), 354-386.
- ICES Advice 2008**, Book 9,9.4.9, European eel. 123-129.
- IMBERT H.**, 2008. Stratégie conditionnelle contrôlant la dispersion continentale de l'anguille européenne. Thèse de doctorat en écologie aquatique. Université de Bordeaux 1. 199p. avec annexes.
- JELLYMAN J.**, 1989. Diet of two species of freshwater eel (*Anguilla* spp.) in Lake Pounui, New Zeland. New Zeland Journal of Marine and Freshwater Research, 23, 1-10.
- KEITH P., MARION L.**, 2002. Methodology for drawing up a red list of threatened freshwater fish in France. Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems 12: 169-179.
- KENNEDY C. R. and FITCH D. J.**, 1990. Colonization, larval survival and epidemiology of the nematode *Anguillicola crassus*, parasitic in the eel, *Anguilla anguilla*, in Britain. J Fish Biol, 36, 117-131.
- KIRK R. S.**, 2003. The impact of *Anguillicola crassus* on the European eel. Fish. Man. Ecol., 10, 385-394.
- KNIGHTS B., WHITE E. and NAISMITH I. A.**, 1996. Stock assessment of European eel, *Anguilla anguilla* L. In Stock Assessment in Inland Fisheries (ed I. Cowx, G.), Vol. chap. 34, pp. 431-447. Fishing News Books, Oxford.
- LAFFAILLE et al., RIGAUD C.**, 2009. L'anguille européenne. Indicateurs d'abondance et de colonisation. Chap. 8 : Indicateurs de colonisation et de sédentarisation. 58 p.
- LAFFAILLE P. et LAFAGE D.**, 2003. Organisation spatiale et évaluation de l'état des stocks d'anguille du bassin versant de l'Aulne. Rapport final. Contrat de Plan Etat-Région 2000-2006. Fédération du Finistère pour la Pêche et la Protection du Milieu Aquatique, 63 p.
- LAFFAILLE P., BAISEZ A., RIGAUD C., FEUNTEUN E.**, 2004. Habitat preferences of different European eel size classes in a reclaimed marsh: a contribution to species and ecosystem conservation. Wetlands, 24: 642-651.
- LAFFAILLE P., BRIAND C., FATIN D., LAFAGE D., LASNE E.**, 2005. Point sampling abundance of European eel (*Anguilla anguilla*) in freshwater areas – Archiv. Hydrobiol., 162, 91-98 p.
- LAFFAILLE P., CARAGUEL J.M., LEGAULT A.**, 2007. Temporal patterns in the upstream migration of European eels (*Anguilla anguilla*) at the Couesnon estuarine dam. Estuarine Coastal and Shelf Science, 73: 81-90.
- LAFFAILLE P., LASNE E., BAISEZ A.** Effects of improving longitudinal connectivity on colonization and distribution of European eel in the Loire catchment, France. Ecology of Freshwater Fish.
- LAFFAILLE P., RIGAUD C.** Indicateurs de colonisation et de sédentarisation. In: L'anguille européenne. Indicateurs d'abondance et de colonisation. ADAM G., FEUNTEUN E., PROUZET P., RIGAUD C. (eds.). QUAE, Paris : 275-330.
- LAMBERT P.**, 1994. Synthèse des concepts de modélisation du phénomène de migration des civelles d'*Anguilla anguilla* en estuaire. Bull. Fr. Pêch. Piscic. 335: 99-110.

LAMBERT P. et RIGAUD C., 1999. Recherche d'éléments de gestion de la population d'anguilles sur la base des données produites par le RHP. Rapport du Cemagref. Etude n° 39. 63p.

LARINIER M., PORCHER J. P., TRAVADE F. and GOSSET C., Passes à poissons, expertise, conception des ouvrages de franchissement.

LASNE É., ACOU A., VILA-GISPERS A., LAFFAILLE P., 2008. European eel distribution and body condition in a river floodplain: effect of longitudinal and lateral connectivity. *Ecology of Freshwater Fish*, 17: 567-576.

LASNE É., LAFFAILLE P., 2008. Analysis of distribution patterns of yellow European eels in the Loire catchment using logistic models based on presence-absence of different size-classes. *Ecology of Freshwater Fish*, 17: 30-37.

LAURONCE V., SOULARD A., GOUELLO T., 2010. Actions pour la sauvegarde de l'anguille européenne sur le bassin Gironde-Garonne-Dordogne. Rapport d'études Migrateurs Garonne Dordogne. 156p. hors annexes.

