

Département RBE – Unité STH. RST-RBE/STH/LBH/17-001

Ronan Le Goff, Maria Ching Villanueva, Mickael Drogou, Hélène de Pontual, Mathieu Woillez, Olivier Berthelé, Didier Le Roy, Loïc le Rû, François Garren, Stéphane Martin, Nicolas Caroff, Ludovic Bouché, Emilie Rostiaux, Rachel Ignacio Cifre, Benoit Vincent, Fabien Morandeau, Anne Sophie Cornou, Claire Bissery, Christophe Lebigre, Véréna Trenkel et Catherine Talidec.

Avec la contribution de Frank Coppin, Johanna Martin, Morgane Le Gall, Romain Lopez, André Le Gall, Manu Kelbérine, Denis Bertho, Mickael Le Quilliec, Jérôme Jourdain, Nicolas Michelet, Erwann Quéméneur, Romain Le Bleiz, Quiterie Sourget, Alexis Pengrech, Armelle Denoize, Barbara Rémond, Ion Tillier, Sébastien Chauvet, Estelle Baudinière et Guillaume Loth.

Projet Bargip

Action Nourriceries

Rapport final



Convention Cadre BARGIP

Conventions Ifremer-DPMA 2014-2015-2016-2017

Convention Ifremer-FFP



FRANCE FILIÈRE PÊCHE

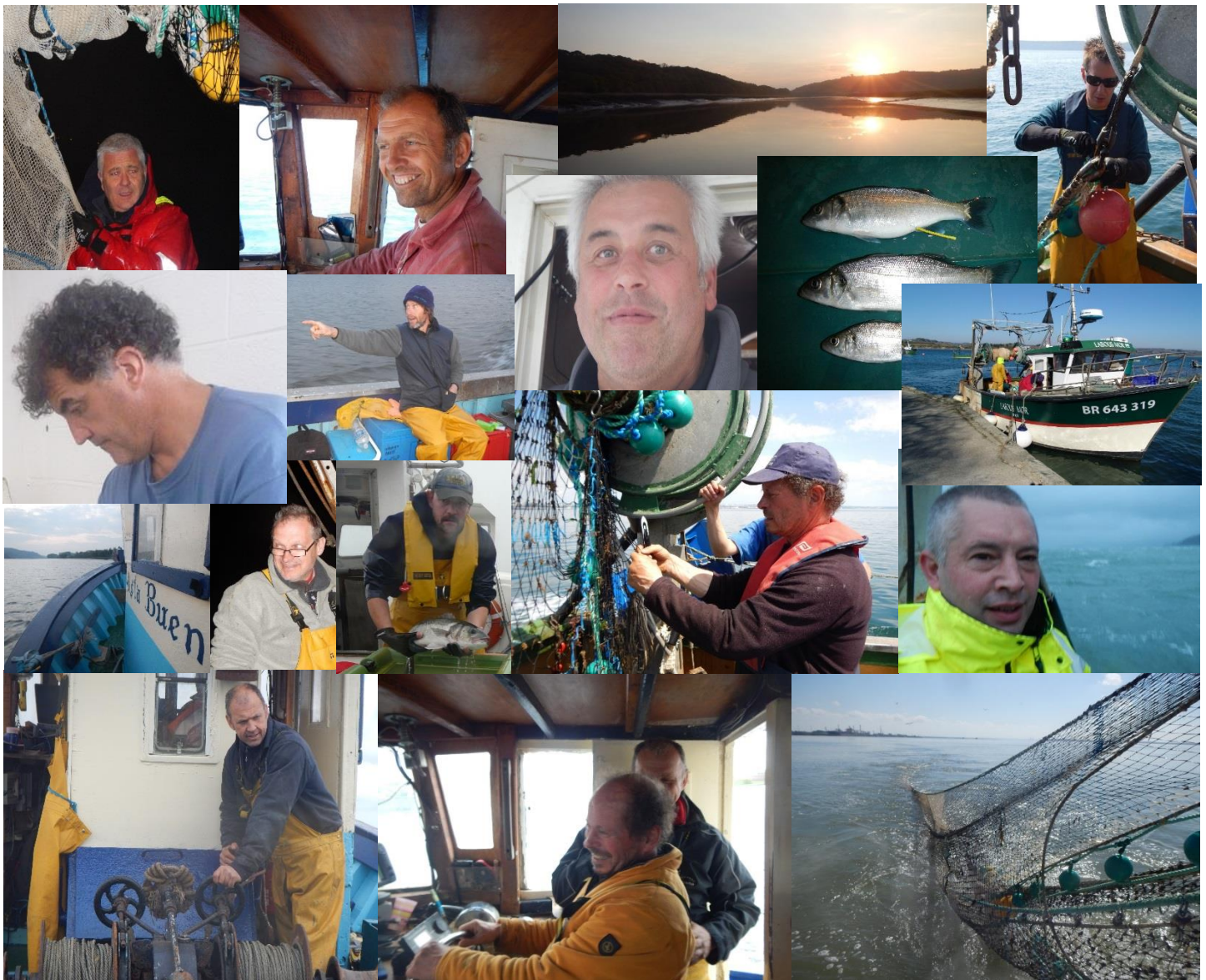


31 mars 2017

Action Nourriceries

Rapport Final

Mars 2017



Numéro identification rapport : RST-RBE/STH/LBH/17-001		date de publication : 31 mars 2017
Diffusion : libre : <input checked="" type="checkbox"/> restreinte : <input type="checkbox"/> interdite : <input type="checkbox"/>		nombre de pages : 163
Validé par : Catherine Talidec et Vérena Trenkel ctalidec@ifremer.fr ; vtrenkel@ifremer.fr		bibliographie : oui
		illustration(s) : figures
		langue du rapport : français
Titre : Projet Bargip ; action Nourriceries ; rapport final		
Rapport intermédiaire <input type="checkbox"/> Rapport définitif <input checked="" type="checkbox"/>		
Auteurs principaux :	Organisme / Direction / Service, laboratoire	
Ronan Le Goff	RBE-STH/Ifremer	
Maria Ching Villanueva	RBE-STH/Ifremer	
Mickael Drogou	RBE-STH/Ifremer	
Hélène de Pontual	RBE-STH/Ifremer	
Gestion/traitement/diffusion des données	RBE-STH/Ifremer	
Didier Le Roy, Stéphane Martin, Loïc Le Rû, Mathieu Woillez, Emilie Rostiaux, Christophe Lebigre, Rachel Ignacio Cifre, Benoit Vincent, Fabien Morandeau, Romain Lopez		
Olivier Berthelé, Anne Sophie Cornou, Frank Coppin	RBE-EMH/Ifremer	
Johanna Martin	DCOM-Bretagne/Ifremer	
Morgane Le Gall	Bibliothèque La Pérouse	
Claire Bissery	Kuzulia	
Guillaume Loth	Docks de Keroman (chalut)	
Campagnes à la mer	Pêcheurs professionnels, patrons des navires utilisés	
André Le Gall, Manu Kelbéline, Denis Bertho		
Mickael Le Quilliec	Genavir (bosco N/O Thalassa)	
Jérôme Jourdain, Nicolas Michelet	CNPMEM ; gestion navires professionnels/rerelations CR/CDPMEM	
Ronan Le Goff, Didier Le Roy, Mickael Drogou, Loïc Le Rû, Stéphane Martin, François Garren, Nicolas Caroff, Ludovic Bouché, Hélène de Pontual	RBE-STH/Ifremer	
Erwann Quemeneur, Quiterie Sourget, Romain Le Bleiz	CDPMEM Finistère	
Alexis Pengrech, Armelle Denoize, Barbara Remond, Ion Tillier, Sébastien Chauvet, Estelle Baudinière	COREPEM	
Cadre de la recherche : Conventionnement DPMA-CNPMEM-FFP-Ifremer/Projet Bargip		
- Convention Cadre Bargip DPMA, CNPMEM, FFP, Ifremer N° 13/2.213 676 du 16/06/2014		
- Conventions Socles DPMA-IFREMER 2014, 2015, 2016 et 2017		
- Convention FFP-Ifremer N° 14/2.213 899/F ; FFP/2014/PH/08 du 20/06/2014		
- Avenant Convention Cadre N° 13/2.213 676-Avenant 1 du 13 mai 2016		

Destinataires : DPMA, CNPMM, FFP

Objectifs du projet : Suite à la chute des rendements des captures professionnelles de bar européen *Dicentrarchus labrax* à partir des années 2010-2011, la DPMA a demandé à l'Ifremer de mettre en place un programme de recherche visant à mieux connaître la biologie de l'espèce et à acquérir des données permettant d'envisager sa gestion. Parmi les actions de recherche identifiées comme prioritaires, l'une portait sur les nourriceries de l'espèce. Il s'est agi au cours du projet de :

- caractériser les habitats préférentiels des juvéniles de bar en travaillant sur deux nourriceries pilotes : estuaire de l'Aulne en rade de Brest et estuaire de la Loire,
- développer un protocole (engin, méthodes, stratégie) d'échantillonnage permettant de produire des indices d'abondance annuels en juvéniles,
- lister et hiérarchiser, à partir de données de campagnes halieutiques déjà acquises par ailleurs (réseau DCE dans les masses d'eau de transition), les nourriceries des côtes de l'Atlantique et de la Manche en fonction de leur production annuelle estimée en juvéniles de bar,
- tester au laboratoire une méthode de marquage conventionnel employable sur des juvéniles de bar afin, à terme, de réaliser du marquage grande échelle dans le cadre d'un réseau de suivi des nourriceries principales. L'objectif d'un tel marquage de juvéniles est d'évaluer l'essaimage depuis les nourriceries principales de l'espèce et ainsi de compléter les résultats en cours d'acquisition dans le cadre de l'action « Bargip ; Marquage d'adultes »,
- produire un ensemble de données biologiques (croissance, relations taille-poids, indices de condition, contenus stomacaux, etc.) relatives aux juvéniles de bar sur les deux sites pilotes échantillonnés,
- et enfin de proposer la pérennisation du suivi de quelques nourriceries afin de produire des indices annuels d'abondance en juvéniles à l'intention des groupes de travail « Bar » du CIEM dans le but de contribuer à une gestion plus étayée de l'espèce.

Mots-clés : Bar européen, *Dicentrarchus labrax*, Nourriceries, Indices d'abondance, Habitats, protocole d'échantillonnage au moyen d'un chalut GOV, test de marquage conventionnel, rade de Brest, estuaire de l'Aulne, estuaire de la Loire.

Words keys : European Sea Bass, *Dicentrarchus labrax*, Nurseries, Abundance indexes, Habitats, Sampling protocol with a high opening trawling net, Conventional tagging experimentation, Bay of Brest, Aulne estuary, Loire estuary.

Citation du rapport : Le Goff R., Villanueva M.C., Drogou M., de Pontual H. et al. 2017. Projet Bargip ; action Nourriceries ; Rapport final. RST-RBE/STH/LBH/17-001. 163 p. Téléchargeable Archimer : <http://archimer.ifremer.fr/doc/00379/48987/>

Table des matières

1. Objectifs de l'action « Nourriceries » au sein du projet Bargip.....	15
2. Synthèse bibliographique	17
2.1. Synthèse des connaissances relatives aux juvéniles de bar	17
2.1.1. Cycle de vie	17
2.1.2. Les juvéniles de bar au sein des nourriceries	19
2.2. Stratégie d'échantillonnage.....	23
2.2.1. Quel engin de capture retenir ?	23
2.2.2. Quel type de stratégie d'échantillonnage adopter ?	25
3. Campagnes réalisées	26
4. Répartition spatiale des juvéniles et paramètres structurants.....	29
4.1. Paramètres structurants en rade de Brest	29
4.2. Répartition spatiale selon la salinité (et selon l'âge des juvéniles) en rade de Brest30	
4.3. Répartition des juvéniles de bar selon la profondeur en rade de Brest	34
4.4. Répartition des juvéniles de bar selon la température en rade de Brest.....	36
4.5. Résultats obtenus en 2016 en estuaire de Loire	37
5. Définition du protocole opérationnel d'échantillonnage	40
5.1. L'engin d'échantillonnage et sa mise au point en 2014/2015	40
5.2. Les principaux tests réalisés pour la définition du protocole opérationnel	44
5.2.1. Quelle stratégie dans l'estuaire ?	45
5.2.2. Traits courts ou traits longs ?.....	47
5.2.3. Echantillonnage de jour ou de nuit ?	52
5.3. Combien de traits pour échantillonner de manière satisfaisante une nourricerie ? 54	
5.3.1. Analyse des données du Solent Bass Survey	54
5.3.2. Analyse des données Bargip Nourriceries de 2015 et 2016	57
5.4. Le protocole final.....	61
6. Indicateurs/indices d'abondance	65
6.1. Re-stratification de la partie orientale de la rade de Brest et de l'estuaire de Loire 66	
6.2. Les indices d'abondance produits par « R-Sufi »	69
6.3. Les indices d'abondance en juvéniles de bar obtenus en rade de Brest et en Loire69	
7. Proposition d'un réseau de suivi.....	72
7.1. « Hiérarchisation » des nourriceries des façades Manche-Atlantique.....	73
7.2. Proposition d'un réseau de suivi	74
8. Données biologiques relatives aux juvéniles et adultes de bar	76

8.1. Matériel et méthode	77
8.1.1. Conservation et biométrie	77
8.1.2. Relations poids-longueurs	77
8.1.3. Estimation des facteurs de condition	77
8.1.4. Examen des contenus stomacaux	78
8.1.5. Analyse de la structure du jeu de données	81
8.2. Rapport « Longueur totale/longueur à la fourche »	84
8.3. Relation taille/poids chez les juvéniles de la pointe de Bretagne	85
8.4. Facteur de condition.....	87
8.5. Courbes de croissance	88
8.5.1. Courbe de croissance « Pointe de Bretagne » (rade de Brest et baie de Douarnenez)	88
8.5.2. Courbe de croissance à partir de l'échantillonnage réalisé en estuaire de Loire 90	
8.5.3. Courbe de croissance « Golfe de Gascogne »	90
8.6. Analyse des contenus stomacaux en rade de Brest et en baie de Douarnenez. ...	92
8.6.1. Coefficient de vacuité.....	92
8.6.2. Régime alimentaire	93
9. Test de marquage conventionnel de juvéniles au laboratoire.....	100
10. Autres espèces échantillonnées à l'occasion des campagnes.....	108
10.1. Les autres espèces échantillonnées	108
10.2. Indicateurs « R-Sufi » de communauté.....	110
10.3. Indicateurs spécifiques pour les espèces principales autres que le bar.....	112
10.3.1. Les daurades grises de la rade de Brest au printemps 2015	113
10.3.2. Les soles de l'estuaire de Loire en mai 2016	115
10.3.3. Les merlans de l'estuaire de Loire en septembre 2016.....	117
11. Conclusion	119
12. Bibliographie.....	120
13. Annexes	132
13.1. Annexe 1 : Les indices de population retenus par l'Ifremer	132
13.1.1. Pour toutes les espèces sélectionnées	132
13.1.2. Pour les espèces dont la longueur individuelle est mesurée	132
13.2. Annexe 2 : Les indices de communauté retenus par l'Ifremer.....	136
13.3. Annexe 3 : analyse par campagne des effets jour/nuit et court/long	142
13.3.1. Campagne Mars 2015	142
13.3.2. Campagne Avril 2015	145
13.3.3. Campagne Novembre décembre 2015.....	148
13.4. Annexe 4 : Comparaison des captures réalisées au moyen du chalut GOV Bargip et des chaluts à perche de 1,50 et 3 m de la DCE.	154
13.4.1. Les données utilisées	154

13.4.2. Comparaison des captures globales	159
13.4.3. Comparaison des tailles de capture des bars	162

Liste des Tableaux :

Tableau 1 : les campagnes Bargip Nourriceries conduites entre mai 2014 et septembre 2016. .	26
Tableau 2 : débits de l'Aulne en rade de Brest (« au pont routier de Châteaulin ») et de la Loire (à St Nazaire) au cours des campagnes ayant eu pour finalité la production d'indices d'abondance en juvéniles de bar (données extraites de la banque de données Hydro eau France (http://www.hydro.eaufrance.fr).	27
Tableau 3 : pourcentages de la capture totale par groupe d'âge selon les classes de salinité telles que communément définies en océanographie physique (ensemble des données acquises au cours des campagnes Bargip rade de Brest 2015).	33
Tableau 4 : bathymétries auxquelles ont été capturés différentes proportions (50, 75, 90, 95, 99 et 100% du total) de juvéniles de bar des différents groupes d'âge en rade de Brest en 2015.....	36
Tableau 5 : salinités et bathymétries auxquelles ont été capturées différentes proportions (50, 75, 90, 95, 99 et 100% du total) de juvéniles de bar des différents groupes d'âge en rade de Brest (données 2015 cumulées) et à l'occasion des 3 campagnes menées en estuaire de Loire en 2016.....	39
Tableau 6 : traits d'échantillonnage de juvéniles de bar validés en 2015 en rade de Brest. Distinction est faite selon les strates (Cf. Figure 8), selon la durée des traits, et selon qu'ils ont été réalisés de jour ou de nuit. A noter que l'unique trait réalisé en janvier l'a été à des fins exclusives de prélèvements biologiques, à l'issue d'une campagne entièrement dédiée aux réglages du chalut et que ses captures ne sont pas traitées dans la suite de ce rapport.	44
Tableau 7 : CPUE/ha globales (= tous groupes d'âge confondus ; pavé du haut) et par groupe d'âge (pavé du bas) enregistrées lors du test des deux stratégies d'échantillonnage de l'estuaire (estuaire amont et estuaire central uniquement) réalisé au cours de la campagne d'automne 2015.	45
Tableau 8 : CPUE/ha enregistrées lors des deux descentes consécutives de l'Estuaire les 3 et 4 décembre 2015 (strates estuaire amont et estuaire central uniquement).	46
Tableau 9 : Répartition des traits longs (20 minutes) et courts (11 minutes) réalisés en avril et novembre 2015 en rade de Brest sur les strates platier et platier aval estuaire.....	48
Tableau 10 : CPUE (exprimées en nombre de bars par ha) obtenues sur les strates « platier » et « platier aval estuaire » en fonction du type de trait (graphe de gauche), et valeurs des différents quartiles (en bas).....	48
Tableau 11 : CPUE moyenne de bars capturés (nombre par ha) par type de trait (court et long) et par groupe d'âge	49
Tableau 12 : évaluation de l'impact de la durée du chalutage et de la charge du chalut sur l'état des juvéniles de bar (campagne rade de Brest, avril 2015).	51
Tableau 13 : nombre de traits pris en compte pour la comparaison d'un éventuel effet jour/nuit sur les CPUE de juvéniles de bar.	52
Tableau 14 : CPUE (exprimées en nombre de bars par ha) obtenues sur les strates « platier » et « platier aval estuaire » en fonction du type de trait (à droite), et valeurs des différents quartiles (ci-dessous).....	52
Tableau 15 : CPUE moyenne de bars capturés (nombre par ha) par type de trait (jour et nuit) et par groupe d'âge.	53
Tableau 16 : Groupes issus de la comparaison multiple des années (type Tukey) et moyennes annuelles de captures de bar (CPUE exprimées en nombre de bars par minute de chalutage).	56

Tableau 17 : Simulation, au moyen du test sur la puissance, et en fonction du nombre de traits, des différences interannuelles de CPUE qui permettraient de conclure à une différence significative entre les abondances interannuelles.....	57
Tableau 18 : stratification de la rade de Brest et de l'estuaire de la Loire. Surfaces (en km ²) et nombre de traînes praticables au sein de ces strates.....	68
Tableau 19 : indicateurs de population, écart-types et coefficients de variation (CV) associés obtenus pour les juvéniles de bar à l'occasion des campagnes de printemps et d'automne 2015 en rade de Brest (estuaire de l'Aulne et partie orientale de la rade ; colonne de gauche), et des mois de mai, juin et septembre 2016 en estuaire de Loire (colonne de droite).....	70
Tableau 20 : Distributions des tailles de capture élevées à l'ensemble des domaines échantillonnés obtenues lors des campagnes de printemps et d'automne 2015 en rade de Brest (partie orientale dont estuaire de l'Aulne) et de mai, juin et septembre 2016 en estuaire de Loire.	71
Tableau 21 : hiérarchisation des nourriceries à bar des deux stocks « Nord » et « golfe de Gascogne » actuellement considérés par le CIEM. Hiérarchisation réalisée à partir des données halieutiques de la base DCE Pomet (données transmises fin novembre 2016 par l'IRSTEA et l'AELB). Seules les campagnes de « printemps » (i.e. réalisées entre avril et août) sont prises en compte.	74
Tableau 22 : Tailles moyennes (Lt en cm), maximales, minimales et nombre total d'individus retenus pour la production de paramètres biologiques (Villanueva et al 2016).....	82
Tableau 23 : Relations entre le poids total (en g) et la longueur totale (en cm) dans l'échantillon de bars (juvéniles et adultes) récolté à la pointe de Bretagne (rade de Brest et baie de Douarnenez) (Villanueva et al 2016).....	86
Tableau 24. Coefficients de condition K moyens par sexe des bars échantillonnés de juin 2013 à mai 2015 (toutes les saisons et tous les habitats confondus) en rade de Brest et en baie de Douarnenez (Villanueva et al 2016).....	88
Tableau 25 : Régime alimentaire des juvéniles de bar en rade de Brest et en Baie de Douarnenez (Villanueva et al 2016).....	93
Tableau 26 : constitution des différents lots de juvéniles de bar.....	101
Tableau 27 : résultats du test de marquage.	104
Tableau 28 : nombre d'individus portant encore en fin de test leur marque ET présentant une cicatrice de type 1 selon les zones de marquage et globalement.	107
Tableau 29 : Liste des poissons et céphalopodes capturés au printemps et en automne 2015 dans le cadre des campagnes Bargip nourriceries dans la partie orientale de la rade de Brest et l'estuaire de l'Aulne.	108
Tableau 30 : Liste des poissons, agnathes et céphalopodes capturés à l'occasion des 3 campagnes d'échantillonnages menées en estuaire de Loire.....	109
Tableau 31 : indicateurs de communauté produits via la chaîne R-Sufi à partir des échantillonnages Bargip Nourriceries de mai, juin et septembre 2016 en estuaire de Loire.....	110
Tableau 32 : densités et biomasses des « espèces principales » échantillonnées à l'occasion des campagnes de mai et septembre 2016 en Loire. Classement en fonction de l'évolution des densités	111
Tableau 33 : espèces principales échantillonnées lors des campagnes Bargip de mars et d'avril 2015 ; occurrences, densités (en nombre d'individus par Km ²) et biomasse (en Kg/Km ²).	112

Tableau 34 : espèces principales de poissons et céphalopodes échantillonnées lors de la campagne Bargip en mai 2016 ; occurrences, densités (en nombre d'individus par Km ²) et biomasse (en Kg/Km ²)	112
Tableau 35 : indicateurs R-Sufi pour la population de daurades grises présente sur le domaine échantillonné en rade de Brest lors des campagnes Bargip de mars et d'avril 2015.	113
Tableau 36 : distribution des tailles, élevées par strates, des daurades grises au printemps 2015 en rade de Brest. (PAE = strate Platier Aval Estuaire)	114
Tableau 37 : indicateurs R-Sufi pour la population de soles communes présente sur le domaine échantillonné en estuaire de Loire lors de la campagne Bargip de mai 2016.	115
Tableau 38 : distribution des tailles, globalement et par strates, des soles communes en mai 2016 en estuaire de Loire.....	116
Tableau 39 : Occurrences, densités et biomasses des espèces principales échantillonnées à l'occasion de la campagne de septembre 2016 en Loire.....	117
Tableau 40 : indicateurs R-Sufi pour la population de merlans présente sur le domaine échantillonné en estuaire de Loire lors de la campagne Bargip Nourriceries de septembre 2016....	117
Tableau 41 : distribution des tailles, élevées par strates, et pour l'ensemble du domaine échantillonné, des merlans en septembre 2016 en estuaire de Loire.....	118
Tableau 42 : captures de poissons et céphalopodes enregistrées au cours de la campagne DCE de mai 2015 (chalut à perche de 1,50 m d'ouverture horizontale et 0,50 m d'ouverture verticale ; données DCE, AELB, IRSTEA) et de la campagne Bargip nourriceries d'avril 2015 (uniquement traits couvrant un domaine identique à celui échantillonné dans le cadre de la campagne DCE ; chalut GOV Bargip de 7 m d'ouverture horizontale et de 2,30 m d'ouverture verticale) dans l'estuaire de l'Aulne (rade de Brest).	156
Tableau 43 : captures enregistrées au cours de la campagne DCE de mai 2016 (chalut à perche de 3 m d'ouverture horizontale et 0,50 m d'ouverture verticale ; données DCE, AELB, IRSTEA) et de la campagne Bargip nourriceries de mai 2016 (uniquement traits couvrant un domaine identique à celui échantillonné dans le cadre de la campagne DCE ; chalut GOV Bargip de 7 m d'ouverture horizontale et de 2,30 m d'ouverture verticale) dans l'estuaire de la Loire.....	158
Tableau 44 : Occurrences de capture (en nombres, et en pourcentages), captures totales par espèces, et densités spécifiques (CPUE exprimées en nombre d'individus par Km ²) obtenues dans l'Aulne lors des échantillonnages de printemps de Bargip Nourriceries (chalut GOV de 7m d'ouverture horizontale et de 2,30 d'ouverture verticale) et de la DCE (chalut à perche de 1,50 x 0,50 m d'ouverture ; données DCE, AELB, IRSTEA).....	160
Tableau 45 : Occurrences de capture (en nombres, et en pourcentages), captures totales par espèce, et densités spécifiques (CPUE exprimées en nombre d'individus par Km ²) obtenues dans l'estuaire de la Loire lors des échantillonnages de mai 2016 dans le cadre de Bargip Nourriceries (chalut GOV de 7m d'ouverture horizontale et de 2,30 d'ouverture verticale) et de la DCE (chalut à perche de 3 m x 0,50 m d'ouverture ; données DCE, AELB, IRSTEA).	161
Tableau 46 : comparaison des captures et des CPUE surfaciques en fonction de la taille des bars obtenues au moyen du chalut Bargip et des chalut à perche de 1,50 m et de 3 m utilisés dans le cadre de suivis DCE (chalut de 1,50 m utilisé dans l'estuaire de l'Aulne en mai 2015, et chalut de 3 m utilisé dans l'estuaire de la Loire en mai 2016 ; données DCE AELB/IRSTEA)	162

Liste des figures :

- Figure 1 : schématisation des 3 grandes zones fonctionnelles du bar : nourriceries estuariennes ou côtières où vivent les juvéniles, zones d'engraissement fréquentées par les adultes (et les plus grands juvéniles) du printemps jusqu'à l'automne), et zones de frayères, généralement au large, où a lieu la reproduction (ponte des femelles et fécondation externe des œufs par les mâles) en hiver et en début de printemps..... 18
- Figure 2 : distribution spatiale du bar le long des côtes françaises et du sud de l'Angleterre. Aire de répartition des adultes (jaune), zones d'abondance en adultes du printemps à l'automne (orange = zones d'engraissement) et zones de présence de juvéniles tout au long de l'année (rouge = nourriceries) ; d'après Abbès, 1991. 20
- Figure 3 : comparaison des tailles de capture (fréquences) de juvéniles de bar réalisées au moyen de chaluts à perche dans le cadre de la mise en place des suivis de la DCE dans les masses d'eau de transition en France entre 2006 et 2011 (données issues de la base POMET), et par le CEFAS dans le secteur de l'île de Wight dans le cadre du suivi des juvéniles de bar depuis 1993 (Solent Bass Survey). 24
- Figure 4 : débits journaliers de l'Aulne au « pont routier de Châteaulin » en 2015 et de la Loire à St Nazaire en 2016 (données banque hydro eau France) ; positionnement (rectangles rouges) des campagnes ayant eu pour finalité la production d'indices d'abondance en juvéniles de bar..... 27
- Figure 5 : pré-stratification de la rade de Brest, et positionnement des traînes praticables identifiées et échantillonnées en 2014. 28
- Figure 6 : examen des corrélations entre les 3 paramètres du milieu testés (profondeur moyenne au cours du trait, salinité moyenne et température moyenne). 29
- Figure 7 : ACM appliquée aux captures de juvéniles de bar enregistrées par trait lors des campagnes 2015 en rade de Brest..... 30
- Figure 8 : capture de juvéniles de bar (en nombre/échelle de gauche, et en fréquences cumulées/échelle de droite) par trait en fonction de la salinité moyenne enregistrée au cours des 166 traits validés en 2015. Tous les traits réalisés par une salinité inférieure à 30.68 pour mille (barre verticale rouge) ont permis la capture d'au moins un juvénile de bar. 31
- Figure 9 : Salinités minimales (à gauche), moyennes (au centre) et maximales (à droite) enregistrées au cours des traits, et captures (en nombre d'individus) correspondantes de juvéniles de bar des différents groupes d'âge. Les barres verticales rouges indiquent les valeurs moyennes les plus élevées (colonne du centre) ou les valeurs maximales enregistrées au cours des traits au-delà desquelles plus aucune capture de juvénile du groupe considéré n'est enregistrée..... 32
- Figure 10 : courbe de fréquences cumulées des captures de juvéniles de bar, par groupes d'âge, et en fonction de la salinité (ensemble des données acquises au cours des campagnes Bargip menées en rade de Brest en 2015). 33
- Figure 11 : CPUE (en nombre d'individus par ha) 2015 en fonction du groupe d'âge et de la profondeur des traits (barre rouge verticale = profondeur au-delà de laquelle plus aucune capture n'est enregistrée). 34
- Figure 12 : Fréquences cumulées des captures de bar (en nombre d'individus) à l'occasion des campagnes menées en 2015 en rade de Brest, par groupes d'âge et en fonction de la profondeur moyenne des traits..... 35

Figure 13 : fréquences cumulées des captures de juvéniles de bar en fonction de la bathymétrie (telle qu'elle figure sur les cartes marines).....	36
Figure 14 : Fréquences cumulées des captures de bar (en nombre d'individus) à l'occasion des campagnes menées en 2015 en rade de Brest, par groupes d'âge et en fonction de la température moyenne de l'eau de mer au cours des traits.....	37
Figure 15 : fréquences cumulées des captures de juvéniles de bar des différents groupes d'âge lors des trois campagnes d'échantillonnage menées en Loire en 2016 en fonction de la salinité (à gauche) et de la profondeur (à droite).....	38
Figure 16 : résultats d'une simulation sous Dynamit donnée à titre d'exemple : en fonction des caractéristiques du chalut (tailles/longueurs des principaux éléments structurants, maillages et surface de fil des différentes nappes), de celles des panneaux, du gréement, de la profondeur, de la longueur de funes et de la vitesse de traction, le logiciel détermine les caractéristiques géométriques du train de pêche (écartements des panneaux ainsi que des ailes inférieures et supérieures, ouverture verticale), les frictions sur le fond, les tensions sur les funes ainsi que les surfaces balayées ou les volumes filtrés par seconde.	41
Figure 17 : capteur SOAC 1000-Le Bosco/OcTech pour la mesure de l'ouverture verticale du chalut (haut gauche ; se fixe au centre de la corde de dos) ou pour celle de l'écartement entre les panneaux (haut centre). Valeurs moyennées (haut droite) ou continues (bas) de l'écartement et des angulations des panneaux et de la hauteur de corde de dos fournies par les capteurs.....	42
Figure 18 : plan du chalut GOV Bargip	43
Figure 19 : CPUE (en nombre de bars par ha) globale (à gauche) et par groupe d'âge (à droite) enregistrées lors du test des deux stratégies d'échantillonnage de l'estuaire (estuaire amont et estuaire central uniquement) réalisé au cours de la campagne d'automne 2015. 3 et 4 = descente de l'estuaire ; 20 = remontée de l'estuaire.....	46
Figure 20 : CPUE/ha globale (à gauche) et par groupe d'âge (à droite) enregistrées lors du test de la stratégie n°1 d'échantillonnage de l'estuaire (estuaire amont et estuaire central uniquement) réalisé les 3 et 4 décembre 2015.....	47
Figure 21 : exemples de traits au cours desquels la charge en poissons ou débris peut occasionner des blessures ou mortalités chez les juvéniles.....	50
Figure 22 : impact de la durée (à gauche) et de la charge du chalut (à droite) sur l'état des juvéniles.	51
Figure 23 : positionnement des 35 traînes échantillonnées annuellement (traits de 5 à 20 minutes selon les secteurs, 15 minutes en moyenne) par le CEFAS dans le cadre du Solent Bass Survey (coureaux de l'île de Wight et rias adjacentes).....	54
Figure 24 : Histogrammes des fréquences de capture de bars (CPUE en bars par minute de chalutage).....	55
Figure 25 : Distribution annuelle des captures (CPUE exprimées en bars/minute de chalutage).55	
Figure 26 : simulation par bootstrap, en fonction des nombres de traits, de l'évolution des bornes des intervalles de confiance « théoriques » à 95% des CPUE surfaciques moyennes en bar, toutes classes d'âge confondues, lors des 5 campagnes Bargip Nourriceries de 2015 et 2016.	58
Figure 27 : simulation par bootstrap de l'évolution des coefficients de variation « théoriques » globaux (i.e. relatifs aux populations totales de bar, toutes classes d'âge cumulées) attachés aux CPUE surfaciques en fonction du nombre de traits à partir des données acquises à l'occasion des campagnes réalisées en rade de Brest en 2015 et en estuaire de Loire en 2016.....	59
Figure 28 : stratification (et sous-stratification) de la rade de Brest à l'issue des échantillonnages 2015 : strate « profond » en vert, « platier » en bleu, « platier aval estuaire » en violet et strate	

« estuaire » en rouge, elle-même scindée en 3 sous strates : estuaire amont, estuaire central et estuaire aval (à droite).....	66
Figure 29 : les 4 strates de l'espace échantillonné en estuaire de Loire, et le positionnement des 46 traînes praticables.....	67
Figure 30 : détermination des surfaces des strates sous ArcGis : exemple du découpage réalisé dans l'estuaire de l'Aulne.....	67
Figure 31 : localisation des stations de prélèvement de bars en rade de Brest et en baie de Douarnenez à des fins d'analyses biologiques de 2013 à 2015 (Villanueva et al 2016).....	76
Figure 32 : Individus échantillonnés par mois (gauche) et par trimestre (droite) (Villanueva et al 2016).....	81
Figure 33 : Distribution des tailles et âges des individus échantillonnés en rade de Brest et en baie de Douarnenez (Villanueva et al 2016).....	81
Figure 34 : distributions des tailles des mâles, femelles et indéterminés au sein de l'échantillon (Villanueva et al 2016).....	82
Figure 35 : Distribution des tailles (mâles et femelles cumulés) selon le stade de maturation sexuelle au sein de l'échantillon des individus sexés (Villanueva et al 2016).....	83
Figure 36 : distribution des tailles des bars selon la saison. 1 = premier trimestre, de janvier à mars ; 2 = avril-juin ; 3 = juillet-septembre et 4 = octobre-décembre (Villanueva et al 2016).....	83
Figure 37 : Répartition des tailles des individus retenus au sein de l'échantillon par strate (ou habitat) (Villanueva et al 2016).....	84
Figure 38 : longueur à la fourche (en mm) des juvéniles de la pointe de Bretagne en fonction de leur longueur totale (en mm) et équation reliant les deux types de mesures.	85
Figure 39 : Relation taille-poids des juvéniles et adultes de bar échantillonnés en rade de Brest et en baie de Douarnenez de juin 2013 à mai 2015. La courbe rouge résulte de l'ajustement taille-poids linéaire par passage log-log. La courbe bleue résulte de l'ajustement taille-poids non linéaire brut (Villanueva et al 2016).....	86
Figure 40 : Box-plot de facteur de condition (K) chez les bars selon le stade de vie en rade de Brest et en baie de Douarnenez (Villanueva et al 2016).....	87
Figure 41 : taille en fonction de l'âge (sur les 11 premières années uniquement) des bars échantillonnés en rade de Brest et en baie de Douarnenez de 2013 à 2015 ; Courbes de von Bertalanffy : en vert, courbe déterminée à partir des données acquises dans le cadre du présent projet ; en mauve, courbe retenue par la CIEM pour la croissance des bars en Manche ouest ; en orange, courbe retenue par le CIEM pour la croissance des bars en Manche est.....	89
Figure 42 : taille en fonction de l'âge (sur les 13 premières années uniquement) des bars échantillonnés au cours des 3 campagnes réalisées en Loire en 2016 ; en vert : courbe de von Bertalanffy s'ajustant le mieux à cette distribution. En orange : courbe de von Bertalanffy obtenue à partir de l'échantillon collecté en rade de Brest et en baie de Douarnenez entre 2013 et 2015.	90
Figure 43 : courbe de croissance du bar dans le golfe de Gascogne établie à partir des données d'échantillonnage du SIH entre 2003 et 2015 et des données de l'action Bargip Nourriceries en 2016.	91
Figure 44 : Nombre d'individus retenus pour l'analyse des contenus stomacaux analysés par saison (A), âge (B), strate (C) et sexe (D) (Villanueva et al 2016).....	92

Figure 45. Quelques exemples des proies identifiées chez les bars. (A) crevettes blanches (<i>Palaemon longirostris</i>) en haut et tête de Clupéidé ; (B) crabes (gauche) et gobies (droite) ; (C) gobies et (D) crevettes blanches (Villanueva et al 2016).	94
Figure 46 : Evolution des pourcentages en poids des différents types de proies dans les estomacs de juvéniles de bar selon le sexe (A), l'âge (B), la saison (C) et l'habitat (D) (Villanueva et al 2016). ..	96
Figure 47 : Rapport taille prédateur-proie par strate avec les trois proies préférées (hors détritius). Pour les crabes, la taille correspond à la largeur de la carapace. Pour les crevettes et les poissons, la taille représente la longueur totale (Villanueva et al 2016).	97
Figure 48 : Ratio taille prédateur-proie par strate (A), âge (B), sexe (C) et saison (D) (Villanueva et al 2016).	98
Figure 49 : évolutions de la température, de la saturation en oxygène dissous, et de la quantité journalière de nourriture au cours du test de marquage.	102
Figure 50 : marquage externe (marques en « T ») au moyen d'un pistolet (en haut à gauche) ; marquage en zone dorsale (en haut à droite), pectorale (milieu gauche), ventrale (milieu droite) et anale (bas).	103
Figure 51 : évaluation de l'état des cicatrices à l'issue du test : bon état en haut à gauche (note de 1), état moyen = petite nécrose en haut à droite (note de 2), et nécrose importante (note de 3) sur les deux images du bas.	104
Figure 52 : exemple de cicatrisations après perte de marque durant le test (type 1 à gauche et type 2 à droite).	106
Figure 53 : Pertes hebdomadaires de marques, toutes zones de marquage et classes de tailles confondues (en % par rapport au nombre total de marques perdues au bout de 4 mois).	106
Figure 54 : distribution des longueurs totales, élevées par strates, des daurades grises au printemps 2015 en rade de Brest (PAE = strate platier aval estuaire).	114
Figure 55 : distribution des longueurs totales, globalement sur l'ensemble du domaine échantillonné ou par strates, des soles communes en estuaire de Loire au mois de mai 2016.	116
Figure 56 : localisation des traits DCE dans l'Aulne en mai 2015 (en haut ; in Charrier et Bonnaire 2015 ; données transmises par l'AELB et l'IRSTEA) et des traînes Bargip en avril (en bas).	155
Figure 57 : positionnement des traits DCE (en rouge ; données transmises par l'AELB et l'IRSTEA) réalisés en mai 2016 en estuaire de Loire et correspondance avec les traits Bargip (en noir ; traits à l'intérieur de la limite bleue uniquement ; le trait 390 n'a pas été réalisé à l'occasion de cette campagne) retenus pour l'intercomparaison des captures.	157
Figure 58 : comparaison des distributions de tailles de capture des bars obtenues au cours des échantillonnages DCE au moyen de chaluts à perche (données DCE, AELB et IRSTEA) et des échantillonnages Bargip Nourriceries réalisés au moyen d'un GOV de 7 m d'ouverture horizontale et de 2,30 m d'ouverture verticale.	163

1. Objectifs de l'action « Nourriceries » au sein du projet Bargip

Le projet Bargip a été défini par l'Ifremer à la demande de la DPMA¹ entre fin 2012 et mi 2013 suite au constat de baisses de rendements dans les captures de bar par nombre de pêcheurs professionnels français ciblant l'espèce.

Trois volets principaux ont été identifiés :

- Amélioration de la collecte et du traitement des données de capture professionnelle et production de courbes de croissance et d'ogives de maturité (action « données professionnelles ») afin de pouvoir contribuer, au sein du CIEM², à la **réalisation d'évaluations de l'état du ou des stocks de cette espèce dans les eaux du Nord-Est Atlantique**, ce qui, à l'époque, n'avait pas encore été réalisé,
- Réalisation de marquages d'adultes au moyen de marques archives enregistrant à pas de temps court la température et la profondeur auxquelles évolue le poisson (action « marquage d'adultes »), de façon à retracer les migrations individuelles entre les points de relâché et de recapture, et ainsi **décrire les grandes voies de migration de l'espèce et une éventuelle structuration des populations**. Ces connaissances sont en effet primordiales pour pouvoir répondre à la question de l'existence d'une seule ou de plusieurs populations à l'échelle de l'Atlantique du Nord-Est : les migrations permettent-elles la panmixie, c'est-à-dire un mélange global des individus depuis le sud de la mer du Nord jusqu'aux sud du golfe de Gascogne et aux eaux ibériques, ou, au contraire, existe-t-il plusieurs sous populations/stocks séparés, ne présentant pas, ou très peu, d'échanges entre eux ? Cette connaissance de **l'existence d'un ou plusieurs stocks est en effet essentielle en matière de gestion**, chaque stock nécessitant d'être géré séparément,
- Et l'action « Nourriceries », objet du présent rapport, dont l'objectif central a été d'évaluer la possibilité, en développant un protocole *ad hoc* et/ou en utilisant des données déjà disponibles, de produire des **indices annuels d'abondance en juvéniles permettant de prédire l'importance des flux de jeunes bars adultes qui recruteront sur les pêcheries** dans les années à venir, une fois qu'ils auront atteint la taille minimale de capture. Cette connaissance peut en effet être fort utile aux gestionnaires en leur permettant de moduler leurs décisions de gestion en fonction de l'importance des futurs recrutements. Elle est également utile aux professionnels car elle leur offre potentiellement de la visibilité sur le moyen terme (à 3-5 ans), et donc la possibilité d'adapter leurs stratégies d'exploitation.

Pour atteindre cet objectif, l'action Nourriceries prévoyait dès son origine de comprendre une première phase bibliographique visant à recenser :

- les données ou connaissances déjà disponibles et permettant de localiser les différentes nourriceries françaises ainsi que de qualifier/décrire ces habitats (paramètres majeurs induisant/explicant la répartition spatiale des juvéniles),

¹ DPMA : Direction des Pêches Maritimes et de l'Aquaculture au sein de Ministère en charge de l'environnement et de la mer

² Commission Internationale pour l'Exploration de la Mer : regroupe des scientifiques des Etats membres de l'UE et de pays associés afin de mettre en commun les données halieutiques nationales, d'évaluer l'état des stocks et proposer des mesures de gestion.

- les protocoles/engins de prélèvement *a priori* utilisables pour l'échantillonnage de juvéniles de bar,

A l'issue de cette phase bibliographique le projet a retenu comme actions prioritaires de :

- **vérifier si les suivis déjà existants** (campagnes halieutiques de l'Ifremer, suivis halieutiques de la DCE dans les masses d'eau de transition...) **peuvent permettre** à eux seuls **la production des indices d'abondance** souhaités, ou si un suivi spécifique est indispensable,
- **développer/valider une méthode d'échantillonnage adaptée aux nourriceries**, et de la mettre en œuvre sur deux sites pilotes, afin d'y produire des indices annuels d'abondance, mais aussi de **caractériser le plus finement possible l'habitat** constituant une nourricerie à bar : paramètres physiques du milieu, et faune associée (espèces commensales, espèces proies...)
- **tester une méthode de marquage conventionnel** adaptée aux juvéniles de bar afin d'envisager des opérations de marquage de grande envergure si un suivi pérenne est mis en place à partir de 2018. Ces marquages permettraient de compléter le marquage électronique conduit sur les adultes en décrivant les déplacements/migrations lors de la phase juvénile, et en donc d'identifier les nourriceries alimentant les différentes frayères ou zones d'engraissement.
- **Produire un ensemble de données biologiques relatives au bar** et utiles à l'évaluation de l'état de ses stocks.

Le projet a été contractualisé entre la DPMA, l'Ifremer, FFP et le CNPMEM le 16 juin 2014. Prévu pour durer 3 ans, il a débuté par la phase de synthèse bibliographique, et les premières campagnes d'échantillonnages se sont déroulées au second semestre 2014, en rade de Brest et en baie de Douarnenez. Les campagnes de 2015 ont été conduites en rade de Brest et celles de 2016 dans l'estuaire de la Loire.

2. Synthèse bibliographique

La synthèse bibliographique réalisée n'a pas visé à l'exhaustivité : elle a été orientée vers les connaissances directement utiles à l'action Bargip Nourriceries, et plus précisément sur les juvéniles de bar, leur biologie, préférences et comportements, ainsi que sur les protocoles/stratégies d'échantillonnage utilisés par ailleurs sur cette espèce (ou d'autres *a priori* voisines) permettant de produire des indices d'abondance les plus robustes possible.

2.1. Synthèse des connaissances relatives aux juvéniles de bar

2.1.1. Cycle de vie

L'aire de répartition du bar européen (*Dicentrarchus labrax*) couvre les eaux côtières de l'ensemble de l'Atlantique du Nord-Est, depuis le sud du Maroc jusqu'aux côtes Norvégiennes, et englobe la Méditerranée et la Mer Noire. Selon FISHBASE, l'espèce se rencontre entre 0 et 100m de profondeur, mais l'action « marquage d'adultes » du projet Bargip nous a permis de constater que le bar est à même de gagner des profondeurs bien supérieures (*a minima* jusqu'à 200m). Le bar fait partie des espèces dites « démersales », par opposition aux espèces dites « benthiques » d'une part (espèces vivant quasi exclusivement sur le fond des océans et utilisant très peu la colonne d'eau) et « pélagiques » d'autre part (espèces vivant uniquement dans la colonne d'eau, et présentant des interactions quasi nulles avec le fond des océans). Le bar se déplace donc dans l'ensemble de la colonne d'eau mais utilise aussi les fonds marins à toutes les étapes de sa vie, pour se protéger, se nourrir...

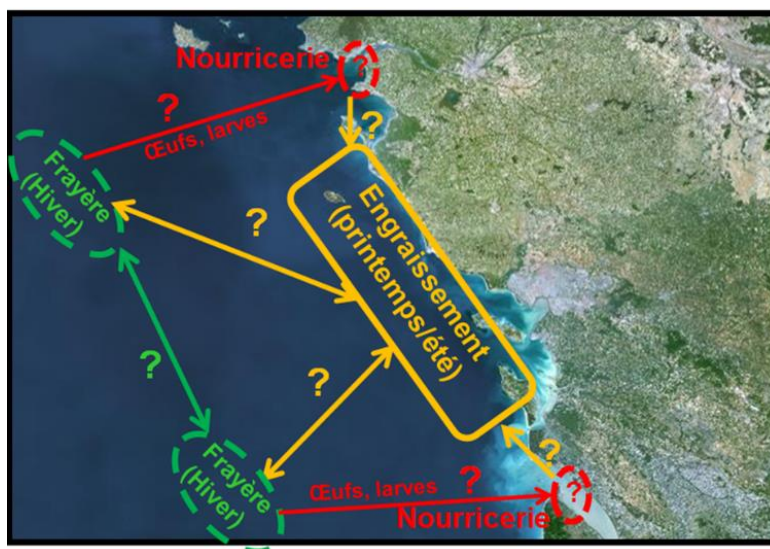
Dicentrarchus labrax est une des espèces commerciales parmi les plus recherchées par les flottilles professionnelles du fait de son prix de vente élevé. Elle est également la première espèce cible de la pêche plaisancière dans de nombreux pays d'Europe, ce qui a pour conséquence que les tonnages débarqués par les pêcheurs de loisir (de l'ordre de 3000/3500 tonnes environ par an jusqu'en 2012 pour l'ensemble des pays européens, dont 2300 tonnes pour la France ; chiffres très imprécis) sont tout sauf négligeables par rapport aux tonnages professionnels (de l'ordre de 7500 tonnes par an en 2012 pour les flottilles de l'Union en Atlantique du Nord-Est).

Du fait de son intérêt économique, de nombreuses recherches ont été menées sur le bar, mais elles ont, dans leur grande majorité, porté sur sa production en aquaculture. Comparativement, peu d'études ont été menées sur la biologie et l'écologie de l'espèce en milieu naturel (Pickett et Pawson, 1994, Laffaille et al, 2000b, Fritsch et al, 2007).

Le cycle de vie du bar dans son milieu naturel est néanmoins aujourd'hui assez bien décrit. Les bars adultes pondent au large sur des zones où la profondeur est comprise entre 60 et 100 mètres mais il existe également des frayères côtières, moins profondes. La période de reproduction dure entre mi-janvier et juin, en Manche, en Mer Celtique et dans la partie centrale du golfe de Gascogne pour ce qui concerne les frayères situées au large des côtes françaises. Les œufs, de 1 à 1,4 mm de diamètre (Bagenal, 1971 ; Wares, 1975 ; Kara et al, 1995 ; Devauchelle & Coves, 1988a), sont planctoniques et éclosent entre 2 et 9 jours après la fécondation (Devauchelle & Coves 1988b ; Jennings & Pawson 1991

; Regner & Dulčić 1994 ; Rønnestad et al. 1998 ; Marangos et al., 1986). Les larves dérivent alors vers les côtes avant d'arriver dans les estuaires et les baies. Ces habitats abrités sont le lieu privilégié de développement des juvéniles pendant leurs toutes premières années de vie (jusqu'à l'âge de 4 ou 5 ans), avant qu'ils n'adoptent les mouvements migratoires des adultes (Pickett et Pawson, 1994), avec colonisation de zones dites d'engraissement durant la belle saison (d'avril/mai à septembre/décembre), puis migration vers les zones de reproduction généralement plus au large (de janvier-février à avril-juin ; Figure 1).

Figure 1 : schématisation des 3 grandes zones fonctionnelles du bar : nourriceries estuariennes ou côtières où vivent les juvéniles, zones d'engraissement fréquentées par les adultes (et les plus grands juvéniles) du printemps jusqu'à l'automne), et zones de frayères, généralement au large, où a lieu la reproduction (ponte des femelles et fécondation externe des œufs par les mâles) en hiver et en début de printemps.



Le cycle de vie des juvéniles de bar est donc intimement lié aux zones très côtières, et plus particulièrement aux estuaires, lagunes et fonds de baies, qui jouent un rôle de « nourriceries » (Lafaille et al, 2001). Différentes définitions ont été données au terme « nourricerie », la plus commune reposant uniquement sur la présence de fortes densités en juvéniles d'une espèce donnée, densités supérieures à celles rencontrées dans les habitats/espaces voisins. Beck *et al.* (2001) proposent de préciser cette définition et prennent en compte 4 critères pour pouvoir caractériser une nourricerie *stricto sensu*. Selon eux, un habitat constitue une nourricerie si :

- la présence durable de fortes abondances en juvéniles y est avérée, alors que les adultes n'y sont pas présents toute l'année,
- la croissance des juvéniles y est supérieure à celle constatée dans les espaces voisins, croissance reposant sur la consommation de proies produites *in situ*,
- la survie des juvéniles y est supérieure à celle des habitats voisins,
- la contribution de cet habitat au recrutement en adultes est supérieure à celle des habitats voisins.

Les principales zones de nourriceries du bar identifiées dans la littérature sont des estuaires ou des plages situées au fond de baie abritées. Ces espaces, et notamment les estuaires, interfaces et zones de mélange entre les eaux douces arrivant des bassins versants et les eaux marines, constituent le plus souvent des écosystèmes riches (très forte productivité liée aux apports en nutriments depuis les bassins versants), parfois pollués, et fort changeants, en fonction des cycles de marée mais aussi des débits des fleuves qui s'y jettent. Ils hébergent des habitats très variés : vasières, marais salés et roselières, chenaux principaux et secondaires, bancs/plages de sables, fonds décapés de galets ou rocheux. Selon leur positionnement dans l'estuaire entre l'aval et l'amont et leur altitude par rapport au niveau marin, ces

habitats peuvent connaître de grandes variations des paramètres abiotiques (température, salinité, turbidité, intensité lumineuse, pression, courants...) et biotiques (chlorophylle, oxygène dissous, matières organiques, disponibilité en nourriture, prédation...). La grande capacité d'adaptation des juvéniles de bars à la variabilité de ces milieux est souvent soulignée dans la littérature, l'espèce étant qualifiée d'ubiquiste et d'opportuniste. Mais bien que possédant cette capacité de survivre et de se développer dans la plupart des habitats, Les juvéniles de bars semblent être assez strictement inféodés aux estuaires et aux fonds de baie, au moins au cours de leurs deux/trois premières années de vie : nous n'avons en effet pas trouvé dans la littérature de publication indiquant la capture de juvéniles des groupes 0 (i.e. nés dans l'année en cours) et 1 (nés l'année précédente) en dehors des zones très côtières ou estuariennes (pas de capture « au large », par plus de 40/50m de profondeur, à notre connaissance).

2.1.2. Les juvéniles de bar au sein des nourriceries

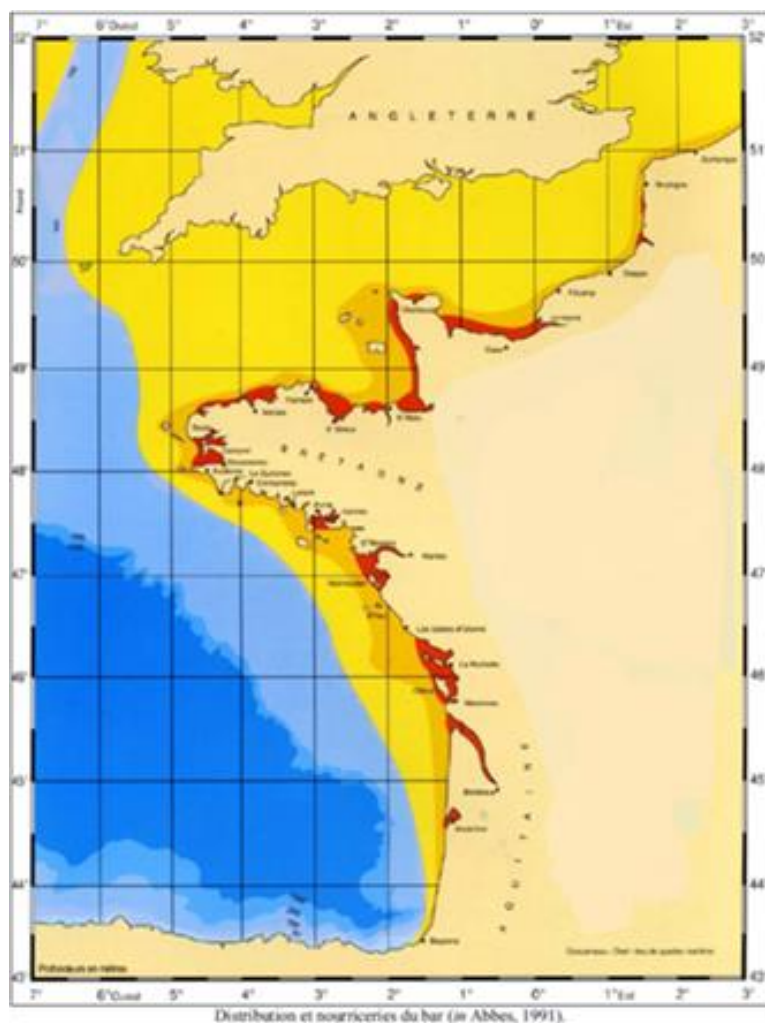
Les nourriceries de bar ont fait l'objet de nombreuses études le long des côtes anglaises. 37 nourriceries « majeures » y ont été identifiées, et des mesures d'interdiction totale ou partielle de toute forme de pêche embarquée (professionnelle ou de loisir) s'y appliquent depuis 1990 (MAFF, 1990), l'objectif de ces mesures étant de protéger les juvéniles de bar afin de maximiser le recrutement en adultes. Les nourriceries de la Tamise et du Solent ont fait l'objet de suivis annuels par le CEFAS³ pendant de nombreuses années, suivi qui ne porte plus depuis 2011/2012 que sur la nourricerie du Solent (coureaux de l'île de Wight et rias adjacentes). Ce « Solent Bass Survey » permet depuis 1983 la production du seul indice annuel d'abondance en juvéniles de bar en Europe qu'utilise le CIEM pour réaliser ses évaluations annuelles de l'état du stock de bar et sur les potentialités futures de capture. Les équipes du CEFAS disposent donc d'un vrai recul sur cette espèce, et nombre des publications utilisées dans cette synthèse bibliographique ont été rédigées par leurs soins.

En France, les zones de nourriceries ont été beaucoup moins étudiées, et la carte de la Figure 2 qui date de 1991 (Abbes, 1991 ; nous n'avons pas trouvé de carte plus récente dans la littérature) mérite vraisemblablement d'être réactualisée.

La Baie du Mont Saint Michel apparaît cependant dans la littérature comme étant l'un des sites majeurs pour l'espèce en Manche Ouest, les juvéniles de l'année (groupes 0) colonisant fréquemment en fortes densités ses vasières et ses marais salants (Laffaille et al, 2000 a et b ; Parlier, 2006). De même, la baie de St Briec, la baie de l'Aiguillon, ainsi que **les estuaires de la Seine et de la Loire** (Marchand et Schaan, 1995 ; Parlier 2006) sont fréquemment cités comme étant des nourriceries majeures pour l'espèce en France.

³ CEFAS : Center for Environment, Fisheries and Aquaculture Science (UK).

Figure 2 : distribution spatiale du bar le long des côtes françaises et du sud de l'Angleterre. Aire de répartition des adultes (jaune), zones d'abondance en adultes du printemps à l'automne (orange = zones d'engraissement) et zones de présence de juvéniles tout au long de l'année (rouge = nourriceries) ; d'après Abbes, 1991.



Distribution et nourriceries du bar (iv Abbes, 1991).

L'arrivée des juvéniles dans les estuaires de l'Atlantique Nord-Est a lieu entre la fin du printemps et l'automne, soit 2 à 3 mois après la ponte des adultes sur les frayères du large (Jennings and Pawson, 1992, Reynolds et al, 2003). Cabral et Costa (2001) situent cette arrivée en mai et surtout juin dans l'estuaire du Tage, alors que Kelley (1986) indique qu'elle a lieu de juillet à octobre dans les estuaires de la côte ouest de l'Angleterre. En baie de Douarnenez, les tous premiers juvéniles du groupe 0 capturés chaque année dans le cadre du suivi conduit par le Parc Naturel Marin d'Iroise (PNMI) le sont fin juillet-début août (comm. pers.).

Les plus petits juvéniles mesurent de l'ordre de 15 mm (parfois il s'agit encore de « postlarves ») au moment de leur arrivée dans les nourriceries alors que d'autres ne les atteindraient qu'à une taille de 50 à 60 mm. Les déplacements depuis les frayères vers les nourriceries seraient tout d'abord passifs, liés aux courants résiduels (Shenker and Dean, 1979 ; Fortier and Legett, 1982), mais à partir d'une taille de 10 à 15mm, les postlarves puis les juvéniles pourraient gagner les zones de nourriceries de manière active, (Arnold, 1981 ; Arnold and Cook, 1984 ; Boehlert and Mundy, 1988 ; Forward and Tankersley, 2001), guidés soit par la température, soit par la salinité (Claridge and Potter, 1983 ; Aprahamian and Barr, 1985 ; Kelley, 1986 ; Pawson et al, 1987 ; Costa, 1988 ; Mosneron-Dupin and Lagardère, 1990).

Par définition (Cf. *supra*), les nourriceries sont fréquentées par des juvéniles toute l'année, mais la plupart des suivis réalisés montre que les abondances varient en fonction des saisons : la température (et peut être la salinité) jouerai(en)t là également un rôle prépondérant, les juvéniles descendant les estuaires (ou quittant les plages) pour gagner des secteurs plus profonds, aux caractéristiques plus marines, et par conséquent plus tempérées en hiver (Holden and Williams, 1974 ; Claridge and Potter, 1983 ; Kelley, 1986 et 1988a ; Jenning et al, 1991). Kelley (1986) indique que la température de 10°C

constituerait une température seuil induisant ce déplacement des juvéniles vers les zones plus profondes. Une nourricerie au sens propre pourrait donc être constituée d'une zone estuarienne ou d'une plage ainsi que de secteurs adjacents, plus profonds, colonisés/utilisés durant l'hiver. Ceci serait surtout vrai pour les petits estuaires, ne disposant pas de chenaux profonds où les eaux d'origine marine permettent d'atténuer les refroidissements et dessalures hivernaux générés par les crues d'eaux douces (Pickett et Pawson, 1994).

Si les nourriceries accueillent des juvéniles de différentes classes d'âge, depuis le groupe 0 jusqu'aux groupes 4, 5, voire 6 (ainsi même que des adultes lors de la période d'engraissement, i.e. de mai à décembre), ces différents groupes d'âge ne sont généralement pas uniformément répartis (Pickett et Pawson, 1994). En effet, l'étagement des groupes d'âge au sein de l'estuaire semble être une caractéristique commune aux différentes nourriceries, les plus jeunes juvéniles se situant majoritairement dans les parties les plus amont (jusqu'à des salinités inférieures à 1 en zones estuariennes, ou en bordure immédiate des plages), les plus âgés se situant majoritairement dans les zones les plus aval, i.e. les plus profondes et les plus halines.

Nombre d'auteurs indiquent aussi qu'à partir des groupes d'âge 3 et 4, les juvéniles commenceraient à adopter un comportement migratoire se rapprochant de celui des adultes (Pickett et Pawson, 1994), se traduisant par un écartement de plus en plus marqué des côtes en hiver (jusqu'aux zones de frai le plus souvent situées au large une fois qu'ils sont devenus adultes), et par un retour en zone côtière (mais pas uniquement dans les zones estuariennes) à la belle saison. Les plus petits juvéniles au contraire séjourneraient au sein de leur nourricerie ou juste en aval, y compris l'hiver. Ce trait comportemental des tous jeunes juvéniles aurait pour conséquence de fortes mortalités lors des hivers les plus rigoureux : Barnabé et Le Coz (1987) ainsi qu'Hidalgo et Alliot (1988) indiquent que pour les juvéniles, 2°C d'une part et 32°C d'une autre représenteraient des températures létales. Pour leur part, Thetmeyer et al (1999), Russell et al (1996), Teyssere (1979), Laffaille et al, 2000b et Vinagre et al (2012) indiquent qu'en dessous de 6°-7°C, la nutrition et la croissance des juvéniles sont très fortement ralenties, voire arrêtées, ce qui est susceptible d'entraîner, à moyen/long terme, de fortes mortalités.

Le premier hiver (passage de G0 à G1) est de ce fait annoncé comme un moment très critique pour les juvéniles de bar, surtout pour les plus petits qui n'ont pas atteint une taille d'au moins 60mm en décembre/janvier. Pickett et Pawson (1994) indiquent qu'en Grande Bretagne, les années de fort recrutement et de survie importante des juvéniles G0 sont souvent celles qui connaissent des conditions météorologiques stables et chaudes au printemps et en été (réussite de la reproduction et bonne survie des larves et postlarves) et des hivers doux à suivre (bonne survie des G0/G1).

En ce qui concerne la croissance des juvéniles dans le milieu naturel, elle apparaît comme dépendante de la saison et de la latitude. Elle est favorisée entre les mois de mai et novembre (Boulineau-Coatanea, 1969 ; Hoai Thong, 1970 ; Stequert, 1972 ; Claridge and Potter, 1983 ; Kelley 1988ab ; Cabral and Costa 2001) et plus rapide aux latitudes les plus basses (i.e. plus rapide dans le sud que dans le nord ; Pickett and Pawson, 1994 ; Kelley, 1988b ; Vinagre et al., 2009). Les juvéniles de bar, au nord de la zone de distribution présentent en effet des croissances plus lentes, une maturité sexuelle plus tardive mais une espérance de vie plus longue (et au final, les adultes y atteignent des tailles maximales supérieures). Quelle que soit la latitude, il faut aussi noter qu'à partir de la période de différenciation sexuelle, soit dès l'âge de 10-12 mois, un dimorphisme de croissance apparaît, avec une croissance plus rapide (et donc une taille à l'âge adulte supérieure) des femelles par rapport aux mâles (Gardeur et al., 2001 ; Koumoundouros et al., 2002 ; Saillant et al., 2003a, b, c). Grâce aux études en milieu contrôlé, il a pu être mis en évidence que c'est la température qui joue le rôle primordial sur les vitesses de croissance (Stirling, 1977 ; Zanuy and Carrillo, 1985 ; Dendrinou and Thorpe, 1985 ; Hidalgo

et al., 1987 ; Pastoureaud, 1991 ; Tsevis et al. 1992), la gamme des températures les plus favorables à la croissance s'étendant de 7 à 28°C. Toujours en milieu contrôlé, il a été démontré que les juvéniles de bars peuvent s'adapter à de fortes variations de salinité, allant jusqu'à survivre en eau douce (Chervinski, 1974 ; Dendrinis and Thorpe, 1985 ; Dalla Via et al., 1998 ; Varsamos et al., 2001, 2002, 2005 ; Nebel et al., 2005).

De nombreuses études ont été réalisées à des fins d'aquaculture sur la croissance optimale des juvéniles de bar en fonction de la température et de la salinité. Pour de faibles températures (<17°C) la croissance serait favorisée pour des salinités modérées (11-15‰). Au contraire, la salinité ne semblerait pas avoir d'effet sur la croissance quand les températures sont plus élevées, comprises entre 20 et 22°C (Alliot et al., 1983 ; Zanuy and Carrillo, 1985 ; Saillant et al., 2003b).

L'oxygène dissous apparaît également comme étant un paramètre important : Barnabé (1990) indique qu'une exposition prolongée à des teneurs inférieures à 2mg/l entraîne la mort des juvéniles. A des teneurs non létales, mais néanmoins hypoxiques, Jobling (1994), Thetmeyer et al (1999) ou Pichavant et al (2001) montrent son influence négative sur la prise de nourriture (et même l'activité en général), et par conséquent sur la croissance. Les bars, juvéniles et adultes, préfèrent les eaux bien oxygénées, même si leurs capacités d'adaptation sont bien supérieures à celles d'autres espèces.

La photopériode semblerait également avoir un effet sur la croissance des juvéniles, et surtout sur l'induction de leur maturation sexuelle (Rodriguez et al., 2001, 2005 et 2012).

Nous n'avons pas trouvé de référence abordant les effets de la turbidité sur les juvéniles de bar.

En ce qui concerne le comportement des juvéniles de bar, nombre d'auteurs (Boulineau-Coatanea, 1969 ; Breder, 1976 ; Barnabé 1978 ; Bégout-Anras et al., 1997) soulignent son caractère grégaire, et ce dès les plus jeunes âges : dès 3-4cm de longueur, les juvéniles se regroupent au sein de bancs constitués de congénères de même taille, et parfois même avec des individus de taille similaire mais appartenant à d'autres espèces dont la dorade grise (*Spondyliosoma cantharus*) ou différentes espèces de mullet.

De nombreuses études ont été menées au laboratoire sur les vitesses critiques de nage (vitesse maximale qu'est capable de tenir le poisson au cours de tests d'endurance) chez les juvéniles. Cette vitesse critique de nage a été estimée à 0,8-1,2 km/h (0,43-0,65 kts) pour les plus petits (1 cm ; Anthouard et al., 1993 ; Moore et al., 1994 ; Leis et al., 2012), puis à 1,5 km/h (0,8 kts) pour des individus de 3 cm et enfin 3-4km/h (1,62-2,16 kts) pour des individus de 15-30 cm (Claireaux et al., 2007 ; Luna-Acosta et al., 2011 ; Leis et al., 2012). Ces capacités de nage permettent aux juvéniles de rester dans des zones soumises à de forts courants comme cela est souvent le cas en secteurs estuariens. Nombre d'auteurs notent également que les juvéniles de bar utilisent bien l'intégralité de la colonne d'eau, et ne sont pas strictement inféodés aux fonds de leurs nourriceries. Ces caractéristiques (vitesse de nage, utilisation de l'ensemble de la colonne d'eau) ont été prises en compte au moment du choix de l'engin d'échantillonnage et du protocole de capture à mettre en œuvre dans le cadre du présent projet.

En ce qui concerne l'alimentation, le bar est un prédateur opportuniste dès son plus jeune âge (Boulineau-Coatanea, 1969, 1970 ; Stequert, 1972 ; Arias, 1980 ; Chervinski and Shapiro, 1980 ; Arahamian and Barr, 1985 ; Cabral and Costa, 2001 ; Kelley 2002 ; Martinho et al. 2008,), se nourrissant majoritairement de petits crustacés, de polychètes, de mollusques et de poissons. Les proies ciblées dépendent des habitats, de la saison et de leur disponibilité : les bars, adultes et juvéniles, se nourrissent des proies les plus abondantes dans le milieu. Les juvéniles sont capables de se nourrir d'autres poissons, et ce très précocement, dès qu'ils atteignent la taille de 2,5-3 cm (des phénomènes de cannibalisme sont d'ailleurs observés dès que les différences de taille entre individus le permettent ; Arias, 1980 ; Katavić et al., 1989). Les juvéniles de bar se nourrissent à tout moment de la journée, mais rechercheraient plutôt des proies démersales ou pélagiques le jour (regroupement des juvéniles en bancs pour mener des chasses en pleine eau), et de proies benthiques la nuit (recherche individuelle de proies au fond).

Enfin, Les échanges entre nourriceries ont été étudiés en Angleterre au moyen de marquages conventionnels (Pickett et Pawson, 1994). Les conclusions sont que les « changements » de nourriceries sont *a priori* très rares aux stades G0 et G1, mais qu'ils augmentent ensuite avec l'âge (surtout à partir des stades G3 et G4). *A contrario*, Pickett et Pawson (1994) indiquent que si « l'environnement est favorable » (i.e. si la nourricerie est d'une taille suffisante et les conditions hydroclimatiques supportables), les juvéniles resteraient *a priori* dans la nourricerie de leur recrutement jusqu'au moment où ils atteignent l'âge adulte.

