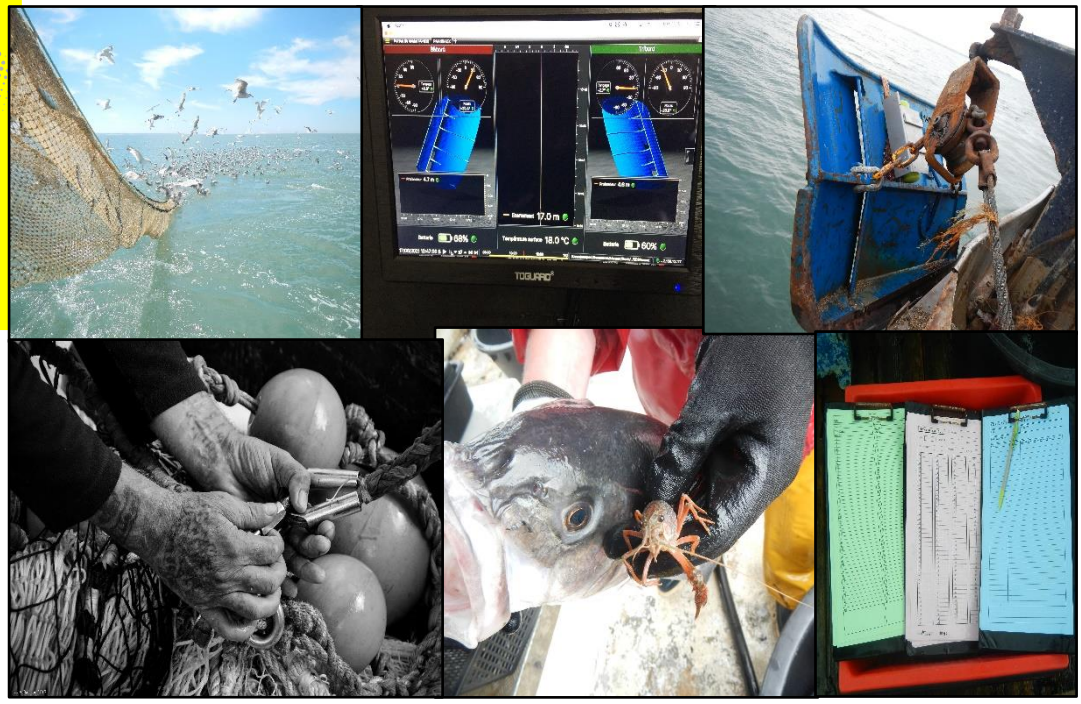
RST-RBE STH 2022/1

NourDem 2019-2021

Rapport final

31 mars 2022

Ronan le Goff, Mickael Drogou, Christophe Lebigre, Mathieu Woillez, Anne-Sophie Cornou, Olivier Berthelé, Damien Delaunay, Stéphane Martin, Loïc Le Rû, Hervé Barone, Ludovic Bouché, Amédée Roy, Didier Le Roy, Jérôme Huet, François Garren, Léa Edin, Nicolas Michelet, Sandra Denize, Pascal Nguyen, Fayza Nfis, Emilie Le Roy, Cindy Marhic, Kelig Mahé et Jérôme Weiss.



Crédit photographique : Ifremer et A. Balazuc, CRPMEM Nouvelle Aquitaine

UNION EUROPÉENNE

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE ET DE L'ALIMENTATION

l'Europe s'engage en France avec le FEAMP

FRANCE FILIÈRE PÊCHE

NourDem

COMITE NATIONAL DES PECHES CNPMEM

COMITE REGIONAL DES PECHES MARITIMES NORMANDIE

COREPEM Comité Régional des Pêches et des Elevages Marins des Pays de Loire

CRPMEM NOUVELLE-AQUITAINE

Fiche documentaire

<table>
<tr><td colspan="2">Numéro d'identification du rapport : RST-RBE/STH 2022-1

Diffusion : libre : ☑ restreinte : ☐ interdite : ☐</td><td>date de publication : 31/03/2022
nombre de pages : 330
bibliographie : oui
illustration(s) : figures
langue du rapport : français</td></tr>
<tr><td colspan="3">Titre du rapport : NourDem 2019-2021 : rapport final</td></tr>
<tr><td colspan="3">Rapport intermédiaire ☐ Rapport définitif ☑</td></tr>
<tr><td>Auteurs principaux : Ronan le Goff, Mickael Drogou, Christophe Lebigre, Mathieu Woillez, Anne-Sophie Cornou, Olivier Berthelé, Damien Delaunay, Stéphane Martin, Loïc Le Rû, Hervé barone, Ludovic Bouché, Amédée Roy, Didier Le Roy, Jérôme Huet, François Garren, Léa Edin, Emilie Le Roy, Cindy Marhic, Kelig Mahé et Jérôme Weiss
Nicolas Michelet, Sandra Denize, Pascal Nguyen et Fayza Nfis</td><td colspan="2">Organisme / Direction / Service, laboratoire
RBE/STH/Ifremer
RBE/EMH/Ifremer
ODE/Ifremer
RBE/RHMMN/Ifremer

CNPMEM</td></tr>
<tr><td>Campagnes à la mer
Vincent Cocaud,
Stanis Swiatek et Jean Louis Paporet
Pierre Cartier.

Xavier Tétard, Lucile Aumont, Lucas Teysseire
Antoine Balazuc et Anthony Gueguen
Alexis Pengrech

Mickael Drogou, Stéphane Martin, Loïc Le Rû</td><td colspan="2">
Pêcheur professionnel, patron du Maloa
Pêcheurs professionnels, patron et matelot du Flipper
Pêcheur professionnel, patron de l'Espadon

CRPM Normandie
CRPMEM Nouvelle Aquitaine
COREPEM

Ifremer/RBE/STH</td></tr>
<tr><td colspan="3">Cadre de la recherche :

Convention relative à l'attribution d'une aide financière du Fonds Européen pour les Affaires Maritimes et la Pêche (FEAMP Mesure 40.1.c ; Osiris PFEA400018DM0310001 ; ref. Ifremer : 18/2216441) entre le Ministère de l'Agriculture et de l'Alimentation (MAA)/Direction des Pêches maritimes et de l'Aquaculture et l'Ifremer ; convention coordonnée par la Direction Interrégionale de la Mer Manche Est et de la mer du Nord

Convention Ifremer-CNPMEM : « convention partenariale 2019-2021 dans le cadre d'une collaboration cofinancée par des subventions FEAMP et Etat ; programmation 2014-2020, mesure 40 ; Projet NourDem » ; ref. Ifremer 18/2216407.

Convention FFP-Ifremer n°PH/2018/12 : « convention entre France Filière Pêche et l'Institut Français de Recherche pour l'Exploitation de la Mer relative à une aide financière au projet NourDem 2019-2021 ».</td></tr>
<tr><td colspan="3">Mots-clés : Nourriceries estuariennes ; estuaire de la Loire ; estuaire de la Seine ; estuaire de la Gironde ; échantillonnage au chalut ; Chalut GOV IFREMER NourDem (11,90x16,45) ; indices d'abondance ; indices de biomasse ; indices de population ; indices de peuplement ; bar européen (Dicentrarchus labrax), sole commune (Solea solea), sprat (Sprattus sprattus), éperlan d'Europe (Osmerus eperlanus), anguille commune (Anguilla anguilla), merlan commun (Merlangius merlangus), crevette grise (Crangon crangon), crevette blanche (Palaemon longirostris), maigre commun (Argyrosomus regius), bar moucheté (Dicentrarchus punctatus), esturgeon d'Europe (Acipenser sturio) ; stratification ; post-stratification ; traitements géostatistiques ; cartographies de répartition spatiale ; Qualité des estuaires en tant que nourricerie ; analyse de stress chez le bar ; cortisol ; éléments trace métalliques ; contaminants orgniques.</td></tr>
</table>

Citation : Ronan le Goff, Mickael Drogou, Christophe Lebigre, Mathieu Woillez, Anne-Sophie Cornou, Olivier Berthelé, Damien Delaunay, Stéphane Martin, Loïc Le Rû, Hervé Barone, Ludovic Bouché, Amédée Roy, Didier Le Roy, Jérôme Huet, François Garren, Léa Edin, Nicolas Michelet, Sandra Denize, Pascal Nguyen, Fayza Nfis, Emilie Le Roy, Cindy Marhic, Kelig Mahé et Jérôme Weiss, 2022. NourDem 2019-2021 : rapport final. 330 pages.

Téléchargeable Archimer : https://archimer.ifremer.fr/doc/00762/87408 (DOI : 1013155/87408)

Table des matières

1 Introduction 10

2 Matériel et méthode 12

2.1 Le protocole des campagnes de chalutage 12

2.2 Le traitement des données de capture pour la production d'indices d'abondance 15

2.2.1 Introduction 15

2.2.2 Séparation des groupes d'âge chez certaines espèces. 16

2.2.3 Présentation succincte du script RSUFI 19

2.2.4 Développement du script RSTRATI 22

2.2.5 Développements des traitements géostatistiques 32

2.3 Méthodes d'évaluation de la qualité des estuaires en tant que nourriceries 33

3 Les campagnes NourDem réalisées entre 2016 et 2021. 36

3.1 Dates, durées, coefficients de marée et débits des fleuves 36

3.2 Profondeurs, températures et salinités enregistrées au cours des traits 37

3.3 Les chalutiers professionnels utilisés et les compositions d'équipage 41

3.4 L'effort d'échantillonnage 42

4 Les peuplements des trois estuaires 44

4.1 Le peuplement de l'estuaire de Seine 45

4.1.1 La diversité faunistique 45

4.1.2 Les indices de peuplement en estuaire de Seine 47

4.1.3 Les espèces principales et d'intérêt, socle du peuplement de l'estuaire de Seine. 49

4.1.4 Le crabe vert Carcinus maenas en estuaire de Seine 54

4.1.5 Le flet commun Platichthys flesus en estuaire de Seine 56

4.1.6 Le bar européen Dicentrarchus labrax en estuaire de Seine 58

4.1.7 Le merlan commun Merlangius merlangus en estuaire de Seine 67

4.1.8 La méduse rayonnée Chrysaora hysoscella en estuaire de seine 72

4.1.9 Le sprat Sprattus sprattus en estuaire de Seine 73

4.1.10 La sole commune Solea solea en estuaire de seine 75

4.1.11 Le hareng commun Clupea harengus en estuaire de Seine 82

4.1.12 Le petit calmar Alloteuthis sp. en estuaire de seine 84

4.1.13 L'éperlan d'Europe Osmerus eperlanus en estuaire de Seine 86

4.1.14 La crevette grise Crangon crangon en estuaire de Seine 91

4.1.15 La plie commune Pleuronectes platessa en estuaire de Seine 93

4.1.16 Le chinchard commun Trachurus trachurus en estuaire de Seine 95

4.1.17 L'étrille lisse Liocarcinus vernalis 97

4.1.18 Le maquereau commun Scomber scombrus en estuaire de Seine 99

4.1.19 La raie bouclée raja clavata en estuaire de Seine 101

4.1.20 L'anguille commune Anguilla anguilla en estuaire de Seine 103

4.1.21 Le grondin perlon Chelidonichthys lucerna en estuaire de Seine 106

4.1.22 La petite vive Echiichthys vipera 108
4.1.23 L'araignée de mer Maja brachydactyla en estuaire de Seine 110
4.1.24 Le rouget de roche Mullus surmuletus en estuaire de Seine 112
4.1.25 L'alose feinte Alosa fallax en estuaire de Seine 114
4.1.26 La lamproie fluviatile Lampetra fluviatilis en estuaire de Seine 116
4.1.27 La grande alose Alosa alosa en estuaire de Seine 117
4.1.28 La truite de mer Salmo trutta 119
4.1.29 Le saumon atlantique Salmo salar 120
4.1.30 La lamproie marine Petromyzon marinus 121
4.2 Le peuplement de l'estuaire de la Loire 122
4.2.1 La diversité faunistique 122
4.2.2 Les indices de peuplement de l'estuaire de Loire 124
4.2.3 Les espèces principales et d'intérêt, socle du peuplement de l'estuaire de la Loire 127
4.2.4 Le bar européen Dicentrarchus labrax en estuaire de Loire 129
4.2.5 La sole commune Solea solea 139
4.2.6 L'anchois commun Engraulis encrasicolus 147
4.2.7 Le crabe vert Carcinus maenas 150
4.2.8 Le sprat Sprattus sprattus en estuaire de Loire 152
4.2.9 Le Flet commun Platichthys flesus en estuaire de Loire 155
4.2.10 Le tacaud commun Trisopterus luscus en estuaire de Loire 160
4.2.11 Le merlan Merlangius merlangus en estuaire de Loire 163
4.2.12 La crevette grise Crangon crangon en estuaire de Loire 167
4.2.13 Les calmars Alloteuthis sp. en estuaire de Loire 169
4.2.14 Les mulets porcs Liza ramada en estuaire de Loire 171
4.2.15 Le chinchard commun Trachurus trachurus en estuaire de Loire 174
4.2.16 Le gobie buhotte Pomatoschistus minutus en estuaire de Loire 176
4.2.17 L'éperlan d'Europe Osmerus eperlanus en estuaire de Loire 177
4.2.18 Le gobie transparent Aphia minuta en estuaire de Loire 182
4.2.19 Le congre commun Conger conger en estuaire de Loire 183
4.2.20 L'étoile de mer commune Asterias Rubens en estuaire de Loire 185
4.2.21 La crevette blanche Palaemon longirostris en estuaire de Loire 187
4.2.22 L'athérine Atherina presbyter en estuaire de Loire 189
4.2.23 L'anguille commune Anguilla anguilla en estuaire de Loire 191
4.2.24 La sardine commune Sardina pilchardus en Loire 194
4.2.25 L'alose feinte Alosa fallax en estuaire de Loire 198
4.2.26 Le bar moucheté Dicentrarchus punctatus en estuaire de Loire 200
4.2.27 La grande Alose Alosa alosa en estuaire de Loire 202
4.2.28 Le saumon atlantique Salmo salar en estuaire de Loire 204
4.2.29 Le maigre commun Argyrosomus regius en estuaire de Loire 205
4.3 Le peuplement de l'estuaire de la Gironde 208
4.3.1 La diversité faunistique 208

4.3.2 Les indices de peuplement de l'estuaire de la Gironde 210
4.3.3 Espèces principales et d'intérêt, socle du peuplement de l'estuaire de la Gironde 211
4.3.4 Le maigre commun Argyrosomus regius en estuaire de Gironde 214
4.3.5 Les soles communes Solea solea en estuaire de Gironde 219
4.3.6 Les chinchards Trachurus sp. dans l'estuaire de la Gironde..... 223
4.3.7 Les anchois commun Engraulis encrasicolus en estuaire de Gironde224
4.3.8 La crevette grise Crangon crangon en estuaire de Gironde..... 226
4.3.9 Le calmar Alloteuthis sp. en estuaire de Gironde 228
4.3.10 La crevette blanche Palaemon longirostris en estuaire de Gironde .. 230
4.3.11 Le bar européen Dicentrarchus labrax en estuaire de Gironde..... 232
4.3.12 Le calmar commun Loligo vulgaris en estuaire de Gironde 236
4.3.13 Le bar moucheté Dicentrarchus punctatus 238
4.3.14 L'ombrine bronze Umbrina canariensis en estuaire de Gironde 243
4.3.15 Le gobie buhotte Pomatoschistus minutus en estuaire de la Gironde246
4.3.16 L'étrille lisse Liocarcinus vernalis en estuaire de Gironde 247
4.3.17 Le gobie à grandes écailles Lesueurigobius friesii en estuaire de Gironde 249
4.3.18 Le sprat Sprattus sprattus en estuaire de Gironde 250
4.3.19 L'anguille commune Anguilla anguilla en estuaire de Gironde..... 252
4.3.20 La raie bouclée Raja clavata en estuaire de Gironde..... 254
4.3.21 Le crabe vert Carcinus maenas en estuaire de Gironde 256
4.3.22 Le mulet porc Liza ramada en estuaire de Gironde 258
4.3.23 La grande alose Alosa alosa..... 260
4.3.24 L'esturgeon d'Europe Acipenser sturio en estuaire de la Gironde 261
4.3.25 L'alose feinte Alosa fallax en estuaire de Gironde 262
4.3.26 L'ocièstre Acipenser gueldenstaedtii en estuaire de Gironde 263
4.3.27 Le saumon atlantique Salmo salar en estuaire de la Gironde..... 263

5 Test/développements de traitements géostatiques pour la production d'indices d'abondance et de cartographies de répartition.....265

5.1 Indices d'abondance géostatistiques pour les bars d'âge 2 en Loire entre 2016 et 2018 265
5.2 Indices d'abondance géostatistiques pour tous les groupes d'âge du bar sur les 3 estuaires 267

6 La qualité des estuaires en tant que nourricerie.....270

6.1 Différences de croissance des juvéniles de bar entre nourriceries et années.... 270
6.2 Différences de condition corporelle entre nourriceries et années pour le bar, l'éperlan, le merlan et le sprat 271
6.3 Différence de stress chronique entre nourriceries et leur effet sur la croissance272
6.4 Différence de contamination chimique entre nourriceries et leur effet sur la croissance et la condition corporelle 276
6.5 Conclusion sur la qualité des estuaires en tant que nourriceries :..... 278

7 Les supports de communications et la mise à disposition des données 279

7.1 L'affiche 279

7.2 Le site web 279
7.3 La sauvegarde des données dans Harmonie et leur mise à disposition 280

8 Conclusions 281

8.1 La finalisation du protocole de suivi des trois estuaires 281
8.2 La production de données fiables, leur sanctuarisation et leur mise à disposition 282
8.3 Le développement de scripts de traitement des données : indices d'abondance et cartes de répartition 282
8.4 La caractérisation des peuplements des trois estuaires 283
8.5 La qualité des estuaires en tant que nourriceries 288
8.6 Les supports de communication 288
8.7 Perspectives 288

9 Références 289

10 Annexes 294

10.1 Annexe 1. Surface balayée par le chalut. 294
10.2 Annexe 2 : Séparation des classes d'âge 297
Seine 2017 (fin juillet/début août) 298
Seine 2018 (fin juillet/début août) 299
Seine 2019 (fin juillet/début août 300
Seine 2020 (fin juillet/début août) 301
Seine 2021 (fin juillet/début août) 302
Loire 2016 (fin juin/début juillet) 303
Loire 2017 (fin juin/début juillet) 304
Loire 2018 (fin juin/début juillet) 305
Loire 2019 (fin juin/début juillet) 306
Loire 2020 (fin juin/début juillet) 307
Loire 2021 (fin juin/début juillet) 308
Gironde 2019 (fin août/début septembre) 309
Gironde 2020 (fin août/début septembre) 310
Gironde 2021 (fin août/début septembre) 311
10.3 Annexe 3 : étude de similarité des traits doublés 312
10.4 Annexe 4 : Etude de sensibilité du script RSTRATI : nombre minimal de traits par strate 318
10.5 Annexe 5 : Etude de sensibilité du script R-STRATI : nombre maximal de partitions des domaines. 322
10.6 Annexe 6 : Indices moyens d'abondance et de biomasse, et occurrences moyennes de captures, pour l'ensemble des espèces échantillonnées lors des suivi NourDem. 325
10.6.1 Estuaire de Seine entre 2017 et 2021 325
10.6.2 Estuaire de Loire entre 2016 et 2021 326
10.6.3 Estuaire de Gironde entre 2019 et 2021 327
10.7 Annexe 7 : Résumé envoyé aux XIVe Journées de Géostatistique, MINES ParisTech à Fontainebleau, 19 - 20 septembre 2019. 328

10.8 Annexe 8 : Résumé envoyé au le 15ème colloque de l'association Française d'Halieutique, « Les systèmes halieutiques face aux crises », à l'Université de Bretagne Occidentale, Brest, 7 - 9 juillet 2021. 329

10.9 Annexe 9 : Publication sur les méthodes géostatistiques 330

1 Introduction

Le projet NourDem 2019-2021 est conduit dans le cadre d'un partenariat entre l'Ifremer (Institut Français de Recherche pour l'Exploitation de la mer, maître d'ouvrage) et le CNPMEM (Comité National des Pêches Maritimes et Elevages Marins, assistant à maître d'ouvrage). L'Ifremer et le CNPMEM bénéficient du soutien technique des Comités Régionaux des Pêches de Normandie, des Pays de Loire et de Nouvelle Aquitaine pour l'organisation opérationnelle et la réalisation des campagnes.

NourDem 2019-2021 est financé par l'Union européenne via la Mesure 40 « Protection et restauration de la biodiversité des écosystèmes marins dans le cadre d'activités de pêche durable » du Fonds Européen pour les Affaires Maritimes et la Pêche (FEAMP), par l'Etat français (Ministère de l'Agriculture et de l'Alimentation, en charge de la gestion des pêches françaises) et par France Filière Pêche (FFP). Le suivi financier pour le compte de l'Union et de l'Etat est assuré par la Direction Interrégionale de la Mer de Manche-Est et de la Mer du Nord (DIRM MEMN).

NourDem 2019-2021 vise à réaliser des **campagnes annuelles de chalutage** dans les trois estuaires de la **Seine**, de la **Loire** et de la **Gironde** afin de :

- **produire des indices d'abondance en juvéniles des espèces « principales », c'est-à-dire d'intérêt économique[1] et/ou caractéristiques de ces écosystèmes, et identifier les nourriceries majeures,**
- **et évaluer et comparer la « qualité » de ces estuaires en tant que zone de nourricerie** (principalement à partir de l'espèce « sentinelle » retenue qui est le bar européen, *Dicentrarchus labrax*).

Ces trois estuaires sont en effet des zones fonctionnelles essentielles pour de nombreuses espèces et notamment des zones de nourricerie, c'est-à-dire des espaces privilégiés de survie et de croissance des juvéniles de poissons, céphalopodes ou crustacés au cours de leurs premières années de développement. Il s'agit donc d'identifier les espèces pour lesquelles les trois estuaires représentent des nourriceries essentielles, et de produire, pour les espèces principales et/ou majeures économiquement, des cartographies de leur répartition et des indices annuels d'abondance.

De tels indices provenant des zones estuariennes/nourriceries font en effet parfois défaut pour paramétrer les modèles halieutiques évaluant l'état de plusieurs stocks et leurs évolutions. Identifier les bonnes ou mauvaises années de reproduction/survie via la production d'indices d'abondance des jeunes classes d'âge est un élément important pour anticiper les futurs « recrutements sur les pêcheries », c'est-à-dire l'importance des flux de jeunes poissons qui deviendront exploitables une fois qu'ils auront atteint la taille minimale de capture.

Pour produire les indices d'abondance et les cartographies de répartition des espèces principales, le projet a testé/développé différentes méthodes de traitement des données acquises lors des campagnes de chalutage : méthodes reposant sur des stratifications de l'espace échantillonné (scripts RSUFI et RSTRATI), et outils géostatistiques. Ces méthodes et les résultats obtenus sur l'espèce bar européen (*Dicentrarchus labrax*) seront présentés aux deux groupes de travail du CIEM en charge du suivi des stocks de l'espèce (en Manche/mer du Nord d'une part, et dans le golfe de Gascogne d'autre part), afin qu'ils les évaluent et retiennent celle(s) qu'ils jugeront la (les) plus pertinente(s).

L'autre objectif de NourDem 2019-2021 a été de réaliser une première étude de comparaison des « qualités » des trois estuaires en tant que zones de nourricerie. Pour quelles espèces ces trois estuaires, majeurs à l'échelle des côtes françaises de l'Atlantique de Nord-Est, constituent-ils de bonnes zones de

[1] Il s'agit là d'un des objectifs majeurs du projet : produire, à l'échelle des trois estuaires suivis, des indices d'abondance en juvéniles d'espèces halieutiques exploitées, indice suffisamment fiables pour être utilisables par les groupes de travail du CIEM (Conseil International pour l'Exploration de la Mer) en charge de l'évaluation de l'état des stocks et de l'élaboration de propositions de gestion pour le compte de l'Union Européenne. Les groupes de travail du CIEM utilisent différents outils/modèles pour l'évaluation des stocks qui reposent sur l'utilisation de ces indices d'abondance spécifiques (IA).

nourricerie ? Et permettent-ils un développement rapide et des survies élevées des juvéniles, ou, au contraire, les conditions de milieux (température, salinité, courants, nature des fonds, rejets polluants, etc.) rendent-elles ces espaces peu propices au développement des juvéniles. Pour répondre à ces questions, le projet s'est appuyé sur la production **d'indices morphométriques classiques de condition corporelle** et de **courbes de croissance** chez plusieurs espèces majeures au sein des estuaires : deux espèces démersales (bar et merlan) et deux espèces pélagiques (sprat et éperlan). Le projet a également permis **d'évaluer les niveaux de stress** chez les juvéniles de bar par dosage du cortisol dans leurs écailles (le cortisol est un des traceurs des épisodes de stress rencontrés par les individus). Enfin, toujours chez le bar retenu comme espèce sentinelle, des analyses des teneurs en éléments trace métalliques (14 éléments) et en contaminants organiques bio accumulatifs ont été réalisés dans les trois nourriceries afin de les comparer.

Les pages qui suivent présentent :

- les campagnes de chalutage réalisées en 2019, 2020 et 2021, le protocole d'échantillonnage retenu ainsi que les captures enregistrées (le projet synthétise également les données collectées entre 2016 et 2018 en Loire et en 2017 et 2018 en Seine),
- les espèces principales, socle des peuplements des trois estuaires, leurs indices d'abondance et leurs cartographies de répartition,
- les tests et développements de méthodes de traitement des données en vue de produire ces indices d'abondance et ces cartographies de répartition (stratification, post stratification automatisée, méthodes géostatistiques, cartographies des densités surfaciques annuelles et de synthèse depuis le lancement des campagnes),
- l'étude de la qualité des estuaires en tant que nourriceries,
- et les supports de communication développés pour présenter le projet et son avancement.

2 Matériel et méthode

2.1 Le protocole des campagnes de chalutage

Les données et échantillons nécessaires aux études et analyses prévues dans NourDem 2019-2021 ont été produits à l'occasion de **campagnes de chalutage** conduites chaque année dans chacun des trois estuaires (Seine, Loire, Gironde). Ces campagnes ont été menées en partenariat avec le CNPMEM ainsi que les CRPMEM concernés (Normandie, Pays de la Loire ou Nouvelle Aquitaine selon l'estuaire). Le protocole développé au cours du projet Bargip nourriceries, et validé à l'occasion des projets NourDem Loire et Seine menés en 2017 et en 2018[2] a été systématiquement appliqué.

L'une des originalités de ce protocole repose sur l'utilisation du **chalut « Ifremer NourDem »** développé et mis au point à l'occasion des projets « préparatoires » précités (Figure 1). Il s'agit d'un chalut à panneaux de type « GOV » (à « Grande Ouverture Verticale ») dont le bourrelet mesure 11,90 m et la corde de dos 16,45 m. Les panneaux (de marque « Tiboron ») pèsent 135kg chaque. Le chalut est prévu pour être tracté à 3,5 nœuds (vitesse surface) avec environ 120 m de funes filées[3]. Pour qu'il soit parfaitement « dans ses lignes », c'est-à-dire qu'il travaille de manière optimale, il faut que les panneaux soient écartés de 17,50 à 18 m (le protocole tolère des écartements compris entre 15 et 20 m ; en deçà et au-delà, le trait est annulé et recommencé). Le respect au cours du trait de cet écartement est primordial car il conditionne l'écartement des pointes d'ailes, et donc la surface balayée au cours du trait sur laquelle reposent les calculs d'abondance. Pour suivre cet écartement des panneaux au cours du trait, un ensemble de capteurs a été, acquis au cours du projet.

Avec l'écartement optimal de 17,5/18 m entre les panneaux, l'écartement des pointes d'ailes inférieures du chalut est de 7 m, et la corde de dos s'élève à une hauteur comprise entre 1,80 et 2,20 mètres.

Les traits durent 15 minutes avec une tolérance de -4/+2 minutes selon les secteurs. Les heures et positions de filage/virage de tous les traits sont enregistrées sur le logiciel MaxSea de navigation, permettant d'obtenir leurs durées et longueurs précises.

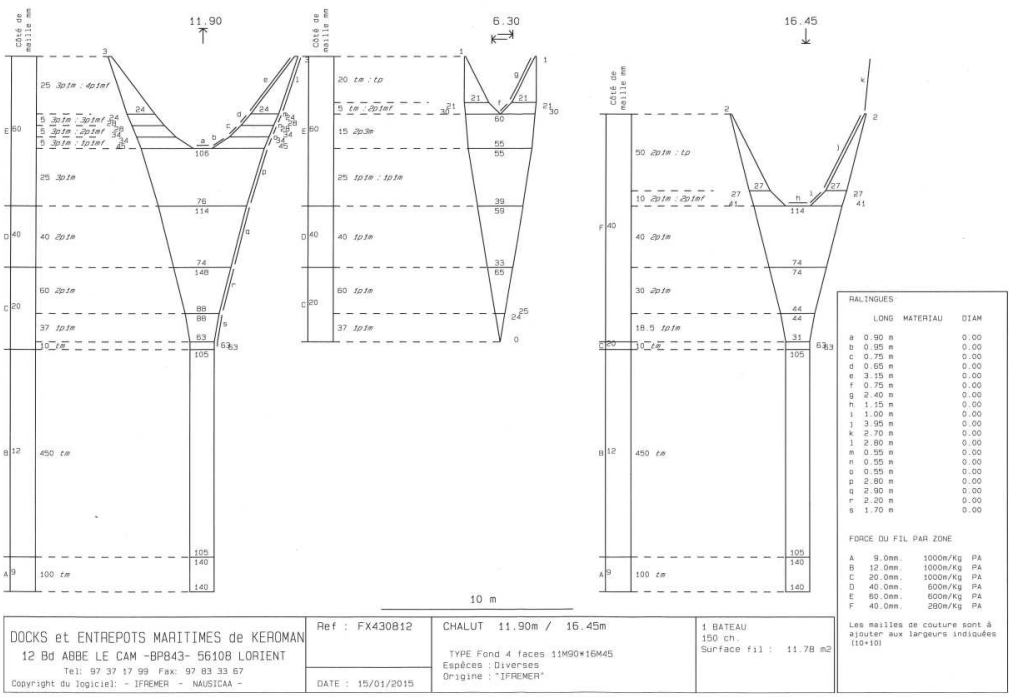
Les mailles terminales du « cul du chalut » mesurent 18 mm étirées, ce qui permet de capturer des poissons dès une taille de 3 à 4 cm. La vitesse élevée de traction (pour un petit chalut ; 3,5 nœuds par rapport à la masse d'eau) permet également de capturer les espèces présentant de fortes capacités d'accélération et d'évitement. Au final, ses différentes caractéristiques lui permettent d'être performant pour la capture des espèces benthiques présentes (soles, flets, etc.), mais aussi des espèces démersales (bars, merlans, etc.), ainsi même que pour celle de certains pélagiques (sprats, anchois, maquereaux, etc.). Lors d'une campagne d'intercomparaison menée en baie de Douarnenez en 2018, il s'est avéré être plus performant sur les fonds de cette zone que le chalut à perche habituellement utilisé à l'occasion des campagnes côtières/estuariennes

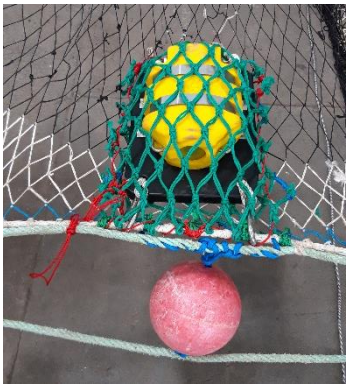
[2] Les rapports finaux des quatre projets préparatoires ayant permis de finaliser le protocole opérationnel et de commencer à produire des indices annuels d'abondance dans les estuaires de la Loire et de la Seine (ainsi que dans l'estuaire de l'Aulne en rade de Brest en 2015) sont téléchargeables ici :

- Le Goff, Villanueva, Drogou et al, 2017. Projet Bargip-Action Nourriceries ; rapport final (Ifremer, DPMA, CNPMEM, FFP) : http://archimer.ifremer.fr/doc/00379/48987/
- Le Goff, Drogou et al, 2017. NourDem Loire : bilan de la campagne 2017 (Ifremer, CNPMEM, FFP et COREPEM) : https://doi.org/10.13155/52544
- Le Goff, Drogou et al, 2017. NourDem Seine : bilan de la campagne 2017 (Ifremer, CRPM de Normandie, CRPMEM des Hauts de France et les OP CME, EPN, COBRENORD, FROM NORD et Pêcheurs de Bretagne : https://doi.org/10.13155/52262
- Drogou, Le Goff et al, 2019. Nourdem Loire et NourDem : bilan des campagnes 2018 (Ifremer, DPMA/DCMap, CNPMEM, COREPEM et CRPMEM Normandie) : https://archimer.ifremer.fr/doc/00487/59889/

[3] Cette longueur de funes est adaptée (+/- 5 m dans le cadre du présent projet) selon les navires utilisés, ou plus précisément en fonction de la largeur entre les deux poulies de rappel des funes qui sont fixées au portique arrière. L'objectif est d'obtenir entre 17,5 et 18 m entre les panneaux quand le navire tracte à 3,5 nœuds sans courant car c'est pour cette configuration que le chalut est réglé au mieux.

(Drogou et al, 2018), en permettant d'obtenir des échantillons plus représentatifs de la diversité faunistique (et des distributions de tailles) constituant la biocœnose (le peuplement) de la zone côtière échantillonnée.







Bras : 6m acier + chaine ; Triangle acier de 20 cm de côté + émérillons inox Ø 12 mm

Entremise basse : 20 m acier Ø12mm ; entremise haute : 19,55 m Dyneema Ø 14 mm

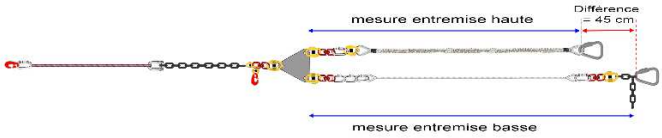




Figure 1 : plan du chalut Ifremer NourDem 11,90-16,45 m. Détail des bras et entremises (en bas à gauche). Capteur « NetSonde » positionné *au centre de la corde de dos afin de mesurer l'ouverture verticale du* ***chalut (en haut à droite). Positionnement sur un panneau du capteur*** *d'écartement de panneaux* ***(à droite au centre), et écran du PC permettant*** *le suivi en direct de l'écartement des panneaux* ***et de leur inclinaison/angulation tout au long du trait (afin de valider le trait, ou*** *éventuellement de l'annuler si l'écartement sort des tolérances* ***qui sont fixées à 15 et 20 m).***

Une sonde multiparamètres est également positionnée sur le chalut pour enregistrer la profondeur, la salinité et la température au cours du trait, données nécessaires à la caractérisation des habitats préférentiels et des zones fonctionnelles des espèces constitutives de l'écosystème.