LAURONCE V., 2010. Animation/coordination des actions et des réflexions pour la sauvegarde de l'anguille européenne sur le bassin versant Gironde-Garonne-Dordogne – janvier à décembre 2009. Rapport d'études Migrateurs Garonne Dordogne. 8p. hors annexes.

LEGAULT A. & PORCHER J.P., 1990. Distribution du peuplement d'anguille à l'échelle régionale Bretagne-Basse Normandie (France). Communication EIFAC, Working group on Eel, Porto, Portugal.

LEGAULT A., PORCHER J.P., 1989. Distribution du peuplement d'anguille à l'échelle régionale Bretagne Basse-Normandie (France). In E.I.F.A.C., Working Party on Eel, Porto, Portugal.

LEPRÉVOST et al., 2007. Développement d'un indicateur pour caractériser l'impact migratoire sur le stock d'anguille européenne à l'échelle des bassins bretons. ONEMA – IAV.

LOBÓN-CERVIÁ J., UTRILLA C. G. and RINCÓN P. A., 1995. Variations in the population dynamics of the European eel *Anguilla anguilla* (L.) along the course of a Cantabrian river. *Ecol Freshwater Fish*, 4, 17-27.

MARCHELION J., LE BELLE N., HARDY A., VIDAL B., SBAIHI M., BURZAWA-GÉRARD E., SCHMITZ M., DUFOUR S., 1999. Etude des variations de paramètres anatomiques et endocriniens chez l'anguille européenne (*Anguilla anguilla*) femelle, sédentaire et d'avalaison : application à la caractérisation du stade argenté. *Bulletin Français de la Pêche et de la Pisciculture*. 355 : 349-368.

MAZEL V., CHARRIER F., TROGER F., KNEABEL B., CARAGUEL J.-M., LEGAULT A., 2011. Suivi de l'opération d'alevinage réalisée sur l'Aure et la Drôme, (Rapport 2) Rapport du suivi à 6 mois, FISH PASS, pour le Comité Régional des Pêches de Basse-Normandie. 91p.

McCleave J. D. and Arnold G. P., 1999. Movements of yellow and silver phase European eels (*Anguilla anguilla* L.) tracked in the western North Sea. *ICES Journal of marine science*, 56, 510-536.

McCleave J., 2001. Simulation of the impacts of dams and fishing weirs on reproductive potential of silver-phase American eels in the Kennebec river basin, Maine. *North American journal of fisheries management*, 21, 592-605.

Ministère de l'Ecologie, de l'Energie, du Développement Durable et de l'Aménagement du Territoire, Office National de l'Eau et des Milieux Aquatiques, Ministère de l'Agriculture et de la Pêche, 2009. Plan de Gestion Anguille de la France, volet national Application du règlement R(CE) n° 1100/2007 du 18 septembre 2007. 117 p.

Ministère de l'Ecologie, du Développement Durable et de l'Aménagement Durables, Ministère de l'Agriculture et de la Pêche, 2010. Règlement européen pour la reconstitution du stock d'anguille – Groupe de travail national « Ouvrages ». Conclusions du groupe de travail. 16p.