2.2. Stratégie d'échantillonnage

2.2.1. Quel engin de capture retenir ?

D'après la bibliographie, les protocoles pour la production d'indices d'abondance en juvéniles de bar (ou d'espèces démersales présentant des caractéristiques assez proches) utilisent différentes techniques, différents engins :

- le chalut de fond (Cabral et Costa 2001, Martinho et al 2009, Pickett et al 2002), soit classique (« Solent Bass Survey » du CEFAS), soit à perche (suivi des masses d'eau de transition de la DCE, campagnes « nurse » de l'Ifremer),
- le verveux (Parlier, 2006, AELB-Creoccean, 2007),
- la senne de plage (Laffaille et al 2000a) et le « chalut de plage » (suivi PNMI en baie de Douarnenez depuis 2012, Comm. Pers.),
- le barrage complet de chenaux estuariens au moyen d'un couplage filets maillants/verveux (Parlier, 2006)
- le comptage visuel en plongée (Bussotti et al 2011, Dufour et al 2009).

Le comptage visuel en plongée, utilisé surtout en Méditerranée ou en zones tropicales, a été écarté d'emblée, notamment du fait des surfaces à échantillonner et de la turbidité des eaux en secteurs estuariens en Atlantique du Nord-Est.

La senne de plage et le « chalut de plage » (tout petit chalut de 5 m de corde de dos et de 90 cm d'ouverture verticale, tiré par deux agents qui marchent en bord de plage, dans 50 cm d'eau environ) sont utilisés par le PNMI en baie de Douarnenez dans le cadre de son suivi annuel d'un certain nombre de plages. L'objectif du PNMI n'est pas de produire des indices d'abondance, mais de produire des compositions spécifiques (suivi de la « biodiversité ») en espèces démersales et benthiques présentes le long des plages de la baie. La participation des équipes Bargip à ces suivis nous a permis de constater que ces deux engins ne capturent que des juvéniles de petite taille (jusqu'à une vingtaine de cm en ce qui concerne les bars, avec exceptionnellement des individus d'une taille supérieure), et que la capturabilité varie très vraisemblablement de façon importante avec la taille, et donc l'âge des individus. En outre, ces engins ne sont utilisables que dans très peu d'eau (1 à 1,50 m au maximum), ce qui interdit d'échantillonner de façon satisfaisante l'intégralité d'une zone estuarienne. Ces deux engins sont donc bien adaptés aux objectifs du PNMI, mais pas au nôtre qui est de produire des indices d'abondances robustes en juvéniles de bar.

Le verveux est utilisable en secteurs peu profonds, le long des plages ou en estuaire. Parlier (2006) l'utilise, couplé à plusieurs filets maillants, pour réaliser un barrage complet des chenaux secondaires parcourant le schorre dans les différents systèmes estuariens où il a mené sa thèse, ce qui lui permet de réaliser un comptage quasi exhaustif des individus empruntant ledit chenal au cours de la marée

descendante. Ainsi utilisé, le verveux serait donc adapté pour produire des indices sur de petits espaces de présalés, mais pas sur les surfaces (et par les profondeurs) qui nous intéressent dans le cadre de Bargip. Les équipes qui l'ont testé lors de la phase de définition des réseaux de suivi des masses d'eau de transition dans le cadre de la DCE indiquent en outre que sa mise en place peut être assez complexe, et l'ont abandonné en lui préférant des chaluts à perche (AELB/Creocéan, 2007 ; AELB/Ile, 2007).

Le chalut à perche est un engin facile à mettre en œuvre depuis un navire adapté. Son inconvénient vis-à-vis d'une espèce démersale comme le bar est sa petite taille et surtout sa faible ouverture verticale, permettant l'évitement (fuite vers les côtés ou vers le haut, avant même de pénétrer dans le chalut) des juvéniles les plus rapides, les plus grands. Afin d'étayer notre choix, une comparaison des tailles de capture enregistrées par l'Irstea au moyen de ses chaluts à perche (données extraites de la base POMET-DCE avec l'autorisation de l'Onéma et de l'Agence de l'Eau Loire Bretagne) et par le CEFAS au moyen de son chalut de fond « classique » (Pickett et al, 2002 ; données CEFAS 1983/2003 du « Solent Bass Survey » transmises par le CEFAS à cet effet) a été conduite (Figure 3).

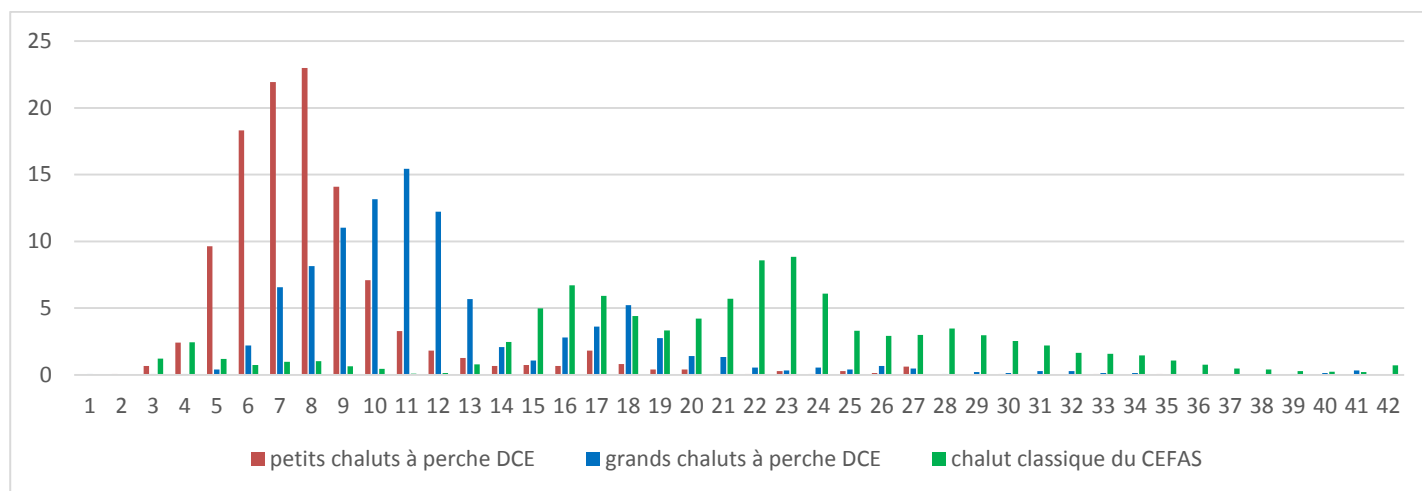


Figure 3 : comparaison des tailles de capture (fréquences) de juvéniles de bar réalisées au moyen de chaluts à perche dans le cadre de la mise en place des suivis de la DCE dans les masses d'eau de transition en France entre 2006 et 2011 (données issues de la base POMET), et par le CEFAS dans le secteur de l'île de Wight dans le cadre du suivi des juvéniles de bar depuis 1993 (Solent Bass Survey).

NB : les petits chaluts à perche de la DCE ont une perche de 1,50m de large, et les grands une perche de 3m ; ils ont tous deux une ouverture verticale de 0,50 m. Le chalut du CEFAS est un chalut de fond de 9m de corde de dos et de 1,20 à 1,50m d'ouverture verticale.

Il s'agit là d'une comparaison un peu hasardeuse et scientifiquement discutable car les trois types d'engins n'ont pas été utilisés au même endroit au même moment. A tout le moins pouvons-nous constater que le chalut « classique » du CEFAS capture des juvéniles de très petite taille, tout comme le permettent les chaluts à perche de la DCE. *A contrario*, les chaluts à perche de la DCE ne permettent que de très rares captures de juvéniles de plus de 30 cm de longueur alors que le chalut classique du CEFAS est encore opérant jusqu'à des tailles supérieures à 42 cm. Ce chalut apparaît donc plus adapté à la problématique « Bargip Nourriceries » que les chaluts à perche de la DCE, très vraisemblablement du fait de sa plus grande ouverture, tant latérale que verticale. Pour retenir/définir notre propre engin de pêche, décision a donc été prise de s'inspirer du chalut du CEFAS, spécifiquement dédié à une problématique identique à la nôtre, en recherchant dans la mesure du possible à maximiser encore son ouverture afin de minimiser les phénomènes d'évitement, et donc de limiter les différences de vulnérabilité en fonction de la taille (ou des groupes d'âge) des juvéniles.

2.2.2. Quel type de stratégie d'échantillonnage adopter ?

Trois types de stratégie d'échantillonnage sont envisageables d'un point de vue théorique : l'échantillonnage aléatoire, l'échantillonnage aléatoire stratifié et l'échantillonnage systématique (Kimura et Somerton 2006).

L'échantillonnage aléatoire convient au suivi d'espèces réparties de façon aléatoire sur un milieu homogène. Dès que le milieu est hétérogène ou que les espèces présentent des tendances au regroupement (au sein de bancs par exemple), il est nécessaire d'augmenter le nombre d'échantillons pour éviter de sur ou de sous-estimer la population (Cochran 1977, Dagnelie 2003). L'échantillonnage aléatoire n'apparaît donc pas comme la meilleure des stratégies envisageables pour estimer l'abondance d'une espèce grégaire comme le bar, d'autant que les contraintes de terrain et financières ne permettent pas de multiplier les traits de chaluts.

L'échantillonnage aléatoire stratifié doit lui être préféré lorsque l'habitat est hétérogène et que la répartition de l'espèce d'intérêt est non homogène. La division de la zone à échantillonner qui est globalement hétérogène en strates plus homogènes (i.e. avec des densités de population moins variables) permet une estimation plus précise des caractéristiques de la population globale. Comme les strates sont par définition homogènes, l'effort d'échantillonnage intra strate, et même global peut, pour une précision équivalente, être moindre par rapport à celui nécessaire pour un ensemble hétérogène (Cochran 1977, Dagnelie 2003, Venables and Ripley 2002). Par contre, pour que la stratification soit pertinente, il est indispensable de disposer de connaissances sur la répartition prévisible de l'espèce à suivre, i.e. sur ses préférendums, ainsi que sur la zone à échantillonner.

L'échantillonnage systématique est à retenir lorsque les préférendums de l'espèce et donc sa répartition, sont totalement inconnus. Cette stratégie permet de réaliser un échantillonnage sans *a priori* de strates. Par contre, cette stratégie est peu adaptée aux habitats hétérogènes, ou du moins nécessite une augmentation de l'effort d'échantillonnage au fur et à mesure que l'hétérogénéité de l'habitat s'accroît.

Au final, l'échantillonnage stratifié a été retenu pour l'action Bargip Nourriceries.

3. Campagnes réalisées

Le projet disposait contractuellement d'un maximum de 60 journées d'affrètement de navire professionnel pour la réalisation des campagnes entre 2014 et 2016. Les affrètements ont été gérés par le CNPMM. Les navires retenus ont été le « Labous Mor » (9,50m ; 150 cv) de M. Emmanuel Kelbérine (rade de Brest en 2014), le « Asta Buen » (9,50m ; 146 cv) de M. André Le Gall (rade de Brest en 2014 et 2015), et le « Virgo Salutaris II » (9,99m ; 200 cv) de M. Denis Bertho pour l'estuaire de la Loire en 2016.

Les premières campagnes en rade de Brest ont essentiellement été axées sur le réglage et l'optimisation du chalut ainsi que sur la découverte du site, c'est-à-dire sur l'identification et la cartographie de traînes praticables, et sur la localisation de la ou des nourriceries à bar proprement dites. Une fois le chalut réglé et les traînes praticables identifiées, les campagnes suivantes ont permis de :

- réaliser différents tests visant à préciser le protocole (durée optimale des traits, chalutage de jour ou de nuit, test de différentes stratégies en zone estuarienne),
- prélever des juvéniles de bar afin de mener des analyses biologiques au laboratoire : dissections, pesées d'organes, production d'indices de condition ou de maturité, analyses des contenus stomacaux,
- et de se placer en conditions opérationnelles pour la production d'indices d'abondance.

En 2016, c'est l'estuaire de la Loire qui a été échantillonné (3 campagnes - mai, juin et septembre).

L'ensemble des campagnes réalisées de 2014 à 2016, et leurs principaux objectifs sont présentés dans le Tableau 1. Les conditions hydrologiques (débit des fleuves Aulne et Loire) au cours des campagnes ayant eu pour finalité la production d'un indice d'abondance sont données par le Tableau 2 et la Figure 4. L'espace échantillonné en 2014 en rade de Brest (premières campagnes), la pré-stratification réalisée à l'époque⁴, et les traînes praticables sont présentés Figure 5.

Tableau 1 : les campagnes Bargip Nourriceries conduites entre mai 2014 et septembre 2016.

date	lieu	durée (j)	objectifs	nbre traits
mai-14	rade de Brest	2	premiers essais du chalut	13
			cartographie de traînes praticables	
			prélèvements biologiques	
juin-juil 2014	rade de Brest et baie de Douarnenez	10,5	réglage chalut	42
			carto traînes praticables sur l'ensemble de la rade de Brest (+ baie de Douarnenez)	
			première identification de l'habitat nourricerie	
			prélèvements biologiques	
oct-14	rade de Brest	3	réglage chalut	14
			test stratégie d'échantillonnage en estuaire	6
janv-15	rade de Brest	3	expertise/modification du chalut	19
			prélèvements biologiques	1
mars-15	rade de Brest	6	finalisation des réglages du chalut modifié	15
			test chalutage de jour vs de nuit ; prélèvements biologiques ; habitat nourricerie ; Indice Abondance	38
avr-15	rade de Brest	6	test traits courts vs longs	51
			poursuite test stratégie d'échantillonnage en estuaire	12
			poursuite de l'identification de l'habitat nourricerie et production d'un Indice d'Abondance	
nov-15	rade de Brest	4	fin des tests traits de jour vs de nuit et court vs long	34
			poursuite test stratégie d'échantillonnage en estuaire	9
			prélèvements biologiques et production d'un Indice d'Abondance	
déc-15	rade de Brest	2	fin du test stratégie d'échantillonnage en estuaire et prod. Indice d'Abondance	22
mai-16	estuaire de Loire	5	cartographie traînes, identification des limites de la nourricerie, prélèvements biologiques	40
juin-16	estuaire de Loire	8	fin carto traînes, échantillonnage ensemble zone/prod. Indice Abondance, prélèvements biol.	73
sept-16	estuaire de Loire	7	échantillonnage ensemble zone/production Indice Abondance, prélèvements biologiques	67

⁴ La stratification finale des deux nourriceries (rade de Brest et estuaire de Loire) n'a été réalisée qu'après identification des paramètres du milieu expliquant la répartition des juvéniles de bar, et donc l'identification des zones de nourricerie à proprement parler.

Tableau 2 : débits de l'Aulne en rade de Brest (« au pont routier de Châteaulin ») et de la Loire (à St Nazaire) au cours des campagnes ayant eu pour finalité la production d'indices d'abondance en juvéniles de bar (données extraites de la banque de données Hydro eau France (<http://www.hydro.eaufrance.fr>)).

Lieux	dates	débit (m3/s)	commentaire
rade de Brest	du 22 au 27 mars 2015	de 18,5 à 16,6 m3/s	débits baissants ; inférieurs au débit moyen annuel (≈ 30 m3/s)
rade de Brest	du 22 au 28 avril 2015	de 11,1 à 14,9 m3/s	débits fluctuants ; légèrement inférieurs à ceux de la première campagne
rade de Brest	du 17 au 20 novembre 2015	de 14,9 à 29,1 m3/s	débits fluctuants ; proches du débit moyen
rade de Brest	les 3 et 4 décembre 2015	24,7 et 26,8m3/s	débits proches du débit moyen
Loire	du 12 au 16 mai 2016	de 700 à 740 m3/s	débits augmentants ; inférieurs au débit moyen annuel (912 m3/s ; moyenne sur les 23 dernières années) et au débit moyen en mai (963 m3/s)
Loire	du 9 au 16 juin 2016	de 3360 à 1550 m3/s	crue (niveau crue biennale) ; débits baissants, mais très supérieurs au débit moyen en juin (612 m3/s)
Loire	du 7 au 13 septembre 2016	180 à 215 m3/s	étiage ; débits légèrement inférieurs au débit moyen en septembre (277 m3/s)

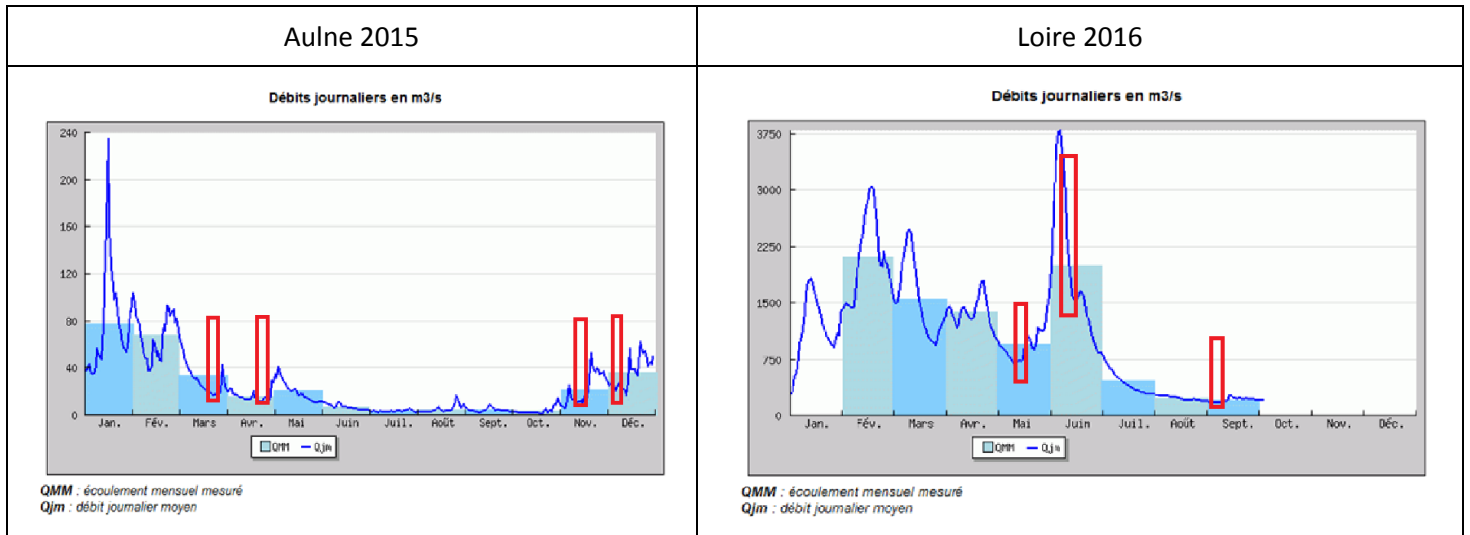


Figure 4 : débits journaliers de l'Aulne au « pont routier de Châteaulin » en 2015 et de la Loire à St Nazaire en 2016 (données banque hydro eau France) ; positionnement (rectangles rouges) des campagnes ayant eu pour finalité la production d'indices d'abondance en juvéniles de bar.

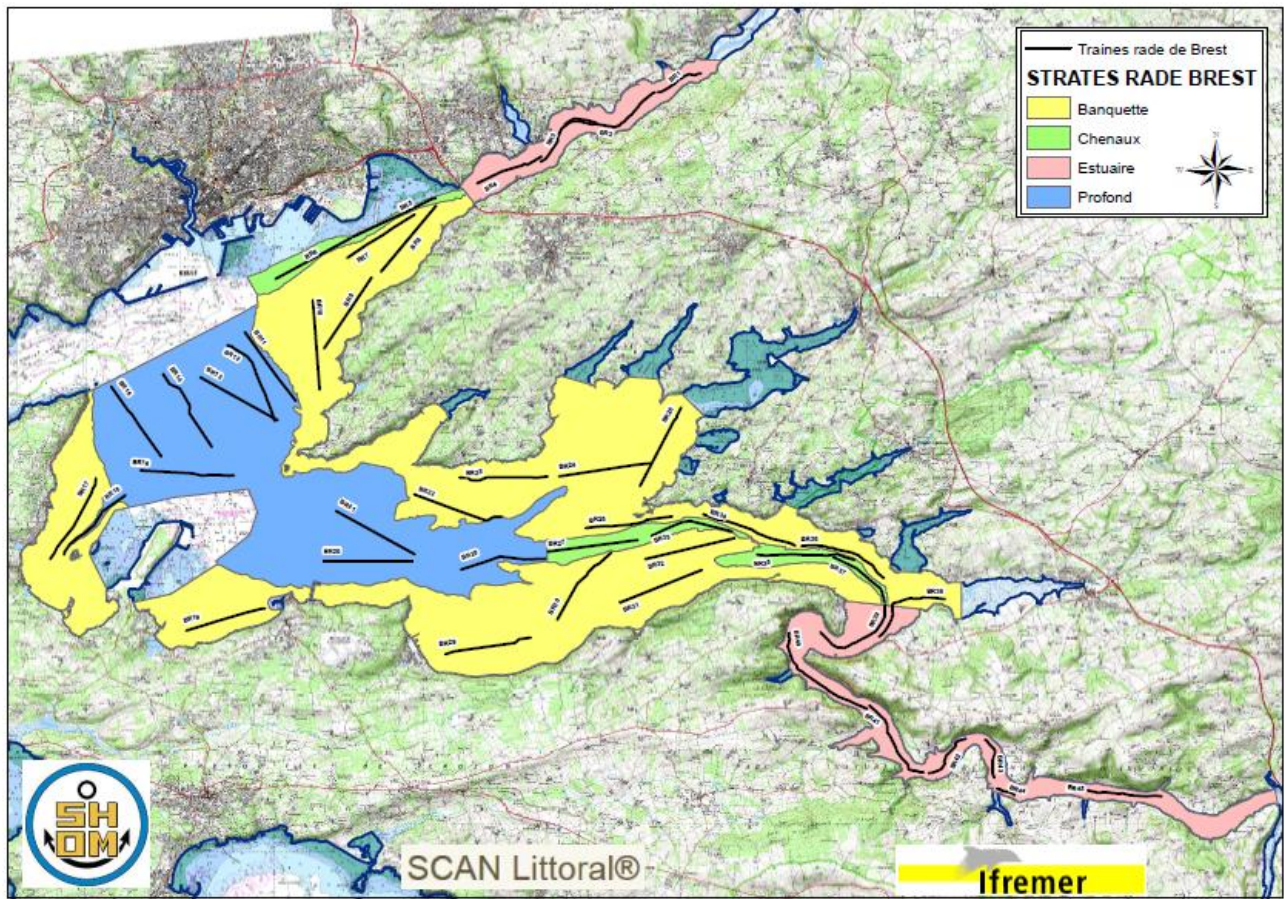


Figure 5 : pré-stratification de la rade de Brest, et positionnement des traînes praticables identifiées et échantillonnées en 2014.

4. Répartition spatiale des juvéniles et paramètres structurants

L'étude sur les paramètres du milieu les plus structurants, c'est-à-dire permettant d'expliquer la répartition des juvéniles au sein du domaine échantillonné, et donc de caractériser l'habitat que constitue une nourricerie à bar, a été menée dans un premier temps en utilisant les données acquises lors des campagnes 2015 en rade de Brest. Les conclusions de cette étude sont que ce sont les paramètres « salinité » en tout premier lieu, puis « profondeur » qui structurent la population de juvéniles de bar dans cette nourricerie. Ces conclusions ont ensuite été validées par traitement des données acquises lors des campagnes menées en Loire en 2016.

4.1. Paramètres structurants en rade de Brest

Les données acquises lors des campagnes de mars, avril, novembre et décembre 2015 en rade de Brest sur les strates estuaire amont, estuaire central, platier aval estuaire et platier ont été traitées globalement via une Analyse des Correspondances Multiples (ACM). Les données des traits réalisés dans la strate « Profond » n'ont pas été retenues du fait de captures systématiquement nulles.

Les paramètres du milieu *a priori* structurants (Cf. synthèse bibliographique) sont la salinité, la profondeur et la température.

4 classes ont été définies pour chacun des paramètres du milieu :

- salinité : de 0 à 18 pour mille, de 18 à 30, de 30 à 34 et enfin > à 34 pour mille.
- profondeur : de 0 à 5.5m, de 5.5 à 8.5, de 8.5 à 11 et enfin > à 11m.
- température : de 9.5 à 11°C, de 11 à 12.5, de 12.5 à 14 et de 14 à 15.5 °C

Il n'y a pas de corrélation nette entre les 3 paramètres du milieu (Figure 6).

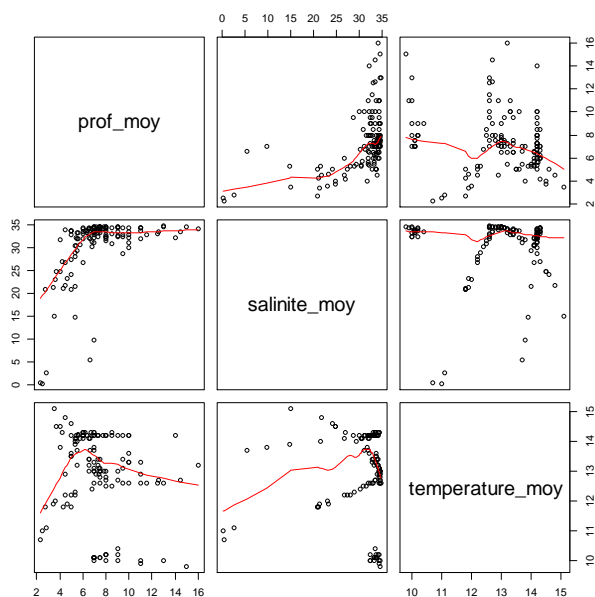


Figure 6 : examen des corrélations entre les 3 paramètres du milieu testés (profondeur moyenne au cours du trait, salinité moyenne et température moyenne).

Le fait de chaluter avec ou contre le courant est également testé.

Les résultats de l'ACM sont donnés par la Figure 7.

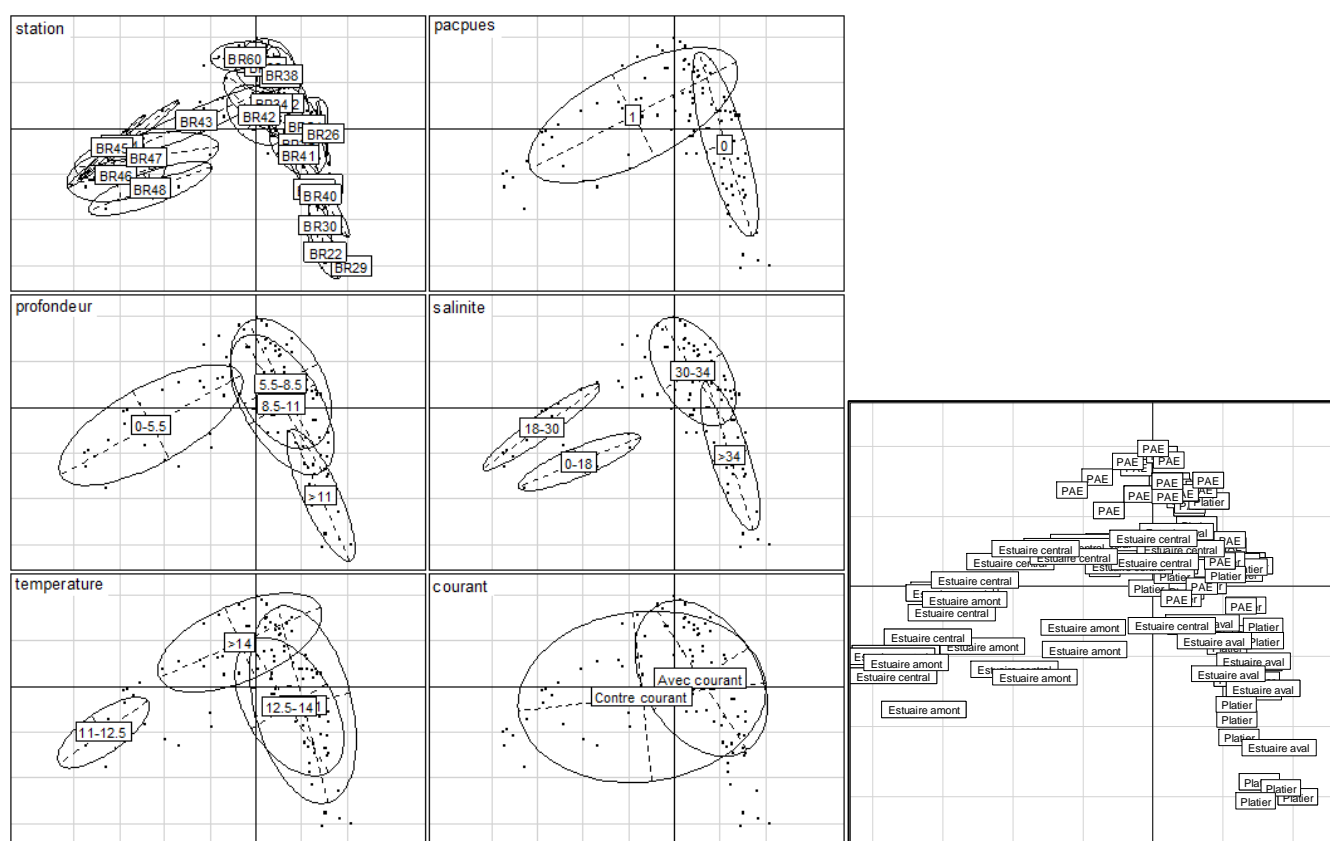


Figure 7 : ACM appliquée aux captures de juvéniles de bar enregistreés par trait lors des campagnes 2015 en rade de Brest.

L'ellipse « pacpue 1 » (en haut au centre) représente les traits ayant permis des captures de juvéniles de bar et l'ellipse « pacpue0 » les traits sans capture. Les variables structurant les différences entre les traits sont, par ordre d'importance, la salinité (surtout de 18 à 30), la profondeur (de 0 à 5.5m) et la température (de 11 à 12.5°C). Le fait de chaluter avec ou contre le courant n'influe pas de manière significative sur la capture. On observe une répartition des traits en fonction des captures. **Les traits qui capturent le plus sont situés dans les estuaires ou juste en aval des estuaires, c'est-à-dire sur les strates les plus dessalées et les moins profondes.**

4.2. Répartition spatiale selon la salinité (et selon l'âge des juvéniles) en rade de Brest

Les 166 traits validés lors des campagnes de mars-avril et de novembre-décembre 2015 sont retenus pour cette étude. Ils ont permis la capture de 9120 bars. Les salinités moyennes au cours des traits ont été comprises entre 0,28 et 34,93 pour mille. Le constat le plus marquant est que tous les traits réalisés par des salinités moyennes inférieures à 30,68 ont permis la capture d'au moins un juvénile (30 traits ; Figure 8). Le total des captures enregistreés sur ces 30 traits s'élève à 7166 juvéniles, soit 78,6% de la capture totale (moyenne de 238,86 bars par trait). 89 des 136 autres traits (réalisés par des salinités moyennes supérieures ou égales à 30,68) n'ont permis aucune capture de juvénile de bar. Enfin, les 47 traits restant ont permis la capture de 1954 bars, soit 21,4% de la capture totale. Par des salinités supérieures à 30,68, la capture moyenne par trait a donc été de 14,37 bars.

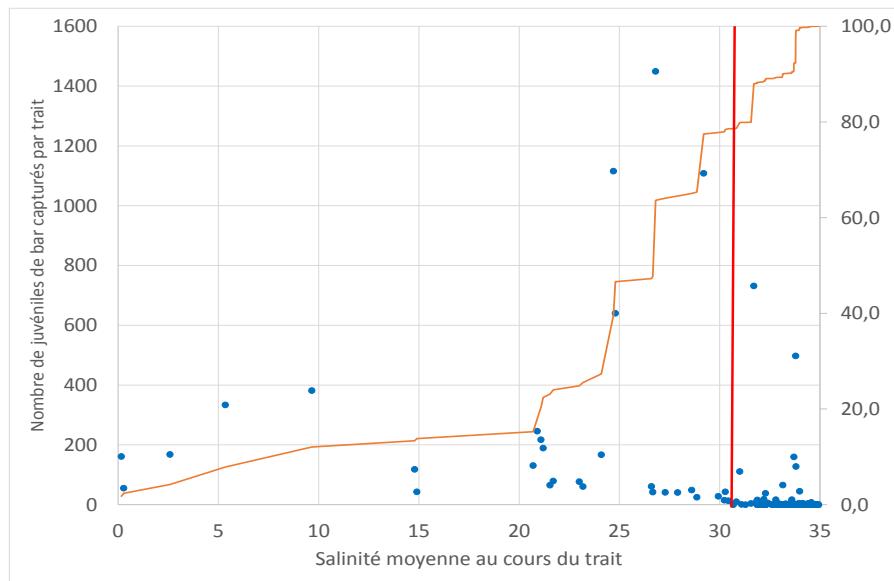


Figure 8 : capture de juvéniles de bar (en nombre/échelle de gauche, et en fréquences cumulées/échelle de droite) par trait en fonction de la salinité moyenne enregistrée au cours des 166 traits validés en 2015. Tous les traits réalisés par une salinité inférieure à 30.68 pour mille (barre verticale rouge) ont permis la capture d'au moins un juvénile de bar.

Les densités maximales de bar, toutes classes d'âge confondues, se situent donc dans la partie estuarienne proprement dite qui représente le « cœur » de la nurricerie. Une représentation plus détaillée, en fonction des groupes d'âge et des valeurs de salinité moyennes, minimales et maximales enregistrées au cours de chacun des traits, est donnée par la Figure 9. Cette figure met en évidence une répartition spatiale différente des juvéniles au sein de l'estuaire et de l'espace en aval de l'estuaire selon leur groupe d'âge. Les groupes 0 sont capturés dans la partie la plus amont de l'estuaire, depuis l'eau douce jusqu'à une salinité maximale de 24,61 (plus un individu, capturé seul, lors d'un trait dont la salinité maximale a atteint 31,69). Les groupes 1 sont également capturés dans la partie amont de l'estuaire, essentiellement par des salinités inférieures à 25 (même si l'on enregistre quelques captures jusqu'à 31,69). Les groupes 2 se rencontrent sur l'ensemble de l'estuaire, de l'eau douce jusqu'à 34,31 pour mille, mais les pics de capture sont enregistrés entre 5 et 32 pour mille.

Les Groupes 3 sont essentiellement capturés entre 25 et 34,5 pour mille, à la fois dans l'estuaire, mais aussi en aval. Les groupes 4 et 5 colonisent l'ensemble du domaine échantillonné, depuis les eaux douces (domaine « limnique ») de l'estuaire amont jusqu'aux zones les plus aval, c'est-à-dire de l'ouest de la partie orientale de la rade de Brest. Une autre illustration des préférences de salinité des différents groupes d'âge de juvéniles de bar est donnée par la Figure 10.

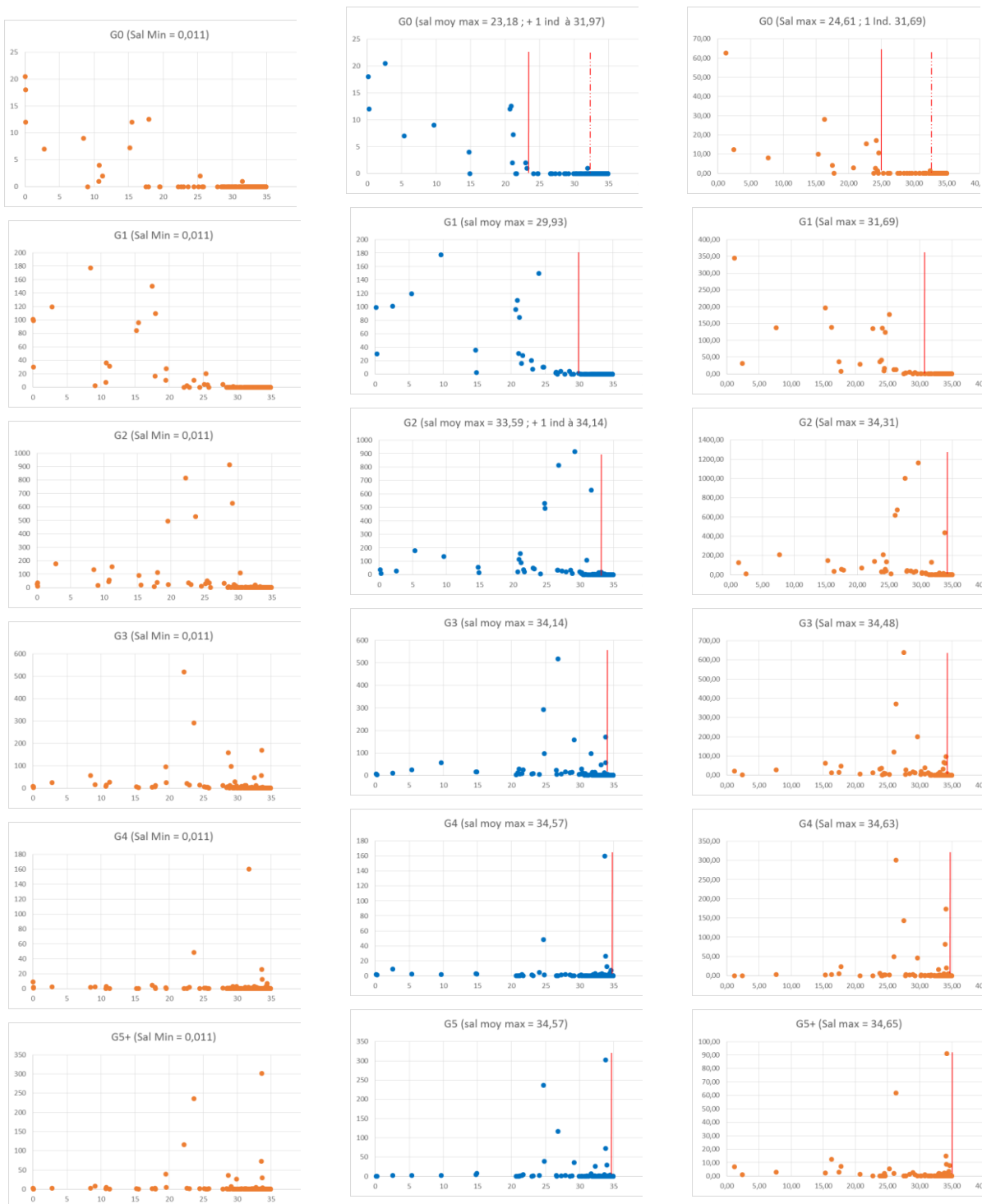


Figure 9 : Salinités minimales (à gauche), moyennes (au centre) et maximales (à droite) enregistrées au cours des traits, et captures (en nombre d'individus) correspondantes de juvéniles de bar des différents groupes d'âge. Les barres verticales rouges indiquent les valeurs moyennes les plus élevées (colonne du centre) ou les valeurs maximales enregistrées au cours des traits au-delà desquelles plus aucune capture de juvénile du groupe considéré n'est enregistrée.

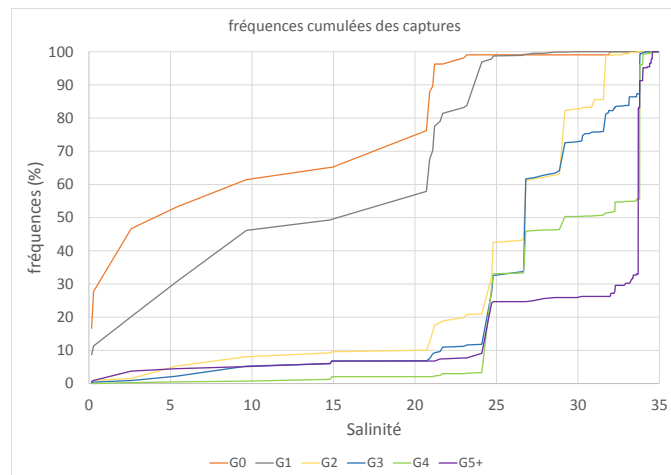


Figure 10 : courbe de fréquences cumulées des captures de juvéniles de bar, par groupes d'âge, et en fonction de la salinité (ensemble des données acquises au cours des campagnes Bargip menées en rade de Brest en 2015).

Si l'on reprend les classes de salinité communément utilisées dans les zones estuariennes, on obtient le tableau suivant (Tableau 3).

Tableau 3 : pourcentages de la capture totale par groupe d'âge selon les classes de salinité telles que communément définies en océanographie physique (ensemble des données acquises au cours des campagnes Bargip rade de Brest 2015).

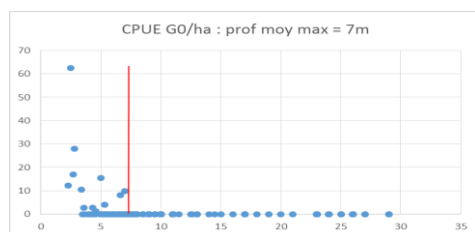
classes de salinité	G0	G1	G2	G3	G4	G5+
de 0 à 0,5 ("limnique")	27,7	11,3	1,0	0,4	0,0	0,9
de 0,5 à 5 ("oligohalin")	25,4	19,3	4,3	1,8	0,5	3,6
de 5 à 18 ("mésohalin")	12,0	18,9	4,3	4,6	1,6	2,3
de 18 à 30 ("polyhalin")	33,9	50,5	73,2	66,0	48,3	19,2
de 30 à 40 ("euhalin")	0,9	0,0	17,2	27,2	49,7	74,1

Il faut noter que, quel que soit le groupe d'âge (hormis les G4 dans notre échantillonnage), les bars fréquentent le domaine limnique, qui plus est dans des proportions non négligeables en ce qui concerne les G0 et même les G1. Ce constat oblige à inclure les domaines oligohalin et limnique dans tout suivi visant à produire des indices d'abondance en juvéniles de bar. Il apparaît également que les juvéniles semblent inféodés au secteur strictement estuarien lors de leurs deux premières années de vie, et qu'ils commencent à gagner des secteurs plus aval à partir du groupe 3.

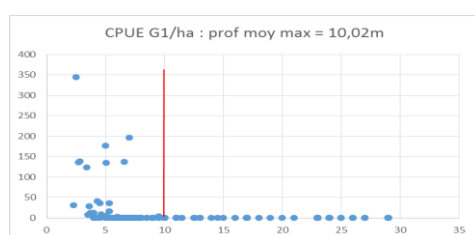
En conclusion, plus les juvéniles de bars vieillissent, et plus ils colonisent l'ensemble du domaine échantillonné, mais sans pour autant délaisser les espaces les plus dessalés (4,5% des G5+ ont été capturés dans le domaine limnique, et près de 25% par des salinités inférieures à 25 pour mille). Ceci est conforme aux observations de Holden & Williams (1974), Claridge & Potter (1983), Kelley (1986, 1988a), Jennings et al (1991) et Pickett & Pawson (1994).

4.3. Répartition des juvéniles de bar selon la profondeur en rade de Brest

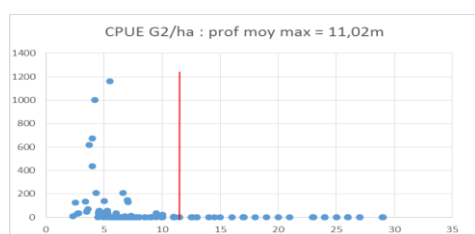
La profondeur est le second paramètre structurant de la répartition spatiale des juvéniles de bar. La Figure 11 reprend les captures enregistrées en 2015 en fonction de la profondeur moyenne de chaque trait. Hormis une unique capture (sur les 9120 au total) enregistrée au cours d'un trait dont la profondeur moyenne a été de 14 m, toutes les captures sont enregistrées par moins de 11.02m.



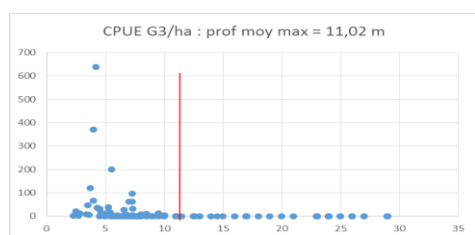
Groupes 0 : aucune capture dans les traits dont la profondeur moyenne est supérieure à 7 m.



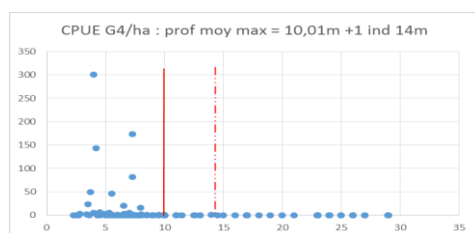
Groupes 1 : captures essentiellement réalisées lors des traits dont la profondeur moyenne est comprise entre 2,3 et 7 m ; capture la plus profonde lors d'un trait dont la profondeur moyenne a été de 10 m.



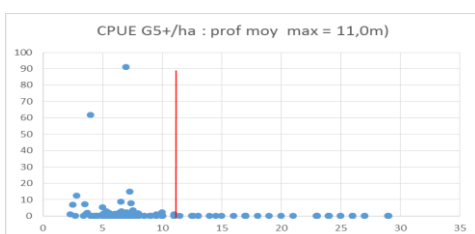
Groupes 2 : captures essentiellement réalisées entre 2,3 et 7 m ; capture la plus profonde au cours d'un trait dont la profondeur moyenne a été de 11 m.



Groupes 3 : captures essentiellement réalisées entre 2,3 et 7 m ; capture la plus profonde au cours d'un trait dont la profondeur moyenne a été de 11 m.



Groupes 4 : capture essentiellement réalisées entre 2,3 et 7 m ; quelques captures jusqu'à 11m, et 1 seule au-delà (par 14 m).



Groupes 5 : aucune capture au-delà de 11 m.

Figure 11 : CPUE (en nombre d'individus par ha) 2015 en fonction du groupe d'âge et de la profondeur des traits (barre rouge verticale = profondeur au-delà de laquelle plus aucune capture n'est enregistrée).

A noter qu'aucun échantillonnage n'a été réalisé par moins de 2,3m de profondeur, ce qui constitue indubitablement un biais d'échantillonnage, notamment pour les groupes 0 et 1 pour

lesquels respectivement 64 et 36 % des captures sont réalisées dans la première plage de profondeur échantillonnée, comprise entre 2,3 et 3,4m (Figure 12). Ce biais ne peut être exclu pour les autres classes d'âge, mais il est vraisemblablement moindre car moins de 4% de leurs captures sont enregistrées dans cette première plage de profondeurs. Les premières captures importantes pour ces groupes sont réalisées à des profondeurs supérieures à 3,4m.

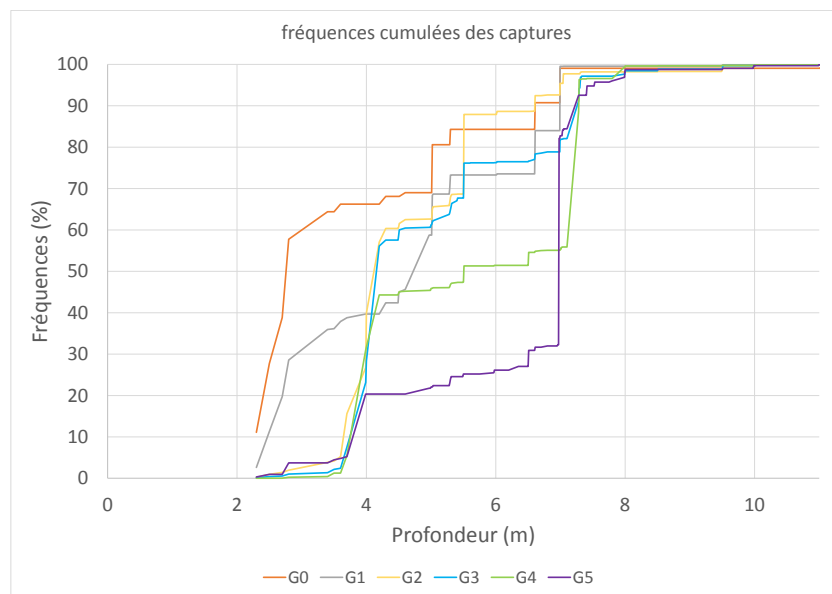


Figure 12 : Fréquences cumulées des captures de bar (en nombre d'individus) à l'occasion des campagnes menées en 2015 en rade de Brest, par groupes d'âge et en fonction de la profondeur moyenne des traits.

Si l'on soustrait la hauteur d'eau liée à la marée (en fonction de l'heure et du coefficient, mais avec des approximations en secteur estuarien où l'onde de marée est décalée et déformée), on peut rattacher les hauteurs d'eau au « zéro des cartes », c'est-à-dire déterminer les bathymétries telles qu'utilisées sur les cartographies marines françaises. La Figure 13 et le Tableau 4 donnent les fréquences cumulées des captures ou le pourcentage de la capture totale du groupe d'âge en fonction de cette bathymétrie.

En 2015 en rade de Brest, 50% des G0 ont été capturés en zone intertidale (bathymétrie négative) et 90% par des bathymétries inférieures à 1,11 m. Il est de ce fait vraisemblable que leur échantillonnage ait été imparfait, les G0 se cantonnant par des profondeurs les rendant inaccessibles par chalutage. Les courbes de fréquences cumulées de capture (Figure 12 et Figure 13) suggèrent que cela doit également être le cas pour les G1 (mais sans doute dans une moindre mesure). Le CEFAS (Pickett et al, 2002 ; Brown et Armstrong, 2015) arrive à des conclusions similaires, et fait essentiellement reposer son indice d'abondance sur les G2, G3 et G4.

Toutes classes d'âge confondues, 90% des juvéniles ont été capturés par des bathymétries inférieures à 1,50m. La capture la plus profonde a été enregistrée par une bathymétrie de 10 m (1 seul individu du groupe 4) : **plus de 99% des captures ont été réalisés en amont de l'isobathe des 6 m**. Cet isobathe a représenté une valeur seuil concernant la distribution des juvéniles lors des échantillonnages en rade de Brest en 2015.

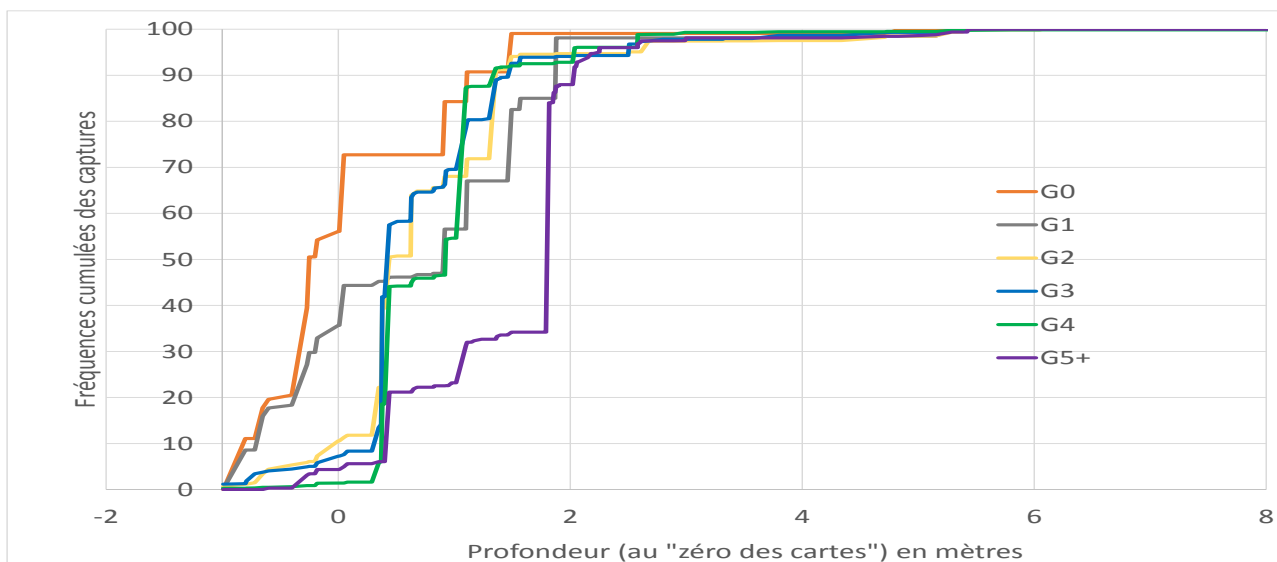


Figure 13 : fréquences cumulées des captures de juvéniles de bar en fonction de la bathymétrie (telle qu'elle figure sur les cartes marines).

Tableau 4 : bathymétries auxquelles ont été capturés différentes proportions (50, 75, 90, 95, 99 et 100% du total) de juvéniles de bar des différents groupes d'âge en rade de Brest en 2015.

% capt. totale	G0	G1	G2	G3	G4	G5+	total juvéniles
50	-0,25	0,92	0,44	0,44	0,93	1,82	0,51
75	0,92	1,50	1,36	1,36	1,10	1,82	1,36
90	1,11	1,90	1,36	1,36	1,36	2,04	1,50
95	1,50	1,90	2,51	2,51	2,04	2,25	2,04
99	1,50	5,29	5,29	4,71	2,99	5,29	5,29
100	4,83	5,42	6,08 (*)	6,08	5,81 (*)	5,43	6,08 (*)

Un G4 a également été capturé à l'occasion d'un trait dont la bathymétrie moyenne était de 10 m ; cette capture est considérée comme exceptionnelle.

4.4. Répartition des juvéniles de bar selon la température en rade de Brest

Les fréquences cumulées des captures des juvéniles des différents groupes en fonction de la température sont données par la Figure 14.

L'étagement des différents groupes d'âge, et donc la structuration de la population qui apparaît clairement sur les courbes de fréquences cumulées en fonction de la salinité et de la profondeur, n'apparaît pas dans ce graphe reliant capture et température. Les données acquises en 2015 en rade de Brest sont sans doute trop parcellaires (il aurait fallu disposer d'échantillonnages couvrant une plus grande partie de l'année) pour pouvoir conclure quant à l'influence de ce paramètre sur la répartition des juvéniles de bar.

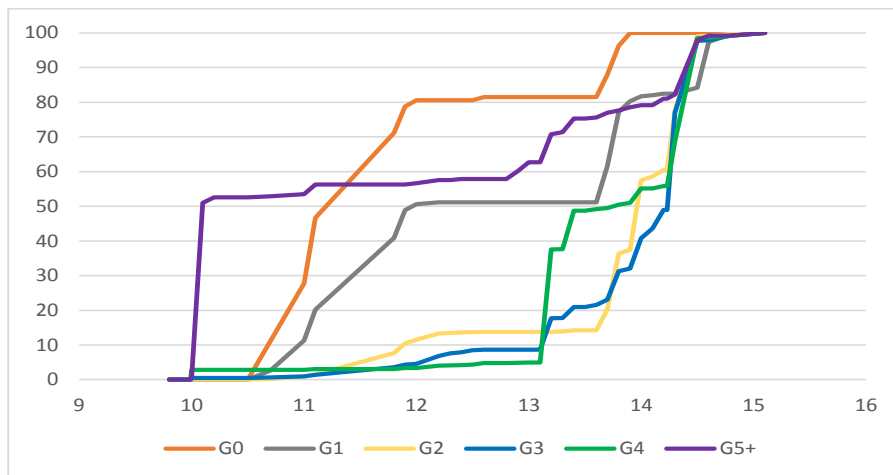


Figure 14 : Fréquences cumulées des captures de bar (en nombre d'individus) à l'occasion des campagnes menées en 2015 en rade de Brest, par groupes d'âge et en fonction de la température moyenne de l'eau de mer au cours des traits.

4.5. Résultats obtenus en 2016 en estuaire de Loire

Ainsi que le montre le Tableau 2 (page 27), les débits de la Loire ont été fort différents lors des trois campagnes réalisées : légèrement inférieurs à la moyenne annuelle en mai (700 à 740 m³/s vs 963), très largement supérieurs en juin (de 3360 à 1550 ; débits correspondant à une crue biennale), et très largement inférieurs à la moyenne annuelle en septembre (180 à 215 m³/s ; étiage). Malgré ces grandes variations des conditions hydrologiques, le pattern général de répartition des juvéniles de bar au sein de l'estuaire, tel qu'il a pu être décrit suite aux campagnes de 2015 en rade de Brest, apparaît globalement conservé en Loire (Figure 15 et Tableau 5) :

- les groupes 0, qui n'apparaissent que lors de la campagne de septembre, sont inféodés aux parties les plus amont et les moins profondes de l'estuaire : 90% d'entre eux sont capturés par des salinités inférieures à 17, et par des bathymétries de moins de 1,40 m ;
- les groupes 1 se rencontrent majoritairement par des salinités et des profondeurs supérieures à celles des groupes 0, mais inférieures à celles des G2, G3... Par rapport aux groupes 0, ils ont commencé à coloniser des secteurs plus aval ;
- les groupes 2 colonisent l'ensemble de l'estuaire, de même que les groupes 3, 4 et 5+.

La limite bathymétrique au-delà de laquelle plus aucune capture n'avait été enregistrée était de 6,08 m en rade de Brest en 2015 : elle est de 6,20 m en Loire en mai 2016, atteint 6,73 m en juin (plus 2 captures exceptionnelles réalisées par 12,48 m), et 7,20 m en septembre.

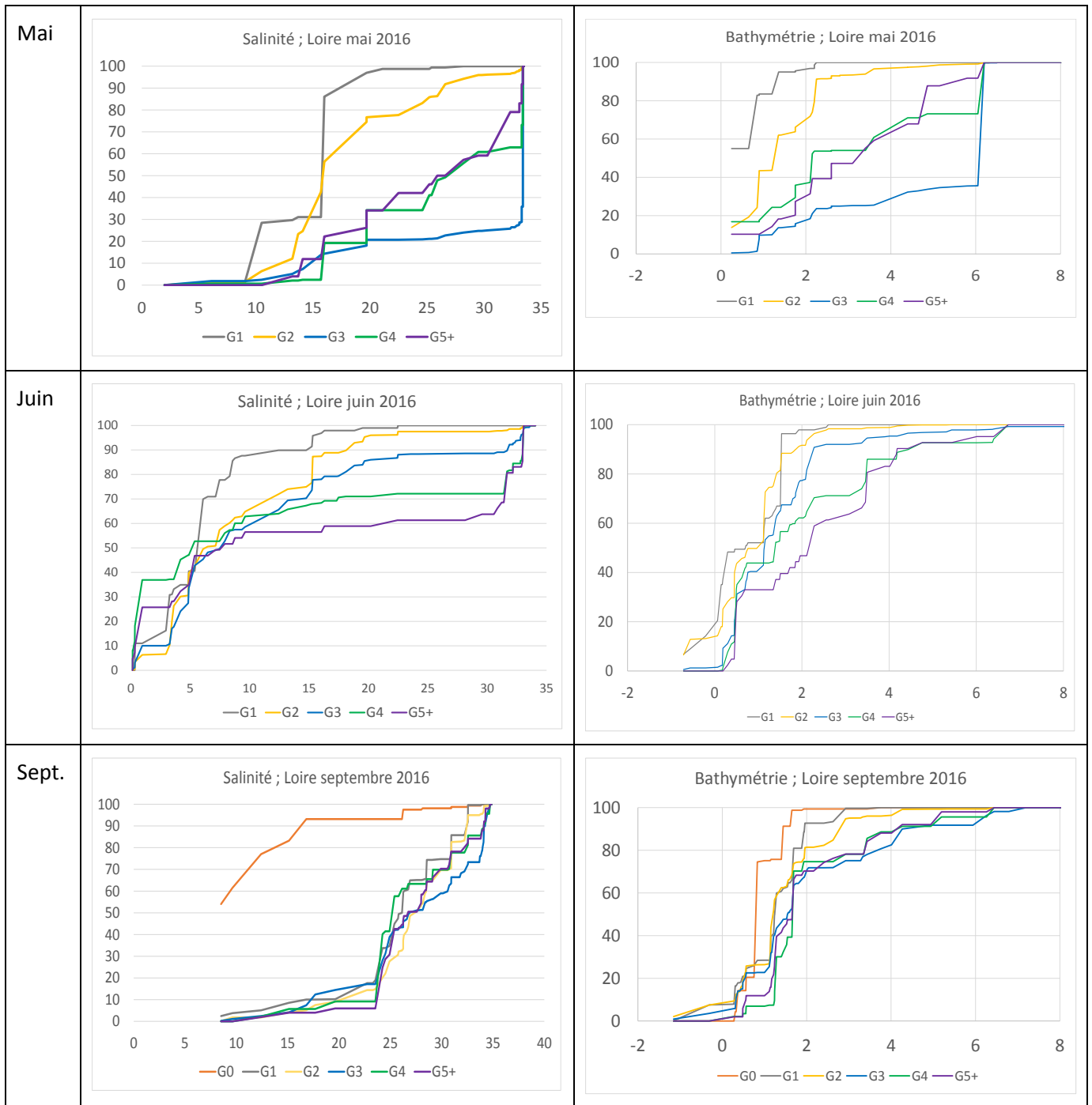


Figure 15 : fréquences cumulées des captures de juvéniles de bar des différents groupes d'âge lors des trois campagnes d'échantillonnage menées en Loire en 2016 en fonction de la salinité (à gauche) et de la profondeur (à droite).

Tableau 5 : salinités et bathymétries auxquelles ont été capturées différentes proportions (50, 75, 90, 95, 99 et 100% du total) de juvéniles de bar des différents groupes d'âge en rade de Brest (données 2015 cumulées) et à l'occasion des 3 campagnes menées en estuaire de Loire en 2016.

	Salinité								Bathymétrie							
Brest tout 2015	% capt. tot.	G0	G1	G2	G3	G4	G5+	total juv.	% capt. tot.	G0	G1	G2	G3	G4	G5+	total juv.
	50	5,3	15,0	26,7	26,7	29,1	33,7	26,7	50	-0,25	0,92	0,44	0,44	0,93	1,82	0,51
	75	20,0	21,1	29,0	30,3	33,8	33,7	29,0	75	0,92	1,50	1,36	1,36	1,10	1,82	1,36
	90	21,1	23,8	31,6	33,8	33,8	33,8	33,1	90	1,11	1,90	1,36	1,36	1,36	2,04	1,50
	95	21,2	24,0	31,6	33,8	33,8	33,8	2,0	95	1,50	1,90	2,51	2,51	2,04	2,25	2,04
	99	23,1	26,6	32,2	33,8	34,0	33,8	5,3	99	1,50	5,29	5,29	4,71	2,99	5,29	5,29
	100	32,0	31,0	34,1	34,5	34,6	34,6	34,6	100	4,83	5,42	6,08 (*)	6,08	5,81 (*)	5,43	6,08 (*)
(*) Un G2 et un G4 capturés lors d'un trait dont bathymétrie moyenne = 10m																
Loire mai 2016	% capt. tot.	G0	G1	G2	G3	G4	G5+	total juv.	% capt. tot.	G0	G1	G2	G3	G4	G5+	total juv.
	50		15,8	15,8	33,4	27	25,9	17	50		0,20	1,30	6,10	2,15	3,20	1,30
	75		15,9	19,7	33,4	33,4	32	26,5	75		0,80	2,17	6,15	6,15	4,80	2,22
	90		17	26,5	33,4	33,4	33,2	33,4	90		1,30	2,24	6,15	6,15	5,50	6,10
	95		19,5	29	33,4	33,4	33,4	33,4	95		1,36	3,50	6,15	6,15	6,05	6,12
	99		25,3	33,3	33,4	33,4	33,4	33,4	99		2,21	6,05	6,15	6,15	6,15	6,15
	100		28,2	33,4	33,4	33,4	33,4	33,4	100		2,25	6,20	6,20	6,20	6,20	6,20
Loire juin 2016	% capt. tot.	G0	G1	G2	G3	G4	G5+	total juv.	% capt. tot.	G0	G1	G2	G3	G4	G5+	total juv.
	50		5,5	6,3	7,6	5,0	7,5	6,1	50		0,70	1,00	1,13	1,37	2,20	1,12
	75		7,4	14,8	15,3	31,5	31,5	15,0	75		1,51	1,33	1,90	3,42	3,47	1,51
	90		14,9	18,2	31,7	33,0	33,0	19,6	90		1,52	1,86	2,27	4,50	4,17	2,20
	95		15,3	19,6	32,8	33,0	33,0	31,6	95		1,52	2,15	3,80	6,40	6,00	2,60
	99		22,5	32,9	33,1	33,1	33,1	33,0	99		2,56	4,05	6,70	6,50	6,30	5,43
	100		22,5	33,7	33,7	33,3	33,1	33,7	100		2,61	4,05 (*)	6,73 (*)	6,73	6,73	6,73 (*)
(*) Un G2 et un G3 capturés lors d'un trait dont bathymétrie moyenne = 12,48 m																
Loire sept. 2016	% capt. tot.	G0	G1	G2	G3	G4	G5+	total juv.	% capt. tot.	G0	G1	G2	G3	G4	G5+	total juv.
	50	8,5	26,2	27,5	26,9	25,0	26,7	26,3	50	0,90	1,25	1,20	1,55	1,65	1,65	1,22
	75	12,3	30,9	30,9	33,7	30,9	30,9	30,9	75	1,00	1,65	1,89	2,90	2,70	2,50	1,65
	90	16,8	32,5	32,4	34,2	34,1	34,1	32,6	90	1,40	1,95	2,80	4,30	4,10	4,10	2,77
	95	26,2	32,5	33,7	34,4	34,3	34,3	32,6	95	1,62	2,70	3,00	6,10	5,10	5,10	3,01
	99	32,5	32,5	34,1	34,7	34,7	34,7	34,3	99	1,90	2,90	4,20	6,80	6,30	6,30	5,19
	100	33,9	33,9	34,7	34,7	34,7	34,7	34,7	100	3,76	3,76	6,40	7,20	6,44	6,44	7,20

A noter que l'étiage de septembre 2016 en Loire a eu pour conséquence que le trait le plus amont a été réalisé par une salinité de 8,5, et non pas de 0,1 comme lors des deux campagnes précédentes. Le fait de ne pas avoir réussi à atteindre le domaine limnique lors de cette campagne a selon toute vraisemblance induit un biais d'échantillonnage, notamment pour les groupes 0 dont 55% des captures sont réalisées lors de ce trait le plus amont, mais vraisemblablement également pour les groupes 1.

Si le suivi de l'estuaire de Loire venait à être pérennisé, il faudrait veiller, du fait de l'impossibilité de chaluter en amont de la centrale de Cordemais (voir carte de la Figure 29), à réaliser les campagnes à des périodes où les débits seront de l'ordre de 600 à 800 m³/s (comparables à ceux rencontrés lors de la campagne de mai) pour que le trait le plus amont soit bien, à basse mer de mortes eaux, dans le domaine limnique qui représente la frontière amont de la répartition des juvéniles de bar.

5. Définition du protocole opérationnel d'échantillonnage

5.1. L'engin d'échantillonnage et sa mise au point en 2014/2015

La synthèse bibliographique a permis de conclure que l'engin le plus adapté aux objectifs de l'action était un chalut. Après le test d'un petit chalut pélagique (disponible au laboratoire) en 2013 qui s'était révélé non concluant, une réflexion sur le design d'un chalut de fond a été conduite entre la fin 2013 et le début 2014 en collaboration avec le laboratoire STH de l'Ifremer Lorient spécialisé en technologie des pêches (B. Vincent et F. Morandeau), l'entreprise « les docks de Keroman » (fabriquant de chaluts ; G. Loth) et les deux marins pêcheurs professionnels retenus pour participer aux campagnes (M. Kelberine et A. Le Gall). Plusieurs réunions ont été organisées entre les partenaires afin d'établir un cahier des charges. Les spécifications techniques retenues ont été :

- taille du chalut : le plus grand possible ! Ceci afin de permettre la capture de juvéniles de grande taille, tout en restant manœuvrable dans des secteurs estuariens relativement étroits pour des petits chalutiers polyvalents à faible tirant d'eau (indispensable pour pouvoir accéder aux parties les plus amont des estuaires),
- ouverture verticale : supérieure à 2 m, et si possible jusqu'à 2,5 m afin de minimiser l'évitement des juvéniles les plus grands et donc de minimiser les différences de capturabilité entre les classes d'âge, condition *sine qua non* pour produire des indices d'abondance les plus robustes possible,
- taille des mailles : passage dégressif de grandes mailles (120 mm étirées) à des mailles de 18 mm étirées (soit 9 mm de côté ; taille intermédiaire entre celles utilisées entre les petits et grands chaluts à perche de la DCE) au niveau du « cul », de façon à obtenir une pleine capturabilité des groupes 0 dès la taille de 7 à 8 cm de longueur totale *a priori*, tout en n'augmentant pas de manière trop sensible la résistance à l'avancement du fait des puissances limitées des moteurs des navires utilisables dans les secteurs étroits et peu profonds que constituent les zones amont de la plupart des estuaires,
- profondeurs à échantillonner : *a priori* entre 2,5 et 30 mètres⁵,
- taille et poids des panneaux : panneaux comparables, si possible, à ceux qu'utilisent les petits chalutiers polyvalents pour leurs chaluts à lançons, à savoir de l'ordre de 1 à 1,5m² de surface pour un poids de 120 à 150Kg. Les échantillonnages devant se dérouler sur différentes natures de fond, depuis les vases estuariennes jusqu'aux cailloutis fins/débris coquilliers des secteurs plus profonds, des panneaux « tous terrains » devaient être privilégiés,
- vitesse de traîne : fixée *a priori* à 3,5 kts (sans courant), ce qui correspond à (ou s'approche de) la vitesse de traîne des chalutiers professionnels exploitant les adultes, de façon à pouvoir capturer les plus grands juvéniles (G4-G5) dont les capacités d'évitement sont comparables à celles des adultes (le CEFAS chalute « aux alentours de 3 kts » dans le cadre du « Solent Bass Survey »).
- Tensions sur les funes : les petits chalutiers polyvalents de 150 cv ont une puissance maximale de traction de l'ordre de 1,7 tonnes. De façon à conserver de la manœuvrabilité, indispensable notamment dans les secteurs estuariens, la traction maximale acceptable sur les funes a été fixée, chalut vide à 3,5kts, à 900kg (450Kg par fune).

⁵ Cette profondeur maximale de 30 m a été retenue dans le cahier des charges initial. Nous savons aujourd'hui, à l'issue du projet, qu'il n'est pas nécessaire d'échantillonner aussi profond, les nourriceries à bars se situant dans des secteurs *a priori* compris entre l'estran et, au maximum, l'isobathe des 10 m.

A partir de ces spécifications, une première phase de simulations numériques a pu être conduite au moyen du logiciel Dynamit (Figure 16 ; B. Vincent, F. Morandea et G. Loth, comm. Pers.). Ces simulations ont permis d'arrêter un premier plan de chalut de fond à grande ouverture verticale (GOV), de 11,90m de corde de dos, de 16,45 m de bourrelet (développé à partir d'un plan de chalut à lançons), et gréé à deux entremises. Il a été commandé en mars 2014 et livré fin avril 2014.