Une autre originalité de cette campagne est que les échantillonnages sont réalisés à bord de petits chalutiers professionnels locaux, d'une dizaine de mètres, et surtout d'un tirant d'eau n'excédant pas 2 mètres afin de pouvoir échantillonner les secteurs les moins profonds et notamment de pouvoir monter sur les zones d'estran dès la mi marée. Les équipages sont habituellement composés de deux marins professionnels, le patron et son matelot, et de 4 agents scientifiques, trois de l'Ifremer et un du comité régional des pêches concerné.

A l'issue de chaque trait, l'intégralité de la capture est systématiquement pesée, puis les différentes espèces sont identifiées et triées. Elles sont alors pesées séparément, et tout ou partie des individus de chaque

espèce de poisson est mesuré, au cm inférieur pour la très grande majorité des espèces, et au ½ cm inférieur pour les petits pélagiques[4]. En cas de charge très importante du chalut, pesées et mensurations sont réalisées sur un échantillon du total : le poids total de la poche est pesé, et une fraction de ce total est analysée après avoir elle-même été pesée[5]. Avant cet échantillonnage, les individus les plus grands, ou ceux appartenant à des espèces remarquables/rares sont extraits et traités en « Hors Vrac » (mensurations individuelles et pesées spécifiques). Toutes les données acquises (pesées, mensurations, débris/déchets, caractéristiques du trait, etc.) sont ensuite consignées sur des feuilles de mer et saisies, une fois à terre, dans la base de données « Allegro-Campagne » de l'Ifremer (qui est utilisée pour la saisie de toutes les données des campagnes halieutiques de l'Institut). Certains individus sont euthanasiés et congelés pour être ramenés au laboratoire afin que des mensurations, prélèvements d'écailles, pesées et analyses puissent être pratiquées.

En ce qui concerne les dates des campagnes, l'expérience acquise a montré qu'il est impératif de les réaliser, d'une part lors des mortes eaux afin de minimiser les courants de marée et les oscillations du zéro de salinité au cours de la marée, et, d'autre part, à des périodes identiques dans chacun des estuaires du fait des fortes variabilités intra-annuelles d'abondance chez la plupart des espèces. La période où les fleuves présentent le moins de variabilité de débit se situant entre la fin du printemps et l'été, les dates des campagnes ont donc été fixées lors des mortes eaux de fin juin/début juillet en Loire, fin juillet/début août en Seine et fin août/début septembre en Gironde.

Les domaines échantillonnés dans les trois estuaires ont été compris entre le zéro de salinité à l'amont et, *a minima,* l'isobathe des 12 m à l'aval, afin de cerner l'intégralité des principales nourriceries estuariennes. Les campagnes ont duré 8 jours dans chacun des estuaires, ce qui a permis la réalisation de 60 à 75 traits[6].

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

[5] 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).

[6] La campagne 2019 en Gironde, première année d'échantillonnage de cet estuaire par le groupe de projet, a duré 12 jours (en deux legs) afin de disposer du temps nécessaire pour découvrir et cartographier un ensemble suffisant de traines praticables ; des campagnes de 8 jours seulement y ont été réalisées en 2020 et 2021. Les estuaires de la Seine et de la Loire ayant déjà été cartographiées à l'occasion des projets « préparatoires » précités, 8 jours par campagne et par an ont été suffisants.

2.2 Le traitement des données de capture pour la production d'indices d'abondance

2.2.1 Introduction

L'Ifremer a développé depuis plusieurs années des outils informatiques permettant la saisie, le stockage, la mise à disposition, et le traitement des données des campagnes halieutiques françaises dont il a la charge.

La saisie des données de campagne (captures, dates, lieux, paramètres du milieu, métadonnées…) se fait via l'outil « Allegro campagnes ». Une fois les données saisies puis validées, elles sont transférées vers la base de données « Harmonie » qui permet à la fois leur sanctuarisation (sauvegarde pérenne) et leur mise à disposition (« données publiques ») via un site Web de requêtes (https://sih.ifremer.fr/Donnees). Harmonie regroupe ainsi l'ensemble des données halieutiques officielles françaises produites par l'Ifremer. Les données des 6 campagnes (plus celles des campagnes précédentes) ont donc été sauvegardées dans Harmonie, et disposent d'un DOI. (https://campagnes.flotteoceanographique.fr/search).

Un package « R » de calculs d'indices d'abondance ou de biodiversité, dénommé « RSUFI », a également été développé par l'Institut afin de traiter ces données. RSUFI permet de produire des indices d'abondance, spécifiques d'une part (i.e. pour chacune des espèces majeures échantillonnées) et de communautés (ou d'écosystèmes, i.e. toutes les espèces cumulées) d'autre part. RSUFI repose sur une stratification fixe des domaines échantillonnés, réalisée une fois pour toute, c'est-à-dire identique quelles que soient les espèces ou les années.

L'un des objectifs du projet NourDem était de traiter l'intégralité des données acquises lors des campagnes réalisées au cours du projet, ainsi que celles menées auparavant sur les mêmes domaines, au moyen de ce script RSUFI. En complément, le projet a également eu pour objectifs de tester/développer des méthodes alternatives de traitement, puis de comparer les résultats obtenus.

Les méthodes de traitement des données des campagnes retenues pour cette intercomparaison sont :

- Le script RSUFI qui repose sur une stratification « à dire d'expert » de l'espace échantillonné et qui est utilisé en routine pour les campagnes halieutiques de l'Ifremer. Cette méthode sera considérée comme la méthode de référence, et ses résultats serviront de base aux intercomparaisons,
- Un script R de post-stratification spécifique automatisée (production d'indices d'abondance à partir de stratifications adaptées à chacune des espèces) « RSTRATI ».
- Des méthodes géostatistiques (production d'indices d'abondance et de cartographies de la répartition géographique des abondances ; testées/développées pour l'instant chez le bar en estuaire de Loire),

Avant de présenter ces différents outils de traitement des données, et les résultats obtenus, une étape préalable de séparation des individus de certaines espèces en différentes classes d'âge a été conduite.

2.2.2 Séparation des groupes d'âge chez certaines espèces.

Certaines espèces colonisent les espaces estuariens de manières différentes en fonction de leur âge. C'est le cas par exemple du bar (*Dicentrarchus labrax*) dont les individus nés dans l'année (« individus du groupe 0 », ou « groupes 0 ») se tiennent quasi uniquement dans les parties les plus amont, les moins profondes et les plus dessalées des estuaires (Le Goff et al 2017), alors qu'en grandissant, ils colonisent les espaces plus profonds et plus aval de l'estuaire, jusqu'à ne plus être inféodés à leur nourricerie estuarienne à partir de la fin du groupe 3 (individus nés au cours de l'année N-3) en général, en gagnant les zones côtières alentours, et des secteurs plus au large en hiver. Ces individus, bien que de la même espèce, n'utilisent donc pas l'espace estuarien de la même manière selon leur groupe d'âge, et leurs habitats différent. Leurs zones de fortes abondances d'une part, et d'absence d'autre part, sont différentes selon leur âge, et ces différents groupes d'âge méritent donc d'être traités comme s'il s'agissait d'espèces différentes si l'on veut produire des indices d'abondance robustes, et bien identifier les secteurs de nourricerie.

La détermination de l'âge chez les poissons est, sous nos latitudes et pour un grand nombre d'espèces, réalisable par analyses des écailles ou des otolithes (dénombrement de stries de croissance), mais il s'agit d'analyses souvent longues et couteuses, qui ne peuvent de ce fait être envisagées pour toutes les espèces en routine. Dans le cadre du présent projet, seuls les juvéniles de bars ont fait l'objet de telles analyses au sein du pôle de sclérochronologie du laboratoire Ifremer de Boulogne sur mer : des écailles ont été prélevées sur 5 individus par classe de taille de 1 cm, pour des tailles allant jusqu'à 40 cm.

Il est également possible d'attribuer des âges aux individus capturés par séparation en cohortes à partir des données de taille de capture. Pour quelques espèces autres que le bar, mais d'intérêt majeur (car sous gestion et/ou dont les groupes d'âge utilisent des habitats différents), nous avons produit un référentiel « à dire d'expert » en nous basant sur les distributions des tailles de capture et sur les courbes de croissance, et ce pour chacun des estuaires. Enen fonction de la taille des individus, ce référentiel fournit donc la probabilité qu'ils appartiennent à un groupe d'âge donné. Ces référentiels ne sont valides que :

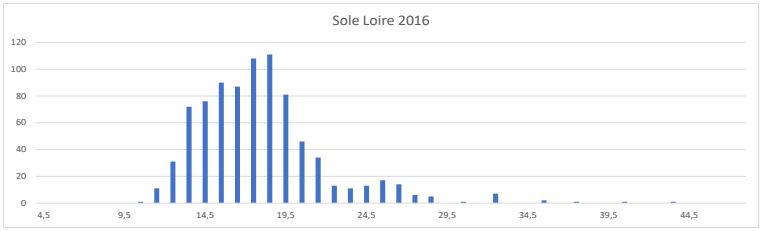
- pour une zone donnée (l'estuaire où ont été capturés les individus mesurés),
- pour une année donnée (car il peut y avoir des différences de croissance d'une année sur l'autre),
- et pour une période précise (la date de la campagne annuelle).

Les deux exemples ci-dessous (Tableau 1 et Tableau 2) montrent, à titre d'illustration, les référentiels retenus pour la sole commune (*Solea solea*) en estuaire de Loire pour les campagnes de 2016 à 2021, et pour le bar européen (*Dicentrarchus labrax*) en estuaire de Seine entre 2017 et 2021. Ces référentiels ont été développés à partir des données collectées lors des campagnes correspondantes. Les référentiels annuels, arrêtés pour chacun des 3 sites, et utilisés pour la présente synthèse, sont donnés en annexe 2.

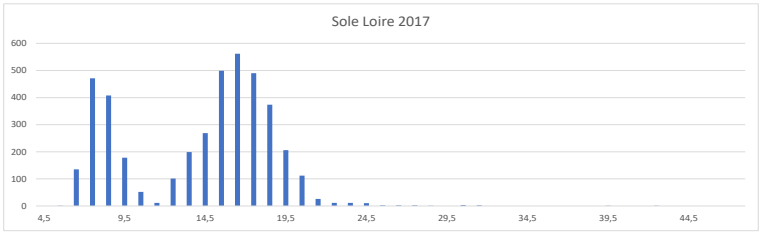
Ces premiers référentiels seront maintenus, soit en se basant sur des analyses de pièces calcifiées, et/ou soit « à dire d'expert », et/ou soit en utilisant des méthodes automatisées reposant sur les distributions de tailles (Cf. par ex. Batts et al, 2019) si elles donnent satisfaction.

Tableau 1 : séparation, « à dire d'expert » des groupes d'âge des soles communes (Solea solea) en fonction de leur taille en estuaire de Loire. Les distributions de tailles sont celles observées à l'occasion des campagnes menées fin juin-début juillet en estuaire de Loire entre 2016 et 2021.Cette séparation s'exprime par la probabilité pour un individu d'appartenir à un groupe d'âge en fonction de sa taille. Les probabilités sont établies par examen des distributions de tailles (de l'année, et par analogie avec les distributions de tailles des années précédentes). Elles ne sont valables que pour cet estuaire, et pour les périodes d'échantillonnage. Elles seront revues chaque année en fonction des tailles mesurées lors des campagnes réalisées au cours des années N-1.

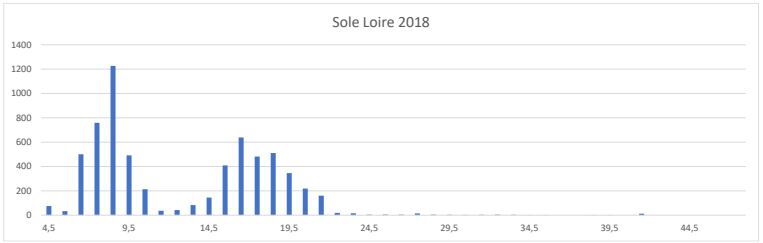
Loire 2016	Taille (cm)	Groupe	Pourcentage
Solea solea	[0,10)	G0	1
Solea solea	[10,20)	G1	1
Solea solea	[20,21)	G1	0,9
Solea solea	[20,21)	G2+	0,1
Solea solea	[21,22)	G1	0,5
Solea solea	[21,22)	G2+	0,5
Solea solea	[22,23)	G1	0,2
Solea solea	[22,23)	G2+	0,8
Solea solea	[23,Inf)	G2+	1



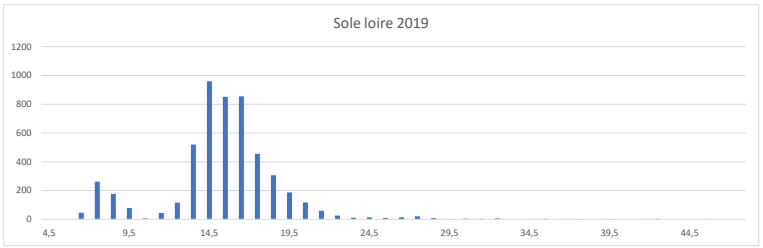
Loire 2017	Taille (cm)	Groupe	Pourcentage
Solea solea	[0,11)	G0	1
Solea solea	[11,20)	G1	1
Solea solea	[20,21)	G1	0,9
Solea solea	[20,21)	G2+	0,1
Solea solea	[21,22)	G1	0,5
Solea solea	[21,22)	G2+	0,5
Solea solea	[22,23)	G1	0,2
Solea solea	[22,23)	G2+	0,8
Solea solea	[23,Inf)	G2+	1



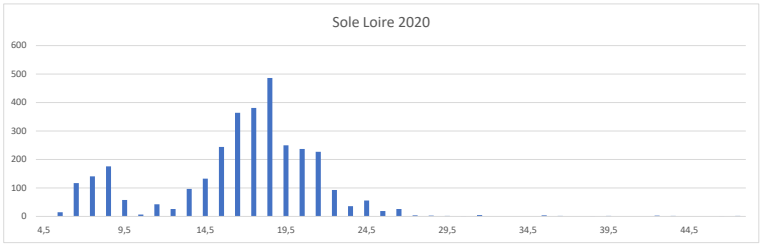
Loire 2018	Taille (cm)	Groupe	Pourcentage
Solea solea	[0,11)	G0	1
Solea solea	[11,23)	G1	1
Solea solea	[23,Inf)	G2+	1



Loire 2019	Taille (cm)	Groupe	Pourcentage
Solea solea	[0,11)	G0	1
Solea solea	[11,23)	G1	1
Solea solea	[23,Inf)	G2+	1



Loire 2020	Taille (cm)	Groupe	Pourcentage
Solea solea	[0,11)	G0	1
Solea solea	[11,22)	G1	1
Solea solea	[22,Inf)	G2+	1



Loire 2021	Taille (cm)	Groupe	Pourcentage
Solea solea	[0,10)	G0	1
Solea solea	[10,21)	G1	1
Solea solea	[21,22)	G1	0,9
Solea solea	[21,22)	G2	0,1
Solea solea	[22,23)	G1	0,5
Solea solea	[22,23)	G2+	0,5
Solea solea	[23,24)	G1	0,1
Solea solea	[23,24)	G2	0,9
Solea solea	[24,Inf)	G2+	1

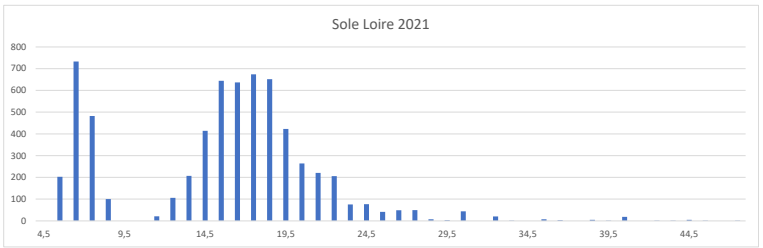
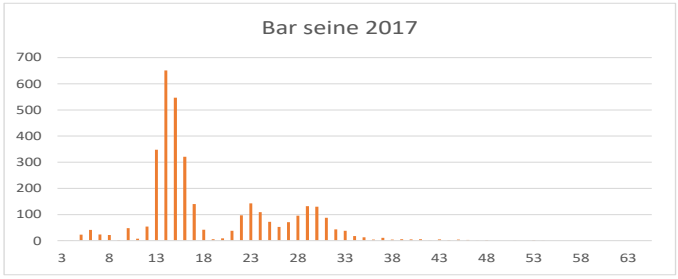
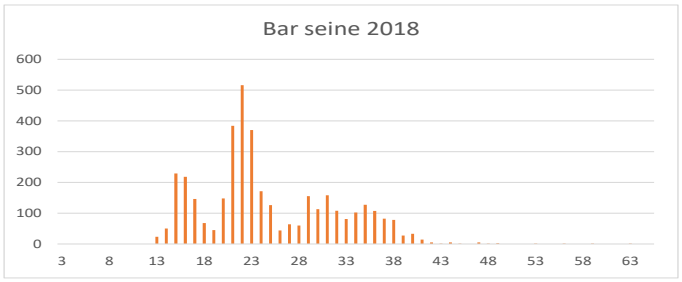


Tableau 2 : séparation, « à dire d'expert » des groupes d'âge des bars européens (Dicentrarchus labrax) en fonction de leur taille en estuaire de Seine. Les distributions de tailles sont celles observées à l'occasion des campagnes menées fin juillet-début août en estuaire de Seine entre 2017 et 2021.Cette séparation est réalisée par analyses des distributions de tailles complétées par des lectures des stries annuelles d'accroissement sur les écailles d'un échantillon de 5 individus par classe de 1 cm de longueur. Elle s'exprime par la probabilité pour un individu d'appartenir à un groupe d'âge en fonction de sa taille. Les probabilités ne sont valables que pour cet estuaire, et pour les périodes d'échantillonnage. Elles seront revues chaque année.

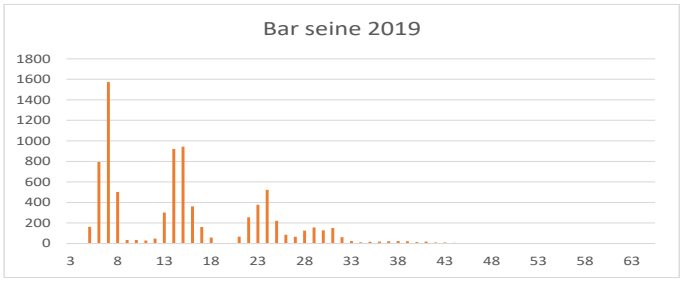
Seine 2017	Taille (cm)	Groupe	Pourcentage
Dicentrarchus labrax	[0,11)	G0	1
Dicentrarchus labrax	[11,12)	G0	0,5
Dicentrarchus labrax	[11,12)	G1	0,5
Dicentrarchus labrax	[12,20)	G1	1
Dicentrarchus labrax	[20,21)	G1	0,5
Dicentrarchus labrax	[20,21)	G2	0,5
Dicentrarchus labrax	[21,26)	G2	1
Dicentrarchus labrax	[26,27)	G2	0,75
Dicentrarchus labrax	[26,27)	G3+	0,25
Dicentrarchus labrax	[27,28)	G2	0,5
Dicentrarchus labrax	[27,28)	G3+	0,5
Dicentrarchus labrax	[28,29)	G2	0,25
Dicentrarchus labrax	[28,29)	G3+	0,75
Dicentrarchus labrax	[29,Inf)	G3+	1



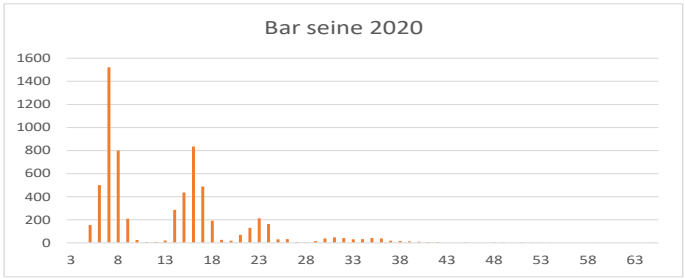
Seine 2018	Taille (cm)	Groupe	Pourcentage
Dicentrarchus labrax	[0,11)	G0	1
Dicentrarchus labrax	[11,12)	G0	0,5
Dicentrarchus labrax	[11,12)	G1	0,5
Dicentrarchus labrax	[12,20)	G1	1
Dicentrarchus labrax	[20,21)	G1	0,5
Dicentrarchus labrax	[20,21)	G2	0,5
Dicentrarchus labrax	[21,26)	G2	1
Dicentrarchus labrax	[26,27)	G2	0,75
Dicentrarchus labrax	[26,27)	G3+	0,25
Dicentrarchus labrax	[27,28)	G2	0,5
Dicentrarchus labrax	[27,28)	G3+	0,5
Dicentrarchus labrax	[28,29)	G2	0,25
Dicentrarchus labrax	[28,29)	G3+	0,75
Dicentrarchus labrax	[29,Inf)	G3+	1



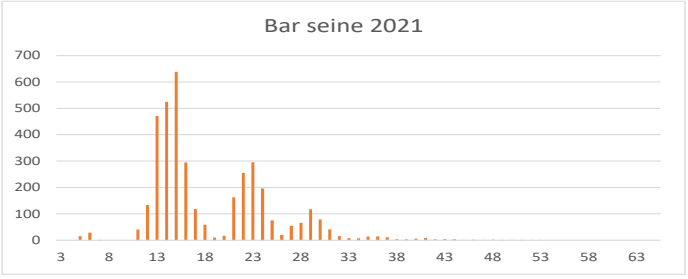
Seine 2019	Taille (cm)	Groupe	Pourcentage
Dicentrarchus labrax	[0,12)	G0	1
Dicentrarchus labrax	[12,13)	G0	0,5
Dicentrarchus labrax	[12,13)	G1	0,5
Dicentrarchus labrax	[13,20)	G1	1
Dicentrarchus labrax	[20,21)	G1	0,5
Dicentrarchus labrax	[20,21)	G2	0,5
Dicentrarchus labrax	[21,26)	G2	1
Dicentrarchus labrax	[26,27)	G2	0,75
Dicentrarchus labrax	[26,27)	G3+	0,25
Dicentrarchus labrax	[27,28)	G2	0,5
Dicentrarchus labrax	[27,28)	G3+	0,5
Dicentrarchus labrax	[28,29)	G2	0,25
Dicentrarchus labrax	[28,29)	G3+	0,75
Dicentrarchus labrax	[29,Inf)	G3+	1



Seine 2020	Taille (cm)	Groupe	Pourcentage
Dicentrarchus labrax	[0,11)	G0	1
Dicentrarchus labrax	[11,19)	G1	1
Dicentrarchus labrax	[19,25)	G2	1
Dicentrarchus labrax	[25,26)	G2	0,5
Dicentrarchus labrax	[25,26)	G3+	0,5
Dicentrarchus labrax	[26,27)	G2	0,1
Dicentrarchus labrax	[26,27)	G3+	0,9
Dicentrarchus labrax	[27,Inf)	G3+	1



Seine 2021	Taille (cm)	Groupe	Pourcentage
Dicentrarchus labrax	[0,11)	G0	1
Dicentrarchus labrax	[11,19)	G1	1
Dicentrarchus labrax	[19,25)	G2	1
Dicentrarchus labrax	[25,26)	G2	0,5
Dicentrarchus labrax	[25,26)	G3+	0,5
Dicentrarchus labrax	[26,27)	G2	0,1
Dicentrarchus labrax	[26,27)	G3+	0,9
Dicentrarchus labrax	[27,Inf)	G3+	1



2.2.3 Présentation succincte du script RSUFI

RSUFI est un package R, développé par l'Ifremer depuis le début des années 2000, et qui permet de calculer un ensemble d'indices d'abondance, spécifiques (pour chacune des espèces traitées séparément) ou « de communauté », c'est-à-dire globalement, toutes les espèces cumulées.

2.2.3.1 Stratification des espaces échantillonnés

RSUFI repose sur une stratification des domaines échantillonnés (Figure 2). Cette stratification est réalisée « à dire d'expert », notamment à partir de la bathymétrie et des zones de dessalure des eaux, et une fois pour toutes. Les premières campagnes « NourDem-Bargip » ayant été conduites dans le but de produire des indices d'abondance en juvéniles de bar européen, les trois domaines ont également été stratifiés en se basant sur les abondances constatées des différents groupes d'âge de cette espèce. Ce sont ces stratifications, établies à l'issue de la première campagne menée sur chaque domaine, qui ont été conservées et sont utilisées depuis par RSUFI.

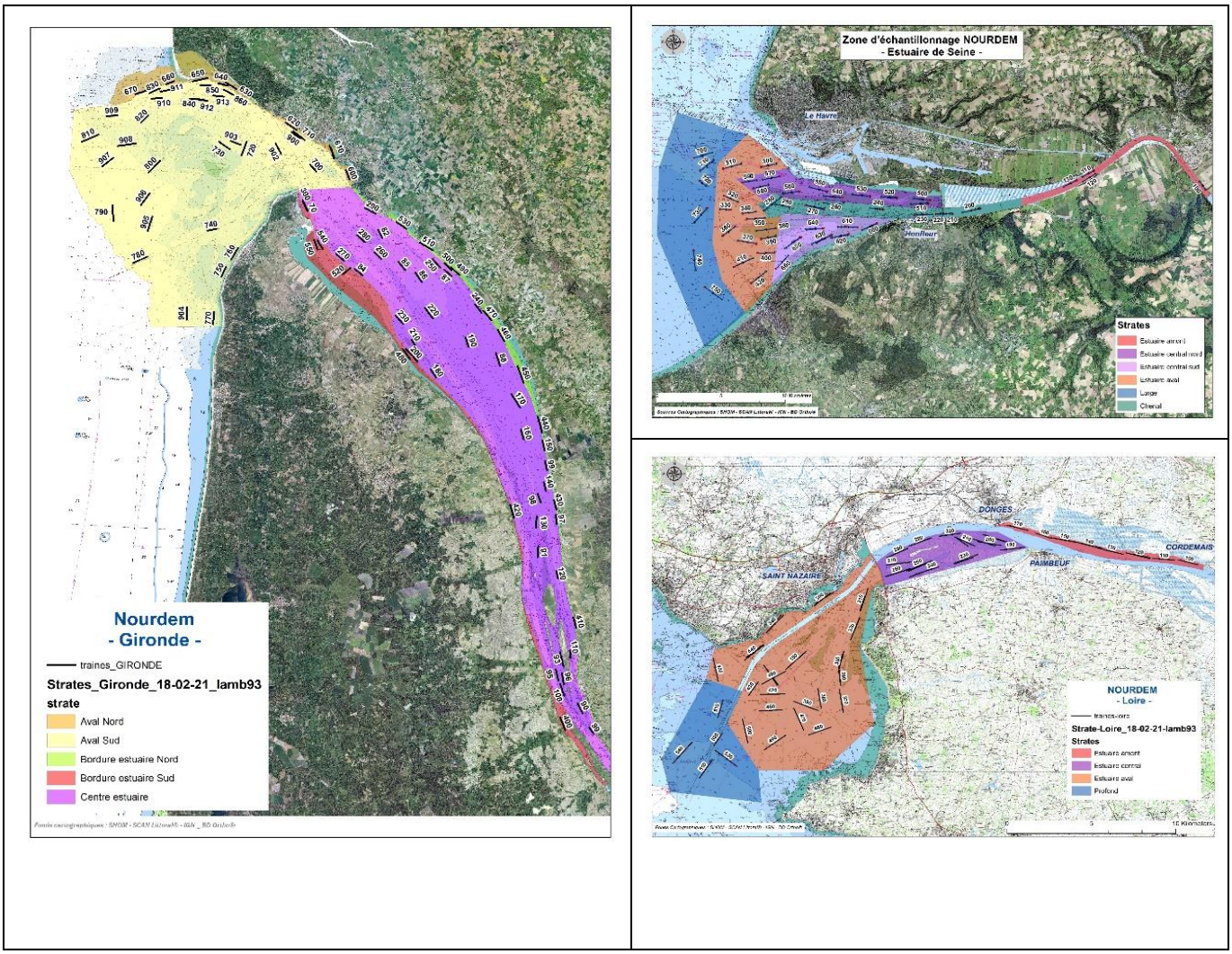


Figure 2 : stratification des estuaires de la Gironde, de la Seine et de la Loire réalisées dans le cadre des projets Bargip et NourDem en fonction des abondances relatives en juvéniles de bar européen Dicentrarchus labrax *constatées à l'occasion de la première cam**pagne réalisée sur chacun des domaines**. Ces partitions des domaines, et les regroupements des traits en différentes strates, sont figés depuis cette première campagne, et sont utilisés chaque année par le script RSUFI.*

2.2.3.2 Les indices spécifiques (« de population ») produits par RSUFI

Les indices retenus pour être produits via RSUFI ont été sélectionnés du fait de leur aptitude à renseigner sur l'impact de la pêche, en vue de leur intégration dans des tableaux de bord d'indicateurs d'évolution des abondances d'espèces au sein d'écosystèmes exploités par la pêche (Rochet & Trenkel 2003; Trenkel & Rochet 2003; Rochet *et al.* 2005).

Pour toutes les espèces échantillonnées, RSUFI permet notamment de produire un **indice de l'abondance totale de chacune des espèces présentes dans la zone échantillonnée** (nombre total d'individus estimé), **un indice de la biomasse spécifique totale** (en kg) et **le poids moyen des individus de chaque espèce** (en kg).

Ainsi qu'indiqué précédemment, une étape préalable de séparation des individus en différentes classes d'âge a été conduite pour les espèces principales.

2.2.3.3 Les indices de communauté produits par RSUFI

Le script RSUFI permet également de s'intéresser à la macro-zoocœnose (biocœnose animale) dans sa globalité, présente au sein du domaine échantillonné, en produisant nombre d'indices « de communauté » (toutes les espèces étant cumulées), dont les 7 suivants qui nous intéressent directement :

Abondance totale dans la zone : estimation du nombre total de tous les poissons et grands invertébrés de la zone (RSUFI permet également de distinguer les abondances globales des « poissons », des « céphalopodes », des « crustacés »…).

Biomasse totale dans la zone : estimation de la biomasse totale (kg) de tous les poissons et grands invertébrés de la zone.

Indice de diversité Delta : cet indice de biodiversité exprime la probabilité que deux individus pris aléatoirement dans la communauté appartiennent à deux espèces différentes. Delta est sensible à la richesse spécifique et à l'équitabilité des abondances des espèces.

Taille moyenne au sein de la communauté : il s'agit de la taille moyenne (en cm) calculée à partir des mensurations de tous les poissons et grands invertébrés, toutes espèces cumulées, ou par grande « classe » d'espèces. Une taille moyenne qui augmente résulte soit d'une augmentation du nombre des grands individus, soit d'une diminution du nombre des petits. Les changements de taille moyenne du peuplement résultent donc à la fois des changements de taille moyenne au sein de chaque espèce et des abondances respectives des différentes espèces. 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 des individus : il s'agit du poids moyen (kg) de tous les poissons et grands invertébrés constituant la communauté. Les variations de cet indicateur reflètent soit des changements démographiques ou de croissance dans les espèces, soit des variations de la composition spécifique. Cet indicateur a tendance à suivre les fluctuations des espèces les plus abondantes.

Moyenne des poids moyens par espèce : il ne s'agit pas du poids moyen de l'ensemble des individus (c'est l'indicateur précédent), mais de la moyenne des poids moyens obtenus pour chacune des espèces. Les variations de cet indicateur reflètent soit des changements démographiques ou de croissance dans les espèces, soit des variations de la composition spécifique. Cet indicateur a tendance à suivre les fluctuations de la plupart des espèces et pas uniquement celles des espèces dominantes.

Proportions d'individus dont la taille est > à 10, ou 15… cm : ces indicateurs permettent de vérifier si, globalement, les tailles moyennes au sein du peuplement (ou par grandes « classes » d'espèces, du type « poissons et agnathes », « crustacés », « échinodermes » …) sont stables ou évoluent, et dans quel sens.

Le détail des formules de calcul utilisées par le script RSUFI pour la production des deux types d'indicateurs est téléchargeable sur le site Web du SIH à l'adresse suivante :

http://www.ifremer.fr/SIH-indices-campagnes/

Il faut retenir que les indicateurs produits sont estimés en respectant un plan d'échantillonnage stratifié, et qu'en raison des limites dudit plan, ainsi que des méthodes d'échantillonnage, **les campagnes ne permettent pas d'estimer l'abondance et la biomasse exactes** des populations dans les zones échantillonnées. **Les campagnes, et les traitements des données produites, quels qu'ils soient, permettent uniquement de produire des indices d'abondance.** Les résultats obtenus doivent donc être considérés comme des **valeurs relatives,** permettant de **décrire des tendances** (comparaisons d'une année par rapport aux précédentes), et ce, à condition que le plan et la méthode d'échantillonnage appliqués soient strictement identiques tout au long de la série d'échantillonnage, i.e. campagnes après campagnes.

2.2.4 Développement du script RSTRATI

L'outil de post-stratification spécifique automatisée, développé au cours du présent projet, et dénommé « RSTRATI », est un script « R » qui a pour but de calculer les indices d'abondance spécifique (éventuellement par groupe d'âge pour les espèces dont les habitats évoluent avec l'âge ; Cf. § 2.2.2) et leurs écarts-types associés, en post-stratifiant de manière automatique l'ensemble du domaine échantillonné à l'issue d'une campagne. La stratification n'est donc plus fixe comme c'est le cas avec RSUFI, mais s'adapte chaque année, et pour chaque espèce (ou groupe d'âge de l'espèce), aux captures réalisées.