- MORIARTY C. and DEKKER W.**, 1997. Management of the European eel. *Fish Bull*, 15, 1-110.
- MORIARTY C.**, 1986. Riverine migration of young eels *Anguilla anguilla* (L.). *Fish Res*, 4, 43-58.
- MORIARTY C., BNINSKA M. and LEOPOLD M.**, 1990. Eel, *Anguilla anguilla*, stock and yield in Polish lake. *Aquac. Fish. Manag.*, 21, 347-355.
- MUCHIUT S.**, 2005. Ressource anguille : Eléments de connaissance partagés à l'échelle européenne. IMA/Len Corrail.
- NAISMITH I.A. & B. KNIGHTS**, 1990. The distribution, density and growth of the eel (*A. anguilla*) in the freshwater catchment of the River Thames. *J. Fish Biol.*, 42: 217-226.
- NILO P. and FORTIN R.**, 2001. Synthèse des connaissances et établissement d'une programmation de recherche sur l'anguille d'Amérique (*Anguilla rostrata*). Université du Québec à Montréal, Québec.
- ONEMA**, 2007. Prospections « anguille » réalisées dans les Côtes d'Armor en 2006. Mise en œuvre d'un protocole d'échantillonnage de type « Indice d'abondance ». Office National de l'Eau et des Milieux Aquatiques. Brigade Départementale et Délégation régionale Bretagne Basse-Normandie. 19 p.
- PANKHRUST N.W.**, 1982. Relation of visual changes to the onset of sexual maturation in the European eel *Anguilla Anguilla* L. *Journal of Fish Biology* 21 : 127 – 140.
- PANKHRUST N.W. and SORENSEN P.W.**, 1984. Degeneration of the alimentary tract in sexually maturing European *Anguilla anguilla* (L.) and American eels *Anguilla rostrata* (Lesueur). *Canadian Journal of Zoology* 62 : 1143 – 1148.
- RICHARD A., FORGEOIS S.** 2011. Plan de gestion anguille du bassin Seine-Normandie – Mise en conformité des ouvrages prioritaires – Evaluation des risques de non-évitement des turbines sur les prises d'eau hydroélectriques. Rapport ONEMA – Direction régionale Nord-Ouest. 21p. avec annexes.
- RIGAUD C., LAFFAILLE P., PROUZET P., FEUNTEUN E., DIAZ E., CASTELLANO J., DE CASAMAJOR M.-N.** Des compléments sur la biologie l'anguille européenne. In : L'anguille européenne. Indicateurs d'abondance et de colonisation. ADAM G., FEUNTEUN E., PROUZET P., RIGAUD C. (eds.). QUAE, Paris : 43-86.
- ROBINET T. and FEUNTEUN E.**, 2002. Sublethal effects of exposure to chemical compounds: a cause for the decline in Atlantic eels? *Ecotoxicology*, 11, 265-277.
- SANSON G.**, 2011, 2010. Suivi de la reproduction de la Lamproie marine (*Petromyzon marinus*, L.) sur l'Andelle. Rapport d'études. Fédération de l'Eure pour la Pêche et la Protection du Milieu Aquatique. 28p.
- SALAVILLE Y.**, 2011. Evaluation de la population d'anguille européenne sur les bassins de l'Orne et de la Vire, année 2010. Rapport d'études Fédération du Calvados pour la Pêche et la Protection du Milieu Aquatique. 35p. hors annexes.
- SCHMIDT J.**, 1906. Contribution to the life history of the eel (*Anguilla vulgaris*, Flem.). Rapports et procès-verbaux des réunions. Conseil International pour l'Exploration de la Mer, 5, 137-274.
- SCHMIDT J.**, 1922. The breeding places of the eel. *Phil Trans R Soc*, 211, 179-208.
- SLOANE R. D.**, 1984. Distribution, abundance, growth and food of freshwater eels (*Anguilla sp.*) in the Douglas River, Tasmania. *Australian Journal of Marine and Freshwater Research*, 35, 325-339.
- SMOGOR R. A., ANGERMEIER P. L. and GAYLORD C. K.**, 1995. Distribution and abundance of American eels in Virginia streams : test of null models across spatial scales. *Trans Am Fish Soc*, 124.

STARKIE A., 2003. Management issues relating to the European eel, *Anguilla anguilla*. Fish. Man. Ecol., 10, 361-364.

STEINBACH P., 2004. Expertise de la franchissabilité des ouvrages hydrauliques transversaux par l'anguille. Note méthodologique. Conseil Supérieur de la Pêche. 11p.

TESCH F.W., 2003. The Eel. Fifth Edition. Blackwell publishing. 340p.

VAN GINNEKEN V., DURIF C., BALM S. P., BOOT R., VERSTEGEN M. W. A., ANTONISSEN E. and VAN DEN THILLART G., 2007. Silvering of European eel (*Anguilla anguilla* L.) : seasonal changes of morphological and metabolic parameters. Animal Biology, 57: 63-77

VOEGLÉ B. et LARINIER M., 2000. Etude des capacités de franchissement des civelles et anguillettes. Migado, Toulouse.

WESTERBERG H., 1998. Oceanographic aspects of the recruitment of eels to the Baltic sea. Bulletin Français de la Pêche et de la Pisciculture, 349, 177-185.

WHITE E. and KNIGHTS B., 1994. Elver and eel stock assessment in the Severn and Avon. NRA R&D Project Report 256/13/ST. NRA, Newcastle-upon-tyne.

WHITE E. and KNIGHTS B., 1997. Dynamic of upstream migration of the European eel, *Anguilla anguilla* (L.), in the River Severn and Avon, England, with special reference to the effect of man-made barriers. Fish. Man. Ecol., 4, 311-324.

WINTER W., JANSEN H. M. And M.C.M. B., 2006. Assessing the impact of hydropower and fisheries on downstream migrating silver eel, *Anguilla anguilla*, by telemetry in the river Meuse. Ecology of Freshwater Fish, 15: 221-228.

ANNEXES

- ANNEXE 1 -