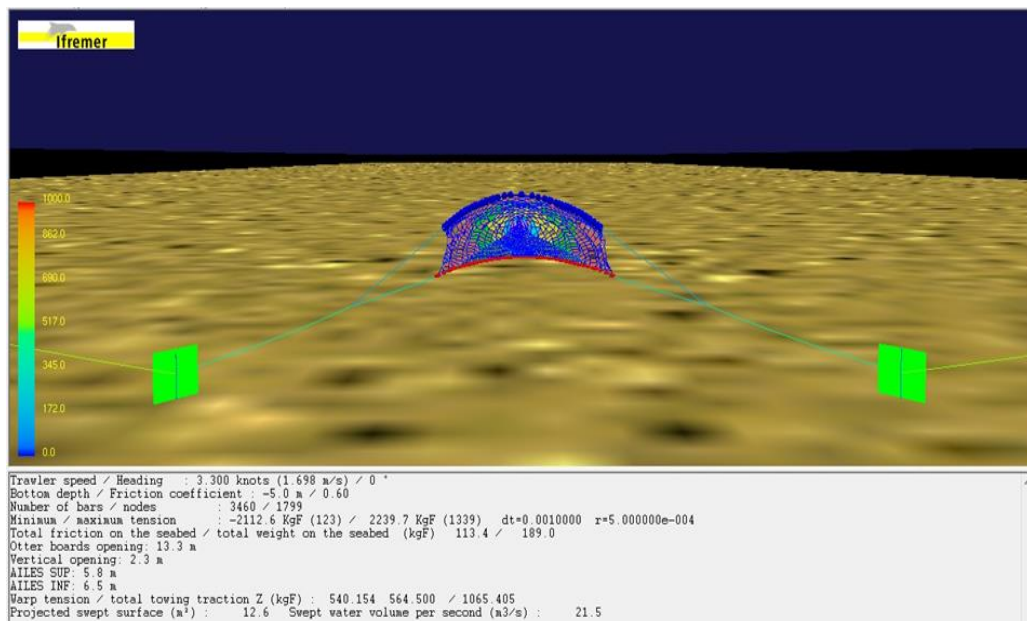


Figure 16 : résultats d'une simulation sous Dynamit donnée à titre d'exemple : en fonction des caractéristiques du chalut (tailles/longueurs des principaux éléments structurants, maillages et surface de fil des différentes nappes), de celles des panneaux, du gréement, de la profondeur, de la longueur de funes et de la vitesse de traction, le logiciel détermine les caractéristiques géométriques du train de pêche (écartements des panneaux ainsi que des ailes inférieures et supérieures, ouverture verticale), les frictions sur le fond, les tensions sur les funes ainsi que les surfaces balayées ou les volumes filtrés par seconde.

Les premiers essais de ce chalut ont été réalisés à l'occasion des campagnes de mai et juin 2014, mais ce n'est qu'à partir de la campagne d'octobre 2014 que des capteurs permettant de mesurer l'écartement des panneaux et la hauteur de la corde de dos (système SOAC 1000-Le Bosco de la société OcTech ; Figure 17) ont pu être embarqués afin de disposer de données fiables pour le réglage du chalut :

- longueurs des chaînes et positionnement des points de tire des panneaux pour en optimiser l'angulation et donc la force d'écartement,
- influence des longueurs des entremises de haut et de bas sur les ouvertures horizontale et verticale,
- incidence des longueurs de funes et/ou de la vitesse de traction sur l'écartement,
- effet du boulage de la corde de dos sur l'ouverture verticale...

L'utilisation de ces capteurs, ainsi qu'une expertise réalisée par l'armement Genavir (Mickael Le Quilliec, bosco sur le N/O Thalassa) début 2015 ont amené à réaliser quelques modifications sur le chalut (augmentation des tailles des mailles sur la partie avant du chalut -mailles de 120mm étirées remplaçant des mailles de 80mm-, pose d'ailières du gorget jusqu'au cul, modification du boulage de la corde de dos) de façon à en augmenter les capacités de filtration/aspiration ainsi que l'ouverture verticale. Ainsi

modifié et réglé, le chalut travaille dans ses lignes, avec un écartement de 17 à 19 m entre les panneaux, ce qui permet d'obtenir une ouverture horizontale de 7 m entre les pointes d'ailes inférieures et une ouverture verticale de 2,30 m.



Figure 17 : capteur SOAC 1000-Le Bosco/OcTech pour la mesure de l'ouverture verticale du chalut (haut gauche ; se fixe au centre de la corde de dos) ou pour celle de l'écartement entre les panneaux (haut centre). Valeurs moyennées (haut droite) ou continues (bas) de l'écartement et des angulations des panneaux et de la hauteur de corde de dos fournies par les capteurs.

Dans l'exemple ci-dessus : profondeur = 16/23 m ; longueur des funes = 120 m ; régime moteur 2300 t/min ; écartement moyen des panneaux = 17,90 m, stable ; angulation des panneaux inférieure à 15° ; ouverture verticale moyenne du chalut de 2,30m, stable.

Les plans finaux du chalut GOV Bargip sont donnés par la Figure 18. Les panneaux retenus sont des Thyboron Type 2-40 Modèle Island (semelle soudée et quille inclinée) de 135 kg chacun et de 1,20 m² de surface. Le gréement final (bras plus entremises) mesure 26 m. Les longueurs des funes sont maintenues constantes tout au long de chaque campagne, quelle que soit la profondeur des traînes⁶ ; elles ne dépendent que de l'écartement entre les poulies de portique du navire utilisé ; à titre d'exemple, il était nécessaire de filer 120 m à bord de l'Asta Buen (3,45 m entre les poulies) contre 100 m pour le Virgo Salutaris II (4,35 m entre les poulies de portique) pour obtenir les 18 m requis d'écartement entre les panneaux.

⁶ Les campagnes réalisées au cours du présent projet permettent de conclure que les nourriceries de bar *stricto sensu* se situent, dans l'Aulne et en Loire, par des bathymétries n'excédant pas 7,20 m, ce qui représente une hauteur d'eau de 12-13 mètres aux alentours des pleines mers de mortes eaux. Cerner l'emprise d'une nourricerie oblige à réaliser des traits en dehors des limites de la nourricerie, et par conséquent par des profondeurs supérieures, mais il apparaît qu'il n'est pas nécessaire d'aller au-delà des 18-20m car les captures de juvéniles ont, à 2 exceptions près (1 juvénile en 2015 et 3 en 2016), été nulles entre 12 et 20 m.

11.90

6.30

16.45

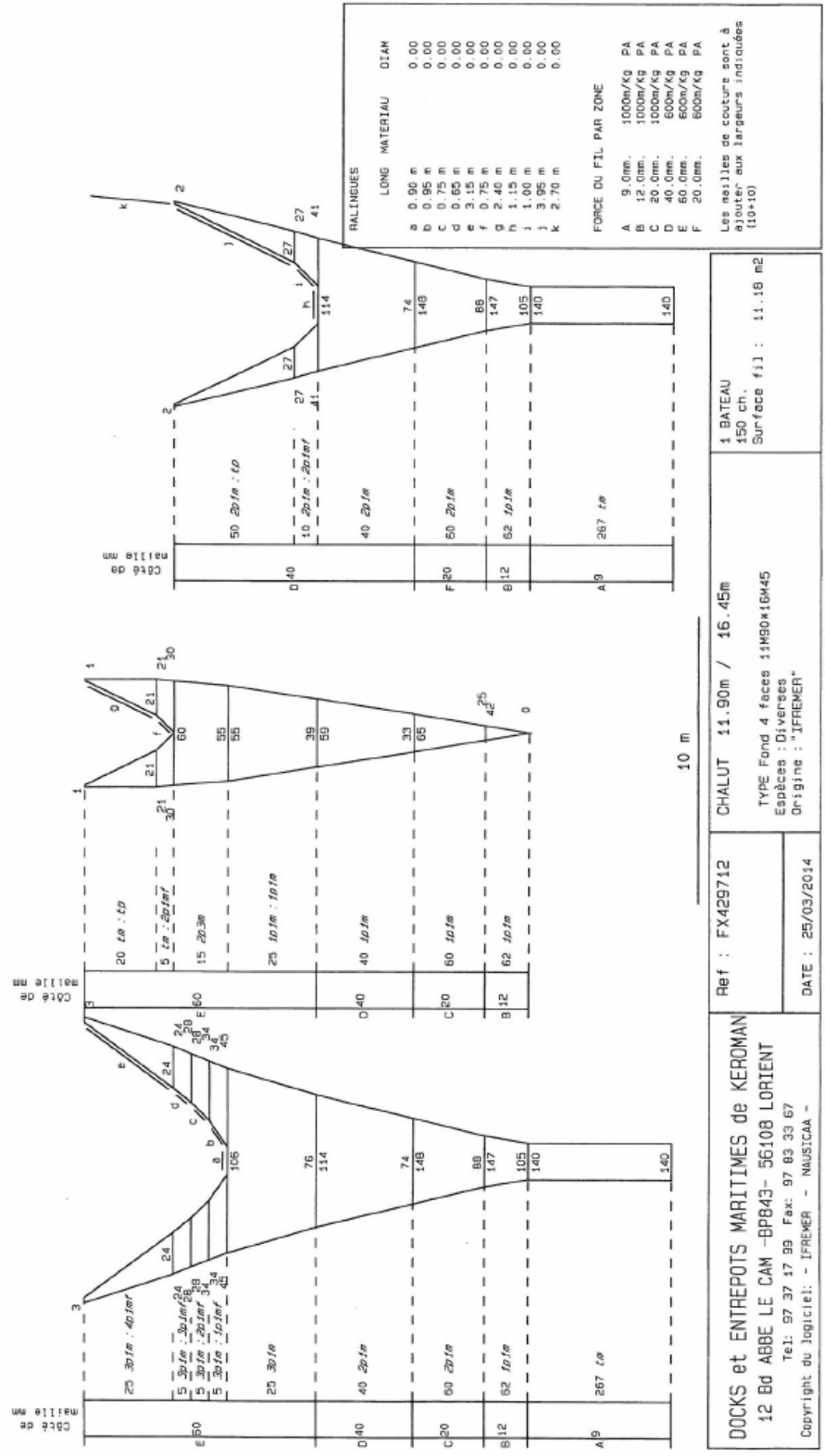


Figure 18 : plan du châlot GOV Bargip

5.2. Les principaux tests réalisés pour la définition du protocole opérationnel

Les campagnes de 2015 ont toutes été réalisées en rade de Brest et ont, une fois le chalut réglé, été notamment consacrées à la définition/validation d'un protocole opérationnel adapté à l'échantillonnage de juvéniles de bar dans le but de produire des indices d'abondance. En particulier, notre objectif était de tester les différences entre échantillonnages de nuit et de jour, de définir la durée optimale des traits, et de tester deux stratégies d'échantillonnage différentes dans la zone estuarienne où les densités en juvéniles sont les plus élevées (nombre de traînes résumé dans le Tableau 6).

Tableau 6 : traits d'échantillonnage de juvéniles de bar validés en 2015 en rade de Brest. Distinction est faite selon les strates (Cf. Figure 8), selon la durée des traits, et selon qu'ils ont été réalisés de jour ou de nuit. A noter que l'unique trait réalisé en janvier l'a été à des fins exclusives de prélèvements biologiques, à l'issue d'une campagne entièrement dédiée aux réglages du chalut et que ses captures ne sont pas traitées dans la suite de ce rapport.

	Janvier	mars		Avril		novembre			décembre
	jour long	jour long	nuit long	jour court	jour long	jour court	jour long	nuit long	nuit court
estamont				2		2			4
estcentral	1			8		5			15
estaval					2		1	1	3
Platavalest		4	4	7	5	11	8	8	
Platier		7	7	18	9	3	2	2	
profond		8	8	8	4				

En tout, 4 jours de la campagne de mars 2015 et 2 de celle de novembre ont ainsi été consacrés au test d'un effet jour/nuit sur la capturabilité. Ce test a été conduit sur les strates « profond » et « platier » (Figure 28), i.e. en dehors des zones estuariennes où la turbidité élevée pourrait, *a priori*, minimiser cette éventuelle différence. Chaque jour, 4 à 5 traînes ont été réalisées le matin, et répétées à l'identique de nuit (dans la même journée), en prenant bien en compte le décalage entre la marée du matin et celle du soir de façon à ne pas introduire de biais dans cette comparaison. Au total, 58 traînes de 20' ont été réalisées, 29 de jour et 29 de nuit.

5 jours de la campagne d'avril 2015 et 2 de celle de novembre ont été consacrés à tester les différences résultant de la réalisation de traits courts (*ca.* 11 minutes) plutôt que des traits long (*ca.* 20 minutes) en dehors de l'estuaire. Les traits longs et courts ont tous été réalisés de jour uniquement. Chaque traîne retenue a été échantillonnée au moins une fois via un trait long, et le lendemain si possible 2 fois via des traits courts, et ce, en prenant en compte du mieux possible les décalages d'horaires de marée. Au total, 47 traits courts et 32 traits longs ont été réalisés pour cette comparaison.

4 journées au total ont été consacrées à la définition d'une stratégie d'échantillonnage dans l'estuaire, 1 en avril, 1 en novembre et 2 en décembre 2015.

Enfin, tant en rade de Brest qu'en Loire, il a été décidé d'essayer de se placer *a priori* plutôt en situation de sur-échantillonnage lors des campagnes de cette phase de définition de protocole de façon à disposer d'un jeu de données suffisamment conséquent pour estimer les changements du coefficient de variation attaché à l'indice d'abondance en juvéniles de bar en fonction du nombre de traits retenus.

Les traitements statistiques ont été réalisés sous R (<http://www.R-project.org/>).

5.2.1. Quelle stratégie dans l'estuaire ?

De façon à aborder les déplacements des juvéniles de bar au sein de l'estuaire au cours de la marée, deux séries de chalutages en point fixe ont été réalisés en 2014, l'une dans l'estuaire de l'Elorn et l'autre dans celui de l'Aulne. Ces chalutages en point fixe ont consisté à échantillonner plusieurs fois de suite la même traîne au cours d'une marée montante ou descendante, en s'attachant à espacer au minimum la durée entre chaque échantillonnage (= trait). Les résultats obtenus suggéraient que les juvéniles se déplacent avec la marée, gagnant vers l'amont de l'estuaire au cours du flot, et redescendant vers l'aval au cours du jusant.

Face à un tel système dynamique, deux stratégies d'échantillonnage sont *a priori* envisageables :

- Stratégie 1 : remonter le plus haut possible juste avant la basse mer, attendre la renverse, et démarrer les chalutages en début de flot vers l'aval (i.e. contre le courant), de façon à croiser les juvéniles au cours de leur remontée dans l'estuaire, en enchainant les traits le plus rapidement possible,
- Stratégie 2 : partir de l'aval au moment de la basse mer, et remonter l'estuaire durant le flot (avec le courant) en enchainant les traits de façon à « doubler » les juvéniles au cours de leur remontée de l'estuaire ; remonter le plus haut possible jusqu'à la pleine mer.

Ces deux stratégies ont été testées lors de la campagne d'automne 2015 : stratégie 2 le 20 novembre (remontée de l'estuaire ; 7 traits), et stratégie 1 (descente de l'estuaire) à deux reprises (2 fois 9 traits) les 3 et 4 décembre.

Les résultats obtenus sont donnés par le Tableau 7 et la Figure 19.

Tableau 7 : CPUE/ha globales (= tous groupes d'âge confondus ; pavé du haut) et par groupe d'âge (pavé du bas) enregistrées lors du test des deux stratégies d'échantillonnage de l'estuaire (estuaire amont et estuaire central uniquement) réalisé au cours de la campagne d'automne 2015.

Descend					
Min.	1st Qu.	Median	Mean	3rd Qu.	Max.
2.702	20.1	68.58	138.2	228.9	604.6
Remonte					
Min.	1st Qu.	Median	Mean	3rd Qu.	Max.
28.72	46.59	70.6	164.2	266.1	425

CPUE Moyenne	cpuesg0	cpuesg1	cpuesg2	cpuesg3	cpuesg4	cpuesg5
Descend	9.858753	54.95895	51.457	12.73685	1.26622	7.886404
Remonte	4.818189	56.69135	75.81546	20.08395	1.92478	4.915064

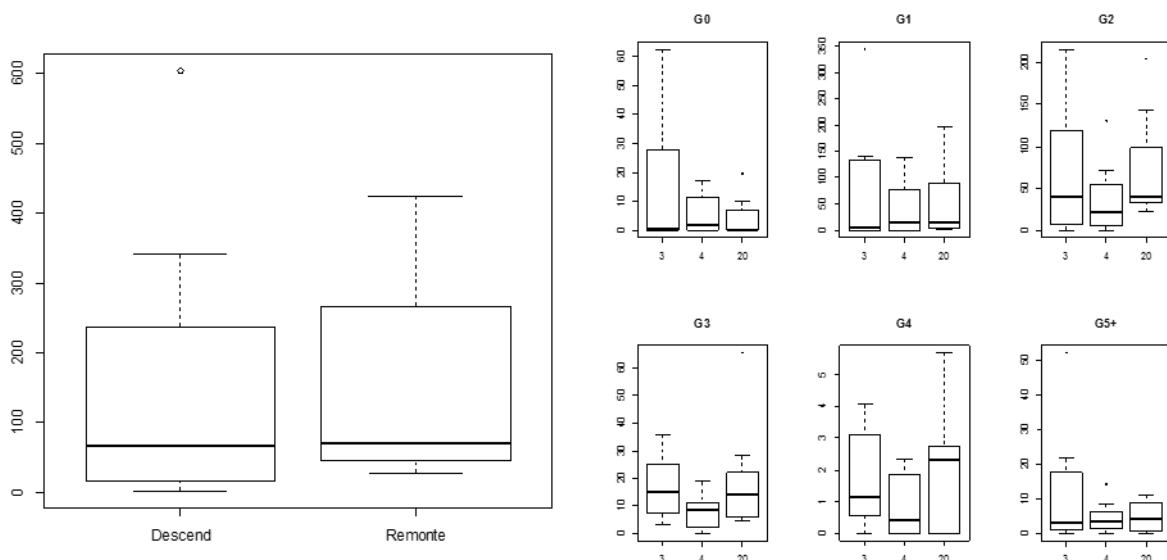


Figure 19 : CPUE (en nombre de bars par ha) globale (à gauche) et par groupe d'âge (à droite) enregistrées lors du test des deux stratégies d'échantillonnage de l'estuaire (estuaire amont et estuaire central uniquement) réalisé au cours de la campagne d'automne 2015. 3 et 4 = descente de l'estuaire ; 20 = remontée de l'estuaire.

L'effet de la stratégie d'échantillonnage sur la capture globale (toutes classes d'âge cumulées) a été testé statistiquement par une ANOVA sur les CPUE de bar et par GLM binomial sur les présences/absences (= occurrences) de bars. Les deux tests sont non significatifs (ANOVA p-value = 0.73 ; GLM binomial p-value = 0.99).

Il n'y a pas non plus d'effet de la stratégie sur les CPUE par groupe d'âge, excepté pour les présences/absences de G1 (p-value=0.018). (ANOVA G0=0.45, G1=0.96, G2=0.39, G3=0.25, G4=0.35, G5+=0.56 ; GLM binomial G0=0.57, G2=0.24, G3=0.41, G4=0.47, G5+=0.51).

En outre, la stratégie 1 a été mise en œuvre les 3 et 4 décembre, soit à un seul jour d'intervalle, et les captures ont été plus nombreuses le premier jour (Tableau 8). Une éventuelle différence (baisse) de capture a été testée statistiquement par une ANOVA sur les CPUE de bars et par GLM binomial sur les présences/absences de bars. Les deux tests appliqués aux captures globales (toutes classes d'âge cumulées) sont non significatifs (ANOVA p-value = 0.33 ; GLM binomial p-value = 0.99).

Tableau 8 : CPUE/ha enregistrées lors des deux descentes consécutives de l'Estuaire les 3 et 4 décembre 2015 (strates estuaire amont et estuaire central uniquement).

Le 3 décembre					
Min.	1st Qu.	Median	Mean	3rd Qu.	Max.
5.647	24.96	81.39	172.5	283.9	604.6
Le 4 décembre					
Min.	1st Qu.	Median	Mean	3rd Qu.	Max.
2.702	27.38	58.37	95.18	134.6	283.6

CPUE Moyenne	cpuesg0	cpuesg1	cpuesg2	cpuesg3	cpuesg4	cpuesg5
Le 3 décembre	13.335106	66.93996	63.44773	16.684995	1.5969818	10.544710
Le 4 décembre	5.513312	39.98269	36.46858	7.801672	0.8527686	4.563521

Il n'y a pas non plus d'effet significatif du jour de la campagne de décembre sur les CPUE par groupe d'âge (Figure 20 et Tableau 8 pavé du bas ; ANOVA G0=0.34, G1=0.54, G2=0.36, G3=0.06, G4=0.24, G5+=0.34 ; GLM binomial G0=0.59, G1=0.91, G2=0.87, G3=0.19, G4=0.41, G5+=0.67).

En conclusion, il n'y a pas de différence significative entre les deux stratégies d'échantillonnage, ou entre les résultats obtenus lors des deux journées d'application de la stratégie n°1, même si les moyennes de CPUE apparaissent plus élevées le premier jour que le second.

Il sera donc possible d'appliquer l'une ou l'autre des stratégies (avec ou contre le courant) en fonction de critères opérationnels qui seront propres à chaque traîne⁷.

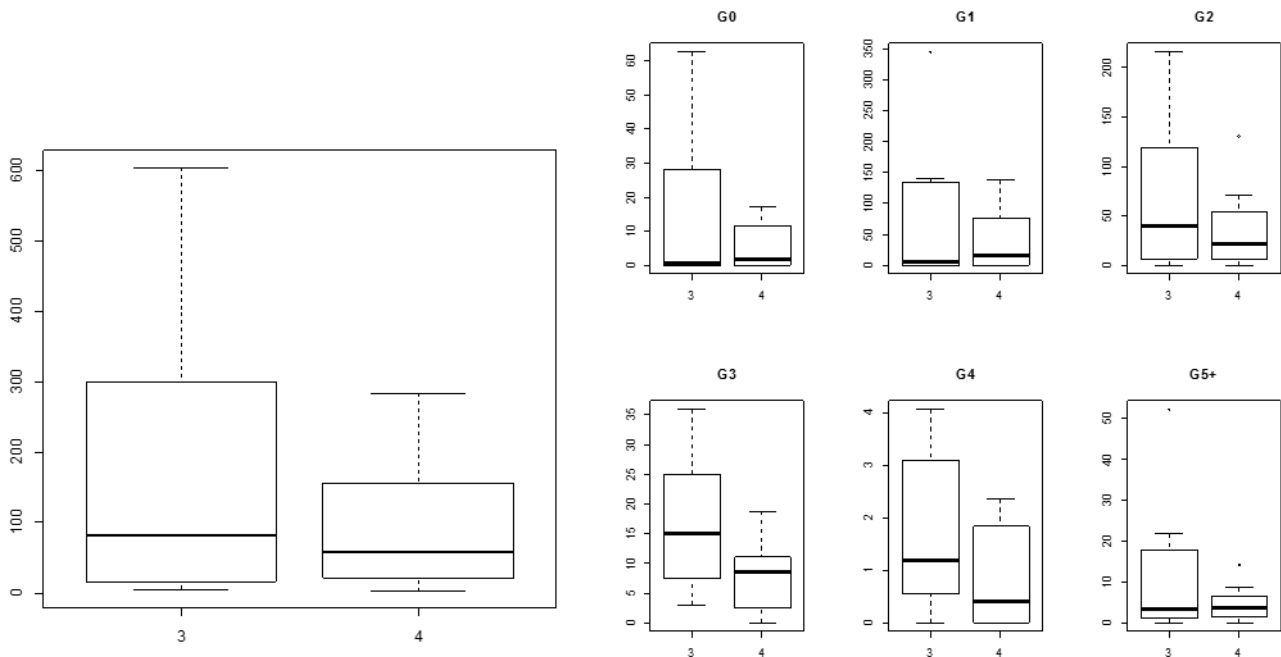


Figure 20 : CPUE/ha globale (à gauche) et par groupe d'âge (à droite) enregistrées lors du test de la stratégie n°1 d'échantillonnage de l'estuaire (estuaire amont et estuaire central uniquement) réalisé les 3 et 4 décembre 2015.

5.2.2. Traits courts ou traits longs ?

Les protocoles Nurse, DCE et Solent Bass Survey reposent sur des traits de 15 minutes, et ceux d'IBTS ou d'EVOHE sur des traits de 30 minutes. Le présent projet ayant parmi ses finalités la définition d'un protocole adapté à l'échantillonnage de juvéniles de bars, l'optimisation de la durée des traits méritait d'être abordée. L'intérêt potentiel des traits courts est qu'en permettant de réaliser un nombre supérieur de traits par jour de campagne, ils permettent un meilleur quadrillage de la zone d'échantillonnage ce qui renforce potentiellement la robustesse dudit échantillonnage, surtout quand on a affaire à des espèces à distribution agrégative comme le bar. En outre, les traits courts génèrent *a priori* des mortalités moindres des individus capturés, du fait même de leur durée ainsi que des charges *a priori* moindres du chalut en fin de trait (poissons et débris).

⁷ Par contre, une fois qu'une stratégie aura été choisie, il faudra s'y tenir strictement d'une année sur l'autre. En outre, filages et virages du chalut étant plus aisés à contre-courant, les traits contre le courant seront au final très vraisemblablement privilégiés.

Les traits courts présentent donc potentiellement plusieurs avantages par rapport aux traits plus longs. Mais encore faut-il qu'il n'y ait pas de différence significative de CPUE entre les deux types de traits car l'objectif premier reste d'obtenir le prélèvement le plus représentatif possible des populations en place. Le test a été mené lors des campagnes d'avril et de novembre 2015 au cours desquelles des traits de 20 et de 11 minutes ont été réalisés, tous de jour, sur les strates « platier aval estuaire » et « platier » (Tableau 9).

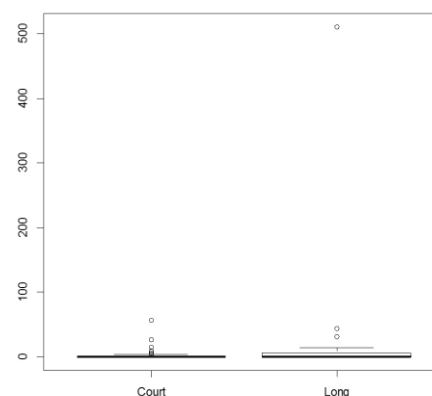
Tableau 9 : Répartition des traits longs (20 minutes) et courts (11 minutes) réalisés en avril et novembre 2015 en rade de Brest sur les strates platier et platier aval estuaire.

Strates	Avril		novembre	
	jour court	jour long	jour court	jour long
Platavalest	7	5	11	8
Platier	18	9	3	2

Les CPUE globales, c'est-à-dire toutes classes d'âge confondues, exprimées en nombre de bars par ha, sont données par le Tableau 10. L'effet du type de trait a été testé statistiquement par une ANOVA sur les CPUE de bars et par GLM binomial sur les présences/absences de capture de bars. Les deux tests sont non significatifs (ANOVA p-value = 0.16 ; GLM binomial p-value = 0.14 ; le détail des tests statistiques réalisés par campagne est donné en annexe 3).

Tableau 10 : CPUE (exprimées en nombre de bars par ha) obtenues sur les strates « platier » et « platier aval estuaire » en fonction du type de trait (graphe de gauche), et valeurs des différents quartiles (en bas).

Court					
Min.	1st Qu.	Median	Mean	3rd Qu.	Max.
0	0	0	3.288	1.193	56.510
Long					
Min.	1st Qu.	Median	Mean	3rd Qu.	Max.
0	0	0	27.58	5.957	510.8



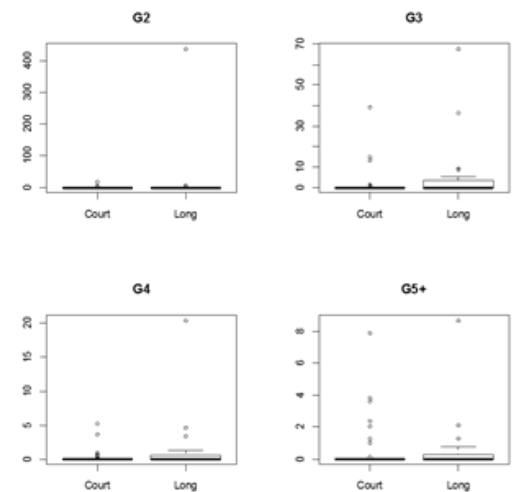
Une ANOVA menée sur les CPUE (nombre/ha) par groupe d'âge (Tableau 11) conclut également à des différences non significatives (p-value G2 = 0.2 ; G3 = 0.15 ; G4 = 0.13 ; G5+ = 0.94). Un GLM binomial conduit sur la présence/absence de bars des différents groupes d'âge dans les captures conclut par contre à une différence significative entre les traits courts et longs en ce qui concerne les G3 (p value = 0.01834) et les G4 (p value = 0.03616).

La différence est presque significative pour les G2 (p-value = 0.05592), mais non significative pour les G5+ (p-value = 0.65).

Les captures des groupes 3 et 4 sont donc plus fréquentes lors des traits longs que lors des traits courts.

Tableau 11 : CPUE moyenne de bars capturés (nombre par ha) par type de trait (court et long) et par groupe d'âge

CPUE Moy.	cpuesg1	cpuesg2	cpuesg3	cpuesg4	cpuesg5
Court	0	0.5821295	1.823425	0.299328	0.5827483
Long	0	19.5551750	6.000641	1.405785	0.6161198



En termes de fréquence de capture (i.e. d'occurrence), les traits longs sont donc plus efficaces que les traits courts. Et même si la différence au niveau du nombre de captures n'est pas statistiquement significative, les graphes, ainsi que les valeurs moyennes figurant dans le Tableau 11, font clairement apparaître des captures plus nombreuses de G2, G3, G4 et G5+ dans les traits longs.

Les traits longs seraient donc globalement préférables aux traits courts, du moins sur les strates « platier » et « platier aval estuaire ». En effet, les traits longs qui étaient systématiquement utilisés sur toutes les strates en 2014 ont en effet été abandonnés pour des traits courts dans les strates « estuaire amont » et « estuaire central » en 2015 du fait de l'importance des captures de bar enregistrées lors des campagnes d'octobre 2014 et de janvier 2015 : plusieurs traits avec plus de 50 kg de juvéniles ont été enregistrés (Figure 21) qui ont incité à tester en 2015 des traits courts dans le « cœur de nourricerie » où les densités en juvéniles peuvent être très élevées, et ce afin d'avoir des données fiables tout en limitant le nombre d'individus blessés ou tués lors de leur capture.

Les opérations de chalutage génèrent en effet inévitablement un stress chez les espèces capturées, souvent des blessures visibles, et parfois même une mortalité immédiate. Les juvéniles de bar sont apparemment plus résistants que ceux de nombreuses autres espèces de poissons, mais la maximisation de leur survie doit être un objectif dans le cadre du présent projet. Or, ils sont roulés dans le chalut en pêche, frottés les uns contre les autres, ou contre des débris divers (débris coquilliers, huîtres, cailloux...), voire écrasés lors du virage et à l'ouverture de la poche, et certains sont « râpés », blessés, ou tués à l'issue de chaque trait. Une façon de minimiser ces mortalités, et donc l'impact du projet lui-même sur les nourriceries suivies, consiste en une diminution de la durée des traits, permettant des diminutions de la charge du chalut en débris ainsi qu'en juvéniles.



Figure 21 : exemples de traits au cours desquels la charge en poissons ou débris peut occasionner des blessures ou mortalités chez les juvéniles.

Afin d'évaluer si une relation directe entre la durée du trait et/ou la charge de la poche et l'état des juvéniles capturés pouvait être mise en évidence, l'état des juvéniles a systématiquement été évalué selon 3 catégories à l'issue de chaque trait à l'occasion de la campagne d'avril 2015 :

- parfait état : aucun stigmatisme apparent lié à la capture, et juvénile nageant parfaitement dans le bac de stockage avant sa pesée,
- juvénile « blessé » : juvénile présentant des zones « pelées » (perte d'écaillés), des blessures (coupures), ou encore vivant mais flottant sur le dos dans le bac de stockage avant pesée, ou ne se débattant plus au moment de la pesée,
- juvénile mort.

Sur les 63 traits réalisés à l'occasion de cette campagne, seuls les 25 ayant permis la capture d'au moins 1 bar sont pris en compte. Les durées de ces traits, la capture de bars en poids et en nombre, le poids total de la poche au virage, la charge en débris, et les pourcentages de bars en parfait état, blessés ou morts sont donnés par le Tableau 12 et la Figure 22.

La Figure 22 montre qu'on ne peut mettre en évidence de corrélation entre l'état des juvéniles (parfait état, blessés, morts) et la durée des traits. C'est la charge de la poche, plus que la durée du trait, qui a un impact visible sur l'état des juvéniles : plus la charge finale est importante (même quand cette charge est constituée de juvéniles de bar exclusivement), et plus le pourcentage de juvéniles en parfait état baisse (le coefficient de corrélation est cependant peu élevé), et donc plus le pourcentage de juvéniles blessés augmente (on ne peut conclure concernant le pourcentage de juvéniles morts).

Comme la durée des traits a inmanquablement un effet sur la charge du chalut, il y aurait tout intérêt, afin de maximiser la survie des juvéniles relâchés, à réaliser des traits « courts ». Ceci est d'autant plus vrai dans les secteurs constituant les « cœurs » des nourriceries où les densités en juvéniles sont les plus élevées.

Tableau 12 : évaluation de l'impact de la durée du chalutage et de la charge du chalut sur l'état des juvéniles de bar (campagne rade de Brest, avril 2015).

Numéro de trait	durée (min. déc.)	longueur trait (m)	Charge totale (Kg)	dont débris (Kg)	dont huîtres huîtres (Kg)	dont bars (Kg)	Nombre total bars	Nbre bars échant.	Nbre bars OK	% OK	Nbre blessés	% blessés	Nbre morts	% morts
BR19-1	19,87	2481,68	104,98	1,70	1,70	101,28	498	73	49	67,1	24	32,9	0	0,0
BR25-2	11,12	1040,82	3,37	1,03	0,00	0,98	4	4	4	100,0	0	0,0	0	0,0
BR19-2	11,15	1257,51	29,58	0,00	0,00	23,86	128	81	78	96,3	1	1,2	2	2,5
BR361	20,00	2405,75	8,20	0,43	0,00	0,18	1	1	1	100,0	0	0,0	0	0,0
BR32-1	18,67	2274,26	8,36	0,32	0,00	1,64	4	4	4	100,0	0	0,0	0	0,0
BR32-3	12,83	1396,41	2,54	0,08	0,00	0,96	1	1	1	100,0	0	0,0	0	0,0
BR32-4	11,07	1296,40	6,70	0,01	0,00	3,78	8	8	8	100,0	0	0,0	0	0,0
BR34-2	10,82	1188,98	5,12	0,14	0,00	1,44	3	3	3	100,0	0	0,0	0	0,0
BR34-3	11,08	1142,68	0,56	0,00	0,00	0,56	1	1	1	100,0	0	0,0	0	0,0
BR38-2	11,13	1179,72	4,36	0,17	0,00	0,88	2	2	2	100,0	0	0,0	0	0,0
BR38-3	11,28	1392,70	10,96	0,66	0,00	1,02	3	3	3	100,0	0	0,0	0	0,0
BR48-1	5,27	455,59	70,00	60,00	0,00	5,56	43	43	32	74,4	10	23,3	1	2,3
BR47-1	11,00	1074,16	83,03	0,00	0,00	6,42	79	23	23	100,0	0	0,0	0	0,0
BR46-1	12,23	1211,21	18,90	0,00	0,00	6,00	167	42	42	100,0	0	0,0	0	0,0
BR45-1	11,05	1142,68	46,46	0,00	0,00	46,46	642	152	144	94,7	5	3,3	3	2,0
BR45-2	11,18	1122,31	135,10	0,00	0,00	135,10	1116	108	94	87,0	14	13,0	0	0,0
BR44-1	11,65	1159,35	178,22	0,00	0,00	178,22	1449	94	74	78,7	20	21,3	0	0,0
BR44-2	11,20	1126,02	72,04	0,00	0,00	71,96	1108	143	118	82,5	25	17,5	0	0,0
BR43-1	11,03	1192,69	5,88	0,02	0,00	5,58	111	111	95	85,6	16	14,4	0	0,0
BR43-2	10,67	1113,05	0,12	0,02	0,00	0,10	2	2	2	100,0	0	0,0	0	0,0
BR42-1	10,92	1203,80	1,02	0,00	0,00	0,96	17	17	15	88,2	2	11,8	0	0,0
BR41-1	18,12	2052,02	4,38	0,74	0,00	0,32	7	7	6	85,7	1	14,3	0	0,0
BR36-3	20,03	2046,46	56,88	1,20	0,00	54,48	732	101	98	97,0	3	3,0	0	0,0
BR34-4	18,92	1839,04	9,51	2,00	0,00	3,72	17	17	17	100,0	0	0,0	0	0,0
BR32-7	20,38	2040,90	12,76	0,30	0,00	12,12	45	45	45	100,0	0	0,0	0	0,0

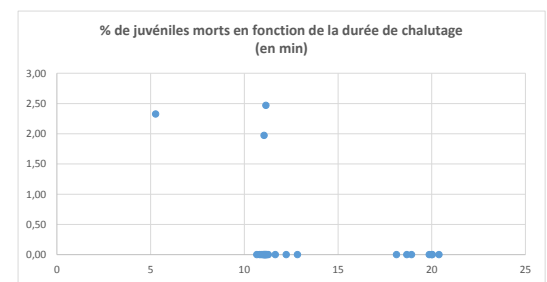
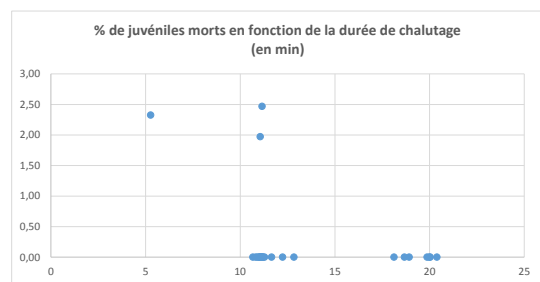
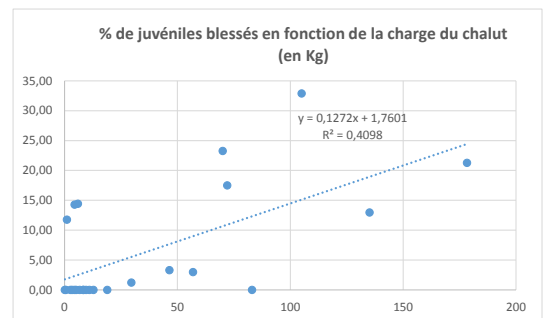
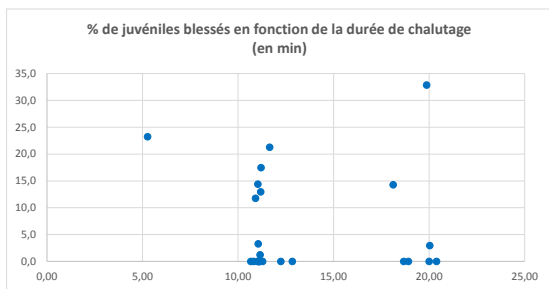
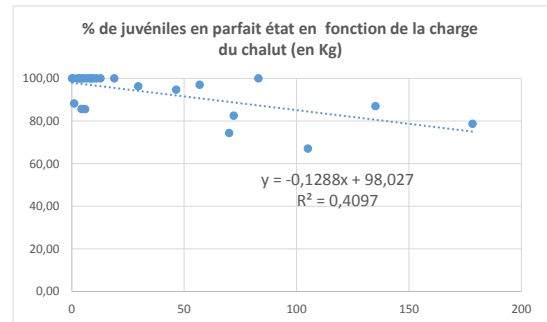
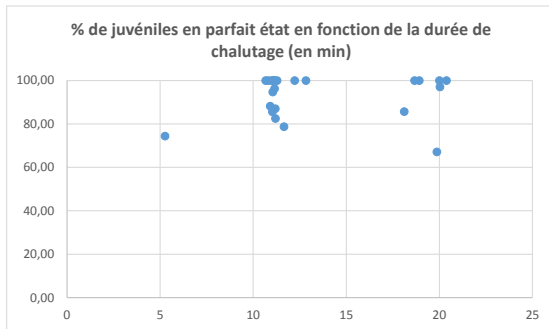


Figure 22 : impact de la durée (à gauche) et de la charge du chalut (à droite) sur l'état des juvéniles.

Pour conclure, les traits longs (20 minutes) apparaissent donc plus efficaces que les traits courts (11 minutes) en terme de capture, et les traits courts préservent mieux les juvéniles que les traits longs.

Mais, retenir pour le protocole final deux durées de traits différentes induirait indubitablement un biais au niveau de l'échantillonnage.

Le compromis retenu est une durée « moyenne » de 15 minutes pour tous les traits (comme le Solent Bass Survey et la DCE), avec, pour des raisons opérationnelles, la possibilité de valider tout trait dont la durée sera comprise entre 17 et 11 minutes.

C'est cette durée unique de 15 (+2/-4) minutes qui a été appliquée lors des échantillonnages réalisés en estuaire de Loire en 2016.

5.2.3. Echantillonnage de jour ou de nuit ?

Des traits, identiques spatialement et par rapport à la marée, ont été réalisés le matin (de jour) et le soir (de nuit) sur les strates « platier » et « platier aval estuaire » à l'occasion des campagnes de mars et de novembre 2015 (Tableau 13 ; les traînes réalisées dans la strate profond n'ayant permis aucune capture, tant de jour que de nuit, ne sont pas prises en compte ; le détail des tests par campagne est donné en annexe 3).

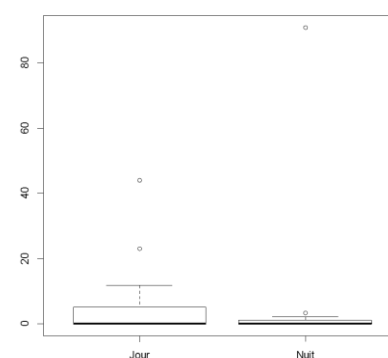
Tableau 13 : nombre de traits pris en compte pour la comparaison d'un éventuel effet jour/nuit sur les CPUE de juvéniles de bar.

	mars		novembre	
	jour long	nuit long	jour long	nuit long
Platavalest	4	4	8	8
Platier	7	7	2	2

Les CPUE globales, c'est-à-dire toutes classes d'âge confondues, exprimées en nombre de bars par ha, sont données par le Tableau 14. L'effet du type de trait (jour/nuit) a été testé statistiquement par une ANOVA sur les CPUE de bars et par GLM binomial sur les présences/absences de bars (occurrences de capture). Les deux tests sont non significatifs (ANOVA p-value = 0.94 ; GLM binomial p-value = 0.88).

Tableau 14 : CPUE (exprimées en nombre de bars par ha) obtenues sur les strates « platier » et « platier aval estuaire » en fonction du type de trait (à droite), et valeurs des différents quartiles (ci-dessous).

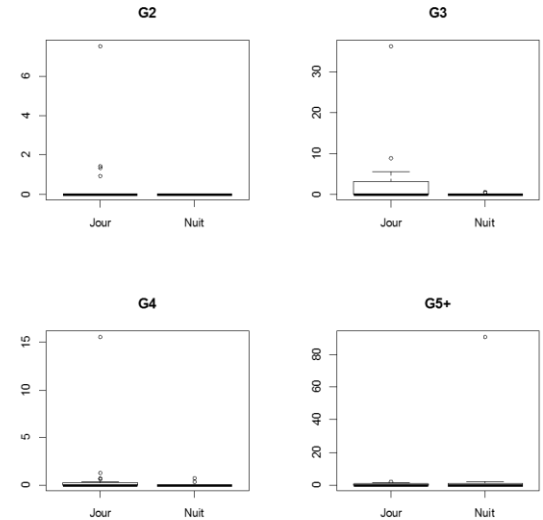
Jour					
Min.	1st Qu.	Median	Mean	3rd Qu.	Max.
0	0	0	4.998	4.808	44.100
Nuit					
Min.	1st Qu.	Median	Mean	3rd Qu.	Max.
0	0	0	5.378	1.054	90.930



Une ANOVA menée sur les CPUE (nombre/ha) par groupe d'âge (Tableau 15) conclut également à des différences non significatives (p -value = 0.14). Un GLM binomial conduit sur la présence/absence de bars des différents groupes d'âge dans les captures (occurrences) conclut par contre à une différence significative entre les traits jour/nuit pour les G2 (p -value = 0.01624 ; captures supérieures de jour) ; différences non significatives pour les G3, G4 et G5+ (p -value = 0.64).

Tableau 15 : CPUE moyenne de bars capturés (nombre par ha) par type de trait (jour et nuit) et par groupe d'âge.

CPUE Moyenne	cpuesg1	cpuesg2	cpuesg3	cpuesg4	cpuesg5
Jour	0	0.5631521	3.22270575	0.93378710	0.2787078
Nuit	0	0	0.08617013	0.05196773	5.2395132



Les traits de nuit ne permettent donc pas des captures, ni plus fréquentes, ni plus nombreuses de juvéniles de bar des groupes 2 à 4. En ce qui concerne les G5+, les différences ne sont pas statistiquement significatives, même si le Tableau 15 donne une CPUE moyenne supérieure de nuit.

Les traits de nuit n'améliorant pas la capturabilité du chalut vis-à-vis des trois groupes d'âge qui nous intéressent le plus (G2 à G4), ce qui était l'hypothèse testée au départ, le protocole définitif d'échantillonnage retient la réalisation de traits de jour (avec la possibilité, en cas d'impossibilité de pratiquer autrement, de réaliser certains traits avant l'aube ou après le coucher du soleil puisque cela n'a pas d'influence sur la capture).

5.3. Combien de traits pour échantillonner de manière satisfaisante une nourricerie ?

Cette analyse s'est déroulée en deux étapes. La première a consisté à analyser le jeu de données acquis par le CEFAS dans le cadre du « Solent Bass Survey » en partant du principe qu'il n'y avait pas de raison majeure pour que le comportement des juvéniles de bar diffère profondément entre la côte sud de l'Angleterre et les secteurs suivis dans le cadre du présent projet, et qu'il y avait donc tout intérêt à s'inspirer de cette campagne anglaise et à tirer profit de l'expérience acquise depuis près de 30 ans par nos collègues anglais. Cette première analyse a permis un premier dimensionnement des campagnes à réaliser dans le cadre du présent projet. Ensuite, à l'issue des campagnes Bargip de 2015 et 2016, nos propres données ont été analysées avec l'objectif d'évaluer l'incidence du nombre de traits sur la « précision » de nos résultats.

5.3.1. Analyse des données du Solent Bass Survey

5.3.1.1. Description du Solent Bass Survey et premières analyses sur la variabilité intra et inter-annuelle des captures de juvéniles de bar (ANOVA et comparaison multiple de Tukey)

Le CEFAS réalise un suivi des populations de juvéniles de bar dans le Solent et les rias adjacentes depuis 1981 (Pickett et al 2002 ; Figure 23). Chaque année, hormis 2004, 2010 et 2012, le secteur a été échantillonné à l'aide d'un chalut de fond classique de 9m de corde de dos.

Les données acquises entre 1993 et 2013 ont été transmises par le CEFAS en février 2014 et elles ont été analysées avec comme objectif premier d'évaluer la variabilité de capture des juvéniles de bars, inter-traits d'une part et interannuelle d'autre part. Cette analyse a été conduite dans le but d'obtenir des éléments nous permettant de définir notre propre stratégie d'échantillonnage à mettre en œuvre à l'occasion des campagnes de chalutage programmées en 2014 et 2015. Plus précisément, l'objectif était, via l'analyse des captures du CEFAS, de disposer d'informations sur le caractère plus ou moins agrégatif de l'espèce (donc déterminer si les individus sont systématiquement regroupés en bancs ou sont isolés), et ainsi de disposer d'éléments permettant d'entamer une réflexion sur le dimensionnement de nos propres campagnes.

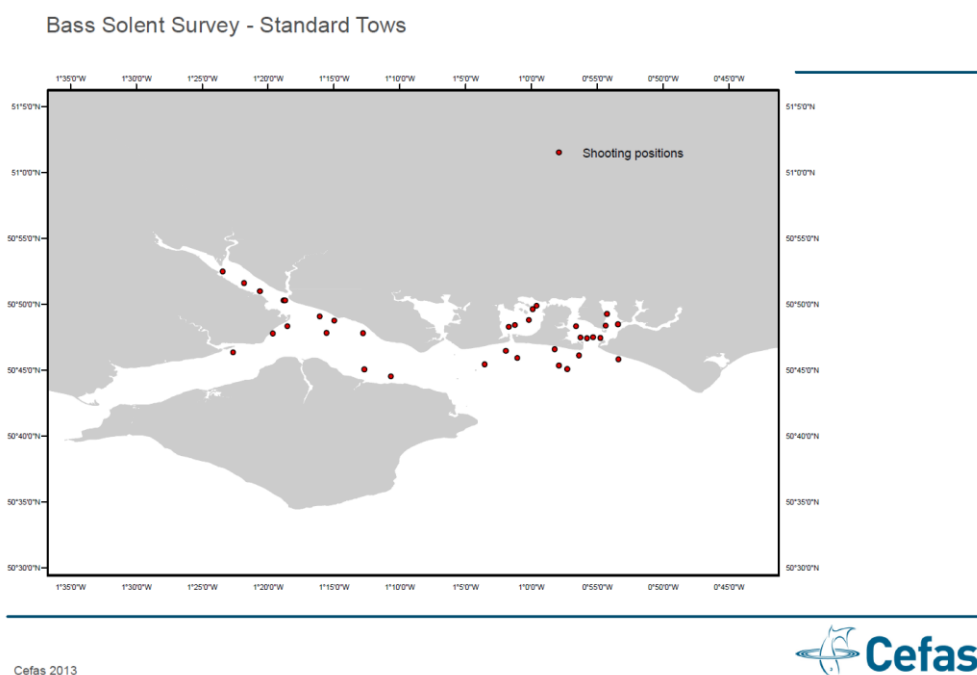


Figure 23 : positionnement des 35 traînes échantillonnées annuellement (traits de 5 à 20 minutes selon les secteurs, 15 minutes en moyenne) par le CEFAS dans le cadre du Solent Bass Survey (coureaux de l'île de Wight et rias adjacentes).

Durant les premières années du Solent Bass Survey, 2 campagnes annuelles étaient programmées, l'une en fin de printemps/début d'été, et l'autre au mois de septembre. Le CEFAS ayant abandonné les campagnes de printemps/été, seules les données des campagnes du mois de septembre ont été retenues pour l'analyse.

Au total, l'analyse porte sur 666 traits de chaluts, à raison de 32 à 49 traits selon les années (le protocole en prévoit 35 au minimum). Au total, 628 traits sur les 666, soit 94.3%, ont permis la capture d'au moins un bar (*Figure 24*). La capture maximale enregistrée au cours d'un trait est de 1164 bars. Pour la suite des traitements, les captures ont été ramenées en CPUE exprimées en nombre de bars par minute. Les variations annuelles de capture sont données par la *Figure 25*.

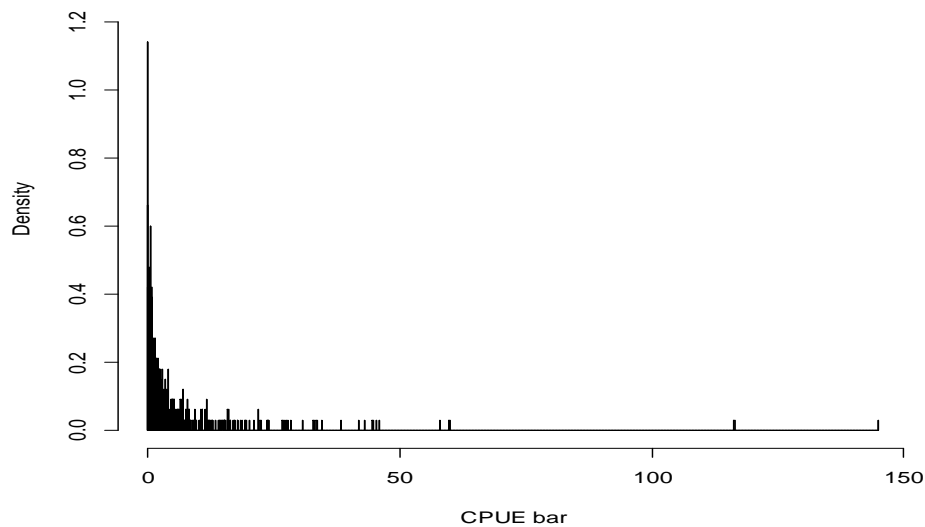


Figure 24 : Histogrammes des fréquences de capture de bars (CPUE en bars par minute de chalutage)

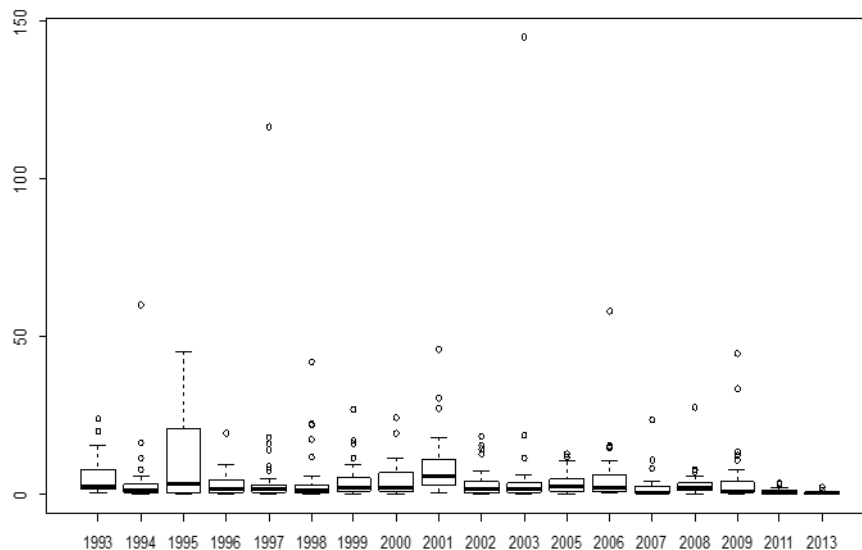


Figure 25 : Distribution annuelle des captures (CPUE exprimées en bars/minute de chalutage).

Une analyse de variance (ANOVA) a été conduite pour évaluer l'effet « année » sur les captures de bar. Les captures ont au préalable été transformées par une fonction logarithme afin respecter les hypothèses nécessaires à l'ANOVA.

De cette analyse il ressort que l'effet « année » ne permet d'expliquer que 20% de la variabilité (le modèle est peu explicatif ; R^2 : 20%). Ceci trouve son origine dans la variabilité intra-annuelle des captures, c'est-à-dire d'un trait à l'autre au cours d'une même campagne.

Suite à l'ANOVA, un test de comparaison multiple (de type Tukey) a été réalisé afin d'identifier les années présentant des différences significatives entre elles (*Tableau 16*).

Tableau 16 : Groupes issus de la comparaison multiple des années (type Tukey) et moyennes annuelles de captures de bar (CPUE exprimées en nombre de bars par minute de chalutage).

Année	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2005	2006	2007	2008	2009	2011	2013
Groupe	ad	abc	ad	abc	ab	abc	abd	ad	d	abc	ab	abd	ad	bce	abd	abc	ce	e
Moyenne	5.41	3.54	11.1	2.78	6.52	4.78	4.26	4.39	8.74	3.3	5.45	3.71	5.47	2.43	3.4	4.82	0.9	0.38

Lecture du tableau : deux années présentant la même lettre au sein de la ligne « Groupe » ne sont pas significativement différentes entre elles. Exemple : Les années 1993, 1994, 1995... 2008 et 2009 ne sont pas significativement différentes entre elles puisqu'elles présentent toutes la lettre « a » dans la ligne « Groupe ».

Les CPUE annuelles moyennes sont donc comprises entre 0,38 (2013) et 11,1 (1995) bars par minute (plage de variation maximale des CPUE moyennes de l'ordre d'un facteur 30), avec une moyenne des CPUE sur l'ensemble de la période de l'ordre de 4,5 bars par minute.

Certaines années ressortent par rapport aux autres :

- l'année 2001 présente une capture moyenne de bars capturés particulièrement élevée, mais elle ne peut être considérée comme significativement différente des années 1993, 1995, 1999, 2000, 2005 et 2008.
- Les années 2011 et 2013 présentent des captures de bars particulièrement faibles, tout comme, mais dans une moindre mesure, l'année 2007.

De ces premières analyses il ressort que les données de capture de bar sont très variables d'un trait à l'autre au cours d'une même campagne annuelle de suivi ce qui peut s'expliquer par le comportement agrégatif des juvéniles de bar. Ce comportement agrégatif rend l'échantillonnage puis l'analyse des données complexes.

Pour des années présentant peu de variabilité inter-traits, comme 2011 et 2008 par exemple, une ANOVA ou un test de comparaison multiple type Tukey arrivent à mettre en évidence une différence dès lors que celle-ci est de l'ordre de 2,3 bars par minute en moyenne (i.e. les tests permettent de conclure à une différence significative entre les deux années alors que la différence de CPUE n'est que de 2,3 bars par minute). Par contre pour des années à forte variabilité inter-traits, comme 1995 et 1996, les tests ANOVA ou de comparaison multiple n'arrivent pas à mettre en évidence des différences inférieures à 8,32 bars par minute en moyenne.

Le protocole de suivi de la population de juvéniles de bar dans le Solent ne semble par conséquent pas permettre la mise en évidence de petites différences interannuelles dans les captures. L'objectif final de tout suivi visant à produire des indices annuels d'abondance étant de discriminer au mieux ces différences interannuelles, une étude de la puissance et de la précision du protocole été réalisée.

5.3.1.2. Etude de la puissance de l'analyse par rapport à l'échantillonnage réalisé

Des tests sur « la puissance » permettent de déterminer, en fonction du nombre de répétitions de l'échantillonnage et de la variabilité des mesures, quelles différences on peut s'attendre à pouvoir mettre en évidence/discriminer entre deux modalités d'un facteur, ici les années. La variabilité des mesures est définie à partir de la variance intra-annuelle des captures. L'erreur de première espèce (α) est fixée à 5% et la puissance du modèle ($1-\beta$) à 80% (Tableau 17).

Tableau 17 : Simulation, au moyen du test sur la puissance, et en fonction du nombre de traits, des différences interannuelles de CPUE qui permettraient de conclure à une différence significative entre les abondances interannuelles.

Nombre de traits	Différence en moyenne (bar/min)
35	3.1
40	2.7
45	2.4
50	2.2
55	2
60	1.8
70	1.5
80	1.3

Dans le cadre du suivi actuel, dont le protocole prévoit *a minima* la réalisation de 35 traits par année, une différence interannuelle de l'ordre de 3.1 bars par minute doit pouvoir être mise en évidence (le test conclu à une différence significative) si les années ne présentent pas une variabilité de capture inter-traits trop supérieure à celle observée en moyenne au cours des 18 années de suivi du Solent Bass Survey pour lesquelles nous disposons de données.

Si l'on veut affiner la précision de l'analyse, et donc la capacité à discriminer les années entre elles, il faut augmenter le nombre de traits par campagne. 80 traits par campagne permettraient de conclure à une différence interannuelle significative de CPUE dès lors que la différence de capture moyenne annuelle atteindra 1.3 bars par minute (toujours à la condition que la variabilité inter-traits de l'année soit bien comparable à la variabilité inter-traits moyenne calculée à partir des données acquises dans le cadre du Solent Bass Survey).

5.3.2. Analyse des données Bargip Nourriceries de 2015 et 2016

Pour tenter d'évaluer l'influence du nombre de traits sur la « précision » de l'indice d'abondance produit, une méthode de ré-échantillonnage type bootstrap (1000 tirages avec remise, en partant d'un nombre minimal de 10 traits et en augmentant le nombre de traits de 10 en 10 jusqu'à 200 traits au maximum, mais sans stratification) a été utilisée pour l'analyse des données des campagnes Bargip (à partir des données de CPUE surfaciques).

Les valeurs des Intervalles de Confiance (IC) ou des Coefficients de Variation (CV) ainsi obtenus ne doivent pas être prises en compte dans l'absolu. Elles sont nettement supérieures aux valeurs « réelles », déterminées de manière « classique » (et reposant sur une stratification du domaine ; Cf. § 6.3 et Tableau 19). Nous les qualifierons donc de « théoriques » dans les paragraphes qui suivent, et seules nous intéressent les comparaisons qu'elles permettent entre les différentes campagnes.

La Figure 26 présente les évolutions des bornes [2,5 ; 97,5] de l'intervalle de confiance « théorique » autour de la moyenne (bornes exprimées en % de la moyenne) obtenues à l'occasion des 5 campagnes de 2015 et 2016 en fonction du nombre de traits, et ce pour la population totale de bar (i.e. sans distinguer les différentes classes d'âge).

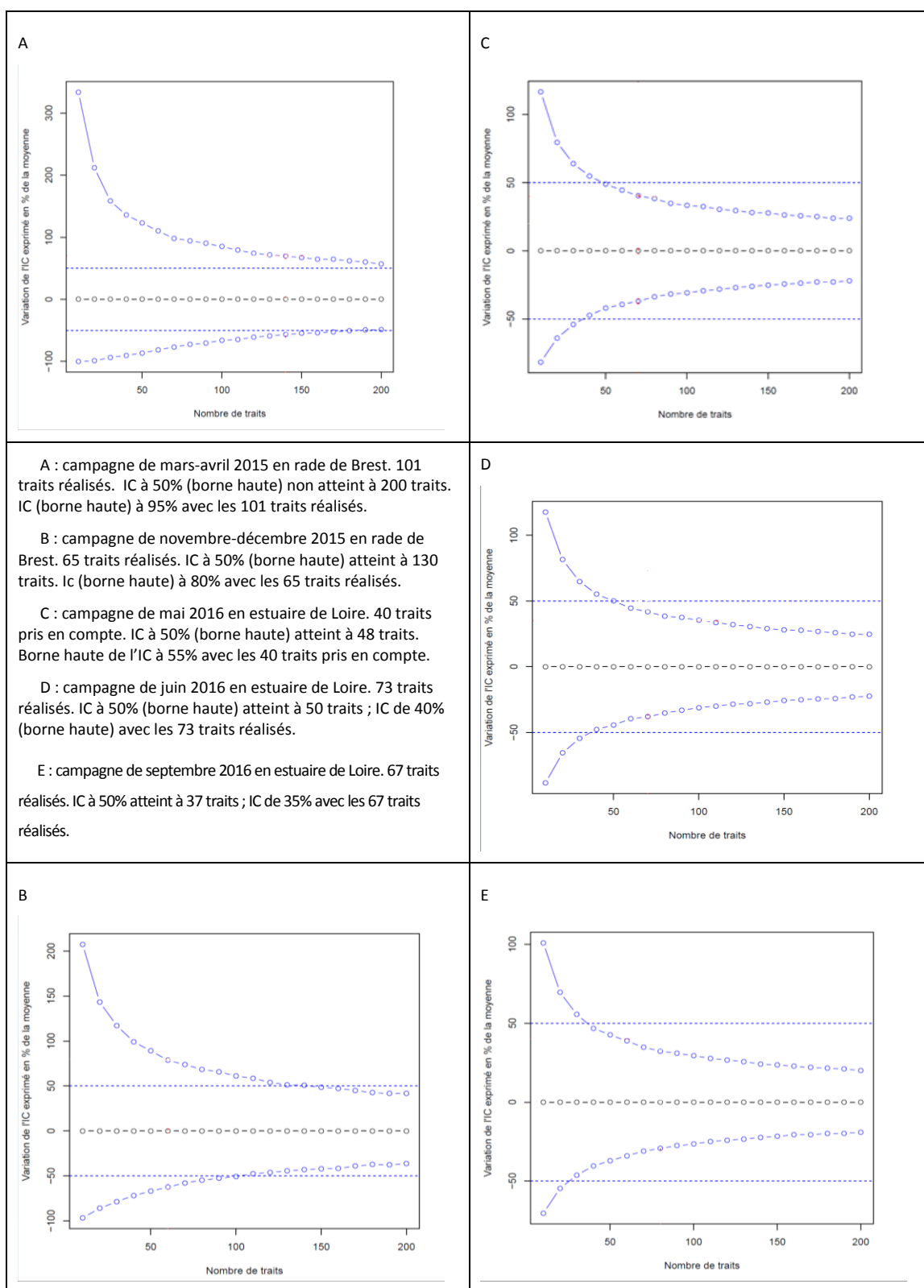


Figure 26 : simulation par bootstrap, en fonction des nombres de traits, de l'évolution des bornes des intervalles de confiance « théoriques » à 95% des CPUE surfaciques moyennes en bar, toutes classes d'âge confondues, lors des 5 campagnes Bargip Nourriceries de 2015 et 2016.

Si l'on s'intéresse plus précisément aux valeurs des bornes supérieures de l'intervalle de confiance théorique (toujours supérieures en valeur absolue à celles des bornes inférieures), nous constatons qu'elles diminuent quand le nombre de traits pris en compte augmente, ce qui est normal, et surtout qu'elles diffèrent assez nettement selon les campagnes : elles restent élevées lors des premières campagnes menées sur chacun des deux sites, beaucoup plus que lors des dernières (campagne de printemps vs campagne d'automne en rade de Brest ; campagne de mai vs campagne de septembre en Loire). Cette amélioration de la « précision » des résultats obtenus résulte de l'adaptation de la stratégie d'échantillonnage à l'occasion des dernières campagnes sur chaque site, adaptation rendue possible grâce aux connaissances acquises lors des premières campagnes, et non pas d'une augmentation du nombre de traits réalisés : en effet, nous obtenons une amélioration de la précision en rade de Brest entre la dernière et la première campagne alors que 65 traits vs 101 ont été réalisés ; de même, la précision est meilleure lors de la campagne de septembre par rapport à celle de juin en Loire alors que 67 traits ont été réalisés en septembre contre 73 en juin.

La Figure 27 compare les CV théoriques globaux (toutes classes d'âge cumulées) d'une campagne à l'autre. Les CV théoriques en Loire sont inférieurs à ceux obtenus en rade de Brest. Ceci suggère que le domaine retenu en Loire pourrait être plus facile à échantillonner que celui retenu en rade de Brest qui, outre l'estuaire de l'Aulne, comprenait 3 autres estuaires secondaires (rivières de Daoulas, de l'hôpital Camfrout et du Faou) qui constituent autant de nourriceries secondaires.

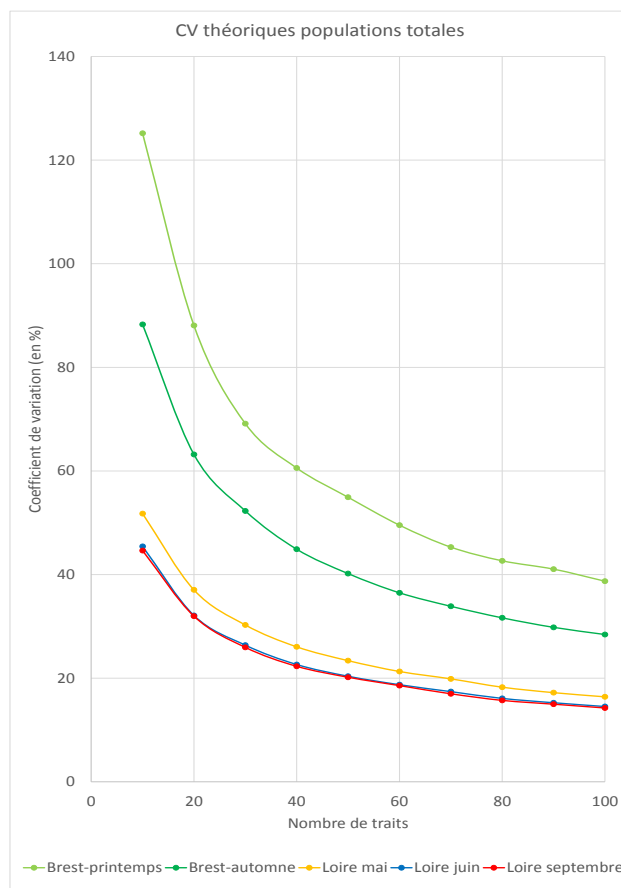


Figure 27 : simulation par bootstrap de l'évolution des coefficients de variation « théoriques » globaux (i.e. relatifs aux populations totales de bar, toutes classes d'âge cumulées) attachés aux CPUE surfaciques en fonction du nombre de traits à partir des données acquises à l'occasion des campagnes réalisées en rade de Brest en 2015 et en estuaire de Loire en 2016.

Cette série de simulations par bootstrap des CPUE surfaciques moyennes (et des intervalles de confiance ou coefficients de variation rattachés) à partir des données acquises en 2015 en rade de Brest et en 2016 en estuaire de Loire permet de formuler les réflexions suivantes, utiles au dimensionnement de nouvelles campagnes sur d'autres sites :

- **Certains sites apparaissent plus aisés à échantillonner de manière robuste que d'autres** ; plus exactement, des niveaux de « précision » acceptables seront vraisemblablement atteints avec moins de traits dans certains sites que dans d'autres, et ce sans qu'il y ait de corrélation avec la surface du domaine échantillonné (i.e. la surface de la nourricerie). Ainsi, l'estuaire de Loire qui couvre environ 300 Km² semble pouvoir être échantillonné de manière satisfaisante au moyen de 70 traits (CV théorique de 20% atteint quelle que soit la campagne avec ce nombre de traits), ce qui n'est pas le cas du domaine échantillonné au printemps 2015 en rade de Brest, domaine qui ne couvrait que 100 Km² environ.
- **Il est hasardeux de vouloir déterminer *a priori*, sur « carte », l'effort d'échantillonnage nécessaire pour produire un indice d'abondance robuste dans toute nouvelle nourricerie.** Un premier pré-dimensionnement de la campagne doit être tenté (surface totale, « complexité » de la zone, etc.), mais le dimensionnement final ne pourra intervenir qu'une fois le domaine en question échantillonné. Il apparaît donc nécessaire la première année d'échantillonnage de toute nouvelle nourricerie de se laisser une marge de quelques jours de campagne, non seulement pour découvrir la zone et cartographier les traînes praticables, mais aussi pour se placer volontairement en position de sur-échantillonnage afin de disposer d'un jeu de données suffisamment conséquent pour dimensionner au mieux les campagnes suivantes : re-délimitation du domaine à échantillonner, stratification pertinente, nombre de traînes/traits par strate, optimisation du calendrier d'échantillonnage (quelles traînes quand ?).
- **Si une pérennisation d'un suivi en rade de Brest est décidée, il faudra réduire le domaine à échantillonner à l'estuaire de l'Aulne et son aval immédiat** (espace correspondant à la « masse d'eau de transition » de l'Aulne, telle que définie par la DCE ; Cf. Figure 56 en annexe 4) : cet espace, qui a permis d'enregistrer plus de 92% de la capture totale de bars réalisée en 2015 pour un effort global d'échantillonnage ne représentant que 36 % du total, constitue la nourricerie majeure de la rade et serait donc, *a priori*, échantillonnable de façon satisfaisante via 35-40 traits, soit 4 journées de campagne. Un échantillonnage « satisfaisant » de l'ensemble de la rade de Brest nécessiterait *a priori* au moins 150 traits, soit plus de 15 jours de campagne au total, les 11 jours supplémentaires ne permettant de caractériser que 8% de la population de bar.