Le principe consiste à regrouper les stations de chalutage au sein de strates « homogènes », cette homogénéité étant basée sur la similarité des abondances observées en chaque trait. Un critère de cohérence spatiale est également intégré au processus de construction de la stratification de façon à ne regrouper au sein d'une strate que des traits se jouxtant.

Les grandes étapes permettant cette post-stratification spécifique automatisée sont les suivantes :

- Partitionnement des domaines autour des stations de chalutage,
- Définition des relations de voisinage entre stations,
- Construction de la stratification par clustering avec contraintes spatiales,
- Estimation stratifiée des indices d'abondance.

2.2.4.1 Partitionnement du domaine autour des stations de chalutage.

Dans l'objectif d'établir une stratification de chacun des estuaires (chaque strate comprenant plusieurs opérations de chalutage), puis de calculer ensuite les abondances au sein de chaque strate, un premier partitionnement doit être effectué. Ce partitionnement permet de découper les domaines en petites zones élémentaires, chacune contenant une station de chalutage[7] .

Pour établir ce partitionnement, des « **polygones de Voronoï** » sont construits de manière à englober chaque station. Ces objets, issus de la géométrie algorithmique (Chassery and Melkemi, 1991), permettent de répondre naturellement à la question : « pour chaque point d'un ensemble, quel est l'ensemble des points dans l'espace qui sont plus proches de ce point que de n'importe quel autre point ? ». Ces polygones de Voronoï sont donc parfaitement adaptés à notre objectif de partitionnement de l'ensemble des domaines échantillonnés en sous-espaces élémentaires correspondants chacun à une station/traine.

Chaque trait (opération de pêche) est transformé en un objet géométrique (objet « linestring ») à partir de ses positions de début (qui correspond au blocage du frein de treuil en fin de filage du chalut) et de fin (embrayage du treuil pour débuter le relevage du chalut). Ce sont ces objets géométrisés qui sont utilisés pour créer les polygones de Voronoï. Lorsque les traits sont doublés au sein d'une station, une enveloppe concave (« concave hull ») englobant les deux traits est créée. La Figure 3 ci-dessous illustre ce cas de traits doublés.

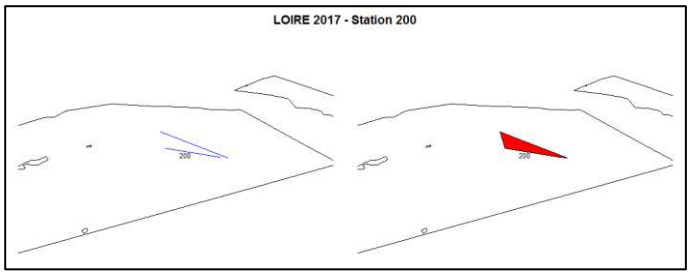


Figure 3** : Création d'une enveloppe concave autour de traits doublés **: exemple de la station 200 (traits 201 et 202) de la campagne Loire 2017.

7 Nous emploierons parfois aussi le terme « traine » pour désigner une station de chalutage, et le terme « trait » pour désigner chaque opération de chalutage au sein d'une station ; dans le cadre de NourDem, il est commun que nous réalisions 2 traits, à 2-3 jours d'intervalle, sur chacune des traines/stations.

Des exemples de partitionnement des zones d'étude par polygones de Voronoï sont donnés ci-dessous, pour les campagnes NourDem 2020 en Gironde, Seine et Loire (Figure 4).

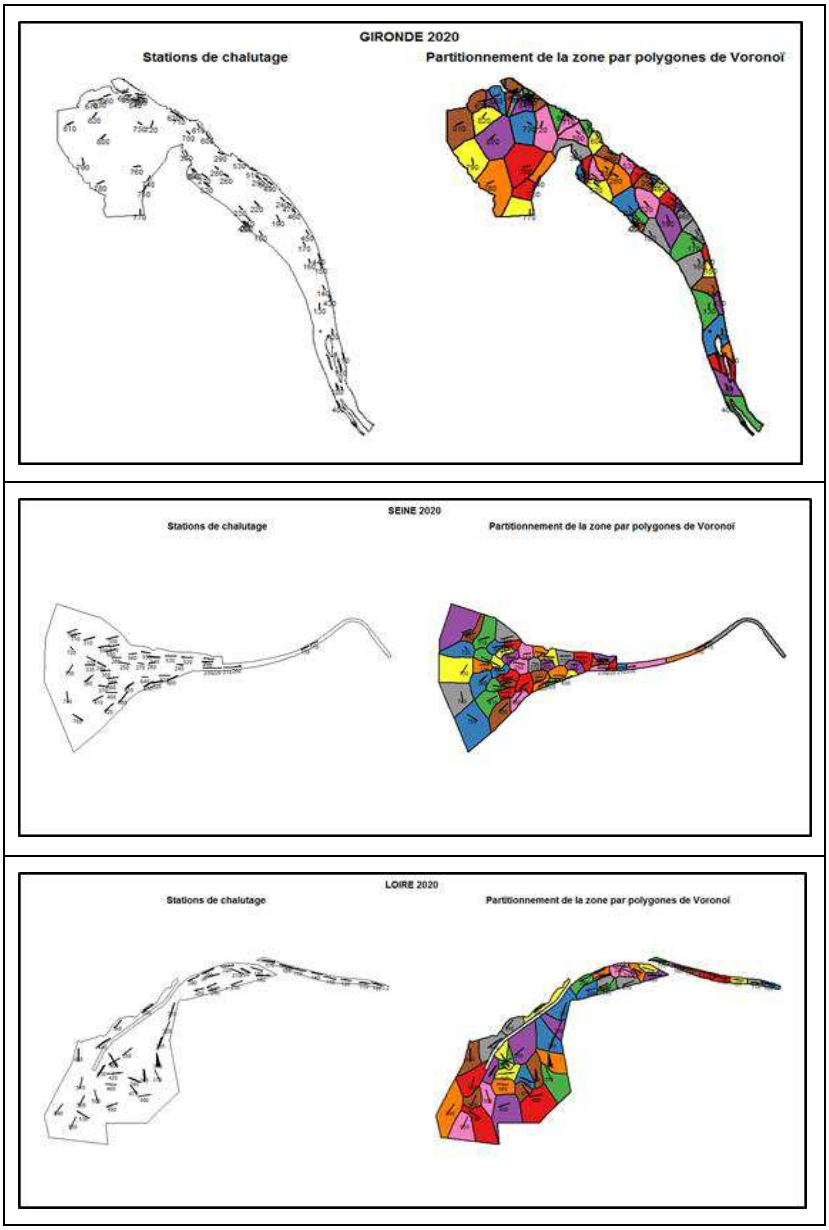


Figure 4 : positionnement des stations de chalutage (cartes de gauche) lors des campagnes NourDem Gironde 2020 (haut), Seine 2020 (centre) et Loire 2020 (bas), et partition des domaines par polygones de Voronoï (cartes de droite). La surface de chacune des aires élémentaires ainsi déterminées est prise en compte pour le calcul des abondances totales via le script RSTRATI. Ces partitions sont revues chaque années.

Il faut noter que ces partitionnements sont donc réalisés chaque année, et non pas une fois pour toutes comme dans le cas de RSUFI, de façon à bien prendre en compte les traits effectivement réalisés. De ce fait, même si nous essayons de conduire nos campagnes à l'identique d'une année sur l'autre, la moindre modification de positionnement d'un filage ou d'un virage, et plus encore l'impossibilité de réaliser un trait une année, amènent à des partitionnements quelque peu différents des domaines, mais prenant bien en compte la réalité des échantillonnages réalisés.

2.2.4.2 Relations de voisinage entre stations

Afin de pouvoir intégrer des contraintes spatiales au moment de générer les stratifications, le package « **R spdep** » a été utilisé, permettant de produire neuf graphiques de synthèse des relations potentielles de voisinage entre stations. Les relations de voisinage testées sont : la triangulation de Delauney, le graphique de Gabriel, les graphiques des voisins relatifs, les graphiques des sphères d'influence, les graphiques de la contiguïté de Queen et les graphiques des *k*-plus proches voisins (avec *k* variant entre 2 et 5).

Des analyses visuelles (les graphiques obtenus pour la campagne Loire 2018 sont donnés ci-dessous à titre d'exemple ; Figure 5) sur les trois sites ont permis de conclure que ce sont le graphique de Gabriel et les graphiques des 3 ou 4 plus proches voisins qui permettent d'obtenir les liaisons géographiques entre stations (« relations de voisinage ») apparaissant comme les plus équilibrées.

Matula and Sokal, 1980, ayant décrit le graphique de Gabriel comme une grille naturelle efficace pour analyser des variations géographiques en biologie, nous avons décidé de le retenir également pour la suite du développement du script RSTRATI (ce qui permet en outre de s'affranchir du choix du paramètre *k* qu'il faut fixer quand on utilise les graphiques des *k*-plus proches voisins).

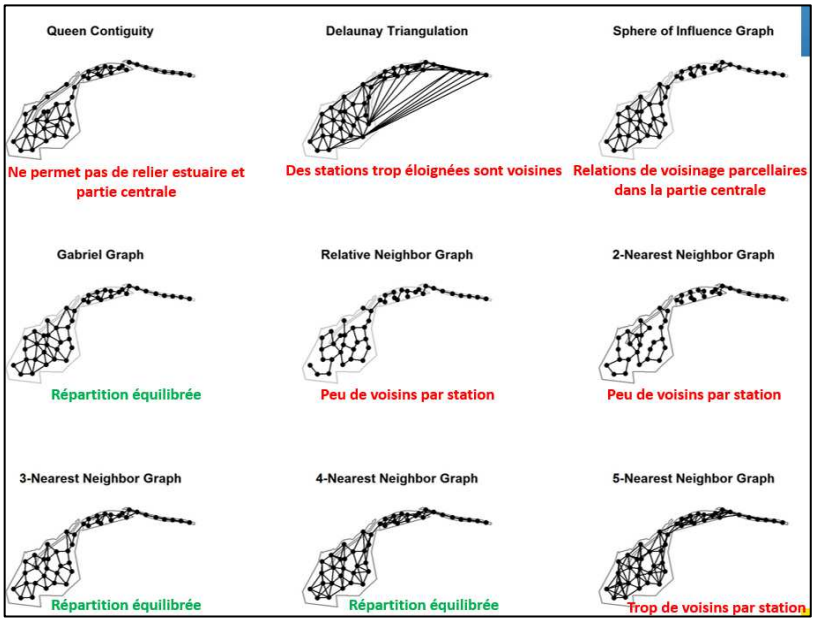


Figure 5 : les différents graphiques implémentés au moyen du script** R-Spdep **afin de définir les relations de voisinage entre stations de chalutage** lors de la campagne Loire 2018 (présentés ici à titre d'exemple)**. Les graphiques représentant le mieux la proximité géographique entre les stations de chalutage sont le graphique de Gabriel (retenu au final) et les graphiques des 3 et 4 plus proches voisins.

2.2.4.3 Construction de la stratification

Clustering avec contraintes spatiales

Pour chaque espèce (ou espèce × groupe d'âge), les stations sont regroupées dans des strates (ou « clusters ») statistiquement homogènes d'un point de vue des abondances observées, et « spatialement cohérentes » : des contraintes spatiales sont en effet intégrées durant cette phase de regroupement, tout regroupement de stations non voisines étant fortement pénalisé. Ceci permet d'obtenir au final une post-stratification « spatialement cohérente », i.e. dont les strates sont toutes composées de stations contiguës. Chavent et al. (2020) ont développé un package « **R-ClustGeo** », spécialement conçu à cet effet. Le principe est d'implémenter une classification ascendante hiérarchique par la méthode de Ward en intégrant simultanément des contraintes spatiales. Cet algorithme requiert notamment 4 éléments en entrée :

- Une matrice D_0 des distances euclidiennes entre stations, calculées à partir des abondances de l'espèce/groupe d'âge de l'espèce, observées en chaque station. Pour calculer l'abondance observée dans une station, les notations suivantes sont utilisées :
  - Soit n_i le nombre de traits effectués dans la station *i*.
  - Au cours du trait i_t, où $i_t = 1, \dots, n_i$, soient A_{i_t} la surface chalutée (en km²) et N_{i_t} le nombre d'individus observés pour l'espèce × groupe d'âge considéré.

  L'abondance observée dans la station i (exprimée en nombre d'individus par km²) est alors donnée par $\gamma_i = \frac{\sum_{i_t=1}^{n_i} N_{i_t}}{\sum_{i_t=1}^{n_i} A_{i_t}}$. Ainsi, dans le cas de stations avec des traits doublés, les abondances sont moyennées pour n'avoir qu'une seule valeur par station avant de calculer la matrice D_0.
- Une matrice D_1 des relations de voisinage entre stations, issue du graphique de Gabriel (Cf. étape précédente), et prenant la valeur 1 si deux stations sont voisines et 0 sinon. Ceci permet d'intégrer la contrainte spatiale de contiguïté obligatoire (un trait ne peut appartenir à une strate que s'il jouxte au moins un des autres traits de la strate).
- Un paramètre α, dont la valeur est comprise entre 0 et 1, qui représente l'importance des contraintes spatiales durant le clustering. Quand α = 0, seule la matrice D_0 est considérée dans le clustering, et les strates obtenues proviennent uniquement de la similarité entre les abondances des stations, sans aucune prise en compte de la proximité spatiale desdites stations. A l'inverse, quand α = 1, seule la matrice D_1 est considérée et les strates obtenues proviennent uniquement des distances géographiques entre stations, indépendamment de toute similarité statistique dans les abondances de capture. Onze valeurs distinctes sont systématiquement testées pour α, avec α = 0, 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5, 0.6, 0.7, 0.8, 0.9, et 1.
- Et le nombre maximal potentiel de strates (« clusters ») à tester (noté *H*). Ce nombre maximal a été fixé à 44 dans le cadre de la présente étude (Cf. annexe 5) de façon à être largement supérieur au nombre maximal de strates (partitionnements de l'espace) qu'a pu réellement atteindre le script (36) au cours du traitement de l'ensemble des données des 11 campagnes NourDem disponibles à la fin 2020 ; Cette valeur a volontairement été choisie élevée afin de ne jamais contraindre le script à l'avenir (car le nombre de traits par campagne restera globalement similaire à ce qu'il a été jusqu'à présent).

Consolidation des stratifications

Au total, il existe donc 44 × 11 = 484 combinaisons différentes (H, α) au maximum pour chacune des espèces (ou groupe d'âge x espèce). L'algorithme R-ClustGeo est lancé pour chacune de ces combinaisons, et, à des fins de robustesse, parmi toutes les stratifications potentielles, seules sont prises en compte celles qui répondent aux deux critères suivants :

- Imposition d'un nombre minimal de traits par strate : si une stratification ne contient pas au moins n traits observés dans chaque strate, elle est écartée. Ce paramètre « n » a fait l'objet d'une étude de sensibilité. Les valeurs de n = 1, 2, 3, 5, 7 et 9 ont été testées avec comme objectif de retenir les écarts-types associés aux indices d'abondance les plus faibles possible. L'étude réalisée (Cf. annexe 4) a montré que c'est pour les valeurs de n = 1 et n = 2 que les écarts-types les plus faibles (et identiques) ont été obtenus à partir des données des 11 campagnes NourDem disponibles fin 2020, et il a donc été décidé de retenir la valeur n = 2 dans le script.

- Vérification *a posteriori* de la cohérence spatiale des strates : si une stratification contient au moins une strate avec des stations non voisines, elle est écartée. Le fait d'utiliser R-ClustGeo, et notamment la possibilité de faire varier le paramètre α, garantit qu'il existe toujours des stratifications spatialement cohérentes.

2.2.4.4 Estimateur stratifié de l'indice d'abondance

Parmi les stratifications consolidées vérifiant les filtres précédents, l'indice d'abondance de l'espèce × groupe d'âge est calculé avec l'estimateur stratifié de Grosslein et Laurec (1982) :

- Soit H le nombre de strates.
- Dans la strate h = 1,…, H, soit $n_h = \sum_{i_h} n_{i_h}$ le nombre de traits effectués, où n_{i_h} est le nombre de traits effectués dans la station de chalutage i_h.
- Soit $A_h = \sum_{i_h} A_{i_h}$ la surface de la strate h, où A_{i_h} est la surface du polygone de Voronoï associé à la station i_h. La surface totale de la zone (du domaine) est $A = \sum_{h=1}^{H} A_h$.
- Au cours du trait $i_{h,t}$, où $i_{h,t} = 1, \dots, n_{i_h}$, soient $A_{i_{h,t}}$ la surface chalutée (en km²) et $N_{i_{h,t}}$ le nombre d'individus observés pour l'espèce × groupe d'âge considéré.
- Soit $\gamma_{i_{h,t}} = N_{i_{h,t}} / A_{i_{h,t}}$ l'abondance observée au cours du trait $i_{h,t}$ (nombre d'individus/km²).
- Soit $\gamma_h = \frac{\sum_{i_h} \sum_{i_{h,t}=1}^{n_{i_h}} \gamma_{i_{h,t}}}{n_h}$ la moyenne des abondances observées dans la strate h (nombre d'individus/km²) et soit s_h^2 la variance empirique de l'échantillon $\gamma_{i_{h,t}}$.
- L'indice d'abondance (nombre total d'individus) dans la zone est $N = \sum_{h=1}^{H} A_h \gamma_h$, et sa variance est $\mathbb{V}(N) = \sum_{h=1}^{H} A_h^2 s_h^2 / n_h$.
- Le coefficient de variation associé à cet indice d'abondance est $CV(N) = \sqrt{\sum_{h=1}^{H} A_h^2 s_h^2 / n_h} \,/ N$.

Ainsi, dans le cas de stations avec des traits doublés, contrairement à l'étape de construction de la matrice D_0 qui nécessitait une valeur unique par station pour calculer des distances, chaque trait est ici considéré comme une observation indépendante des autres. Ceci est cohérent avec l'analyse réalisée en 2018 par Cornou sur les données de la campagne Nourdem Loire (en Annexe 3) qui conclut que la variabilité est telle au sein de l'estuaire que les traits doublés peuvent tout à fait être considérés comme des variables indépendantes[8] .

8 Ceci est important car Cressie (1993) a montré que sans cette indépendance entre les traits, cette procédure de calcul amènerait à une sous-estimation de la variance de l'indice d'abondance. Et si dans le cas des estuaires, domaines

2.2.4.5 Quelques exemples d'application

Les résultats obtenus sur les espèces principales au cours des 11 campagnes NourDem menées à la fin 2020 sont présentés au Chapitre 5. Ceux obtenus sur les bars du groupe 2+ (i.e. nés l'année N-2 ; 2016 et avant dans le cas présent) en Loire en 2018, sur les crevettes grises en 2019 en Seine (tous âges cumulés), et sur les anchois en Gironde en 2020 (tous âges cumulés également) sont donnés ci-après en guise d'exemples, afin de présenter les types de résultats produits par le script RSTRATI.

Les bars européens (*Dicentrarchus labrax*) du groupe 2+ en Loire en 2018 : la Figure 6 illustre les 20 stratifications différentes « retenues » au total par le script RSTRATI et fournit les valeurs des indices d'abondance et des écarts-types correspondants. Il s'agit des stratifications « retenues » car pour chaque valeur de partition de l'espace (20 dans le cas présent), 11 stratifications différentes (paramètre α) sont testées, et seules celles qui correspondent aux écarts-types minimaux sont retenues dans un premier temps par le script (celles qui sont présentées ici), puis, dans un second temps, comparées entre elles afin de fournir comme résultat final la partition et la stratification produisant l'écart-type minimal associé à l'indice d'abondance.

Parmi les 20 partitions produites par le script, et par conséquent parmi les 20 x 11 = 220 stratifications testées, celle présentant l'écart-type minimal absolu est à retenir, et dans cet exemple, c'est pour une partition en 17 strates qu'il est obtenu. C'est donc ce résultat que le script retient : l'indice d'abondance, au seuil de 5% d'erreur, s'élève donc à 30 934 individus +/- 1,96 fois l'écart-type, soit 30 934 +/- 10 692 individus.

Le script s'est arrêté à la vingtième partition du domaine, et n'est donc pas allé jusqu'au maximum possible qui a été fixé à 44. Ceci s'explique par le fait qu'au-delà de 20 strates, les deux conditions impératives imposées, à savoir l'obligation que toute nouvelle strate contienne au moins deux traits, et l'impossibilité qu'une strate puisse être constituée de traits non contigus, n'ont pu être respectées.

L'autre constat est que les indices d'abondance produits présentent une variabilité conséquente au cours des trois premières partitions/stratifications, mais qu'ensuite, de la quatrième à la vingtième, l'indice d'abondance et son écart-type ne varient que peu, respectivement de 4,9% pour l'indice d'abondance (compris entre 30 931 et 32 435) et 11,3 % pour l'écart-type (compris entre 5455 et 6070). Ces variabilités peu importantes sont un gage de la robustesse des indicateurs produits.

extrêmement changeants, deux traits réalisés à 2-3 jours d'intervalle sur une même station peuvent donc être considérés comme indépendants, cela pourrait ne pas être le cas dans le cadre d'échantillonnages en mer ouverte.

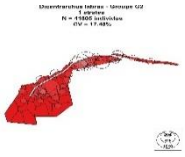
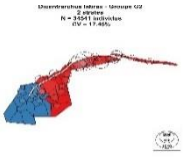
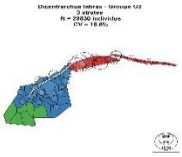
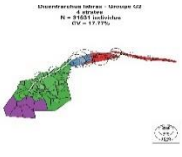
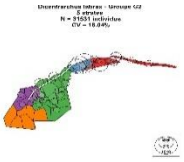
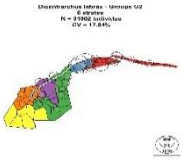
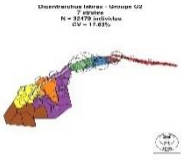
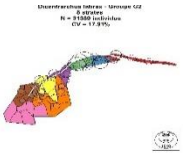
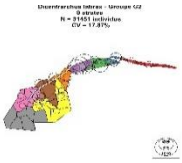
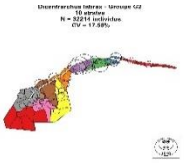
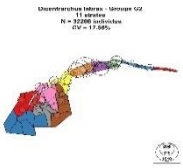
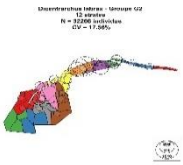
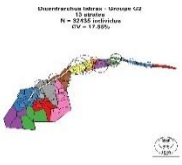
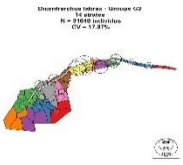
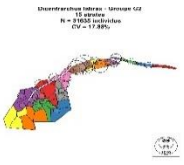
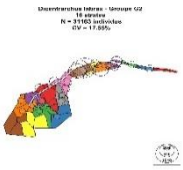
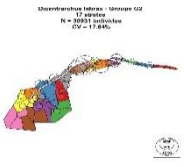
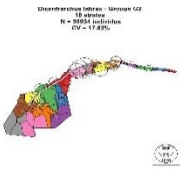
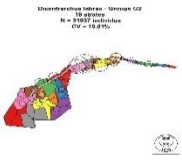
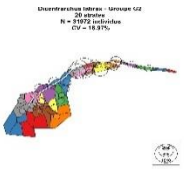
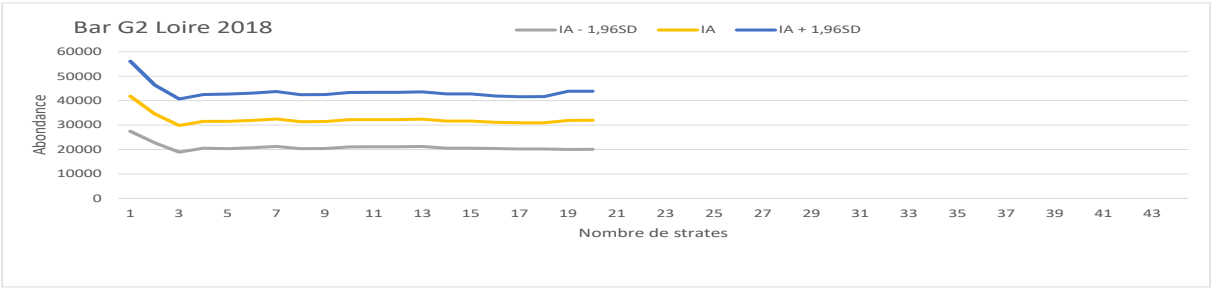
1 strate IA = 41 805 ; SD = 7 307	2 strates IA = 34 541 ; SD = 6 027	3 strates IA = 29 830 ; SD = 5 547	4 strates IA = 31 531 ; SD = 5 603	5 strates IA = 31 531 ; SD = 5 689
				
6 strates IA = 31 902 ; SD = 5 690	7 strates IA = 32 479 ; SD = 5 725	8 strates IA = 31 389 ; SD = 5 622	9 strates IA = 31 451 ; SD = 5 619	10 strates IA = 32 214 ; SD = 5 665
				
11 strates IA = 32 266 ; SD = 5 665	12 strates IA = 32 266 ; SD = 5 665	13 strates IA = 32 435 ; SD = 5 691	14 strates IA = 31 649 ; SD = 5 657	15 strates IA = 31 635 ; SD = 5 657
				
16 strates IA = 31 163 ; SD = 5 470	**17 strates** **IA = 30 931 ; SD = 5 455**	18 strates IA = 30 934 ; SD = 5 455	19 strates IA = 31 937 ; SD = 6 070	20 strates IA = 31 972 SD = 6 066
				
				

Figure 6 : indices** d'abondance (IA) et écart-**types (SD) obtenus pour les bars européens (Dicentrarchus labrax) du groupe 2+ en** estuaire de Loire à l'occasion de la campagne NourDem 2018 au cours des stratifications successives produites par le script RSTRATI. Le script ne produit que 20 stratifications différentes (sur les 44 potentielles au maximum), et l'écart-**type minimal est obtenu pour un découpage du domaine en 17 strates.

Les crevettes grises (*Crangon crangon*) en Seine en 2019 : de manière similaire, et toujours à titre d'exemple, la Figure 7 montre l'évolution des partitions/stratifications pour les crevettes grises lors de la campagne NourDem Seine 2019.

Le premier constat est que le script ne peut fournir de résultat pour des partitions du domaine au-delà de 26 strates car les critères « 2 traits au minimum par strate » ou « contiguïté des traits au sein d'une strate » ne peuvent plus être satisfaits.

Parmi les 26 stratifications « retenues » au départ, il apparaît que c'est pour un découpage du domaine en 25 strates que l'écart-type minimal est obtenu. Ce sont donc cette stratification, et les valeurs d'indices d'abondance et d'écart-type que retient le script (IA = 7 961 647 +/- 2 329 095 individus au seuil de 5% d'erreur ; CV = 14,9%).

Il faut également noter que lors des 12 premières partitions/stratifications, indices d'abondance et écarts-types apparaissent beaucoup plus fluctuants que pour les 13 suivantes, pour lesquelles les valeurs sont « stabilisées ».

Les anchois (*Engraulis encrasicolus*) en Gironde en 2020 : le dernier exemple porte sur l'évolution des stratifications optimales pour les anchois lors de la campagne Gironde 2020 (Figure 8). Dans cet exemple, le script ne fournit pas de réponse pour des valeurs au-delà de 25 strates car aucune stratification du domaine n'arrive à satisfaire aux deux critères impératifs (2 traits par strate au minimum, et traits se jouxtant obligatoirement au sein d'une strate). Parmi l'ensemble des stratifications possibles, celle présentant l'écart-type le plus faible correspond à un découpage du domaine en 20 strates et l'indice d'abondance à retenir s'élève donc à 6 804 409 +/- 1 649 558 individus (au seuil de 5% d'erreur ; CV = 12,4%).

Comme dans les exemples précédents, l'indice d'abondance et son écart-type ne présentent que de très faibles variations sur la majeure partie du nombre de partitions/strates testées : ici, hormis pour une strate d'une part, et pour 25 strates d'autre part, l'indice d'abondance et l'écart-type ne varient respectivement, au maximum, qu'entre 6 978 279 et 6 803 802 (écart de 174 477 individus, soit 2,6%) et entre 864 344 et 840 611 (écart de 23 733, soit 2.8%). Cette « stabilisation » des indices d'abondance et de leurs écart-types sur une large plage de nombres de strates est un indicateur de leur robustesse.

Les résultats obtenus pour l'ensemble des espèces principales sont présentés au chapitre 3, et comparés avec ceux obtenus au moyen du script RSUFI.

Tout comme avec le script RSUFI, il faut bien retenir qu'en raison des biais inévitables générés tout au long du processus de capture, puis d'acquisition et de traitement des données, les indicateurs produits au moyen de la chaine RSTRATI ne doivent pas être considérés comme des valeurs exactes. **Les campagnes halieutiques, et les traitements des données produites, quels qu'ils soient, permettent uniquement de produire des indices d'abondance.** Les résultats obtenus ne sont que des **valeurs relatives** permettant de **décrire des tendances** (comparaisons d'une année par rapports aux précédentes), et ce à condition que le plan et la méthode d'échantillonnage appliqués soient strictement identiques tout au long de la série d'échantillonnage, i.e. campagnes après campagnes.

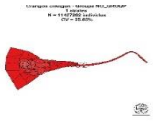
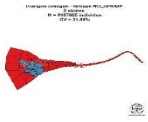
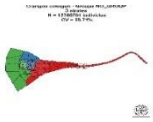
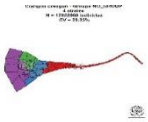
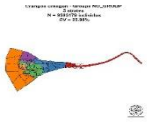
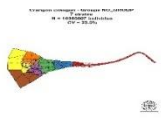
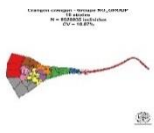
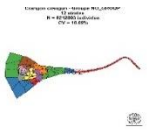
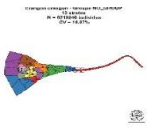
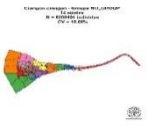
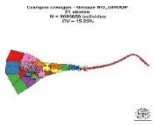
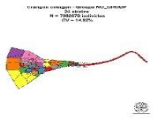
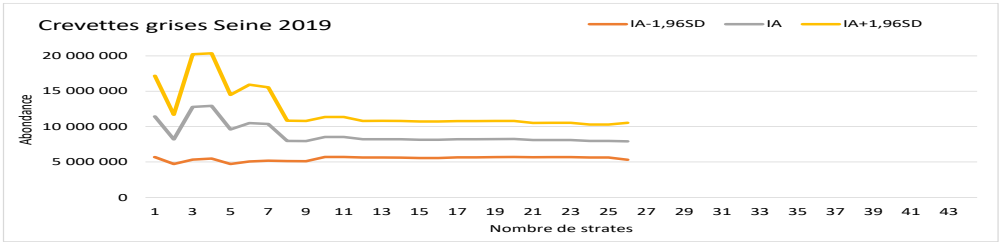
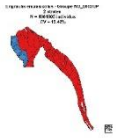
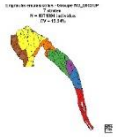
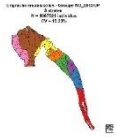
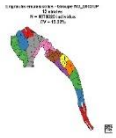
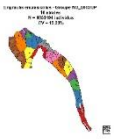
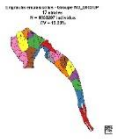
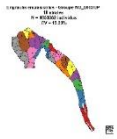
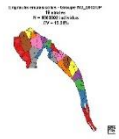
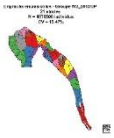
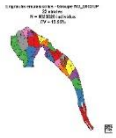
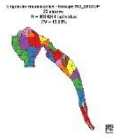
1 strate ; IA = 11 427 2062 SD = 2 931 142	2 strates ; IA = 8 187 805 SD = 1 775 736	3 strates ; IA = 12 786 784 SD = 3 798 921	4 strates ; IA = 12 922 969 SD = 3 793 218	5 strates ; IA = 9 595 179 SD = 2 493 226
				
6 strates ; IA = 10 500 176 SD = 2 770 411	7 strates ; IA = 10 365 807 SD = 2 642 870	8 strates ; IA = 7 978 664 SD = 1 452 299	9 strates ; IA = 7 954 625 SD = 1 449 851	10 strates ; IA = 8 528 935 SD = 1 438 489
				
11 strates ; IA = 8 535 189 SD = 1 138 550	12 states ; IA = 8 212 993 SD = 1 321 148	13 strates ; IA = 8 219 246 SD = 1 321 215	14 strates ; IA = 8 209 494 SD = 1 321 013	15 strates ; IA = 8 138 248 SD = 1 315 602
				
16 strates ; IA = 8 138 248 SD = 1 315 602	17 strates ; IA = 8 212 526 SD = 1 308 398	18 strates ; IA = 8 220 637 SD = 1 308 308	19 strates ; IA = 8 235 725 SD = 1 303 095	20 strates ; IA = 8 251 210 SD = 1 302 753
				
21 strates ; IA = 8 095 058 SD = 1 234 716	22 strates ; IA = 8 110 543 SD = 1 234 355	23 strates ; IA = 8 110 803 SD = 1 234 355	24 strates ; IA = 7 962 879 SD = 1 188 317	**25 strates ; IA = 7 961 647** **SD = 1 188 314**
				
26 strates ; IA = 7 923 093 SD = 1 334 200				
				

Figure 7** : indices d'abondance (IA) et écart-**types (SD) obtenus pour les crevettes grises (Crangon crangon) en** estuaire de Loire à l'occasion de la campagne NourDem 2019 au cours des stratifications successives produites par **le** script RSTRATI. Le script ne produit que 26 stratifications différentes, et l'écart-**type minimal est obtenu pour un découpage du domaine en 25 strates.

1 strate ; IA = 3 134 622 SD = 1 330 036	2 strates ; IA = 6 961 905 SD = 864 344	3 strates ; IA = 6 973 712 SD = 864 073	4 strates ; IA = 6 930 319 SD = 856 856	5 strates ; IA = 6 978 279 SD = 861 544
				
6 strates ; IA = 6 971 994 SD = 860 374	7 strates ; IA = 6 971 994 SD = 860 374	8 strates ; IA = 6 967 521 SD = 858 948	9 strates ; IA = 6 876 267 SD = 847 790	10 strates ; IA = 6 875 130 SD = 846 853
				
11 strates ; IA = 6 875 130 SD = 846 853	12 strates ; IA = 6 878 020 SD = 847 535	13 strates ; IA = 6 877994 SD = 847 542	14 strates ; IA = 6 892 880 SD = 847 533	15 strates ; IA = 6 892 880 SD = 847 533
				
16 strates ; IA = 6 853 194 SD = 845 088	17 strates ; IA = 6 853 297 SD = 845 120	18 strates ; IA = 6 853 082 SD = 845 124	19 strates ; IA = 6 803 802 SD = 840 6177	**20 strates ; IA = 6 804 409** **SD = 840 611**
				
21 strates ; IA = 6 876 506 SD = 857 797	22 strates ; IA = 6 82 826 SD = 856 278	23 strates ; IA = 6 834 244 SD = 856 316	24 strates ; IA = 6 831 913 SD = 856 187	25 strates ; IA = 6 082 888 SD = 2 117 329
				

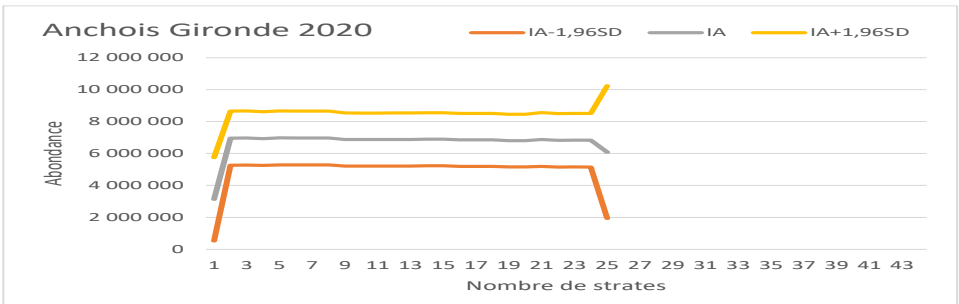


Figure 8 : *indices d'abondance (IA) et écart-**types (SD) obtenus pour les anchois (Engraulis encrasicolus) en estuaire** de Gironde à l'occasion de la campagne NourDem 2020 au cours des stratifications successives produites par le script RSTRATI. Le script s'arrête à 25 stratifications différentes au maximum, et l'écart-**type minimal est obtenu pour un découpage du domaine en 20 strates.***

2.2.5 Développements des traitements géostatistiques

Les méthodes géostatistiques ont été largement utilisées en halieutique pour estimer des abondances à partir de campagnes scientifiques hauturières, cependant elles sont difficiles à mettre en œuvre en estuaire de par la complexité de ces écosystèmes, caractérisés par leur morphologie (irrégulière et non-convexe), leurs gradients environnementaux (salinité, profondeur) et leur dynamique (marée). Ces caractéristiques questionnent la validité de l'hypothèse de stationnarité de second ordre, fondamentale à la théorie de la géostatistique intrinsèque, et c'est pourquoi nous avons testé la performance de différentes approches pour définir des indices d'abondance adaptés en estuaire.

Nous avons utilisé des données de densité de juvéniles de bar échantillonnés en Loire lors des campagnes NourDem. Nous avons testé un espace métrique pour lequel la distance le long de l'estuaire est considérée. Nous avons pris en compte la non-stationnarité des densités avec une approche transitive et une approche intrinsèque à dérives externes spatio-temporelles tenant compte des effets des marées et des gradients environnementaux. Ces méthodes géostatistiques permettent de produire des indices d'abondance et dériver les incertitudes associées. Par rapport à l'estimateur aléatoire stratifié classique (RSUFI dans notre cas), elles permettent en particulier de produire des cartes de distribution utiles pour décrire les zones fonctionnelles que sont les nourriceries.

Ces travaux ont fait l'objet d'une communication scientifique lors des XIVe Journées de Géostatistique, à MINES ParisTech, Fontainebleau, 19 - 20 septembre 2019 (Annexe 7).

Un résumé a été envoyé pour le 15ème colloque de l'association Française d'Halieutique, « Les systèmes halieutiques face aux crises », à l'Université de Bretagne Occidentale, Brest, 7 - 9 juillet 2021 (Annexe 8).

Enfin, un article de rang A intitulé « Estimating abundance indices of juvenile fish in estuaries using Geostatistics : an example of European sea bass (*Dicentrarchus labrax*) » a été rédigé et publié dans le journal « Estuarine, Coastal and Shelf Science » (Annexe 9).

2.3 Méthodes d'évaluation de la qualité des estuaires en tant que nourriceries

Les changements environnementaux et les activités anthropiques en constante augmentation menacent le fonctionnement d'habitats clés tels que les nourriceries. En effet, la fonction de nourricerie, définie comme la contribution au recrutement de nouveaux individus dans les populations adultes, dépend non seulement de la densité des juvéniles, mais aussi de leurs taux de croissance et de survie. L'expression de ces deux traits d'histoire de vie interdépendants chez les poissons est optimale dans une gamme de conditions environnementales pour chaque espèce et les déviations par rapport à cette gamme vont avoir des conséquences directes et indirectes sur la croissance et la survie des individus. Ainsi, pour étudier les différences de qualité des trois estuaires suivis dans le cadre de NourDem, nous avons déterminé :

- S'il existe des différences de croissance et de condition corporelle entre nourriceries,
- Si les poissons issus de ces nourriceries ont des niveaux de cortisol (hormone de stress) qui diffèrent et qui impactent leur croissance,
- Si les juvéniles de bar ont des niveaux de contamination chimique différents et qui influencent également leur croissance.

Les prélèvements ont porté sur des juvéniles de bar, merlan, éperlan et sprat. Pour chaque espèce, l'objectif était de prélever 20 individus par classe de tailles, classes qui correspondent à différents âge :

- Pour le bar : <12 cm (âge 0), 13-19 cm (âge 1), 21-27 cm (âge 2), 28-33 cm (âge 3), >34cm (âge 4+),
- Pour l'éperlan : <10 cm (âges 0 et 1), 11-15 cm (âge 2), > 15cm (âges 3+) ;
- Pour le merlan : < 14 cm (âge 0), 15-25 cm (âge 1), 26-34 cm (âge 2), 35-42 cm (âge 3), > 42 cm (âges 4+) ;
- Pour le sprat : < 7 cm (âge 0), > 7- cm âge 1+

Ces poissons ont été euthanasiés et conservés congelés à -20°C jusqu'à leur traitement en laboratoire. Nous avons ciblé un maximum de 20 individus à échantillonner par classe de taille, mais pour les éperlans, merlans et sprats, seules les deux premières classes de tailles contenaient un nombre suffisant d'individus.

Au laboratoire, nous avons décongelé les poissons et mesuré la longueur totale du corps de tous les individus échantillonnés (0,5 cm près), le poids total non éviscéré (± 0,2 g). Lorsque cela était possible, nous avons également déterminé le sexe du poisson et son stade de maturité (par inspection visuelle) et nous avons prélevé des otolithes sagittaux afin de déterminer leur âge en fonction du nombre d'anneaux de croissance. En raison d'un manque de données pour l'éperlan, le merlan et le sprat (n'ayant qu'une seule ou deux classes âges avec des effectifs suffisants), nous n'avons pu faire de comparaison de courbes de croissances que pour le bar. Pour cela nous avons paramétré une courbe de croissance (modèle de von Bertalanffy) à partir des données de tailles-aux-âges. Ce modèle décrit la taille de l'individu (L_t) en fonction de leur âge (t) :

$$L_t = L_\infty[1 - \exp(-K(t - t_0))]$$

Ce modèle repose donc sur l'estimation de trois paramètres : L_∞ = taille asymptotique ; K = paramètre de croissance ; t_0 = âge hypothétique pour lequel l'individu a une taille nulle. Nous avons paramétré ce modèle grâce au package r 'FSA' (Ogle et al. 2018) et comparé la performance de modèles estimés sur l'ensemble des données (modèle 0), par année (modèle 1), par site (modèle 2), par année et par site (modèle 3). Les poissons d'âge supérieur à 3 ans ont été rassemblés dans une même catégorie (4+) puis nous avons estimé l'âge des poissons à partir du premier janvier pour avoir un point de référence commun à tous les individus et éviter les biais liés au décalage de période d'échantillonnage des différentes nourriceries. Nous nous sommes basés sur la vraisemblance et les valeurs d'AIC pour comparer ces différents modèles.

Nous avons ensuite comparé la condition corporelle entre nourriceries et entre années pour le bar, l'éperlan, le merlan et le sprat. Pour cela nous avons utilisé l'indice de condition corporel SMI qui est moins biaisé que l'indice de Fulton par la croissance allométrique. Cet indice est calculé comme suit :

$$\widehat{M}_i = M_i \left(\frac{L_0}{L_i}\right)^{\mathrm{b}_{SMA}}$$

avec M_i le poids de l'individu i, L_i la taille de l'individu i, b_{SMA} l'exposant de la relation taille-poids estimée par une régression standardisée (SMA) entre les logarithmes du poids corporel et de la taille, et L_0 une taille de référence (c'est-à-dire la moyenne arithmétique de la longueur des populations étudiées ; Peig & Green, 2009).

Lorsque les individus vivent dans des conditions environnementales sous-optimales, ils perçoivent ces conditions comme des menaces à leur homéostasie (l'état stable des fonctions physiologiques) déclenchant une réponse de stress (Greenberg, Carr, & Summers, 2002 ; McEwen & Wingfield, 2003). Pour les mesures de stress, nous avons utilisé les dosages de cortisol des écailles. Alors que les réponses de stress aigu aux menaces de courte durée permettent aux individus de faire face aux perturbations environnementales (Bonier, Martin, Moore, & Wingfield, 2009), les réponses de stress chronique à des facteurs de stress de longue durée peuvent avoir des effets délétères sur les traits d'histoire de vie des individus. En effet, le stress chronique affecte de multiples mécanismes physiologiques (par exemple l'immunité), l'énergie allouée à la réponse au stress peut conduire à une baisse de la croissance et de l'investissement reproductif et finalement à la mort des individus (Barton, Morgan, & Vijayan, 2002 ; Bonier et al., 2009 ; McEwen & Wingfield, 2003). Par conséquent, la réponse au stress des individus peut augmenter la valeur adaptative des individus à court terme mais être nuisible si elle est soutenue, les réponses au stress intermédiaires (dues à une perception intermédiaire ou à une réactivité intermédiaire) étant censées être optimales (Greenberg et al., 2002). Par conséquent, la variation croissante des facteurs environnementaux expose les poissons juvéniles à des conditions environnementales stressantes qui peuvent avoir un impact sur leurs traits d'histoire de vie et donc altérer le fonctionnement des nourriceries.

Pour ces mesures, nous nous sommes concentrés sur le bar en raison de la faible quantité d'écailles qu'il était possible de prélever chez les autres espèces (éperlan, merlan, sprat). Cette impossibilité à prélever les écailles d'autres espèces nous a permis d'étendre les mesures de cortisol aux échantillons de juvéniles de bar collectés en 2017 et 2018. Ainsi, pour chaque bar nous avons prélevé 20 à 150 mg d'écailles sur la partie dorso-postérieure du flanc gauche qui ont ensuite été conservées à -20°C jusqu'à leur lavage. Après élimination du mucus, les écailles sèches ont été pesées et homogénéisées à l'aide de tubes PowerBead (céramique 2,8 mm, Qiagen) dans un broyeur à billes (PowerLyzer 24, Qiagen). L'extraction, l'ultra-purification et l'analyse ultérieure par chromatographie liquide ultra-performante couplée à la spectrométrie de masse en tandem (UPLC-MS/MS ; Xevo TQS, Waters, Milford, États-Unis) ont été réalisées comme décrit dans Aerts et al. (2015).

Au total, nous avons dosé le cortisol dans les écailles de 735 juvéniles de bar.

Nous avons effectué un test préliminaire de la méthode basé sur environ 100 poissons par site en 2019 et avons ensuite mesuré les concentrations de cortisol pour environ 60 poissons par site, prélevés en 2017, 2018 et 2020 (le nombre de poissons analysés par âge diffère en 2019 et 2020, car l'âge des individus n'était pas connu au moment de la sélection des échantillons à analyser).

Enfin nous avons mis en place un projet financé par la Direction Scientifique de l'Ifremer afin de caractériser les niveaux de contaminants chimiques des juvéniles de bar. Pour cela, nous avons collecté un total de 105 poissons pour cette étude (30 poissons en 2018 en Loire et Seine, et 15 poissons en 2019 en Gironde, Loire et Seine) et mesuré la concentration dans leurs tissus d'une large gamme de contaminants : des éléments trace métalliques (ETMs) et des contaminants organiques (COs). Parmi les ETMs, nous avons mesuré 9 ETMs dits essentiels (ayant fonction biologique connue : arsenic (As), cobalt (Co), chrome (Cr), cuivre (Cu), fer (Fe), manganèse (Mn), molybdène (Mo), vanadium (V) et zinc (Zn)) et 5 ETMs non-essentiels (n'ayant pas de fonction biologique connue : argent (Ag), cadmium (Cd), mercure (Hg), plomb (Pb), et 14 éléments de la famille des terres rares (REE) (lanthane (La), cérium (Ce), praséodyme (Pr), néodyme (Nd), samarium (Sm), europium (Eu), gadolinium (Gd), terbium (Tb), dysprosium (Dy), holmium (Ho), erbium (Er), thulium (Tm), ytterbium (Yb), lutécium (Lu)). Pour les COs, nous nous sommes concentrés sur les polluants organiques persistants de trois familles : les polychlorobiphényles (PCBs, 18 composés), les pesticides organochlorés (OCPs : 5 isomères du DDT et la dieldrine), et les composés perfluoroalkylés (PFASs : sulfonate de perfluorooctane (PFOS) et les sulfonates de perfluoroalkyle en C4 à C10 (PFSA) et les acides perfluorocarboxyliques en C6 à C14 (PFCA), acide perfluorononanoïque (PFNA), et la somme des sulfonates de perfluoroalkyle à 12, 13 et 14 atomes de carbones

(∑vlc-PFCA)). Toutes les procédures analytiques pour ces contaminants sont décrites dans Munschy et al. (2020). Comme notre objectif était d'avoir une image globale des profils de contamination, nous avons réalisé deux analyses de composantes principales (une avec tous les ETMs et une avec les OCs et les ETMs non-essentiels) pour extraire des variables synthétiques que nous utiliserons ensuite pour comparer les sites et mesurer l'effet des contaminants sur la croissance et la condition corporelle (mesurée par l'indice SMI) des juvéniles de bar.

3 Les campagnes NourDem réalisées entre 2016 et 2021.

3.1 Dates, durées, coefficients de marée et débits des fleuves

Le Tableau 3 présente les dates, durées, coefficients de marée et débits des fleuves des campagnes réalisées dans les trois estuaires.

Tableau 3 : dates et durées des campagnes NourDem en Seine, Loire et Gironde. Les coefficients de marées sont fournis par le SHOM. Les débits des fleuves proviennent du site http://hydro.eaufrance.fr/. Pour la Seine, les données utilisées proviennent de la station de jaugeage de Vernon ; pour la Loire, le site hydro.eaufrance fournit des débits calculés au niveau de St Nazaire. Pour la Gironde, ils proviennent de deux stations de mesure, celle de Pessac sur Dordogne pour la Dordogne et celle de Tonneins pour la Garonne (les débits journaliers des deux stations sont additionnés dans le tableau ci-dessous).

		Seine	Loire	Gironde
2016	dates		du 9 au 16 juin	
	durée (jours)		8	
	coefficients		75 → 38 → 52	
	de marée			
	débit du fleuve		de 3360 à 1550 m3/s	
			crue décennale	
2017	dates	du 28 juillet au 8 août	30 juin/6 juillet	
	durée (jours)	12	8	
	coefficients	79 → 37 → 80	75 → 45 → 60	
	de marée			
	débit du fleuve	de 158 à 178 m3/s	de 184 à 232 m3/s = débits faibles	
		≈ étiage	≈ 1/4 du débit moyen journalier en 2017	
2018	dates	2 août/8 août	du 3 au 10 juillet	
	durée (jours)	8	8	
	coefficients	64 → 46 → 69	74 → 47 → 64	
	de marée			
	débit du fleuve	de 176 à 208 m3/s	de 404 à 492 m3/s	
		≈ étiage	≈ 1/2 du débit moyen journalier en 2018	
2019	dates	du 8 au14 août	du 8 au 15 juillet	du 6 au 20 septembre
	durée (jours)	8	8	12
	coefficients	65 → 46 → 73	77 → 56 → 71	47 → 37 → 60
	de marée			
	débit du fleuve	de 150 à 280 m3/s	120 à 135 m3/s	115 à 160 m3/s
		≈ étiage	≈ étiage	≈ étiage
2020	dates	du 8 au 15 août	du 25 juin au 2 juillet	du 7 au 14 septembre
	durée (jour)	8	8	8
	coefficients	73 → 33 → 45	75 → 30 → 71	66 → 30 → 58
	de marée			
	débit du fleuve	130 à 204 m3/s	340 à 503 m3/s	64 à 187 m3/s
		≈ étiage	≈ 1/2 du débit moyen journalier en 2020	≈ étiage
2021	dates	du 2 au 9 août	du 14 au 21 juin	du 28 août au 4 septembre
	durée (jours)			
	coefficients	36 → 33 → 84	67 → 51 → 68	65 → 27 → 60
	de marée			
	débit du fleuve	458 à 503 m3/s	310 à 428 m3/s	de 160 à 240 m3/s
		≈ débit moyen journalier en 2021	≈ 1/2 du débit moyen journalier en 2021	légèrement > à étiage

NB** : le présent projet NourDem a permis la réalisation 3 campagnes d'échantillonnage annuelles **(2019-2021) sur les 3 estuaires. Le rapport prend en compte ces 9 campagnes, plus 5 campagnes préalables, menées en Seine (2017-2018) et en Loire de 2016 à 2018[9].

[9] La campagne **Loire 2016** a été menée dans le cadre du projet Bargip Nourriceries (collaborations et financements : DPMA, FFP, Ifremer, CNPMEM et COREPEM). La campagne **Loire 2017** a été menée dans le cadre du projet NourDem Loire 2017 (collaborations et financements : FFP, CNPMEM, Ifremer et COREPEM). La campagne **Seine 2017** a été menée dans le cadre du projet NourDem Seine 2017 (collaborations et financements : CRPM de Normandie, CRPMEM des Hauts de France, OP Coopératives Maritimes Etaploises, OP Pêcheurs Normands, OP COBRENORD, OP FROM NORD, OP Pêcheurs de Bretagne, Ifremer et COREPEM. Les campagnes **Loire et Seine 2018** ont été menées dans le cadre du projet NourDem Loire et Seine 2018 (collaborations et financements : DPMA, FFP, CNPMEM, Ifremer, COREPEM et CRPM de Normandie).

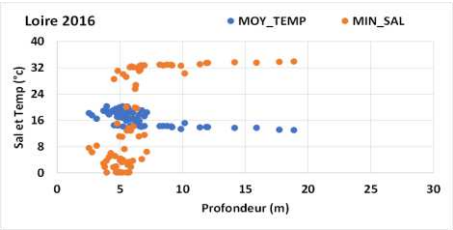
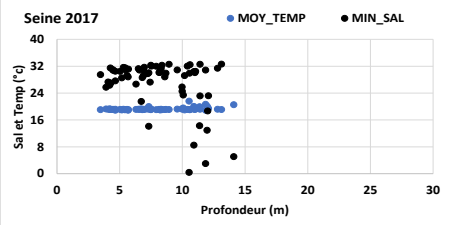
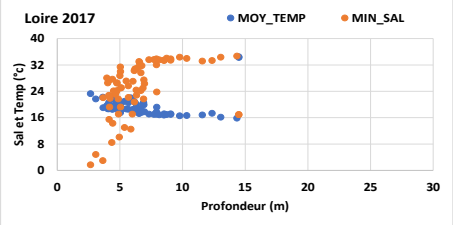
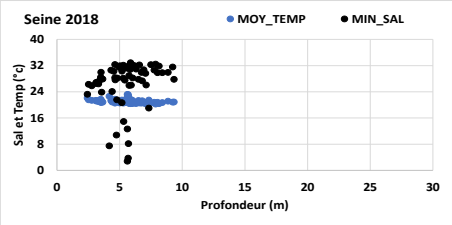
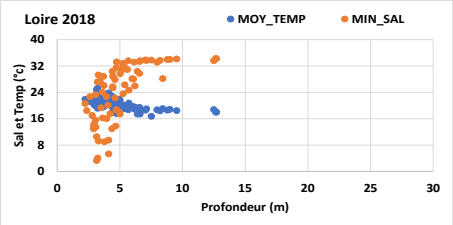
Les campagnes ont duré 8 jours, excepté la première année où 12 journées sont nécessaires pour « découvrir » la zone, c'est-à-dire enregistrer dans le système de navigation du projet un ensemble de traines praticables qui sont rééchantillonnées chaque année. Les dates/périodes d'échantillonnage retenues pour chacun des estuaires sont fixes (avec une latitude équivalente à un cycle de marée, soit 2 semaines au maximum) du fait de la variabilité intra-annuelle d'abondance de certaines espèces (Cf. Le Goff et al, 2017). Elles sont centrées sur des mortes eaux ce qui permet la minimisation des courants ainsi que des oscillations du zéro de salinité (qui constitue, pour nombre d'espèces, la limite amont de leur aire de répartition au sein de l'estuaire). Elles se déroulent l'été de façon à se situer le plus possible en période, sinon d'étiage, au moins de faibles débits des fleuves, là encore pour minimiser les courants, et pour que le zéro de salinité soit le moins possible décalé vers l'aval.

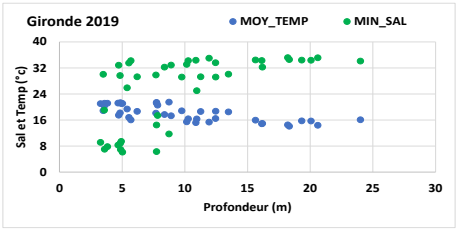
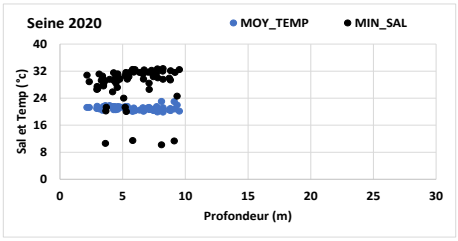
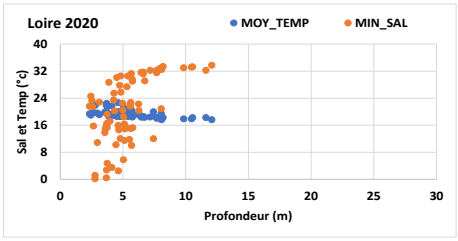
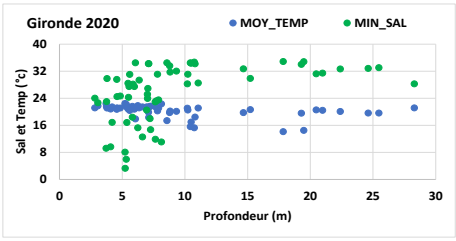
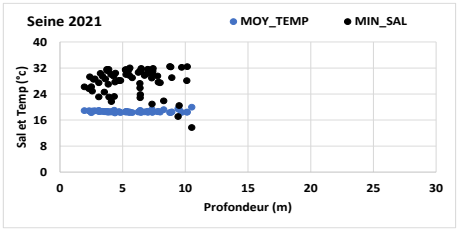
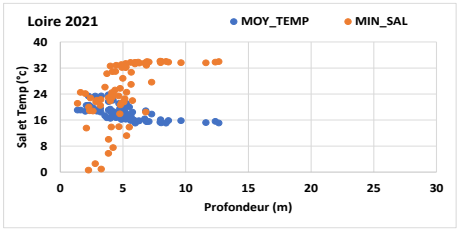
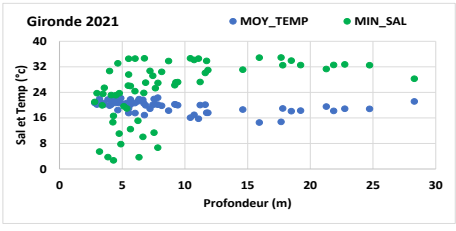
Hormis en Loire en 2016 où la campagne s'est déroulée au cours d'une crue décennale, et en Seine en 2021, où le débit a été de l'ordre du débit moyen journalier annuel (i.e. de 2 à 3 fois supérieur aux débits usuellement constatés à cette période), les débits journaliers ont été faibles, compris entre l'étiage et de l'ordre de la moitié des moyennes journalières habituelles aux périodes d'échantillonnage.

3.2 Profondeurs, températures et salinités enregistrées au cours des traits

Une sonde (STPS NKE 150 ou 300) enregistrant toutes les 10 secondes la profondeur, la salinité et la température est systématiquement fixée sur le chalut. Les sondes sont suivies annuellement par le laboratoire de métrologie du centre Ifremer de Brest. Les données acquises permettent de vérifier l'étendue des plages de salinités échantillonnées, de comparer les situations hydrologiques annuelles au moment des campagnes et visent à permettre l'évaluation de l'importance de ces paramètres sur la répartition spatiale des espèces (Le Goff et al, 2017). Le Tableau 4 présente, en fonction des profondeurs moyennes de chaque trait, les valeurs minimales de salinité et les valeurs moyennes de température obtenues sur les 3 sites.

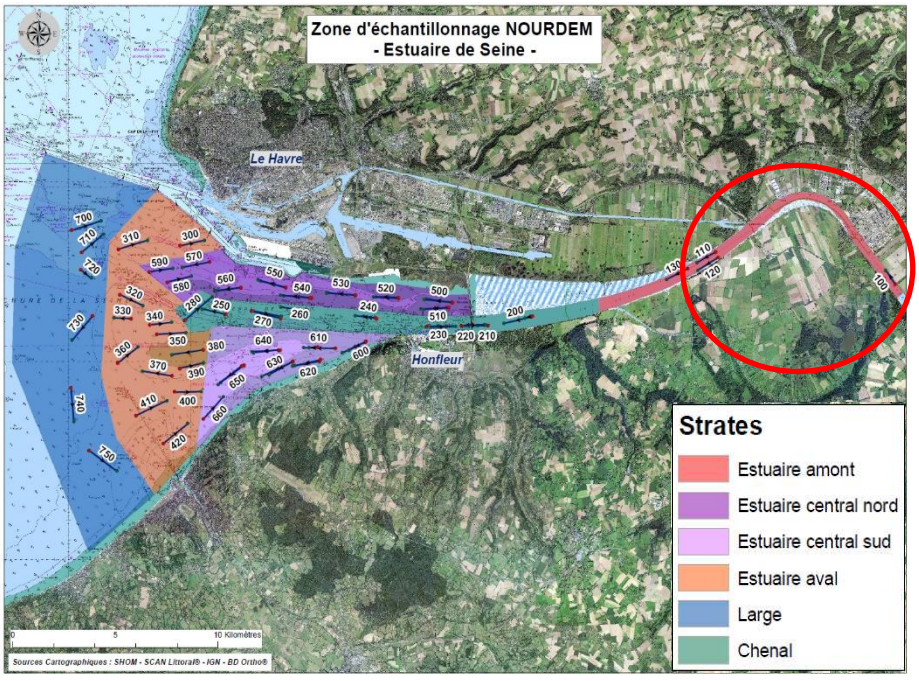
Tableau 4 : Profondeurs moyennes, températures moyennes, et salinités minimales enregistrées au fond au cours de chacun des traits des campagnes NourDem Seine, Loire et Gironde (sondes NKE 150 ou 300 ; enregistrement toutes les 10 secondes).

Estuaire de Seine	Estuaire de Loire	Estuaire de Gironde
Pas de campagne		**Pas de campagne**
		**Pas de campagne**
		**Pas de campagne**

Sonde ayant fourni des données non fiables	**Sonde ayant fourni des données non fiables**	
		
		

En Seine, les profondeurs moyennes des différents traits sont comprises entre 2,20 et ≈10 m (hormis en 2017, date de la première campagne, où 1 trait par 14m avait été échantillonné, non conservé pour la suite du suivi). Du point de vue bathymétrique, les traines se situent dans la frange +3/-8 m

Le zéro de salinité au fond est difficile à échantillonner dans cet estuaire, du fait de l'absence de traine praticable (d'une longueur supérieure à 1000 m) entre les traits 110/120 et 100 au sein de la strate « Estuaire amont » (Cf. carte ci-contre). Le trait 100, échantillonné en 2017, s'est avéré être trop amont (totalement en eau douce), et n'a donc pas été conservé les années suivantes. Les traits 110 et 120 sont donc aujourd'hui les traits les plus amont praticables, et leur salinité minimale au fond a varié, selon les campagnes, entre 3,5 et 10,5 pour mille.

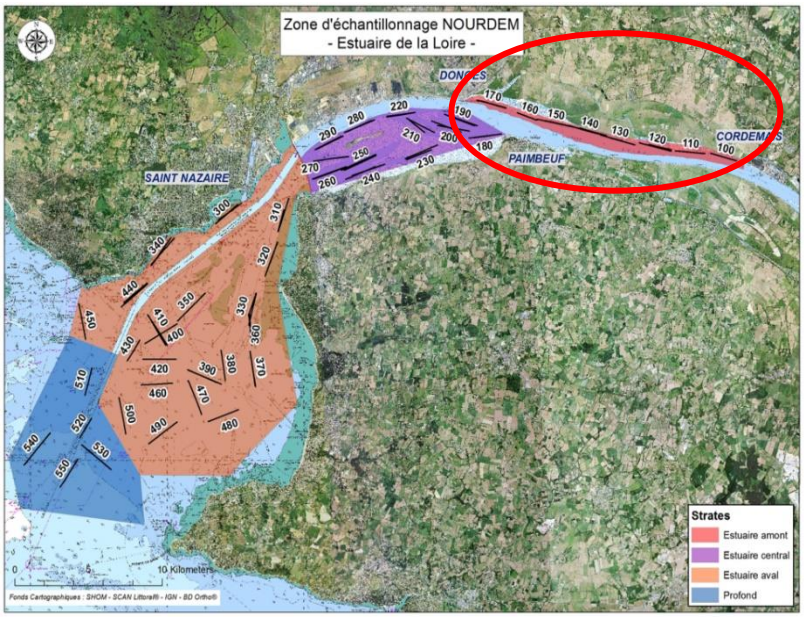


Les températures moyennes au fond sont relativement constantes en Seine, sans gradient aussi marqué que dans les deux autres estuaires entre les traits les plus amont et/ou les moins profonds et ceux situés plus au large : l'écart maximal est en effet systématiquement inférieur à 3°c (de 19,0 à 21,6°c en 2017, de 20,2 à 22,9°c en 2018, de 20,1 à 21,8° en 2020 et de 18,35 à 20,15°c en 2021.

En Loire, les profondeurs moyennes des différents traits sont comprises entre 2,40 et 14,3 m ce qui correspond à des bathymétries comprises entre +3 et -11m (des traits ont été testés en 2016, première année du suivi, jusqu'à l'isobathe des 15 m, mais ont été abandonnés ensuite car trop aval).

Le zéro de salinité a été enregistré jusqu'au trait 170 en 2016, année où la campagne s'est déroulée au cours d'une crue décennale, et aux alentours des traits 100 et 110 en 2020 et 2021 (Cf. carte ci-contre).

En 2017, 2018 et 2019, les salinités au fond minimales enregistrées aux traits les plus amont ont été respectivement de 2,97, 3,30 et 4,31 pour mille.

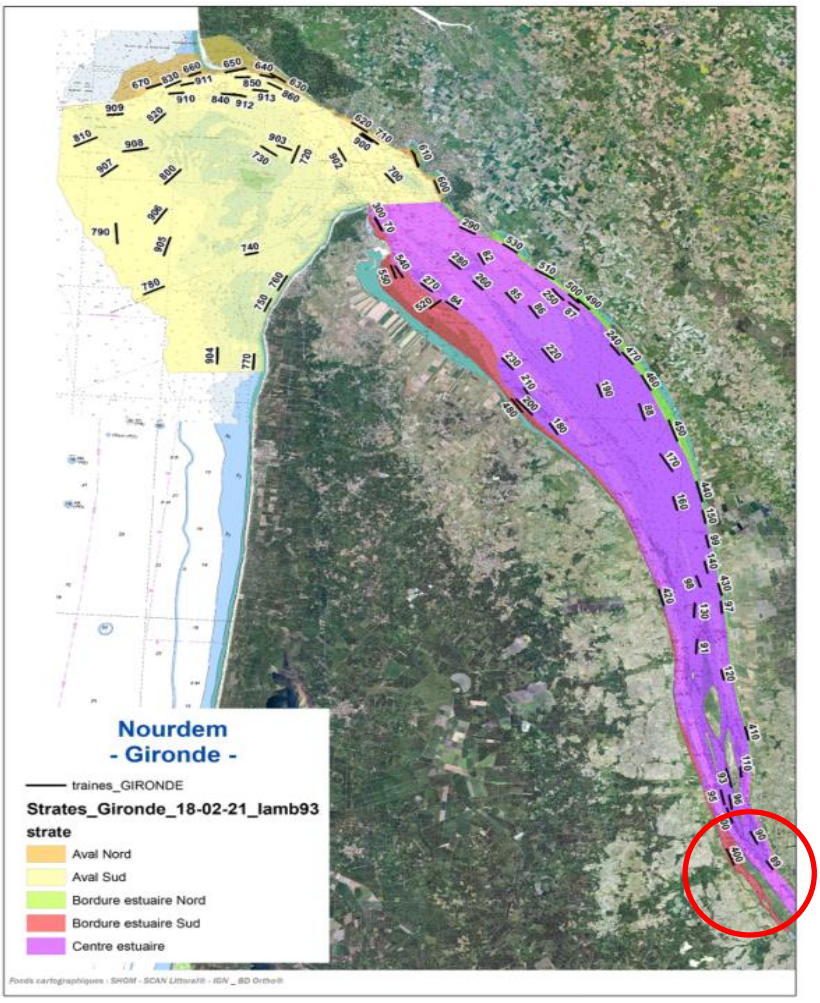


Dans cet estuaire, les températures présentent généralement un gradient « côte/large » et « amont/aval » assez marqué, avec des écarts de température moyenne atteignant communément 8°c entre les traits 540/550 de la strate « Profond » et les traits 100/110 de la strate « Estuaire amont » : de 12,8°c à 20,28°c en 2016, de 14,48°c à 23,28°c en 2017, de 16,71°c à 25,26°c en 2018, de 16,90°c à 23,90°c en 2019, de 16,76°c à 22,50°c en 2020, et de 13,86°c à 23,74°c en 2021.