5.4. Le protocole final

Le protocole développé au cours du projet Bargip Nourriceries retient :

- **D'utiliser des navires d'une dizaine de mètres de longueur, d'une puissance de l'ordre de 200 cv, et d'un tirant d'eau n'excédant pas 2 mètres** (même moins si possible) pour pouvoir réaliser certains traits par moins de 3 m de profondeur. Les navires doivent disposer d'un enrouleur (double si possible, afin d'embarquer le chalut de secours) et de suffisamment d'espace libre en passerelle pour y brancher 2 ordinateurs (un pour les capteurs d'écartement de panneaux, l'autre pour le système de navigation),
- **De réaliser des traits de 15 minutes (avec validation possible du trait si la durée reste comprise entre 11 et 17 minutes), de jour, et, si possible (pour des raisons opérationnelles), à contre-courant.**
- **De chaluter au régime moteur permettant d'obtenir une vitesse de chalutage par courant nul de 3,5 kts.** De façon à maintenir une pression la plus constante possible sur les panneaux, et donc une puissance d'écartement des panneaux la plus constante, c'est en effet le régime moteur permettant d'obtenir cette vitesse de 3,5 kts par courant nul qui est maintenu constant lors de chaque trait, quelle que soit la vitesse fond. Ce régime moteur dépend des navires utilisés (2300 tours/minute pour Asta Buen contre à 1450 tours/minute pour Virgo Salutaris). Ceci permet, quel que soit le trait, et quels que soient la zone ou le navire utilisés, d'obtenir un volume filtré le plus constant possible pour l'ensemble des traits (pour des durées de traits identiques). L'identification du régime moteur permettant la traction du chalut à 3,5 kts par courant nul est de ce fait la première opération à réaliser quand on utilise un nouveau navire professionnel.
- **De filer une longueur de funes permettant d'obtenir un écartement de 18m entre les panneaux, permettant au chalut de travailler dans ses lignes et d'obtenir les 7m requis entre les pointes d'ailerons inférieures.** Cette longueur de funes dépend de la largeur du portique (plus précisément de l'écartement entre les poulies de portique) du navire utilisé. La détermination de cette longueur est la seconde opération de réglage du chalut à réaliser lorsque l'on utilise un nouveau navire professionnel. A l'occasion du présent projet, la mesure de l'écartement des panneaux a été obtenue au moyen des capteurs OcTech précités, capteurs loués les deux premiers jours de chaque campagne. Si des campagnes d'échantillonnage de nourriceries à bar venaient à être pérennisées, l'acquisition de capteurs fixables sur les pointes d'ailerons inférieures serait indispensable. Les données acquises permettraient de valider ou non chaque trait en fonction des écartements mesurés, et d'obtenir une valeur précise des surfaces réellement balayées sur l'ensemble du trait. Dans le cadre du présent projet un écartement moyen de 7 m a été retenu, mais une mesure en continu de l'ouverture réelle du chalut est indispensable à l'avenir.
- **De circonscrire, dès le début de la campagne, l'étendue du domaine à échantillonner.** Vers l'amont, c'est la salinité qui délimite le domaine de présence des juvéniles ; même si leur survie est avérée en eau douce, le zéro de salinité peut être considéré comme la limite amont de leur habitat. Vers l'aval, c'est la profondeur qui peut permettre de délimiter le domaine couvert par la nourricerie ; en rade de Brest, plus de 99,9% des juvéniles ont été capturés par des bathymétries n'excédant pas 6,10 m. Cette limite bathymétrique de présence des juvéniles a été de 7,20 m en Loire. De ce fait, en cas d'échantillonnage d'une nouvelle nourricerie, **la première étape consistera à positionner le zéro de salinité et à définir l'isobathe limite au-delà duquel on n'enregistre plus de capture.** L'espace situé à l'aval immédiat de cet isobathe doit cependant être échantillonné, mais de façon minimale, moins intensive que les strates

constituant les habitats préférentiels des différents groupes d'âge de juvéniles. 5 traits ont été retenus en Loire pour l'échantillonnage de cette strate « profond », ce qui, pour cette nourricerie, a semblé être un bon compromis car représentant 7 à 8% de l'effort total déployé à l'occasion des 2 dernières campagnes. Ce nombre de traits sera à adapter en fonction de la conformation des nourriceries, l'objectif étant de délimiter au mieux la frontière aval de la nourricerie, tout en y consacrant le moins de temps possible.

- **De stratifier le domaine** : l'espace compris entre le zéro de salinité et l'isobathe délimitant la strate « profond » (sans capture) est à échantillonner en essayant d'obtenir une disposition des traits la plus régulière possible, i.e. permettant la meilleure couverture spatiale, et de scinder cet espace en 3 strates⁸ *a priori* :
 - **strate estuaire amont** dont la salinité est comprise entre 0 et 18 pour mille (domaines « limnique » et « oligohalin »), habitat préférentiel des G0,
 - **strate estuaire central** dont la salinité est comprise entre 18 et 30 pour mille (domaine « polyhalin »), qui, avec l'estuaire amont, constitue l'habitat préférentiel des G1,
 - **et strate estuaire aval** dont la salinité est supérieure à 30 pour mille (domaine « euhalin ») et qui est délimitée à l'aval par la strate « profond ».
- **De se positionner, au moins la première année sur un nouveau site, en situation de sur-échantillonnage *a priori***, quitte à diminuer l'effort d'échantillonnage (superficie du domaine échantillonné, nombre de strates, nombre de traits par strate) si l'analyse des premiers résultats obtenus en démontre la possibilité.
- **La variabilité intra annuelle d'abondance apparaissant importante. Il faut par conséquent réaliser, année après année, les échantillonnages de la manière la plus constante, la plus reproductible possible** : mêmes traits, mêmes périodes, mêmes coefficients de marées, et débits de fleuves les plus constants et comparables possible (et permettant d'obtenir le zéro de salinité sur le trait le plus amont par basse mer de mortes eaux) : la salinité au sein de l'estuaire influant de façon importante sur la répartition des juvéniles, il faut en effet veiller année après année à réaliser les campagnes dans les conditions hydro climatiques les plus semblables possible sur chacun des sites. Pour cela, les campagnes se dérouleront lors de mortes eaux, et préférentiellement entre juin et septembre car c'est à cette période que les débits des fleuves sont, en moyenne, les moins variables (avec, pour des raisons de faisabilité opérationnelle, la possibilité de mener également des campagnes en mai, voire en avril). Il faudra veiller à ce que le trait le plus amont puisse se dérouler dans le domaine limnique à l'occasion de chaque campagne, ce qui peut s'avérer impossible lors des étiages (Cf. Loire), et oblige donc à rechercher des périodes où les débits le permettent.
- **A l'occasion de chaque trait, les heures et position de filage et virage sont consignées sur une « fiche passerelle » , et la trace est enregistrée dans le système de navigation** (PC durci Durabook doté du logiciel MaxSea Time Zéro Plot couplé à un GPS portable (Garmin Montana) ou une antenne GPS USB (Haicom HI-206) et à un sondeur Furuno Black Box DFF1-UHD/sonde Airmar ChirpTM275-(faisceaux larges à balayage de fréquences 42/65 et 150/250 kHz), ce qui permet d'obtenir les durées et distances précises de chalutage et d'enregistrer la bathymétrie de la traîne (lors de la première campagne sur une nouvelle zone, ces équipements permettent

⁸ Cette stratification est cependant susceptible d'évoluer, selon les conformations des nourriceries qui seraient retenues pour un suivi pérenne, mais aussi selon que les abondances en juvéniles des Groupes 0 et 1 seront prises en compte ou pas par les groupes de travail bar du CIEM : si seuls les groupes 2, 3 et 4 venaient à être utilisés pour la production des indices annuels d'abondance, les strates Estuaire amont et Estuaire central (qui ne servent aujourd'hui qu'à affiner les calculs d'abondance des juvéniles G0 et G1) seraient vraisemblablement à fusionner.

d'identifier les traînes praticables, d'en enregistrer la bathymétrie, de positionner les croches potentielles et les secteurs non praticables...).

- **Une sonde NKE STPS 150-PR positionnée sur le cul du chalut ou sur un des panneaux enregistre chaque seconde la profondeur (précision 30 cm), la salinité (précision 0,1 pour mille) et la température (précision 1/100^{ème} °C) au cours du trait.**
- En secteur estuarien, des profils de salinité, de température et d'oxygène dissous sont également réalisés régulièrement au moyen de sondes Hach-Lange :
 - sonde CDC40101 pour la conductivité (précision +/- 0.5% de la valeur mesurée) et la température (précision 0,3°C),
 - et sonde LDO10101 pour l'oxygène (précision 0.2mg/l ou 0.1% de saturation).

Les données ainsi acquises (sauf oxygène en cas d'hypoxie) n'ont pas vocation à être utilisées au moment du traitement de l'ensemble des données de la campagne (ce sont les données acquises en continu au moyen des sondes NKE qui le sont), mais permettent, en cours de campagne, de se situer par rapport aux secteurs dessalés et/ou hypoxiques, et d'évaluer l'importance de la stratification.

Toutes les sondes font l'objet d'un contrôle métrologique annuel réalisé par le laboratoire de métrologie accrédité COFRAC de l'Ifremer, centre de Brest, et, avant chaque campagne, d'une vérification par double mesure au moyen d'autres sondes dans le bassin d'essai du centre Ifremer de Brest.

- **A l'issue de chaque trait, l'intégralité de la poche est pesée (débris divers compris) puis les différentes espèces sont identifiées et triées.** Elles sont alors toutes pesées séparément (précision minimale de la balance souhaitable aux alentours de 20 grammes ; précision pouvant être dégradée en fonction des états de mer), et tout ou partie des individus de chaque espèce est mesuré, au 1/2cm pour les bars et les petits pélagiques, et au cm pour les autres⁹. En cas de charge très importante du chalut, pesées et mensurations sont réalisées sur un sous échantillon du total : le poids total de la poche est pesé, et une fraction de ce total est analysée après avoir été elle-même pesée¹⁰. Avant ce sous échantillonnage, les individus les plus grands, ou ceux appartenant à des espèces remarquables/rares peuvent être extraits et traités en « Hors Vrac » (mensurations individuelles et pesées spécifiques).

Toutes les données acquises (pesées, mensurations, débris...) sont :

- *a minima*, consignées sur des feuilles de mer (en polyester, pour être utilisables même mouillées) et agrafées ensemble avec la fiche passerelle à l'issue de chaque trait,
- ou mieux, acquises au moyen d'un ichtyomètre électronique connecté au système Tutti (système développé par l'Ifremer pour la saisie et le stockage des données de ses campagnes halieutiques).
- **A l'occasion de chaque campagne, des juvéniles de bar sont prélevés et ramenés au laboratoire afin de produire différentes données biologiques** (sex-ratio, indices de condition, rapports somatiques/gonado-somatiques, contenus stomacaux...). En outre, de façon à bien identifier les différentes cohortes présentes, des écailles sont prélevées sur des juvéniles

⁹ Les petits crustacés (crabes verts, crabes nageurs, étrilles, crevettes...), les bivalves (moules, huîtres, coques...), certains petits céphalopodes (alothéutis, sépioles...), et les gobiidés ne sont pas mesurés individuellement : seuls sont notés le poids total spécifique et le nombre d'individus.

¹⁰ Le traitement des captures à l'issue de chaque trait reprend les protocoles appliqués dans le cadre des autres campagnes halieutiques de l'Ifremer (Désaunay et Guérault, 2002 ; Morin et Schlaich, 2003 ; Coppin et al, 2009 ; Cochard et Goascoz, 2013).

appartenant aux classes de tailles se situant à l'intersection entre deux cohortes (de l'ordre de 100 à 150 écailles au minimum par campagne). Ces écailles permettent une estimation du groupe d'âge du juvénile par comptage sous une loupe binoculaire du nombre d'anneaux « d'arrêt de croissance » (241 lectures d'écailles en 2015, 424 en 2016). La lecture d'écailles est préférée à l'analyse des otolithes car elle offre une précision équivalente tout en permettant un gain de temps (CIEM WKARDL, 2015 – site web CIEM).

- **En fin de campagne, les données sont saisies dans « Allegro-Campagne », base de données spécialement développée par l'Ifremer pour le stockage des données de ses campagnes halieutiques** (saisie simplifiée si utilisation de l'ictyomètre à l'avenir).
- **Les indices d'abondance sont estimés via la chaîne de traitement R-Sufi développée par l'Ifremer à cet effet.** Ces indices portent sur la population de bar du domaine, mais aussi sur l'ensemble des populations des autres espèces principales échantillonnées. Des indices de peuplement, reposant sur la globalité des espèces échantillonnées, et contribuant, à terme, à caractériser la biodiversité et les capacités d'accueil du domaine, sont également déterminés.

NB : ce protocole d'échantillonnage des nourriceries à bar peut être considéré comme globalement au point à l'issue de l'action Bargip Nourricerie. **La seule amélioration indispensable** en cas de pérennisation d'un suivi consistera en **l'acquisition de jeux de capteurs permettant l'enregistrement et le suivi en continu au cours de chaque trait de l'écartement des pointes d'ailes et de l'ouverture verticale du chalut**. A notre connaissance, il n'existe pas aujourd'hui de tels capteurs, suffisamment miniaturisés pour pouvoir être utilisés sur le petit chalut Bargip. Dès leur apparition sur le marché, leur acquisition sera indispensable pour pouvoir maintenir constantes au cours des traits, et ce quelle que soit la nature des fonds, les ouvertures latérale et verticale du chalut. Ceci n'a pu être réalisé jusqu'à présent (seuls l'écartement des panneaux et l'ouverture verticale ont pu être enregistrés et donc analysés *a posteriori*, une fois le trait achevé), et cette incapacité de réglage en cours de trait a indubitablement induit des biais dans nos résultats.

6. Indicateurs/indices d'abondance

Les Groupes de Travail du CIEM en charge du bar distinguent aujourd'hui deux stocks le long des côtes françaises entre les frontières belge et espagnole :

- le stock « nord » (i.e. du nord du 48^{ème} parallèle) qui couvre la Manche Ouest, la Manche Est, le sud de la mer du Nord et une partie de la mer celtique,
- et le stock golfe de Gascogne qui va du sud du 48^{ème} parallèle jusqu'aux eaux ibériques

Seul le stock nord fait l'objet (depuis 2013) d'évaluations analytiques reposant sur l'outil SS3. Le stock golfe de Gascogne a pour sa part fait l'objet d'un benchmark en février 2017 afin de pouvoir être évalué dans les plus brefs délais. C'est également l'outil SS3 qui a été retenu pour son évaluation.

Le manuel d'utilisation de ce modèle d'évaluation SS3 (Richard et Methot, 2011) est peu précis concernant la façon de calculer les indices à fournir, chaque producteur ayant toute latitude pour définir son propre protocole, sa propre méthode. Par contre, l'indice doit, au final, comprendre une valeur d'abondance exprimée en nombre d'individus, un coefficient de variation affecté à cette abondance, ainsi que des distributions de tailles ou d'âges.

Le Cefas a développé pour le Solent Bass Survey un indice d'abondance qui repose sur la moyenne des CPUE obtenues par 10 minutes de chalutage d'une même cohorte échantillonnée 3 années de suite entre les âges G2 et G4 : les juvéniles nés l'année n sont échantillonnés à l'âge de 2 ans (G2) lors de l'année n+2, puis à l'âge G3 l'année n+3, et enfin à l'âge G4 l'année n+4. Le Cefas a construit son indice de cette manière car il estime que son protocole, appliqué au secteur du Solent, lui permet d'échantillonner correctement les G2, G3 et G4, mais pas les G0, G1 et G5+. Cet indice d'abondance ne repose donc pas sur une stratification du domaine échantillonné. C'est cet indice qui est transmis chaque année au CIEM et qui est utilisé par le GT en charge du stock nord.

L'Ifremer, au contraire, a retenu de produire ses indices d'abondance après stratification des domaines échantillonnés à l'occasion de ses campagnes et a réalisé un travail de sélection d'indicateurs adaptés au suivi de l'impact des activités de pêche sur les populations (stocks) d'une part, et sur les écosystèmes dans leur globalité d'autre part. Ces indices sont d'ores et déjà utilisés par différents Groupes de Travail du CIEM dans leur mission d'évaluation de l'état des stocks. Ils sont produits via la chaîne de traitement « R-Sufi », développée par le laboratoire EMH de l'Ifremer, et qui utilise comme données source :

- les exports de la base Allegro Campagnes (où doivent être saisies toutes les données brutes des campagnes halieutiques de l'Ifremer),
- et donc la stratification du domaine échantillonné (shape ArcGis et positions et surfaces des strates, sous strates et traînes).

6.1. Re-stratification de la partie orientale de la rade de Brest et de l'estuaire de Loire

Les stratifications retenues au final pour les deux nourriceries, et les positionnements des traînes praticables, sont donnés par la Figure 28 (rade de Brest¹¹) et la Figure 29 (estuaire de Loire). Ces stratifications prennent en compte la salinité et la profondeur qui, comme le montre le chapitre 4 sont les deux paramètres structurant la répartition des juvéniles de bar. La présence de plusieurs petits estuaires (rivières de Daoulas, de l'Hôpital Camfrout, du Faou) dans la partie orientale de la rade de Brest, en plus de l'estuaire majeur que constitue localement l'estuaire de l'Aulne, tout comme celle de zones peu profondes, mais fortement halines, complexifie la stratification par rapport à celle de l'estuaire de la Loire, et amène à devoir y distinguer 6 strates alors que quatre sont suffisantes en Loire.

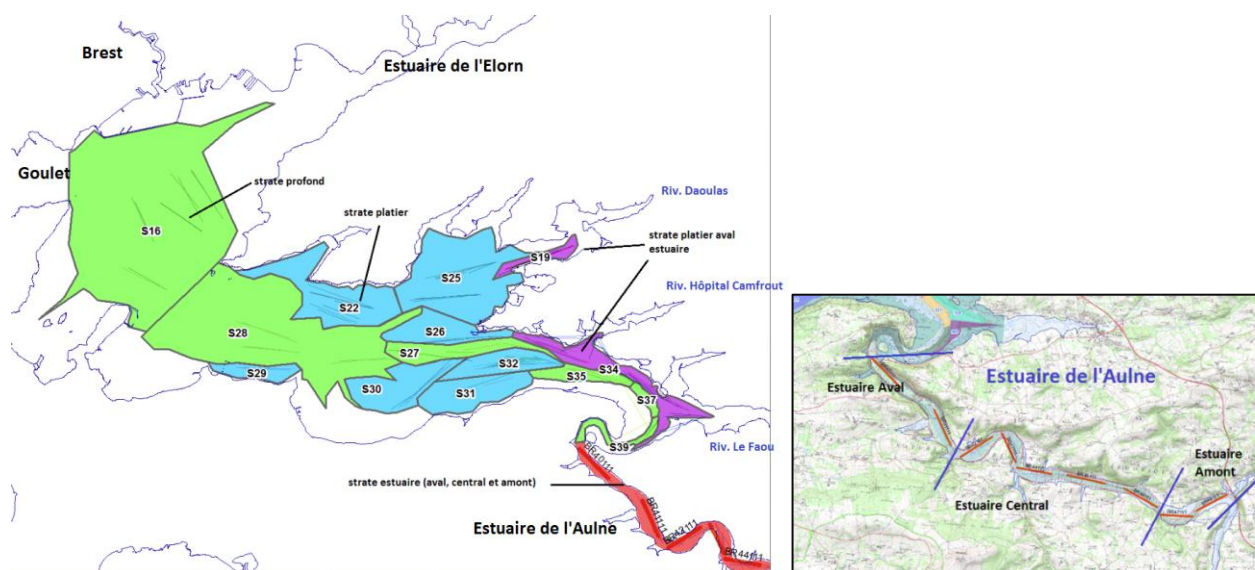


Figure 28 : stratification (et sous-stratification) de la rade de Brest à l'issue des échantillonnages 2015 : strate « profond » en vert, « platier » en bleu, « platier aval estuaire » en violet et strate « estuaire » en rouge, elle-même scindée en 3 sous strates : estuaire amont, estuaire central et estuaire aval (à droite).

¹¹ Il s'agit là de la stratification retenue fin 2015 pour traiter les données rade de Brest acquises durant le présent projet. Si un réseau de suivi de plusieurs nourriceries venait à être mis en place, réseau incluant la rade de Brest, le domaine à échantillonner en rade serait réduit, limité à la « masse d'eau de transition » telle que définie par la DCE (Cf. Figure 56 en annexe 4).

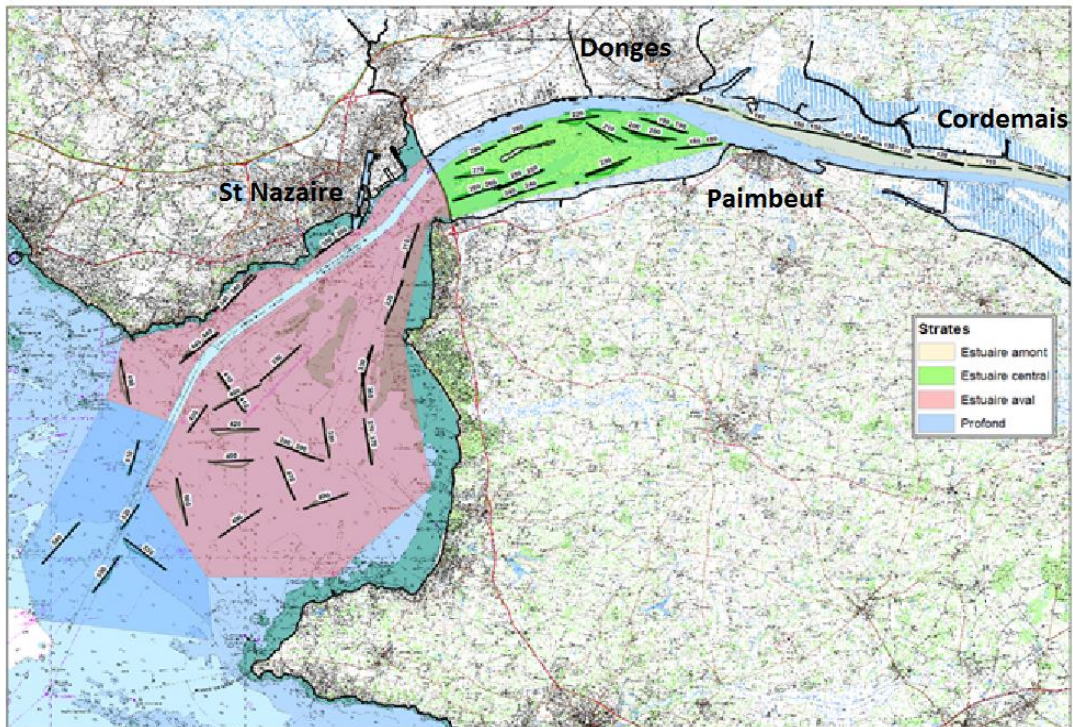


Figure 29 : les 4 strates de l'espace échantillonné en estuaire de Loire, et le positionnement des 46 traînes praticables.

Les surfaces de chacune de ces strates ont été déterminées sous ArcGis (Figure 30 donnée à titre d'exemple).

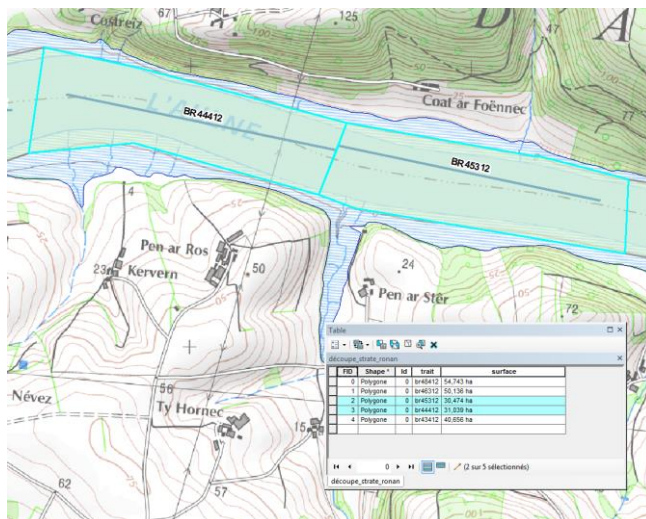


Figure 30 : détermination des surfaces des strates sous ArcGis : exemple du découpage réalisé dans l'estuaire de l'Aulne.

Les surfaces des strates sont données par le tableau 17.

Tableau 18 : stratification de la rade de Brest et de l'estuaire de la Loire. Surfaces (en km²) et nombre de traînes praticables au sein de ces strates.

Site	strate	Nbre traînes	surface (Km ²)
rade de Brest	Estuaire amont	2	0,553
	Estuaire central	5	2,838
	Estuaire aval	2	1,741
	Platier aval estuaire	5	4,787
	Platier	9	30,669
	Profond	15	57,575
	total	38	98,163
Estuaire de Loire	Estuaire amont	8	14,580
	Estuaire central	12	37,579
	Estuaire aval	21	183,247
	Profond	5	67,549
	total	46	302,955

NB : ce tableau présente le nombre de traînes praticables cartographiées au sein de chacune des strates des deux sites pilotes. Afin d'améliorer la précision des indices d'abondance produits, les traînes des strates estuariennes ont été échantillonnées à deux reprises à l'occasion des dernières campagnes menées sur chacun des deux sites.

Ces stratifications, et les nombres de traînes praticables par strate ne sont pas encore définitifs : si un suivi de ces deux nourriceries venait à être pérennisé, le suivi serait limité en rade de Brest à la « masse d'eau de transition » DCE (Cf. Figure 56 en annexe 4). Les résultats obtenus sur plusieurs années en Loire pourraient également amener à des simplifications dans le cas où il apparaîtrait qu'un effort moindre, globalement ou sur certaines strates, permettrait d'obtenir une précision équivalente.

6.2. Les indices d'abondance produits par « R-Sufi »

La chaîne de traitement R-Sufi permet de produire des indices par espèce (« indices de population »), ou par écosystème (« indices de communautés »). Les fiches Web extraites du site SIH et présentant ces indices (<http://www.ifremer.fr/SIH-indices-campagnes/>) sont données en annexes 1 et 2. Les indices de populations retenus par l'Ifremer¹² sont les suivants :

- Abondance totale dans la zone (valeur relative) N et coefficient de variation associé : élévation des densités (CPUE exprimées en nombres d'individus par surface) à l'ensemble des surfaces des strates/sous strates, puis addition à l'échelle du domaine échantillonné.
- Biomasse totale dans la zone (valeur relative) W et coefficient de variation associé : élévation des biomasses (CPUE exprimées en biomasses par surface) à l'ensemble des surfaces des strates/sous strates, puis addition à l'échelle du domaine échantillonné.
- Longueur au 95ième percentile de la distribution de longueur (reste-t-il des grands individus dans la population ?)
- Longueur moyenne dans la population $Lbar$
- Logarithme naturel de l'abondance $Log(N)$
- Variance de la longueur dans l'échantillon $Lvar$
- Poids individuel moyen dans la population $Wbar$

Ainsi que le rappellent les fiches Web de présentation des indices, « en raison des limites des plans et des méthodes d'échantillonnage, les campagnes ne permettent pas d'estimer l'abondance exacte des populations dans la zone échantillonnée. Les résultats obtenus doivent être considérés comme des valeurs relatives permettant de décrire une tendance dans une série, à condition que le plan et la méthode d'échantillonnage appliqués soient strictement identiques tout au long de la série ».

6.3. Les indices d'abondance en juvéniles de bar obtenus en rade de Brest et en Loire

Pour ce qui concerne les juvéniles de bar, les indicateurs R-Sufi obtenus lors des deux campagnes de 2015 en rade de Brest (campagnes de mars et d'avril regroupées au sein d'une campagne « printemps » et de novembre et décembre regroupées au sein d'une campagne « automne ») et des trois campagnes de 2016 en estuaire de Loire sont donnés par le Tableau 19. Les distributions de tailles élevées par strates sont données par le Tableau 20.

Les coefficients de variation (Tableau 19) associés aux valeurs d'abondance sont compris entre 0,32 (Loire mai 2016) et 0,13 (Loire septembre 2016). Ces coefficients de variation, déterminés d'une manière plus classique qu'ils ne l'ont été au § 5.3.2, confirment globalement les résultats précédemment obtenus¹³, tout en étant nettement moins élevés. Pour rappel, le coefficient de variation mesure la précision : plus il est faible, et plus la population peut être considérée comme bien cernée et plus l'indice d'abondance est robuste. Les coefficients de 0,31/0,32 obtenus à l'occasion des campagnes de printemps en rade de Brest et de mai en Loire peuvent être jugés comme relativement satisfaisants, et correspondent aux coefficients généralement obtenus à l'occasion des autres campagnes halieutiques de l'Ifremer. Ils sont cependant supérieurs aux 20% (CV = 0.2) qui peuvent

¹² Les indicateurs de communautés retenus par l'Ifremer sont présentés au § 10.2.

¹³ Sauf en ce qui concerne la campagne d'automne en rade de Brest : le CV réel est très nettement inférieur au CV théorique, et comparable à ceux obtenus en Loire à l'occasion des deux dernières campagnes.

représenter un objectif à atteindre. Les coefficients bas obtenus en automne 2015 en rade, puis en juin et septembre 2016 en Loire (entre 0,13 et 0,16) respectent cet objectif, et suggèrent que l'abondance des populations de bar a été cernée de façon plus précise à l'occasion de ces 3 (dernières) campagnes. Ils confirment, tant en Loire qu'en rade de Brest, que **les échantillonnages reposant sur un nombre suffisant de traînes peuvent être efficaces et permettre de produire des indices d'abondance robustes**, ce qui est indispensable si l'on veut discriminer au mieux des variations interannuelles d'abondance (ce qui serait l'objectif central d'un réseau pérenne de suivi de nourriceries à bar).

A contrario, les indices d'abondance obtenus confirment également la variabilité intra annuelle d'abondance à l'échelle des domaines échantillonnés. Cette variabilité intra annuelle a déjà été soulignée par de nombreux auteurs (Holden and Williams, 1974 ; Claridge and Potter, 1983 ; Kelley, 1986 et 1988a ; Jenning et al, 1991 ; Pickett and Pawson, 1994). Elle oblige à réaliser des campagnes annuelles dans des conditions les plus voisines possible d'une année sur l'autre : mêmes dates (« périodes »), mêmes coefficients de marée, mêmes débit des fleuves...

Tableau 19 : indicateurs de population, écart-types et coefficients de variation (CV) associés obtenus pour les juvéniles de bar à l'occasion des campagnes de printemps et d'automne 2015 en rade de Brest (estuaire de l'Aulne et partie orientale de la rade ; colonne de gauche), et des mois de mai, juin et septembre 2016 en estuaire de Loire (colonne de droite).

Aulne-rade de Brest printemps 2015 ; 101 traits				Loire mai 2016 ; 40 traits			
Indicateurs	Valeur	Ecart type	CV	Indicateurs	valeur	EcartType	CV
Abondance (nbre)	238 755	74 409	0,312	Abondance (nbre)	867 913	279 165	0,322
Biomasse (kg)	26 438	8 866	0,335	Biomasse (kg)	114 409	47 078	0,411
I0,95 (taille 95ème perc.)	31,00	17,34	0,559	I0,95 (taille percentile 95)	29,00	9,47	0,327
Lbar (taille moyenne)	20,96	0,07	0,003	Lbar (taille moyenne)	20,46	0,14	0,007
lnN	12,38	0,30	0,025	lnN (log abondance)	13,67	0,31	0,023
Lvar (variance longueur)	32,97	0,85	0,026	Lvar (variance longueur)	34,63	3,12	0,090
Wbar (poids moyen en kg)	0,11	0,05	0,458	Wbar (poids moyen en kg)	0,13	0,07	0,522
				Loire juin 2016 : 73 traits			
				Indicateurs	valeur	EcartType	CV
				Abondance (nbre)	279 810	39 288	0,140
				Biomasse (kg)	50 104	6 239	0,125
				I0,95 (taille percentile 95)	32,00	8,43	0,264
				Lbar (taille moyenne)	22,23	0,16	0,007
				lnN (log abondance)	12,54	0,14	0,011
				Lvar (variance longueur)	39,71	4,11	0,104
				Wbar (poids moyen en kg)	0,18	0,03	0,188
Aulne-rade de Brest automne 2015 ; 65 traits				Loire septembre 2016 : 67 traits			
Indicateurs	Valeur	Ecart type	CV	Indicateurs	valeur	EcartType	CV
Abondance (nbre)	36 795	5 831	0,158	Abondance (nbre)	391 427	52 187	0,133
Biomasse (kg)	6 891	1 239	0,180	Biomasse (kg)	67 250	9 011	0,134
I0,95 (taille percentile 95)	32,00	5,22	0,163	I0,95 (taille percentile 95)	31,00	9,52	0,307
Lbar (taille moyenne)	21,69	0,14	0,007	Lbar (taille moyenne)	22,23	0,14	0,006
lnN	10,51	0,16	0,015	lnN (log abondance)	12,88	0,13	0,010
Lvar (variance longueur)	48,10	3,13	0,065	Lvar (variance longueur)	38,76	3,47	0,089
Wbar (poids moyen en kg)	0,19	0,04	0,240	Wbar (poids moyen en kg)	0,17	0,03	0,189

Tableau 20 : Distributions des tailles de capture élevées à l'ensemble des domaines échantillonnés obtenues lors des campagnes de printemps et d'automne 2015 en rade de Brest (partie orientale dont estuaire de l'Aulne) et de mai, juin et septembre 2016 en estuaire de Loire.

Taille (cm)	Brest Print. 15	Brest Autom. 15	Loire Mai 16	Loire Juin 16	Loire Sept 16
5,5					185
6,5					
7,5		18	317		847
8,5	627	230	317	156	2541
9,5	2775	514	3166		4093
10,5	3673	598	17697		3714
11,5	1639	157	12030	2467	6819
12,5	330	85	12046	6309	3660
13,5	226	647	3166	3167	1655
14,5	1092	1281		2065	282
15,5	8025	2441	2216	576	1047
16,5	34083	2798	22729	1776	2337
17,5	43157	1861	85263	8149	12871
18,5	29726	943	173981	25448	47471
19,5	18098	242	79845	49604	29232
20,5	7882	1197	45228	39997	6962
21,5	7826	3885	18342	21614	4211
22,5	8476	4127	10745	14035	12405
23,5	15101	3306	14303	6686	44128
24,5	9264	1824	29334	3791	69466
25,5	10524	1015	16281	8462	52206
26,5	5257	935	54427	11545	25519
27,5	7552	864	53241	10403	11036
28,5	5580	1396	98312	15612	3963
29,5	4380	1051	67635	12926	5613
30,5	1106	865	18543	8865	6178
31,5	1843	1030	4920	4823	5798
32,5	2029	363	5221	3197	7604
33,5	676	300	5411	2261	2760
34,5	305	183	1282	954	1952
35,5	317	162	1218	1109	3408
36,5	307	160	1234	2776	1981
37,5	285	154	332	2873	1417
38,5	886	30		575	2191
39,5	555	54		428	764
40,5	458	60	1804	1306	
41,5	682	45	902		1923
42,5	433	398	332		
43,5	195	410	317	156	
44,5	336	15	902	156	
45,5	78	45		575	1159
46,5	122	24			555
47,5	24	0	317		
48,5	19	48			
49,5 et plus		929	3972	4230	2040

7. Proposition d'un réseau de suivi

Aujourd'hui, un seul suivi, le Solent Bass Survey, produit un indice annuel d'abondance en juvéniles de bar qu'utilise le GT bar du CIEM en charge du stock nord (WGCSE) pour ses évaluations (les captures de bars adultes réalisées dans le cadre de la CGFS sont également utilisées). Ce GT recommande depuis 2013 dans ses avis que d'autres suivis du même type que le Solent Bass Survey puissent être mis en œuvre dans les meilleurs délais par les Etats membres concernés car un seul suivi est insuffisant.

Pour le stock golfe de Gascogne, qui sera évalué pour la première fois en 2017, aucun indice d'abondance en juvéniles n'est produit, et une contribution de la France dans ce domaine est attendue.

Avant de proposer le développement d'un réseau de suivi, le présent projet prévoyait contractuellement de vérifier si les suivis déjà existants étaient susceptibles, ou non, de permettre de produire des indices annuels d'abondance en juvéniles de bar suffisamment robustes pour être utilisables en aide à la gestion.

Ces suivis ou réseaux déjà existants sont le réseau de la DCE « masses d'eau de transition » précité, ainsi que les suivis de l'Ifremer NourSom, NourSeine, NourVil, Solper..., qui, pour tout ou partie, seront très prochainement regroupés au sein du réseau de suivi de la DCSMM. Les suivis DCE sont conduits dans les « masses d'eau de transition », c'est-à-dire en zones estuariennes, depuis le zéro de salinité jusqu'au domaine euhalin, et couvrent donc parfaitement les zones de nourriceries à bar. Les suivis Ifremer sont par contre menés plus au large, en dehors des nourriceries proprement dites. Ils ne permettent que très peu de captures de juvéniles de bar et ne peuvent par conséquent être utilisés à des fins de production d'indices annuels en juvéniles de bars.

La question est donc de savoir si les données de la DCE peuvent être utilisables pour produire les indices d'abondance attendus. La réponse semble être négative, et ce pour trois raisons principales :

- Le premier problème posé par les données de la DCE est leur périodicité d'acquisition : les fréquences de suivi adoptées (3 années consécutives d'échantillonnage des estuaires retenus, suivies d'un arrêt complet durant 3 ans) empêchent la production d'un indice annuel par nourricerie,
- Le second est lié à l'utilisation de chaluts à perche qui ne sont pas adaptés à la capture des démersaux en général, et du bar en particulier. Les « intercomparaisons » réalisées entre le chalut GOV Bargip et le chalut à perche DCE de 1,50m en rade de Brest, ou le chalut à perche DCE de 3 m en Loire sont présentées en annexe 4. De l'analyse réalisée, il ressort que les chaluts à perche capturent très peu de juvéniles de bars, en fournissant des CPUE surfaciques de l'ordre de 5% de celles obtenues au moyen du GOV Bargip, et que la capturabilité semble chuter très rapidement avec la taille desdits juvéniles¹⁴ : l'échantillonnage conduit au final à une sous-estimation importante de la population de bar en place, et fournit des distributions de taille biaisées, et donc des ratios inter-cohortes inutilisables. Les captures d'individus des groupes 2 et plus sont anecdotiques au chalut à perche, ces juvéniles présentant des capacités d'évitement trop élevées pour être capturés au moyen de cet engin. Les chaluts à perche ne permettent donc pas de produire des évaluations d'abondance suffisamment robustes pour répondre aux objectifs du présent projet
- Enfin, le protocole DCE, dont l'objectif n'est pas de produire des indices d'abondance utilisables en gestion, repose sur des campagnes courtes (2 à 3 jours en général), ne permettant de réaliser que peu de traits (de 18 à 24 en général), trop peu pour

¹⁴ Ceci ressort lors de la comparaison des CPUE surfaciques « chalut à perche d'1,50 m/GOV Bargip », mais pas lors de celle réalisée avec le chalut à perche de 3 m, vraisemblablement du fait de données insuffisantes pour mener une réelle intercomparaison (Annexe 4).

caractériser de manière satisfaisante les abondances d'espèces aussi grégaires et mobiles que le bar (Cf. § 5.3.2)

De ce fait, il est nécessaire, si l'on veut disposer d'indices d'abondance utilisables en gestion, de mettre en œuvre un suivi spécifiquement dédié, reposant sur un protocole (méthodes, procédures, engin...) adapté.

L'idéal serait de pouvoir suivre l'ensemble des secteurs constituant des nourriceries sur chacune des deux façades. Les coûts des campagnes étant prohibitifs, seules les nourriceries les plus productives pourront être suivies.

Une première hiérarchisation des nourriceries en fonction de leur production en juvéniles peut être tentée à partir des seules données disponibles, i.e. celles de la DCE.

7.1. « Hiérarchisation » des nourriceries des façades Manche-Atlantique

Les données DCE sont stockées dans la base Pomet. Elles permettent de déterminer des CPUE surfaciques en juvéniles de bar qui peuvent ensuite être élevées à la surface globale de la masse d'eau (surface également disponible dans Pomet). On obtient ainsi une valeur d'abondance en juvéniles par site, ce qui permet une hiérarchisation des sites entre eux. Le Tableau 21 présente les abondances ainsi obtenues à partir des données des campagnes de « printemps » (d'avril à août) contenues dans la base Pomet transmise par l'Irstea fin novembre 2016.

Au-delà du caractère très imprécis de ces données, du fait de l'engin utilisé, parce que les différents sites n'ont pas été échantillonnés les mêmes années, et que tous les sites représentant des nourriceries potentielles à bar ne sont pas suivis (golfe du Morbihan, bassin d'Arcachon...) on peut retenir que :

- Pour le stock nord, les trois zones les plus productives seraient la baie du Mont St Michel, l'estuaire de Seine et l'estuaire de la rivière de Morlaix,
- Pour le stock Gascogne, les trois zones les plus productives seraient la Sèvre niortaise, l'estuaire de la Loire et l'estuaire de la Gironde.

Tableau 21 : hiérarchisation des nourriceries à bar des deux stocks « Nord » et « golfe de Gascogne » actuellement considérés par le CIEM. Hiérarchisation réalisée à partir des données halieutiques de la base DCE Pomot (données transmises fin novembre 2016 par l'IRSTEA et l'AE LB). Seules les campagnes de « printemps » (i.e. réalisées entre avril et août) sont prises en compte.

stock	Lieu	2 005	2 006	2 007	2 009	2 010	2 011	2 012	2 013	2 014	2 015	2 016	Moyenne	clasmt/stock
Nord	Somme		2 248		16 102								9 175	7
Nord	Seine aval		168 742			57 429	18 021	30 452					68 661	2
Nord	Orne		35 491			17 514	8 409		6 472	4 486		60 084	22 076	5
Nord	Baie des Veys		67 820			93 999	0	3 728	17 464	0		61 003	34 859	4
Nord	baie Mt St Michel		216 497			139 244	115 256	117 314	27 166	62 477		129 197	115 307	1
Nord	Rance							0	696				348	11
Nord	Trieux			2 128				872	0	669			917	10
Nord	Morlaix			51 951	3 709	41 812	80 464	28 214	128 767				55 820	3
Nord	Aber Wrac'h			0				4 302	15 445	730			5 119	9
Nord	Elorn			592					10 070	15 904			8 855	8
Nord	Aulne			11 845							23 224	21 517	18 862	6
Gascogne	Goyen			0								0	0	15
Gascogne	Pont l'Abbe							0	919	0			306	13
Gascogne	Odet											0	0	15
Gascogne	Aven							0	496	0			165	14
Gascogne	Belon							0	2 237	0			746	12
Gascogne	Laita				1 275	737	263						759	11
Gascogne	Scorff			254				126	2 396	11 102			3 469	9
Gascogne	Blavet			0	1 384	607	636	1 036	2 628	32 393			5 526	7
Gascogne	Vilaine			27 362	84 602	45 334	7 843						41 285	4
Gascogne	Loire				88 883	143 399	83 431	0	26 901			70 364	68 830	2
Gascogne	Lay							5 885	17 860	1 478			8 408	5
Gascogne	Sevre Niortaise			103 197	7 390	497 574	51 560						164 930	1
Gascogne	Charente	6 822			4 587	4 029	2 893					2 712	4 209	8
Gascogne	Seudre	0			0	11 126	0					21 707	6 567	6
Gascogne	Gironde aval					125 533	5 521					5 052	45 369	3
Gascogne	Gironde externe						0						0	15
Gascogne	Adour aval	805			4 395	0	0					768	1 193	10
Gascogne	Bidasoa	0			0	0	0					0	0	15

NB : cette hiérarchisation doit être considérée avec précautions, du fait de l'engin d'échantillonnage utilisé (chalut à perche non adapté à la capture des juvéniles de bar), des fréquences d'échantillonnage, mais aussi parce que tous les sites représentant des nourriceries potentielles à bar de sont pas suivis dans le cadre de la DCE : on peut par exemple citer le golfe du Morbihan, ou encore le bassin d'Arcachon..., ou toutes les zones de plages et de fond de baies abritées dont on sait qu'elles hébergent également des juvéniles de bars. En outre, si l'on prend en compte les campagnes DCE d'automne plutôt que celle de printemps, les classements apparaissent quelque peu différents : la baie de somme arrive en seconde position dans le nord, et l'estuaire de la Gironde sort du classement dans le sud.

7.2. Proposition d'un réseau de suivi

Les sites à suivre sont *a priori* ceux qui ont été listés comme étant les plus productifs. L'estuaire de la Sèvre niortaise et la baie du Mont St Michel présentent des difficultés opérationnelles d'échantillonnage au moyen du chalut GOV Bargip (18 m d'écartement entre les panneaux), et nous proposons par conséquent plutôt de retenir les 3 estuaires majeurs français pour un suivi *a minima* :

- Estuaire de la seine pour le « stock nord » afin de compléter le Solent Bass Survey,
- Estuaires de la Loire et de la Gironde pour le « stock Gascogne ».

L'échantillonnage de ces 3 sites devrait nécessiter en première approche de l'ordre de 24 jours de campagne par an en routine (8 jours par site pour la réalisation de 70 à 80 traits), mais demandera un effort plus conséquent la première année du fait de la « découverte » des estuaires de la Seine et de la Gironde (12 jours la première année sur chacun de ces deux sites).

Ces 3 nourriceries seront à échantillonner lors des marées de mortes eaux (limitation des courants de marée) comprises entre mai et septembre de chaque année. Chaque site devra être échantillonné à la même période chaque année. Cette période sera déterminée une fois pour toute en fonction des caractéristiques hydrologiques de chacune de zones (et notamment du positionnement du zéro de salinité et de la possibilité d'y réaliser un trait en fonction du débit des fleuves et de l'amplitude des marées), ainsi que des activités dont elles sont le siège (tourisme, zones portuaires, arts dormants, collecteurs...). Une attention particulière devra également être portée aux éventuels développements algaux dans les parties aval des différents secteurs.

Les coûts prévisionnels d'un tel réseau seraient de l'ordre de 220 K€ en première année (pour un total de 32 jours de campagne, et sans marquage conventionnel de juvéniles), puis de l'ordre de 170 K€ en routine ensuite (pour 24 jours de mer)¹⁵.

Un investissement, *a priori* de l'ordre de 50 K€, dans des capteurs d'écartement des pointes d'ails et d'ouverture verticale du chalut sera également à envisager dès que de tels capteurs « miniaturisés » seront disponibles.

¹⁵ On peut également envisager une montée en puissance du réseau en échantillonnant 2 sites en année 1 (Loire et Seine par exemple) pour un total de 20 jours de mer (≈ 140 K€), et les 3 à partir de l'année 2 : 28 jours de mer (≈ 200 K€) en année 2, puis 24 jours de mer les années suivantes (≈ 170 K€).

8. Données biologiques relatives aux juvéniles et adultes de bar

Des juvéniles et des adultes de bar ont été ramenés au laboratoire en vue de mensurations, pesées et prélèvements à l'issue des campagnes menées en rade de Brest (6 points de prélèvement répartis sur les strates « Banquette » (= platier) et « Estuaire » ; Figure 31) en 2014 et 2015. D'autres juvéniles, prélevés par le PNMI (Parc Naturel Marin d'Iroise) à la senne de plage en 2013 et 2015 en baie de Douarnenez ont également été mis à notre disposition (2 points de prélèvement ; strate « Plage »).

Ces prélèvements, dissections et analyses ont permis de produire un ensemble de données biologiques relatives aux bars de la « pointe de Bretagne » (regroupement des données rade de Brest et baie de Douarnenez) : rapport longueur totale/longueur à la fourche, courbe taille/poids, courbe de croissance, indices de condition, contenus stomacaux...

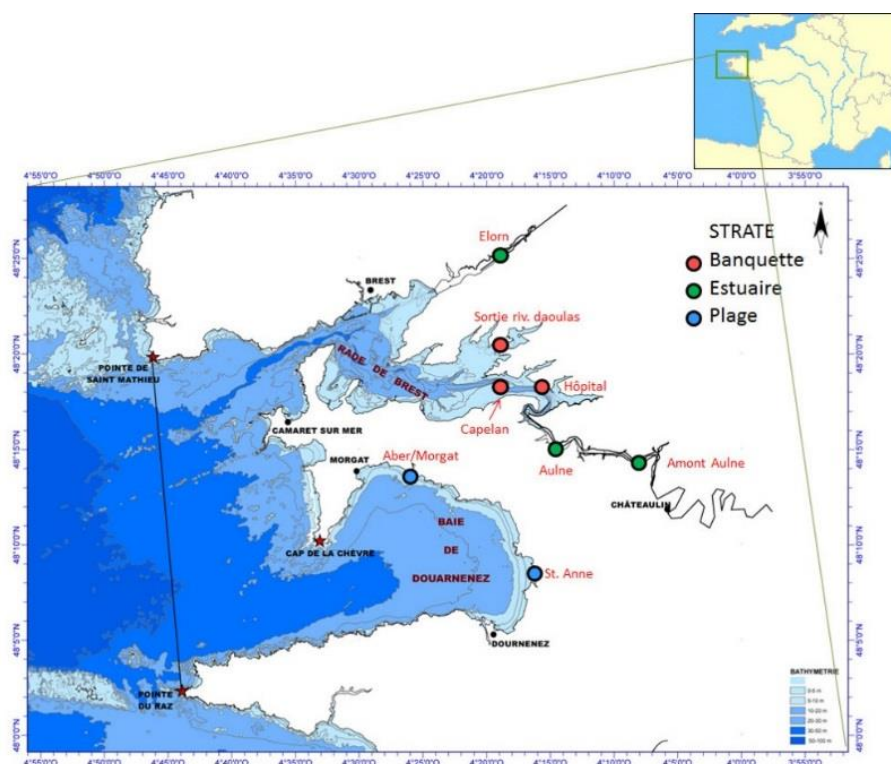


Figure 31 : localisation des stations de prélèvement de bars en rade de Brest et en baie de Douarnenez à des fins d'analyses biologiques de 2013 à 2015 (Villanueva et al 2016).

A l'occasion de chacune des campagnes menées en Loire en 2016, des prélèvements d'écailles ont été réalisés (424 au total) dans le but d'y établir une courbe de croissance. Des prélèvements de contenus stomacaux ont également été réalisés (215), mais ne seront analysés qu'ultérieurement.

Les résultats obtenus ont été publiés sous la forme d'un rapport (Villanueva et al, 2016) dont sont extraits plusieurs paragraphes du présent chapitre.

8.1. Matériel et méthode

8.1.1. Conservation et biométrie

A l'issue de chaque trait (ou de coup de senne de plage), les poissons conservés sont étiquetés et congelés. Au laboratoire, la longueur totale est mesurée au mm inférieur et les pesées sont réalisées au gramme près. Chaque individu est sexé quand cela est possible à partir de critères visuels uniquement (sinon l'individu est classé en « indéterminé ») et sa maturation est estimée sur la base de la clé de Pawson et Pickett (1996). Des écailles sont prélevées pour détermination de son âge. Son estomac est prélevé par section du tube digestif au niveau de l'œsophage et de la valvule pylorique, puis conservé à l'éthanol à 95% en vue de l'analyse du régime alimentaire.

Certains individus ont également fait l'objet d'une double mensuration « Longueur totale » vs « Longueur à la fourche ». La longueur totale L se mesure de la pointe du museau à l'extrémité de la nageoire caudale, et la Longueur à la fourche L_f de la pointe du museau au « V » de la caudale. Cette double mensuration a eu pour objectif d'établir la relation entre les deux types de mesure de façon à pouvoir comparer les tailles des suivis Bargip (et de tous ceux que conduit l'Ifremer : mesure de la longueur totale) avec ceux de la DCE dont le protocole retient la mesure à la fourche.

8.1.2. Relations poids-longueurs

La relation entre la longueur totale des poissons et leur poids est en général de type exponentiel. Elle est représentée par la relation de Le Cren (1951).

$$P = aL^b \quad (1)$$

où P est le poids total du poisson en grammes, L sa longueur totale en cm et a et b sont des paramètres caractéristiques de l'espèce (et de son milieu de vie).

Par transformation logarithmique, on obtient la relation linéaire :

$$\log P = \log a + b \log L \quad (2)$$

Cette transformation permet de réduire la variabilité et d'homogénéiser les deux variables (P et L). Le coefficient a représente l'ordonnée à l'origine de la droite de régression et le coefficient b la pente. La croissance est dite isométrique quand $b = 3$. Sinon, elle est qualifiée d'allométrique (Ricker 1980). Les relations poids-longueurs ont été établies selon le sexe, la taille, la période de capture et l'habitat (= strate de capture).

8.1.3. Estimation des facteurs de condition

Le facteur ou coefficient de condition K de Fulton est défini par le rapport entre le poids et la taille du poisson. Pour cette étude, la formule de Froese (2006) est utilisée :

$$K = \left(\frac{P}{L^3}\right) \times 100 \quad (3)$$

où P est le poids total du poisson en grammes et L sa longueur totale en cm.

8.1.4. Examen des contenus stomacaux

Au moment de l'analyse, chaque estomac est pesé entier, puis ouvert, vidé de son contenu par lavage au-dessus d'une boîte de Pétri. Deux constats visuels sont alors réalisés, portant sur :

- l'importance du remplissage de l'appareil digestif, en utilisant une échelle de zéro (estomac vide) à cinq (plein),
- l'état des proies, en utilisant une échelle de zéro (digestion très avancée) à cinq (proies entières, très peu digérées).

Les différentes proies sont ensuite examinées à la loupe binoculaire, identifiées, comptées et mesurées. L'identification est faite jusqu'au plus haut groupe taxonomique possible. En raison des différents degrés de digestion, seules quelques proies ont été identifiées au niveau de l'espèce. Par souci de cohérence dans nos analyses, nous avons simplifié les déterminations et fondé nos estimations sur des « groupes », ou « types » de proies.

- Pourcentages calculés

La méthode mixte proposée par Hureau (1966) qui tient en compte à la fois du nombre et du poids des espèces-proies traduit le mieux l'importance des différentes proies au sein du bol alimentaire.

1. Le pourcentage en nombre (C_n) est le rapport en pourcentage entre le nombre de proies d'un même type (P) et le nombre total (N_p) des diverses proies ingérées.

$$\%C_n = P \times \frac{100}{N_p} \quad (4)$$

2. Le pourcentage en poids (C_p) est le rapport en pourcentage entre le poids de proies d'un même type (P) et le poids total (P_p) des diverses proies ingérées.

$$\%C_p = P \times \frac{100}{P_p} \quad (5)$$

3. Le pourcentage de la fréquence d'occurrence des proies (F) est le rapport entre le nombre d'estomacs contenant un type de proie (E_p) et le nombre d'estomacs non vides (E_f) examinés

$$\%F = 100 \times \frac{E_p}{E_f} \quad (6)$$

Pour cette étude, $\%C_n = \%N$; $\%F = \%OC = 100f$; $\%C_p = \%P$.

- Indices utilisés pour l'analyse des contenus stomacaux

Plusieurs coefficients et indices ont été utilisés (Bowen 1996 ; Cortés 1997 ; Hyslop 1980 ; Pope et al. 2001) :

1. Le coefficient de vacuité (V) est le pourcentage d'estomacs vides (E_v) par rapport au nombre total d'estomacs examinés (N) :

$$V = E_v \times \frac{100}{N} \quad (7)$$

2. Le nombre moyen des proies (N_m) par estomac est le rapport entre le nombre total (N_p) des proies ingérées et le nombre total d'estomacs non vides (N') :

$$N_m = \frac{N_p}{N'} \quad (8)$$

3. L'indice de fréquence f d'une proie i est le rapport entre le nombre (n) de poissons dont l'estomac contient cette proie et le nombre d'estomacs non vides (N') examinés :

$$f = \frac{n}{N'} \quad (9)$$

Cet indice permet de connaître les préférences alimentaires de l'espèce. Selon leur indice de fréquence, les différents groupes de proies sont classés en 3 catégories :

Proies préférées : $f > 0,5$ (50%)
 Proies secondaires : (10%) $0,1 \leq f \leq 0,5$ (50%)
 Proies accidentelles : $f < 0,1$ (10%)

Les proies préférées définissent le type de régime alimentaire. Les proies secondaires constituent une nourriture d'appoint et les proies accidentelles n'ont pas de signification particulière dans le régime.

4. Le coefficient alimentaire

$$Q = C_n \times C_p \quad (10)$$

5. Relation coefficient alimentaire-fréquence

$$Q - F \quad (11)$$

6. L'indice d'importance relative (IRI) des proies, initialement proposé par Piankas et al (1971), a été modifié par Hacunda (1981). C'est un indice composite qui décrit la contribution relative d'une proie (ou d'un type de proies) dans l'alimentation (Cortés 1997; Cortés 1998).

$$IRI = (\%N + \%P)\%F \quad (12)$$

7. %IRI est la valeur d'IRI normalisé à 100 % (Cortés 1998).

$$100 \times IRI_i \sum_{i=1}^n IRI_i \quad (13)$$

8. Le *Main food item* (MFI) ou nourriture principale est estimé à partir d'une formule proposée par Zander (1982).

$$MFI = \sqrt{\left(\frac{\%F + \%N}{2}\right)} P \quad (14)$$

- Ratio de taille prédateur-proie

Des histogrammes de fréquence relative de ratios entre la taille des prédateurs (i.e. les bars) et la taille de leurs proies (RTPPs) ont été générés selon l'équation suivante :

$$RTPP = \frac{Lt_{prédateur}}{Lt_{proie}} \quad (15)$$

Où $Lt_{prédateur}$ est la longueur totale de prédateur et Lt_{proie} est la longueur totale de proie (Scharf et al. 2000).

- Les analyses statistiques

Vu le nombre d'individus échantillonnés, la normalité des données collectées a été vérifiée par une inspection visuelle (histogramme, Q-Q plot) et par des tests de significativité qui comparent la distribution d'un échantillon donné à celle de la loi normale et renvoie une p -value.

Des analyses de variance (ANOVA) ont été utilisées pour comparer les mesures morphométriques (relation taille-poids) entre les sous-échantillons correspondant, d'une part aux sexes et aux âges (juvéniles et adultes) et, d'autre part, aux habitats (strates) et aux moments de capture (saisons). Cette analyse évalue l'importance de la corrélation entre la taille et le poids. Le coefficient b de chaque sous-échantillon a été testé par le test-t de Student pour vérifier s'il est significativement différent de la croissance isométrique pour laquelle $b=3$ (Sokal and Rohlf 1989). Le test d'homogénéité des pentes (ou test de parallélisme) contenu dans les Modèles Linéaires Généralisés (GRM) développés sur le logiciel R (R_Core_Team 2015) a été utilisé pour comparer les pentes des droites de régression ainsi que les ordonnées à l'origine lorsque celles-ci ont les mêmes pentes. La comparaison des ordonnées à l'origine pour deux droites ayant la même pente permet de voir si elles sont superposées ou parallèles entre elles.

Les différences statistiques dans la composition du régime alimentaire selon l'âge, le sexe, l'habitat et la saison ont été évaluées par une analyse de la variance par rangs (test Kruskal-Wallis). La variation de remplissage des estomacs a également été testée par un test du chi-carré (X^2) sur un tableau de contingence du nombre d'estomacs (Zar 1999).

8.1.5. Analyse de la structure du jeu de données

204 individus ont été échantillonnés, 27 en 2013, 65 en 2014 et 112 en 2015. La répartition par trimestres et mois est donnée par la Figure 32.

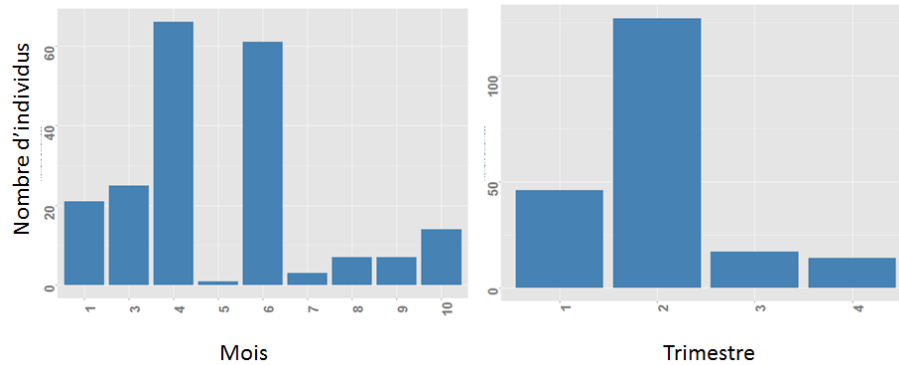


Figure 32 : Individus échantillonnés par mois (gauche) et par trimestre (droite) (Villanueva et al 2016).

Les tailles des individus sont comprises entre 7,5 à 57,5 (Figure 33). Les déterminations d'âge (lectures d'écaillés) et l'examen des gonades montrent que certains des individus prélevés ne sont plus des juvéniles, mais des adultes : seuls ceux des groupes G1 à G5 sont considérés comme des juvéniles (taille < 40cm), et les autres comme des adultes pour la suite de l'analyse.

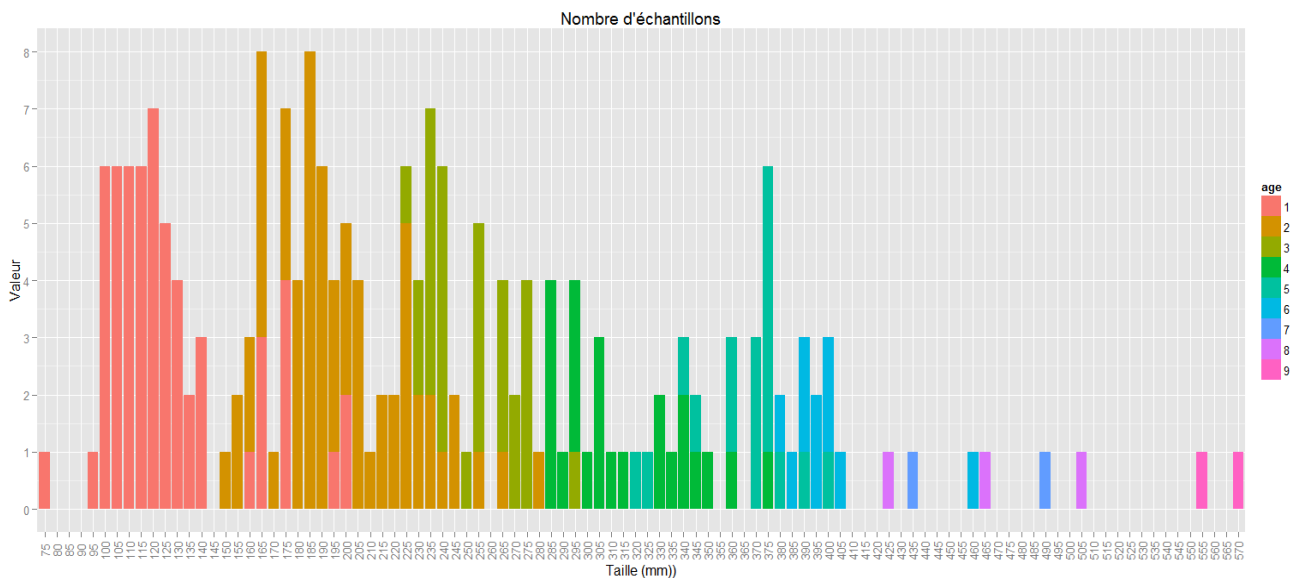


Figure 33 : Distribution des tailles et âges des individus échantillonnés en rade de Brest et en baie de Douarnenez (Villanueva et al 2016).

Sur les 204 individus, 34 (17 %) étaient des femelles, 48 (23 %) des mâles et 122 (60 %) des « indéterminés » (Figure 34). Leurs tailles moyennes, maximales et minimales sont synthétisées par le Tableau 22. Au sein de l'échantillon, la taille moyenne des femelles est légèrement plus élevée que celle des mâles (33.5 vs 30.6 cm). La taille moyenne des individus dont le sexe est indéterminé est de 17,4 cm.

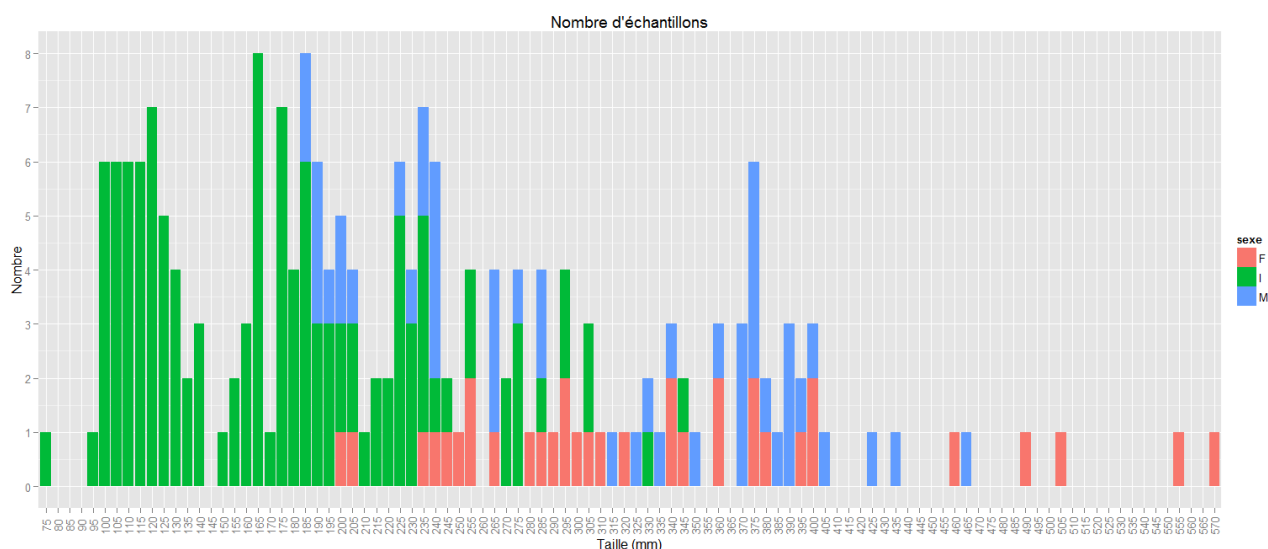


Figure 34 : distributions des tailles des mâles, femelles et indéterminés au sein de l'échantillon (Villanueva et al 2016).

Tableau 22 : Tailles moyennes (L_t en cm), maximales, minimales et nombre total d'individus retenus pour la production de paramètres biologiques (Villanueva et al 2016).

	Paramètres	
	Moyenne L_t (cm)	N ($L_{t_{max}}$; $L_{t_{min}}$)
Femelle	33,53 (\pm 9,36)	34 (57,0 ; 20,0)
Mâle	30,60 (\pm 8,20)	48 (46,5 ; 18,5)
Mâle + Femelle	31,84 (\pm 8,78)	82 (57,0 ; 18,5)
Indéterminé	17,40 (\pm 5,93)	122 (34,5 ; 7,5)
Global	23,24 (\pm 10,11)	204 (57,0 ; 7,5)

Note : N est le nombre d'individus ; L_t est la longueur totale en cm.

Sur les 82 individus dont le sexe a pu être identifié, le stade de maturation sexuelle a été évalué (Figure 35) en se référant à la clé de Pawson et Pickett (1996).

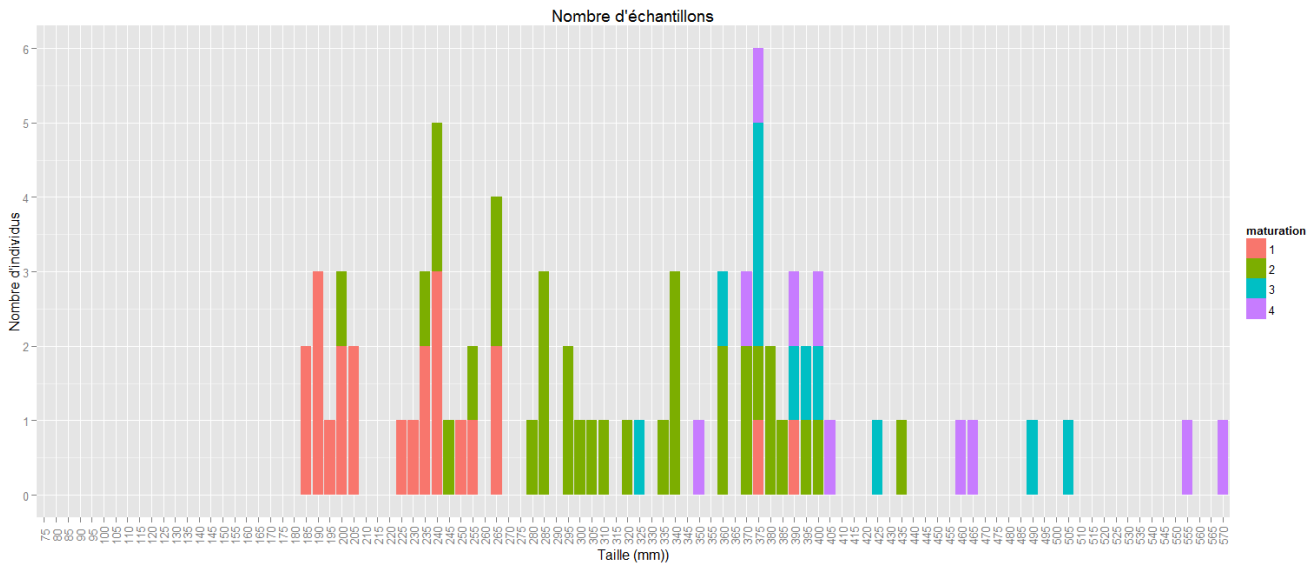


Figure 35 : Distribution des tailles (mâles et femelles cumulés) selon le stade de maturation sexuelle au sein de l'échantillon des individus sexés (Villanueva et al 2016).

La distribution de tailles en fonction de la saison de capture est donnée par la Figure 36.