En Gironde, les profondeurs échantillonnées vont de 3,50m à 28,50m, ce qui correspond à des bathymétries comprises entre +2,50 et ≈-25m.

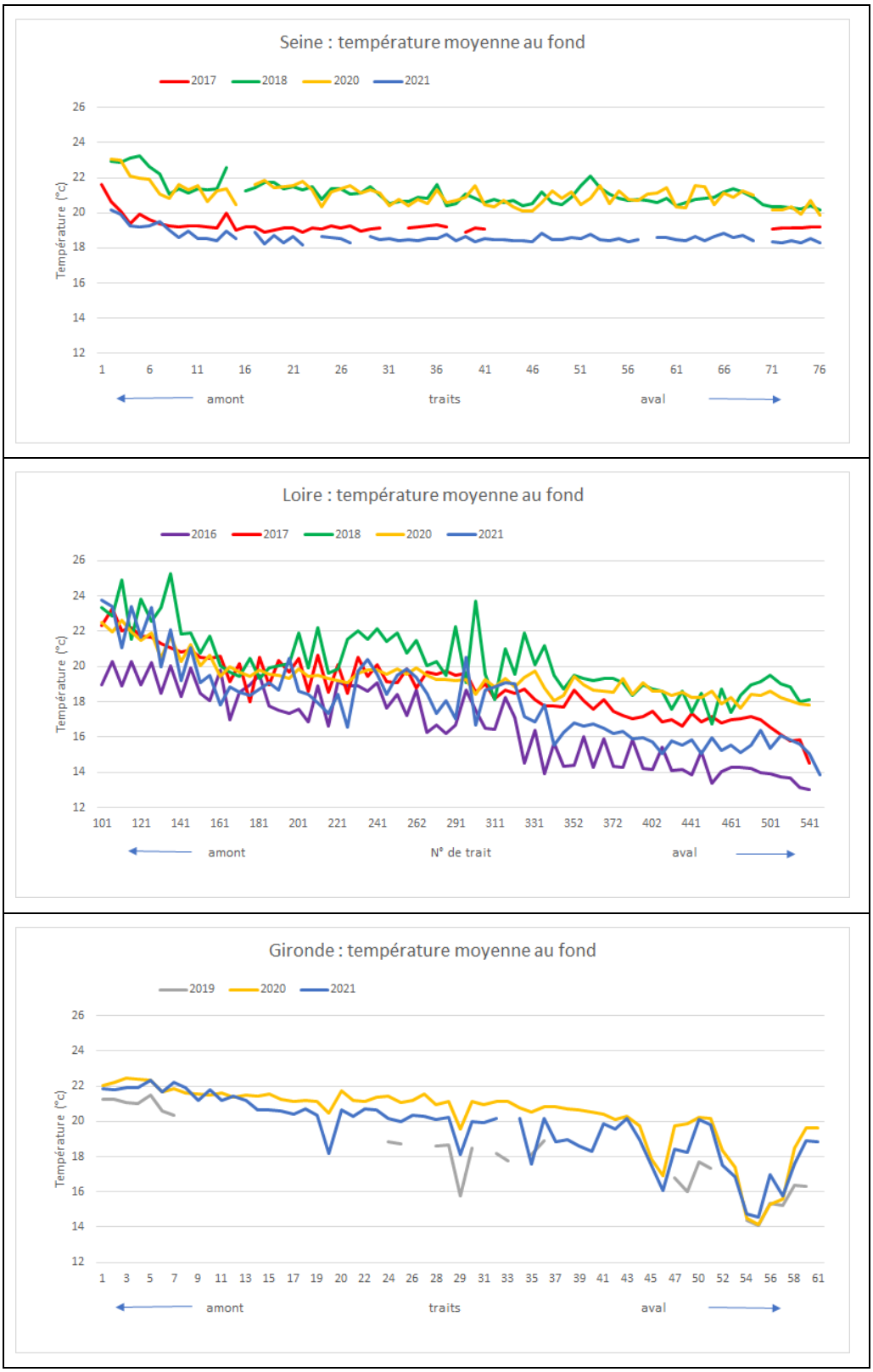
Bien que les traits les plus amont remontent jusqu'à moins de 3 milles du bec d'Ambez (jonction entre la Dordogne et la Garonne), le zéro de salinité au fond n'est pas tout à fait atteint (traits 89/90/400 de la carte ci-contre) : 6,13 pour mille au minimum en 2019, 3,30 en 2020 et 2,72 pour mille en 2021.

Le gradient de température moyenne au fond est également marqué (de l'ordre de 8°c également) entre les traits les plus profonds et/ou les plus au large (traits 810/790/780 de la strate « Aval sud ») *vs* les traits les plus amont : de 14,08°c à 21,49°c en 2019, de 14,15°c et 22,47°c en 2020, et de 14,56°c à 22,35°c en 2021.



Les comparaisons interannuelles des températures moyennes sont données par le Tableau 5, les traines (stations) étant classées de l'amont à l'aval.

Tableau 5 : températures moyennes enregistrées au fond au cours de chacun des traits des campagnes NourDem en Seine, Loire et Gironde. *Les traits sont classés de l'amont vers l'**aval.***



NB : en 2019,** les données acquises en Seine et Loire n'ont pas été validées**, la sonde ayant connu une dérive lente, non directement perceptible, et non corrigeable. Seules les données acquises au cours du second leg en Gironde** ont pu l'être, **après changement de sonde.

Ces tableaux confirment les gradients de température entre l'amont et l'aval, notamment dans les estuaires de la Loire et de la Gironde (gradient moins marqué en estuaire de Seine). Ils mettent également en évidence des différences interannuelles non négligeables : en Seine, les températures moyennes enregistrées au cours des campagnes 2018 et 2020 sont de 2,5 à 3°c supérieures à celles enregistrées au cours des campagnes de 2017 et 2021. En 2016 en Loire (crue décennale), les températures moyennes ont été de l'ordre de 4°c inférieures à celles enregistrées en 2018.

Globalement, les températures moyennes enregistrées au cours des campagnes 2018 et 2020 apparaissent supérieures à celles enregistrées au cours des autres campagnes.

3.3 Les chalutiers professionnels utilisés et les compositions d'équipage

Les trois campagnes ont été réalisées à bord de petits chalutiers locaux (Tableau 6) de façon à bénéficier de la connaissance des estuaires par les patrons professionnels. Ces navires ont été retenus par le CNPMEM après lancements d'appel d'offres « régionaux ».

Le cahier des charges pour la sélection des navires portait sur :

- une puissance minimale de motorisation de ≈ 200cv (indispensable pour tracter notre chalut à 3,5 nœuds-vitesse surface),
- un espace libre minimal sur le pont de 6m², de façon à disposer de suffisamment de place pour le déploiement du matériel et pour pouvoir stocker en eau, et ainsi maintenir au mieux en vie avant leur relâché, l'ensemble des captures le temps de leur mensuration et pesée,
- la présence à bord au minimum d'un sondeur et d'un GPS cartographique, ainsi que de la capacité à embarquer et à alimenter en 220V, l'électronique propre au projet (sondeur multifréquences, PC doté d'un logiciel de navigation, et second PC de gestion des sondes de mesure de la géométrie du chalut) en passerelle, et les 2 balances électroniques sur le pont,
- la présence indispensable de deux enrouleurs de portique (chalut principal et de secours) et d'un treuil avec *a minima* 150 m de funes de Ø 12mm,
- et enfin, un tirant d'eau n'excédant pas 2 mètres, afin de pouvoir échantillonner par des profondeurs minimales de l'ordre de 2,50m.

Tableau 6 : listes des navires utilisés pour la réalisation des campagnes NourDem ; caractéristiques et équipages.

	navire	Longueur et tirant d'eau	Immatriculation	Patron	équipage
Seine	Flipper II	≈ 9,23m/1,90m	LH 303 508	Stanis Swiatek	patron + matelot 3 agents Ifremer 1 CRPM Normandie
Loire	Maloa	≈ 9,95m/1,95m	AY 759 920	Vincent Cocaud	patron 3 Ifremer 1 agent COREPEM
Gironde	Espadon	≈ 11,99m/2,0m	BX 288 233	Pierre cartier	patron 3 agents Ifremer 1 CRPMEM Nouvelle aquitaine

L'équipage scientifique embarqué a été la plupart du temps composé de trois agents de l'Ifremer et d'un agent du CRPMEM (CRPM Normandie en Seine, COREPEM en Loire et CRPMEM Nouvelle Aquitaine en Gironde). Ce sont les personnels de ces CRPMEM qui ont géré la délivrance par les autorités maritimes des autorisations d'embarquement de « personnels spéciaux », les dossiers d'autorisation de chalutage (faisant l'objet d'arrêtés préfectoraux) étant portés par l'équipe de l'Ifremer.

3.4 L'effort d'échantillonnage

Le Tableau 7 récapitule les nombres de traits (parfois aussi dénommés « stations », ou « opérations de pêche ») réalisés au sein des trois estuaires, globalement, et par strate (Cf. découpages des strates donnés par la Figure 2). Ce tableau présente également les surfaces des différentes strates et des 3 domaines échantillonnés, ainsi que les surfaces balayées par le chalut, exprimées en km² et en pourcentage des aires totales des strates et domaines.

Tableau 7 : Surfaces des domaines échantillonnés en estuaire de Loire, de** Seine et de Gironde à l'occasion des **campagnes NourDem. Le tableau présente les surfaces des strates, le nombre de traits réalisés chaque année par strate et les surfaces balayées par le chalut (**exprimées en km² et en pourcentage de l'aire totale de chaque strate**).

	Surface	2016			2017			2018			2019			2020			2021		
	strate	Nbre	Surface balayée		Nbre	Surface balayée		Nbre	Surface balayée		Nbre	Surface balayée		Nbre	Surface balayée		Nbre	Surface balayée	
	(km²)	traits	en km²	en %	traits	en km²	en %	traits	en km²	en %	traits	en km²	en %	traits	en km²	en %	traits	en km²	en %
Seine estuaire amont	4,32239				4	0,033	0,77	2	0,020	0,45	0	0,000	0,00	2	0,015	0,35	2	0,017	0,40
Seine chenal	20,5277				15	0,132	0,64	9	0,064	0,31	10	0,084	0,41	9	0,070	0,34	8	0,066	0,32
Seine estuaire central sud	20,5868				13	0,138	0,67	13	0,122	0,59	12	0,110	0,53	13	0,115	0,56	12	0,114	0,55
Seine estuaire central nord	23,0108				16	0,167	0,72	18	0,178	0,77	20	0,188	0,82	18	0,158	0,69	18	0,176	0,76
Seine estuaire aval	50,8369				13	0,135	0,27	26	0,240	0,47	25	0,235	0,46	25	0,222	0,44	24	0,227	0,45
Seine large	74,3152				6	0,072	0,10	6	0,061	0,08	6	0,059	0,08	6	0,059	0,08	6	0,059	0,08
Total estuaire Seine	193,6				67	0,678	0,35	74	0,685	0,35	73	0,676	0,35	73	0,640	0,33	70	0,658	0,34

	Surface	2016			2017			2018			2019			2020			2021		
	strate	Nbre	Surface balayée		Nbre	Surface balayée		Nbre	Surface balayée		Nbre	Surface balayée		Nbre	Surface balayée		Nbre	Surface balayée	
	(km²)	traits	en km²	en %	traits	en km²	en %	traits	en km²	en %	traits	en km²	en %	traits	en km²	en %	traits	en km²	en %
Loire estuaire amont	6,721	14	0,136	2,03	16	0,131	1,95	17	0,146	2,18	15	0,118	1,76	16	0,095	1,42	16	0,111	1,66
Loire estuaire central	17,323	23	0,240	1,39	22	0,191	1,10	22	0,200	1,16	22	0,194	1,12	22	0,173	1,00	22	0,190	1,10
Loire estuaire aval	84,711	31	0,319	0,38	31	0,304	0,36	33	0,332	0,39	33	0,301	0,35	33	0,285	0,34	33	0,310	0,37
Loire profond	31,270	5	0,055	0,18	5	0,052	0,17	5	0,053	0,17	5	0,051	0,16	5	0,046	0,15	5	0,052	0,17
Total estuaire Loire	140,025	73	0,750	0,54	74	0,678	0,48	77	0,731	0,52	75	0,664	0,47	76	0,599	0,43	76	0,664	0,47

	Surface	2016			2017			2018			2019			2020			2021		
	strate	Nbre	Surface balayée		Nbre	Surface balayée		Nbre	Surface balayée		Nbre	Surface balayée		Nbre	Surface balayée		Nbre	Surface balayée	
	(km²)	traits	en km²	en %	traits	en km²	en %	traits	en km²	en %	traits	en km²	en %	traits	en km²	en %	traits	en km²	en %
Gironde bordure estuaire Nord	19,731										10	0,0951	0,48	10	0,08229	0,42	10	0,0794	0,40
Gironde bordure estuaire Sud	45,486										8	0,07	0,15	5	0,04403	0,10	5	0,0402	0,09
Gironde centre estuaire	353,051										35	0,2859	0,08	21	0,17739	0,05	20	0,1454	0,04
Gironde aval Nord	30,908										8	0,0688	0,22	8	0,07643	0,25	8	0,0608	0,20
Gironde aval Sud	414,140										30	0,277	0,07	17	0,16548	0,04	17	0,1462	0,04
Total estuaire Gironde	863,315										91	0,797	0,09	61	0,54562	0,06	60	0,4719	0,05

NB : les surfaces figurant dans ce tableau ont été déterminées via le logiciel ArcGis dans le système de projection Lambert 93.

Six strates différentes ont été définies en **estuaire de Seine**. Le domaine échantillonné y atteint 193,6 km². En moyenne, 71 traits y ont été réalisés par campagne (≈ 8,9 traits par jour), ce qui représente une surface totale moyenne chalutée de l'ordre de 0,67 km² (un peu moins d'un ha est chaluté en moyenne par trait ; ≈ 1350 m de longueur en moyenne sur 7 m de largeur). L'effort d'échantillonnage global y est donc de l'ordre de 0,34%, ce qui signifie que le chalut balaye en moyenne 0,34% de la surface totale du domaine. Cet effort d'échantillonnage est volontairement intensifié depuis 2018 sur les trois strates qui hébergent les principales nourriceries (bars, soles et flets notamment…), à savoir les deux strates « estuaire central » (nord et sud) et la strate « estuaire aval ».

Les quatre strates de **l'estuaire de la Loire** représentent une surface de ≈ 140 km². Entre 73 et 77 traits y ont été réalisés par campagne, ce qui a permis de balayer de l'ordre de 0,5% de la surface totale, avec un gradient dans l'intensité d'échantillonnage depuis les strates les plus aval vers les plus amont : la surface échantillonnée dans la strate « profond » représente en moyenne ≈ 0,17% de la surface totale de la strate, alors que dans l'estuaire amont, ce sont, en moyenne, de l'ordre de 1,8 % (plus de 10 fois plus) des surfaces qui sont échantillonnées. Ceci est volontaire, afin de bien cerner les nourriceries (notamment de bars et de soles) qui sont principalement situées vers l'amont, par des salinités comprises entre 0 et 25 pour mille. La forte variabilité de ces espaces amont, du fait des marées, mais aussi des variations du débit du fleuve, génère des déplacements des populations, et oblige, si l'on veut produire des indices d'abondance robustes, à y doubler les traits.

L'estuaire de la Gironde est beaucoup plus vaste (≈ 6,2 fois plus que celui de la Loire, et ≈ 4,5 fois plus que celui de la Seine), le domaine échantillonné couvrant plus de 863 km². Du fait des distances à parcourir entre chaque trait, il est difficile, au mieux, de réaliser plus de 10 traits par jour, et en moyenne sur les deux années 2020 et 2021, la moyenne n'a été que de 7,6 traits par jour (9,4 traits/jour en moyenne en Loire et 8,9 traits par jour en Seine). En 2019, date de la première année d'échantillonnage de l'estuaire de la Gironde, 12 journées pleines de chalutage ont été programmées afin de pouvoir découvrir cet estuaire et cartographier un nombre suffisant de traines praticables. 91 traines différentes ont été identifiées à l'occasion de cette campagne, et, après traitement des données de capture, 61 ont été conservées pour les campagnes suivantes. Il n'y a pas dans cet estuaire, contrairement aux deux autres, de doublement des traits les plus amont, car une campagne de 8 journées en routine ne le permet pas. Par contre, l'intensité de l'échantillonnage est renforcée dans les deux strates les plus riches en juvéniles (« bordure estuaire nord » et « aval nord »). L'échantillonnage n'atteint cependant que ≈ 0,4% dans la strate la mieux échantillonnée (« Bordure estuaire Nord »), et 0,05% en moyenne sur l'ensemble de la zone, ce qui représente de l'ordre de 7 à 9 fois moins qu'en Seine et Loire respectivement.

4 Les peuplements des trois estuaires

Les pages qui suivent présentent les peuplements des trois estuaires. L'analyse repose sur les indices de peuplement que permettent de calculer les scripts RSUFI et RSTRATI, et sur le recensement des espèces les plus occurrentes (i.e. les plus fréquentes dans nos captures) et les plus abondantes, constituant le socle des biocœnoses des trois estuaires (telles qu'on peut les appréhender au moyen de notre chalut, et en appliquant notre protocole). Pour les espèces principales, des cartographies de densités surfaciques, année après année, et de synthèse sur l'ensemble du suivi, sont fournies, permettant d'identifier leurs secteurs préférentiels de résidence.

Les indices d'abondances utilisés dans ce chapitre sont ceux produits au moyen des scripts RSUFI et RSTRATI[10].

Il faut noter que les synthèses présentées dans les paragraphes qui suivent sont valides uniquement à l'échelle des domaines échantillonnés dans les trois estuaires, et aux périodes des campagnes : les variabilités d'abondance intra-annuelles pour une zone donnée, et de répartition spatiale à une période donnée, ne permettent en effet pas d'extrapoler ces résultats à d'autres périodes ou aux espaces proches de ceux qui ont été échantillonnés. Par contre, l'effort d'échantillonnage produit (8 journées pleines de chalutage sur chacun des sites), et le recul aujourd'hui acquis (3 campagnes annuelles en Gironde, 5 en Seine et 6 en Loire) permettent de bien cerner les peuplements en place au sein des trois estuaires, et d'identifier les espèces principales ainsi que leurs occurrences de capture et les fluctuations interannuelles de leurs indices d'abondance et de biomasse aux périodes d'échantillonnage.

[10] Le chapitre suivant présente, à partir des données de capture du bar européen, le développement et le test d'une autre méthode de production d'indices d'abondance (outil utilisant les géostatistiques). Les résultats obtenus seront présentés aux GT du CIEM en charge du suivi de l'espèce afin d'être évalués et qu'une méthode de production d'indices d'abondances puisse à l'avenir être recommandée.

4.1 Le peuplement de l'estuaire de Seine

4.1.1 La diversité faunistique

Au total, 110 espèces différentes ont été capturées au cours des 5 campagnes NourDem menées dans l'estuaire de Seine entre 2017 et 2021, dont 56 espèces de poissons et 2 d'agnathes (lamproies ; en vert dans le Tableau 8), 17 espèces de crustacés, 22 espèces de mollusques (dont 5 espèces de céphalopodes), 6 espèces d'échinodermes (oursins, ophiures…), 5 de cnidaires (méduses, anémones), un cténophore (« groseille de mer ») et une annélide (aphrodite).

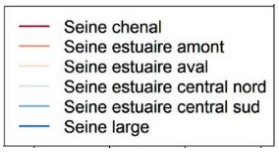
42 de ces espèces sont classées au sein du macro-zoobenthos (en orange dans le tableau).

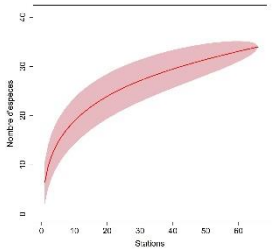
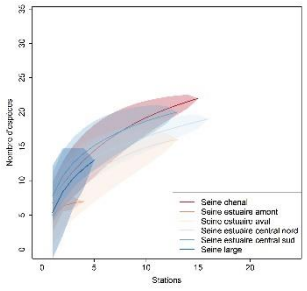
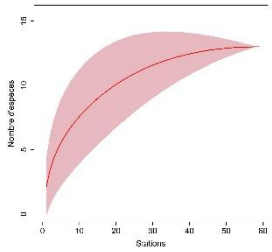
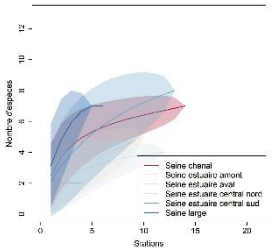
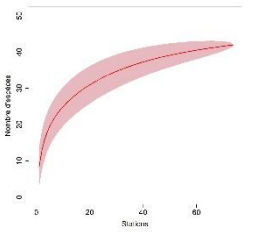
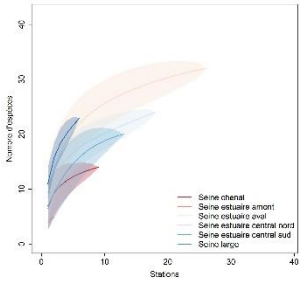
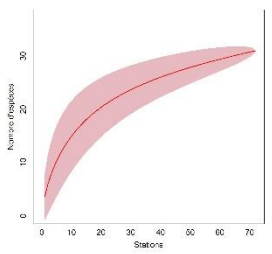
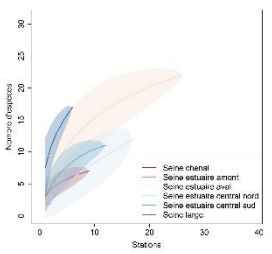
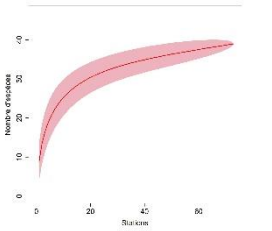
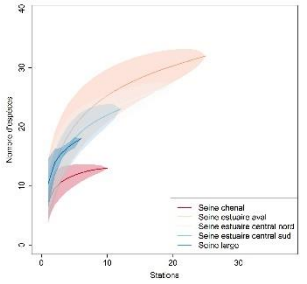
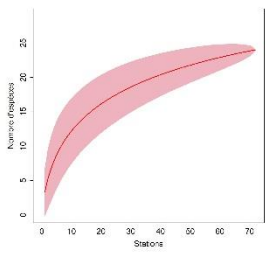
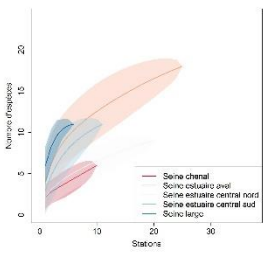
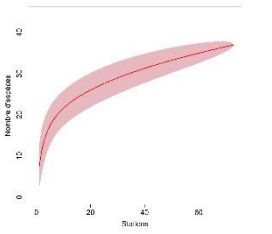
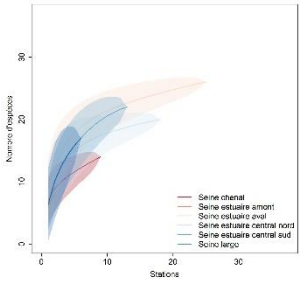
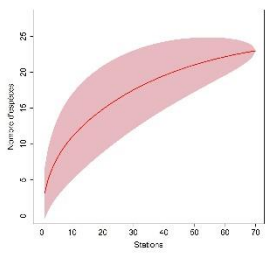
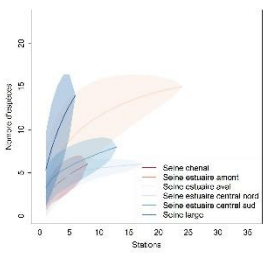
Poissons et agnathes : 58	Crustacés : 17	Echinodermes : 6
Agonus cataphractus	Atelecyclus sp.	Asterias rubens
Alosa alosa	Cancer pagurus	Echinocardium cordatum
Alosa fallax	Carcinus maenas	Gracilechinus acutus
Anguilla anguilla	Crangon crangon	Ophiothrix sp.
Aphia minuta	Eriocheir sinensis	Ophiura sp.
Atherina presbyter	Liocarcinus sp.	Psammechinus miliaris
Belone belone	Liocarcinus depurator	
Buglossidium luteum	Liocarcinus holsatus	Cnidaires : 5
Callionymus lyra	Liocarcinus vernalis	Aurelia sp.
Chelidonichthys lucerna	Macropodia sp.	Calliactis sp.
Chelon labrosus	Maja brachydactyla	Chrysaora hysoscella
Ciliata mustela	Necora puber	Cyanea lamarckii
Clupea harengus	Pagurus bernhardus	Rhizostoma pulmo
Conger conger	Palaemon longirostris	
Dicentrarchus labrax	Palaemon serratus	Cténophore : 1
Echiichthys vipera	Polybius henslowii	Pleurobrachia pileus
Enchelyopus cimbrius	Portumnus latipes	
Engraulis encrasicolus		Annelide : 1
Eutrigla gurnardus	Mollusques : 17	Aphrodita aculeata
Gasterosteus aculeatus aculeatus	Acanthocardia echinata	
Hippocampus	Barnea candida	
Lampetra fluviatilis	Buccinum undatum	
Lesueurigobius friesii	Cerastoderma edule	
Limanda limanda	Crepidula fornicata	
Liza aurata	Donax sp.	
Liza ramada	Euspira fusca	
Merlangius merlangus	Limecola balthica	
Mullus surmuletus	Lutraria sp.	
Mustelus sp.	Mactra sp.	
Myoxocephalus scorpius	Mya truncata	
Osmerus eperlanus	Mytilus edulis	
Pegusa lascaris	Pecten maximus	
Petromyzon marinus	Philine aperta	
Platichthys flesus	Spisula sp.	
Pleuronectes platessa	Tellina sp.	
Pollachius pollachius	Tritia reticulata	
Pomatoschistus minutus		
Raja brachyura	Mollusques céphalopodes : 5	
Raja clavata	Alloteuthis sp.	
Raja microocellata	Loligo vulgaris	
Raja montagui	Sepia elegans	
Raja undulata	Sepia officinalis	
Salmo salar	Sepiola sp.	
Salmo trutta		
Sander lucioperca		
Sardina pilchardus		
Scomber scombrus		
Scophthalmus maximus		
Scophthalmus rhombus		
Solea solea		
Sparus aurata		
Spondyliosoma cantharus		
Sprattus sprattus		
Syngnathus		
Trachurus trachurus		
Trisopterus luscus		
Trisopterus minutus		
Zeus faber		

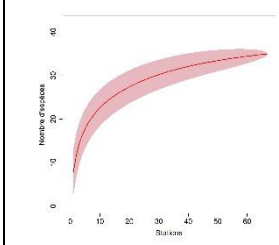
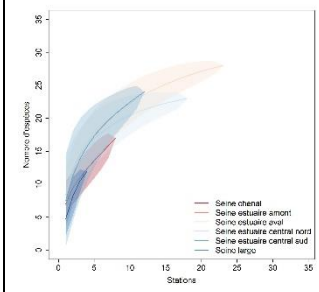
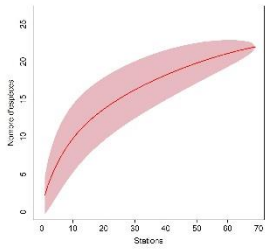
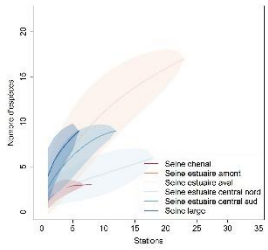
Tableau 8 : les 110 espèces** capturées à l'occasion des **campagnes NourDem menées en estuaire de seine entre 2017 et 2021

Les courbes d'accumulation spécifique (Tableau 9) présentent globalement, tant en ce qui concerne les poissons et céphalopodes d'une part, que les macro-invertébrés d'autre part, des tendances tangentielles, indiquant que l'effort d'échantillonnage déployé peut être considéré comme suffisant, et qu'il permet de cerner correctement la diversité faunistique du peuplement.

Tableau 9 *: courbes d'accumulation spécifique de* ***s poissons et céphalopodes*** *d'une part* ***(les deux colonnes de gauche), et de macro-****zoobenthos d'autre part* ***(les deux colonnes de droite), obtenues au cours des campagnes NourDem menées en estuaire de Seine entre 2017 et 2021. Les résultats sont fournis*** *globalement, sur l'ensemble du domaine, et strates par strates*



	Poissons et céphalopodes		Macro-zoobenthos	
	Sur l'ensemble du domaine	Sur chacune des strates	Sur l'ensemble du domaine	Sur chacune des strates
2017				
2018				
2019				
2020				

2021				

Un examen plus détaillé, strate par strate, confirme, dans la quasi-totalité des cas, cette tendance tangentielle, hormis en ce qui concerne la strate « Seine large » (courbes bleu-foncé dans le tableau ; Cf. poissons/céphalopodes en 2017, 2018, et 2021, et macro-zoobenthos en 2018, 2020 et 2021).

Cette strate n'est échantillonnée qu'au moyen de 6 traits (taux d'échantillonnage de 0,08 % ; Cf. Tableau 7) ce qui, à l'expérience, apparait un peu insuffisant pour cerner de manière satisfaisante la diversité faunistique. Le rajout de 2 à 3 traits dans cette strate est à envisager à l'avenir.

4.1.2 Les indices de peuplement en estuaire de Seine

Le script RSUFI permet de produire un ensemble d'indices de peuplement, également qualifiés d'indices de communauté. Ces indices, obtenus pour l'estuaire de Seine entre 2017 et 2021 sont donnés par le Tableau 10. A chaque indice est associé son Coefficient de Variation (CV = écart-type de l'indice/valeur de l'indice) qui est compris entre 0 et 1 et qui multiplié par 1,96 renseigne sur la fourchette d'encadrement de l'indice au seuil de 5% d'erreur. Plus le CV est proche de 0 et plus la fourchette d'encadrement de l'indice sera étroite.

Les indices d'abondance globaux moyens se sont élevés depuis le début du suivi à 85,4 millions d'individus pour une biomasse globale moyenne de 1091 tonnes. Les Indices d'abondance annuels ont présenté de fortes variations, comprises entre ≈ 23 +/- 9,9 millions d'individus (2021) et 162,25 +/- 193,99 millions d'individus (2020). La valeur élevée du CV en 2020 fait qu'on ne peut conclure à une différence significative d'abondance globale entre les deux années extrêmes de la série de campagnes. La différence est par contre significative entre l'abondance globale de 2021 et celle de 2018 (153,86 +/- 96,5 millions d'individus).

Les deux années de fortes abondances globales (2018 et 2020) sont caractérisées par de fortes abondances en poissons et en crustacés. Les poissons à l'origine de ces augmentations sont essentiellement les sprats (*Sprattus sprattus*) et dans une moindre mesure les harengs (*Clupea harengus*), c'est-à-dire deux espèces pélagiques, qui ne sont pas strictement inféodées à l'estuaire, mais qui, quand elles sont présentes, modifient profondément les équilibres au sein de la biocœnose.

Les crustacés majoritaires au sein du domaine échantillonné sont les crabes verts (*Carcinus maenas*) et les crevettes grises (*Crangon crangon*).

Les abondances en échinodermes ont été non négligeables en 2018 et 2019, plus faibles lors des autres campagnes. Les abondances en céphalopodes (essentiellement *Alloteutis sp.)* ont été significativement supérieures en 2018 et 2019 par rapport à celles des deux autres campagnes, mais non significativement différentes entre elles.

En ce qui concerne les biomasses globales, une différence significative apparait entre les années 2017 (501,9 +/- 232,5 tonnes) et 2019 (905,5 +/- 138,25 tonnes). Cette différence trouve son origine à la fois dans une abondance globale plus faible en 2017, ainsi que dans le poids moyen individuel peu élevé (12 grammes contre 20 grammes ; abondance relative élevée en petits pélagiques en 2017). Le poids moyen de 44 g en 2021 « compense » la faible abondance, ce qui a pour conséquence l'absence de différence significative entre les biomasses totales de 2021 et de 2018. Les différences de poids moyens individuels annuels (non significatives)

se retrouvent dans les distributions de tailles moyennes, et dans les proportions d'individus de plus de 15, 20 ou 25 cm.

L'indice de biodiversité Delta était faible en 2017 (0,6 +/- 0,2), significativement inférieur aux indices de 2019 et 2021. Cet indice faible traduit un déséquilibre du peuplement provenant de l'abondance de 2 ou 3 espèces par rapport à l'ensemble des autres (sprats, harengs et crevettes grises en l'occurrence). C'est également ce qui s'est passé en 2020, année où l'indice Delta a été le plus faible : 0,51 +/- 0,37). 2018 a également été une année de fortes abondances, mais reposant sur plus d'espèces (sprats, harengs, *Alloteutis sp.*, crevettes grises, crabes verts…), d'où un indice Delta supérieur à ceux de 2017 et 2020.

Tableau 10 : indices de peuplement en estuaire de Seine produits à partir des campagnes NourDem menées entre 2017 et 2021.