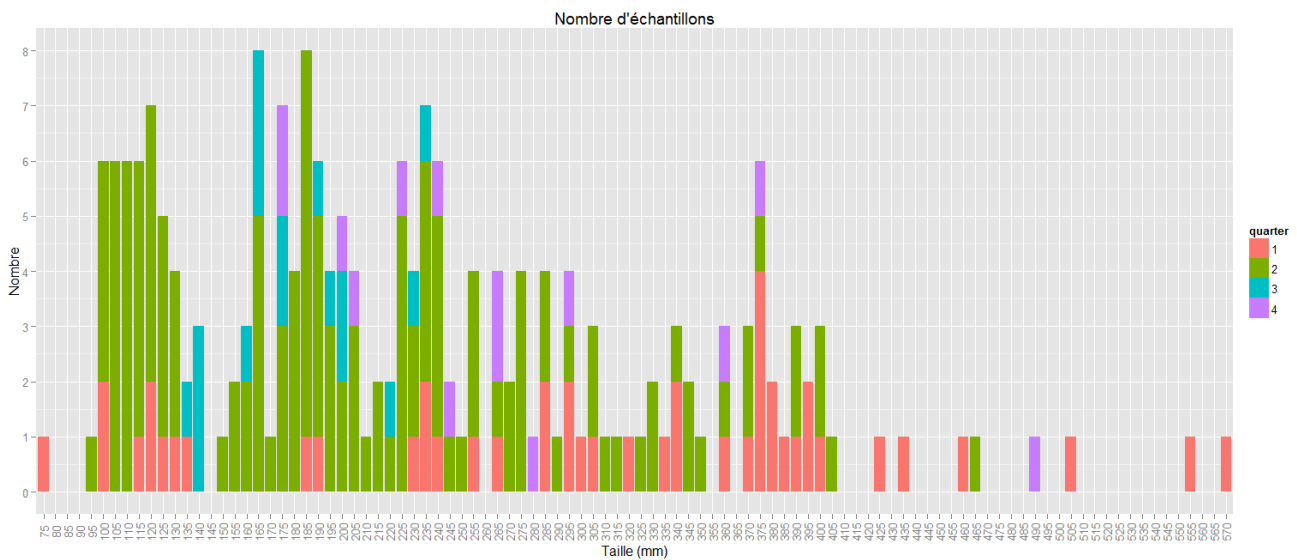


Figure 36 : distribution des tailles des bars selon la saison. 1 = premier trimestre, de janvier à mars ; 2 = avril-juin ; 3 = juillet-septembre et 4 = octobre-décembre (Villanueva et al 2016).

L'échantillon n'est pas homogène. Au premier trimestre, la plage de tailles s'étend de 7 à 57 cm alors qu'elle ne s'entend que de 13 à 23.5 cm au 3^{ème} trimestre.

La répartition par « habitat » (= strate) est donnée par la Figure 37.

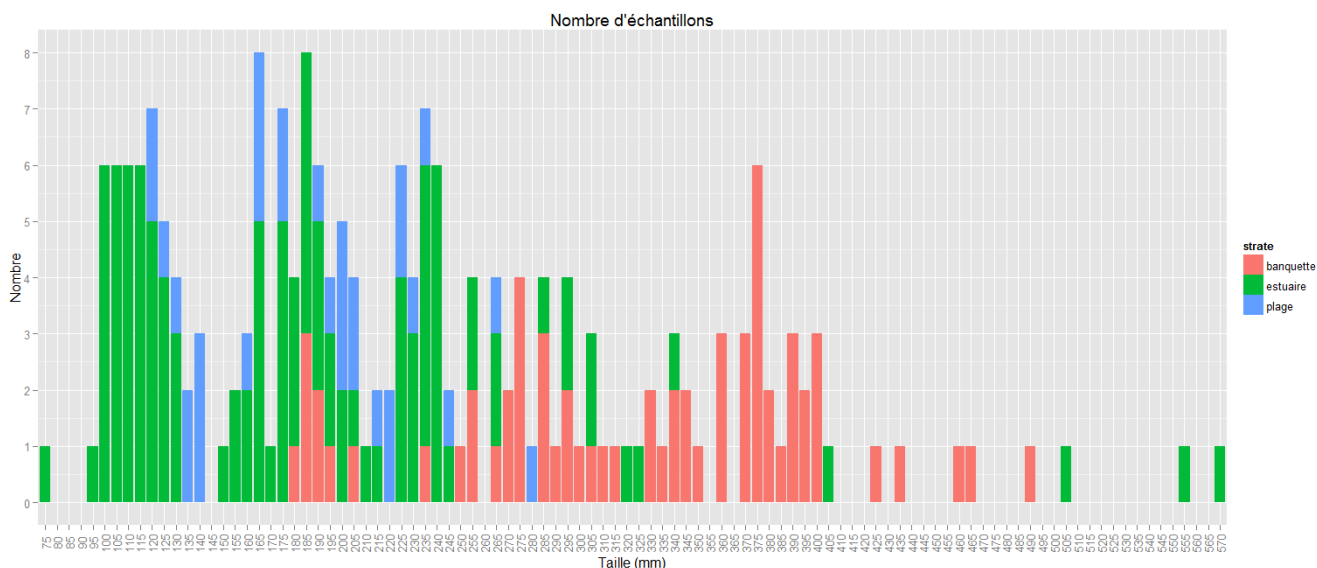


Figure 37 : Répartition des tailles des individus retenus au sein de l'échantillon par strate (ou habitat) (Villanueva et al 2016).

L'échantillon de la strate « Plage » s'étend de 12 à 28 cm, contre 18 à 49 cm sur la strate Banquette et 7 à 57 cm au sein de la strate Estuaire

Au final, la structure de l'échantillon présente une certaine hétérogénéité, et une analyse de variance (ANOVA) a systématiquement été réalisée afin de comparer les données entre les différents sous-échantillons constitués par les sexes, l'âge, les différents habitats et les saisons lors des traitements présentés dans les § qui suivent.

8.2. Rapport « Longueur totale/longueur à la fourche »

Sur la plage de tailles pour lesquelles une double mensuration Longueur totale/longueur à la fourche a été réalisée (152 juvéniles de bar de 25 à 249 mm de Longueur totale), les longueurs totales L et les longueurs à la fourche L_f sont très fortement corrélées ($r^2 = 0.9994$; Figure 38), et l'équation les reliant est :

$$L_f = 0.9345L + 0.2405 \quad (\text{avec } L \text{ et } L_f \text{ en mm})$$

Cette relation a servi à transformer les données de la DCE dont le protocole retient des mensurations à la fourche.

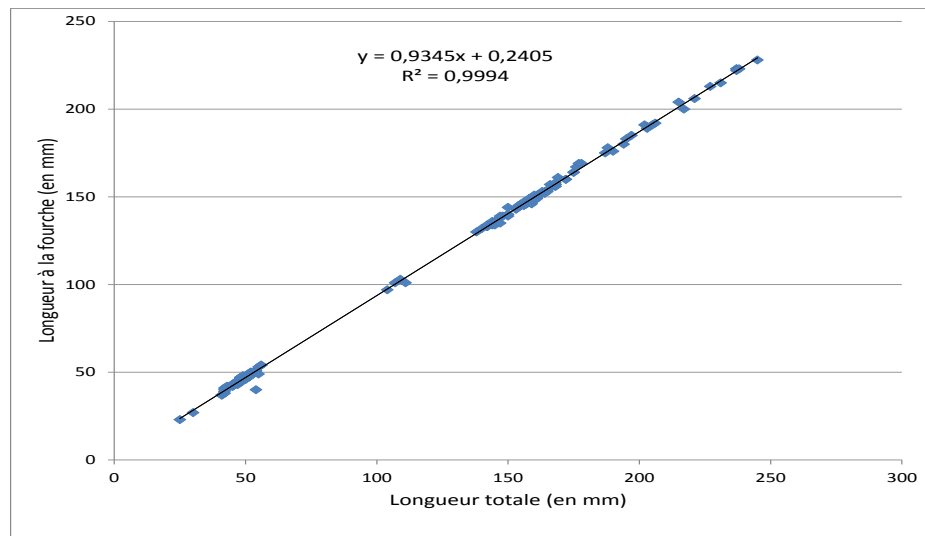


Figure 38 : longueur à la fourche (en mm) des juvéniles de la pointe de Bretagne en fonction de leur longueur totale (en mm) et équation reliant les deux types de mesures.

8.3. Relation taille/poids chez les juvéniles de la pointe de Bretagne

Le rapport taille/poids joue un rôle important dans l'étude de la croissance, ou du taux d'alimentation, de l'adiposité, du début de la maturation sexuelle, du développement des gonades et du bien-être général du poisson (Le Cren, 1951; Pauly, 1993). La relation taille-poids peut en effet être affectée par différents facteurs comme l'habitat, la zone, la saison, le remplissage de l'estomac, le stade de maturité, le sexe, l'état de santé de l'individu, les techniques de préservation... (Barnabé 1980a et b; Dorel 1986; Tesch 1971; Wootton 1998).

Pour l'établissement de la relation taille/poids, l'ensemble du jeu de données a été utilisé (i.e. les 204 individus). La relation taille/poids a été déterminée :

- par ajustement direct,
- et après passage Log-Log.

Les résultats obtenus, forts proches, sont donnés par la Figure 39 et le Tableau 23.

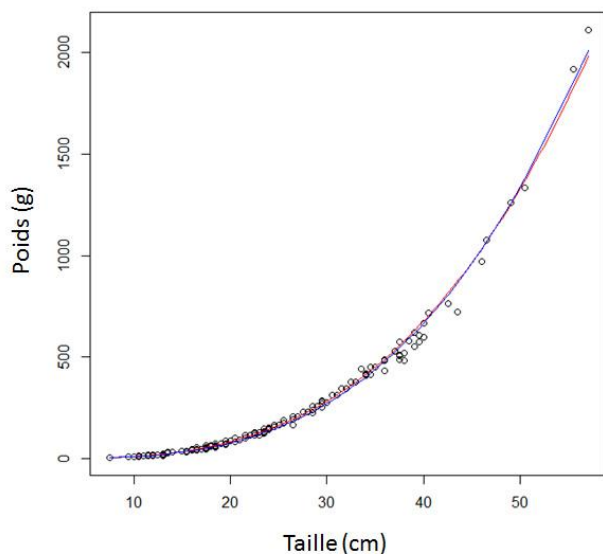


Figure 39 : Relation taille-poids des juvéniles et adultes de bar échantillonnés en rade de Brest et en baie de Douarnenez de juin 2013 à mai 2015. La courbe rouge résulte de l'ajustement taille-poids linéaire par passage log-log. La courbe bleue résulte de l'ajustement taille-poids non linéaire brut (Villanueva et al 2016).

Tableau 23 : Relations entre le poids total (en g) et la longueur totale (en cm) dans l'échantillon de bars (juvéniles et adultes) récolté à la pointe de Bretagne (rade de Brest et baie de Douarnenez) (Villanueva et al 2016).

Paramètre	N	a	Er std a	b	Er std b	r ²	p-value
SEXE							
Mâle	48	0,016	0,112	2,861	0,033	0,994	0,0001***
Femelle	34	0,012	0,135	2,955	0,039	0,996	0,2492**
M+F	82	0,015	0,086	2,901	0,025	0,994	0,0002***
Indéterminé	122	0,008	0,081	3,099	0,029	0,990	0,0008**
STADE_VIE							
Juvenile	187	0,009	0,054	3,049	0,018	0,994	0,0065**
Adulte	17	0,003	0,419	3,352	0,111	0,983	0,0063**
STRATE							
Banquette	65	0,018	0,100	2,834	0,029	0,993	<0,0001***
Estuaire	107	0,008	0,063	3,074	0,022	0,995	0,0009**
Plage	32	0,006	0,256	3,180	0,088	0,977	0,0494*
TRIMESTRE							
1 (jan à mars)	46	0,008	0,103	3,073	0,031	0,996	0,0234*
2 (avr à juin)	127	0,009	0,055	3,064	0,018	0,996	0,0006***
3 (juil à sep)	17	0,014	0,176	2,913	0,061	0,993	0,1761**
4 (oct à déc)	14	0,010	0,216	3,012	0,066	0,994	0,8570**
TOTAL	204	0,007	0,047	3,117	0,015	0,995	0,0506**

Note : N est le nombre d'individus ; a est l'ordonnée à l'origine de la droite de régression, b est la pente de la droite de régression ; Er Std est l'erreur standard, r² est le coefficient de corrélation ; p-value produite via le t-test de student associé à l'hypothèse nulle (b=3).

Nous obtenons donc, pour l'ensemble de l'échantillon, un coefficient a de 0.007 et un coefficient b de 3.117. (Tableau 23). Cette valeur du coefficient b indique une croissance positivement allométrique (Ricker, 1980 ; Reidel et al., 2007). Ces valeurs sont légèrement différentes des valeurs estimées par Dorel (1986) qui obtient 0,012 pour le coefficient a et 2,954 pour le coefficient b sur les bars pêchés dans le golfe de Gascogne et en Manche à deux saisons différentes (juin et novembre).

Les sous-échantillons sexe, stade de vie, saison et habitat n'étant pas homogènes (test d'homogénéité de pentes, p < 0,01), il est judicieux de déterminer les coefficients a et b pour chacun des sous-échantillons (Tableau 23). Ces coefficients diffèrent d'un sous-échantillon à l'autre, mais la

taille des sous-échantillons ne permet pas de conclure de manière définitive quant à des différences intergroupes.

Il faudra poursuivre l'acquisition de donnée afin de préciser si des différences significatives existent. En l'attente, et avant de disposer d'un échantillonnage plus conséquent, la relation taille-poids chez le bar de la pointe de Bretagne serait du type :

$$\text{Poids} = 0.007 (L)^{3.117} \quad (\text{avec } P \text{ en grammes et } L \text{ en cm})$$

8.4. Facteur de condition

Le coefficient de condition (K) est un paramètre quantitatif estimé sur la base des données longueur-poids qui indique l'état de bien-être, l'état de santé, des poissons et qui « permet d'appréhender le succès présent et futur de la population par son influence sur la croissance, la reproduction et la survie » (Tesch 1968). Il peut être affecté par un certain nombre de facteurs tels que le sexe, la saison, la disponibilité en aliments, et d'autres paramètres de qualité de l'eau (Mohanty et al. 2014 ; Schnitzler et al. 2011).

Les résultats obtenus à partir de l'échantillon disponible sont donnés Figure 40 et Tableau 24.

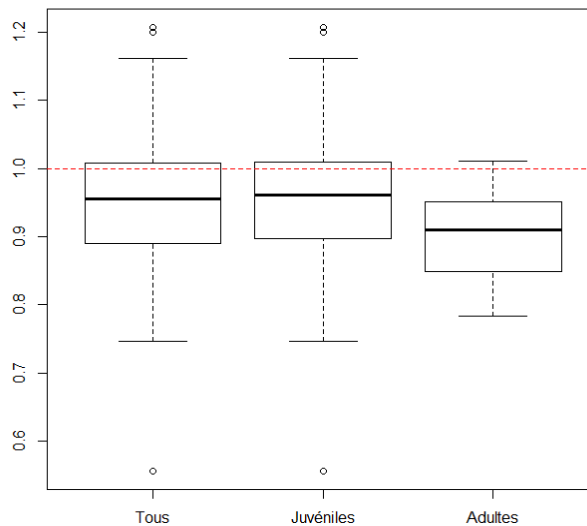


Figure 40 : Box-plot de facteur de condition (K) chez les bars selon le stade de vie en rade de Brest et en baie de Douarnenez (Villanueva et al 2016).

Tableau 24. Coefficients de condition K moyens par sexe des bars échantillonnés de juin 2013 à mai 2015 (toutes les saisons et tous les habitats confondus) en rade de Brest et en baie de Douarnenez (Villanueva et al 2016).

Mâle		Femelle		Mâle + Femelle		Indéterminés		Tous	
Moy	ET	Moy	ET	Moy	ET	Moy	ET	Moy	ET
0,902	0,069	0,895	0,052	0,899	0,062	0,904	0,095	0,903	0,085

Note : Moy = Moyenne ; ET = écart type

La valeur globale de K ($0,903 \pm 0,085$) obtenue dans la présente étude est proche de 1 indiquant une bonne condition des poissons. Les juvéniles présentent des coefficients de conditions significativement plus élevés ($p < 0,01$) que les adultes : valeurs moyennes de $K = 0,955 \pm 0,089$ pour les juvéniles contre $0,904 \pm 0,063$ pour les adultes (Figure 35). A partir de l'échantillon utilisé, nous constatons également que les strates de provenance des poissons ont un effet hautement significatif ($p < 0,01$) sur le facteur de condition : les K moyens les plus élevés sont obtenus sur la strate Plage (baie de Douarnenez ; $K = 0,946 \pm 0,095$) tandis que les valeurs estimées pour les strates banquette ($0,897 \pm 0,066$) et estuaire ($0,892 \pm 0,087$) apparaissent similaires mais inférieures. La saison joue également un rôle significatif ($p < 0,05$) sur les valeurs du facteur de condition : le K moyen est maximal au 3^{ème} trimestre (de juillet à septembre), passe par des valeurs intermédiaires pendant les trimestres 2 ($0,901 \pm 0,079$) et 4 ($0,903 \pm 0,062$) et est à son minimum pendant le 1^{er} trimestre ($0,840 \pm 0,088$).

Pour conclure, il ne s'agit là que de résultats préliminaires, obtenus à partir d'un échantillon peu important, et relativement hétérogène, mais l'intérêt du coefficient de Fulton incite à recommander son utilisation dans le cadre des suivis futurs. La production de cet indice ne nécessite pas l'euthanasie des individus : une mesure précise de leurs longueurs et poids individuels suffit (même si des pesées précises en mer sont parfois difficiles à réaliser).

NB : dans le cadre des opérations de marquage des bars adultes du présent projet, l'indice de condition est systématiquement déterminé avant marquage, et si cet indice est $< 0,8$, le poisson est jugé trop faible pour être marqué.

8.5. Courbes de croissance

8.5.1. Courbe de croissance « Pointe de Bretagne » (rade de Brest et baie de Douarnenez)

473 bars juvéniles et adultes prélevés entre le 07/08/2013 et le 04/12/2015, en rade de Brest et en baie de Douarnenez (mis à disposition par le PNMI) ont été mesurés au mm (longueur totale), et leur groupe d'âge a été déterminé par scalimétrie. Les tailles s'échelonnent de 41 mm à 770 mm, et les groupes d'âge vont du groupe 0 au groupe 17.

La date de naissance de tous ces individus a été fixée arbitrairement au 1^{er} mars de chaque année. Les paramètres de l'équation de von Bertalanffy ont été déterminés via un solveur développé sous Excel mis à disposition par S. Fifas, STH/Ifremer.

L'équation de von Bertalanffy est du type $L(t) = L_{inf} * (1 - \exp(-k * (t - t_0)))$

Où $L(t)$ est la longueur totale au temps t (exprimée en mm) ; L_{inf} est la longueur asymptotique ; k est un paramètre qui dépend de l'espèce et du lieu.

Les résultats obtenus sont donnés par la Figure 41 . Le meilleur ajustement est obtenu avec L_{inf} fixée à 945 mm. On obtient alors $K = 0,099$ et $t_0 = - 0,15$.

L'équation retranscrivant la croissance des bars de la pointe de Bretagne est donc :

$$L(t) = 94.5 * (1 - \exp(-0.099 * (t + 0.15))) \quad (\text{avec } L \text{ en cm et } t \text{ en années})$$

Parmi les équations retenues par le CIEM pour la croissance du bar, celle qui s'ajuste le mieux à nos données est celle proposée pour la Manche Est (CIEM 7 D) ; celle actuellement utilisée pour la Manche ouest (7 E) est moins ajustée (Figure 41).

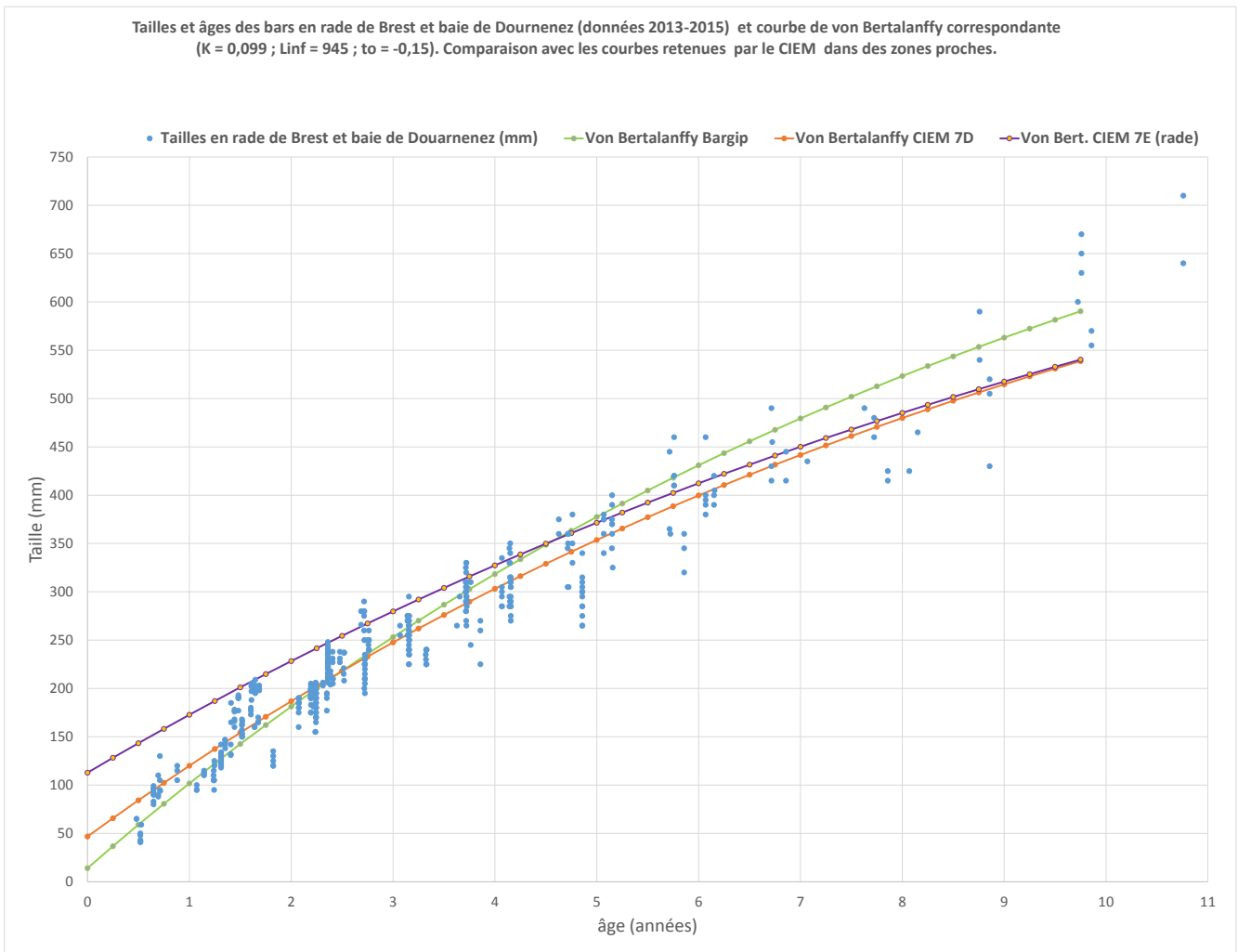


Figure 41 : taille en fonction de l'âge (sur les 11 premières années uniquement) des bars échantillonnés en rade de Brest et en baie de Douarnenez de 2013 à 2015 ; Courbes de von Bertalanffy : en vert, courbe déterminée à partir des données acquises dans le cadre du présent projet ; en mauve, courbe retenue par la CIEM pour la croissance des bars en Manche ouest ; en orange, courbe retenue par le CIEM pour la croissance des bars en Manche est.

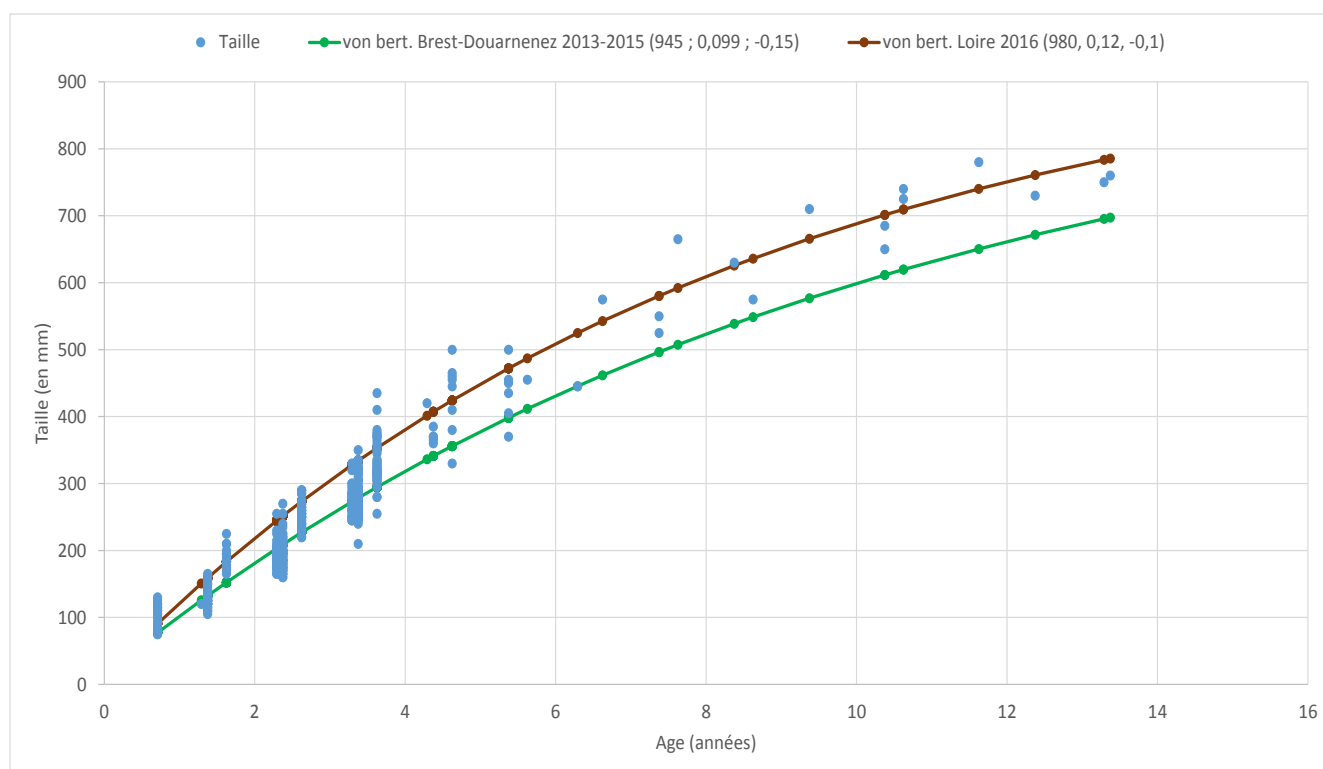
8.5.2. Courbe de croissance à partir de l'échantillonnage réalisé en estuaire de Loire

Au total, 424 prélèvements d'écaillés et déterminations d'âge ont été réalisés à l'occasion des campagnes menées en Loire en 2016. Les individus échantillonnés ont une taille s'échelonnant entre 7.5 et 77 cm, et un âge s'échelonnant de 0 à 13 ans (Figure 42).

L'équation de von Bertalanffy s'ajustant le mieux à ces données a pour formule :

$$L(t) = 98 * (1 - \exp(-0.12 * (t + 0.1))) \quad (\text{avec } L \text{ en cm et } t \text{ en années})$$

La croissance obtenue à partir de l'échantillonnage réalisé en 2016 en estuaire de Loire apparaît plus rapide que celle obtenue en rade de Brest et en baie de Douarnenez à partir des échantillons collectés entre 2013 et 2015.



8.5.3. Courbe de croissance « Golfe de Gascogne »

De façon à produire une courbe de croissance adaptée à l'ensemble du golfe de Gascogne, et reposant sur plusieurs années de données afin d'être utilisable par le groupe de travail du CIEM en charge du suivi et de l'évaluation de ce stock (« WGBIE »), les données tailles/âges acquises entre 2003 et 2015 dans les criées du golfe par les agents de l'Ifremer dans le cadre du SIH (4797 prélèvements d'écaillés ou d'otolithes pour lecture d'âge) ont été ajoutées aux données acquises lors des campagnes

Bargip Nourriceries Loire 2016 (Figure 43). L'ensemble a été traité par le WGBIE à l'occasion du Benchmark de février 2017 et l'équation de von Bertalanffy retenue par le WGBIE est la suivante :

$$L(t) = 80.4 * (1 - \exp(-0.1391 * (t + 0.31))) \quad (\text{avec } L \text{ en cm et } t \text{ en années})$$

Cette équation produit une courbe de croissance inférieure à celle obtenue à partir des données « Bargip Nourriceries Loire 2016 » uniquement.

C'est cette courbe de croissance qui sera utilisée pour réaliser la première évaluation analytique du stock de bar dans le golfe de Gascogne en mai 2017 par le WGBIE.

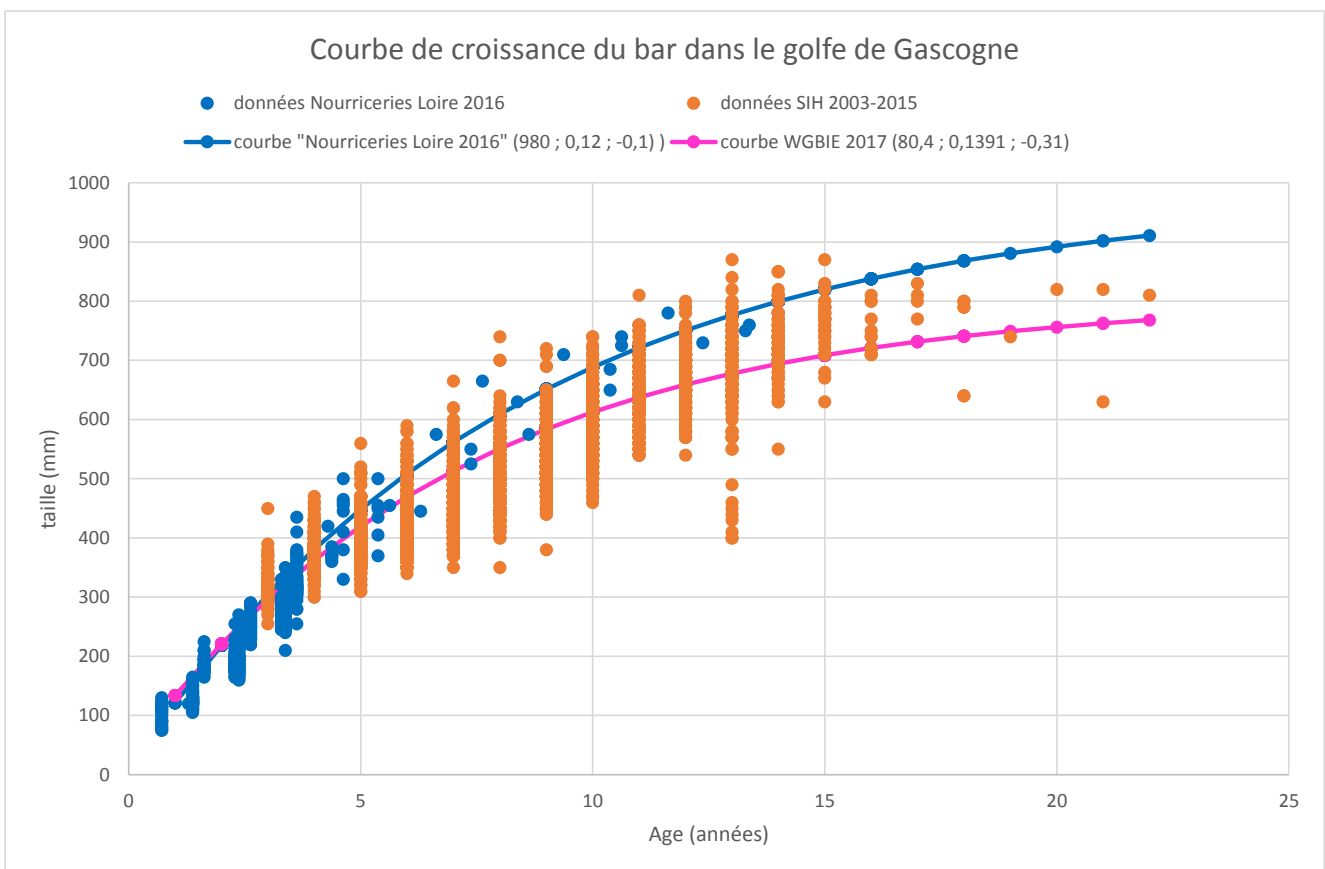


Figure 43 : courbe de croissance du bar dans le golfe de Gascogne établie à partir des données d'échantillonnage du SIH entre 2003 et 2015 et des données de l'action Bargip Nourriceries en 2016.

8.6. Analyse des contenus stomacaux en rade de Brest et en baie de Douarnenez.

Selon Lenanton et al (1982), l'analyse de 20 contenus stomacaux est suffisante pour la description du régime alimentaire de poissons d'un même groupe d'âge. Néanmoins, vu le trop faible nombre d'individus disponibles dans les plus grandes classes d'âge, l'étude du régime alimentaire a été restreinte aux individus âgés de 1 à 5 ans. L'échantillon ne comprend donc plus que 187 juvéniles, d'une taille inférieure à 40 cm (taille moyenne de 23 cm). La répartition du nombre d'individus par groupes d'âge, sexe, habitats et saisons est représentée Figure 44.

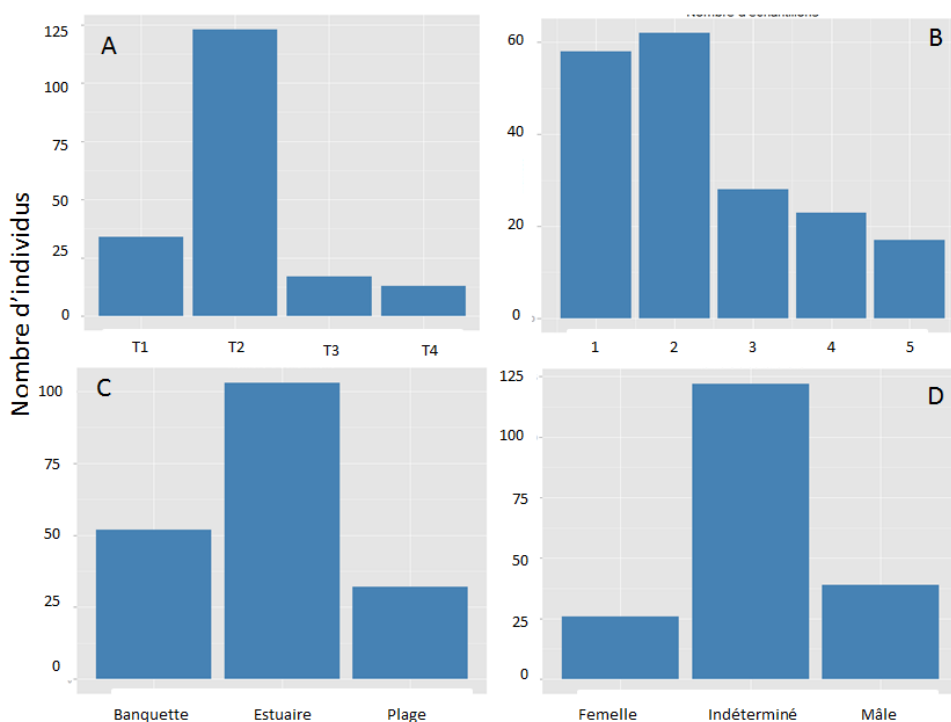


Figure 44 : Nombre d'individus retenus pour l'analyse des contenus stomacaux analysés par saison (A), âge (B), strate (C) et sexe (D) (Villanueva et al 2016).

8.6.1. Coefficient de vacuité

Sur les 187 estomacs disséqués, 28 se sont révélés vides. Le **coefficient de vacuité** C_v s'élève donc à 14.97%. Ce coefficient de vacuité peut être considéré comme faible, ce qui témoigne d'une importante activité d'alimentation des juvéniles dans le milieu (Rogdakis et al. 2010). Cette valeur du coefficient de vacuité est plus élevée que celle estimée ($C_v=5,6\%$) par Roblin et Bruslé (1984) dans les lagunes du golfe de Lion, mais inférieure à celle observée chez les jeunes bars du golfe de Annaba en Algérie par Kara et Derbal (1996 ; $C_v=38,9\%$).

Selon Relini et al. (2002), un coefficient très élevé suggère que l'alimentation dans un espace (habitat ou zone) est moins rentable, ce qui amène généralement les poissons à se déplacer beaucoup à la recherche de nourriture. Plusieurs auteurs indiquent que le coefficient de vacuité est souvent faible chez les bars, ce qui témoigne d'une alimentation très active. Cette valeur serait plus faible chez les alevins, leur voracité étant supérieure à celle des juvéniles, et tendrait à diminuer ultérieurement au cours du développement (Laffaille et al. 2001; Roblin and Bruslé 1984). De manière générale, le niveau d'alimentation des jeunes (alevins et juvéniles) est toujours plus élevé dans les eaux saumâtres (Laffaille et al. 2001; Last 1979), i.e. dans les estuaires ou les lagunes.

8.6.2. Régime alimentaire

Sur les 159 estomacs non vides analysés, seuls 10 (6%) présentait des proies entières et rapidement identifiables jusqu'au plus haut niveau taxonomique (Figure 45). Sur les 149 estomacs restant, le niveau de digestion de(s) proie(s) s'est par contre avéré souvent très avancé. 97 estomacs présentait des proies trop digérées pour pouvoir mener leur identification au-delà de l'embranchement ou de l'ordre. A titre d'exemple, dans le cas des crabes, souvent seules subsistaient les pinces, ce qui permet d'identifier la famille, au mieux le genre. Pour les crevettes, les débris restant dans les contenus stomacaux étaient souvent insuffisants pour permettre de différencier les taxa entre eux.

Les proies ont par conséquent été regroupées au sein de 11 grands groupes (Tableau 25) pour lesquels les 10 indices présentés au § « matériel et méthodes » ont été calculés.

Tableau 25 : Régime alimentaire des juvéniles de bar en rade de Brest et en Baie de Douarnenez (Villanueva et al 2016).

Groupe proie	N_m	F	Q	QF	$\%C_n$	$\%C_p$	$\%F$	IRI	$\%IRI$	MFI
Amphipode	21,7	0,05	69,9	64,8	20,5	3,4	5,03	1,2	1,64	12,2
Annélide	1	0,02	0,1	-1,8	0,4	0,2	1,9	0,01	0,01	0,2
Bivalve	1	0,01	0,1	-0,6	0,1	0,1	0,6	0	0	0,1
Crabe	2,1	0,14	83,5	69,7	5,9	14,1	13,8	2,77	3,78	44,3
Crevette	5,7	0,33	241,7	208,3	35,5	6,8	33,3	14,11	19,28	39,9
Gastéropode	1	0,01	0,3	-0,4	0,1	2,2	0,6	0,02	0,02	1,4
Herbier	1	0,03	0,1	-2,4	0,5	0,2	2,5	0,02	0,02	0,2
Isopode	13,1	0,04	8,1	3,7	10,9	0,7	4,4	0,51	0,7	2,1
Maërl	1	0,01	0,1	-1,2	0,2	0,3	1,3	0,01	0,01	0,2
Poisson	2,3	0,31	232,1	201,2	13,3	17,5	30,8	9,48	12,94	82,1
Détritus	1	0,67	683,8	616,5	12,6	54,4	67,3	45,09	61,58	344

Note : N_m est le nombre moyen des proies par estomac ; f est l'indice de la fréquence de proies ; Q est le coefficient alimentaire ; QF est la relation coefficient alimentaire-fréquence ; $\%C_n$ est le pourcentage de proies en nombre ; $\%C_p$ est le pourcentage en poids ; $\%F$ est le pourcentage de fréquence de l'occurrence ; IRI est l'indice d'importance relative des proies ; $\%IRI$ est la valeur d' IRI normalisée à 100% ; MFI est la principale proie dans le bol alimentaire. Le groupe détritus est constitué d'un ensemble de proies trop digérées pour être identifiées.

Parmi les 10 indicateurs communément retenus lors des études du régime alimentaire et figurant dans le Tableau 25, les plus pertinents pour caractériser les proies préférentielles sont l'indice de fréquence, le pourcentage en nombre ou en poids, l' IRI et le MFI .

Selon l'indice de fréquence (F), le groupe détritus (0.67) apparaît le plus fréquemment dans le bol alimentaire. Les proies secondaires sont les crevettes ($F = 0,33$), les poissons (0,31) et les crabes (0,14). Les autres espèces ne sont que des proies accessoires ou accidentelles dont la fréquence est inférieure à 10 % : amphipode, annélide, bivalve, gastéropode, herbier, isopode et maërl.

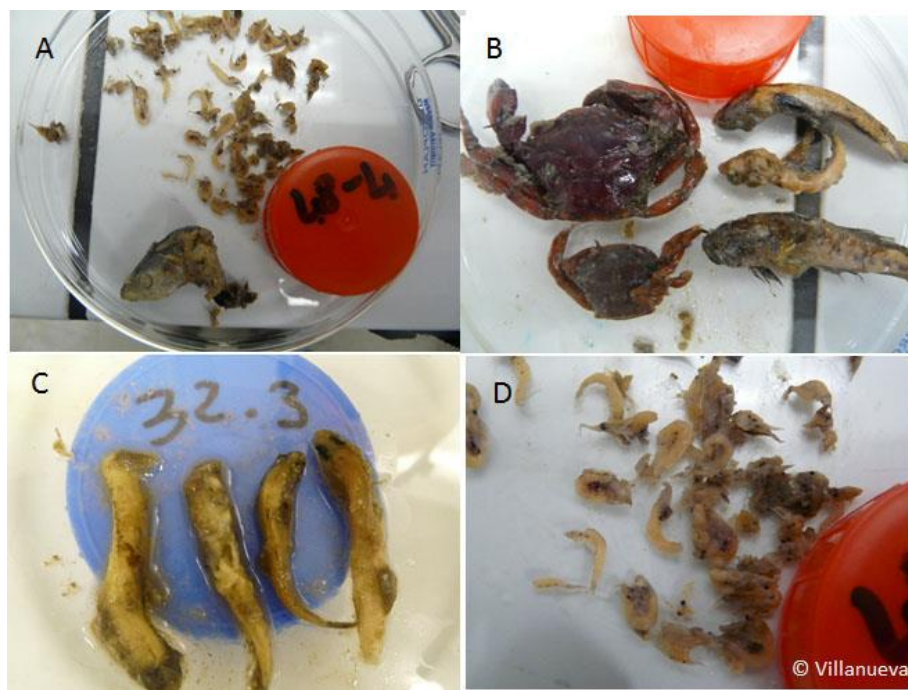


Figure 45. Quelques exemples des proies identifiées chez les bars. (A) crevettes blanches (*Palaemon longirostris*) en haut et tête de Clupéidé ; (B) crabes (gauche) et gobies (droite) ; (C) gobies et (D) crevettes blanches (Villanueva et al 2016).

Au niveau du **pourcentage en nombre %C_n** (Tableau 25), les crevettes présentent la valeur la plus élevée (35,5 %), suivies par les amphipodes (20,5 %) et les poissons (13,3 %). Léauté (1986) a aussi observé des nombres relatifs élevés pour les amphipodes (principalement des Haustoridés) et les crangonidés dans les estomacs des juvéniles de bar en baie de Somme. Mis à part le groupe détritux, le régime alimentaire général est essentiellement à base de poissons ($C_n = 13,3\%$; $F = 30,8\%$) et de crustacés avec dominance des crevettes ($C_n = 35,5\%$; $F = 33,3\%$) et des crabes ($C_n = 5,9\%$; $F = 13,8\%$). Les mêmes groupes de proies dominantes sont observés dans le bol alimentaire de bars du delta du Pô (méditerranée) par Ferrari et Chierigato (1981), le long des côtes anglaises par Kelley (1987) et dans le golfe de Annaba en Algérie par Kara et Debral (1996). Les amphipodes et isopodes sont également bien représentés en nombre relatif ($C_n = 20,5$ et $10,9\%$, respectivement) mais avec un indice de fréquence (f) qui ne dépasse pas 0,05 (Tableau 25).

Les bars sont généralement considérés comme prédateurs voraces, opportunistes et généralistes. Ils chassent aussi bien de jour que de nuit, sur le fond ou entre deux eaux. Ils sont donc capables de prendre un large éventail de proies et ont une capacité à chasser à une grande variété de profondeurs pour se nourrir (Fritsch 2005; Kelley 1987). Les alevins et les plus petits juvéniles du groupe 0 (3 à 6 cm Lt) sont connus comme des planctonivores ou benthivores (Ceccherelli et al. 1981 ; Ferrari and Chierigato 1981 ; Laffaille et al. 2001 ; Roblin and Bruslé 1984). Quand ils atteignent une taille supérieure à 7 cm, les juvéniles deviennent omnivores (Enes et al. 2006) à tendance carnivore (Abel-Hakim et al. 2010; Boulineau-Coatanea 1969; Chambord et al. 2010) ce qui est le cas dans notre étude. Ils seraient également susceptibles d'adopter un comportement herbivore (Fritsch 2005).

D'après la littérature, les juvéniles de bar couvrent leur besoins protéiques par des proies animales qui sont généralement des crustacés (Boulineau-Coatanea 1969 ; Fritsch 2005 ; Martinho et al. 2008 ; Sá et al. 2006). En Bretagne, Boulineau-Coatanea (1969) observe un régime alimentaire très diversifié mais cependant dominé par trois types de proies principales : les crustacés décapodes brachyours, les mysidacés et les isopodes-amphipodes.

Dans le cadre de la présente étude, la majorité des crustacés était des **crevettes** (33% d'occurrence), essentiellement des *Palaemon sp.* et des crangonidés (Tableau 25). Nous observons fréquemment la crevette blanche (*Palaemon longirostris*) et moins souvent la crevette grise (*Crangon crangon*) dans l'estomac des juvéniles. Ces deux espèces sont bien présentes, et en quantités importantes, notamment sur les strates plage et estuaire. *Crangon crangon* constitue également une des proies préférées des bars dans l'estuaire de Gardiana au Portugal (Sá et al., 2006).

Les **crabes** sont également importants en volume, et pouvaient parfois représenter l'intégralité du contenu de l'appareil digestif dans notre échantillon (essentiellement crabe vert, *Carcinus maenas* et étrille, *Liocarcinus sp.*, mais de très nombreuses espèces sont classées dans cette famille, et les restes de pinces ou de pattes n'étaient pas suffisants pour les identifier plus précisément). Leur taille moyenne (largeur de la carapace) était de 1 à 3 cm (max. 4 cm). Les autres petits crustacés apparaissent comme des proies occasionnelles dans notre échantillon. La forte présence dans le régime alimentaire du bar du crabe vert a été observée par Sá et al (2006) : c'est la proie préférée dans l'estuaire de Gardiana (Portugal). Des crustacés planctoniques et benthiques ont également été observés dans les estomacs de juvéniles de bar en Méditerranée (Ceccherelli et al., 1981; Ferrari and Chieragato, 1981) alors que ce sont plutôt des décapodes Brachyours en Bretagne (Boulineau-Coatanea 1969).

Les **poissons** font aussi partie des proies préférées des juvéniles de bar notre échantillon. On observe fréquemment les clupéidés tels que le sprat (*Sprattus sprattus*), l'anchois (*Engraulis encrasicolus*) et la sardine (*Sardina pilchardus*). Ces mêmes espèces de poissons ont été observées comme proies chez des adultes au large du nord-est Atlantique (Spitz et al. 2013) et dans la lagune de Messolonghi-Etoliko en Grèce (Rogdakis et al., 2010). Nous remarquons également la présence de gobies dans l'estomac des juvéniles en rade de Brest, ce qui est conforme aux observations de Martinho et al. (2008) et Rogdakis et al. (2010).

L'importance de ces proies (**crevettes, crabes et poissons**) dans le régime alimentaire des juvéniles est confortée par les estimations élevées des **coefficients alimentaires (Q), des indices d'importance relative (IRI et %IRI) et des proies principales (%MFI** ; Tableau 25). En terme de valeurs de l'indice *IRI*, les proies les plus importantes étaient les détritiques (*IRI* = 61,6 %), puis les crevettes (*IRI* = 19,3%), les poissons (principalement des clupeidés, *IRI* = 12,9 %) et enfin les crabes (*IRI* = 3,8%). Les autres proies montrent une moindre contribution au régime alimentaire avec des valeurs de l'*IRI* comprises entre 0,001 et 1,6%. Ces observations sont très similaires à celles de Rogdakis et al (2010).

D'après notre analyse, le régime alimentaire ne varie pas de manière significative selon le **sexes des juvéniles** de bar (Figure 46a), étant même quasiment identique en ce qui concerne la diversité des types de proies rencontrées. La seule différence porterait sur la proportion de crevettes, légèrement plus importante chez les mâles que chez les femelles. Par contre, des différences apparaissent avec les indéterminés, notamment avec une présence de crabe plus faible que chez les mâles et femelles.

L'analyse en fonction de l'**âge** (Figure 46b) des poissons permet de mettre en évidence des différences :

- sur la diversité des types de proies rencontrés : cette diversité semble diminuer avec l'âge.
- Sur l'importance du crabe dans le bol alimentaire : elle augmente avec l'âge
- Sur l'importance des crevettes dans le bol alimentaire : elle diminue avec l'âge

Une **variation saisonnière** apparaît dans le régime des juvéniles (Figure 37c). L'échantillon présente un pic de prédation sur le poisson pendant l'été (T3, juillet à septembre) où ce groupe de proies constitue à lui seul 60 % du bol alimentaire. En hiver, le groupe principal est celui des crevettes, alors qu'au printemps le bol alimentaire est composé de crabes et de détritiques.

Selon la **strate**, une différence entre les importances relatives des groupes de proies au sein du bol alimentaire est observée. L'absence de crevettes dans le bol alimentaire des poissons capturés sur la strate banquette est à signaler, crevettes qui semblent avoir été remplacées par des crabes. Dans les strates estuaire et plage, la diversité des groupes de proies semble comparable, sauf en ce qui concerne l'abondance des poissons, plus élevée dans les estomacs des juvéniles de la strate plage (Figure 46d).

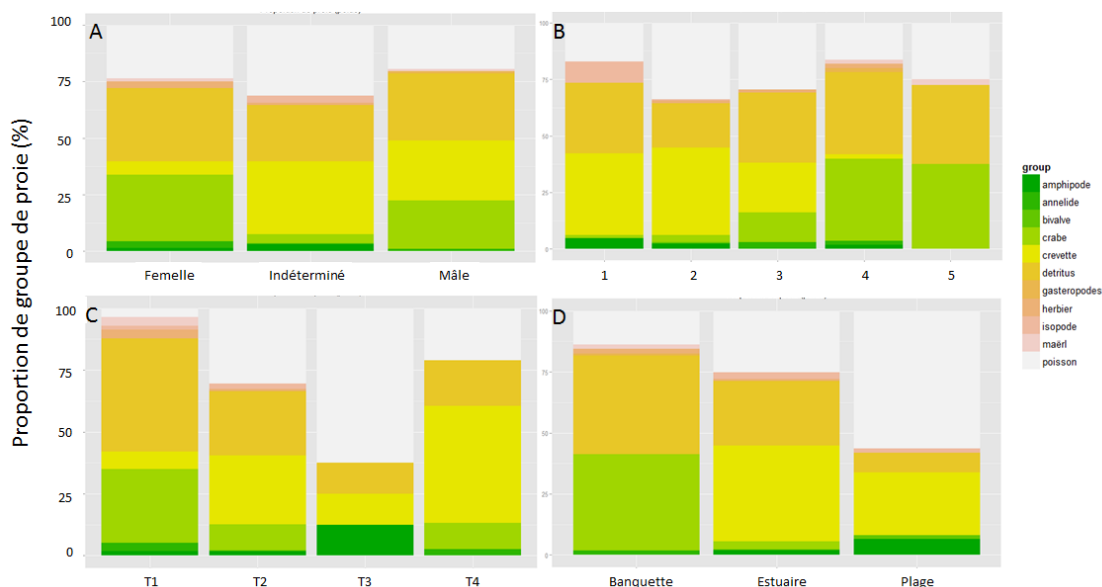


Figure 46 : Evolution des pourcentages en poids des différents types de proies dans les estomacs de juvéniles de bar selon le sexe (A), l'âge (B), la saison (C) et l'habitat (D) (Villanueva et al 2016).

- Ratio de taille prédateur-proie

La taille des proies joue un rôle déterminant dans la sélection qu'exercent les poissons prédateurs au moment de se nourrir (Anderson et al., 2005; Levings, 1974). La sélection de la taille de ses proies par un prédateur, avec choix préférentiel des proies les plus grandes possible, permet une maximisation du rendement énergétique par proie (Werner and Hall, 1974). D'autres facteurs, comme notamment les abondances respectives des différentes classes de taille des proies, ainsi que la composition spécifique des proies disponibles, doivent également être pris en compte (Griffiths 1975).

De nombreuses études ont montré une tendance générale à l'élargissement du spectre alimentaire des poissons à mesure qu'ils grandissent (Jennings et al., 2002; Mahé et al., 2007; Scharf et al., 2000). En raison des relations allométriques, de petites augmentations de longueur des proies peuvent entraîner de fortes augmentations de l'apport d'énergie pour le prédateur (Conway et al. 1999).

La relation entre la taille des juvéniles de bar (qui sont ici les prédateurs) et celle de leurs proies a été analysée. Les juvéniles de bar de la pointe de Bretagne présentent une large gamme de tailles de proies dans leur régime alimentaire (de 0.5 mm à 10 cm). En ne prenant en compte que les proies les plus fréquemment observées dans notre échantillon (crabes, crevettes et poissons), nous observons que les petits juvéniles (<22 cm) consomment essentiellement des proies dont la taille ne dépasse pas 5 cm dans les strates estuaire et plage (Figure 47). Les plus grands juvéniles (>22 cm) semblent capables de consommer des proies plus petites (crabes et poissons) sur la strate banquette, mais aussi plus grandes (surtout des poissons) dans les 3 habitats étudiés.

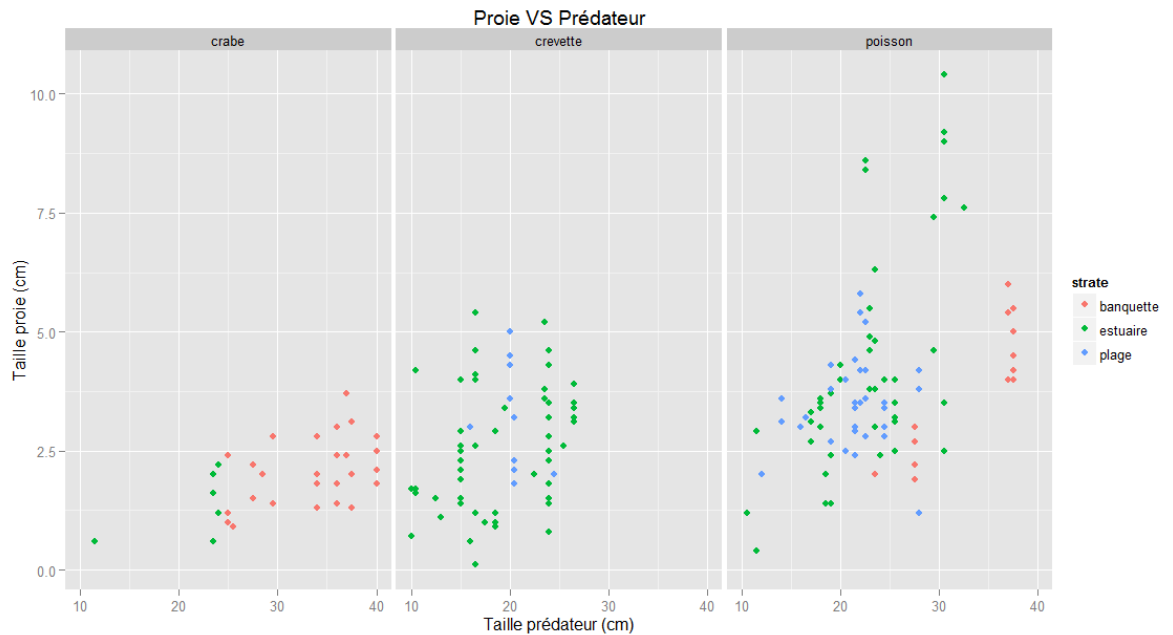


Figure 47 : Rapport taille prédateur-proie par strate avec les trois proies préférées (hors détritus). Pour les crabes, la taille correspond à la largeur de la carapace. Pour les crevettes et les poissons, la taille représente la longueur totale (Villanueva et al 2016).

Les RTPPs (rapports de tailles prédateur/proie) observés sont compris entre 4 et 165. Les plus grands juvéniles de notre échantillon consomment les proies les plus grandes (ceci est en accord avec les observations de Rogdakis et al (2010) dans la lagune Mesolonghi-Etoliko), tout en restant capables d'ingérer des proies de petite taille, ce qui peut impliquer une augmentation de rang de niche trophique (Scharf et al., 2000). Les grands juvéniles semblent en effet à même de manger un plus large éventail de tailles de proies que les plus petits : ils sont en mesure d'utiliser la quasi-totalité des tailles des proies disponibles pour les petits juvéniles, ainsi que les proies d'une taille supérieure, trop grandes et donc inutilisables par les plus petits (Pearre Jr., 1986).

Contrairement à l'étude de Ward (2008) qui ne note pas de différence significative dans l'alimentation des poissons de différentes classes de taille, notre échantillon semble indiquer que les juvéniles de bar passent d'un régime reposant principalement sur des crevettes et du poisson quand ils sont de petite taille, à un régime reposant sur du poisson et du crabe en grandissant (Figure 47). Ces résultats sont en accord avec ceux obtenus par Kelley (1987) le long des côtes anglaises. Le passage crevette/crabe semble avoir lieu quand le bar atteint une taille de l'ordre de 25 cm. Du poisson est consommé tout au long de la phase juvénile.

La Figure 48 présente les tailles des proies ingérées par les juvéniles de bar en fonction de leur propre taille, et selon la strate de capture, l'âge du juvéniles, son sexe et le trimestre.

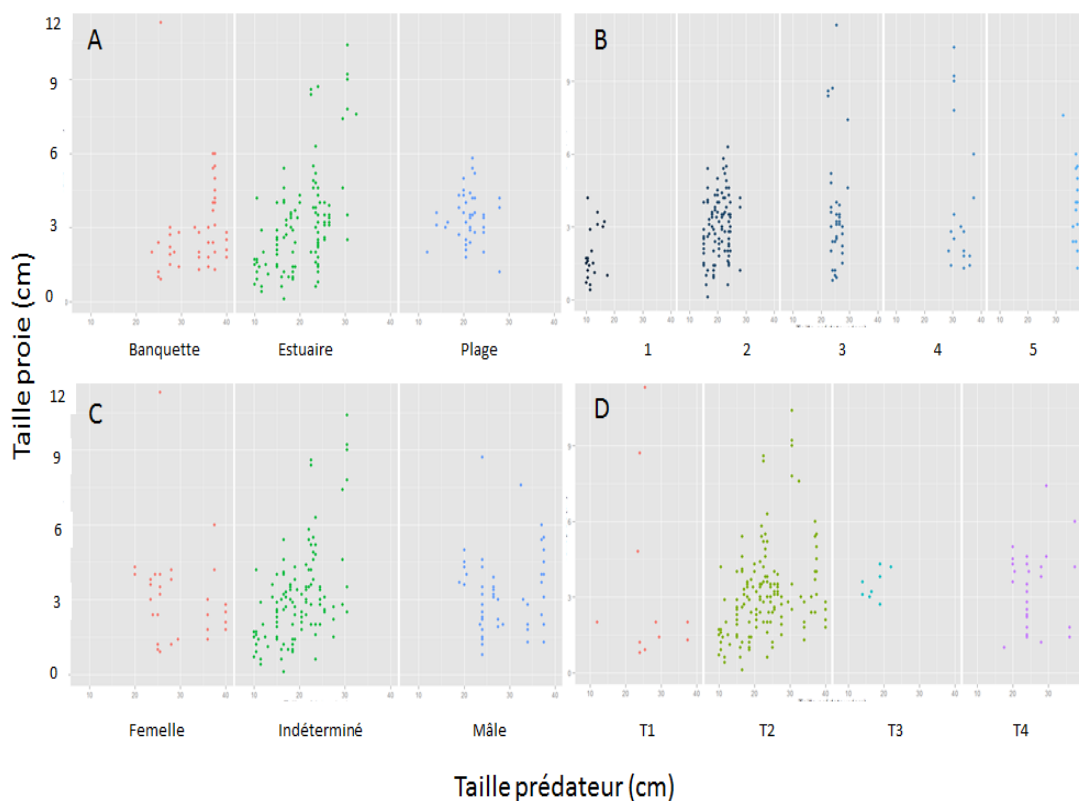


Figure 48 : Ratio taille prédateur-proie par strate (A), âge (B), sexe (C) et saison (D) (Villanueva et al 2016).

Nous observons que les tailles extrêmes (maximales et minimales) des proies sont enregistrées dans la strate estuaire (Figure 48a). C'est dans cette strate, qui constitue le cœur de la nurricerie et qui abrite le plus grand nombre de juvéniles, que le spectre de tailles des proies est le plus étendu. Cette strate semble bien à même d'accueillir toutes les classes d'âge en offrant un panel de tailles de proies utilisables par l'ensemble des juvéniles, du G0 au G5+. Notons enfin que l'augmentation de la taille maximale des proies semble corrélée avec celle du prédateur (Figure 48b) et que ceci est en accord avec les observations de Rogdakis et al (2010) dans la lagune Mesolonghi-Etoliko.

Notre échantillon ne nous permet pas de conclure quant à d'éventuelles différences dans les tailles des proies des mâles, femelles et indéterminés, ni entre les saisons.

En conclusion, cette pré-étude sur les contenus stomacaux des juvéniles de bar en rade de Brest et en baie de Douarnenez a permis de mieux cerner les relations trophiques entre l'espèce et ses différentes proies. Dès leur plus jeune âge (G0), les juvéniles se nourrissent de crevettes et de poissonnets, très nombreux dans les strates estuaire et plage.

En rade de Brest, une fois plus âgés, ils quittent peu à peu l'estuaire pour gagner les platiers (= banquettes) et le crustacé dominant dans leur alimentation devient le crabe. Ils sont alors à même d'exploiter une plus large gamme de tailles de proies, mais tout en conservant la capacité d'exploiter des proies de petite taille. Ils auraient de ce fait, en cas de déficit en proies de grande taille, la capacité à entrer en concurrence directe avec des juvéniles plus jeunes. La disponibilité en nourriture est d'ailleurs reconnue comme étant l'un des facteurs limitant des capacités d'accueil des nurriceries. En outre, quand des dysfonctionnements environnementaux affectent des secteurs estuariens, ils se traduisent bien souvent par des modifications dans les chaînes trophiques, et tous les échelons, y compris les échelons supérieurs dont les juvéniles de bars sont constitutifs, finissent par être touchés.

Pour ces raisons, intégrer des analyses de contenus stomacaux dans un réseau pérenne de suivi de quelques nurriceries des côtes française a du sens, en tant qu'indicateur d'état de la population

de juvéniles de bar, mais aussi en tant que facteur explicatif en cas de chute « anormale » d'abondance. Par contre, ces suivis ont un coût élevé du fait du temps agent qu'ils requièrent. De ce fait, il semble judicieux de proposer un suivi en deux temps :

- en routine, il est possible à moindre coût de réaliser des indices du type Fulton : de simples mensurations des longueurs et des pesées des poids individuels suffisent, et ce sans devoir euthanasier les juvéniles,
- En cas d'indices de Fulton anormalement bas (0,8 ?), des indices de vacuité et des prélèvements de contenus stomacaux pourront être envisagés en cours de campagne afin de mieux décrire/comprendre si le déséquilibre constaté provient d'un appauvrissement du milieu en proies utilisables par les juvéniles de bar : chute des effectif de proies, saturation des capacités d'accueil de la nourricerie du fait d'une (ou plusieurs) cohorte(s) trop abondante(s), abondance anormalement élevée de compétiteurs directs des juvéniles de bar... ?

Enfin, afin de progresser dans la connaissance biologique de l'espèce, une étude ponctuelle mais complète, sur l'alimentation des juvéniles de bar, serait utile. Il faudrait y adjoindre des données acquises sur d'autres nourriceries que celle de la pointe de Bretagne, et à différentes saisons, de façon à disposer d'un jeu de données couvrant au mieux l'intégralité des côtes françaises. Dans ce cadre, une analyse des isotopes stables serait à envisager afin de mieux cerner la provenance exacte des proies des juvéniles de bar.

9. Test de marquage conventionnel de juvéniles au laboratoire

La dernière action prévue contractuellement dans le cadre de « Bargip Nourriceries » consiste en la réalisation d'un test de marquage de juvéniles de bar au moyen de marques conventionnelles.

L'action « Marquage d'adultes » au moyen de marques électroniques archives a pour objectif de décrire les migrations des bars à l'âge adulte le long des côtes françaises. Il s'agit notamment d'évaluer le degré de fidélité des bars adultes à leurs zones estivales et automnales d'engraissement, ainsi qu'à leur(s) zone(s) hivernale(s) de frayère. En d'autres termes, il s'agit de vérifier si l'on a affaire à une seule grande population à l'échelle de l'ensemble des façades françaises (voire de l'Atlantique du Nord-Est), ou si, au contraire, différentes populations d'adultes peuvent être identifiées, populations entre lesquelles les mélanges/interactions sont faibles. Si tel venait à être le cas, les différentes « sous-populations » identifiées constitueraient alors autant de stocks méritant d'être gérés séparément.

Mais pour pouvoir pleinement répondre à la question « un seul ou plusieurs stocks », il ne faut pas négliger les potentiels phénomènes d'essaimage durant la phase juvénile qui, chez le bar s'étend sur 4 à 6 (voire 7) années. Pawson et al. (2007), abordent cette question en notant que « ce serait surtout à partir d'une taille de 36 cm environ /.../, soit à l'âge de 4-5 ans selon leur croissance, que les juvéniles quitteraient leur nourricerie et se disperseraient le long des côtes /.../, sans obligatoirement recruter au sein du stock de leurs parents (Pawson et al, 1987 ; Pickett et al, 2004) ». Les auteurs indiquent également que ce moment où les juvéniles quittent leur nourricerie pourrait permettre un important brassage (« substantial mixing »), à l'échelle d'une partie importante de l'aire de distribution de l'espèce. Un marquage complémentaire de juvéniles apparaît de ce fait judicieux.

Les marques archives utilisées chez les adultes étant trop volumineuses à ce jour pour pouvoir être employées sur des juvéniles, seul du marquage conventionnel peut être envisagé, d'où le présent test mené en bassins d'élevage. De façon à choisir une méthode de marquage, le postulat de départ a été qu'il fallait éviter d'avoir à réaliser des campagnes (ou des journées) strictement dédiées à ces opérations de marquage, et qu'il fallait au contraire utiliser le grand nombre de juvéniles capturés lors des campagnes de chalutage visant à produire des indices d'abondance, mais sans que le marquage affecte trop lesdites campagnes. Il a de ce fait été retenu de ne tester que la méthode la plus rapide, qui, suite à l'analyse bibliographique réalisée, repose sur l'implantation de marques en « T » au moyen d'un pistolet. Cette méthode ne demandant que quelques secondes par poisson, elle permettrait *a priori* de marquer un minimum d'une trentaine de juvéniles par trait de chalut, et ce sans ralentir la réalisation de la campagne en cours.

Cette marque en T (dénommée Floy T tag ou floy anchor, ou Hallprint T bar anchor tag...) a été testée et adoptée par la plupart des équipes ayant réalisé du marquage de bar ces dernières années. Par contre Pickett et al (2004) l'implantent, non pas au moyen d'un pistolet, mais en réalisant une incision verticale au scalpel de l'épiderme et du muscle, puis faisant pénétrer le T de la marque à la main. Le fabricant américain de marques « Floy Tag » recommande également cette méthode pour le bar rayé américain¹⁶, mais plutôt l'insertion au pistolet pour le marquage de petits poissons. L'insertion après incision étant beaucoup plus longue que celle consistant à utiliser un pistolet, nous avons choisi de ne pas la retenir¹⁷.

¹⁶ <http://www.floytag.com/uploads/floycatalog.pdf>

¹⁷ D'autres types de marque, comme les marques « boutons » (« Peterson disc ») ou les marques étiquettes (« Carlin Ritchie pennant », « Flag tag », « Mini Howitt » ...) fixées le plus souvent au moyen d'un fil chirurgical noué, ont également été testées dans le cadre de différentes études, mais ont, à notre connaissance, donné des taux de recapture moindres par rapport aux marques en T qui semblent être aujourd'hui les plus efficaces.

Il a également été choisi de mener l'expérimentation sur des juvéniles issus d'élevage, plutôt que sur des juvéniles sauvages, afin de ne pas ajouter au stress lié au marquage ceux liés à la capture puis au passage en élevage (d'autant qu'il n'était pas garanti qu'il soit possible de conserver en stabulation durant toute la durée du test des juvéniles sauvages à l'origine).

Les juvéniles d'élevage ont été mis à disposition par le laboratoire spécialisé en aquaculture marine du centre Ifremer Brest (laboratoire PFOM) qui travaille notamment sur l'élevage du bar et disposait de deux lots placés en simple stabulation, c'est-à-dire non encore utilisés pour ses différentes expérimentations. Chaque poisson présentait l'intérêt d'avoir déjà été marqué depuis plusieurs mois au moyen d'une micromarque électronique « Pit Tag » incréée sous la peau (cylindre de 8mm sur 1.5mm de diamètre), et permettant leur identification individuelle par simple passage sous un lecteur électronique. Deux lots distincts nous ont été fournis, le premier constitué de 110 poissons âgés de 8 mois et d'une taille de 12.5 +/- 3cm, et le second de 208 poissons de 16 mois d'une taille de 17,5+/- 3cm ; ces deux classes de taille correspondent approximativement à des G1 et G2 sauvages de fin de printemps en rade de Brest). Nous avons donc constitué 12 lots différents (Tableau 26), 5 de petits individus et 7 de grands, afin :

- de tester quatre zones distinctes de marquage (zones dorsale, pectorale, ventrale et anale ; Figure 50),
- de tester l'intérêt de réaliser une anesthésie (eugénol à 80 ppm) ou pas avant marquage (9 lots avec anesthésie et 3 lots sans),
- de disposer de deux lots témoins, sans marquage (mais l'un avec et l'autre sans anesthésie au moment des mensurations).

Tableau 26 : constitution des différents lots de juvéniles de bar.

	APA	AGA	DPA	DGA	PPA	PGA	VPS	VPA	VGS	VGA	TGA	TGS	Total
nombre poissons	22	33	19	34	19	34	27	23	25	33	24	25	318
nombre marques	22	33	19	34	19	34	27	23	25	33	0	0	269
tailles moy	124,7	172,3	120,6	171,4	124,9	167,6	123,9	124,5	172,5	172,6	169,0	170,9	
tailles écart type	10,8	10,6	9,5	12,1	11,0	10,4	12,9	14,0	9,2	10,3	10,6	12,6	
taille max	146	192	154	192	150	190	162	165	190	189	190	196	
taille min	107	152	111	151	115	142	108	108	153	150	146	151	
poids moyen	23,5	63,8	21,9	60,8	24,7	58,8	23,5	25,0	61,2	63,3	56,9	61,4	
poids écart type	6,2	15,3	5,6	15,5	7,9	15,2	7,8	9,6	12,7	12,2	13,6	15,2	
poids max	36	105	37	91	43	92	49	54	87	93	89	87	
poids min	14	36	13	35	17	28	12	14	39	45	36	39	

légende

1ère lettre des colonnes = position de la marque : A = position anale, D = dorsale, P = pectorale et V = ventrale

2ème lettre = classe de taille du poisson : P = petit et G = grand

3ème lettre = avec ou sans anesthésie : A = avec et S = sans

Au total 318 juvéniles ont été utilisés, 269 ayant été dotés d'une marque externe en T et 241 ayant subi une anesthésie.

Au moment du marquage, chaque poisson a été identifié au moyen de son Pit Tag, puis mesuré (LT au mm) et pesé (au g). Tous les poissons ont ensuite été disposés ensemble dans un bac de 4m³ disposant d'une alimentation en continu d'eau de mer décantée. Ils ont été nourris à satiété pendant les 4 mois du test (21 janvier/20 mai 2015). La température de l'eau et le pourcentage de saturation

en oxygène ont fait l'objet d'une mesure ponctuelle journalière tout au long du test (Figure 49). La température est passée par un minimum de 9°C début février et a atteint 14°C environ en fin de test. Les teneurs en oxygène dissous n'ont jamais été inférieures à 100% de saturation. Les granulés, communément utilisés pour l'élevage du bar, et d'une taille adaptée aux juvéniles en test, ont été dispensés au moyen d'un distributeur classiquement utilisé en élevage. La dose journalière a été adaptée tout au long du test en fonction de l'importance de la portion non consommée la veille (récupérée lors de la vidange quotidienne du bol de collecte des déchets du bac d'élevage).

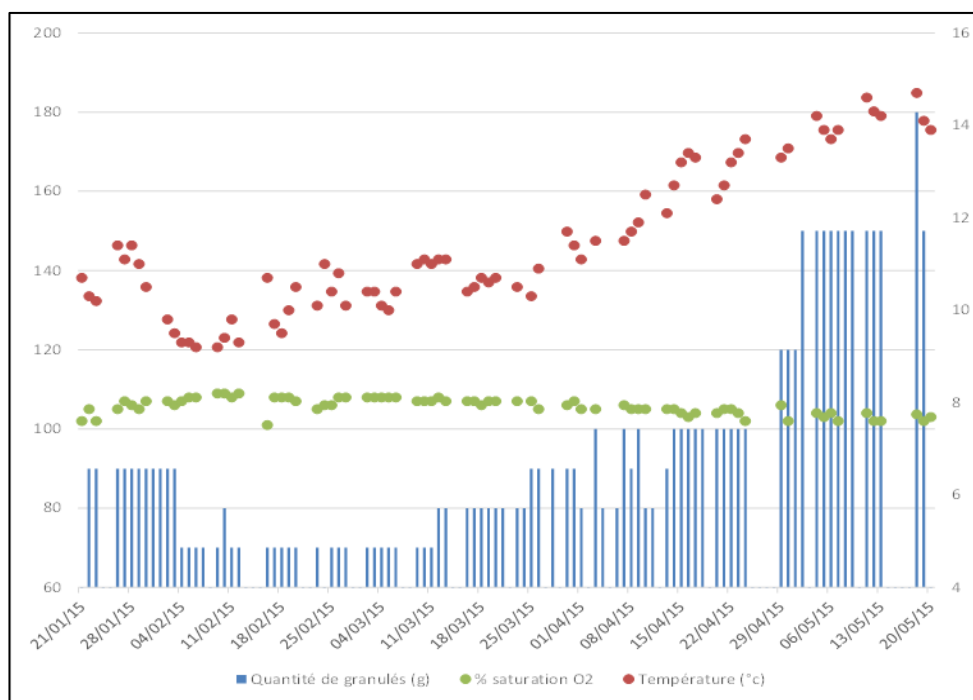


Figure 49 : évolutions de la température, de la saturation en oxygène dissous, et de la quantité journalière de nourriture au cours du test de marquage.

Au bout de 4 mois (le 20 mai 2015), il a été mis fin au test. Tous les poissons ont été récupérés, euthanasiés (eugénol 200ppm), identifiés individuellement par lecture de leur Pit Tag, puis mesurés et pesés. La présence ou l'absence de leur marque externe a été notée. Que la marque externe ait été conservée ou non, l'état de la cicatrice a été évalué selon trois classes : cicatrisation parfaite (note de 1), petit nécrose (2), et nécrose importante (3). Après euthanasie, la tenue à l'arrachage des marques encore en place a également été évaluée : bonne tenue (note de 1) ou « prête à tomber » (note de 2).

Les résultats obtenus sont donnés par le Tableau 27 et quelques cicatrices en fin de test sont présentées Figure 51 et Figure 52.

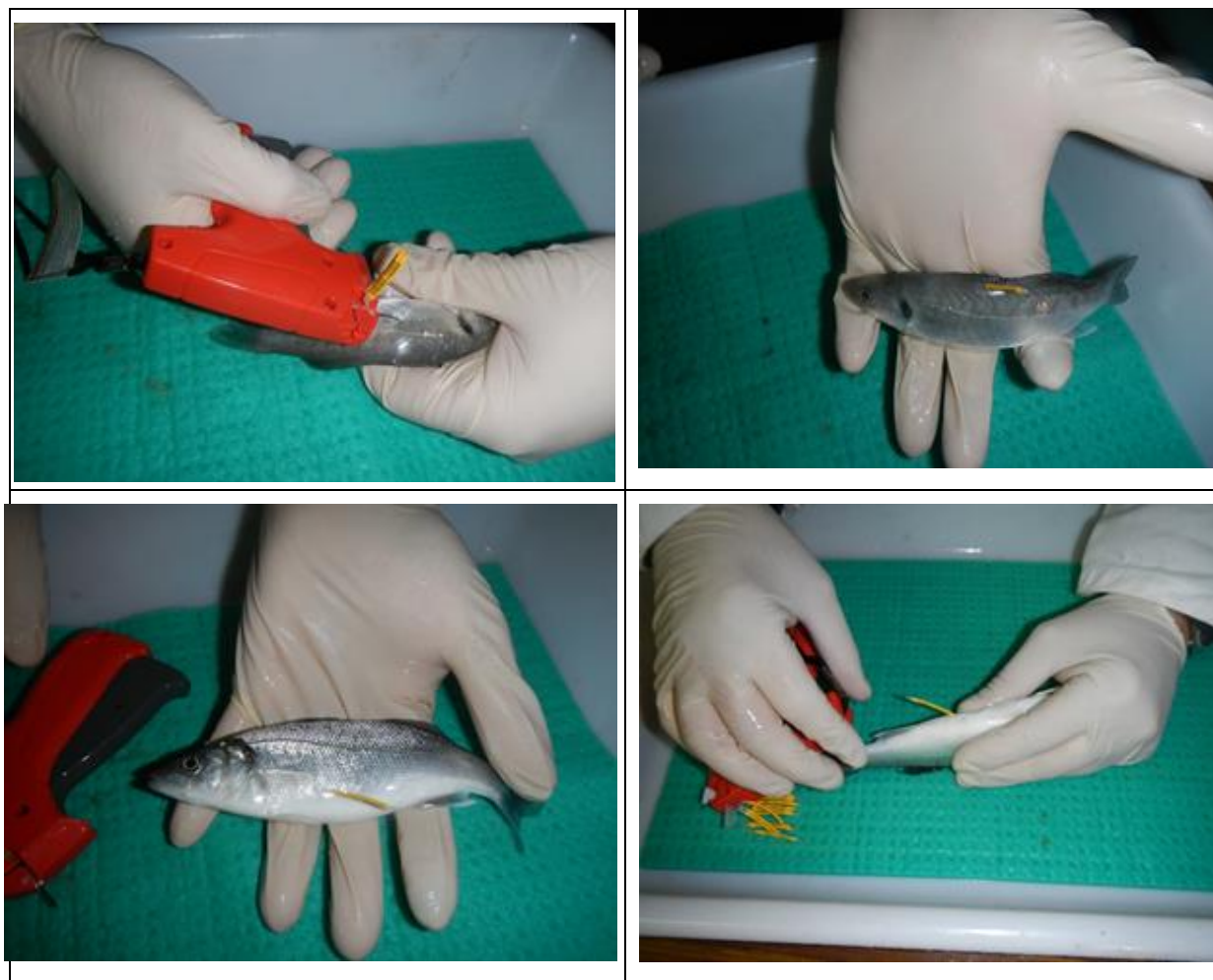


Figure 50 : marquage externe (marques en « T ») au moyen d'un pistolet (en haut à gauche) ; marquage en zone dorsale (en haut à droite), pectorale (milieu gauche), ventrale (milieu droite) et anale (bas).

Tableau 27 : résultats du test de marquage.

	APA	AGA	DPA	DGA	PPA	PGA	VPS	VPA	VGS	VGA	TGA	TGS	Total
nombre de poissons	22	33	19	34	19	34	27	22	25	33	24	25	317
nombre de marques présentes	19	18	16	28	18	24	17	18	19	16	0	0	193
nombre de marques perdues	3	15	3	6	1	10	10	4	6	17			
taux de perte de marques (%)	13,6	45,5	15,8	17,6	5,3	29,4	37,0	18,2	24,0	51,5			
tailles moy	138,7273	184,5758	136,6842	183,8529	141,2632	178,2941	141,963	138,3636	184,2	186,3939	180,5417		183,48
tailles écart type	11,11062	13,26186	11,1308	15,18798	12,77516	14,81304	13,14265	16,15268	13	14,4394	15,03324		16,91676
taille max	159	210	163	210	168	211	173	182	210	230	207		210
taille min	119	155	117	153	119	142	121	120	159	154	153		152
poids moyen	31,19545	74,82121	29,54737	70,88235	32,43684	65,38529	32,91481	30,78182	70,648	73,1303	65,9375		70,96
poids écart type	7,87198	21,04011	8,198331	20,92093	8,799824	20,84766	9,477492	13,67231	18,15182	19,93464	21,91596		23,74033
poids max	49,2	117	45	108,6	48	117,8	60,6	71,4	101,5	128,3	114,5		109,8
poids min	18,2	37	13,4	36,3	17,9	25,7	19,3	17,5	32,6	34,8	34,5		30,4
état moyen de la cicatrice	1,64	1,66	1,11	1,18	1,53	1,44	1,52	1,74	2,04	1,58			
tenue moyenne marque	1	1,055556	1	1,035714	1	1	1	1	1	1,117647			

légende

1ère lettre des colonnes = position de la marque : A = position anale, D = dorsale, P = pectorale et V = ventrale

2ème lettre = classe de taille du poisson : P = petit et G = grand

3ème lettre = avec ou sans anesthésie : A = avec et S = sans

taux de perte de marques	0-10%	10,1-20%	>20%
--------------------------	-------	----------	------

état moyen de la cicatrice	<1,2	1,2-1,49	>1,5
----------------------------	------	----------	------

(1 = cicatrisation parfaite ; 2 = petite nécrose ; 3 = nécrose importante)

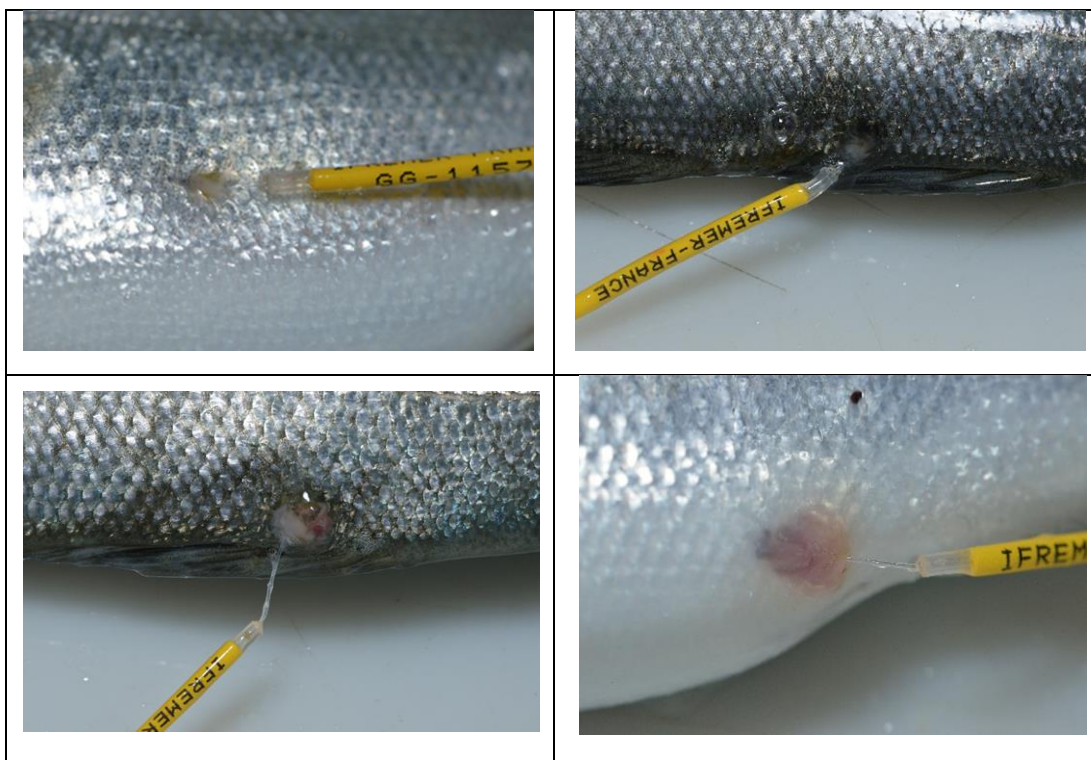


Figure 51 : évaluation de l'état des cicatrices à l'issue du test : bon état en haut à gauche (note de 1), état moyen = petite nécrose en haut à droite (note de 2), et nécrose importante (note de 3) sur les deux images du bas.

Les principales conclusions que l'on peut tirer de ce test sont :

- **Les juvéniles de bar, même ceux de la plus petite classe de taille, supportent *a priori* bien le marquage** : un seul individu est décédé durant le test (soit 0.3%),
- L'anesthésie n'a pas d'effet significatif, ni sur le taux de perte de marques, ni sur la cicatrisation, ni sur la croissance des individus. L'anesthésie ne présente donc pas *a priori* d'intérêt. Les équipes anglaises du Cefas n'anesthésient d'ailleurs pas les poissons lors de leurs marquages conventionnels, mais leur recouvrent simplement la tête d'un linge humide.
- Les individus marqués ne présentent pas, en fin de test, une croissance significativement inférieure à celles des lots témoins ; la position du marquage n'a pas non plus eu d'influence significative sur la croissance : pas de différence significative de croissance entre les différents lots marqués (du moins au bout de 4 mois, et lors d'un test qui s'est déroulé avec des températures comprises entre 9 et 14°C, peu propices à la croissance),
- Les lots de petits poissons perdent significativement moins leurs marques que les grands (GLM binomial, p-value = 0.001). Globalement (i.e. toutes zones de marquage confondues), le taux de perte de marque au bout de 4 mois a été de 18% chez les petits poissons contre 36% chez les grands, et la différence entre les deux classes de taille est significative,
- Chez les petits individus, la zone de marquage a un effet très peu significatif sur le taux de conservation des marques (GLM binomial, p-value = 0.049). La tenue serait meilleure pour des marquages en zones anale ou pectorale (95 et 94% de rétention des marques) qu'en zone dorsale (83%) et surtout qu'en zone ventrale (71%),
- Chez les grands individus, la zone de marquage a un effet significatif sur la tenue des marques (GLM binomial, p-value = 0.02) : la meilleure zone serait la zone dorsale (80%), puis la pectorale (73%), la ventrale (57%) et enfin l'anale (50%),
- Si l'on cumule les deux classes de taille, la zone de marquage a un effet significatif sur le taux de perte de marque (GLM binomial, p-value = 0.03). **La zone la plus adaptée est la zone dorsale** (81% de conservation de marques au total), puis la zone ventrale (79%), la zone anale (65%) et enfin la zone pectorale (63%),
- La zone de marquage n'a pas d'effet significatif sur la qualité de la cicatrisation. On peut uniquement constater que le pourcentage de cicatrisation de type 1 le plus élevé s'obtient pour le marquage en zone dorsale.
- Les individus ayant perdu leur marque durant le test présentaient à l'issue du test des cicatrisations de type 1 (bonne cicatrisation) dans 95% des cas, de type 2 (petite nécrose) dans 5%, et aucune de type 3 (nécrose importante) : une fois la marque perdue, la cicatrisation semble donc s'effectuer correctement, et rapidement (Figure 52). La perte de la marque n'entraînerait pas la mort du poisson, mais une meilleure cicatrisation que quand la marque est encore en place.

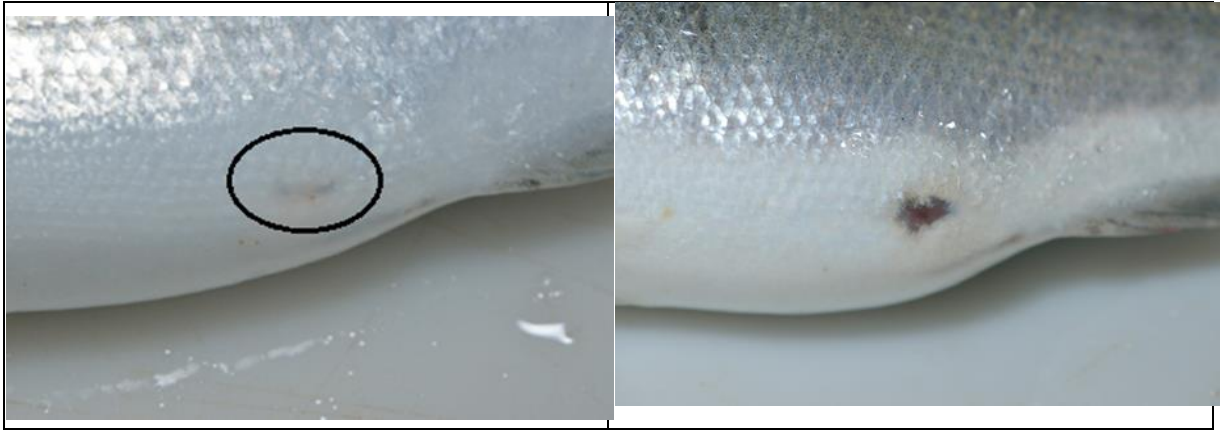


Figure 52 : exemple de cicatrises après perte de marque durant le test (type 1 à gauche et type 2 à droite).

En conclusion, il apparaît possible de marquer au moyen de marques externes en T posées au pistolet des individus dès la taille de 12,5+/-3 cm (ce qui correspond approximativement à des groupes 1 sauvages au printemps). La zone de marquage la plus appropriée serait en dorsal. Il faut cependant noter que le taux de conservation des marques obtenu au bout de 4 mois d'un test réalisé en bassin, c'est-à-dire dans des conditions optimales de survie et de nutrition, n'est que d'environ 80%.

De plus, si l'on examine les dates de perte de marque (Figure 53), on constate que les premières marques n'ont été perdues qu'au bout de 7 semaines (soit à la dixième semaine calendaire), que les pertes maximales ont été enregistrées lors des 13^{ème} et 14^{ème} semaines du test (semaines calendaires 16 et 17) et qu'elles ont légèrement baissé ensuite, mais sans devenir nulles avant la fin du test.

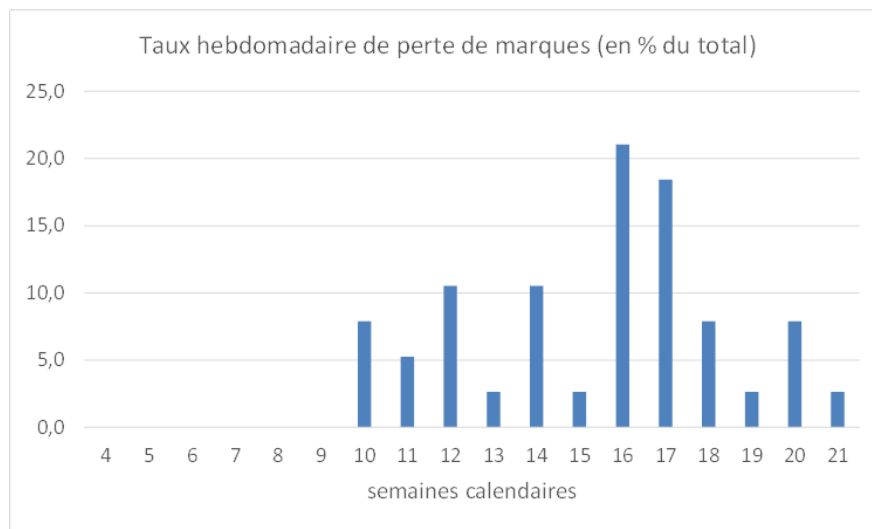


Figure 53 : Pertes hebdomadaires de marques, toutes zones de marquage et classes de tailles confondues (en % par rapport au nombre total de marques perdues au bout de 4 mois).

En outre, à la fin du test, les cicatrices de type 2 et 3 (i.e. non parfaites, présentant une nécrose, et donc un risque de perte de la marque à court ou moyen termes), représentent plus de 60% du total chez les individus ayant conservé leur marque. Seuls 28.3% des poissons marqués au départ possèdent encore leur marque en fin de test, tout en présentant une belle cicatrisation (Tableau 28). Ce

pourcentage monte à 69.8% chez les individus marqués en dorsal, ce qui conforte dans le choix final de cette zone de marquage. Il n'est que de 10.2% chez les individus marqués ventralement.

Tableau 28 : nombre d'individus portant encore en fin de test leur marque ET présentant une cicatrice de type 1 selon les zones de marquage et globalement.

	anal	ventral	pectoral	dorsal	Global
nombre marqués au départ	55	108	53	53	269
Nbr avec marque ET cicatrice 1	11	11	17	37	76
pourcentage	20,0	10,2	32,1	69,8	28,3

Cette méthode de marquage ne peut donc être considérée comme pleinement satisfaisante, même si elle semble être, à ce jour (pour des raisons de simplicité et de coût) la seule applicable. Elle obligera à réaliser un grand nombre de marquages pour pouvoir obtenir des résultats exploitables, et les conclusions ne pourront porter que sur les déplacements résiduels entre les secteurs de marquage et de recapture, ou sur les croissances individuelles, mais ne permettront pas d'estimer les mortalités puisque le taux réel de conservation des marques à longs termes ne peut être apprécié.

10. Autres espèces échantillonnées à l'occasion des campagnes

Le présent projet porte sur le bar, mais de nombreuses autres espèces sont capturées à l'occasion des campagnes de chalutage. Il est donc également possible de produire des indices d'abondance pour d'autres espèces, et notamment les espèces démersales qui sont *a priori* bien échantillonnées au moyen du chalut développé.

10.1. Les autres espèces échantillonnées

Le Tableau 29 présente les poissons et céphalopodes échantillonnés au cours des campagnes de printemps et d'automne 2015 en rade de Brest, et le Tableau 30 ceux rencontrés à l'occasion des trois campagnes menées en Loire en 2016.

Tableau 29 : Liste des poissons et céphalopodes capturés au printemps et en automne 2015 dans le cadre des campagnes Bargip nourriceries dans la partie orientale de la rade de Brest et l'estuaire de l'Aulne.

Espèce poisson	printemps	automne	Espèce céphalopode	printemps	automne
Alosa fallax	X	X	Alloteuthis	X	X
Anguilla anguilla	X	X	Loligo forbesii	X	
Atherina presbyter	X	X	Loligo vulgaris	X	X
Boops boops	X		Sepia officinalis	X	X
Callionymus lyra	X		Sepiola	X	X
Chelidonichthys lucerna	X	X	Total	5	4
Chelon labrosus	X		Total général	5	
Ciliata mustela		X			
Clupea harengus	X	X			
Conger conger	X	X			
Dicentrarchus labrax	X	X			
Enchelyopus cimbrius		X			
Engraulis encrasicolus	X	X			
Gobiidae	X				
Gobius niger	X				
Liza aurata	X	X			
Liza ramada	X	X			
Lophius piscatorius	X				
Merlangius merlangus	X	X			
Merluccius merluccius	X				
Mullus surmuletus	X	X			
Mustelus asterias	X				
Pagellus erythrinus	X	X			
Platichthys flesus		X			
Pleuronectes platessa	X				
Raja clavata	X	X			
Salmo salar	X				
Salmo trutta fario		X			
Sardina pilchardus	X	X			
Scomber scombrus	X	X			
Scyliorhinus canicula	X	X			
Solea solea	X	X			
Sparus aurata	X	X			
Spondyliosoma cantharus	X	X			
Sprattus sprattus	X	X			
Trachurus trachurus	X	X			
Trisopterus esmarkii	X				
Trisopterus luscus	X	X			
Trisopterus minutus	X				
Zeus faber		X			
Total	35	28			
Total général	40				

40 espèces différentes de poissons et 5 de céphalopodes ont été capturées au cours des échantillonnages 2015 en rade de Brest (35 espèces de poissons et 5 espèces de céphalopodes au printemps, contre 28 et 4 respectivement à l'automne). 23 espèces de poisson et 4 de céphalopodes sont capturées à l'occasion des deux campagnes.

En Loire, ce sont 46 espèces de poissons, 1 d'agnathe (*Petromyzon marinus* = Lamproie marine) et 4 de céphalopodes qui ont été échantillonnées en cumulant les 3 campagnes. 21 espèces de poissons sont communes aux 3 campagnes, et 12 ne sont échantillonnées que lors d'une seule campagne. Une seule espèce de céphalopodes est systématiquement capturée à l'occasion des 3 campagnes (*Alloteuthis*).

Tableau 30 : Liste des poissons, agnathes et céphalopodes capturés à l'occasion des 3 campagnes d'échantillonnages menées en estuaire de Loire en 2016.

Poissons/Agnathes	Mai	Juin	sept.	Céphalopodes	mai	juin	sept.
<i>Abramis brama</i>	X	X	X	<i>Alloteuthis</i>	X	X	X
<i>Alosa fallax</i>	X	X	X	<i>Sepia officinalis</i>		X	
<i>Anguilla anguilla</i>	X	X	X	<i>sepiola</i>	X	X	X
<i>Aphia minuta</i>	X	X	X	<i>loligo vulgaris</i>			X
<i>Arnoglossus laterna</i>		X		Total	2	3	3
<i>Argyrosomus regius</i>			X	Total général	4		
<i>Atherina presbyter</i>	X	X	X				
<i>Belone belone</i>			X				
<i>Callionymus lyra</i>		X	X				
<i>Chelon labrosus</i>		X	X				
<i>Ciliata mustela</i>			X				
<i>Clupea harengus</i>	X		X				
<i>Conger conger</i>	X	X	X				
<i>Cyprinus carpio carpio</i>	X	X					
<i>Dicentrarchus labrax</i>	X	X	X				
<i>Dicentrarchus punctatus</i>		X	X				
<i>Echiichthys vipera</i>	X	X					
<i>Enchelyopus cimbrius</i>	X						
<i>Engraulis encrasicolus</i>	X	X	X				
<i>Eutrigla gurnardus</i>		X	X				
<i>Gobius paganellus</i>		X					
<i>Hyperoplus lanceolatus</i>	X						
<i>Liza aurata</i>			X				
<i>Liza ramada</i>	X	X	X				
<i>Merlangius merlangus</i>	X	X	X				
<i>Merluccius merluccius</i>	X	X	X				
<i>Osmerus eperlanus</i>	X	X	X				
<i>Petromyzon marinus</i>	X						
<i>Platichthys flesus</i>	X	X	X				
<i>Pollachius pollachius</i>		X	X				
<i>Pomatoschistus minutus</i>	X	X	X				
<i>Raja brachyura</i>	X	X					
<i>Salmo salar</i>	X	X					
<i>Sander lucioperca</i>	X	X	X				
<i>Sardina pilchardus</i>	X	X	X				
<i>Scardinius erythrophthalmus</i>		X					
<i>Scomber scombrus</i>	X	X	X				
<i>Silurus glanis</i>	X	X					
<i>Solea solea</i>	X	X	X				
<i>Sparus aurata</i>			X				
<i>Spondyliosoma cantharus</i>	X	X					
<i>Sprattus sprattus</i>	X	X	X				
<i>Torpedo marmorata</i>			X				
<i>Trachurus mediterraneus</i>		X	X				
<i>Trachurus trachurus</i>	X	X	X				
<i>Trisopterus luscus</i>	X	X	X				
<i>Zeus faber</i>			X				
Total	31	36	35				
Total général		47					

La chaîne R-Sufi de traitement sous R des données des campagnes halieutiques de l'Ifremer fournit des indices ou indicateurs de communauté (i.e. de biodiversité) et de population (i.e. spécifiques).

10.2. Indicateurs « R-Sufi » de communauté

Parmi les indicateurs de communauté retenus par l'Ifremer (Cf. fiche explicative en annexe), ceux directement utilisables dans le cadre du suivi Nourriceries sont :

- Le nombre total d'individus (Nt) sur le domaine (toutes espèces cumulées),
- La biomasse totale (Btot) sur le domaine (toutes espèces cumulées),
- L'indice de diversité Delta (probabilité que 2 individus pris au hasard appartiennent à deux espèces différentes),
- La taille moyenne des individus au sein de la communauté (Lbcomm),
- Le poids moyen des individus au sein de la communauté (Wbcomm),
- La moyenne des poids moyens par espèce (meanWbar),
- Les proportions d'individus d'une taille supérieure à 15 cm (propL15) et à 30 cm (propL30).

A titre d'exemple, les résultats obtenus à l'occasion des 3 campagnes menées en 2016 en Loire sont donnés par le Tableau 31. Les domaines échantillonnés ayant été strictement identiques, les comparaisons sont possibles.

Tableau 31 : indicateurs de communauté produits via la chaîne R-Sufi à partir des échantillonnages Bargip Nourriceries de mai, juin et septembre 2016 en estuaire de Loire.

Loire mai 2016

Indicateur	Globalement (Σ espèces)			Poissons et agnathes			Céphalopodes		
	Valeur	EcartType	CV	Valeur	EcartType	CV	Valeur	EcartType	CV
Nombre total	6 604 036	1 347 814	0,20	5 185 462	1 171 861	0,23	594 295	110 329	0,19
Biomasse totale (kg)	299 648	70 087	0,23	282 809	67 361	0,24	6 213	1 779	0,29
Delta	0,93	0,02	0,03	0,90	0,06	0,06	0,45	0,07	0,15
Lbcomm (cm)	16,97	0,11	0,01	16,97	0,11	0,01	17,67	1,96	0,11
Wbcomm (kg)	0,045	0,014	0,31	0,055	0,018	0,33	0,010	0,004	0,34
MeanLmax (95% ; cm)	39,11	11,73	0,30	39,11	11,73	0,30			
meanWbar (kg)	0,278	0,161	0,58	0,211	0,100	0,48	0,220	0,210	0,95
propL15	0,52	0,01	0,01	0,52	0,01	0,01	0,67	0,27	0,41
propL20	0,21	0,01	0,02	0,21	0,01	0,02	0,33	0,27	0,82
propL25	0,12	0,00	0,03	0,12	0,00	0,03			
propL30	0,04	0,00	0,06	0,04	0,00	0,06			

Loire juin 2016

Indicateur	Globalement (Σ espèces)			Poissons et agnathes			Céphalopodes		
	Valeur	EcartType	CV	Valeur	EcartType	CV	Valeur	EcartType	CV
Nombre total	8 457 289	2 315 713	0,27	6 131 475	1 789 812	0,29	865 265	232 787	0,27
Biomasse totale (kg)	435 234	81 429	0,19	421 695	79 055	0,19	6 274	1 443	0,23
Delta	0,93	0,04	0,05	0,89	0,06	0,07	0,32	0,07	0,22
Lbcomm (cm)	16,72	0,11	0,01	16,72	0,11	0,01	13,50	0,43	0,03
Wbcomm (kg)	0,05	0,02	0,33	0,07	0,02	0,35	0,01	0,00	0,35
MeanLmax (95% ; cm)	44,44	12,44	0,28	44,44	12,44	0,28			
meanWbar (kg)	0,33	0,09	0,27	0,44	0,12	0,28	0,10	0,08	0,75
propL15	0,37	0,00	0,01	0,37	0,00	0,01			
propL20	0,23	0,00	0,02	0,23	0,00	0,02			
propL25	0,15	0,00	0,02	0,15	0,00	0,02			
propL30	0,10	0,00	0,03	0,10	0,00	0,03			

Loire septembre 2016

Indicateur	Globalement (Σ espèces)			Poissons et agnathes			Céphalopodes		
	Valeur	EcartType	CV	Valeur	EcartType	CV	Valeur	EcartType	CV
Nombre total	27 949 284	10 827 048	0,39	21 577 117	7 163 279	0,33	1 277 203	436 596	0,34
Biomasse totale (kg)	461 494	73 848	0,16	404 853	54 738	0,14	25 137	11 023	0,44
Delta	0,86	0,08	0,10	0,79	0,11	0,14	0,51	0,11	0,21
Lbcomm (cm)	11,15	0,03	0,00	11,21	0,03	0,00	8,02	0,07	0,01
Wbcomm (kg)	0,02	0,01	0,42	0,02	0,01	0,36	0,02	0,01	0,56
MeanLmax (95% ; cm)	39,19	12,71	0,32	39,19	12,71	0,32			
meanWbar (kg)	0,54	0,56	1,05	0,74	0,80	1,08	0,01	0,01	0,60
propL15	0,16	0,00	0,01	0,16	0,00	0,01	0,00	0,00	1,00
propL20	0,07	0,00	0,02	0,07	0,00	0,02			
propL25	0,03	0,00	0,03	0,03	0,00	0,03			
propL30	0,01	0,00	0,04	0,01	0,00	0,04			

L'estuaire de la Loire apparaît, quelle que soit la campagne, riche et diversifié, les indices delta étant systématiquement supérieurs à 0,8. Cet indice delta atteint la valeur très élevée de 0,93 en mai et juin, mais diminue en septembre à 0,86.

Au contraire, les abondances et les biomasses (poissons et céphalopodes uniquement) ne cessent d'augmenter au cours de l'année : de 6,6 millions d'individus pour 300 tonnes en mai, elles passent à 8,5 millions d'individus pour 435 tonnes en juin, et à 30 millions d'individus pour 460 tonnes en septembre. L'augmentation très marquée de l'abondance en septembre, alors que l'augmentation de la biomasse est faible s'explique par le recrutement des juvéniles du groupe 0 de plusieurs espèces au cours de l'été. Les recrutements les plus massifs en abondance (Tableau 32) sont principalement le fait d'espèces pélagiques : sprats, anchois, chinchards, éperlans et athérines. L'importance du recrutement en tacauds (espèce démersale) est également à signaler.

Tableau 32 : densités et biomasses des « espèces principales » échantillonnées à l'occasion des campagnes de mai et septembre 2016 en Loire. Classement en fonction de l'évolution des densités

Espèce	Densité(Nombre/km ²)		Biomasse(Kg/km ²)		évolution	
	mai	septembre	mai	septembre	densité (%)	biomasse (%)
Trisopterus luscus	57	3715	2	70	6417,5	3400,0
Atherina presbyter	37	927	0,37	10	2405,4	2602,7
Merlangius merlangus	77	877	7	22	1039,0	214,3
Sprattus sprattus	4238	36254	20	81	755,5	305,0
Engraulis encrasicolus	1808	12224	13	96	576,1	638,5
Merluccius merluccius	19	101	2	3	431,6	50,0
Trachurus trachurus	1029	5398	24	107	424,6	345,8
Osmerus eperlanus	249	1291	6	12	418,5	100,0
Scomber scombrus	149	686	17	91	360,4	435,3
Alosa fallax	459	1560	7	59	239,9	742,9
Platichthys flesus	436	1074	60	164	146,3	173,3
Sardina pilchardus	595	1197	41	52	101,2	26,8
Solea solea	1408	1923	45	49	36,6	8,9
Conger conger	36	40	140	148	11,1	5,7
Liza ramada	248	230	98	80	-7,3	-18,4
Alloteuthis	1944	1047	15	6	-46,1	-60,0
Anguilla anguilla	52	28	14	9	-46,2	-35,7
Gobiidés	3248	1662	7	4	-48,8	-42,9
Dicentrarchus labrax	2865	1292	428	222	-54,9	-48,1



10.3. Indicateurs spécifiques pour les espèces principales autres que le bar

R-Sufi produit donc également des indicateurs spécifiques (Cf. chapitres traitant du bar), mais uniquement pour les « espèces principales », c'est-à-dire celles dont les occurrences de capture sont supérieures à 5% et dont la densité dépasse 5 individus/Km² ou 5Kg/km². Le Tableau 33 présente, à titre d'exemple, les résultats obtenus en rade de Brest lors des campagnes de printemps en 2015, et le Tableau 34 ceux de la campagne de juin 2016 en estuaire de Loire.

Tableau 33 : espèces principales échantillonnées lors des campagnes Bargip de mars et d'avril 2015 ; occurrences, densités (en nombre d'individus par Km²) et biomasse (en Kg/Km²).

Espèce	Nom commun	Occurrence (%)	Densité (nombre/Km ²)	Biomasse (Kg/Km ²)
Spondyliosoma cantharus	Daurade grise	81	1497	420
Dicentrarchus labrax	Bar européen	31	2432	269
Atherina presbyter	Athérine	20	1858	32
Sprattus sprattus	Sprat	14	5790	27
Sardina pilchardus	Sardine	16	2363	18
Trachurus trachurus	Chinchard	20	136	13
Scyllorhinus canicula	Roussette	12	11	8
Loligo vulgaris	Calmar	20	28	5
Sparus aurata	Daurade royale	7	4	5
Engraulis encrasicolus	Anchois	14	95	2
Scomber scombrus	Maquereau	10	9	2
Alloteuthis	Alloteuthis	50	166	1

Tableau 34 : espèces principales de poissons et céphalopodes échantillonnées lors de la campagne Bargip en mai 2016 ; occurrences, densités (en nombre d'individus par Km²) et biomasse (en Kg/Km²)

Espèce	Nom commun	Occurrence (%)	Densité (nombre/km ²)	Biomasse (Kg/km ²)
Dicentrarchus labrax	Bar européen	80	2865	378
Conger conger	Congre	22	36	141
Liza ramada	Mulet porc	38	248	94
Platichthys flesus	Flet	45	436	58
Solea solea	Sole commune	48	1408	50
Sardina pilchardus	Sardine	12	595	39
Sprattus sprattus	Sprat	65	4238	28
Trachurus trachurus	Chinchard	35	1029	25
Scomber scombrus	Maquereau	20	149	20
Anguilla anguilla	Anguille	30	52	18
Alloteuthis	Alloteuthis	45	1944	15
Engraulis encrasicolus	Anchois	72	1808	15
Alosa fallax	Alose feinte	72	459	11
Merlangius merlangus	Merlan	22	77	8
Gobiidae	Gobies	68	3248	7
Osmerus eperlanus	Eperlan	42	249	7
Trisopterus luscus	tacaud commun	5	57	3
Merluccius merluccius	Merlu commun	10	19	3
Petromyzon marinus	Lamproie marine	18	17	2
Atherina presbyter	Athérine	20	37	1
Clupea harengus	Hareng	5	9	1
Enchelyopus cimbrius	Motelle 4 barbillons	12	16	0
Hyperoplus lanceolatus	Lançon commun	5	6	0

En rade de Brest (Tableau 34), sur les 40 espèces de poissons et céphalopodes échantillonnées lors des campagnes de printemps 2015, seules 12 satisfont aux critères de classement en « espèces principales » pour lesquelles les indicateurs spécifiques sont calculés.

Sur le domaine échantillonné, l'espèce la plus abondante (densité) est le sprat, suivie du bar, de la sardine, de l'athérine et de la daurade grise. En biomasse, c'est la daurade grise qui domine, devant le bar, les autres espèces majeures présentant des biomasses nettement inférieures.

En estuaire de Loire au mois de mai 2016, sur les 33 espèces de poissons et céphalopodes échantillonnées au total, 23 sont considérées comme des espèces principales selon les critères de la chaîne de traitement R-Sufi. En termes d'occurrence et de biomasse, le bar arrive en première position, mais n'est que la troisième espèce, derrière le sprat et les gobiidés, en termes de densité. En termes de biomasse, les 5 espèces les plus importantes sont le bar, puis le congre, le mullet porc, le flet, et enfin la sole commune.

A titre d'exemple, et à l'instar de ce qui a été réalisé pour le bar dans les paragraphes qui précèdent, les indices d'abondance en :

- daurades grises en rade de Brest au printemps 2015,
- soles en Loire en mai 2016,
- et merlans en Loire en septembre 2016,

sont présentés ci- après.

10.3.1. Les daurades grises de la rade de Brest au printemps 2015

Les daurades grises sont, comme les bars, des démersaux. Lors des campagnes de mars et avril 2015, leur occurrence de capture s'est élevée à 81%, leur densité à 1487 individus par Km² sur l'ensemble du domaine, et leur biomasse à 420 Kg/Km² (Tableau 33).

Leur effectif total est évalué à un peu moins de 147 000 individus (CV de 27% ; Tableau 35) pour une biomasse totale de 41 tonnes environ (CV de 23%). La longueur moyenne par individu est de 21,7 cm et le poids moyen de 280 g.

Tableau 35 : indicateurs R-Sufi pour la population de daurades grises présente sur le domaine échantillonné en rade de Brest lors des campagnes Bargip de mars et d'avril 2015.

Daurade grise	valeur	EcartType	CV
Abondance (nombre)	146 911	39 288	0,27
Biomasse (kg)	41 194	9 516	0,23
l0,95 (taille 95ème perc.)	33,00	1,58	0,05
Lbar (taille moyenne)	21,67	0,18	0,01
lnN	11,90	0,26	0,02
Lvar (variance longueur)	63,47	1,37	0,02
Wbar (poids moyen en kg)	0,28	0,10	0,35

Les distributions de tailles, élevées à l'ensemble du domaine, ou par strate, sont données par la Figure 54 et le Tableau 36. Ce sont les strates Profond puis Platier qui hébergent les plus grandes quantités de daurades grises. Seuls quelques individus (554) colonisent la strate Estuaire aval. Les strates estuaire central et estuaire amont ne font pas partie de l'habitat de cette espèce. **La rade de Brest représente donc également une nurricerie pour les daurades grises, mais les secteurs préférentiels de l'espèce sont très différents de ceux des juvéniles de bar.** Les individus les plus jeunes (des groupes 1, 2 et 3) se rencontrent sur les 4 strates les plus marines et les plus profondes de la rade, et la seule différence marquante entre les groupes d'âge concerne les individus les plus âgés (G4+ et individus de plus de 32 cm) qui se rencontrent essentiellement dans la strate Profond.

Tableau 36 : distribution des tailles, élevées par strates, des daurades grises au printemps 2015 en rade de Brest. (PAE = strate Platier Aval Estuaire)

taille	Total	estuaire aval	PAE	Platier	Profond
5,5	71	0	0	71	0
6,5	255	0	19	236	0
7,5	2777	62	136	1799	780
8,5	6184	0	330	2202	3652
9,5	9181	0	233	3899	5049
10,5	2082	0	116	837	1129
11,5	606	0	39	212	355
12,5	172	0	19	133	20
13,5	2675	0	131	1395	1148
14,5	4380	0	349	2646	1385
15,5	8532	62	504	5032	2934
16,5	6774	62	480	4380	1853
17,5	4074	0	368	1634	2071
18,5	2544	0	213	1438	892
19,5	352	123	78	94	57
20,5	177	0	73	47	57
21,5	282	0	19	205	58
22,5	1562	123	78	678	684
23,5	1033	0	116	232	685
24,5	3536	0	175	2116	1245
25,5	7601	62	325	4904	2311
26,5	8463	0	228	6047	2187
27,5	12444	0	170	8105	4170
28,5	8392	0	92	3732	4567
29,5	9895	62	189	6828	2817
30,5	6228	0	146	1409	4673
31,5	7199	0	39	2326	4834
32,5	6712	0	78	485	6150
33,5	5368	0	58	305	5005
34,5	6301	0	15	198	6088
35,5	3669	0	0	0	3669
36,5	2206	0	0	0	2206
37,5	3295	0	0	629	2666
38,5	1413	0	0	120	1293
39,5	267	0	0	0	267
	146911	554	4815	64376	76957

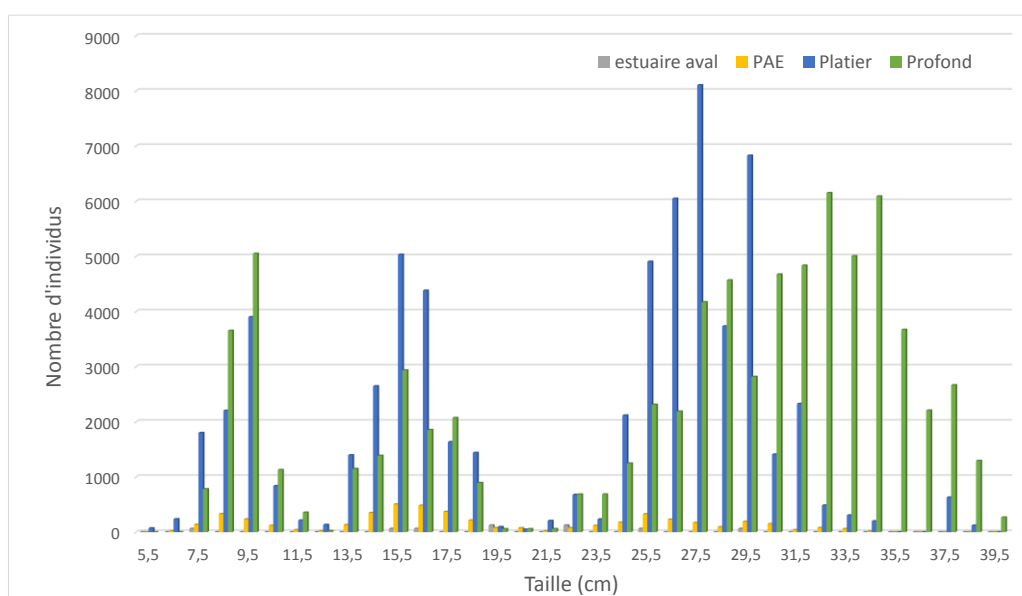


Figure 54 : distribution des longueurs totales, élevées par strates, des daurades grises au printemps 2015 en rade de Brest (PAE = strate platier aval estuaire).

10.3.2. Les soles de l'estuaire de Loire en mai 2016

A l'occasion de la campagne Loire de mai 2016, l'occurrence de capture de la sole commune *Solea solea* a été de 48% (Tableau 34). La densité moyenne sur l'ensemble du domaine échantillonné était de 1408 individus par Km², et la biomasse moyenne s'est élevée à 50 Kg/Km².

L'abondance globale (Tableau 37) est évaluée à un peu plus de 426 000 individus (CV 41%). La biomasse est évaluée à 15 tonnes environ (CV = 39%). Les individus sont plutôt de petite taille (taille moyenne de 15.2 cm ; seuls 5% des individus mesurent plus de 20 cm ; poids moyen individuel de 36 grammes).

Tableau 37 : indicateurs R-Sufi pour la population de soles communes présente sur le domaine échantillonné en estuaire de Loire lors de la campagne Bargip de mai 2016.

Indicateurs	valeur	EcartType	Coeff variation
Abondance (nbre)	426419	175528	0,41
Biomasse (kg)	15199	5923	0,39
l0,95 (taille percentile 95)	20,00	7,79	0,39
Lbar (taille moyenne)	15,20	0,09	0,01
lnN (log abondance)	12,96	0,40	0,03
Lvar (variance longueur)	10,23	0,65	0,06
Wbar (poids moyen en kg)	0,036	0,020	0,57

Les distributions de tailles élevées à l'ensemble du domaine et par strate sont données par le Tableau 38 et la Figure 55.

Les soles ont été capturées dans leur très grande majorité sur les strates estuaire amont (57% du total) et estuaire central (39% du total) lors de la campagne de mai 2016.

Les juvéniles de soles apparaissent donc inféodés à la partie la plus amont de l'estuaire, tout comme le sont les juvéniles de bar. Les juvéniles des deux espèces semblent donc coloniser un espace commun, mais sans utiliser de la même manière la colonne d'eau, les soles étant benthiques alors que les bars sont des démersaux.

Tableau 38 : distribution des tailles, globalement et par strates, des soles communes en mai 2016 en estuaire de Loire.

Tailles (cm)	Total	Est. amont	Est. central	Est. aval	Profond
9,5	6 015		6 015		
10,5	10 580		6 332		4 248
11,5	32 296	13 617	18 679		
12,5	37 310	15 610	18 995	2 705	
13,5	50 249	27 234	21 211	1 804	
14,5	44 947	26 902	18 046		
15,5	55 750	35 537	19 312	902	
16,5	62 995	41 515	20 578	902	
17,5	37 572	24 909	12 664		
18,5	50 747	36 865	12 980	902	
19,5	14 242	8 635	3 482		2 124
20,5	4 524	2 989	633	902	
21,5	1 962	1 328	633		
22,5	4 556	2 657	1 900		
23,5	1 328	1 328			
24,5	3 290	2 657	633		
25,5	2 294	1 661	633		
26,5	5 444	1 328	4 116		
27,5					
28,5					
29,5					
30,5					
31,5					
32,5					
33,5	317		317		
34,5	317		317		
35,5	317		317		
Total	426 419	244 771	167 792	8 116	6 373

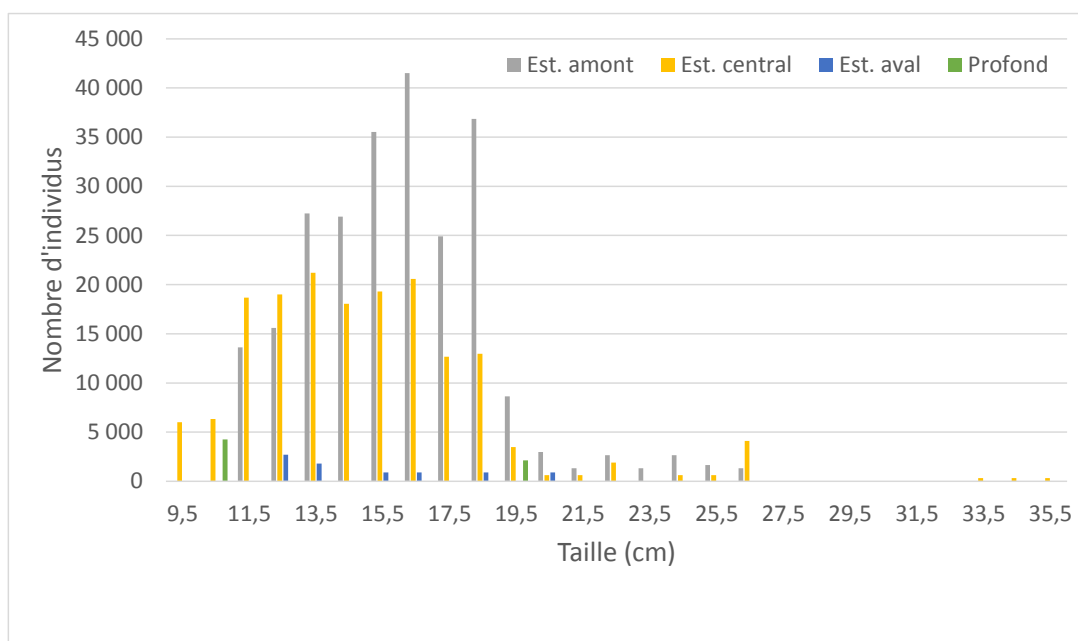


Figure 55 : distribution des longueurs totales, globalement sur l'ensemble du domaine échantillonné ou par strates, des soles communes en estuaire de Loire au mois de mai 2016.

10.3.3. Les merlans de l'estuaire de Loire en septembre 2016

Les merlans (*Merlangius merlangus*) sont la troisième espèce ayant connue la plus forte augmentation d'abondance entre les campagnes de mai et septembre en estuaire de Loire (Cf .Tableau 32 ; densités multipliées par 11).

En septembre, l'occurrence de capture des merlans s'est élevée à 37,3% (Tableau 39), contre 22% en mai (Tableau 34), mais malgré cette augmentation, les biomasses sont restées faibles (22 kg/km² contre 8 en mai).

Tableau 39 : Occurrences, densités et biomasses des espèces principales échantillonnées à l'occasion de la campagne de septembre 2016 en Loire.

Espèce	Occurrence(%)	Densité(Nbre/km ²)	Biomasse(Kg/km ²)
Sprattus sprattus	93	36254	81
Engraulis encrasicolus	91	12224	96
Alosa fallax	85	1560	59
Dicentrarchus labrax	82	1292	222
Osmerus eperlanus	55	1291	12
Carcinus maenas	54	1350	21
Platichthys flesus	51	1074	164
Sardina pilchardus	51	1197	52
Alloteuthis	51	1047	6
Crangon crangon	51	11974	22
Pomatoschistus minutus	48	1662	4
Solea solea	48	1923	49
Trisopterus luscus	43	3715	70
Atherina presbyter	42	927	10
Merlangius merlangus	37	877	22
Liza ramada	36	230	80
Trachurus trachurus	36	5398	107
Scomber scombrus	28	686	91
Clupea harengus	25	204	3
Loligo vulgaris	24	3144	77
Conger conger	21	40	148
Palaemon longirostris	18	631	0
Anguilla anguilla	16	28	9
Liocarcinus depurator	16	394	3
Trachurus mediterraneus	13	184	5
Asterias rubens	12	92	3
Palaemon serratus	9	289	1
Dicentrarchus punctatus	6	9	2
Merluccius merluccius	6	101	3
Sepiola	6	25	0

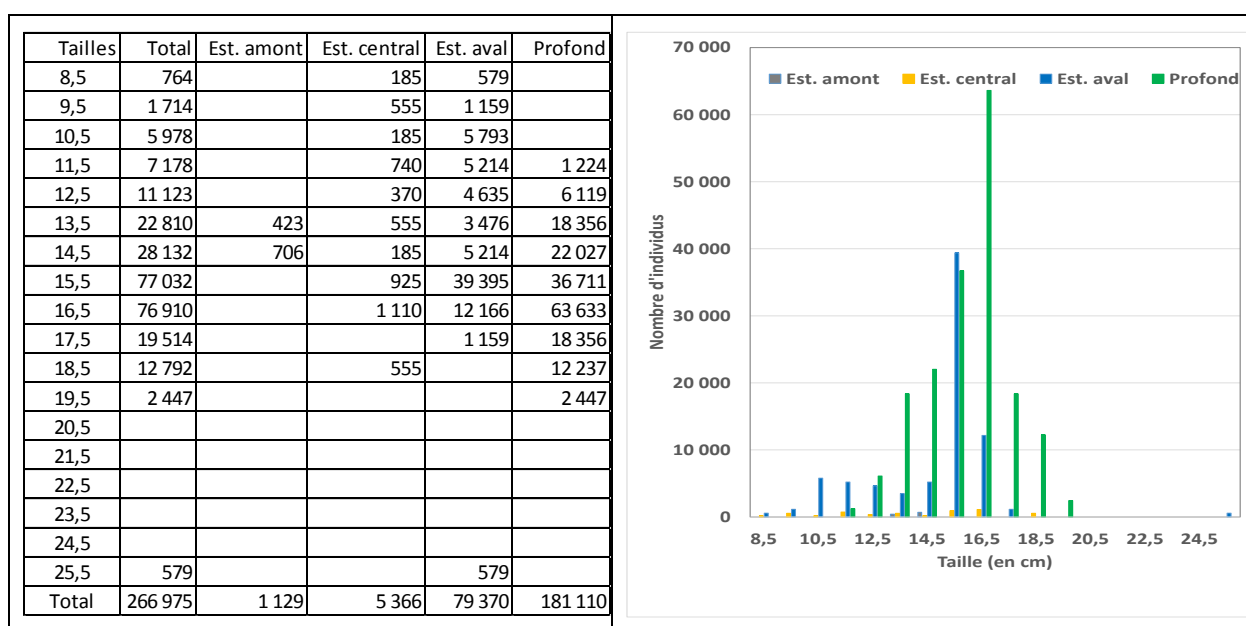
L'abondance globale, à l'échelle du domaine échantillonné, s'est élevée en septembre à un peu moins de 267 000 individus(CV de 32 % ; Tableau 40), avec une biomasse de l'ordre de 6,5 tonnes (CV de 32%).

Tableau 40 : indicateurs R-Sufi pour la population de merlans présente sur le domaine échantillonné en estuaire de Loire lors de la campagne Bargip Nourriceries de septembre 2016.

Indicateur	Valeur	Ecart type	Coeff variation
Abondance (nbre)	266 975	83 791	0,32
Biomasse (kg)	6 520	2 097	0,32
I0,95 (taille percentile 95)	17,00	3,91	0,23
Lbar (taille moyenne ; cm)	14,64	0,12	0,01
lnN (log abondance)	12,49	0,31	0,02
Lvar (variance longueur)	4,37	0,50	0,11
Wbar (poids moyen en kg)	0,025	0,011	0,45

La taille moyenne des individus était de 14.6 cm, et leur poids moyen de 25 grammes. Il s'agissait exclusivement de juvéniles (taille à la maturité sexuelle de l'ordre de 28-30 cm selon FishBase), et le domaine échantillonné peut vraisemblablement être considéré comme une nurserie ou plus exactement comme une partie de nurserie (à valider lors de suivis ultérieurs) : contrairement aux bars et aux soles, les captures de merlans sont en effet essentiellement enregistrées dans les strates les plus aval (Tableau 41), i.e dans la strate « Estuaire aval » (30% de l'abondance totale) et surtout dans la strate profond (68% de l'abondance totale) : vouloir produire des indices d'abondance annuels robustes en juvéniles de merlan demanderait vraisemblablement d'étendre le domaine échantillonné vers l'aval et de réaliser quelques traits supplémentaires dans la strate « profond » par rapport à une stratégie adaptée à la production d'indices d'abondance en juvéniles de bar.

Tableau 41 : distribution des tailles, élevées par strates, et pour l'ensemble du domaine échantillonné, des merlans en septembre 2016 en estuaire de Loire.



11. Conclusion

Le projet Bargip Nourriceries a débuté en juin 2014 et s'est achevé en mars 2017 (33 mois). Après une phase de synthèse bibliographique relative aux juvéniles de bar, à leurs nourriceries, et aux méthodes/protocoles permettant *a priori* de les échantillonner, 56,5 journées ou nuits de chalutage ont été menées sur les 2 sites pilotes de la rade de Brest et de l'estuaire de la Loire afin :

- De développer et régler un chalut à panneaux GOV de 7 m X 2,30 m d'ouverture, adapté à la capture des juvéniles de bar (et autres démersaux) en secteur estuarien, utilisable à partir d'un navire professionnel d'une dizaine de mètres de longueur et d'une puissance de 150 à 200 cv,
- De finaliser un protocole global d'échantillonnage permettant d'obtenir des indices d'abondance en juvéniles de bar affectés de coefficients de variation inférieurs à 20%,
- De caractériser les habitats préférentiels des différents groupes d'âge (en fonction de la salinité et de la profondeur) et ainsi de définir les limites des domaines constituant les nourriceries à bar au sein des deux zones. Les connaissances acquises permettront de circonscrire rapidement les « cœurs » de nourriceries de tout nouveau domaine qui viendrait à être échantillonné.
- D'analyser les données déjà disponibles, acquises par ailleurs le long des côtes françaises de l'Atlantique et de la Manche dans le cadre d'autres campagnes halieutiques (données de la DCE dans d'autres estuaires français, données des campagnes de type Nurse/IGA), et :
 - De conclure que ces données déjà disponibles ne permettent pas à elles seules de produire des indices d'abondance en juvéniles de bar suffisamment robustes pour pouvoir être utilisées par les groupes de travail en charge du bar au sein du CIEM (i.e. pour prédire de manière robuste les futurs recrutements en bar devenus adultes sur les pêcheries professionnelles et de loisir) : **un réseau spécifiquement dédié, et reposant sur le protocole développé dans le cadre du présent projet, est nécessaire,**
 - de réaliser une première hiérarchisation des nourriceries en fonction de leur potentiel de production
- Et enfin de proposer la mise en place du **suivi des 3 nourriceries majeures que constituent *a priori* les estuaires de la Seine, de la Loire et de la Gironde.**

12. Bibliographie.

Abbes R., 1991. Atlas des ressources et des pêches françaises dans les mers européennes. Edition Ouest-France, 99p.

Abel-Hakim N.F., Mehanna S.F., Eisa I.A., Hussein M.S., Al-Azab D.A. and Ahmed A.S., 2010. Length-weight relationship, condition factor and stomach contents of the European seabass, *Dicentrarchus labrax*, at Badawil lagoon, North Sinai, Egypt. In Proceedings of the 3rd Global Fisheries and Aquaculture Research Conference, 245-256. Egypt : Foreign Agricultural Relations, 29 November to 1 December 2010.

AELB-CREOCEAN, 2007. Inventaires benthodémersaux ; campagnes de pêches 2007. Rapport de synthèse. Rapport Creoccean 1062101 à l'Agence de l'Eau Loire Bretagne. 52p.

AELB-Ile, 2007. Variations saisonnières de l'organisation spatiale des peuplements de poissons de l'estuaire de Loire/Directive Cadre sur l'Eau ; Campagne 2006. Rapport de l'Institut du littoral et de l'Environnement de La Rochelle à l'Agence de l'Eau Loire Bretagne, février 2007. 62p.

Alliot E., Pastoureaud A. et Thebault H., 1983. Influence De La Température Et De La Salinité Sur La Croissance Et La Composition Corporelle D'alevins De *Dicentrarchus Labrax*. *Aquacult.* 31: 181-94.

Anderson J.J., Gurarie E. and Zabel R.W., 2005. Mean free-path length theory of predator-prey interactions : Application to juvenile salmon migration. *Ecological Modelling* 186: 196-211.

Anthouard M., Desportes C., Kentouri M., Divanach P. and Paris J., 1986. A study of behavioural patterns of *Dicentrarchus labrax*, *Diplodus sargus*, *Putazzo puntazzo*, *Sparus aurata* and *Lithognathus mormyrus* (Teleostei fishes) in a self-feeding situation. *Behavioral Biology* 11: 97-110.

Anthouard M., Divanach P. and Kentouri M., 1993. An Analysis of Feeding Activities of Sea Bass *Dicentrarchus Labrax*, moronidae) raised under different lighting conditions. *Ichthyophysiol. Acta*, 16: 59-70.

Aprahamian M.W., Barr C.D., 1985. The Growth, Abundance and Diet of 0-group Sea- Bass, *Dicentrarchus Labrax*, from the Severn Estuary. *JMBA UK* 65: 169-180.

Arias A., 1980. Crecimiento, Regimen Alimentario y Reproduccion De La Dorada (*Sparus Aurata* L.) y Del Robalo (*Dicentrarchus Labrax* L.) En Los Esteros De Cadiz. *Inv. Pesq.* 44 (1): 59-83.

Arnold G.P., 1981. Movements of Fish in Relation to Water Currents. In *Animal Migration*, ed. D.J. Aidley, Soc. Exp. Biol. Sem. Ser. 13: 55-79.

Arnold G.P., Cook P., 1984. Fish Migration by Selective Tidal Stream Transport : First Results with a Computer Simulation Model for the European Continental Shelf. In *Mechanisms of Migration in Fishes*. ed. Cleave, Arnold, Dodson, and Neill, 227-261.

Azzaydi M., Rubio V.C., Martínez López F.J., Sánchez-Vázquez F.J., Zamorab S. and Madrid J.A., 2009. Effect of restricted feeding schedule on seasonal shifting of daily demand-feeding pattern and food anticipatory activity in European sea bass (*Dicentrarchus labrax* L.). *The Journal of Biological and Medical Rhythm Research* 24: 859-874.

Bagenal T.B., 1971. The Interrelation of the Size of Fish Eggs, the Date of Spawning and the Production Cycle. *J. Fish Biol.* 3 (2): 207-19.

Barnabé G., 1978. Etude Dans Le Milieu Naturel Et En Captivité De L'écoéthologie Du Loup *Dicentrarchus Labrax* (L.) (Poisson, Serranidae) à L'aide De Nouvelles Techniques. *Ann. Sci. Nat. Zool.* 20 (4): 423–502.

Barnabé G. 1980a. Exposé synoptique de données biologiques sur le loup *Dicentrarchus labrax* (Linné, 1758). In *FAO Fisheries Synopses* 126 Rome: FAO.

Barnabé G., 1980b. Etude morphologique du loup *Dicentrarchus labrax* L. de la région de Sète. *Revue Travaux de l'Institut de Pêches Maritimes* 37: 397-410.

Barnabé G., 1990. Rearing Bass and Gilthead Bream. In *Aquaculture*, ed. G. Barnabé, 647–686.

Barnabé G., Le Coz C., 1987. Large-scale Cage Rearing of the European Sea Bass, *Dicentrarchus Labrax* (L.), in Tropical Waters. *Aquacult.* 66 (3-4): 209–21.

Barnabé, G. and Guissi A., 1993. Combined effects of diet and salinity on European sea bass larvae *Dicentrarchus labrax*. *Journal of the World Aquaculture Society* 24: 439-450.

Beck M.W., Heck K.L., Able K.W., Able TH.W., Childers D.L., Eggleston D.B, Gillanders Bronwyn M., Halpern B., Hays C., Hoshino K., Minello Th.J., Orth R., Sheridan P. and Weinstein M., 2001. The Identification, Conservation, and Management of Estuarine and Marine Nurseries for Fish and Invertebrates. *BioScience*, 51(8) : 633-641.

Bégout-Anras M.L., Lagardère J.P., Lafaye J.Y., 1997. Diel Activity Rhythm of Seabass Tracked in a Natural Environment : Group Effects on Swimming Patterns and Amplitudes. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 54: 162–8.

Bertignac M., 1987. L'exploitation du bar dans le MorBraz (Bretagne Sud). Thèse ENSA Rennes/Univ. Rennes I. 225p.

Blaber S.J.M., and Blaber T.G., 1980. Factors affecting the distribution of juvenile estuarine and inshore fish. *Journal of Fish Biology* 17: 143-162.

Blair J.M. and Hicks B.J., 2009. Otolith chemistry, stomach contents and stable isotope analysis of a snapper (*Pagrus auratus*) caught in the Waikato River. at Ngaruawahia, 11. Hamilton, New Zealand ; Centre for Biodiversity and Ecology Research, Department of Biological Sciences, School of Science and Engineering, The University of Waikato.

Boehlert G.W., Mundy B.C., 1988. Roles of Behavioral and Physical Factors in Larval and Juvenile Fish Recruitment to Estuarine Nursery Areas. : <http://swfsc.noaa.gov/publications/CR/1988/8815.PDF>.

Boulineau-Coatanea F., 1969. Contribution à L'étude Biologique Du Bar *Dicentrarchus Labrax* (Linné). PhD Thesis Fac. Sci. Univ. Paris

Boulineau-Coatanea F., 1970. Régime Alimentaire Du Bar *Dicentrarchus Labrax* (Serranidae) Sur La Côte Atlantique Bretonne. *Bull. MNHN 2°Ser.* 41 (5): 1106–22

Bowen, S.H., 1996. Quantitative description of the diet. In *Fisheries Techniques 2nd Edition*, ed. B.R. Murphy and D.W. Willis, 513-522. Bethesda, Maryland: American Fisheries Society.

Breder C.M. Jr, 1976. Fish Schools as Operational Structures. *Fish. Bull.* 74: 471–502.

Brown M. and Armstrong M., 2015. Cefas Solent Bass Survey in 2015, and update of bass recruitment index time series. Technical Report Cefas Lowestoft 22 october 2015. 6p.

Bussotti S. et Guidetti P., 2011. Timing and habitat preferences for settlement of juvenile fishes in the Marine Protected Area of Torre Guaceto (south-eastern Italy, Adriatic Sea). *Italian Journal of Zoology* ; 78(2): 243–254.

Cabral H., Costa M. J., 2001. Abundance, feeding ecology and growth of 0-group sea bass, *Dicentrarchus labrax*, within the nursery areas of Tagus estuary. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 81, 679–682.

Ceccherelli, V.U., I. Ferrari, and V. Giani. 1981. Zooplankton and zoobenthos role in the diet of juvenile stages of different fish species in an embayment of the Pô River Delta. *Kieler Meeresforsch* 5: 259-261.

Cerdá, J., Zanuy S., Carrillo M., Ramos J. and Serrano R., 1995. Short and long term dietary effects on female sea bass (*Dicentrarchus labrax*) : seasonal changes in plasma profiles of lipids and sex steroids in relation to reproduction. *Comparative Biochemistry and Physiology* 111: 83-91.

Chambord S., Villanueva M.C., Ernande B. and Lefebvre S., 2010. Can fish morphology determine its diet? In ICES Annual Conference 2010. Nantes.

Charrier F. et Bonnaire F., 2015. Inventaire des poissons dans les estuaires de Loire-Bretagne. Contrôle de surveillance DCE 2015 à 2017. Inventaire dans l'estuaire de l'Aulne. Campagne 1 : printemps 2015. 25p. Rapp. AELB-DCE.

Chervinski J., 1974. Sea Bass, *Dicentrarchus Labrax* Linne (Pisces, Serranidae) a 'police-fish' in Freshwater Ponds and Its Adaptability to Various Saline Conditions. *Isr. J. Aquac.*26: 110–13.

Chervinski J. and Shapiro J., 1980. Additional Experiments on the Growth of Juveniles and Fingerlings of the European Sea Bass (*Dicentrarchus Labrax* L.). *Isr. J. Aquac.*32 (3): 78–85.

Claireaux G. and Lefrançois C., 2007. Linking Environmental Variability and Fish Performance : Integration Through the Concept of Scope for Activity. *Phil. Trans. R. Soc. B Biol. Sci.* 362 (1487) : 2031–41.

Claridge P.N. and Potter I.C., 1983. Movements, Abundance, Age Composition and Growth of Bass, *Dicentrarchus Labrax*, in the Severn Estuary and Inner Bristol Channel. *J. Mar. Biol. Ass. UK* 63: 871–9.

Cochard M.L. et Goascoz N., 2013. Manuel des protocoles de campagne halieutique. Campagnes IGA-Penly : Macrofaune halieutique. RST Ifremer DRV/RH/DT/2002-009 – mise à jour 2013. 34p.

Cochran W. G., 1977. *Sampling Techniques*. Wiley, third edition, 428 p.

Conides, A.J., Glamuzina B. and Papaconstantinou C., 2004. Laboratory simulation of the effects of environmental salinity on wild-caught juveniles of European sea bass *Dicentrarchus labrax* and gilthead seabream *Sparus aurata*. *Journal of Fish Biology* 65: 327-328.

Conway D.V.P., Coombs S.H., Lindley J.A. and Llewellyn C.A., 1999. Diet of mackerel (*Scomber scombrus*) larvae at the shelf-edge to the south-west of the British Isles and the incidence of piscivory and coprophagy. *Vie et Milieu* 49: 213-220.