		Toutes les espèces cumulées		poissons et agnathes		crustacés		échinodermes		céphalopodes	
	Année	Valeur estimée	CV	Valeur estimée	CV	Valeur estimée	CV	Valeur estimée	CV	Valeur estimée	CV
Indice	2017	41 860 490	0,27	39 776 408	0,29	1 461 615	0,31	29 097	0,38	493 273	0,20
d'abondance	2018	153 858 218	0,32	74 087 949	0,35	55 708 547	0,66	3 119 921	0,79	4 993 689	0,18
(nombre	2019	45 884 508	0,27	30 267 654	0,39	9 638 797	0,22	3 175 828	0,39	2 169 751	0,32
d'individus)	2020	162 249 852	0,61	136 105 026	0,73	19 102 699	0,21	353 914	0,43	531 725	0,23
	2021	23 042 262	0,22	12 631 277	0,22	7 406 926	0,39	62 954	0,51	128 999	0,28
Moy.		85 379 066		58 573 663		18 663 717		1 348 343		1 663 488	
Indice	2017	501 926	0,24	487 504	0,24	10 758	0,36	294	0,37	3 189	0,20
de	2018	1 363 594	0,31	1 115 366	0,33	176 157	0,40	24 412	0,77	20 824	0,22
biomasse	2019	905 483	0,08	682 585	0,15	78 899	0,21	106 408	0,50	15 822	0,28
(kg)	2020	1 679 131	0,33	1 152 731	0,45	356 341	0,65	6 873	0,37	3 717	0,25
	2021	1 002 765	0,37	390 989	0,33	590 642	0,51	514	0,36	875	0,28
Moy.		1 090 580		765 835		242 559		27 700		8 885	
Indice	2017	0,60	0,17	0,56	0,18	0,67	0,16	0,51	0,18	0,66	0,08
de diversité	2018	0,88	0,07	0,77	0,12	0,55	0,26	0,47	0,32	0,54	0,12
Delta	2019	0,92	0,05	0,84	0,08	0,72	0,11	0,31	0,33	0,41	0,24
	2020	0,51	0,37	0,32	0,54	0,76	0,07	0,73	0,12	0,55	0,12
	2021	0,94	0,04	0,89	0,03	0,85	0,08	0,66	0,18	0,51	0,21
poids	2017	0,012	0,36	0,012	0,38	0,007	0,47	0,010	0,53	0,006	0,28
moyen	2018	0,009	0,45	0,015	0,48	0,003	0,77	0,008	1,11	0,004	0,28
individuel	2019	0,020	0,28	0,023	0,42	0,008	0,30	0,034	0,64	0,007	0,42
(kg)	2020	0,010	0,69	0,008	0,85	0,019	0,68	0,019	0,57	0,007	0,33
	2021	0,044	0,43	0,031	0,40	0,080	0,64	0,008	0,63	0,007	0,40
Moyenne des	2017	0,083	0,31	0,091	0,23	0,109	1,22	0,010	1,05		
poids moyens	2018	0,097	0,19	0,140	0,21	0,079	0,69	0,017	1,22	0,043	1,36
spécifiques	2019	0,125	0,33	0,123	0,46	0,135	0,70	0,015	0,61	0,080	1,42
(kg)	2020	0,162	0,50	0,174	0,63	0,118	1,15	0,019	0,76	0,005	0,59
	2021	0,097	0,26	0,116	0,31	0,111	0,65	0,033	0,75	0,025	1,24
Taille	2017	10,83	0,001	10,83	0,00	15,40	0,07				
moyenne	2018	9,67	0,001	9,70	0,00	14,45	0,01			3,39	0,02
(en cm)	2019	11,29	0,002	11,31	0,00	13,47	0,03			6,57	0,42
	2020	10,50	0,000	10,49	0,00	15,41	0,01			3,00	0,00
	2021	10,32	0,002	10,29	0,00	13,48	0,01			7,00	0,20
proportion	2017	0,03	0,01	0,03	0,01	0,60	0,37				
d' individus	2018	0,05	0,01	0,05	0,01	0,28	0,14			0,01	0,50
> 15 cm	2019	0,19	0,01	0,19	0,01	0,13	0,47			0,29	0,60
	2020	0,02	0,01	0,02	0,01	0,66	0,05				
	2021	0,15	0,01	0,15	0,01	0,16	0,09				
proportion	2017	0,01	0,02	0,01	0,02						
d' individus	2018	0,03	0,01	0,03	0,01	0,01	1,00				
> 20 cm	2019	0,09	0,01	0,09	0,01	0,03	0,98				
	2020	0,01	0,02	0,01	0,02						
	2021	0,06	0,02	0,06	0,02						
proportion	2017	0,01	0,03	0,01	0,03						
d' individus	2018	0,01	0,02	0,01	0,02						
> 25 cm	2019	0,03	0,02	0,03	0,02						
	2020	0,00	0,02	0,00	0,02						
	2021	0,02	0,03	0,02	0,03						
proportion	2017	0,00	0,04	0,00	0,04						
d' individus	2018	0,01	0,03	0,01	0,03						
> 30 cm	2019	0,01	0,04	0,01	0,04						
	2020	0,00	0,04	0,00	0,04						
	2021	0,01	0,05	0,01	0,05						

En conclusion, l'estuaire de Seine apparait comme un milieu riche, voire très riche, mais dont les peuplements connaissent de fortes variations d'abondance interannuelles, principalement du fait, certaines années, du développement (ou de l'arrivée en migration) de petits pélagiques (sprats et harengs, mais aussi du petit calmar *Alloteutis sp.* qui est également une espèce pélagique), et qui peuvent devenir majoritaires (en abondance et en biomasse au sein de l'estuaire. Ces trois espèces peuvent à elles seules représenter des biomasses de plusieurs dizaines, voire centaines de tonnes supplémentaires de consommateurs primaires/secondaires, et ont très vraisemblablement un impact majeur sur l'écosystème global et ses chaines trophiques, par :

- consommation de phytoplancton et de zooplancton, dont des œufs et larves de crustacés ,de mollusques et de poissons,
- tout en contribuant également, en tant qu'espèce fourrage, à l'alimentation des prédateurs supérieurs, démersaux ou pélagiques, que sont les bars, merlans, maquereaux, chinchards…, et qui sont également abondants dans l'estuaire.

4.1.3 Les espèces principales et d'intérêt, socle du peuplement de l'estuaire de Seine.

109 espèces différentes ont été capturées en Seine depuis le début des suivis NourDem (5 campagnes menées fin juillet/début août entre 2017 et 2021), mais la grande majorité d'entre elles n'ont fait l'objet que de quelques captures, ou n'ont été capturées qu'au cours de quelques traits. Ces espèces « rares » sont importantes en termes de biodiversité, et méritent de ce fait d'être comptabilisées, mais ne constituent pas, à proprement parler, le socle du peuplement de l'estuaire de Seine.

Pour identifier les espèces majeures peuplant l'estuaire aux périodes des campagnes, on peut les classer en fonction de :

- leurs indices d'abondance
- leurs indices de biomasse
- ou de leurs occurrences de capture, c'est-à-dire le nombre de traits au cours desquels elles sont capturées par rapport au nombre total de traits réalisé au cours de la campagne.

Nous avons choisi de retenir comme premier facteur d'identification des espèces majeures au sein du peuplement, les occurrences de capture. Nous traiterons dans les paragraphes qui suivent de toutes les espèces dont l'**occurrence de capture** est **supérieure à 20%** (capture de l'espèce dans au moins 1/5ème des traits en moyenne sur l'ensemble des campagnes NourDem réalisées sur la zone).

Nous avons également choisi de traiter, quel que soit leur classement en termes d'occurrence :

- les espèces pouvant présenter de très fortes abondances ou biomasses à l'occasion de certaines campagnes,
- les espèces identifiées comme sentinelles dans le cadre d'autres suivi, et en particulier les migrateurs amphidromes que sont l'anguille, le saumon, la truite de mer, la grande alose, l'alose feinte, l'éperlan et les lamproies marines et fluviatiles (et les esturgeons dans les estuaires où des captures seront enregistrées),
- Les espèces chez qui nous avons séparé les groupes d'âge (e.g. bars, soles…) du fait de leur intérêt économique, patrimonial ou biologique,
- Et enfin les espèces pour lesquelles l'estuaire constitue une nourricerie. Ces espèces sont identifiées via l'abondance en juvéniles des tous premiers groupes d'âge au sein de nos captures.

Au total, 27 espèces (Tableau 11) répondent à cet ensemble de critères[11].

Parmi ces 27 espèces, 19 présentent une occurrence moyenne de capture supérieure à 20%. A ces 20 premières espèces, nous en avons ajouté 2, d'occurrences inférieures, mais d'intérêt commercial et dont les indices de biomasse moyens sont élevés : les araignées de mer et les rougets de roche.

Ces 21 premières espèces du Tableau 11 constituent le socle du peuplement de l'estuaire de Seine[12]. Dans l'ordre d'occurrence, ces espèces sont :

- Le **crabe vert** *Carcinus maenas* est l'espèce la plus occurrente dans nos captures en estuaire de Seine (capturée dans plus de 80% des traits). La moyenne de ses indices d'abondance (IA) depuis 2017 est de ≈ 8,3 millions d'individus et celle de ses indices de biomasse (IB) de l'ordre de 39,5 tonnes.
- Le **flet commun** *Platichthys flesus présente* 69,5% d'occurrence moyenne de capture, un IA moyen de ≈ 310 000 individus et IB moyen de l'ordre de 32 tonnes. Cette espèce utilise l'estuaire en tant que nourricerie, des juvéniles des groupes 0 (nés dans l'année) y étant communément capturés.
- Le **bar européen** *Dicentrarchus labrax* arrive en seconde ou en troisième position d'occurrence selon que l'on considère les classes d'âge ensemble ou séparément. Il présente un IA moyen cumulé (toutes les classes d'âge ensemble) de ≈ 970 000 individus pour un IB moyen de ≈ 117 tonnes. Cette espèce utilise l'estuaire comme nourricerie (capture de groupes 0, 1, 2…).
- Le **merlan** *Merlangius merlangus* arrive en 4ème position d'occurrence (59,8%) avec un IA moyen de ≈ 4,1 millions d'individus et un IB moyen de ≈ 31 tonnes. Des individus du groupe 0 sont capturés en grand nombre sur le domaine échantillonné.
- La **méduse rayonnée** (ou « méduse boussole ») *Chrysaora hysoscella* arrive en 5ème position en termes d'occurrence moyenne de capture (58,6%) depuis le début du suivi en estuaire de Seine. L'indice d'abondance moyen est d'environ 200 000 individus pour un indice moyen de biomasse de l'ordre de 16,5 tonnes.
- Le **sprat** *Sprattus sprattus* est, en moyenne, l'espèce la plus abondante capturée lors de nos campagnes en estuaire de Seine, avec un indice moyen d'abondance de ≈ 39,5 millions d'individus pour un indice moyen de biomasse de ≈ 290 tonnes, et une occurrence moyenne de 55,8%. Ce petit pélagique présente cependant des indices d'abondance et de biomasse très variables selon les années.
- La **sole commune** *Solea solea* utilise également l'estuaire comme nourricerie, l'occurrence de capture des individus du Groupe 1 (qui est comparable à celle des Groupes 2 et +) dépassant les 54% (66% d'occurrence tous groupes d'âge cumulés). Au total, l'indice d'abondance moyen entre 2017et 2021 a été de l'ordre de 500 000 individus pour un indice moyen de biomasse de l'ordre de 29,5 tonnes.

---

11 Un tableau de synthèse présentant les occurrences de capture et les indices d'abondance et de biomasse de toutes les espèces capturées en estuaire de Seine est fourni en annexe 3.

12 Il convient de bien garder à l'esprit qu'il s'agit ici du peuplement tel qu'on peut le décrire à une période donnée d'une part, et à partir de données produites au moyen du chalut GOV Ifremer/NourDem d'autre part, et que ce chalut n'est pas un engin adapté pour échantillonner de manière fiable tous les compartiments (toutes les espèces), ni tous les secteurs des écosystèmes estuariens :

- Cette hiérarchisation des espèces, et l'ensemble des résultats produits, peuvent être considérés comme valides pour la période où a été réalisée la campagne (fin juillet-début août), mais pas pour l'année entière. En effet, la variabilité intra annuelle des peuplements estuariens (éclosions/métamorphoses, arrivées et départs d'espèces en migration, mortalités…) fait que les résultats produits sont robustes sur une courte période, mais ne peuvent être extrapolés à d'autres périodes de l'année. C'est d'ailleurs pour cette raison que le protocole du projet impose la réalisation des campagnes à des dates les plus fixes possible année après année (tolérance acceptée d'un cycle de marées, soit 2 semaines),
- Cette hiérarchisation des espèces est biaisée du fait de l'utilisation d'un seul engin d'échantillonnage : un chalut, quel qu'il soit, ne permet pas un échantillonnage de l'ensemble des compartiments de l'écosystème (il n'est pas adapté, par exemple pour échantillonner la macrofaune endogée, i.e. vivant dans les sédiments), ni tous les secteurs d'une zone donnée : impossibilité de chaluter sur les zones de roche par exemple, ou dans les zones portuaires, alors qu'elles sont souvent très importantes au sein des estuaires…

- Le **hareng commun** *Clupea harengus* présente une occurrence moyenne de capture de 52%. Son IA moyen est de 9,3 millions d'individus et son IB moyen de 34,7 tonnes. Tout comme le sprat, cette espèce présente de forte variations d'abondance interannuelles de capture, et semble plus inféodée, dans ses stades jeunes, à la bande côtière qu'à l'estuaire *stricto sensu*.
- Le petit **calmar *Alloteuthis sp*.** arrive en 9ème position d'occurrence (51,6%), avec un IA ≈ 1,6 millions d'individus et un IB ≈ 8,2 tonnes.
- L'**éperlan d'Europe** *Osmerus eperlanus,* qui est un migrateur anadrome, majoritairement sémelpare (fishbase), et une espèce indicatrice, sensible au réchauffement climatique (Chevillot et al, 2016), arrive en 10ème position de ce classement, avec 44% d'occurrence moyenne de capture pour les Groupes 1+ (25,2% pour les groupes 0), principalement dans la strate « chenal », et un indice d'abondance moyen, tous groupes d'âges confondus, dépassant 1,6 millions d'individus, pour un indice moyen de biomasse de l'ordre de 24,6 tonnes.

Tableau 11 : NourDem Seine : occurrences moyennes de capture et indices *moyens d'abondance et de biomasse des espèces principales (espèces dont l'occurrence de capture est >20%), des migrateurs amphihalins (Mig.Amphi.) et des espèces à haute valeur économique, patrimoniale ou d'intérêt, de l'estuaire de Seine échantillonnées d**ans le cadre des** campagnes NourDem menées entre 2017 et 2021. Les espèces sont classées en fonction de leur rang d'occurrence moyenne de capture. Les groupes d'âge sont distingués chez le bar européen, le merlan, la sole commune **et** l'éperlan d'Europe. Les **couleurs distinguent les espèces principalement benthiques, bentho-démersales, démersales et pélagiques.***

	Nom commun	ESPECES	OCCUR. moy.(%)	RANG	IA Moy. (nbre)	IB Moy. (kg)	Catégorie	Mig. Amphi.
1	Crabe vert	Carcinus maenas	80,07	1	8 306 144	39 530	Benthique	
2	Flet commun	Platichthys flesus	69,48	2	308 913	32 140	Bentho-démersale	
3	Bar européen	Total Dicentrarchus labrax	77,80		970 325	116 964	Démersale	
		Dicentrarchus labrax_G0	15,40	29	223 031	943		
		Dicentrarchus labrax_G1	36,18	14	339 637	12 966		
		Dicentrarchus labrax_G2	68,85	3	203 693	27 468		
		Dicentrarchus labrax_G3p	67,75	4	203 964	75 587		
4	Merlan	Total Merlangius merlangus	59,81		4 141 997	30 956	Démersale	
		Merlangius merlangus_G0	60,10	5	4 135 992	30 225		
		Merlangius merlangus_G1p	6,69	44	6 005	731		
5	Méduse rayonnée	Chrysaora hysoscella	58,57	6	202 828	16 491	Pélagique	
6	Sprat	Sprattus sprattus	55,82	7	39 459 460	290 271	Pélagique	
7	Sole commune	Total Solea solea	66,62		503 762	29 502	Bentho-démersale	
		Solea solea_G0	14,16	30	72 152	249		
		Solea solea_G1	54,83	8	346 156	17 484		
		Solea solea_G2p	54,07	9	85 454	11 769		
8	Hareng commun	Clupea harengus	52,03	10	9 298 857	34 667	Pélagique	
9	Alloteuthis	Alloteuthis sp.	51,62	11	1 631 951	8 176	Pélagique	
10	Eperlan d'Europe	Total Osmerus eperlanus	46,06		1 665 169	24 609	Pélagique	anadrome
		Osmerus eperlanus_G0	25,23	21	746 066	1 503		
		Osmerus eperlanus_G1p	44,14	12	919 103	23 106		
11	Crevette grise	Crangon crangon	39,25	13	8 383 565	7 510	Benthique	
12	Plie commune	Pleuronectes platessa	36,27	15	171 771	20 687	Bentho-démersale	
13	Chinchard commun	Trachurus trachurus	29,14	17	207 291	43 689	Pélagique	
14	Etrille lisse	Liocarcinus vernalis	28,50	18	915 238	7 468	Benthique	
15	Maquereau commun	Scomber scombrus	25,39	19	208 208	42 204	Pélagique	
16	Raie bouclée	Raja clavata	24,62	21	54 076	5 337	Bentho-démersale	
17	Anguille commune	Anguilla anguilla	23,15	22	18 048	5 532	Bentho-démersale	catadrome
18	Grondin perlon	Chelidonichthys lucerna	22,45	23	25 748	3 285	Bentho-démersale	
19	Petite vive	Echiichthys vipera	22,17	24	532 883	9 107	Bentho-démersale	
20	Araignée de mer	Maja brachydactyla	7,79	40	235 475	159 906	Benthique	
21	Rouget de roche	Mullus surmuletus	4,69	49	263 552	17 537	Bentho-démersale	
22	Alose feinte	Alosa fallax	2,45	66	1 710	317	Pélagique	anadrome
23	Lamproie fluviatile	Lampreta fluviatilis	2,01	68	499	58	Bentho-démersale	anadrome
24	Grande alose	Alosa alosa	1,17	84	789	123	Pélagique	anadrome
25	Truite de mer	Salmo trutta	0,56	93	74	22	Démersale	anadrome
26	Saumon atlantique	Salmo salar	0,54	95	289	40	Démersale	anadrome
27	Lamproie marine	Petromyzon marinus	0,27	104	130	10	Bentho-démersale	anadrome

NB : la cinqui**ème colonne du tableau donne le rang auquel l'espèce est classée en fonction de son occurrence moyenne **de capture. Le crabe vert** Carcinus maenas est donc l'espèce dont l'occurrence de capture est la plus élevée, suivi du flet **Platichthys flesus, devant les bars du groupe 2 (au troisième rang) etc. Par contre, quand on cumule toutes les classes** d'âge du bar, l'occurrence de capture est de 77,8%, ce qui le classerait en seconde position si les classes d'âge n'avaient **pas été distinguées.

Entre le 11ème et le 19ème rang en termes d'occurrence moyenne de capture, on trouve 8 espèces de poissons et deux de crustacés.

Dans l'ordre, les poissons sont :

- La **plie commune** *Pleuronectes platessa*, dont l'estuaire est une des nourriceries, avec un indice d'abondance moyen de l'ordre de 177 000 individus pour un indice de biomasse de ≈ 20,7 tonnes
- Le **chinchard commun** *Trachurus trachurus*, espèce pélagique abondante sur la zone aval du domaine échantillonné, avec 29,1% d'occurrence de capture en moyenne, un IA moyen de ≈ 207 000 individus et un IB moyen de ≈ 43,7 tonnes
- Le **maquereau commun** *Scomber scombrus*, pélagique également, et comme le chinchard, capturé plutôt à l'aval du domaine échantillonné, avec une occurrence moyenne de capture de 25,4%, un IA moyen de ≈ 208 000 individus et un IB moyen de ≈ 42,2 tonnes
- La **raie bouclée** *Raja clavata*, espèce bentho-démersale d'intérêt commercial et patrimonial, bien présente en estuaire de Seine, avec 24,6% d'occurrence moyenne, un IA moyen de ≈ 54 000 individus et un IB moyen de 5,3 tonnes.
- l'**anguille commune** *Anguilla anguilla*, espèce migratrice catadrome (ou thalassotoque) dont l'occurrence de capture s'élève en moyenne à 23,15% pour un IA moyen de ≈ 18 000 individus et un IB moyen de ≈ 5,5 tonnes.
- Le **grondin perlon** *Chelidonichthys lucerna* : occurrence de 22,5%, IA ≈ 27 000 individus et IB ≈ 3,3 tonnes
- La **petite vive** *Echiichthys vipera*, essentiellement présente dans les parties les plus aval du domaine échantillonné, avec une occurrence moyenne de capture de ≈ 22%, un IA moyen de ≈ 530 000 individus pour un IB moyen de ≈ 9,1 tonnes.

Les deux crustacés se classant parmi les espèces majeures sont :

- la **crevette grise** *Crangon crangon*, capturée sur la quasi-totalité des traits réalisés par des salinités comprises entre 30 et 10 pour mille. Globalement, sur l'ensemble de l'estuaire, son occurrence moyenne de capture est de 39,25%, son IA moyen de ≈ 8,4 millions d'individus et son IB moyen de ≈ 7,5 tonnes. Cette espèce revêt un intérêt économique car elle fait l'objet d'une exploitation professionnelle localement.
- l'**étrille lisse** *Liocarcinus vernalis* : occurrence moyenne de capture de 28,5%, IA moyen de ≈ 915 000 individus et IB moyen de ≈ 7,47 tonnes.

A cette liste des 19 premières espèces en termes d'occurrence, il apparait judicieux de rajouter deux espèces, moins occurrentes, mais abondantes, et d'intérêt commercial :

- L'**araignée de mer qui** n'est capturée qu'à l'occasion de 7,8% des traits en moyenne, mais dont l'IA moyen est de ≈ 235 000 individus et l'IB moyen de ≈ 160 tonnes.
- et le **rouget de roche** *Mullus surmuletus* qui n'est capturé que dans 4,7 % des traits, mais dont l'IA moyen est de ≈ 263 500 individus et l'IB moyen de ≈ 17,5 tonnes.

Ces 21 espèces, socle du peuplement de l'estuaire de Seine, présentent, ensemble, un indice global d'abondance moyen de ≈ 79,17 millions d'individus (Tableau 12; soit 92,7 % de l'IA global estimé à 85,38 millions ; Cf. Tableau 10), et un indice moyen de biomasse de ≈ 970,7 tonnes (soit 89% de la biomasse totale moyenne ; 1 091 tonnes).

Quatre de ces espèces peuvent être classées dans la catégorie des espèces benthiques (les 3 espèces de crustacés)[13], 8 dans celle des espèces bentho-démersales, 2 dans celle des espèces démersales et 7 dans celle des pélagiques. Au sein des espèces socle du peuplement, ce sont donc les espèces pélagiques qui dominent, représentant 68,6% de l'abondance et ≈ 50% de la biomasse. Ensemble, les espèces benthiques et bentho-démersales représentent ¼ de l'abondance globale moyenne et ≈ 35% de la biomasse. Les espèces démersales (uniquement représentées par le bar européen et le merlan au sein des espèces socle) représentent 6,5% de l'abondance moyenne et 15,2% de la biomasse.

Tableau 12** : indices d'abondances **(IA) et de biomasses (IB) moyens obtenus pour les 22 espèces socle du peuplement de l'estuaire de seine à l'issue des campagnes menées entre 2017 et **2021 dans le cadre de NourDem Seine. Distinction entre les espèces pélagiques, démersales, bentho-démersales et benthiques.

Espèces	IA	IB	%IA	%IB
Pélagiques	54 338 934	485 157	68,64	49,98
Démersales	5 112 322	147 982	6,46	15,24
Bentho-démersales	1 878 753	123 193	2,37	12,69
Benthiques	17 840 422	214 414	22,53	22,09
total	79 170 431	970 746	100	100

Les répartitions spatiales et les abondances annuelles de ces 21 espèces majeures sont traitées de manière plus détaillée dans les paragraphes qui suivent.

Les 6 dernières espèces retenues dans le Tableau 11 ne constituent pas des espèces socle du peuplement car elles présentent à la fois des occurrences de capture et des indices d'abondance et de biomasse faibles. Elles méritent néanmoins d'être prises en compte et suivie avec attention du fait de leur intérêt patrimonial, en tant que migrateurs potamotoques/anadromes, et de leur classement en tant qu'espèces indicatrices dans le cadre de différents suivis (y compris d'eau douce). Il s'agit de :

- L'**alose feinte** *Alosa fallax*, migrateur anadrome, dont l'occurrence de capture moyenne n'atteint que 2,45%, avec un IA moyen de 1710 individus pour un IB moyen de 317 kg,
- la **lamproie fluviatile** (ou lamproie de rivière) *Lampreta fluviatilis*, migrateur anadrome, classé vulnérable (site web inpn.mnhn) : occurrence moyenne de 2,01%, IA de 499 individus et IB de 58 kg
- la **grande Alose** *Alosa alosa,* migrateur anadrome : occurrence moyenne de capture de 1,17%, IA moyen de 789 individus et IB moyen de 123 kg
- la **truite de mer** *Salmo trutta,* migrateur anadrome qui n'a pas été capturé au cours de toutes les campagnes : occurrence moyenne de capture de 0,56% pour un IA moyen de 74 individus et un IB moyen de 22kg,
- du **saumon atlantique** *Salmo salar*, migrateur anadrome, qui n'a pas été capturé à l'occasion de chacune des campagnes : occurrence de capture moyenne de 0,54%, IA moyen de 289 individus et IB moyen de 40 kg
- et de la **lamproie marine** *Petromyzion marinus,* migrateur anadrome, qui n'a pas été capturé à l'occasion de chacune des campagnes : occurrence moyenne de capture de 0,27%, IA moyen de 130 individus et IB moyen de 10kg.

Même si les faibles occurrences de capture de ces 6 dernières espèces rendent les indices d'abondance et de biomasse, ainsi que les cartographies de densités surfaciques, peu fiables, il a néanmoins semblé judicieux de les traiter de manière détaillée dans les paragraphes qui suivent.

[13] La distinction entre espèces benthiques et démersales est parfois sujette à caution, notamment chez des poissons vivant principalement posés sur le fond, mais capables de se déplacer dans la colonne d'eau, éventuellement de s'y nourrir de proies démersales ou pélagiques. Nous avons utilisé une catégorisation mixte « Bentho-démersale » pour les poissons plats, les gobies, les anguilles et les lamproies, et réservée la catégorisation « benthique » aux espèces du macro-zoobenthos (qui ne se déplacent et ne se nourrissent qu'au fond).

4.1.4 Le crabe vert Carcinus maenas en estuaire de Seine

Le crabe vert (*Carcinus maenas*) est présent, en moyenne, dans plus de 80% des traits. La moyenne de ses indices d'abondance depuis 2017 est de ≈ 8,3 millions d'individus et la moyenne de ses indices de biomasse de l'ordre de 39,5 tonnes (Tableau 11). Cette espèce benthique est commune, et le plus souvent abondante dans les estuaires. Elle est carnivore, nécrophage, et représente aussi une proie de prédilection pour les bars et nombre d'autres prédateurs supérieurs. La Figure 9 présente les indices d'abondance annuels, déterminés au moyen des deux scripts RSUFI et RSTRATI, de cette espèce depuis 2017, toutes classes d'âge confondues.

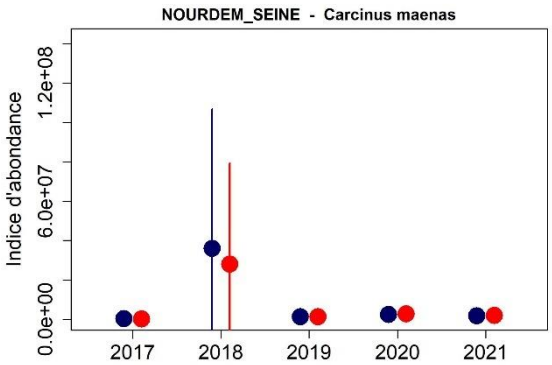
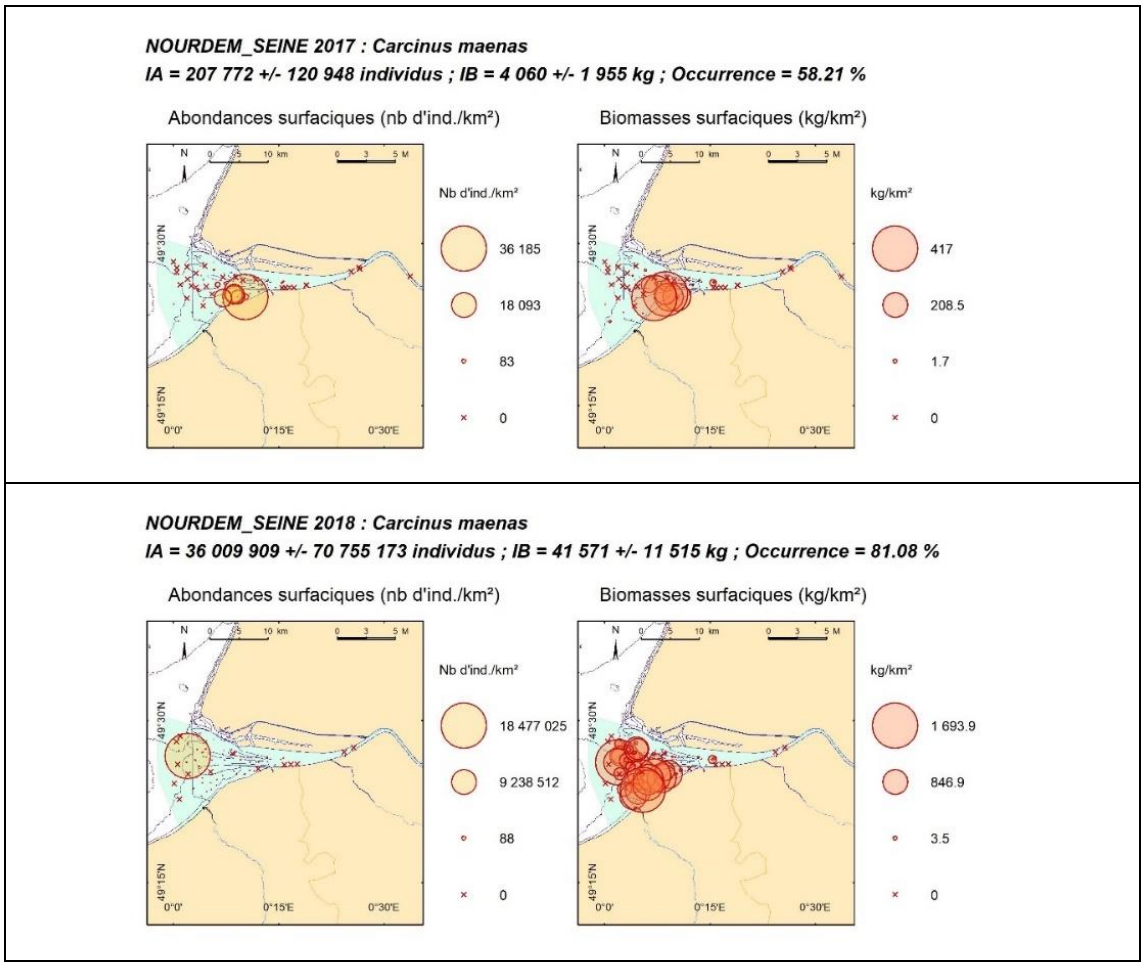


Figure 9 : Le crabe vert Carcinus maenas en Seine** : indices d'abondance (en nombre d'individus) et fourchettes d'encadrement au seuil d'erreur de **5% de ces indices, calculés à partir des données de capture des campagnes NourDem Seine entre 2017 et 2021. En bleu, indices RSUFI ; en rouge indices RSTRATI.

L'exceptionnelle abondance de l'année 2018, que le calcul soit réalisé au moyen des scripts RSUFI ou RSTRATI (36 millions d'individus, pour une biomasse de ≈ 41,6 tonnes), écrase les valeurs obtenues les autres années sur la Figure 9. Mais hormis en 2017 (≈ 200 000 individus seulement), tous les indices annuels d'abondance dépassent le million d'individus. Les captures présentant une forte variabilité inter-traits, les incertitudes associées aux indices sont également importantes, et ne permettent pas de conclure à des différences interannuelles significatives.



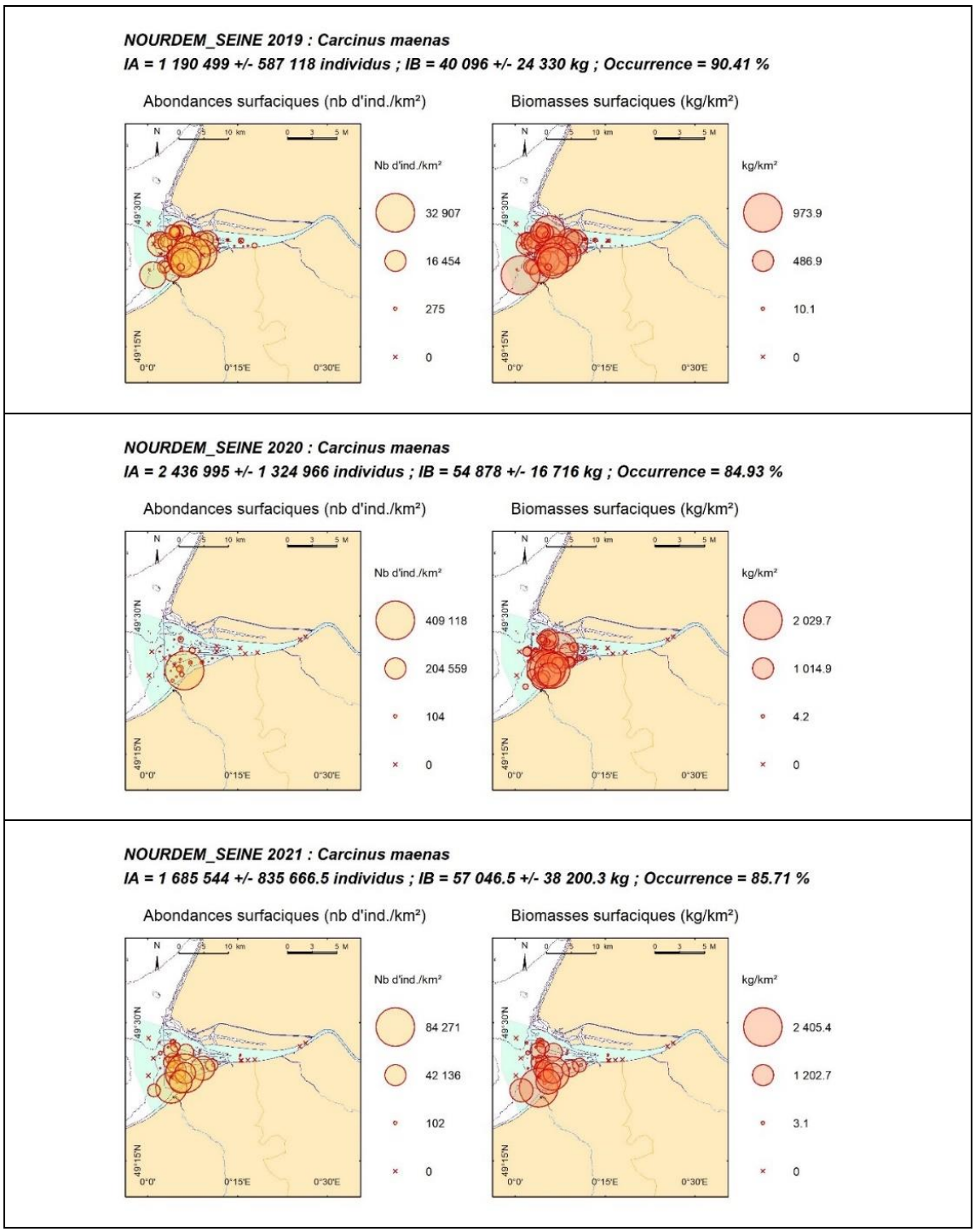


Figure 10 : Les crabes verts en estuaire de Seine** : densités surfaciques (en nombre d'individus par km² **; script RSUFI) et biomasses surfaciques (en kg/km²) des crabes verts Carcinus maenas obtenues dans le cadre des campagnes NourDem Seine entre 2017 et 2021.

La Figure 10 montre que les densités maximales en crabes verts sont observées chaque année sur un même espace, à l'ouvert de l'estuaire, plutôt dans sa partie sud, principalement sur les platières des strates « estuaire central sud » et « estuaire aval », avec une colonisation également importante (mais moindre) des strates « estuaire central nord » et « chenal ». Aucune capture n'est enregistrée sur les traits les plus amont et les plus aval du domaine. Cette espèce apparait inféodée à la partie marine de l'estuaire, là où les eaux sont légèrement dessalées et peu profondes (notamment les traits réalisés sur les platières du bas estran).

4.1.5 Le flet commun Platichthys flesus en estuaire de Seine

Le flet commun *Platichthys flesus* présente globalement 69,5% d'occurrence moyenne de capture depuis le début du suivi en estuaire de Seine, pour une moyenne des indices d'abondance de ≈ 309 000 individus et une moyenne des indices de biomasse de ≈ 32 tonnes (Tableau 11).

L'indice maximal d'abondance a été atteint en 2021 (666 535 +/- 447 207 individus), et le minimum en 2017 (41 515 +/- 19 837 individus)

La Figure 11 présente l'évolution des indices d'abondance et de leurs fourchettes d'encadrement. L'année 2017 diffère du reste de la série, par des abondances, qu'elles soient déterminées au moyen des scripts RSUFI ou RSTRATI, significativement inférieures à celles de toutes les autres années. 2021 est caractérisée par une très forte abondance en juvéniles du groupe 0, mais l'incertitude associée à l'indice d'abondance ne permet pas de conclure à une abondance significativement supérieure à celles des années 2018, 2019 et 2020.

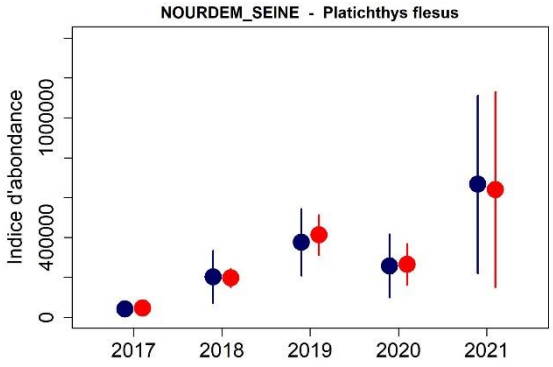


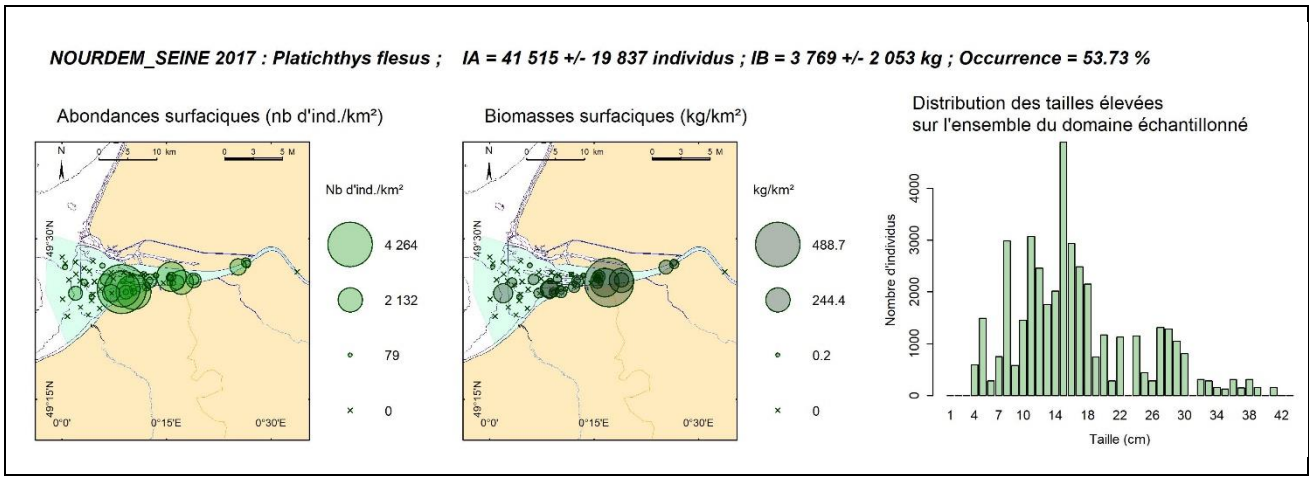
Figure 11 : le flet Platichthys flesus en Seine : indices** d'abondance (en nombre d'individus) et fourchettes d'encadrement au seuil d'erreur de 5% de ces indices, calculés **à partir des données de capture des campagnes NourDem Seine entre 2017 et 2021. En bleu, indices RSUFI ; en rouge indices RSTRATI.

La Figure 12 présente la synthèse des données de capture de cette espèce, toutes classes d'âge confondues (abondances surfaciques, biomasses surfaciques, et distribution des tailles de capture élevée à l'ensemble du domaine).

Cette figure montre que les flets communs colonisent l'estuaire dans sa totalité, depuis les zones les plus amont (proches du zéro de salinité ; il s'agit d'ailleurs des secteurs préférentiels de présence des individus du groupe 0, i.e. nés dans l'année) jusqu'à la strate « large ».

Les densités maximales se situent cependant par des salinités comprises entre 5 et 30 pour mille, ce qui semble correspondre au *preferendum* de l'espèce.

La Figure 12 confirme également que l'estuaire de Seine représente une nourricerie pour cette espèce, des individus du groupe 0 (d'une taille inférieure à 10 cm) étant capturés en nombre chaque année (et notamment en 2021). Les adultes fréquentent également l'estuaire, la taille maximale de capture enregistrée atteignant 41 cm.



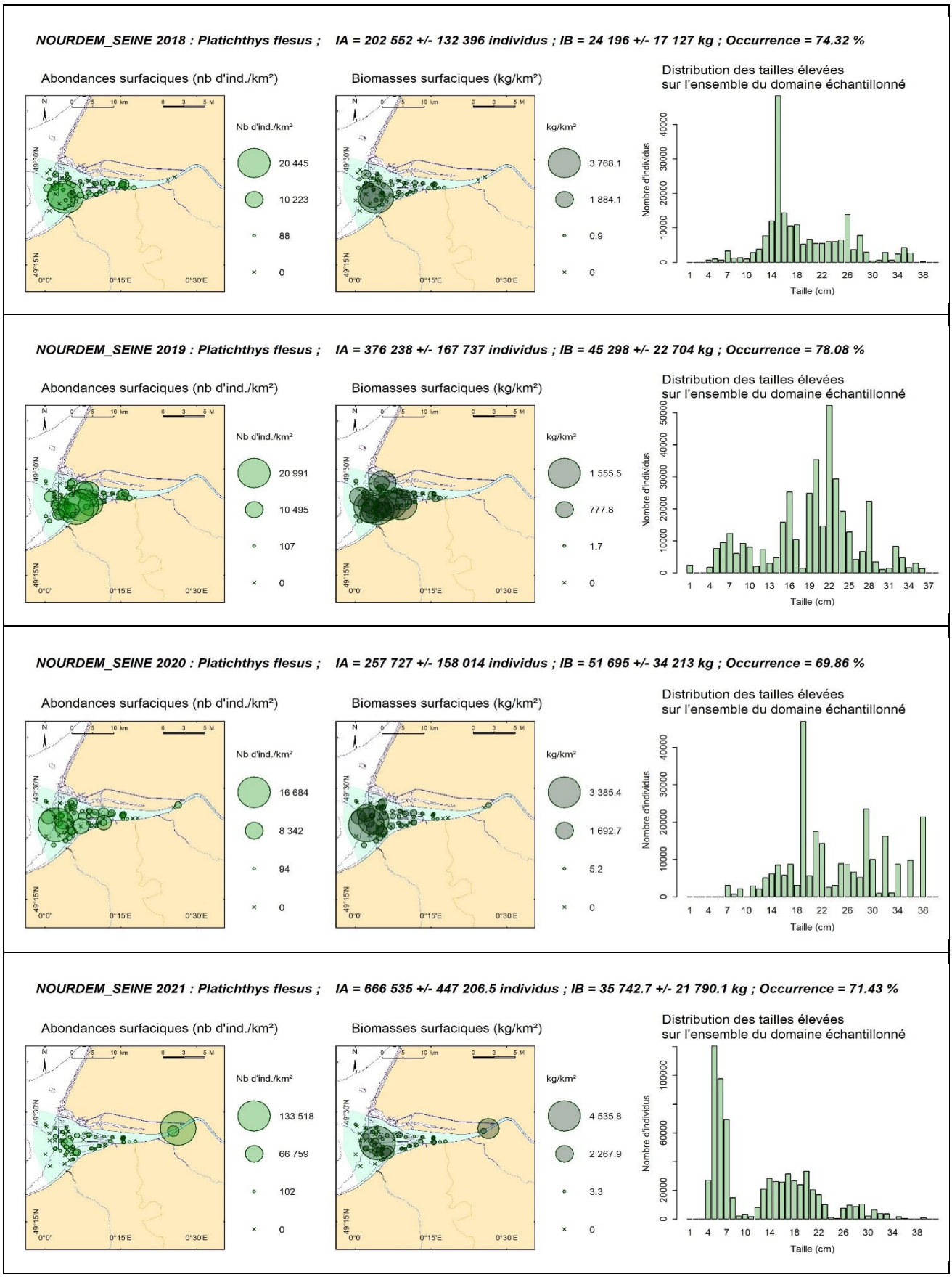


Figure 12 : Les flets communs en estuaire de Seine : *densités surfaciques (en nombre d'individus par km²* ***; script RSUFI****), biomasses surfaciques (en kg/km²) et distributions des tailles (élevées à l'ensemble du domaine* ***échantillonné) des flets communs Platichthys flesus obtenues dans le cadre des campagnes NourDem Seine entre 2017 et 2021***

4.1.6 Le bar européen Dicentrarchus labrax en estuaire de Seine

Dicentrarchus labrax présente, en moyenne entre 2017 et 2021, toutes classes d'âge cumulées, une occurrence de capture de 77,8%. Les occurrences moyennes de capture des différents groupes d'âge sont comprises entre 68,9 (G2) et 15,4% (G0). La moyenne des indices d'abondance sur la période, toutes classes d'âge cumulées, est de ≈ 970 000 individus pour un indice moyen de biomasse de l'ordre de 117 tonnes (Tableau 11). L'importance de cette espèce au sein de l'estuaire de Seine, mais également du point de vue patrimonial et économique, a amené à distinguer différents groupes d'âge (de G0 = nés dans l'année à G3+ = nés 3 ans ou plus avant la campagne), qui sont traités séparément dans les paragraphes qui suivent

Les bars européens du groupe 0 en estuaire de Seine

Les bars du groupe 0 sont ceux qui sont nés dans l'année en cours (e.g. 2021 pour la campagne 2021, 2020 pour la campagne 2020…).

La Figure 13 présente l'évolution des indices d'abondance depuis 2017 de ce groupe d'âge. Ces indices apparaissent très fluctuants, et très peu précis, les fourchettes d'encadrement au seuil d'erreur de 5% ne permettant pas de conclure à des différences significatives (indices RSUFI).

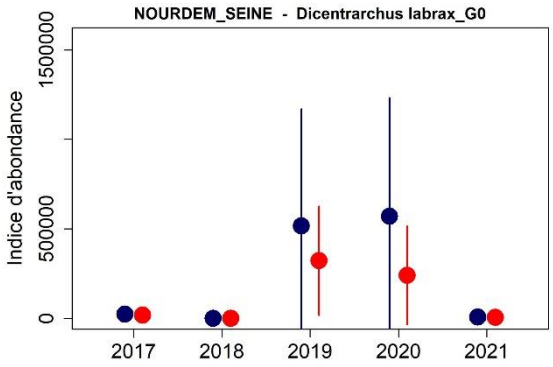
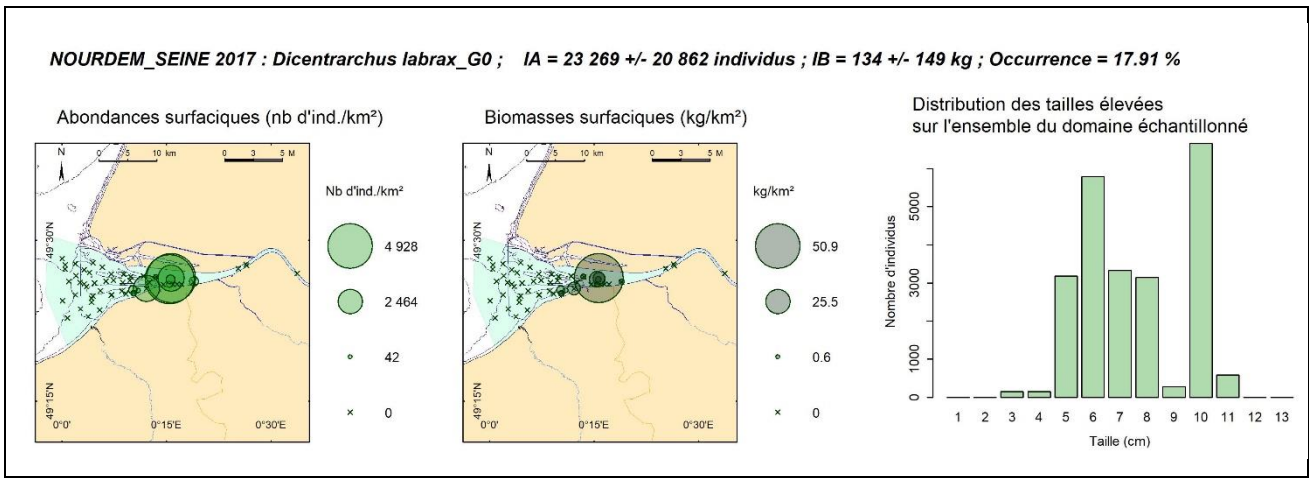


Figure 13 : les bars européen Dicentrarchus labrax du groupe 0 en estuaire de Seine** : indices d'abondance (en nombre d'individus) et fourchettes d'encadrement au seuil d'erreur de **5% de ces indices, calculés à partir des données de capture des campagnes NourDem Seine entre 2017 et 2021. En bleu, indices RSUFI ; en rouge indices RSTRATI.

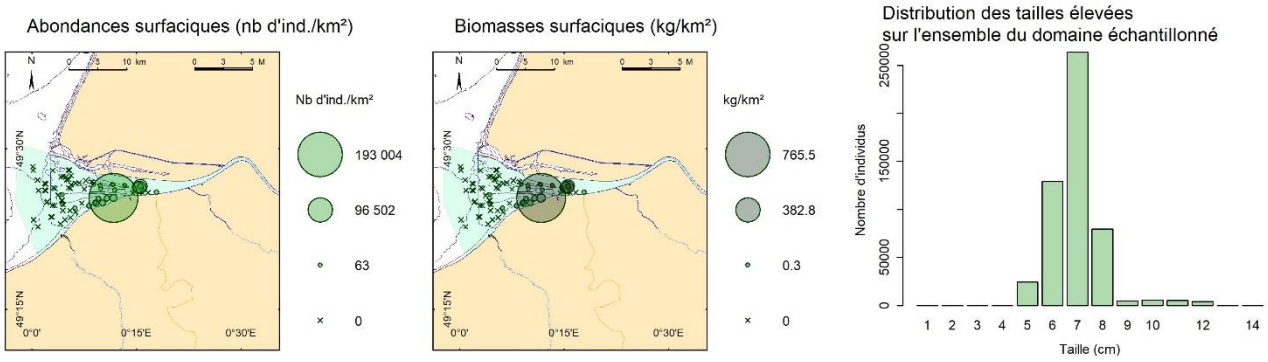
Les valeurs extrêmes des indices d'abondance sont comprises entre 0 (2018 ; pas de capture d'individus de ce groupe d'âge) et ≈ 570 000 +/- ≈ 663 000 individus (campagne 2020 ; Figure 14). Les captures sont enregistrées chaque année principalement sur les traits les moins profonds du domaine échantillonné qui, dans cet estuaire, se situent dans la strate « estuaire central sud » (en Seine, nos 3 traits les plus amont sont situés dans le chenal, par des bathymétries > 5 m, sans possibilité d'y chaluter les bordures, et on n'y capture jamais de juvéniles de bars). Ceci est pour partie conforme à la répartition connue des plus jeunes juvéniles de l'espèce dont les nourriceries se situent dans les zones les plus dessalées et les moins profondes des estuaires. Ces habitats préférentiels, difficilement accessibles au chalut, rendent l'échantillonnage de cette classe d'âge aléatoire et imprécis. Les indices d'abondance et de biomasse produits doivent donc être considérés comme très peu fiables.

Les tailles des individus du groupe 0 sont comprises entre 3 et 11 cm.

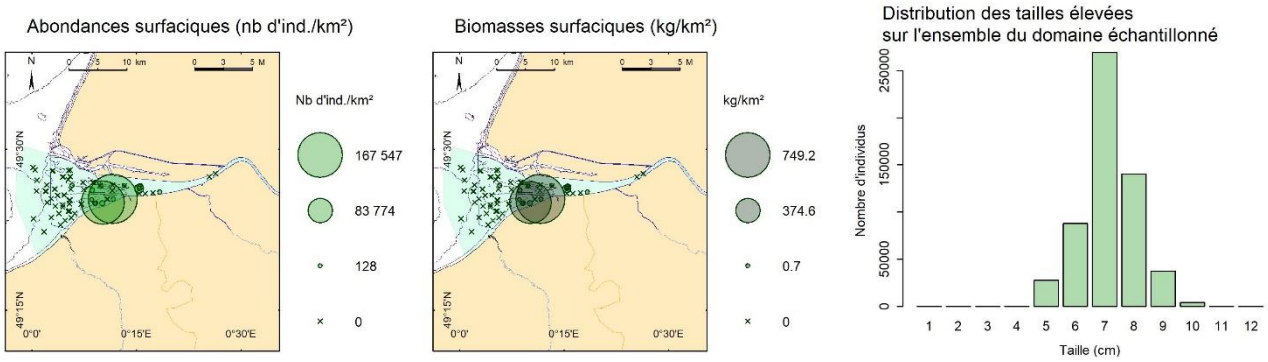


Pas de capture de G0 en 2018

NOURDEM_SEINE 2019 : Dicentrarchus labrax_G0 ; IA = 516 701 +/- 653 101 individus ; IB = 2 086 +/- 2 583 kg ; Occurrence = 32.88 %



NOURDEM_SEINE 2020 : Dicentrarchus labrax_G0 ; IA = 569 426 +/- 662 882 individus ; IB = 2 485 +/- 2 937 kg ; Occurrence = 21.92 %



NOURDEM_SEINE 2021 : Dicentrarchus labrax_G0 ; IA = 5 757 +/- 9 183.5 individus ; IB = 12.3 +/- 19 kg ; Occurrence = 4.29 %

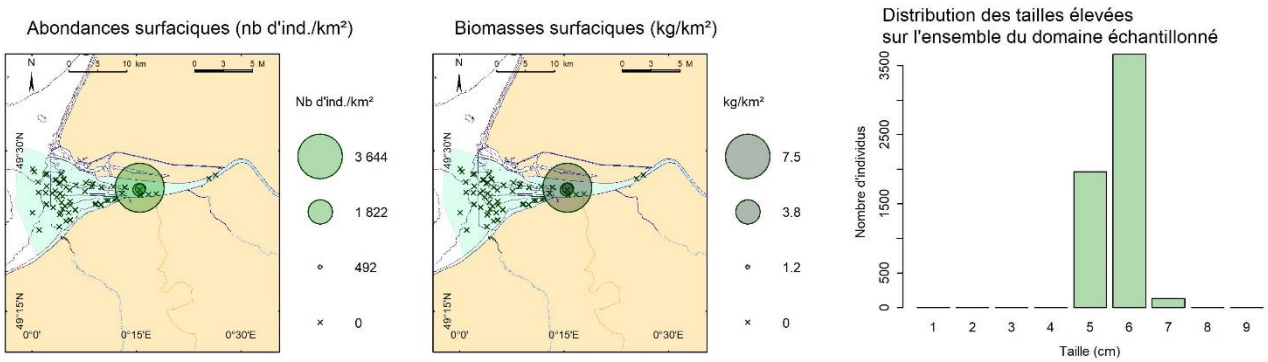


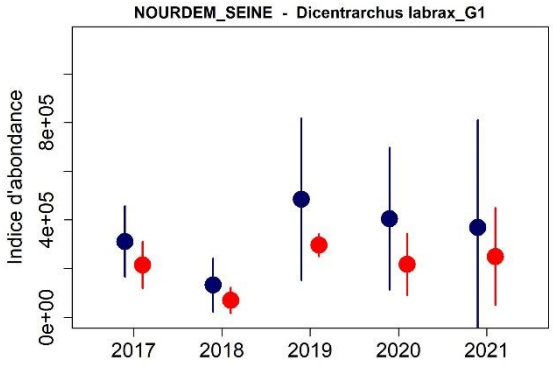
Figure 14 : Les bars européens du groupe 0 en estuaire de Seine *: densités surfaciques (en nombre d'individus par* ***km² ; script RSUFI), biomasses surfaciques (en kg/km²) et distributions des tailles*** *(élevées à l'ensemble du domaine* ***échantillonné) des bars européens (Dicentrarchus labrax) du groupe 0 obtenues dans le cadre des campagnes NourDem Seine entre 2017 et 2021.***

Les bars européens du groupe 1 en estuaire de Seine

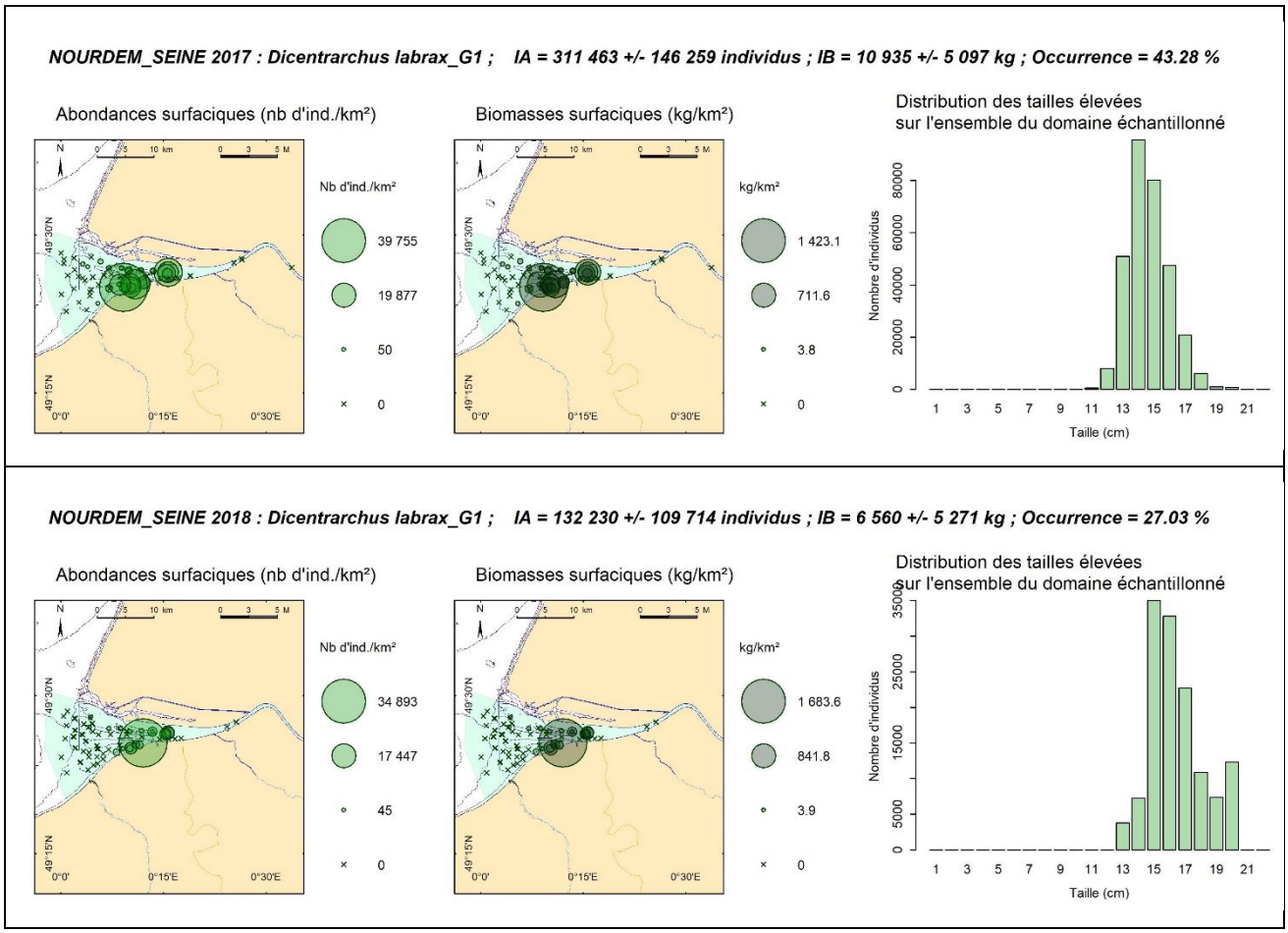
Globalement, l'indice d'abondance moyen en juvéniles de bars du groupe 1 depuis le début du suivi NourDem en Seine a été de ≈ 340 000 individus pour une biomasse moyenne de ≈ 13 tonnes (Tableau 11). Les indices d'abondance annuels sont donnés par la Figure 15.

Les fourchettes d'encadrement obtenues au moyen du script RSUFI (Figure 15) ne permettent pas de conclure à des différences significatives d'abondance entre les années. Le script RSTRATI est plus discriminant, et amène à conclure que l'année 2019 aurait présenté une abondance significativement supérieure à celle de 2018 (pas d'autre différence significative interannuelle). Il faut néanmoins signaler que si certains individus du groupe 1 commencent à être un peu moins inféodés aux secteurs les plus amont et les moins profonds de l'estuaire, leurs habitats préférentiels restent cependant fort proches de ceux du groupe 0 (Figure 16) et sont difficiles à parfaitement échantillonner au chalut. De ce fait, leurs indices d'abondance et de biomasse sont également peu fiables, et ne peuvent servir à évaluer les recrutements passés en groupes 0 au sein de la nourricerie, ni les recrutements futurs sur les pêcheries (qui interviennent à partir de la taille minimale de capture qui est fixée à 42 cm, soit à l'âge de 4 ou 5 pour la très grande majorité des individus).

Figure 15 : les bars européen Dicentrarchus labrax du groupe 1 en estuaire de Seine *: indices d'abondance (en nombre d'individus) et fourchettes d'encadrement au seuil d'erreur de 5% de c****es indices, calculés à partir des données de capture des campagnes NourDem Seine entre 2017 et 2021. En bleu, indices RSUFI ; en rouge indices RSTRATI.***



Les tailles des bars du groupe 1 en Seine au moment des campagnes sont comprises entre 11 et 20 cm.



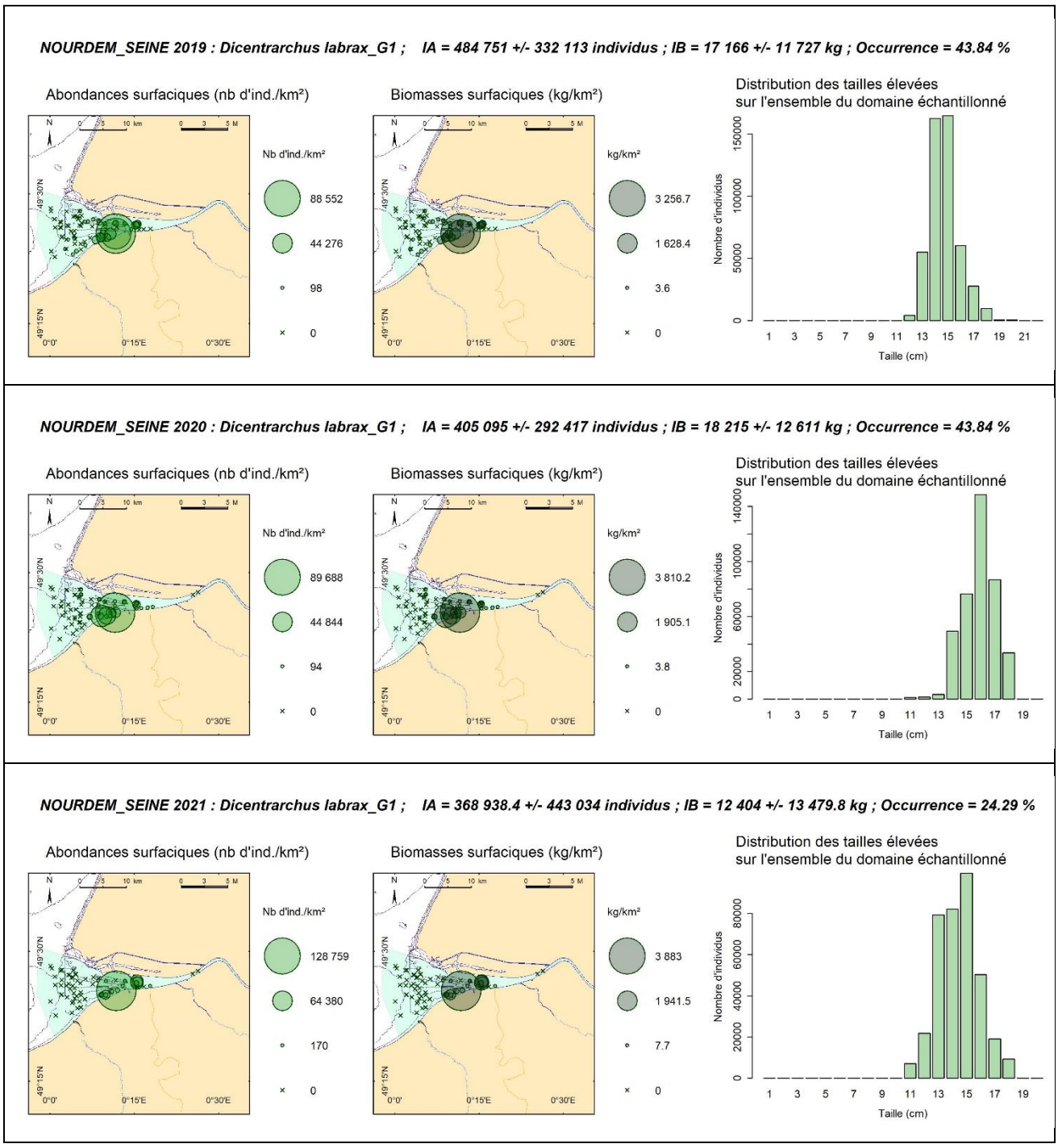


Figure 16 : Les bars européens du groupe 1 en estuaire de Seine : *densités surfaciques (en nombre d'individus par* ***km² ; script RSUFI****), biomasses surfaciques (en kg/km²) et distributions des tailles (élevées à l'ensemb****le du domaine échantillonné) des bars européens (Dicentrarchus labrax) du groupe 1 obtenues dans le cadre des campagnes NourDem Seine entre 2017 et 2021.***

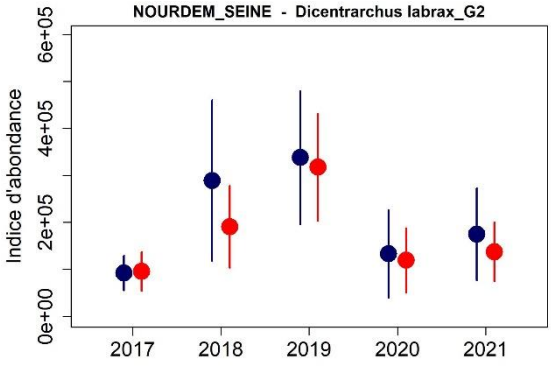
Les bars européens du groupe 2 en estuaire de Seine

Les bars du groupe 2 utilisent encore l'estuaire comme nourricerie, mais colonisent des secteurs plus aval et plus profonds que ceux des groupes 0 et 1 (Figure 17). Ils constituent la première cohorte pleinement échantillonnable chez cette espèce, et les indices d'abondance et de biomasse qu'ils permettent de produire sont *a priori* fiables, utilisables. Les occurrences moyennes de capture sont les plus élevées des 4 groupes d'âges considérés (68,9%), et l'indice moyen d'abondance atteint ≈ 204 000 individus pour un indice moyen de biomasse de ≈ 27,5 tonnes.