Coppin F., Le Roy D. et Schlaich Y., 2009. Manuel de protocole des campagnes halieutiques ; Campagne CGFS. RST Ifremer DRV/RH/DT/09/2001-Mise à Jour 05/2009. 29p. Téléchargeable Archimer : <http://archimer.ifremer.fr/doc/00036/14705/12011.pdf>

Cortés E., 1997. A critical review of methods of studying fish feeding based on analysis of stomach contents : application to elasmobranch fishes. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 54: 726-738.

Cortés E., 1998. Methods of studying fish feeding : reply. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 55: 2708.

Costa M.J., 1988. The Tagus and Mira Estuaries (Portugal) and Their Role as Spawning and Nursery Areas. *J. Fish Biol.* 33: 249–50.

Dagnelie P., 2003. Principes d'expérimentation. Planification des expériences et analyse de leurs résultats. Les presses agronomiques de Gembloux, 398p.

DallaVia J., Villani P., Gasteiger E. and Niederstätter H., 1998. Oxygen Consumption in Sea Bass Fingerlings *Dicentrarchus Labrax* Exposed to Acute Salinity and Temperature Changes : Metabolic Basis for Maximum Stocking Density Estimations. *Aquacult.* 169: 303–13.

Dando P.R., and Demir. 1985. On the spawning and nursery ground of sea bass, *Dicentrarchus labrax*, in the Plymouth area. *Journal of Marine Biological Association of the United Kingdom* 65: 159-168.

Dendrinou P., Thorpe J.P., 1985. Effects of Reduced Salinity on Growth and Body Composition in the European Bass *Dicentrarchus Labrax* (L.). *Aquacult.* 49 (3-4): 333–58.

Désaunay Y., Guérault D., 2002. Manuel des protocoles de campagne halieutique. Campagnes Nourriceries Gascogne. Ifremer – DRV/RH/DT/2002-005

Devauchelle N. and Coves D., 1988(a). The Characteristics of Sea Bass (*Dicentrarchus Labrax*) Eggs : Description, Biochemical Composition and Hatching Performances. *Aquat. Liv. Res.* 1 (4): 223–30.

Devauchelle N. and Coves D., 1988(b). Sea Bass (*Dicentrarchus Labrax*) Reproduction in Captivity : Gametogenesis and Spawning. *Aquat. Liv. Res.* 1 (4): 215–22.

Díaz, N., Ribas L. and Piferrer F., 2013. The relationship between growth and sex differentiation in the European sea bass (*Dicentrarchus labrax*). *Aquaculture* 408-409.

Dorel, D., 1986. Poissons de l'Atlantique Nord-Est ; Relations Taille-Poids. Ed. Ifremer (Nantes).

Dufour V., Cantou M. et Lecomte F., 2009. Identification of sea bass (*Dicentrarchus labrax*) nursery areas in the north-western Mediterranean Sea. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 89(7), 1367–1374.

Elliot M., and McLusky D.S., 2002. The need for definitions in understanding Estuaries. *Estuarine Coastal and Shelf Science* 55: 815-827.

Enes P., Panserat S., Kaushik S. and Oliva-Teles A., 2006. Rapid metabolic adaptation in European sea bass (*Dicentrarchus labrax*) juveniles fed different carbohydrate sources after heat

shock stress. *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology* 145: 73-81.

FAO. 2006. Fish Stat Plus database. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations.

Ferrari, I. and Chierigato A.R., 1981. Feeding habits of juvenile stages of *Sparus auratus*, *Dicentrarchus labrax* and Mugilidae in a brackish embayment of the River Pô delta. *Aquaculture* 25: 243-257.

Fishbase : <http://www.fishbase.org/Summary/SpeciesSummary.php?ID=63&AT=sea+bass>

Fortier L. and Leggett W.C., 1982. Fickian Transport and the Dispersal of Fish Larvae in Estuaries. *J. Can. Sci. Hal. Aquat.* 39 (8): 1150–63.

Forward R.B. Jr and Tankersley R.A., 2001. Selective Tidal-stream Transport of Marine Animals. *Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev.* 39: 305–53.

Fritsch M. 2005. Traits biologiques et exploitation du bar commun *Dicentrarchus labrax* (L.) dans les pêcheries françaises de la Manche et du golfe de Gascogne. Université de Bretagne Occidentale, Brest. Téléchargeable : archimer.ifremer.fr/doc/2005/these-1088.pdf

Fritsch, M., Morizur Y., Lambert E., Bonhomme F. and Guinand B., 2007. Assessment of sea bass (*Dicentrarchus labrax*, L.) stock delimitation in the Bay of Biscay and the English Channel based on mark-recapture and genetic data. *Fisheries Research* 83: 123-132.

Froese R. 2006. Cube law, condition factor and weight–length relationships : history, meta-analysis and recommendations. *Journal of Applied Ichthyology* 22: 241–253.

Gardeur J.N., Lemarié G., Coves D. and Boujard T., 2001. Typology of Individual Growth in Sea Bass (*Dicentrarchus Labrax*). *Aquat. Liv. Resources* 14 (4): 223–31.

Gerking S.D., 1994. *Feeding ecology of fish*. London: Academic Press, Inc.

Griffiths D., 1975. Prey availability and the food of predators. *Ecology* 56 : 1209-1214.

Hacunda, J.S., 1981. Trophic relationships among demersal fishes in coastal area of the Gulf of Main. *Fishery Bulletin* 79 : 775-788.

Hampel, H., Cattrijsse A., and Elliot M., 2005. Feeding habits of young predatory fishes in marsh creeks situated along the salinity gradient of the Schelde estuary, Belgium and The Netherlands. *Helgoland Marine Research* 59: 151-162.

Hidalgo F., Alliot E., Thebault H., 1987. Influence of Water Temperature on Food Intake, Food Efficiency and Gross Composition of Juvenile Sea Bass, *Dicentrarchus Labrax*. *Aquacult.* 64 (3) : 199–207.

Hidalgo F and Alliot E., 1988. Influence of Water Temperature on Protein Requirement and Protein Utilization in Juvenile Sea Bass, *Dicentrarchus Labrax*. *Aquacult.* 72 (1-2): 115–129.

Hoai Thong L., 1970. Contribution à L'étude Des Bars De La Région Des Sables d'Olonne. *Trav. Fac. Sci. Rennes, Ser. Océanogr. Biol.*, 3: 39–68.

Holden M.J. and Williams T., 1974. The Biology, Movements and Population Dynamics of Bass, *Dicentrarchus Labrax*, in English Waters. *J. Mar. Biol. Ass. UK* 53: 91–107.

Hureau J.C., 1966. Biologie comparée de quelques poissons antarctiques (Nototheniidés). In Bulletin d'Institut Océanographie de Monaco, 250

Hydro eau France (débits des fleuves français) (<http://www.hydro.eaufrance.fr>).

Hyslop E.J., 1980. Stomach contents analysis – a review of methods and their application. *Journal of Fish Biology* 17 : 411-429.

Jennings S. and Pawson M.G., 1991. The Development of Bass, *Dicentrarchus Labrax*, Eggs in Relation to Temperature. *J. Mar. Biol. Ass. UK* 71: 107–16.

Jennings S. and Pawson M.G., 1992. The origin and recruitment of bass, *Dicentrarchus labrax*, larvae to nursery areas. *Journal of Marine Biological Association of the United Kingdom* 72: 199-212.

Jennings, S., Lancaster J.E., Ryland J.S. & Shackley S.E., 1991. The age structure and growth dynamics of young-of-the-year bass, *Dicentrarchus labrax*, populations. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom* 71 : 799-810.

Jennings S., Warr K.J. and Mackinson S., 2002. Use of size-based production and stable isotope analyses to predict trophic transfer efficiencies and predator-prey body mass ratios in food webs. *Marine Ecology Progress Series* 240: 11-20.

Jobling M., 1994. Fish Bioenergetics. Fish and Fisheries Series 13.

Kara M.H., Barnabé G., Giannakourou A., 1995. Influence of Egg-sizes of *Dicentrarchus Labrax* on Early Performance of Starved Larvae. *Cybium* 19: 179–86.

Kara M.H. and Derbal F., 1996. Diet of sea bass *Dicentrarchus labrax* in the Gulf of Annaba, Algeria. *Annales de l'Institut Océanographique* 72: 185-194.

Katavić I., Jug-Dujaković J., Glamuzina B., 1989. Cannibalism as a Factor Affecting the Survival of Intensively Cultured Sea Bass (*Dicentrarchus Labrax*) Fingerlings. *Aquacult.* 77 (2-3): 135–143.

Kelley D.F., 1979. Bass population and movements on the west coast of the U.K. *Journal of Marine Biological Association of the United Kingdom* 59.

Kelley D.F., 1986. Bass Nurseries on the West Coast of the UK. *J. Mar. Biol. Ass. UK* 66: 439–64.

Kelley, D.F., 1987. Food of bass in U.K. waters. *Journal of Marine Biological Association of the United Kingdom* 67: 275-286.

Kelley D.F., 1988(a). The Importance of Estuaries for Sea-bass *Dicentrarchus Labrax* (L.). *J. Fish Biol.* 33 (A): 25–33.

Kelley D.F., 1988(b). Age Determination in Bass and Assessment of Growth and Year-class Strength. *J. Mar. Biol. Ass. UK* 68: 179–214.

Kelley D.F., 2002. Abundance, Growth and First-winter Survival of Young Bass in Nurseries of South-west England. *J. Mar. Biol. Ass. UK* 82: 307–19.

Kennedy M. and Fitzmaurice P., 1972. The biology of the bass, *Dicentrarchus labrax*, in Irish Waters. *Journal of the Marine Biological Association of the UK* 52: 557-597.

Kimura D.K. and Somerton D.A., 2006. Review of statistical aspects of survey sampling for marine fisheries. *Reviews in fisheries science*, 14: 245-283.

Koumoundouros G., Divanach P., Anezaki L. and Kentouri M., 2001. Temperature-induced ontogenetic plasticity in sea bass (*Dicentrarchus labrax*). *Marine Biology* 139 : 817-830.

Koumoundouros G., Pavlidis M., Anezaki L., Kokkari C., Steriotti A., Divanach P. and Kentouri M., 2002. Temperature Sex Determination in the European Sea Bass, *Dicentrarchus Labrax* (L., 1758) (Teleostei, Perciformes, Moronidae) : Critical Sensitive Ontogenetic Phase. *J. Exp. Zool.* 292: 573–579.

Ktari, M.H., Boun Ain A. and Quignard J.P., 1978. Régime alimentaire des loups (Poissons, Teleosteens, Serranidae) *Dicentrarchus labrax* et *Dicentrarchus punctatus* des côtes Tunisiennes. *Bulletin de l'Institut National Scientifique et Technique d'Océanographie et de Pêche de Salammbô* 5: 5-15.

Laffaille P., Feunteun E. et Lefeuvre J.C., 2000 (a). Composition of Fish Communities in a European Macrotidal Salt Marsh (the Mont Saint-Michel Bay, France). *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 51, 429–438.

Laffaille P., Lefeuvre J.C. and Feunteun E., 2000 (b). Impact of sheep grazing on juvenile sea bass, *Dicentrarchus labrax* L., in tidal salt marshes. *Biological Conservation* 96; 271-277.

Laffaille P., Lefeuvre J.-C., Schricke M.T. et Feunteun E., 2001. Feeding Ecology of 0-Group Sea Bass, *Dicentrarchus labrax*, in Salt Marshes of Mont Saint Michel Bay (France). *Estuaries Vol. 24, No. 1*, p. 116–125.

Last J.M., 1979. The food of larval Turbot *Scophthalmus maximus* L. from the west central North Sea. *Journal du Conseil International pour l'Exploration de la Mer* 38: 308-313.

Le Cren E.D., 1951. The length-weight relationship and seasonal cycle in gonad weight and condition in the perch (*Perca fluviatilis*). *Journal of Animal Ecology* 20: 201-219.

Léauté J.-P., 1986. Approche du régime alimentaire des juvéniles de bars et de limandes en Baie de Somme. *Revue des Travaux de l'Institut des Pêches Maritimes* 48: 55-63.

Leis J.M., Balma P., Ricoux R. and Galzin R., 2012. Ontogeny of Swimming Ability in the European Sea Bass, *Dicentrarchus Labrax* (L.)(Teleostei: Moronidae). *Mar. Biol. Res.* 8 (3): 265–272

Lenanton R.C.J., Robertson A.I. and Hansen J.A., 1982. Nearshore accumulations of detached macrophytes as nursery areas for fish. *Marine Ecology Progress Series* 9: 51-57.

Levings C.D., 1974. Seasonal changes in feeding and particle selection by winter flounder (*pleudopleuronectes americanus*). *Transactions of the American Fisheries Society* 4: 828-832.

Luna Acosta A., Lefrançois C., Millot S., Chatain B. et Bégout-Anras M.L., 2011. Physiological Response in Different Strains of Sea Bass (*Dicentrarchus Labrax*): Swimming and Aerobic Metabolic Capacities. *Aquacult.* 317: 162–167.

MAFF (Ministry of Agriculture, Fisheries and Food), 1990. The Bass Order 1990 (Specified Areas ; Prohibition of Fishing). Téléchargeable : <https://www.cefas.co.uk/publications/techrep/Bass.pdf>

Mahé, K., Amara R., Bryckaert T., Kacher M. and Brylinski J.M., 2007. Ontogenetic and spatial variation in the diet of hake (*Merluccius merluccius*) in the Bay of Biscay and the Celtic Sea. *ICES Journal of Marine Science* 64: 1210-1219.

Marangos C., Yagi H., Ceccaldi H.J., 1986. Rôle De La Température Et De La Salinité Sur Le Taux De Survie Et La Morphogenèse Au Cours Du Développement Embryonnaire Chez Les Oeufs Du Loup De Mer *Dicentrarchus Labrax* (Linnaeus, 1758) (Pisces, Teleostei, Serranidae). *Aquacult.* 54 (4): 287–300.

Martinho, F., R. Leitão, J.M. Neto, H. Cabral, F. Lagardère, and M.A. Pardal. 2008. Estuarine colonization, population structure and nursery functioning for 0-group sea bass (*Dicentrarchus labrax*), flounder (*Platichthys flesus*) and sole (*Solea solea*) in a mesotidal temperate estuary. *Journal of Applied Ichthyology* 24: 229-237.

Martinho F., Dolbeth M., Viegas I., Teixeira C.M., Cabral H N., Pardal M.A., 2009. Environmental effects on the recruitment variability of nursery species. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 83; 460–468

Moore A., Pickett G.D., Eaton D.R., 1994. A Preliminary Study on the Use of Acoustic Transmitters for Tracking Juvenile Bass (*Dicentrarchus Labrax*) in an Estuary. *J. Mar. Biol. Ass. UK* 74 (2): 451–4.

Morin J. et Schlaich I., 2003. Manuel des protocoles de campagne halieutique. Campagnes Nourriceries en Estuaire de Seine (NourSein). Rapport Ifremer. 32 p.

Mosneron Dupin J. et Lagardère J.P., 1990. Réactions comportementales du bar *Dicentrarchus labrax* (Linné 1758) aux basses températures. Premières données recueillies en marais maritime par télémétrie acoustique. *C.R. Acad. Sci., Paris* 130 (ser. III): 279–84.

Nebel C., Romestand B., Negre-Sadargues G., Grousset E., Aujoulat F., Bacal J., Bonhomme F., Charmantier G., 2005. Differential Freshwater Adaptation in Juvenile Sea-bass *Dicentrarchus Labrax* : Involvement of Gills and Urinary System. *J. Exp. Biol.* 208 (20): 3859–71.

Parlier E.P., 2006. Thèse : approche quantitative de la fonction de nourricerie des systèmes estuaires-vasières ; cas du bar européen (*Dicentrarchus labrax*) dans 5 nourriceries du ponant : estuaire de la Seine, estuaire de la Loire, baie du Mont St Michel, baie de St Brieuc et baie de l’Aiguillon. Univ. La Rochelle/UFR Sciences. 22 sept 2006. 282p.

Pastoureaud A., 1991. Influence of Starvation at Low Temperatures on Utilization of Energy Reserves, Appetite Recovery and Growth Character in Sea Bass, *Dicentrarchus Labrax*. *Aquacult.* 99 (1-2): 167–78.

Pauly D., 1993. Editorial fish byte. *NAGA, The ICLARM Quarterly* 16: 26.

Pawson M.G., Kelley D.F., Pickett G.D., 1987. The Distribution and Migration of Bass, *Dicentrarchus Labrax* L., in Waters Around England and Wales as Shown by Tagging. *J. Mar. Biol. Ass. UK* 67: 183–217.

Pawson M.G. and Pickett G.D., 1996. The annual pattern of condition and maturity in bass, *Dicentrarchus Labrax*, in Waters around England and Wales. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom* 76: 107-125.

Pawson M.G., Pickett G.D. and Smith M.T., 2005. The role of technical measures in the recovery of the UK sea bass (*Dicentrarchus labrax*) fishery 1980–2002. *Fisheries Research* 76: 91-105.

Pawson M.G., Pickett G.D., Leballeur J., Brown M. and Fritsch M., 2007. Migrations, fishery interactions, and management units of sea bass (*Dicentrarchus labrax*) in Northwest Europe. *ICES Journal of Marine Science* 64: 332-345.

Pearre Jr. S., 1986. Ratio-based trophic niche breadths of fish, the Sheldon spectrum, and the size-efficiency hypothesis. *Marine Ecology Progress Series* 27.

Person-Le Ruyet J., Mahé K., Le Bayon N. and Le Delliou H., 2004. Effects of temperature on growth and metabolism in a Mediterranean population of European sea bass, *Dicentrarchus labrax*. *Aquaculture* 237: 269-280.

Piankas L., Oliphant M.S. and Iverson S.J., 1971. Food habits study albacore, blue fin tuna and bonito in California waters. *California Fish Game, Fisheries Bulletin* 152: 5-10.

Pichavant K., Person-Le Ruyet J., Le Bayon N., Sévère A., Le Roux A. et Boeuf G., 2001. Comparative Effects of Long-term Hypoxia on Growth, Feeding and Oxygen Consumption in Juvenile Turbot and European Sea Bass. *J. Fish Biol.* 59: 875–83.

Pickett G. D., Pawson M. G., 1994. Sea Bass Biology, exploitation and conservation. Chapman and Hall, Fish and Fisheries Series 12, 337p.

Pickett G.D., Brown M., Harley B. and Dunn M.R., 2002. Surveying fish populations in the solent and adjacent harbours using the Cefas bass Trawl. Science Series Technical Report n°118. Cefas Lowestoft : 16pp

Pickett G.D., Kelley D.F., and Pawson M.G., 2004. The patterns of recruitment of sea bass, *Dicentrarchus labrax* L. from nursery areas in England and Wales and implications for fisheries management. *Fisheries Research* 68: 329-342.

Pierce, G.J., and Boyle P.R., 1991. A review of methods for diet analysis in piscivorous marine mammals. *Oceanography and Marine Biology: An Annual Review* 29: 409-486.

Pope, K.L., Brown M.L., Duffy W.G. and Michaletz P.H., 2001. A caloric-based evaluation of diet indices for largemouth bass. *Environmental Biology of Fishes* 61: 329-339.

R_Core_Team. 2015. R : A language and environment for statistical computing. Vienna, Australia : R Foundation for Statistical computing.

Regner S. and Dulčić J., 1994. Growth of Sea Bass, *Dicentrarchus Labrax*, Larval and Juvenile Stages and Their Otoliths Under Quasi-steady Temperature Conditions. *Mar. Biol.* 119: 169–77.

Reidel, R., L.M. Caskey, and S.H. Hurlbert., 2007. Length-weight relations and growth rates of dominant fishes of the Salton Sea : implications for predation by fish-eating birds. *Lake and Reservoir Management* 23: 528-535.

Relini, G., M. Relini, G. Torchia, and G. De Angelis, 2002. Trophic relationships between fishes and an artificial reef. *ICES Journal of Marine Science* 59: S36-S42.

Reynolds W.J., Lancaster J.E., Pawson M.G., 2003. Patterns of Spawning and Recruitment of Sea Bass to Bristol Channel Nurseries in Relation to the 1996 'Sea Empress' Oil Spill. *J. Mar. Biol. Ass. UK* 83: 1163–70.

Richard D., Methot Jr., 2011. User manual for Stock Synthesis. Model Version 3.23b. Up dated November 7, 2011. NOAA Fisheries, Seattle, WA. 167p. Téléchargeable : <http://nft.nefsc.noaa.gov/SS3.html>

Ricker W.E., 1980. Calcul et interprétation des statistiques biologiques des populations de poissons. *Bulletin of Fisheries Research Board of Canada* 191: F.

Roblin C. and J. Bruslé., 1984. Le régime alimentaire des alevins et juvéniles de loup (*Dicentrarchus labrax* L.) des lagunes littorales du Golfe du Lion (étangs roussillonnais, France). *Vie Milieu* 34: 195-207.

Rodríguez L., Zanuy S., Carrillo M., 2001. Influence of Day Length on the Age at First Maturity and Somatic Growth in Male Sea Bass (*Dicentrarchus Labrax*, L.). *Aquacult.* 196: 159–75.

Rodríguez L., Begtashi I., Zanuy S., Carrillo M., 2005. Long-term Exposure to Continuous Light Inhibits Precocity in European Male Seabass (*Dicentrarchus Labrax*, L.) : Hormonal Aspects. *Gen. Comp. Endocrinol.* 140 (2): 116–25.

Rodríguez L., Felip A., Ronzani Cerqueira V., Hala E., Zanuy S., Carrillo M., 2012. Identification of a Photolabile Period for Reducing Sexual Maturation in Juvenile Male Sea Bass (*Dicentrarchus Labrax*) by Means of a Continuous Light Regime. *Aquacult. Int.* 20(6): 1071-1083.

Rogdadis Y., A. Ramfos K. Koukou E. Dimitriou and G. Katselis, 2010. Feeding habits and trophic level of sea bass (*Dicentrarchus labrax*) in the Messolonghi-Etoliko lagoons complex (Western Greece). *Journal of Biological Research-Thessaloniki* 13: 13-26.

Rønnestad I., Koven W., Tandler A., Harel M., Fyhn H.J., 1998. Utilisation of Yolk Fuels in Developing Eggs and Larvae of European Sea Bass (*Dicentrarchus Labrax*). *Aquacult.* 162: 157–70.

Rubio, V.C., F.J. Sánchez-Vázquez, and A. Madrid., 2005. Effects of salinity on food intake and macronutrient selection in European sea bass. *Physiology and Behavior* 85: 333-339.

Russell F.S., Fish J.D., Wootton R.J., 1996. Feeding and Growth of Juvenile Sea Bass : The Effect of Ration and Temperature on Growth Rate and Efficiency. *J. Fish Biol.* 49 (2): 206–20.

Sá R., C. Bexiga, P. Veiga, L. Vieira, and K. Erzini, 2006. Feeding ecology and trophic relationships of fish species in the lower Guadiana River Estuary and Castro Marim e Vila Real de Santo António Salt Marsh. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 70: 19-26.

Saillant E., Chatain B., Menu B., Fauvel C., Vidal M.O., Fostier A., 2003(a). Sexual Differentiation and Juvenile Intersexuality in the European Sea Bass (*Dicentrarchus Labrax*). *J. Zool.* 260: 53–63.

Saillant E., Fostier A., Haffray P., Menu B., Chatain B., 2003(b.) Saline Preferendum for the European Sea Bass, *Dicentrarchus Labrax*, Larvae and Juveniles: Effect of Salinity on Early Development and Sex Determination. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 287: 103–17.

Saillant E., Fostier A., Haffray P., Menu B., Laureau S., Thimonier J., Chatain B., 2003(c). Effects of Rearing Density, Size Grading and Parental Factors on Sex Ratios of the Sea Bass (*Dicentrarchus Labrax* L.) in Intensive Aquaculture. *Aquacult.* 222 (1-4): 183–206.

Scharf F.S., F. Juanes and R.A. Rountree, 2000. Predator size - prey size relationships of marine fish predators: interspecific variation and effects of ontogeny and body size on trophic-niche breadth. *Marine Ecology Progress Series* 208: 229-248.

Schneider J.E., 2004. Energy balance and reproduction. *Physiology and Behavior* 81: 289-317.

SeaFish. 2013. Responsible Sourcing Guide: Sea bass Version 4. http://www.seafish.org/media/publications/SeafishResponsibleSourcingGuide_Seabass_201309.pdf

Shenker J.M. and Dean J.M., 1979. The Utilization of an Intertidal Salt Marsh by Larval and Juvenile Fishes: Abundance, Diversity, and Temporal Variation. *Estuaries* 2: 154–63.

Sokal R.R., and Rohlf F.J., 1989. *Biometry*. San Francisco, USA: W.H. Freeman & Co.

Spitz J., Chouvelon T., Cardinaud M., Kostecki C. and Lorange P., 2013. Prey preferences of adult sea bass *Dicentrarchus labrax* in the northeastern Atlantic : implications for bycatch of common dolphin *Delphinus delphis*. *ICES Journal of Marine Science* 70: 452-461.

Stequert B., 1972. Contribution à L'étude Du Bar *Dicentrarchus Labrax* (L.) Des Réservoirs à Poisson De La Région d'Arcachon. PhD thesis, Univ. Bordeaux I

Stirling H.P., 1977. Growth, Food Utilization and Effect of Social Interaction in the European Bass *Dicentrarchus Labrax*. *Mar. Biol.* 40: 173–84

Tesch F.W., 1968. Age and growth. In *Methods for assessment of fish production in fresh waters*, ed. W.E. Ricker, 93-123. Oxford : Blackwell Scientific Publications.

Tesch, F.W. 1971. Age and Growth. In *Methods for Assessment of Fish Production in Fresh Waters*, ed. W.E. Ricker, 98-103. Oxford, U.K. : Blackwell Scientific Publications.

Tesseyre C., 1979. Etude Des Conditions D'élevage Intensif Du Loup *D. Labrax*. PhD Thesis, Sci. Tech. Montpellier.

Thetmeyer H., Waller U., Black KD, Inselman S. and Rosenthal H., 1999. Growth of European Sea Bass (*Dicentrarchus Labrax* L.) Under Hypoxic and Oscillating Oxygen Conditions. *Aquacult.* 174: 355–67.

Tsevis N., Klaoudatos S. and Conides A.J., 1992. Food Conversion Budget in Sea Bass, *Dicentrarchus Labrax*, Fingerlings Under Two Different Feeding Frequency Patterns. *Aquacult.* 101 (3-4): 293–304.

Varsamos S., 2002. Tolerance Range and Osmoregulation in Hypersaline Conditions in the European Sea Bass (*Dicentrarchus Labrax*). *J. Mar. Biol. Ass. UK* 82: 1047–8.

Varsamos S., Connes R, Diaz JP, Barnabé G, Charmantier G (2001) Ontogeny of Osmoregulation in the European Sea Bass *Dicentrarchus Labrax* L. *Mar. Biol.* 138: 909–15.

Varsamos S, Nebel C. and Charmantier G., 2005. Ontogeny of Osmoregulation in Postembryonic Fish : A Review. *Comp. Biochem. Physiol. A* 141: 401–29.

Venables W.N. et Ripley B.D., 2002. *Modern Applied Statistics with S*. Springer statistics and computing, fourth edition, 495 p.

Villanueva M.C., Le Roy D., Martin S., Garren F., Le Rû L. et Le Goff R., 2016. Que mange les juvéniles de bar commun (*Dicentrarchus labrax*) de la rade de Brest et de la baie de Douarnenez ? Analyses exploratoires de biologie générale et du régime alimentaire des juvéniles. Project BARGIP-Action nourriceries. IFREMER Rapport Interne, 34 p. Téléchargeable sous <https://w3.ifremer.fr/archimer>

Villanueva, M.C., 2015. Contrasting tropical estuarine ecosystem functioning and stability : A comparative study. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 155: 89-103.

Vinagre C., Ferreira T., Matos L., Costa M.J., Cabral H., 2009. Latitudinal Gradients in Growth and Spawning of Sea Bass, *Dicentrarchus Labrax*, and Their Relationship with Temperature and Photoperiod. *Estuar. Coast. Shelf Sci.* 81: 375–80.

Vinagre C., Narciso L., Cabral H., Costa M.J., Rosa R., 2012. Coastal Versus Estuarine Nursery Grounds : Effect of Differential Temperature and Heat Waves on Juvenile Seabass, *Dicentrarchus Labrax*. *Estuar. Coast. Shelf Sci.* 109: 133–7.

Wares D.M., 1975. Relation Between Egg Size, Growth and Natural Mortality of Larval Fish. *J. Fish Res. Bd. Can.* 32: 2503–12.

Werner E.E. and Hall D.J., 1974. Optimal foraging and the size selection of prey by the bluegill sunfish (*Lepomis macrochirus*). *Ecology* 55: 1042-1052.

Wootton, R.J., 1998. *Ecology of teleost fishes, 2nd ed.* London: Chapman & Hall.

Zander C.D., 1982. Feeding ecology of littoral gobiid and blennioid fish of the Banyuls area (Medit. Sea). Main food and trophic dimension of niche and ecotope. *Vie et Milieu* 32: 1-10.

Zanuy S. and Carrillo M., 1985. Annual Cycles of Growth, Feeding Rate, Gross Conversion Efficiency and Hematocrit Levels of Sea Bass (*Dicentrarchus Labrax* L.) Adapted to Two Different Osmotic Media. *Aquacult.* 44 (1): 11–25.

Zar J.H., 1999. *Biostatistical analysis.* New Jersey : Prentice-Hall, Inc.

13. Annexes

13.1. Annexe 1 : Les indices de population retenus par l'Ifremer

Les indices présentés ont été sélectionnés en référence à leur aptitude à renseigner sur l'impact de la pêche, en vue de leur intégration dans des tableaux de bord d'indicateurs d'évolution d'écosystèmes exploités par la pêche (Rochet & Trenkel 2003; Trenkel & Rochet 2003; Rochet *et al.* 2005).

13.1.1. Pour toutes les espèces sélectionnées

Abondance totale dans la zone (valeur relative) N

L'abondance totale (en nombre) est estimée en respectant le plan d'échantillonnage stratifié. En raison des limites des plans et des méthodes d'échantillonnage, les campagnes ne permettent pas d'estimer l'abondance exacte des populations dans la zone échantillonnée. Les résultats obtenus doivent être considérés comme des valeurs relatives permettant de décrire une tendance dans une série, à condition que le plan et la méthode d'échantillonnage appliqués soient strictement identiques tout au long de la série.

Logarithme naturel de l'abondance $\text{Log}(N)$

Le logarithme naturel du nombre dans la zone.

Biomasse totale dans la zone (valeur relative) W

La biomasse totale (en kg) est estimée en respectant le plan d'échantillonnage stratifié. En raison des limites des plans et des méthodes d'échantillonnage, les campagnes ne permettent pas d'estimer la biomasse exacte des populations dans la zone échantillonnée. Les résultats obtenus doivent être considérés comme des valeurs relatives permettant de décrire une tendance dans une série, à condition que le plan et la méthode d'échantillonnage appliqués soient strictement identiques tout au long de la série.

Poids individuel moyen dans la population W_{bar}

Poids moyens (en kg).

13.1.2. Pour les espèces dont la longueur individuelle est mesurée

Longueur moyenne dans la population L_{bar}

La longueur moyenne (cm) est calculée à partir des nombres par classe de taille élevés aux traits (en ignorant la stratification).

Longueur au x ème percentile de la distribution de longueur $L_{0.x}$

Il s'agit du x ème percentile de la distribution en taille (cm) de la population (cf. Fig. 1). Les indices sont calculés pour les 5, 25, 75 et 95ème percentiles.

Variance de la longueur dans l'échantillon L_{var}

La variance de la distribution en taille de la population dans l'échantillon.

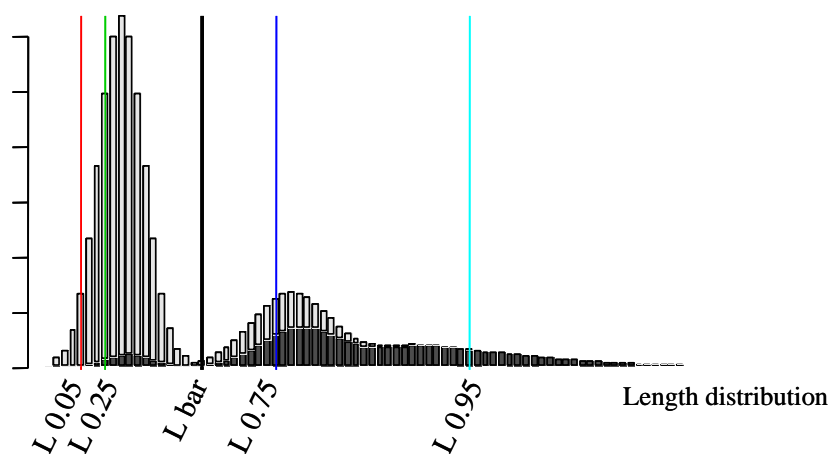


Figure 1. Représentation théorique des métriques relatives à la longueur.

Méthodes de calcul

Tous les indices sont calculé pour toute la zone en prenant compte le plan d'échantillonnage stratifié sauf pour les indices basés sur les tailles.

Symboles utilisé :

Données	Description
$N_i(t)$	Indice de l'abondance totale pour l'espèce i
$N_{i,l}(t)$	Indice d'abondance totale pour la classe de longueur l pour l'espèce i
$B_i(t)$	Indice de la biomasse totale pour l'espèce i
A_j	Surface de la strate j
$a_{k,j}$	Surface balayée par le trait k dans la strate j
$y_{i,l}$	Nombre capturé dans le classe de longueur l pour l'espèce i
$y_{i,k,j}$	Nombre capturé de l'espèce i dans le trait k de la strate j
$w_{i,k,j}$	Nombre capturé de l'espèce i dans le trait k de la strate j

- Abondance total dans la zone : N

$$N_i = \sum_j N_{i,j} = \sum_j A_j \sum_{k=1}^{n_j} y_{i,k,j} / \sum_{k=1}^{n_j} a_{k,j} \quad \text{Var}(N_i) = \sum_j \frac{A_j^2}{n_j - 1} \sum_{k=1}^{n_j} \left(\frac{y_{k,j}}{a_{k,j}} - \frac{\sum_{k=1}^{n_j} y_{k,j}}{\sum_{k=1}^{n_j} a_{k,j}} \right)^2$$

- Biomasse totale dans la zone: **W**

$$W_i = \sum_j W_{i,j} = \sum_j A_j \sum_{k=1}^{n_j} w_{k,j} / \sum_{k=1}^{n_j} a_{k,j} \quad \text{Var}(W_i) = \sum_j \frac{A_j^2}{n_j - 1} \sum_{k=1}^{n_j} \left(\frac{w_{k,j}}{a_{k,j}} - \frac{\sum_{k=1}^{n_j} w_{k,j}}{\sum_{k=1}^{n_j} a_{k,j}} \right)^2$$

- Poids moyen d'un individu : **Wbar**

$$W_{bar_i} = W_i / N_i$$

- Taille moyenne d'un individu : **Lbar**

$$L_{bar} = \frac{1}{y_i} \sum_{l=1}^L y_{l,i} l$$

- Longueur au xième percentile de la distribution de longueur : **L0.x**

$$L_{q,i} = l_{q,i} \left| \frac{\sum_{l=1}^L y_{l,i}}{y_i} = q \right.$$

- Variance de la longueur dans l'échantillon : **Lvar**

$$L_{var_i} = \left(\frac{\sum_{l=1}^L y_{l,i} l^2}{y_i} - L_{bar_i}^2 \right)$$

Tous les calculs sont fait avec des routines standardisées (logiciel R-SUFI) qui intègrent toute la chaîne de traitement des données (Rochet *et al.* 2004).

Les données disponibles sur le site

Les données disponibles sur le site sont les valeurs de chaque indice décrit ci-dessus. Les informations ont été validées par un groupe de travail dans une approche intégrative d'indicateurs de populations et de communautés (Bertrand 2004; Rochet *et al.* 2005). Les résultats sont donnés par zone géographique et par espèce pour l'ensemble de la série de données disponible.

L'utilisateur peut sélectionner la zone géographique, la saison (dans le cas de séries saisonnières), l'espèce et l'indice. Pour les sélections pour lesquelles une information est disponible, le système produit un graphe présentant la distribution temporelle de l'indice, avec un intervalle de confiance à 95 %. Il fournit la possibilité d'extraire la table des données correspondantes, incluant la valeur de l'indice par année, ainsi que son erreur standard et son coefficient de variation.

Références

Bertrand J.A. ed 2004. L'état des communautés exploitées au large des côtes de France. Application d'indicateurs à l'évaluation de l'impact de la pêche. DRV/RH/RS. Vol. 04-001. Ifremer: 172 p.

- Rochet M.J. & V. Trenkel, 2003. Which community indicators can measure the impact of fishing? A review and proposals. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* **60**: 86-99.
- Rochet M.J., V.M. Trenkel, R. Bellail, F. Coppin, O. Le Pape, J.-C. Mahé, A. Morin, J.-C. Poulard, I. Schlaich, A. Souplet, Y. Vérin & J.A. Bertrand, 2005. Combining indicator trends to assess ongoing changes in exploited fish communities: diagnostic of communities off the coasts of France. *ICES Journal of Marine Science* 62: 1647-1664.
- Rochet M.J., V.M. Trenkel, J.A. Bertrand & J.-C. Poulard, 2004. R routines for survey based fisheries population and community indicators (R-SUFI). Ifremer, Nantes. Limited distribution.
- Trenkel V. & M.J. Rochet, 2003. Performance of indicators derived from abundance estimates for detecting the impact of fishing on a fish community. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* **60**: 67-85.



13.2. Annexe 2 : Les indices de communauté retenus par l'Ifremer

Actuellement, les indices suivants sont déterminés :

- Abondance totale dans la zone (valeur relative) (**Ntot**)
- Biomasse totale dans la zone (valeur relative) (**Btot**)
- Moyenne du nombre par espèce (**Gtot**)
- Taille moyenne dans communauté (**Lbcomm**)
- Poids moyen d'un individu (**Wbcomm**)
- Moyenne des Wbar par espèce (**meanWbar**)
- Taille moyenne des grands (**meanMaxSIH & meanMaxDCF**)
- Indicateur grands poissons (taille seuil variable xx) (**propLWxx**)
- Indicateur de conservation des espèces de poissons (**ConsDCF & ConsSIH**)
- Indice de diversité Δ_1
- Indice de Shannon modifié

Les indices de communauté peuvent être calculés pour différents ensembles d'espèces en fonction des données disponibles pour l'indice choisi. La liste des espèces prise en compte pour chaque indice est présentée dans le fichier « information.pdf » qui fait partie du fichier .zip à télécharger.

Abondance totale dans la zone (valeur relative) (Ntot)

Il s'agit du nombre total de tous les poissons et grands invertébrés de la zone. L'abondance du peuplement indique s'il y a plus ou moins de poissons et grands invertébrés quelle que soit leur espèce ou leur taille. Lorsqu'elle augmente, cela peut résulter de l'augmentation de l'espèce dominante seulement ou de l'augmentation de plusieurs espèces.

Biomasse totale dans la zone (valeur relative) (Btot)

Il s'agit de la biomasse totale de tous les poissons et grands invertébrés de la zone. La biomasse du peuplement indique s'il y a plus ou moins ou des individus de taille différente de poissons et grands invertébrés quelle que soit leur espèce ou leur taille. Lorsqu'elle augmente, cela peut résulter de l'augmentation de l'espèce dominante seulement ou de l'augmentation de plusieurs espèces.

Moyenne du nombre par espèce (Gtot)

Dans le langage courant, lorsqu'on parle de moyenne, on évoque la moyenne arithmétique. L'abondance moyenne par espèce serait alors l'abondance du peuplement (ci-dessus) divisée par le nombre d'espèces. Elle s'exprimerait en nombre moyen par espèce. Les variations de l'indicateur seraient alors celles des espèces dominantes (le quadruplement d'une espèce 100 fois plus rare ne pourrait pas se voir ; or, dans chaque campagne, il y a un facteur bien supérieur à 100 entre l'espèce la plus abondante et les plus rares). Pour éviter cela, l'indicateur employé est une moyenne dite géométrique des abondances des espèces. Il se calcule comme la moyenne arithmétique du logarithme des abondances. Pour le placer sur une échelle facile à interpréter, on calcule ses variations relativement à la première année, où l'indice vaut donc toujours 1.

Cet indicateur rend compte du sens (augmentation ou diminution) du changement dominant parmi les populations de la zone. S'il augmente, cela signifie que beaucoup d'espèces augmentent et peu diminuent. Par exemple, beaucoup d'espèces rares qui augmentent feront augmenter cet indicateur. L'indicateur répond à la question "y a-t-il plus de populations de poissons et grands invertébrés qui augmentent que de populations qui diminuent ?".

Supposons que l'on calcule les moyennes de deux populations de 5000 et 3 individus. Leur moyenne arithmétique est 2501,5 et leur moyenne géométrique 122,5. Si leurs effectifs varient pour devenir 5100 et 2, en d'autres termes, si la première population a augmenté de 2% et l'autre a diminué de

33%, la moyenne arithmétique devient 2551 et la moyenne géométrique 101. Ce petit exemple montre qu'avec la moyenne arithmétique, une petite variation d'une population abondante peut cacher une grande variation d'une population peu abondante. Cela ne se produit pas avec la moyenne géométrique.

Taille moyenne d'un individu* (Lbcomm)

Exprimée en cm, c'est la taille moyenne calculée à partir des mesures de tous les poissons et grands invertébrés. Lorsque l'on regarde l'évolution de cette taille au cours d'une période donnée, on observe que la taille du peuplement grandit, diminue ou est stable. Lorsque la taille grandit, ce changement indique soit une augmentation des grands individus soit une diminution des petits, toutes espèces confondues. Les changements de taille du peuplement résultent donc à la fois des changements dans chaque espèce et de la répartition entre les espèces. S'il y a plus de petits, cela peut être parce qu'une ou plusieurs espèces ont plus de petits individus ou parce que les espèces de petite taille ont augmenté et les grandes diminuées.

Un défaut de cet indicateur apparaît quand la longueur moyenne d'une espèce dominante dans le peuplement varie fortement. Dans ce cas, l'indicateur risque de ne représenter que cette variation.

Poids moyen d'un individu (Wbcomm)

Le poids moyen (kg) de tous les poissons et invertébrés dans la communauté, quelle que soit l'espèce. Les variations de cet indicateur reflètent soit des changements démographiques ou de croissance dans les espèces, ou des variations de la composition spécifique. Cet indicateur a tendance à suivre les fluctuations des espèces les plus abondantes.

Moyenne des poids moyen par espèce (meanWbar)

La moyenne des poids moyen (kg) par espèce (indice Wbar, cf. indices biologiques) dans la communauté. Les variations de cet indicateur reflètent soit des changements démographiques ou de croissance dans les espèces, ou des variations de la composition spécifique. Cet indicateur a tendance à suivre les fluctuations de la plupart des espèces et pas uniquement de l'espèce dominante.

Taille moyenne des grands (meanMaxSIH & meanMaxDCF)*

Cet indicateur est présenté en deux versions.

La longueur moyenne des grands dans les populations (meanMaxSIH), exprimée en cm, est la moyenne de la « longueur des grands individus » (L95%) de toutes les populations mesurées (voir les indicateurs de longueur des populations). Cet indicateur exprime si en moyenne les populations du peuplement atteignent de grandes tailles. Il ne reflète pas la proportion des grandes espèces dans le peuplement. Il rend compte de la diminution ou de l'augmentation des grands individus de chaque espèce. Cela correspond aux adultes, généralement plus recherchés par les pêcheurs.

Pour calculer la longueur moyenne maximale (meanMaxDCF), l'indicateur n° 3 de l'effet des pêches sur les écosystèmes marins recommandé par la directive communautaire sur la collecte des données (DCF), on pondère cette moyenne par les effectifs des populations. Cet indicateur exprime la

* Attention: les indicateurs utilisant les longueurs sont calculés directement avec les données de longueur, en ignorant les strates. Cela peut induire un biais quand le nombre de traits n'est pas proportionnel à la surface de la strate ou quand la durée de trait varie avec les strates (par exemple, campagnes Medits).

* Attention: les indicateurs utilisant les longueurs sont calculés directement avec les données de longueur, en ignorant les strates. Cela peut induire un biais quand le nombre de traits n'est pas proportionnel à la surface de la strate ou quand la durée de trait varie avec les strates (par exemple, campagnes Medits).

composition du peuplement selon la taille – il reflète la proportion des grandes espèces dans le peuplement. Les espèces de grande taille sont généralement considérées comme plus vulnérables à la pêche. Le choix de la médiane interannuelle d'un grand quantile de la distribution de longueur (95%) rend cet indicateur plus robuste à la variabilité due à l'échantillonnage que l'utilisation de la longueur maximale dans les données ; par rapport à l'utilisation d'une longueur fixe comme L_{∞} , il permet de rendre compte des tailles réellement présentes dans la zone.

Indicateur grands poissons* (propLWxx)

C'est l'indicateur n° 2 de l'effet des pêches sur les écosystèmes marins recommandé par la directive communautaire sur la collecte des données (DCF). Il s'agit de la **proportion en poids de grands poissons** dans la communauté, c'est-à-dire, les poissons dont la longueur est supérieure à un seuil qui varie selon les zones géographiques. Le seuil est généralement fixé au soixante-quinzième quantile ($L_{0.75}$ en cm) de la distribution en longueur de tous les individus mesurés sur l'ensemble de la période. Cet indicateur reflète la composition en taille de la communauté, en particulier, la présence de grands poissons, ciblés par les pêches et contributeurs importants à la pérennité des populations. Pour son calcul les nombres par classe de taille sont transformés en poids grâce à l'utilisation d'une relation taille-poids.

Indicateur de conservation des espèces de poissons (ConsDCF & ConsSIH)

C'est l'indicateur n° 1 de l'effet de la pêche sur les écosystèmes marins défini par le règlement communautaire sur la collecte des données halieutiques (DCF). Il résume les tendances de l'abondance des espèces les plus sensibles à la pêche, que l'on identifie, par approximation, comme celles qui atteignent les plus grandes tailles. Deux options sont disponibles pour le calcul de cet indicateur : l'option « ConsDCF » est calculée selon la décision de l'UE sur la collecte des données halieutiques (European Union 2008) ; l'option « ConsSIH » est une variante qui rend l'indice plus robuste aux fluctuations interannuelles, mais qui est plus exigeante pour la reconstruction des populations (Cf détails *infra*). L'indicateur est calculé en cinq étapes :

Identification des populations sensibles : sélection des 20 populations les plus grandes, c'est-à-dire celles dont les $L_{0.95}$ ¹⁸ sont les plus grands dans la série de données de la campagne. On ne conserve que les populations dont le $L_{0.95} > 40$ cm (cette taille est la même pour toutes les zones). Dans certaines régions, il peut y avoir moins de 20 populations correctement échantillonnées et mesurées répondant à ce critère.

Calcul des indices d'abondance des adultes, c'est-à-dire les individus de longueur supérieure à $L_{0.95} / 2$. Par périodes de 10 ans couvrant toute la série temporelle des indices d'abondance (fenêtres glissantes) : estimation des tendances linéaires des indices d'abondance relativement à la première année des dix ans; identification de la pente minimum (on cherche le plus grand déclin, c'est-à-dire la pente négative la plus forte) pour l'ensemble des périodes de 10 ans, classement selon les critères de l'IUCN, et codage : c'est l'indice de déclin. Option « DCF » : on prend en compte toutes les pentes ; option « Ifremer » : on ne tient compte que des pentes significatives au risque $\alpha = 0.1$.

Pente minimum	≤ 90%	≤ 70%	≤ 50%	> 50%
Catégorie de menace de l'IUCN	En danger critique	En danger	Vulnérable VU	Préoccupation mineure LC

¹⁸ Longueur au quatre-vingt-quinzième quantile de la distribution de longueur : $L_{0.95}$ (en cm)

		CR	EN		
Indice de déclin	de	3	2	1	0

Calcul du critère de reconstruction, avec deux options : depuis la fin de la période de déclin (dernière année de la période de 10 ans avec la pente minimum), la population s'est-elle reconstituée à un niveau égal ou supérieur à l'abondance moyenne des trois premières années de la série temporelle (option « ConsDCF »), ou à la moyenne des cinq abondances les plus élevées (option « ConsSIH ») ? Si la population s'est reconstituée, l'indice de déclin vaut 0.

L'indicateur est la moyenne de l'indice de déclin pour toutes les populations. Quand il vaut 0, la préoccupation est mineure pour toutes les populations. Quand il vaut 3, toutes les espèces sensibles sont en danger critique.

Indice de diversité Δ_1

C'est l'indice de diversité qui exprime la probabilité que deux individus pris aléatoirement dans la communauté appartiennent à deux espèces différentes. Δ_1 est sensible à la richesse spécifique et l'équitabilité des abondances des espèces.

Indice de Shannon modifié

L'indice de Shannon modifié est dérivé de l'indice de diversité Shannon très connu. Au lieu de standardiser l'abondance de chaque espèce par l'abondance totale de la même année elle est standardisée par l'abondance totale de la première année de la série (Buckland et al. 2005). L'avantage de cette modification est que l'indice de Shannon modifié augmente quand les abondances de toutes les espèces augmentent et plus d'augmenter avec la richesse spécifique et l'équitabilité comme l'indice de Shannon classique. Par conséquent l'indice est sensible aux changements de l'abondance totale.

Les estimateurs

Indicateur	Données requises	Estimateur
Abondance totale N	Capture du trait k strate j $y_{k,j}$ Aire balayée $a_{k,j}$ Aire de la strate A_j	$N = \sum_j N_{i,j} = \sum_j A_j \sum_{k=1}^{n_j} \sum_i y_{ikj} / \sum_{k=1}^{n_j} a_{k,j}$ $Var(N) = \sum_j \frac{A_j^2}{n_j - 1} \sum_{k=1}^{n_j} \left(\frac{\sum_i y_{i,kj}}{a_{k,j}} - \frac{\sum_{k=1}^{n_j} \sum_i y_{i,kj}}{\sum_{k=1}^{n_j} a_{k,j}} \right)^2$

Indicateur	Données requises	Estimateur
Biomasse totale B	Capture en poids du trait k strate j $w_{k,j}$ Aire balayée $a_{k,j}$ Aire de la strate A_j	$B = \sum_j B_{i,j} = \sum_j A_j \sum_{k=1}^{n_j} \sum_i^n w_{i,k,j} / \sum_{k=1}^{n_j} a_{k,j}$ $Var(B) = \sum_j \frac{A_j^2}{n_j - 1} \sum_{k=1}^{n_j} \left(\frac{\sum_i w_{i,k,j}}{a_{k,j}} - \frac{\sum_{k=1}^{n_j} \sum_i^n y_{i,,}}{\sum_{k=1}^{n_j} a_{k,j}} \right)^2$
Moyenne du nombre par espèce (moyenne géométrique) G_{tot}	N_i	$G_{tot} = \exp \left(\frac{1}{n} \sum_i^n \log \left(\frac{N_{i,t} + 1}{N_{i,1} + 1} \right) \right)$ Variance par bootstrap paramétrique
Taille moyenne d'un individu L_{bcomm}	$y_i(t)$ capture par classe de longueur l $y(t)$ capture totale (espèces mesurées)	$L_{bar_i} = \frac{\sum_{l=1}^L y_l l}{y} \text{ avec } y = \sum_{l=1}^L y_l$ $Var[L_{bar}] = \left(\frac{\sum_{l=1}^L y_l l^2}{y} - L_{bar}^2 \right) / y$
Poids moyen d'un individu W_{bcomm}	N, B	$\bar{B} = B / N$ $Var[\bar{b}] = Var[B] / N^2 + B^2 Var[N] / N^4$
Longueur moyenne des populations au percentile l_q	Longueur des populations au percentile $L_{q,i}$ S Nombre d'espèces mesurées	$l_q = \sum_{i=1}^S L_{q,i} / S$ $Var[l_q] = \sum_{i=1}^S Var[L_{q,i}]$
Taille moyenne des grands $meanMaxSIH$ & $meanMaxDCF$	Longueur de la population i au quantile q L_{qi} Médiane interannuelle des longueurs de la population i au quantile q L_{qi}^m S Nombre d'espèces mesurées N_i abondance totale de la population i N abondance totale	$meanMaxSIH :$ $l_q = \sum_{i=1}^S L_{q,i} / S$ $Var[l_q] = \sum_{i=1}^S Var[L_{q,i}]$ $meanMaxDCF :$ $l_q = \sum_{i=1}^S N_i L_{qi}^m / \sum_{i=1}^S N_i$ $Var[l_q] = \frac{\sum_{i=1}^S (L_{qi}^m)^2 Var[N_i]}{Var[N]}$

Indicateur	Données requises	Estimateur
Indicateur grands poissons <i>propLWxx</i>	$y_i(t)$ capture par classe de taille l $y(t)$ captures totales (espèces mesurées) Seuil grande taille $xx=lbig$	$p_{large}(t) = \sum_{l>lbig} y_l(t) / y(t)$ $Var[p_{large}] = \frac{p_{large}(1-p_{large})}{y(t)}$
Indicateur de conservation des espèces de poissons <i>ConsDCF & ConsSIH</i>	$y_{i,l}(t)$ capture de la population i par classe de taille l , $t=t_1...t_f$ S nombre total d'espèces	<ol style="list-style-type: none"> SV : N_{sv} populations sensibles = $\{L_{0.95,i} > 40 \text{ cm} \ \& \ L_{0.95,j} > L_{0.95,j} \ \forall j \in (S-SV)\}$; $N_{sv} = \max(20, \text{nombre de populations } >40\text{cm})$ $a_i(t) = \sum_{l>L_{0.95,i}/2} y_{i,l}(t)$ $t_k=t_1...(t_f-10)$: $a_i(t)/a_i(t_k) = \beta_{1,k,t} + \beta_{2,k,t}$, $t=t_k...t_k+10$ $Id_i = \text{score}(\min_k(\beta_k))$ (Cf tableau) $R_i = I\{\exists t > t_{kmin}+10 \ a_i(t) > A_i\}$ avec $A_i = \sum_{t=1}^3 a_i(t)/3$ ou $A_i = \sum_{j=1}^5 \max(a_i(t))/5$ $I = \sum_{i=1}^{N_{sv}} (1-R_i) Id_i / N_{sv}$
Diversité Δ_1	N_i	$\Delta_1 = \frac{N}{N-1} \left[1 - \sum_{i=1}^n \left(\frac{N_i}{N} \right)^2 \right]$ $Var[\Delta_1] \approx \sum_i Var[N_i] \left(\frac{2N_i}{N^2} - \sum_i \frac{2N_i^2}{N^3} \right)$ confidence interval by parametric bootstrap
Indice de Shannon modifié	$N_i(t)$	$M(t) = - \sum_i q_i(t) \log(q_i(t))$ $q_i(t) = N_i(t) / \sum_i N_i(t=1)$

Références

- Anon., 2008. Commission decision of 6 November 2008 adopting a multiannual Community programme pursuant to Council Regulation (EC) No 199/2008 establishing a Community framework for the collection, management and use of data in the fisheries sector and support for scientific advice regarding the common fisheries policy. *Official Journal of the European Union* L 346: 37-88.
- Buckland, S.T., Magurran, A.E., Green, R.E., Fewster, R.M., 2005. Monitoring change in biodiversity through composite indices. *Philosophical Transactions of the Royal Society London Series B* 360: 243-254.
- IUCN, 2001. Catégories et Critères de l'UICN pour la Liste Rouge : Version 3.1. Commission de la sauvegarde des espèces de l'UICN. ii + 32 pp.

13.3. Annexe 3 : analyse par campagne des effets jour/nuit et court/long

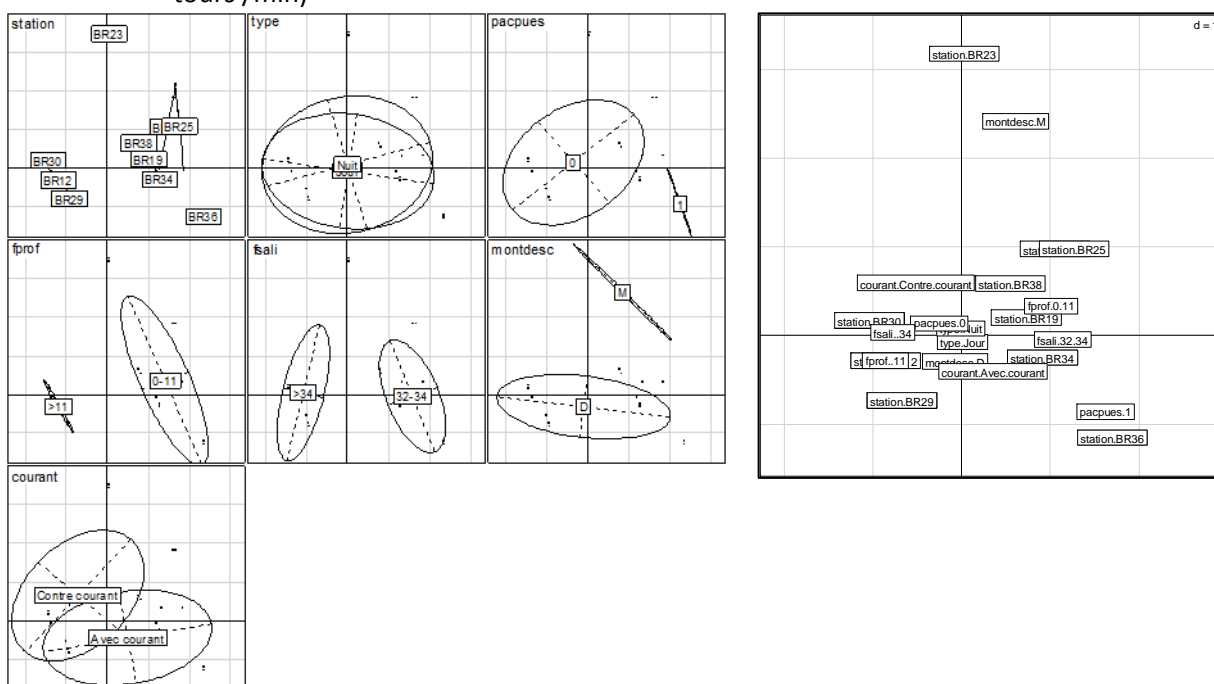
13.3.1. Campagne Mars 2015

Un des objectifs de la campagne de mars 2015 était de tester un effet jour/nuit en dehors de l'estuaire. Constatons-nous une différence significative de capturabilité des bars sur les strates « Platier » et « platier aval estuaire » regroupées au sein d'une strate « Banquette » entre le jour et la nuit ?

13.3.1.1. Facteurs structurants

Une ACM (Analyse des correspondances multiples) a été lancée pour étudier les facteurs structurants permettant de différencier les traits de chalut. Les facteurs testés sont les suivants : la station, la présence de bar dans les captures, la profondeur moyenne, la position par rapport à la basse mer (montante, descendante), la salinité, la température, le type de traits (jour/nuit). Le facteur strate est retiré en raison d'une redondance avec la profondeur moyenne. La température n'est pas prise en compte, les variations sont trop faibles entre les traits. Les variables numériques sont transformées en facteur pour intégrer l'ACM :

- Profondeur moyenne : 0-11, >11
- Position par rapport à la basse mer : <-6.30 = Montante ; >-6.30 = Descendante
- Salinité : 0-5, 5-32, 32-34, >34
- Courant : >=3.5 knts avec le courant, <3.5 knts contre le courant. (moteur navire à 2 300 tours /min)



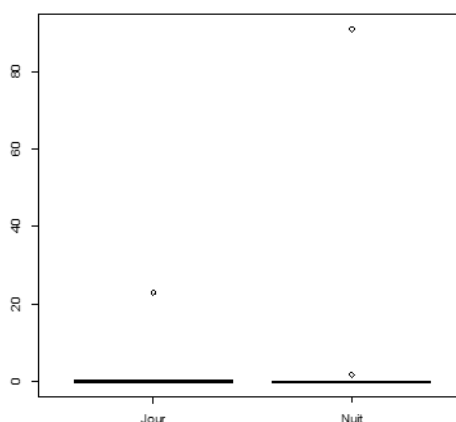
ACM de la campagne de mars 2015. Les variables représentées sont (du haut vers le bas et de la gauche vers la droite) : station, type, présence-absence de capture de bar, profondeur, salinité, marée montante ou descendante et chalutage avec ou contre le courant.

Inertie					
inertia cum ratio 1 0.48339879 0.4833988 0.1409913 2 0.30073139 0.7841302 0.2287046 3 0.24298363 1.0271138 0.2995749 4 0.21371970 1.2408335 0.3619098 5 0.15930282 1.4001363 0.4083731 6 0.14688784 1.5470242 0.4512154 7 0.14285714 1.6898813 0.4928820 8 0.14285714 1.8327384 0.5345487 9 0.14285714 1.9755956 0.5762154 10 0.14285714 2.1184527 0.6178820 11 0.14285714 2.2613099 0.6595487 12 0.14285714 2.4041670 0.7012154 13 0.14285714 2.5470242 0.7428820 14 0.14285714 2.6898813 0.7845487 15 0.14285714 2.8327384 0.8262154 16 0.14285714 2.9755956 0.8678820 17 0.14285714 3.1184527 0.9095487 18 0.14285714 3.2613099 0.9512154 19 0.12100084 3.3823107 0.9865073 20 0.03117794 3.4134887 0.9956009 21 0.01174103 3.4252297 0.9990253 22 0.00334174 3.4285714 1.0000000					
Contributions absolues lignes		Contributions relatives lignes	Contributions absolues colonnes		Contributions relatives colonnes
Axis1 Axis2	Axis1 Axis2 con.tra	Comp1 Comp2	Comp1 Comp2 con.tra		
1 262 2	1 -1507 -6 245	station.BR11 117 20	station.BR11	-420 -46 394	
2 144 63	2 -858 -233 237	station.BR12 117 20	station.BR12	-420 -46 394	
3 262 2	3 -1507 -6 245	station.BR13 73 138	station.BR13	-260 -308 394	
4 144 63	4 -858 -233 237	station.BR14 73 138	station.BR14	-260 -308 394	
5 122 160	5 -730 -596 236	station.BR16 173 7	station.BR16	-618 16 394	
6 124 132	6 -736 -487 237	station.BR19 85 10	station.BR19	304 23 394	
7 122 160	7 -730 -596 236	station.BR20 173 7	station.BR20	-618 16 394	
8 124 132	8 -736 -487 237	station.BR21 73 138	station.BR21	-260 -308 394	
9 291 5	9 -1677 17 245	station.BR23 0 2590	station.BR23	0 5764 394	
10 293 11	10 -1682 41 246	station.BR24 178 244	station.BR24	635 544 394	
11 200 1	11 1135 -5 248	station.BR25 256 245	station.BR25	914 545 394	
12 97 61	12 528 207 258	station.BR26 133 16	station.BR26	475 -36 394	
13 291 5	13 -1677 17 245	station.BR28 173 7	station.BR28	-618 16 394	
14 293 11	14 -1682 41 246	station.BR29 73 138	station.BR29	-260 -308 394	
15 122 160	15 -730 -596 236	station.BR30 173 7	station.BR30	-618 16 394	
16 124 132	16 -736 -487 237	station.BR32 461 340	station.BR32	1648 -756 394	
17 0 2665	17 1 6877 340	station.BR34 133 16	station.BR34	475 -36 394	
18 0 2789	18 1 7172 341	station.BR36 461 340	station.BR36	1648 -756 394	
19 247 24	19 1402 84 248	station.BR38 24 44	station.BR38	84 95 405	
20 359 740	20 1484 1904 341	type.Jour 0 13	type.Jour	1 -58 203	
21 467 24	21 2012 64 327	type.Nuit 0 14	type.Nuit	-1 58 214	
22 399 741	22 1648 1906 341	pacpues.0 164 74	pacpues.0	-4109 1158 56	
23 226 22	23 1282 -78 248	pacpues.1 1050 476	pacpues.1	4109 -1158 360	
24 224 12	24 1264 -43 250	fprof.0.11 1381 241	fprof.0.11	8642 937 225	
25 291 5	25 -1677 17 245	fprof..11 1173 204	fprof..11	-8642 -937 191	
26 293 11	26 -1682 41 246	fsali.32.34 1555 4	fsali.32.34	8847 -15 248	
27 122 160	27 -730 -596 236	fsali..34 1060 3	fsali..34	-8847 15 169	
28 124 132	28 -736 -487 237	montdesc.M 117 2997	montdesc.M	445 7074 372	
29 291 5	29 -1677 17 245	montdesc.D 14 363	montdesc.D	-445 -7074 45	
30 293 11	30 -1682 41 246	courant.Avec.courant 219 462	courant.Avec.courant	1828 -2402 169	
31 782 381	31 3458 -1048 319	courant.Contre.courant 321 678	courant.Contre.courant	-1828 2402 248	
32 778 336	32 3428 -920 320				
33 226 22	33 1282 -78 248				
34 224 12	34 1264 -43 250				
35 782 381	35 3458 -1048 319				
36 778 336	36 3428 -920 320				
37 82 92	37 247 174 465				

13.3.1.2. Effet du type de trait : jour nuit

Le type de trait ne semble pas être un facteur structurant pouvant expliquer la répartition des juvéniles de bar. Les modalités jour et nuit ne sont pas différenciées dans l'ACM. Cependant le type de trait a été testé pour étudier la capturabilité des bars.

Les deux types de traits n'ont été testés que sur les banquettes.



CPUE de bars capturés sur les banquettes en fonction du type de trait (en nombre pour ha).

L'effet du type de trait a été testé statistiquement par une ANOVA sur les CPUE de bars et par GLM binomial sur les présences de bars. Les deux tests sont non significatifs (ANOVA p-value = 0.4343 ; GLM binomial p-value = 0.6998).

Les tests statistiques ne sont pas forcément pertinents avec aussi peu de données (10 traits de jour et 10 traits de nuit).

Jour					
Min.	1st Qu.	Median	Mean	3rd Qu.	Max.
0	0	0	2.428	0.4711	23.01
Nuit					
Min.	1st Qu.	Median	Mean	3rd Qu.	Max.
0	0	0	10.3	0	90.93

CPUE de bars capturés (nombre par ha) par type de trait jour et nuit (minimum, 1er quartile, médiane, moyenne, 3e quartile et maximum)

CPUE Moyenne	cpuesg1	cpuesg2	cpuesg3	cpuesg4	cpuesg5
Jour	0	0	0.566113	1.565136	0.2964131
Nuit	0	0	0	0	10.3018362

CPUE moyenne de bars capturés (nombre par ha) par type de trait jour et nuit et par groupe d'âge (minimum, 1er quartile, médiane, moyenne, 3e quartile et maximum)

Sur les groupes 5, la CPUE moyenne semble différente entre le jour et la nuit. Cependant il n'y a pas assez de données et surtout pas assez de captures de bars pour conclure sur un effet jour nuit (test à poursuivre)

13.3.2. Campagne Avril 2015

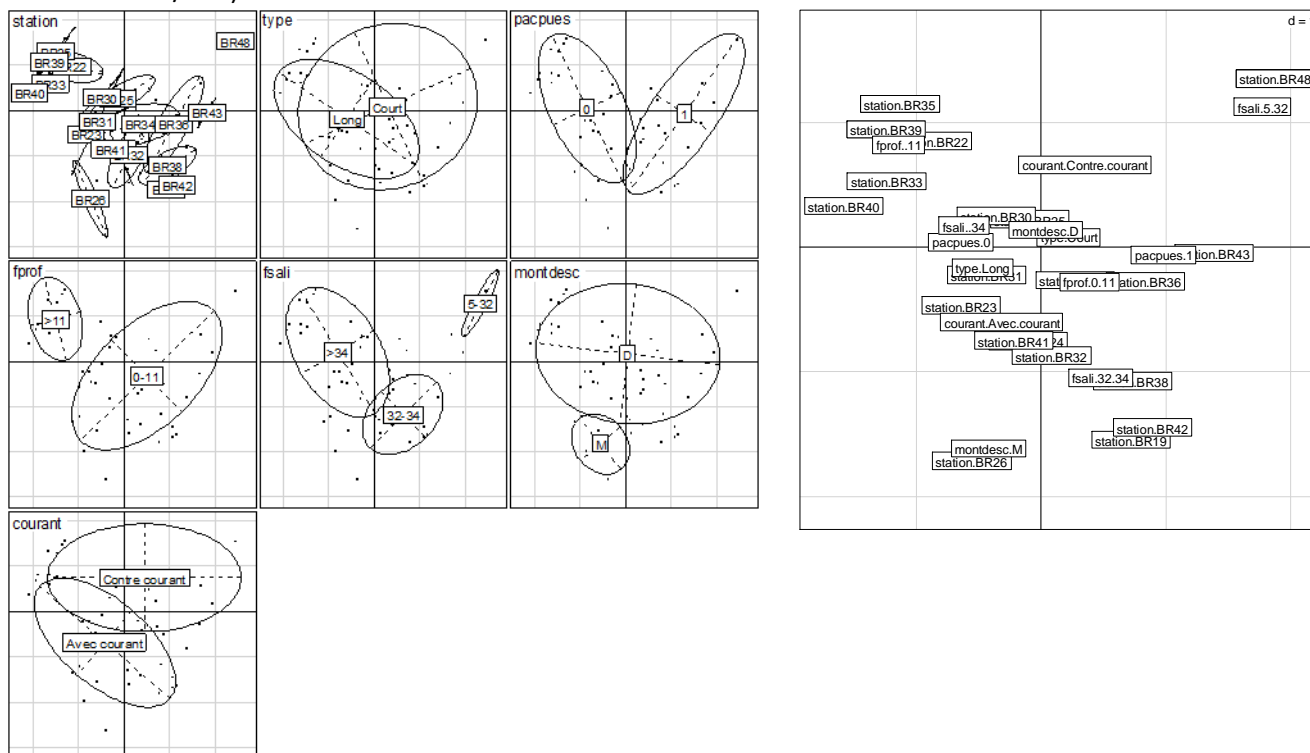
Un des objectifs de la campagne d'avril 2015 était de tester l'influence de la durée des traits (en dehors de l'estuaire) sur les captures. Constatons-nous une différence significative de capturabilité des bars sur les banquettes entre des traits courts et longs ?

Strate	banquette	chenal	estuaire	profond
Nombre de traits	37	9	14	3

13.3.2.1. Facteurs structurants

Une ACM (Analyse des correspondances multiples) a été lancée pour étudier les facteurs structurants permettant de différencier les traits de chalut. Les facteurs testés sont la station, la présence de bar dans les captures, la profondeur moyenne, la position par rapport à la basse mer (montante, descendante), la salinité, la température, et le type de traits (court/long). Le facteur strate est retiré en raison d'une redondance avec la profondeur moyenne. La température n'est pas prise en compte, les variations sont trop faibles entre les traits. Les variables numériques sont transformées en facteur pour intégrer l'ACM :

- Profondeur moyenne : 0-11, >11
- Position par rapport à la basse mer : <-6.30 = Montante ; >-6.30 = Descendante
- Salinité : 0-5, 5-32, 32-34, >34
- Courant : >=3.5 knts avec le courant, <3.5 knts contre le courant. (protocole navire à 2 300 tours /min)



ACM de la campagne d'avril 2015. Les variables représentées sont (du haut vers le bas et de la gauche vers la droite) : station, type, présence absence de capture de bars, profondeur, salinité, marée montante ou descendante et le courant avec ou contre.

Inertie						
inertia	cum	ratio				
1	0.427553803	0.4275538	0.09352739			
2	0.318235033	0.7457888	0.16314131			
3	0.255129875	1.0009187	0.21895097			
4	0.200157045	1.2010758	0.26273532			
5	0.199917552	1.4009933	0.30646729			
6	0.167643091	1.5686364	0.34313921			
7	0.163713782	1.7323502	0.37895160			
8	0.142857143	1.8752073	0.41020160			
9	0.142857143	2.0180645	0.44145160			
10	0.142857143	2.1609216	0.47270160			
11	0.142857143	2.3037788	0.50395160			
12	0.142857143	2.4466359	0.53520160			
13	0.142857143	2.5894930	0.56645160			
14	0.142857143	2.7323502	0.59770160			
15	0.142857143	2.8752073	0.62895160			
16	0.142857143	3.0180645	0.66020160			
17	0.142857143	3.1609216	0.69145160			
18	0.142857143	3.3037788	0.72270160			
19	0.142857143	3.4466359	0.75395160			
20	0.142857143	3.5894930	0.78520160			
21	0.142857143	3.7323502	0.81645160			
22	0.142857143	3.8752073	0.84770160			
23	0.142857143	4.0180645	0.87895160			
24	0.142857143	4.1609216	0.91020160			
25	0.142857143	4.3037788	0.94145160			
26	0.087213446	4.3909922	0.96052954			
27	0.063046387	4.4540386	0.97432094			
28	0.047049248	4.5010878	0.98461296			
29	0.038453715	4.5395415	0.99302471			
30	0.019282339	4.5588239	0.99724273			
31	0.008837598	4.5676615	0.99917595			
32	0.003767087	4.5714286	1.00000000			

Contributions absolues lignes		Contributions relatives lignes		Contributions absolues colonnes		Contributions relatives colonnes							
Axis1	Axis2	Axis1	Axis2	Comp1	Comp2	Comp1	Comp2	con.tra					
1	59	407	1	288	-1484	191	station.BR19	55	341	station.BR19	171	-784	303
2	112	353	2	572	-1348	182	station.BR22	122	155	station.BR22	-385	363	298
3	199	72	3	-1461	395	128	station.BR23	44	31	station.BR23	-136	-71	303
4	23	89	4	-189	535	116	station.BR24	2	121	station.BR24	-6	-283	298
5	202	204	5	-1379	1038	137	station.BR25	1	11	station.BR25	-4	25	298
6	44	27	6	-249	-112	167	station.BR26	49	630	station.BR26	-155	-1473	298
7	92	43	7	-489	-171	175	station.BR27	205	283	station.BR27	-643	663	298
8	0	188	8	0	-1037	126	station.BR30	21	14	station.BR30	-66	32	298
9	0	188	9	0	-1037	126	station.BR31	31	11	station.BR31	-97	-25	298
10	20	1	10	-153	-6	124	station.BR32	3	378	station.BR32	9	-947	278
11	2	35	11	-19	208	116	station.BR33	164	40	station.BR33	-506	92	303
12	28	28	12	221	162	120	station.BR34	16	20	station.BR34	51	-47	293
13	52	7	13	-398	-40	123	station.BR35	205	283	station.BR35	-643	663	298
14	85	186	14	-644	-1051	123	station.BR36	111	16	station.BR36	348	-37	298
15	13	845	15	-67	-3214	183	station.BR37	165	128	station.BR37	-510	294	303
16	68	492	16	-370	-1993	172	station.BR38	86	247	station.BR38	270	-578	298
17	327	78	17	-2254	399	136	station.BR39	165	128	station.BR39	-510	294	303
18	153	301	18	-1116	1631	128	station.BR40	134	8	station.BR40	-407	18	308
19	153	301	19	-1116	1631	128	station.BR41	3	40	station.BR41	-8	-90	308
20	70	6	20	-535	-35	123	station.BR42	43	149	station.BR42	129	-338	308
21	7	37	21	-58	220	116	station.BR43	205	0	station.BR43	633	-1	303
22	7	37	22	-58	220	116	station.BR44	376	262	station.BR44	1163	603	303
23	9	11	23	-73	68	116	station.BR45	376	262	station.BR45	1163	603	303
24	9	11	24	-73	68	116	station.BR46	188	131	station.BR46	572	296	308
25	113	228	25	-589	-881	180	station.BR47	188	131	station.BR47	572	296	308
26	0	89	26	2	-916	68	station.BR48	188	131	station.BR48	572	296	308
27	31	302	27	-256	-1876	112	type.Court	109	18	type.Court	1028	128	99
28	2	324	28	14	-1934	117	type.Long	235	39	type.Long	-1028	-128	213
29	11	65	29	166	-763	59	pacpues.0	841	5	pacpues.0	-6343	27	124
30	15	52	30	203	-538	67	pacpues.1	1278	7	pacpues.1	6343	-27	188
31	1	206	31	15	-2163	66	fprof.0.11	379	262	fprof.0.11	4471	-2300	79
32	10	5	32	136	-53	69	fprof..11	1114	770	fprof..11	-4471	2300	233
33	245	45	33	-1276	173	180	fsali.5.32	1504	818	fsali.5.32	5253	2126	268
34	245	45	34	-1276	173	180	fsali.32.34	193	1249	fsali.32.34	773	-3730	233
35	33	29	35	-314	-210	97	fsali..34	777	81	fsali..34	-5864	456	124
36	16	22	36	165	-161	93	montdesc.M	48	929	montdesc.M	-156	-2248	288

37	47	6	37	469	47	94	montdesc.D	4	80	montdesc.D	156	2248	25
38	74	33	38	607	-204	114	courant.Avec.courant	177	853	courant.Avec.courant	-1113	-3989	149
39	153	301	39	-1116	1631	128	courant.Contre.courant	195		courant.Contre.courant	1113	3989	164
40	153	301	40	-1116	1631	128							
41	327	78	41	-2254	399	136							
42	66	168	42	446	-844	139							
43	49	15	43	360	-81	127							
44	269	42	44	1627	190	155							
45	345	59	45	-1716	218	188							
46	165	262	46	-857	1011	181							
47	14	241	47	105	-1332	126							
48	180	81	48	1285	-427	131							
49	113	260	49	809	-1390	130							
50	246	82	50	-1279	317	180							
51	248	220	51	-1230	809	189							
52	400	18	52	-1088	36	344							
53	8	89	53	-20	-172	360							
54	127	332	54	352	-683	339							
55	355	4	55	1680	14	198							
56	262	10	56	1336	-38	183							
57	563	292	57	2652	1023	198							
58	563	292	58	2652	1023	198							
59	563	292	59	2652	1023	198							
60	563	292	60	2652	1023	198							
61	563	292	61	1484	572	355							
62	563	292	62	1484	572	355							
63	563	292	63	1484	572	355							

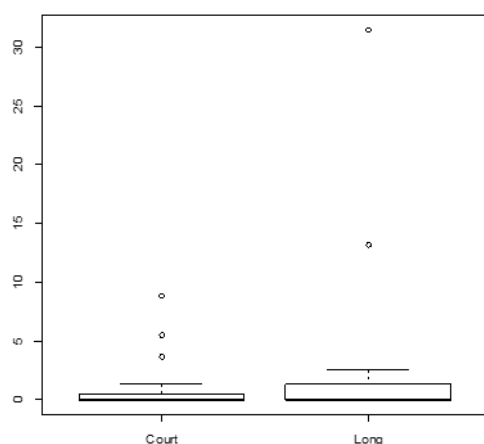
13.3.2.2. Effet du type de trait : court et long

Le type de trait ne semble pas être un facteur structurant pouvant expliquer la différence entre les traits de chalut, les modalités court et long n'étant pas différenciées dans l'ACM. Cependant le type de trait a été testé pour étudier la capturabilité des bars.

	banquette	chenal	estuaire	profond
Court	24	6	11	2
Long	13	3	3	1

Table 1: Nombre de traits par type de milieu et par type de traits.

L'effet du type de trait est testé sur les banquettes uniquement.



CPUE de bars capturés sur les banquettes en fonction du type de trait (en nombre pour ha).

L'effet du type de trait a été testé statistiquement par une ANOVA sur les CPUE de bars et par GLM binomial sur les présences de bars. Les deux tests sont non significatifs (ANOVA p-value = 0.16 ; glm binomial p-value = 0.89).

Les tests statistiques ne sont pas forcément pertinents avec aussi peu de données et surtout avec autant de trait sans capture de bar.

Court					
Min.	1st Qu.	Median	Mean	3rd Qu.	Max.
0	0	0	1.009	0.2558	8.8160
Long					
Min.	1st Qu.	Median	Mean	3rd Qu.	Max.
0	0	0	4.292	1.256	31.5

CPUE de bars capturés (nombre par ha) par type de trait jour et nuit sur les banquettes (minimum, 1er quartile, médiane, moyenne, 3e quartile et maximum)

CPUE moyenne	cpuesg1	cpuesg2	cpuesg3	cpuesg4	cpuesg5
Court	0	0	0.0068627	0.3076154	0.6946978
Long	0	0.0035309	1.0358792	2.2020615	1.0509755

CPUE moyenne de bars capturés (nombre par ha) par type de trait jour et nuit et par groupe d'âge sur les banquettes (minimum, 1er quartile, médiane, moyenne, 3e quartile et maximum)

Pour les groupes 3, 4 et 5, la CPUE moyenne semble différente entre le jour et la nuit. Cependant il n'y a pas assez de données et surtout pas assez de captures de bars pour conclure sur un effet court/long. Test à poursuivre.

13.3.3. Campagne Novembre décembre 2015

Objectifs de la campagne novembre décembre 2015 : achever les tests court/long et jour/nuit.

Strate	banquette	chenal	estuaire	profond
Nombre de traits	34	0	31	0

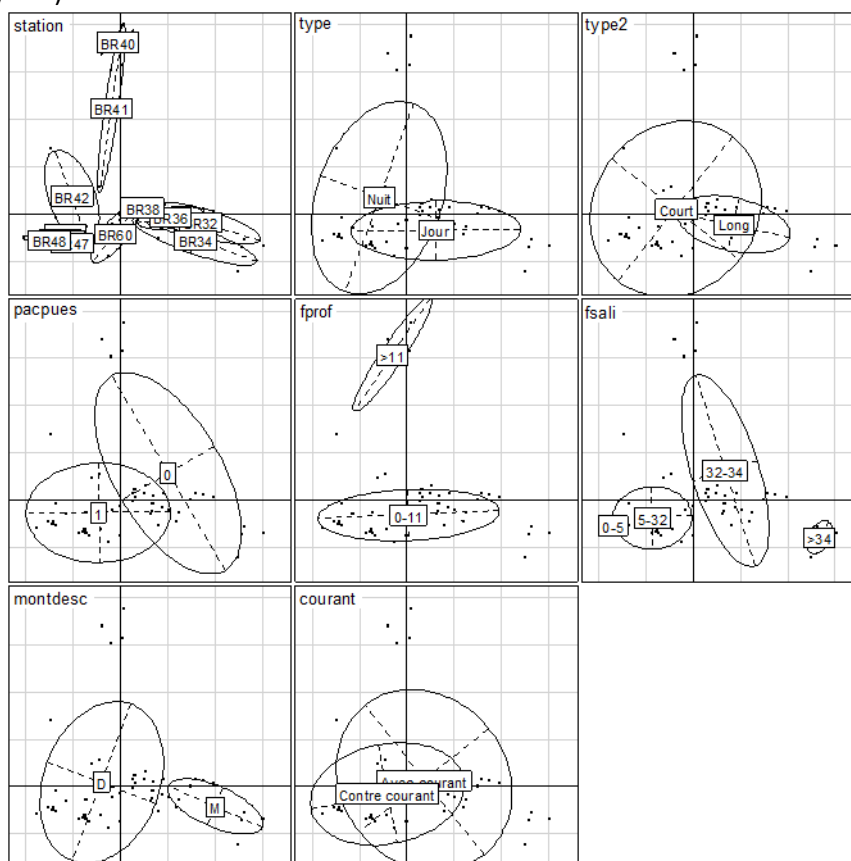
Trait		Banquette	Estuaire
Court	Jour	14	8
	Nuit	0	23
Long	Jour	10	0
	Nuit	10	0

13.3.3.1. Facteurs structurants

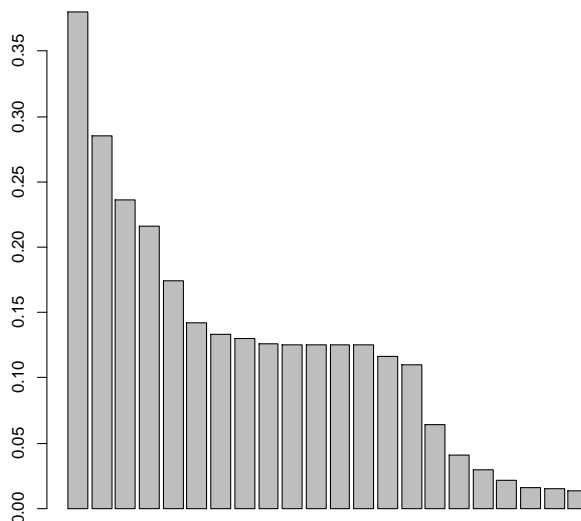
Une ACM (Analyse des correspondances multiples) a été lancée pour étudier les facteurs structurants permettant de différencier les traits de chalut. Les facteurs testés sont la station, la présence de bar dans les captures, la profondeur moyenne, la position par rapport à la basse mer (montante, descendante), la salinité, la température, le type de traits jour/nuit et long/court. Le facteur strate est retiré en raison d'une redondance avec la profondeur moyenne. La température n'est pas prise en compte, les variations sont trop faibles entre les traits. Les variables numériques sont transformées en facteur pour intégrer l'ACM :

- Profondeur moyenne : 0-11, >11

- Position par rapport à la basse mer : <-6.30 = Montante ; >-6.30 = Descendante
- Salinité : 0-5, 5-32, 32-34, >34
- Courant : ≥ 3.5 knts avec le courant, <3.5 knts contre le courant. (protocole navire à 2 300 tours /min)



Inertie							
\$TOT inertia cum ratio 1 0.37984782 0.3798478 0.1381265 2 0.28488481 0.6647326 0.2417210 3 0.23578761 0.9005202 0.3274619 4 0.21612961 1.1166498 0.4060545 5 0.17398974 1.2906396 0.4693235 6 0.14236842 1.4330080 0.5210938 7 0.13318310 1.5661911 0.5695240 8 0.13024051 1.6964316 0.6168842 9 0.12566216 1.8220938 0.6625796 10 0.12500000 1.9470938 0.7080341 11 0.12500000 2.0720938 0.7534886 12 0.12500000 2.1970938 0.7989432 13 0.12500000 2.3220938 0.8443977 14 0.11607148 2.4381653 0.8866055 15 0.11018744 2.5483527 0.9266737 16 0.06425534 2.6126080 0.9500393 17 0.04104024 2.6536483 0.9649630 18 0.02996632 2.6836146 0.9758599 19 0.02176335 2.7053779 0.9837738 20 0.01568272 2.7210607 0.9894766 21 0.01532686 2.7363875 0.9950500 22 0.01361249 2.7500000 1.0000000							
Contributions absolues lignes		Contributions relatives lignes		Contributions absolues colonnes		Contributions relatives colonnes	
Axis1 Axis2		\$row.rel Axis1 Axis2 con.tra		\$col.abs Comp1 Comp2		\$col.rel Comp1 Comp2 con.tra	
1 252 3	1 3063 25 114	station.BR32	663 15	station.BR32	2259 -37 406		
2 154 10	2 1550 -76 137	station.BR34	571 132	station.BR34	1946 -337 406		
3 926 66	3 5802 -308 220	station.BR36	217 2	station.BR36	728 -6 413		
4 49 1	4 668 8 102	station.BR38	48 5	station.BR38	162 13 406		
5 391 1	5 4037 4 134	station.BR40	1 2340	station.BR40	-2 5592 434		
6 696 41	6 4625 -204 208	station.BR41	4 886	station.BR41	-13 2118 434		
7 48 1	7 742 -10 90	station.BR42	144 34	station.BR42	-468 82 427		
8 64 36	8 846 -356 104	station.BR43	232 55	station.BR43	-762 -135 420		
9 144 26	9 1451 -196 137	station.BR44	220 68	station.BR44	-711 -165 427		
10 632 204	10 4176 -1012 209	station.BR45	145 56	station.BR45	-461 -134 434		
11 44 1	11 594 -10 102	station.BR46	145 56	station.BR46	-461 -134 434		
12 675 69	12 4485 -345 208	station.BR47	72 45	station.BR47	-226 -105 441		
13 675 69	13 4485 -345 208	station.BR48	297 78	station.BR48	-962 -190 427		
14 43 8	14 658 -92 90	station.BR60	4 74	station.BR60	-13 -189 406		
15 39 12	15 471 -112 115	type.Jour	395 232	type.Jour	2362 -1042 231		
16 105 7	16 985 -48 148	type.Nuit	383 225	type.Nuit	-2362 1042 224		
17 78 4	17 958 -39 113	type2.Court	212 28	type2.Court	-2097 207 140		
18 24 2	18 293 19 113	type2.Long	478 63	type2.Long	2097 -207 315		
19 227 0	19 2134 0 147	pacpues.0	697 400	pacpues.0	3128 1348 308		
20 311 2	20 2974 12 145	pacpues.1	333 191	pacpues.1	-3128 -1348 147		
21 84 3	21 1009 27 116	fprof.0.11	2 341	fprof.0.11	65 -8424 42		
22 9 6	22 116 60 102	fprof..11	19 3355	fprof..11	-65 8424 413		
23 84 3	23 1009 27 116	fsali.0.5	290 51	fsali.0.5	-923 -123 434		
24 7 3	24 91 25 111	fsali.5.32	762 249	fsali.5.32	-4303 -1054 245		
25 26 12	25 354 118 103	fsali.32.34	400 616	fsali.32.34	2078 2401 266		
26 0 3	26 0 -28 101	fsali..34	1180 181	fsali..34	3886 -447 420		
27 7 0	27 96 0 99	montdesc.M	1462 118	montdesc.M	5347 -325 378		
28 16 1546	28 -91 6569 244	montdesc.D	298 24	montdesc.D	-5347 325 77		
29 1 1900	29 4 7717 255	courant.Avec.courant	151 36	courant.Avec.courant	997 179 210		
30 1 1900							

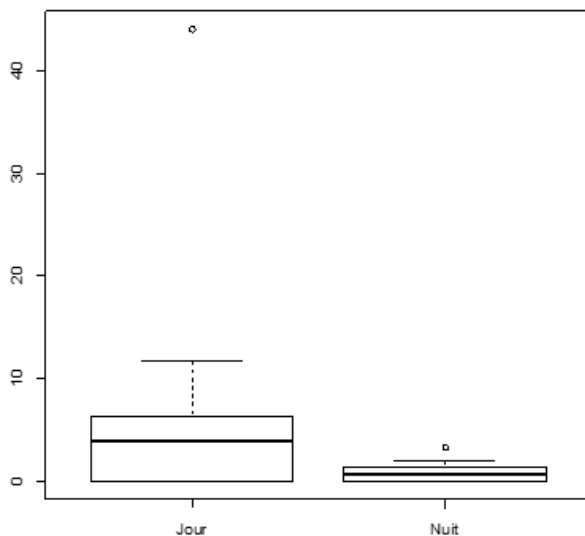


31 20 40	30 4 7717 255	courant.Contre.courant 177 42	courant.Contre.courant -997 -179 245
32 0 1330	31 -154 240 174		
33 5 1226	32 1 5403 255		
34 52 10	33 -24 4937 257		
35 37 30	34 -524 -73 137		
36 189 1	35 -369 226 138		
37 222 263	36 -1888 -8 138		
38 59 52	37 -1483 1318 206		
39 135 14	38 -711 -474 114		
40 135 14	39 -1645 -125 113		
41 202 27	40 -1645 -125 113		
42 202 27	41 -2412 -239 116		
43 64 60	42 -2412 -239 116		
44 212 33	43 -647 -456 137		
45 212 33	44 -2115 -243 138		
46 212 33	45 -2115 -243 138		
47 60 62	46 -2115 -243 138		
48 204 34	47 -473 -369 174		
49 204 34	48 -1600 -200 176		
50 60 62	49 -1600 -200 176		
51 204 34	50 -473 -369 174		
52 204 34	51 -1600 -200 176		
53 52 66	52 -1600 -200 176		
54 189 37	53 -286 -275 250		
55 76 63	54 -1036 -153 252		
56 324 45	55 -764 -480 137		
57 324 45	56 -1627 -171 275		
58 237 28	57 -1627 -171 275		
59 7 107	58 -1203 -106 273		
60 11 6	59 -99 -1079 103		
61 0 79	60 131 57 115		
62 3 7	61 0 -812 101		
63 17 52	62 -39 -59 114		
64 10 0	63 -274 -608 88		
65 46 75	64 139 5 103		
	65 -701 -859 90		

13.3.3.2. Effet du type de trait : jour/nuit et court/long

Le type de trait ne semble pas être un facteur structurant pouvant expliquer la répartition des juvéniles de bar. Les modalités jour et nuit, et court et long, ne sont pas différenciées dans l'ACM. Cependant le type de trait a été testé pour étudier la capturabilité des bars. Les deux types de traits n'ont été testés que sur les banquettes.

Jour/nuit sur les traits longs



CPUE de bars capturés sur les banquettes en fonction du type de trait (en nombre par ha).

L'effet du type de trait a été testé statistiquement par une ANOVA sur les CPUE de bars et par GLM binomial sur les présences de bars. Les deux tests sont non significatifs (ANOVA p-value = 0.14 ; glm binomial p-value = 0.64).

Jour					
Min.	1st Qu.	Median	Mean	3rd Qu.	Max.
0	0	3.985	7.569	6.109	44.1
Nuit					
Min.	1st Qu.	Median	Mean	3rd Qu.	Max.
0	0.1618	0.7197	0.9459	1.1860	3.3190

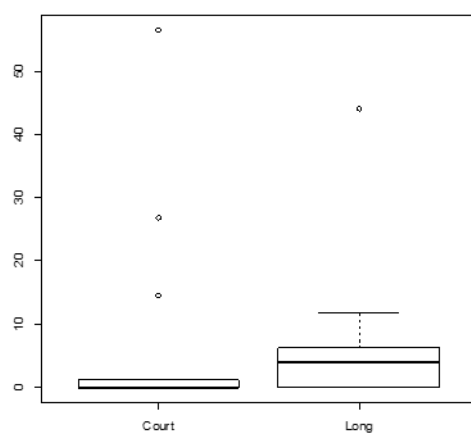
CPUE de bars capturés (nombre par ha) par type de trait jour et nuit (minimum, 1er quartile, médiane, moyenne, 3e quartile et maximum)

CPUE Moyenne	cpuesg1	cpuesg2	cpuesg3	cpuesg4	cpuesg5
Jour	0	1.126304	5.8792985	0.30243814	0.2610024
Nuit	0	0	0.1637233	0.09873868	0.6834224

CPUE moyenne de bars capturés (nombre par ha) par type de trait jour et nuit et par groupe d'âge (minimum, 1er quartile, médiane, moyenne, 3e quartile et maximum)

Sur les groupes 3, la CPUE moyenne semble différente entre le jour et la nuit. Cependant il n'y a pas assez de données et surtout pas assez de captures de bars pour conclure sur un effet jour nuit significatif.

Court / Long sur les traits de jour



CPUE de bars capturés sur les banquettes en fonction du type de trait (en nombre par ha).

L'effet du type de trait a été testé statistiquement par une ANOVA sur les CPUE de bars et par GLM binomial sur les présences de bars. Les deux tests sont non significatifs (ANOVA p-value = 0.94 ; glm binomial p-value = 0.12).

Court					
Min.	1st Qu.	Median	Mean	3rd Qu.	Max.
0	0	0	7.0890	0.9772	56.51
Long					
Min.	1st Qu.	Median	Mean	3rd Qu.	Max.
0	0	3.985	7.569	6.109	44.100

CPUE de bars capturés (nombre par ha) par type de trait court et longt (minimum, 1er quartile, médiane, moyenne, 3e quartile et maximum)

CPUE Moyenne	cpuesg1	cpuesg2	cpuesg3	cpuesg4	cpuesg5
Court	0	1.580066	4.902859	0.3320523	0.2741176
Long	0	1.126304	5.8792985	0.30243814	0.2610024

CPUE moyenne de bars capturés (nombre par ha) par type de trait court et long et par groupe d'âge (minimum, 1er quartile, médiane, moyenne, 3e quartile et maximum)

Il n'y a pas de différences significatives entre les traits courts et les traits longs sur les différents groupes d'âge (test GLM binomial et ANOVA).

13.4. Annexe 4 : Comparaison des captures réalisées au moyen du chalut GOV Bargip et des chaluts à perche de 1,50 et 3 m de la DCE.

Au lancement du projet, le choix de l'engin d'échantillonnage a constitué l'un des points les plus critiques. Le Cefas utilise un chalut « classique » à panneaux, mais les suivis de type Nurse conduits par l'Ifremer, ainsi que ceux de la DCE dans les masses d'eau de transition, reposent sur l'utilisation de chaluts à perche.

Même si les chaluts à perche sont plus faciles à utiliser et plus maniables que les chaluts à panneaux, et si leur ouverture horizontale et verticale est parfaitement définie (suppression d'un biais potentiel dans le calcul des CPUE par surface/volume), le choix d'un chalut GOV, le plus grand possible, a été fait dans le cadre de Bargip dans l'objectif de minimiser les écarts de capturabilité inter-cohortes, au moins jusqu'aux G4, c'est-à-dire jusqu'à une taille de l'ordre de 40/45 cm.

De façon à statuer sur les limites d'utilisation des données des suivis Nurse et DCE, mais aussi sur la possibilité de produire des indices d'abondance pertinents sur d'autres espèces que le bar à partir des données Bargip (notamment les espèces benthiques), il aurait été souhaitable de pouvoir réaliser une véritable intercomparaison entre le chalut Bargip et les chaluts à perche de 1.50 et 3 m. Le temps d'affrètement bateau ne l'a pas permis, mais comme un échantillonnage DCE s'est déroulé dans l'Aulne en 2015, et un autre dans l'estuaire de la Loire en 2016, plus ou moins concomitamment aux campagnes Bargip, une première approche des différences de capturabilité peut être tentée, tant en ce qui concerne les juvéniles de bar, que pour l'ensemble des autres espèces.

13.4.1. Les données utilisées

13.4.1.1. GOV Bargip-perche 1,50 m : données de l'estuaire de l'Aulne au printemps 2015

Deux échantillonnages DCE ont été menés dans l'estuaire de l'Aulne en 2015 au moyen d'un chalut à perche de 1,50 m de largeur, du 26 au 29 mai (campagne de printemps), soit 4 semaines après la campagne d'avril de Bargip, puis du 5 au 8 octobre, soit 6-8 semaines avant la campagne Bargip de novembre-décembre. Les décalages entre les campagnes font, du fait de la variabilité au sein des écosystèmes estuariens, que seules les données des campagnes de printemps peuvent être retenues, et que la confrontation des résultats obtenus ne pourra être considérée comme une véritable intercomparaison.

La campagne DCE de printemps a été réalisée par le bureau d'études Fish-Pass à bord de l'Asta buen (bateau identique), et le rapport correspondant (Charrier et Bonnaire, 2015) ainsi que la base de données ont été transmis par l'Agence de l'Eau Loire Bretagne, maître d'ouvrage, et par l'Irstea, coordinateur scientifique du suivi.

L'aire d'emprise de cette campagne DCE porte sur la « masse d'eau de transition » de l'Aulne qui englobe les strates Bargip de l'estuaire amont, central et aval, plus une partie des strates « platier aval estuaire » et « profond » (Figure 56).

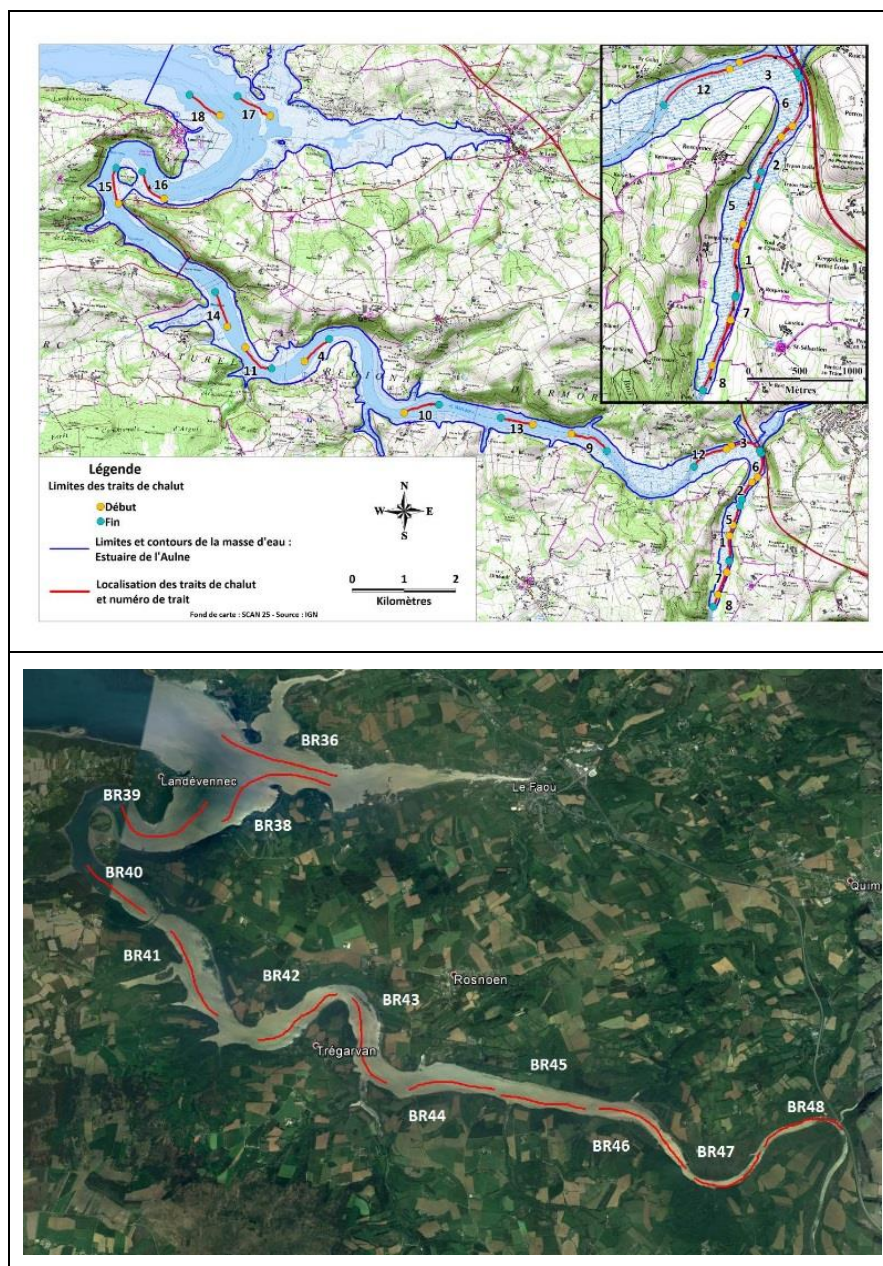


Figure 56 : localisation des traits DCE dans l'Aulne en mai 2015 (en haut ; in Charrier et Bonnaire 2015 ; données transmises par l'AELB et l'IRSTEA) et des traînes Bargip en avril (en bas).

Les captures (de poissons et céphalopodes uniquement) enregistrées à l'occasion des deux campagnes sont données par le Tableau 42.

L'intégralité des 18 traits réalisés dans le cadre de La DCE est prise en compte ; seuls les traits Bargip Nourriceries appartenant au domaine échantillonné dans le cadre de la DCE le sont, soit 20 traits au total (12 traînes dont certaines ont été échantillonnées à plusieurs reprises).

27 espèces différentes ont été capturées au moyen du chalut à perche (831 individus au total pour une surface balayée par le chalut de 19 325 m²), contre 22 au chalut GOV (21 402 individus ; surface de 195 039 m²).

Tableau 42 : captures de poissons et céphalopodes enregistrées au cours de la campagne DCE de mai 2015 (chalut à perche de 1,50 m d'ouverture horizontale et 0,50 m d'ouverture verticale ; données DCE, AELB, IRSTEA) et de la campagne Bargip nourriceries d'avril 2015 (uniquement traits couvrant un domaine identique à celui échantillonné dans le cadre de la campagne DCE ; chalut GOV Bargip de 7 m d'ouverture horizontale et de 2,30 m d'ouverture verticale) dans l'estuaire de l'Aulne (rade de Brest).

DCE

Espèces/Traits	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	Total
Anguilla anguilla		1	2		5	28	2	2											40
Aphia minuta											1							1	2
Arnoglossus laterna															2				2
Buglossidium luteum															6	6		8	20
Callionymus lyra											3			10	55	2	4	1	75
Chelidonichthys lucernus															1				1
Ciliata mustela				1															1
Ctenolabrus rupestris														10					10
Dicentrarchus labrax					6	8	4						6						24
Eutrigla gurnardus															1				1
Gobius niger				15						1	43			33	28	37	122	104	383
Hippocampus hippocampus																3	4	3	10
Merlangius merlangus											1			2					3
Pholis gunnellus																		1	1
Platichthys flesus					2	1						1							4
Pomatoschistus microps				1					2	6	7			5	6	1			28
Pomatoschistus minutus				2							3	2		5	2	18	3		35
Raja clavata				3												2			5
Sepia officinalis																		1	1
Sepioloa atlantica															1			1	2
Solea solea				10	1	2			1	16	5		7	1	3				46
Spondylusoma cantharus																	1		1
Sprattus sprattus			13	1		4	1	24	7				36						86
Symphodus bailloni															1	1	13	4	19
Symphodus melops															1				1
Syngnathus acus																1			1
Trisopterus luscus				12							2			12	1				27
Total	0	14	3	44	18	40	30	9	3	26	64	43	17	77	118	55	146	124	831
surface balayée (m²)	1026	992	999	960	1104	1031	1019	1035	1325	1029	1103	1100	951	1329	1061	1077	1127	1061	19325

Bargip Nourriceries

Espèces/Traits	BR361	BR362	BR363	BR381	BR382	BR383	BR391	BR392	BR401	BR411	BR421	BR431	BR432	BR441	BR442	BR451	BR452	BR461	BR471	BR481	Total	
Alloteuthis	3	8		11				4	18	9		1		2								56
Alosa alosa																			1	21	25	47
Anguilla anguilla																				1	2	3
Atherina presbyter																					1	1
Chelon labrosus						2																2
Clupea harengus										67					1				4			72
Dicentrarchus labrax	1		732		2	3				7	17	111	2	1449	1108	642	1116	173	79	43	5485	
Engraulis encrasicolus	74				2		56	13			1	11						36	3		196	
Liza aurata						5																5
Liza ramada																			19	121	33	173
Loligo vulgaris								2														2
Merlangius merlangus										1												1
Pleuronectes platessa																					1	1
Raja clavata		1																				1
Sardina pilchardus		2					37	1		2								757	3401		4200	
Scomber scombrus	2	1																				3
Sepia officinalis				1																		1
Solea solea																					2	2
Sparus aurata						3																3
Spondylusoma cantharus	38	7		46	27	7	17	9	9													160
Sprattus sprattus							3												383	10513	29	10927
Trachurus trachurus							23	38														61
Total	118	19	733	57	31	20	142	79	18	77	19	122	4	1449	1109	642	1116	1373	14139	136	21402	
Surface chalutée (m²)	16840	8362	14325	11060	8260	9751	14924	7679	13874	14364	8428	8351	7791	8113	7882	8001	7854	8477	7518	3185	195039	

13.4.1.2. GOV Bargip-perche 3 m DCE : données acquises en mai 2016 en estuaire de Loire

En estuaire de Loire, seules les données de la campagne DCE de mai 2016 ont pu être récupérées dans le temps imparti (celle de la campagne de septembre 2016 ne figuraient pas dans la base transmise). La campagne DCE s'est déroulée les 19 et 20 mai, et la campagne Bargip du 12 au 16 mai, i.e. la semaine précédente. 24 traînes DCE ont été réalisées au total, dont 8 dans la partie fluviale, c'est-à-dire très en amont de la centrale de Cordemais qui marque le point le plus amont échantillonné dans le cadre de Bargip. Ces 8 traînes DCE n'ont donc pas été prises en compte. Les 16 autres traînes DCE ont été réalisées dans la partie estuarienne, depuis la limite du domaine limnique jusqu'à l'aval du pont de St Nazaire. Ces 16 traits ont été retenus pour réaliser l'intercomparaison des captures. Côté Bargip, seuls les traits situés sur l'aire échantillonnée par les 16 traits DCE ont été pris en compte (Figure 57 ; domaine limité en bleu), soit 20 traits au total.

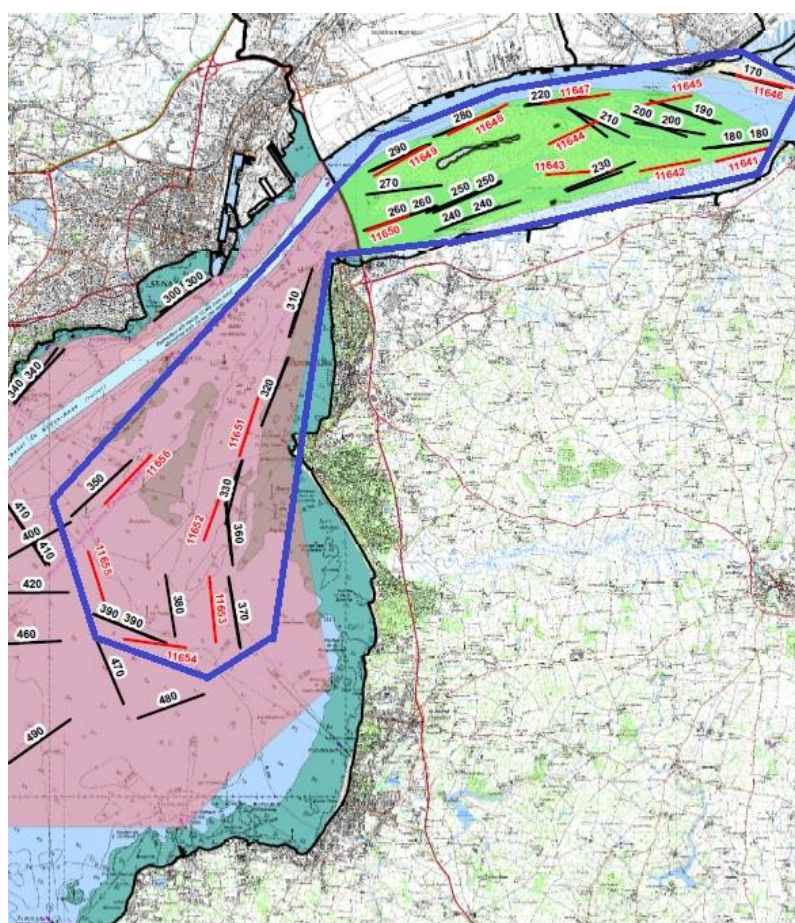


Figure 57 : positionnement des traits DCE (en rouge ; données transmises par l'AELB et l'IRSTEA) réalisés en mai 2016 en estuaire de Loire et correspondance avec les traits Bargip (en noir ; traits à l'intérieur de la limite bleue uniquement ; le trait 390 n'a pas été réalisé à l'occasion de cette campagne) retenus pour l'intercomparaison des captures.

Les deux jeux de données retenus pour l'intercomparaison sont donnés Tableau 43.

Tableau 43 : captures enregistrées au cours de la campagne DCE de mai 2016 (chalut à perche de 3 m d'ouverture horizontale et 0,50 m d'ouverture verticale ; données DCE, AELB, IRSTE) et de la campagne Bargip nourriceries de mai 2016 (uniquement traits couvrant un domaine identique à celui échantillonné dans le cadre de la campagne DCE ; chalut GOV Bargip de 7 m d'ouverture horizontale et de 2,30 m d'ouverture verticale) dans l'estuaire de la Loire.

DCE

Perche 3m DCE Loire mai 2016

Espèces/Traits	11641	11642	11643	11644	11645	11646	11647	11648	11649	11650	11651	11652	11653	11654	11655	11656	Total
Anguilla anguilla		1	1														2
Aphia minuta				7	15	1						2	10	3	1	1	40
Blicca bjoerkna						2											2
Callionymus lyra															1	2	3
Carcinus maenas			2				8	18	14		45	389	10	29	9	13	537
Chelidonichthys lucernus											1					1	2
Ciliata mustela													1				1
Crangon crangon	1			16	115	27	66	115	75	35	329	452	601	816	167	179	2994
Dicentrarchus labrax	5	7	4	3		6		1	1								27
Hemigrapsus									1								1
Liocarcinus depurator															9		9
Merlangius merlangus				1	1												2
Osmerus eperlanus		3		3					1	2		1	1				11
Palaemon longirostris				3	2	5		5		11							26
Platichthys flesus	12	11	15	7		13	6		6		1		2				73
Pomatoschistus microps														1			1
Pomatoschistus minutus				1	1		3	3					2	1			11
Sepioloa atlantica														11	11		22
Solea solea	3	31	6	8	4	16	33	201	115	141	7	5		3	2	4	579
Sprattus sprattus		1						1									2
Trisopterus luscus						1						1	1	4	3		10
Total	21	54	28	49	138	71	116	344	213	189	383	850	628	868	204	199	4355
Surface balayée (m²)	3600	3900	4365	4020	3855	3750	4260	4350	3900	3000	4365	4050	4290	4050	3960	4380	64095

Bargip Nourriceries

Espèces/Traits	171	181	191	201	211	221	231	241	251	261	271	281	291	311	321	331	351	361	371	381	Total	
Abramis brama	3	1					1						1									6
Alloteuthis	1													1				60	5	3	40	110
Alosa fallax	14	8	22	20	21	49	3	12	11	13	10	123	2	12	4		1	2	1	5	333	
Anguilla anguilla	2	2	1		1		4	5	1			6										22
Atherina presbyter									1					1		1				2		5
Carcinus maenas						5							4	1	5	2			1			18
Conger conger	1				1								1						1			10
Crangon crangon								11	31					70	4	480	80		4	5		685
Dicentrarchus labrax	44	121	290	299	86	171	296	11	9	41	80	98	25	29	5		5		4	4	1618	
Enchelyopus cimbrius													1		2							3
Engraulis encrasicolus	8		4		5	4		41	24	43	28	4		16	7	1	7	28	5	12	237	
Gobiidae	11				43	21		50	61	120	22	40	6	73	84	180			200	160	4	1075
Hemigrapsus takanoi											1											1
Liza ramada	1	71	1	5		4	2	3				4	3						1	1		97
Merlangius merlangus															2	2		4	4	8		20
Merluccius merluccius																				2		2
Osmerus eperlanus	1		4	1	3	2	1	20	19	9		11	1	12	9	9					102	
Palaemon longirostris													1									1
Petromyzon marinus				1			1	1				4							1			8
Platichthys flesus	89	105	2		1	1	17	21	4		11	44	3	1	1						299	
Sardina pilchardus																			3	38		41
Sepia officinalis																					1	1
Solea solea	9	16	7	2		1		38	26	5		226	207	1	3	3					544	
Spondyliosoma cantharus																					1	1
Sprattus sprattus	20		1		10	3		4	4		33		1	7	2	7	5	13	36	4	150	
Trachurus trachurus														1						1		2
Total	204	324	332	328	171	262	324	217	191	231	185	563	323	161	605	290	78	260	227	117	5392	
Surface chalutée	10449	7804	8647	13133	11331	10605	11447	13794	8634	9140	9464	8453	6508	9749	7973	8141	9736	9282	10332	10825	195445	

21 espèces différentes ont été échantillonnées dans le cadre de la DCE (surface totale chalutée de 64 095 m² et capture totale de 4355 individus, dont près de 3000 crevettes grises), contre 26 espèces dans le cadre de Bargip (surface chalutée de 195 445 m² et capture totale de 5392 individus).

13.4.2. Comparaison des captures globales

Si un réseau pérenne de suivi des juvéniles de bar venait à être mis en place dans quelques estuaires des côtes françaises, il permettrait également de produire des indicateurs d'abondance en juvéniles d'autres espèces, mais pas pour toutes les espèces capturées. Il n'est en effet pas pertinent de vouloir produire des indicateurs d'abondance pour les espèces qui sont très peu ou mal échantillonnées au cours d'une campagne, du fait de l'engin de capture, de leur comportement, de leurs déplacements saisonniers...

La chaîne de traitement R-Sufi établit un premier tri des espèces échantillonnées et ne produit des indices d'abondance que pour celles qu'il classe en « espèces principales », i.e. celles dont l'occurrence de capture est supérieure à 5% et dont la densité est supérieure à 5 individus par Km² ou 5 Kg/Km². Un second tri est vraisemblablement nécessaire, prenant en compte la capturabilité (ou la vulnérabilité) des espèces en question : même si les critères de classement en espèce principale sont respectés, il est en effet illusoire de vouloir produire des indices d'abondance pour une espèce dont la capturabilité est très faible et/ou la vulnérabilité varie de façon importante avec la taille des individus, et donc pour laquelle l'échantillonnage réalisé n'est pas représentatif de la population réellement en place (biais d'abondance, biais dans les distributions de taille de capture...).

Le chalut Bargip a été développé pour capturer des bars qui sont des poissons démersaux possédant de fortes capacités d'accélération, et donc d'évitement. Il est de ce fait réglé pour être trainé à vitesse élevée pour un petit chalut, et ce sans « gratter » les fonds. Il est *a priori* adapté pour la capture de la plupart des démersaux (sauf ceux inféodés à la roche ou à des profondeurs inférieures à 2.3 m), voire de certains petits pélagiques, mais n'a pas pour finalité de cibler les espèces benthiques.

Afin d'identifier les espèces pour lesquelles il serait *a priori* pertinent, ou pas, de produire des indices d'abondance :

- à partir des suivis Bargip,
- ou à partir de campagnes reposant sur l'utilisation de chaluts à perche (DCE et nurse/DCSMM en particulier),

les paragraphes suivants comparent les densités obtenues lors des échantillonnages DCE au chalut à perche et lors des campagnes Bargip dans l'estuaire de l'Aulne au printemps 2015 (chalut à perche de 1,50 m de largeur) et dans l'estuaire de Loire en mai 2016 (chalut à perche de 3 m de largeur).

13.4.2.1. Comparaison chalut à perche de 1.50 m - GOV Bargip

L'objectif de ce paragraphe est de comparer les captures des différentes espèces enregistrées lors des échantillonnages Bargip Nourriceries réalisés au moyen du chalut GOV avec celles des suivis DCE réalisés au moyen d'un chalut à perche de 1,50 m d'ouverture horizontale et de 50 cm d'ouverture verticale dans l'estuaire de l'Aulne.

Au total, en cumulant les deux campagnes DCE et Bargip du printemps 2015 dans l'Aulne (Tableau 44), 41 espèces de poissons et céphalopodes ont été capturées, mais seules 8 sont communes aux deux suivis, alors que 14 n'ont été capturées que dans le chalut GOV, et 19 dans le chalut à perche uniquement.

Les deux suivis, du fait de leurs engins d'échantillonnages différents, donnent donc une représentation différente des populations en place au sein de la masse d'eau. Comme cela était

attendu, le chalut Bargip apparaît plus efficace que le chalut DCE sur les espèces démersales et pélagiques. Par contre, le chalut DCE échantillonne *a priori* mieux les espèces benthiques que le chalut GOV.

Tableau 44 : Occurrences de capture (en nombres, et en pourcentages), captures totales par espèces, et densités spécifiques (CPUE exprimées en nombre d'individus par Km²) obtenues dans l'Aulne lors des échantillonnages de printemps de Bargip Nourriceries (chalut GOV de 7m d'ouverture horizontale et de 2,30 d'ouverture verticale) et de la DCE (chalut à perche de 1,50 x 0,50 m d'ouverture ; données DCE, AELB, IRSTEA).

Espèces capturées au chalut GOV et au chalut à perche d'1,50 m											
	GOV Bargip Aulne Avril 2015				Perche 1,50m DCE Aulne mai 2015				CPUE perche /CPUE GOV	CPUE GOV/CPUE perche	Type espèce
	Occurrence (Nbre)	Occurrence (%)	capt. totale (Nbre)	CPUE (Nbre/Km ²)	Occurrence (Nbre)	Occurrence (%)	capt. Totale (nbre)	CPUE (Nbre/Km ²)			
Dicentrarchus labrax	15	75,0	5485	28 122,9	4	22,2	24	1 241,9	0,04	22,64	démersal
Spondyliosoma cantharus	8	40,0	160	820,3	1	5,6	1	51,7	0,06	15,85	démersal
Sprattus sprattus	4	20,0	10927	56 026,2	7	38,9	86	4 450,2	0,08	12,59	pélagique
Sepia officinalis	1	5,0	1	5,1	1	5,6	1	51,7	10,09	0,10	benthique
Merlangius merlangus	1	5,0	1	5,1	2	11,1	3	155,2	30,28	0,03	démersal
Raja clavata	1	5,0	1	5,1	2	11,1	5	258,7	50,46	0,02	benthique
Anguilla anguilla	2	10,0	3	15,4	6	33,3	40	2 069,9	134,57	0,01	benthique
Solea solea	1	5,0	2	10,3	9	50,0	46	2 380,3	232,13	0,00	benthique
Captures au chalut GOV supérieures (facteur 4 ou plus)											
Captures au chalut à perche supérieures (facteur 4 ou plus)											

Espèces capturées uniquement au chalut GOV					Espèces capturées uniquement au chalut à perche						
	Occurrence (Nbre)	Occurrence (%)	capt. Totale (Nbre)	CPUE (Nbre/Km ²)	Type espèce		Occurrence (Nbre)	Occurrence (%)	capt. totale (Nbre)	CPUE (Nbre/Km ²)	Type espèce
Sardina pilchardus	6	30,0	4200	21 534,0	pélagique	Gobius niger	8	44,4	383	19 818,9	benthique
Engraulis encrasicolus	8	40,0	196	1 004,9	pélagique	Callionymus lyra	6	33,3	75	3 881,0	benthique
Liza ramada	3	15,0	173	886,1	démersal	Pomatoschistus minutus	7	38,9	35	1 811,1	benthique
Clupea harengus	3	15,0	72	369,2	pélagique	Pomatoschistus microps	7	38,9	28	1 448,9	benthique
Trachurus trachurus	2	10,0	61	312,8	pélagique	Trisopterus luscus	4	22,2	27	1 397,2	dem-benth
Alloteuthis	8	40,0	56	287,1	pélagique	Buglossidium luteum	3	16,7	20	1 034,9	benthique
Alosa alosa	3	15,0	47	241,0	pélagique	Symphodus bailloni	4	22,2	19	983,2	dem-benth
Liza aurata	1	5,0	5	25,6	démersal	Hippocampus hippocampus	3	16,7	10	517,5	dem-benth
Scomber scombrus	2	10,0	3	15,4	pélagique	Ctenolabrus rupestris	1	5,6	10	517,5	dem-benth
Sparus aurata	1	5,0	3	15,4	démersal	Platichthys flesus	3	16,7	4	207,0	benthique
Chelon labrosus	1	5,0	2	10,3	démersal	Arnoglossus laterna	2	11,1	4	207,0	benthique
Loligo vulgaris	1	5,0	2	10,3	pélagique	Aphia minuta	2	11,1	2	103,5	benthique
Atherina presbyter	1	5,0	1	5,1	pélagique	Sepiola atlantica	2	11,1	2	103,5	benthique
Pleuronectes platessa	1	5,0	1	5,1	benthique	Chelidonichthys lucernus	1	5,6	1	51,7	benthique
						Ciliata mustela	1	5,6	1	51,7	benthique
						Eutrigla gurnardus	1	5,6	1	51,7	benthique
						Pholis gunnellus	1	5,6	1	51,7	benthique
						Symphodus melops	1	5,6	1	51,7	dem-benth
						Syngnathus acus	1	5,6	1	51,7	dem-benth

13.4.2.2. Comparaison chalut à perche de 3 m - GOV Bargip

32 espèces, crustacés compris, ont été capturées au total au cours des deux suivis de mai 2016 en estuaire de Loire (après regroupement des différentes espèces de gobies sous la dénomination « gobiidés », et regroupement des deux espèces de brèmes dans une catégorie commune). 13 de ces espèces sont échantillonnées au cours des deux suivis, 13 ne sont capturées qu'au chalut GOV, et 6 ne le sont qu'au chalut à perche (Tableau 45). Tout comme pour la comparaison précédente, les espèces capturées uniquement au GOV sont essentiellement des démersaux et des pélagiques, alors que les espèces capturées au chalut à perche uniquement sont essentiellement des espèces benthiques.

Le rapport de CPUE GOV/perche est, comme précédemment, d'un facteur proche de 20 concernant les captures de bar. Par contre, concernant la sole, les captures apparaissent ici peu différentes (facteur 0.33). Les CPUE de flet ou d'anguille sont même supérieures au moyen du chalut GOV. Par contre, en ce qui concerne les crustacés benthique (crevettes grise ou blanche et crabe vert), le chalut à perche apparaît à nouveau plus efficace (CPUE surfaciques supérieures) que le GOV.

Tableau 45 : Occurrences de capture (en nombres, et en pourcentages), captures totales par espèce, et densités spécifiques (CPUE exprimées en nombre d'individus par Km²) obtenues dans l'estuaire de la Loire lors des échantillonnages de mai 2016 dans le cadre de Bargip Nourriceries (chalut GOV de 7m d'ouverture horizontale et de 2,30 d'ouverture verticale) et de la DCE (chalut à perche de 3 m x 0,50 m d'ouverture ; données DCE, AELB, IRSTEA).

Espèces capturées au chalut GOV et au chalut à perche de 3 m

Espèces	GOV Bargip Loire mai 2016				DCE perche 3 m Mai 2016				CPUE perche /CPUE GOV	CPUE GOV/CPUE Perche	Type espèce
	Occurrence (nombre)	Occurrence (%)	Capture (nombre)	CPUE (nbre/Km ²)	Occurrence (nombre)	Occurrence (%)	Capture (nombre)	CPUE (nbre/Km ²)			
Sprattus sprattus	15	75,0	150	767,5	2	12,5	2	31,2	0,04	24,60	pélagique
Dicentrarchus labrax	18	90,0	1618	8277,6	7	43,8	27	421,2	0,05	19,65	démersal
Gobiidés	15	75,0	1075	5500,3	10	62,5	52	811,3	0,15	6,78	benthique
Anguilla anguilla	8	40,0	22	112,6	2	12,5	2	31,2	0,28	3,61	benthique
Merlangius merlangus	5	25,0	20	102,3	2	12,5	2	31,2	0,30	3,28	démersal
Osmerus eperlanus	14	70,0	102	523,1	6	37,5	11	171,6	0,33	3,05	démersal
Platichthys flesus	13	65,0	299	1532,4	9	56,3	73	1138,9	0,74	1,35	benthique
Abramis brama/Blicca bjoerkna	4	20,0	6	30,7	1	6,3	2	31,2	1,02	0,98	démersal
Hemigrapsus takanoi	1	5,0	1	5,1	1	6,3	1	15,6	3,05	0,33	benthique
Solea solea	13	65,0	544	2784,3	15	93,8	579	9033,5	3,24	0,31	benthique
Crangon crangon	8	40,0	685	3504,8	14	87,5	2994	46 711,9	13,33	0,08	benthique
Palaemon longirostris	1	5,0	1	5,1	5	31,3	26	405,6	79,28	0,01	benthique
Carcinus maenas	6	30,0	18	92,1	10	62,5	537	8 378,2	90,97	0,01	benthique
Captures au chalut GOV supérieures (facteur 4 ou plus)											
Captures au chalut à perche supérieures (facteur 4 ou plus)											

Espèces capturées uniquement au chalut GOV

Espèces	Occurrence (nombre)	Occurrence (%)	Capture (nombre)	CPUE (nbre/Km ²)	Type espèce
Alosa fallax	19	95,0	333	1705,8	pélagique
Engraulis encrasicolus	16	80,0	237	1212,6	pélagique
Alloteuthis	6	30,0	110	562,8	pélagique
Liza ramada	12	60,0	97	496,3	démersal
Sardina pilchardus	2	10,0	41	209,8	pélagique
Petromyzon marinus	5	25,0	8	39,7	benth-dém
Conger conger	7	35,0	10	51,2	benth-dém
Atherina presbyter	4	20,0	5	25,6	pélagique
Trachurus trachurus	2	10,0	2	10,2	pélagique
Merluccius merluccius	1	5,0	2	10,2	démersal
Enchelyopus cimbrius	2	10,0	3	15,3	benthique
Sepia officinalis	1	5,0	1	5,1	benthique
Spondyliosa cantharus	1	5,0	1	5,1	démersal

Espèces capturées uniquement au chalut à perche

Espèces	Occurrence (nombre)	Occurrence (%)	Capture (nombre)	CPUE (nbre/Km ²)	Type espèce
Sepiolo atlantica	2	12,5	22	343,2	benthique
Trisopterus luscus	5	31,3	10	156,0	dém-benth
Liocarcinus depurator	1	6,3	9	140,4	benthique
Callinectes lyra	2	12,5	3	46,8	benthique
Chelidonichthys lucernus	2	12,5	2	31,2	benthique
Ciliata mustela	1	6,3	1	15,6	benthique

NB : *Aphia minuta* et *Pomatoschistus microps* et *minutus* ont été regroupés au sein des « gobiidés » ; *Abramis brama* et *Blicca bjoerkna* ont également été regroupées

En guise de conclusion, il est hasardeux de vouloir commenter plus avant les tableaux qui précèdent car il ne s'agit pas d'une véritable intercomparaison, du fait des écarts dans le temps (surtout en ce qui concerne la comparaison GOV/chalut à perche 1,50 m dans l'estuaire de l'Aulne) entre les deux types de suivis réalisés.

On peut par contre conclure que si l'on veut échantillonner des secteurs estuariens dans le but d'y produire des indicateurs d'abondance pour les espèces majeures qui les peuplent ou pour les espèces fourrage, il apparaît judicieux de coupler des échantillonnages au moyen de chaluts à perche qui sont efficaces sur les espèces benthiques et d'un chalut GOV qui est plus efficace sur les démersaux ainsi que sur les pélagiques (pour les pélagiques inféodés à la partie supérieure de la colonne d'eau, la représentativité des chalutages au moyen d'un GOV reste cependant très discutable).

Pour ce qui est du cas plus particulier du bar, les CPUE obtenues au GOV apparaissent de l'ordre de 20 fois supérieures à celles obtenues au chalut à perche, qu'il s'agisse du chalut de 1,50 m ou de 3 m. Cette différence de CPUE surfaciques est une retranscription des écarts de capturabilité des deux engins vis-à-vis de l'espèce, et pose *a priori* problème quant à une éventuelle utilisation des données des réseaux de la DCE ou de la DCSMM (ou d'autres suivis/études réalisés au chalut à perche) pour produire des indicateurs annuels d'abondance en bar, ou pour les démersaux en général. Une analyse

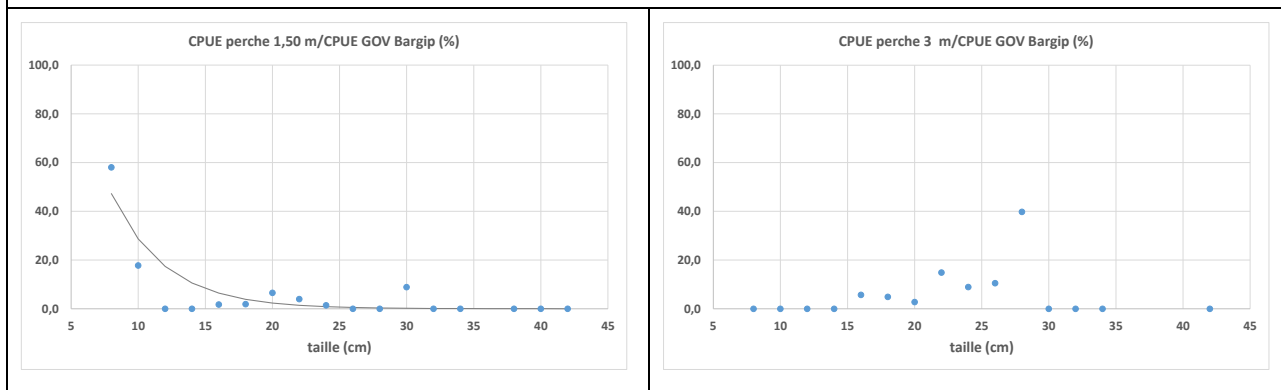
des variations de la capturabilité relative perche/GOV en fonction de la taille des individus apparaît de ce fait pertinente.

13.4.3. Comparaison des tailles de capture des bars

Le Tableau 46 reprend les captures de bar enregistrées à l'occasion des campagnes Bargip et DCE au printemps 2015 dans l'Aulne et au printemps 2016 en Loire et permet de comparer les ratios CPUE chalut à perche/CPUE chalut GOV en fonction des classes de taille des bars.

Tableau 46 : comparaison des captures et des CPUE surfaciques en fonction de la taille des bars obtenues au moyen du chalut Bargip et des chalut à perche de 1,50 m et de 3 m utilisés dans le cadre de suivis DCE (chalut de 1,50 m utilisé dans l'estuaire de l'Aulne en mai 2015, et chalut de 3 m utilisé dans l'estuaire de la Loire en mai 2016 ; données DCE AELB/IRSTEA)

Classe de tailles (cm)	Estuaire de l'Aulne ; printemps 2015 ; perche 1,50m					Estuaire de la Loire ; mai 2016 ; perche 3 m				
	Capt. Bargip Nbre	Capt. DCE Nbre	CPUE Bargip (Nbre/Km ²)	CPUE DCE (Nbre/Km ²)	CPUE DCE/Bargip (en %)	Capt. Bargip Nbre	Capt. DCE Nbre	CPUE Bargip (Nbre/Km ²)	CPUE DCE (Nbre/Km ²)	CPUE DCE/Bargip (en %)
5 à 9	41	4	548,4	318,3	58,0	8	0	40,9	0,0	0,0
9 à 11	136	4	1 793,9	318,3	17,7	88	0	450,3	0,0	0,0
11 à 13	21	0	282,5	0,0	0,0	66	0	337,7	0,0	0,0
13 à 15	84	0	1 110,9	0,0	0,0	2	0	10,2	0,0	0,0
15 à 17	1385	4	18 327,7	318,3	1,7	212	4	1084,7	62,4	5,8
17 à 19	1276	4	16 875,9	318,3	1,9	869	14	4446,3	218,4	4,9
19 à 21	277	3	3 667,0	238,7	6,5	219	2	1120,5	31,2	2,8
21 à 23	457	3	6 050,4	238,7	3,9	41	2	209,8	31,2	14,9
23 à 25	426	1	5 641,1	79,6	1,4	34	1	174,0	15,6	9,0
25 à 27	309	0	4 081,5	0,0	0,0	29	1	148,4	15,6	10,5
27 à 29	183	0	2 424,7	0,0	0,0	23	3	117,7	46,8	39,8
29 à 31	68	1	896,9	79,6	8,9	9	0	46,0	0,0	0,0
31 à 33	53	0	696,5	0,0	0,0	5	0	25,6	0,0	0,0
33 à 35	11	0	149,9	0,0	0,0	7	0	35,8	0,0	0,0
35 à 37	0	0	0,0	0,0		0	0	0,0	0,0	
37 à 39	2	0	26,5	0,0	0,0	0	0	0,0	0,0	
39 à 41	1	0	13,2	0,0	0,0	0	0	0,0	0,0	
41+	2	0	26,5	0,0	0,0	6	0	30,7	0,0	0,0



Les CPUE surfaciques en juvéniles de bar obtenues au moyen du chalut à perche sont inférieures à celles obtenues au moyen du chalut GOV Bargip : elles ne représentent globalement (toutes classes de tailles cumulées) que 4.4% dans le chalut à perche de 1,50 m et 5.1% dans celui de 3 m.

La comparaison GOV/perche de 1,50 m semble montrer que la différence de capturabilité entre les deux engins augmente avec la taille des individus (graphe de gauche) ce qui pourrait s'expliquer par l'augmentation des capacités d'évitement des plus grands juvéniles qui deviendraient moins vulnérables vis-à-vis du chalut à perche que du chalut Bargip, plus large, disposant d'une ouverture verticale près de 5 fois supérieure, et traîné près de deux fois plus rapidement

Les rapports de CPUE obtenus entre les deux chaluts seraient de l'ordre de 60% pour les individus de moins de 9 cm, chuteraient aux alentours de 20% pour les individus d'une douzaine de cm, et aux alentours de 10% pour ceux d'une quinzaine de cm. La vulnérabilité vis-à-vis du chalut à perche de 1,50 m tangenterait avec zéro pour des individus de plus de 25 cm.

La comparaison GOV/Chalut à perche de 3 m ne montre pas une chute identique des CPUE corrélée à la taille des individus dans le chalut à perche. Ceci est lié au fait qu'aucune capture de petits individus n'a été enregistrée lors de la campagne DCE de mai 2016 (pas de comparaison possible sur les premières plages de tailles), ainsi qu'à la capture de 3 individus d'une taille comprise entre 27 et 29 cm qui génère un « pic » à 40% du ratio perche/GOV sur le graphe de droite. Si l'on fait abstraction de cette valeur un peu plus élevée que les autres, ce graphe semble suggérer que le rapport de capturabilité serait compris entre 5 et 10% jusqu'à une taille de 25 cm, et que la capturabilité du chalut à perche de 3 m serait quasi nulle passés les 30 cm.

Il est difficile de commenter plus avant les résultats obtenus car il aurait fallu pouvoir disposer de plus de traits réalisés au chalut à perche. La conclusion préliminaire serait donc que les captures de bar (ou les CPUE) enregistrées au chalut à perche sont très faibles, et qu'elles fournissent des distributions de tailles biaisées (Figure 58). Ce constat, même s'il est discutable du point de vue scientifique puisque ne découlant pas d'une véritable intercomparaison, conforte dans le choix qui a été fait dans le cadre du présent projet d'avoir développé un chalut GOV adapté à la capture des juvéniles de bar (même s'il n'est pas possible aujourd'hui d'évaluer la capturabilité réelle du chalut GOV Bargip). Il confirme également qu'il serait hasardeux de vouloir utiliser des données issues de suivis menés au moyen de chalut à perche pour produire des indices d'abondance de bar (mais aussi de l'ensemble des démersaux présentant des capacités d'accélération/évitement du même type), et que les conclusions tirées à partir des données DCE utilisées dans le présent rapport ne sont que provisoire (absence de synchronisation dans le fonctionnement des nourriceries, et hiérarchisation des nourriceries).

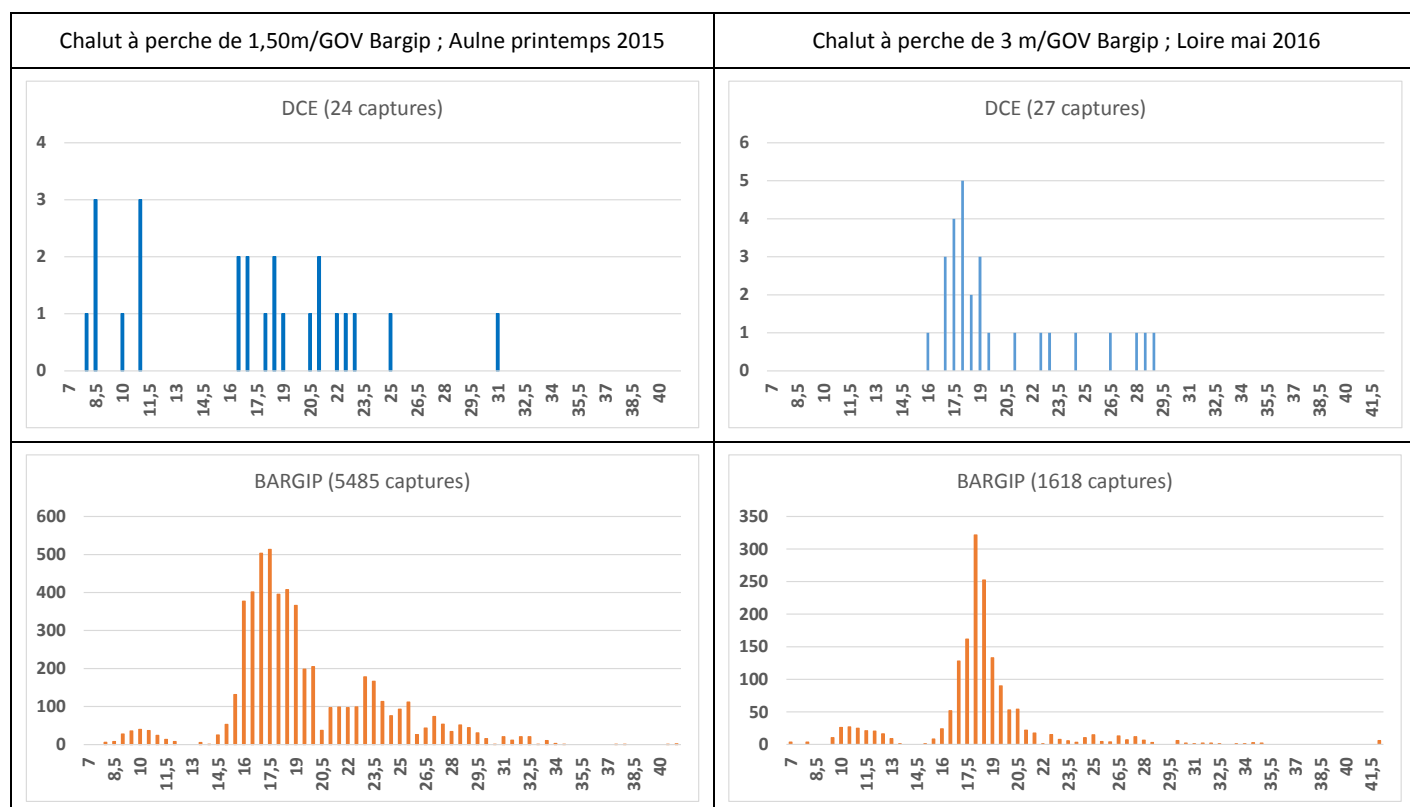


Figure 58 : comparaison des distributions de tailles de capture des bars obtenues au cours des échantillonnages DCE au moyen de chaluts à perche (données DCE, AELB et IRSTEA) et des échantillonnages Bargip Nourriceries réalisés au moyen d'un GOV de 7 m d'ouverture horizontale et de 2,30 m d'ouverture verticale.