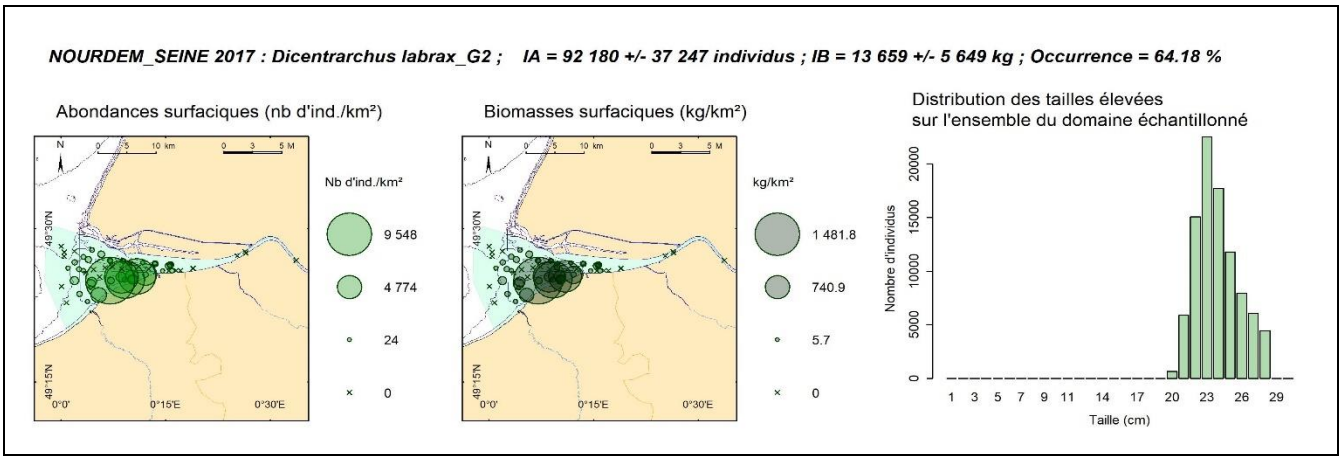
Les indices d'abondance, qu'ils soient déterminés au moyen des scripts RSUFI ou RSTRATI, permettent de conclure que l'indice d'abondance des bars G2 de l'année 2019 a été significativement supérieur à celui de l'année 2017 au seuil d'erreur de 5% (Tableau 13). Le script RSUFI ne permet pas de distinguer d'autres différences significatives. Le script RSTRATI indique par contre que les indices d'abondance des années 2020 et 2021 sont significativement inférieurs à celui de l'année 2019.

Dicentrarchus labrax_G2				
Année	IA RSUFI	Fourch. RSUFI	IA RSTRATI	Fourch. RSTRATI
2017	92 180	37 247	95 345	41 877
2018	288 856	171 761	190 578	87 348
2019	337 685	141 501	317 302	114 348
2020	132 690	93 198	119 134	68 551
2021	174 602	98 320	136 926	63 029

Tableau 13** : valeurs des indices d'abondance **et de leurs** fourchettes d'encadrement (au seuil d'erreur de 5%) **obtenues pour les bars européens Dicentrarchus labrax du groupe 2 en estuaire de Seine au cours des campagnes NourDem entre 2017 et 2021. En bleu, indices RSUFI ; en rouge indices RSTRATI.



La Figure 18 confirme que l'ensemble de l'estuaire est colonisé, depuis les traits les plus amont (hormis les deux traits les plus amont du fond de chenal) jusqu'aux traits les plus aval. Les zones de plus forte abondance sont les platiers de l'amont de la strate « estuaire central sud », puis le secteur le plus côtier du sud de la strate « estuaire aval ». Les tailles des individus du groupe 2 au moment de la campagne NourDem s'échelonnent entre 19 et 28 cm.



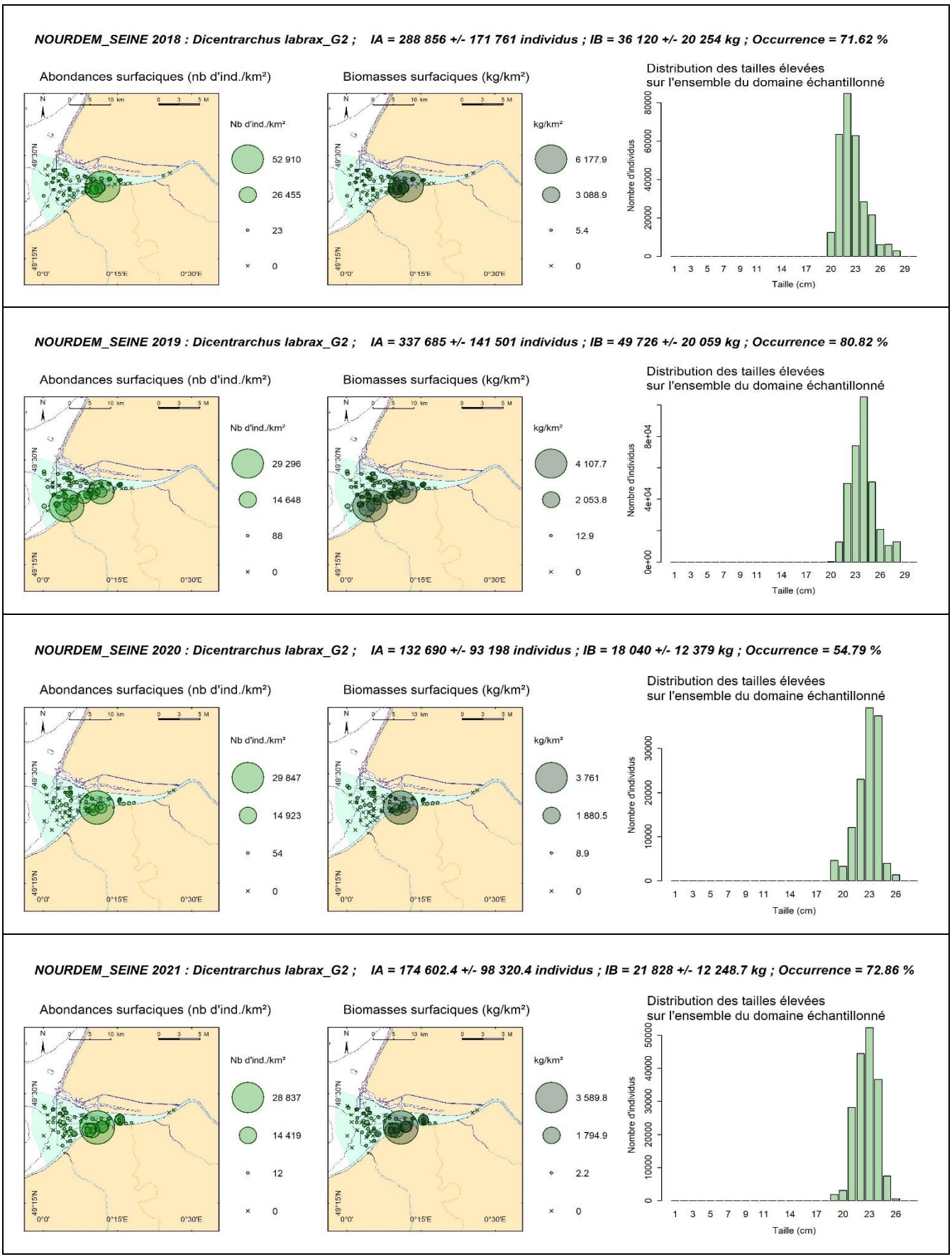


Figure 17 : Les bars européens du groupe 2 en estuaire de seine : *densités surfaciques (en nombre d'individus par* ***km² ; script RSUFI****), biomasses surfaciques (en kg/km²) et distributions des tailles (élevées à l'ensemble du domaine* ***échantillonné) des bars européens (Dicentrarchus labrax) du groupe 2 obtenues dans le cadre des campagnes NourDem Seine entre 2017 et 2021.***

Les bars européens des groupes 3 et plus en estuaire de seine

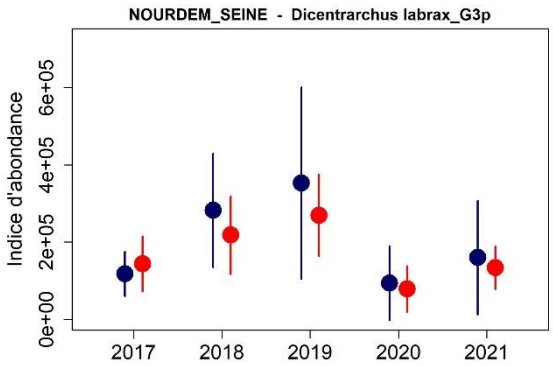
Les bars européens des groupes 3 et plus présentent, comme ceux du groupe 2, une occurrence moyenne de capture élevée, de 66,8% sur la période 2017-2021. Leur indice d'abondance moyen est également comparable à celui des groupes 2 (≈ 204 000 individus). Leur indice moyen de biomasse est par contre beaucoup plus élevé, de l'ordre de 75,6 tonnes (Tableau 11).

Les bars européens de manche Est entament *a priori* leur première migration hivernale vers le large en novembre-décembre en fin de groupe 3 ou en fin de groupe 4, et regagnent les eaux côtières en fin de printemps suivant, tout comme le font, en général, les adultes. Au moment de la campagne NourDem, les groupes 3+ colonisent l'intégralité de l'estuaire (Figure 18), depuis les traits les plus amont (toujours hormis les deux traits amont au fond du chenal) jusqu'aux plus aval. Ils sont présents en plus grand nombre que les groupes 2 sur les traits du nord du domaine (strates « estuaire central nord », et surtout « estuaire aval » et même « large »).

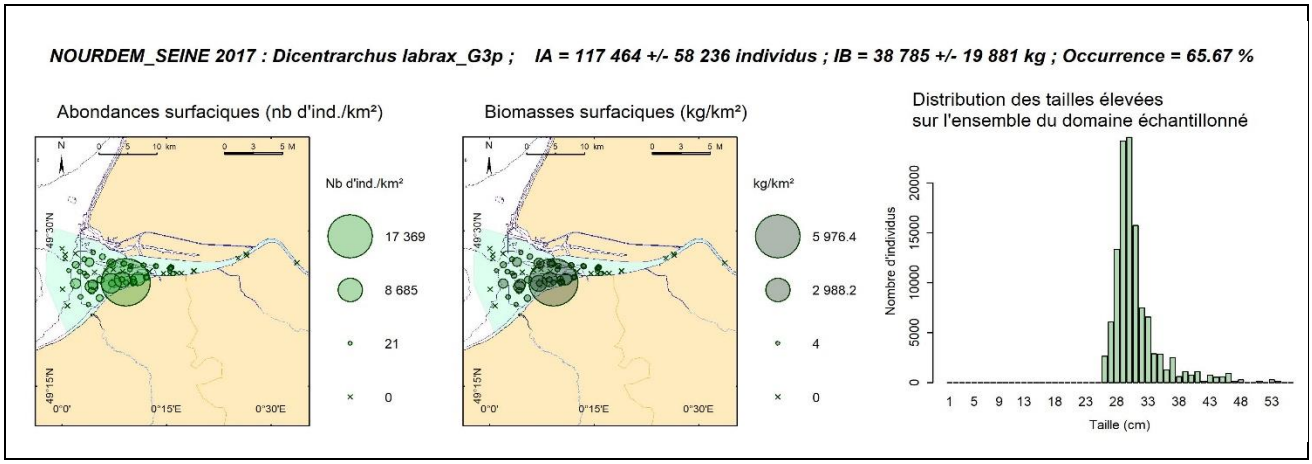
Ces groupes d'âge sont *a priori* bien échantillonnés au chalut, et les indices d'abondance et de biomasse produits peuvent être considérés comme robustes (Tableau 14).

Dicentrarchus labrax_G3+				
Année	IA RSUFI	Fourch. RSUFI	IA RSTRATI	Fourch. RSTRATI
2017	117 464	58 236	143 430	71 624
2018	282 156	147 987	218 265	100 886
2019	352 858	247 992	269 568	106 149
2020	93 416	95 890	78 341	59 623
2021	160 140	147 707	133 574	55 389

Tableau 14** : valeurs des indices d'abondance et de leurs fourchettes d'encadrement (au seuil de 5% d'erreur) **obtenues pour les bars européens Dicentrarchus labrax des groupes 3 et plus en estuaire de Seine au cours des campagnes NourDem entre 2017 et 2021. En bleu, indices RSUFI ; en rouge indices RSTRATI.



L'année 2019 présente l'indice d'abondance le plus élevé, significativement supérieur à celui de 2020 selon le script RSTRATI, aucune autre différence significative interannuelle n'étant mise en évidence entre les indices produits au moyen du script RSUFI. Les tailles de ces individus des groupes 3+ ont été comprises entre 25 et 76 cm.



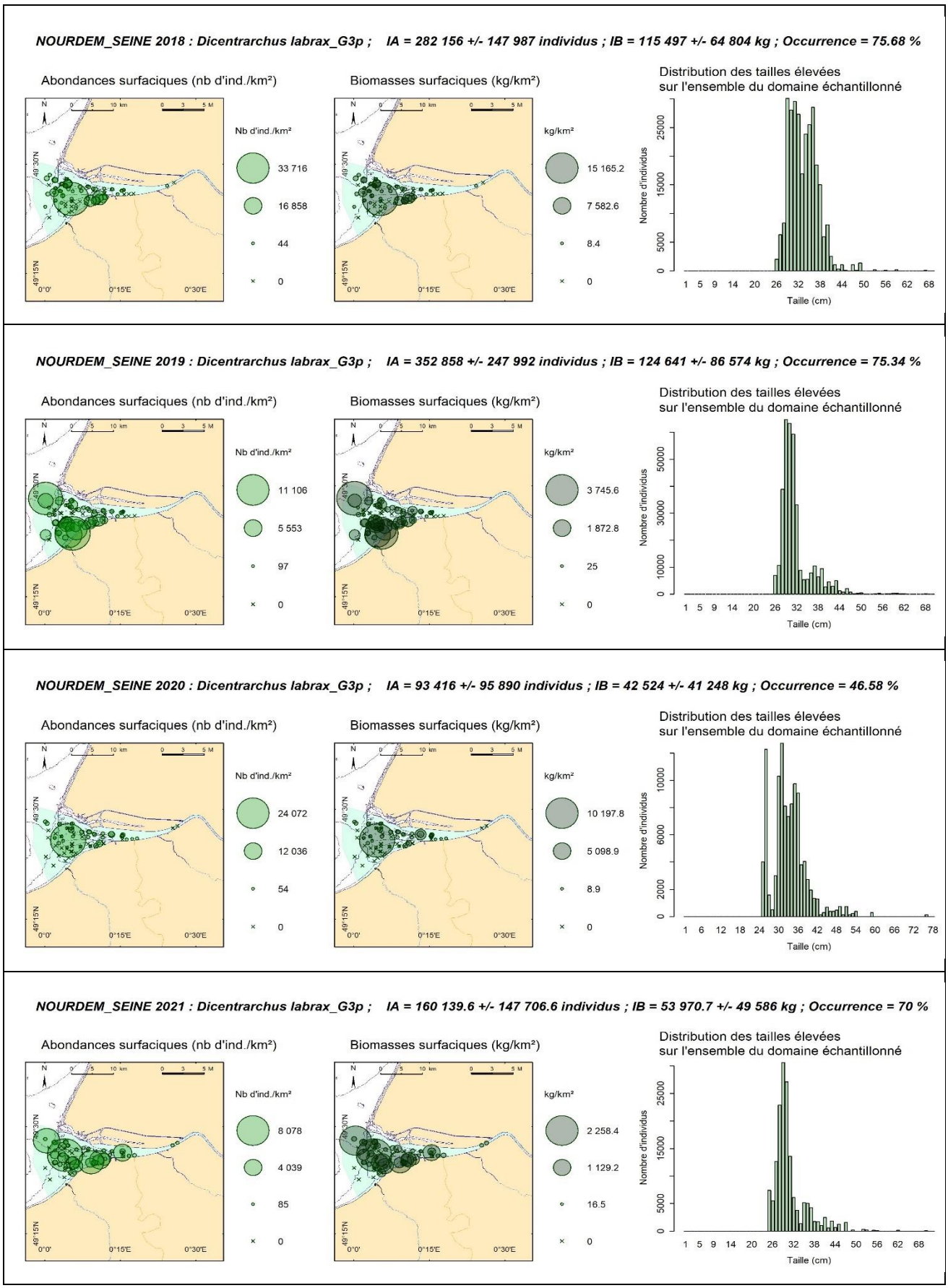


Figure 18 : Les bars européens des groupes 3 et plus en estuaire de Seine : densités surfaciques (en nombre** d'individus par km² **; script RSUFI), biomasses surfaciques (en kg/km²) et distributions des tailles (élevées à** l'ensemble du domaine échantillonné) des bars européens (Dicentrarchus labrax) d**es groupes 3 et plus obtenues dans le cadre des campagnes NourDem Seine entre 2017 et 2021.

Une synthèse des positionnements moyens de ces quatre groupes d'âge peut être donnée par la Figure 19. Elle confirme la descente progressive des juvéniles de l'espèce depuis les zones les moins profondes et les plus amont lors de leurs premières années de vie, vers des secteurs de plus en plus aval.

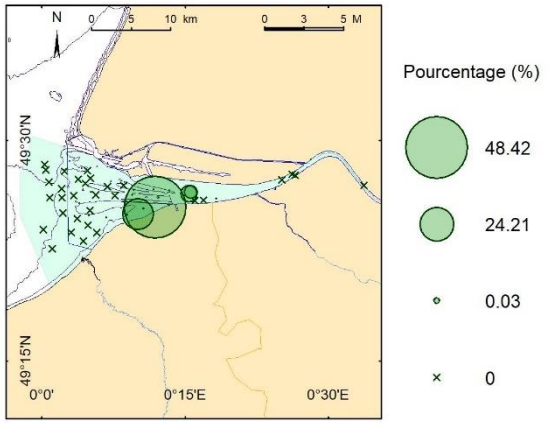
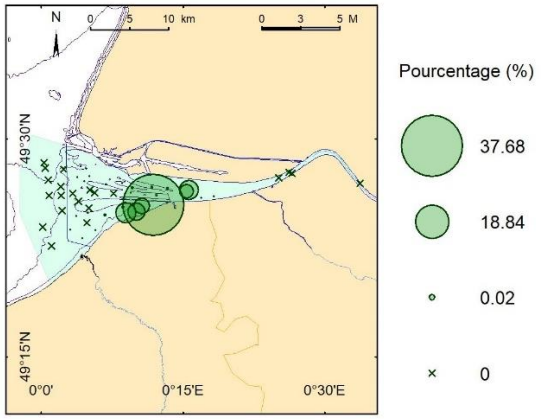
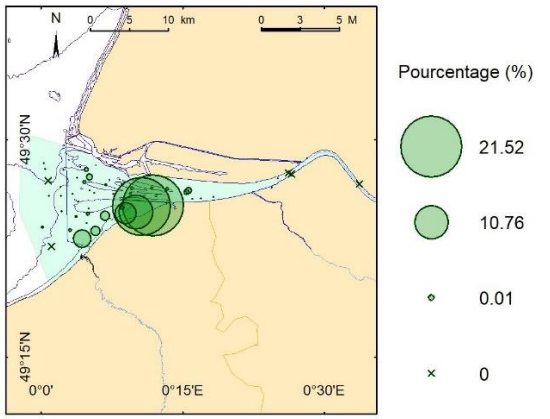
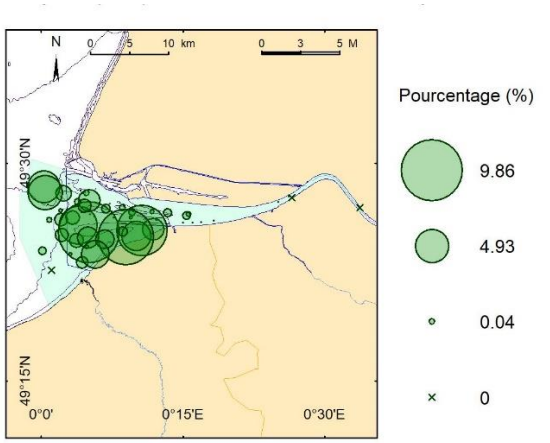
Bars européens Dicentrarchus labrax du Groupe 0 (G0)	***Bars européens Dicentrarchus labrax du Groupes1 (G1)***
	
Bars européens Dicentrarchus labrax de Groupes 2 (G2)	***Bars européens Dicentrarchus labrax des Groupes3+***
	

Figure 19 : Les bars européens en estuaire de Seine : moyennes, sur la période 2017-2021, des captures par traits *(exprimées en pourcentage du nombre total moyen d'individus capturés****) des bars européens Dicentrarchus labrax*** *des différents groupes d'âge* ***; données NourDem.***

4.1.7 Le merlan commun Merlangius merlangus en estuaire de Seine

L'importance économique de l'espèce a amené à considérer deux classes d'âge, les groupes 0 d'une part, et les groupes1 et plus d'autre part.

Les merlans du groupe 0 en estuaire de Seine

Les juvéniles de merlan commun *Merlangius merlangus* du groupe G0 arrivent en 5ème position en termes d'occurrence moyenne de capture (60,1%) depuis le lancement du suivi en Seine, et présentent un IA moyen de 4,136 millions d'individus pour un IB moyen de ≈ 30 tonnes (Tableau 11 ; poids moyen individuel de 7,3 grammes).

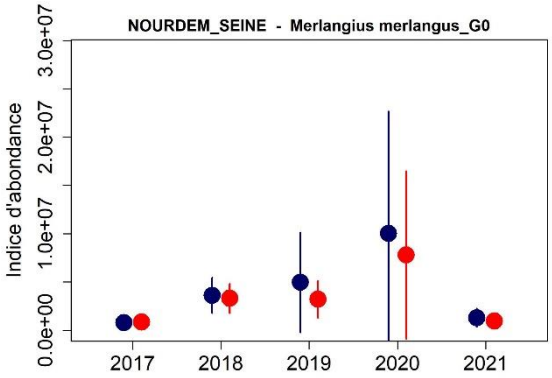
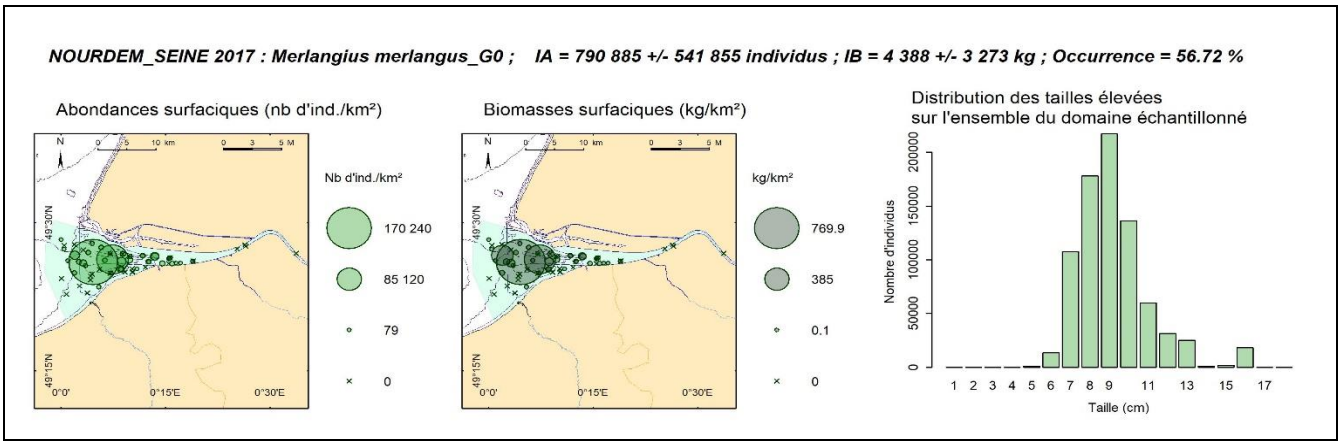


Figure 20 : les merlans Merlangius merlangus du groupe 0 en estuaire de Seine** : indices d'abondance (en nombre d'individus) et fourchettes d'encadrement au seuil d'erreur de 5% de ces indices, **calculés à partir des données de capture des campagnes NourDem Seine entre 2017 et 2021. En bleu, indices RSUFI ; en rouge indices RSTRATI.

L'indice d'abondance maximal a été atteint en 2020, (de l'ordre de 10 millions d'individus du groupe 0 selon RSUFI), mais la très large fourchette d'encadrement ne permet pas de conclure à des différences significatives avec les autres années. Les deux années de plus faibles indices d'abondance (sans différences significatives avec les autres années selon le script RSTRATI) sont 2017 et 2021 (respectivement 0,8 et 1,3 millions d'individus).

Les merlans du groupe 0 se rencontrent principalement vers l'aval du domaine échantillonné (Figure 21), et n'utilisent vraisemblablement pas à proprement parler l'estuaire comme nourricerie, mais plutôt la zone côtière dans son intégralité, estuaires compris. Les tailles de capture s'échelonnent de 5 à 17 cm.



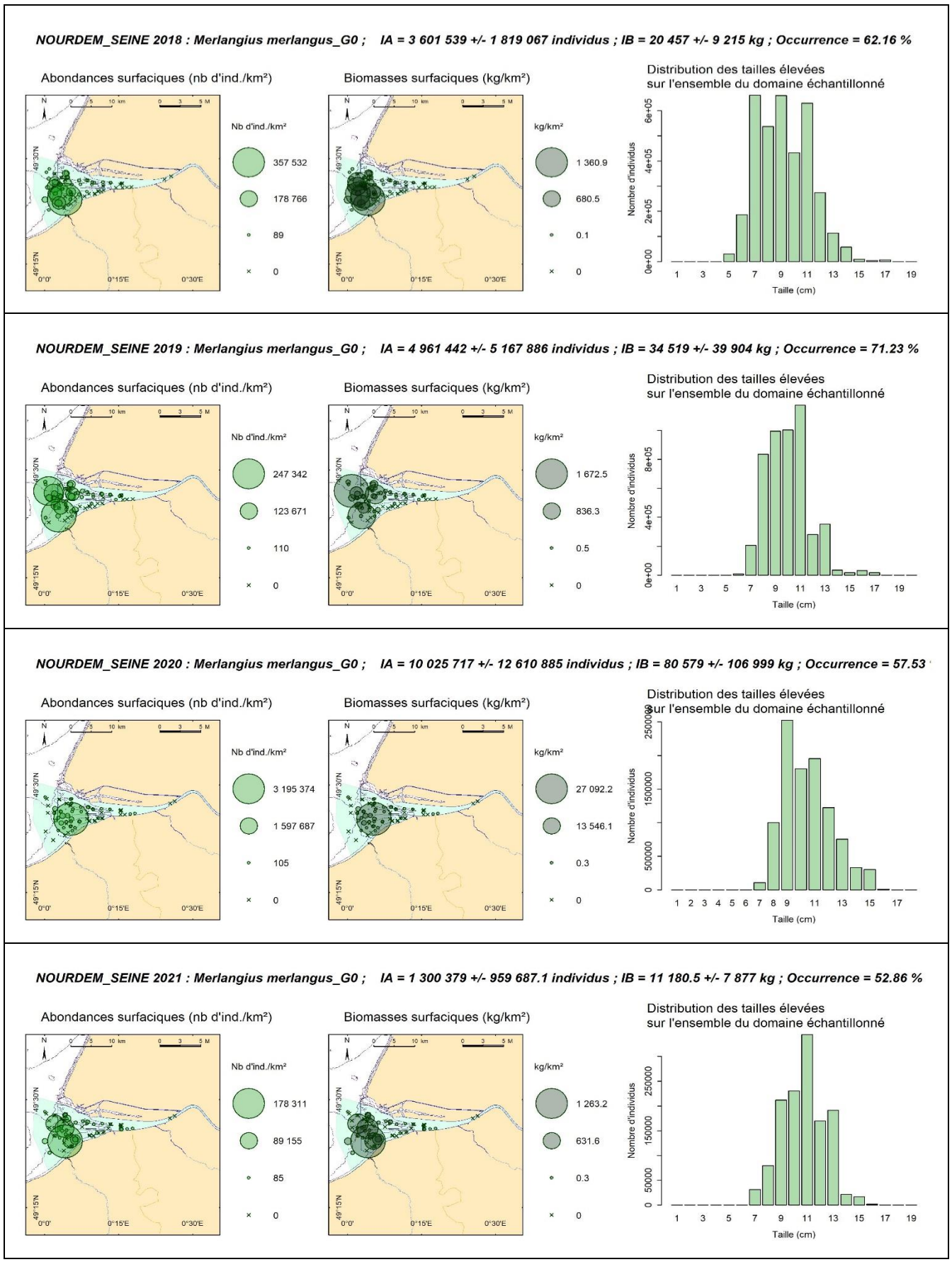


Figure 21 : Les merlans communs du groupe 0 en estuaire de Seine : *densités surfaciques (en nombre d'individus* ***par km² ; script RSUFI****), biomasses surfaciques (en kg/km²) et distributions des tailles (élevées à l'ensemble du* ***domaine échantillonné) des merlans communs Merlangius merlangus du groupe 0 obtenues dans le cadre des campagnes NourDem Seine entre 2017 et 2021.***

Les merlans communs des groupes 1 et plus en estuaire de Seine

Les merlans des groupes 1+ sont beaucoup moins présents sur le domaine échantillonné que les groupes 0. D'après le Tableau 11, leur occurrence moyenne de capture n'a été que de 6,7%, leur IA moyen de l'ordre de 6 000 individus (soit 0,14% de la population totale de merlans sur le domaine) pour un IB moyen de 0,73 tonnes.

Les indices d'abondance annuels ne présentent pas de différences significatives entre eux du fait de l'imprécision des valeurs obtenues (larges fourchettes d'encadrement ; Figure 22).

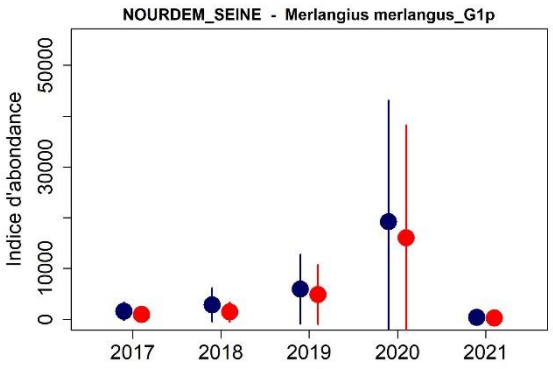
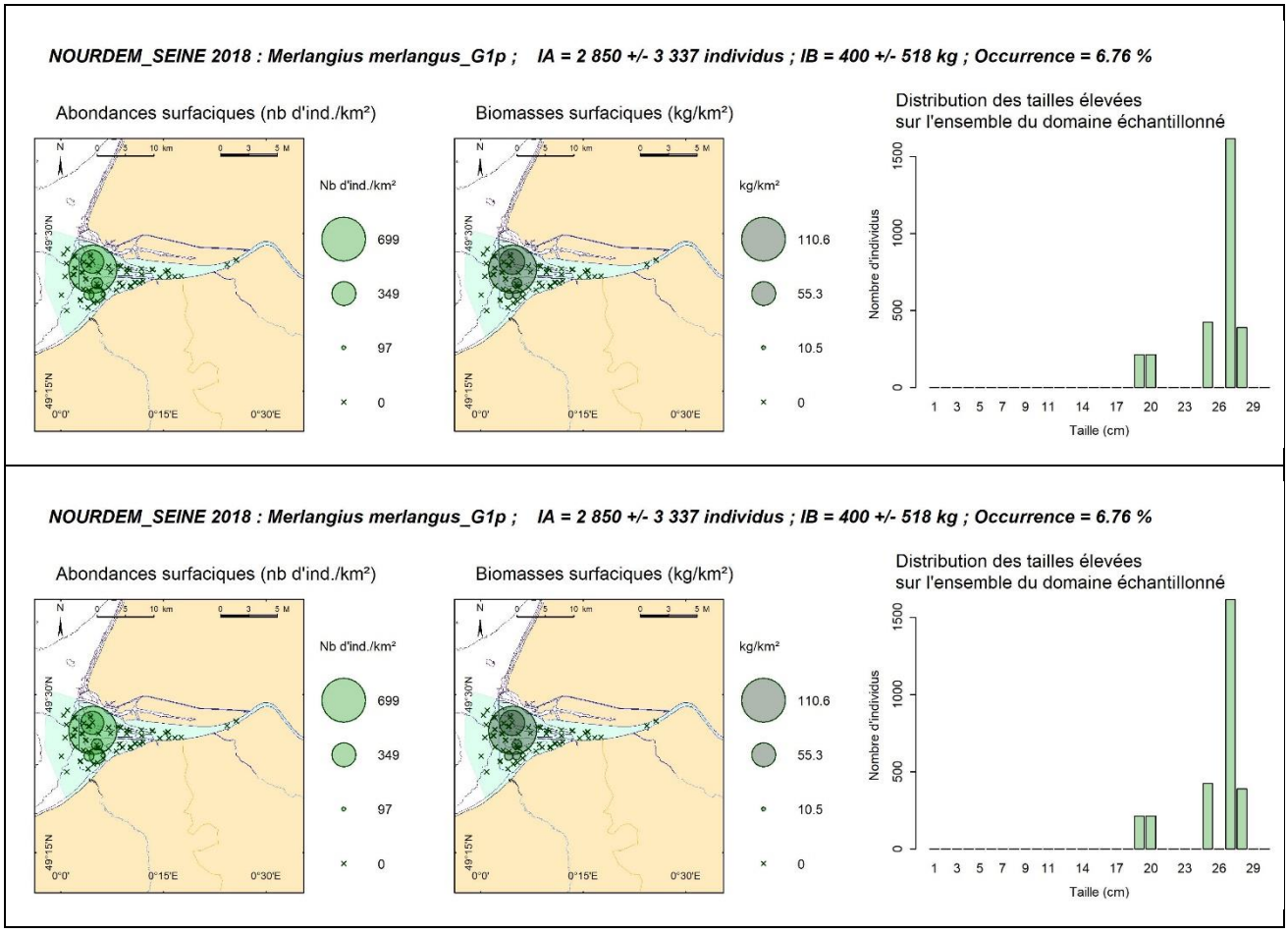


Figure 22 : les merlans Merlangius merlangus des groupes 1 et plus en estuaire de Seine** : indices d'abondance (en nombre d'individus) et fourchettes d'encadrement au seuil d'erreur de 5% **de ces indices, calculés à partir des données de capture des campagnes NourDem Seine entre 2017 et 2021. En bleu, indices RSUFI ; en rouge indices RSTRATI.

Les captures sont enregistrées, comme celles des groupes 0, plutôt sur l'aval du domaine échantillonné (Figure 23). Les tailles de capture sont comprises entre 19 et 39 cm.



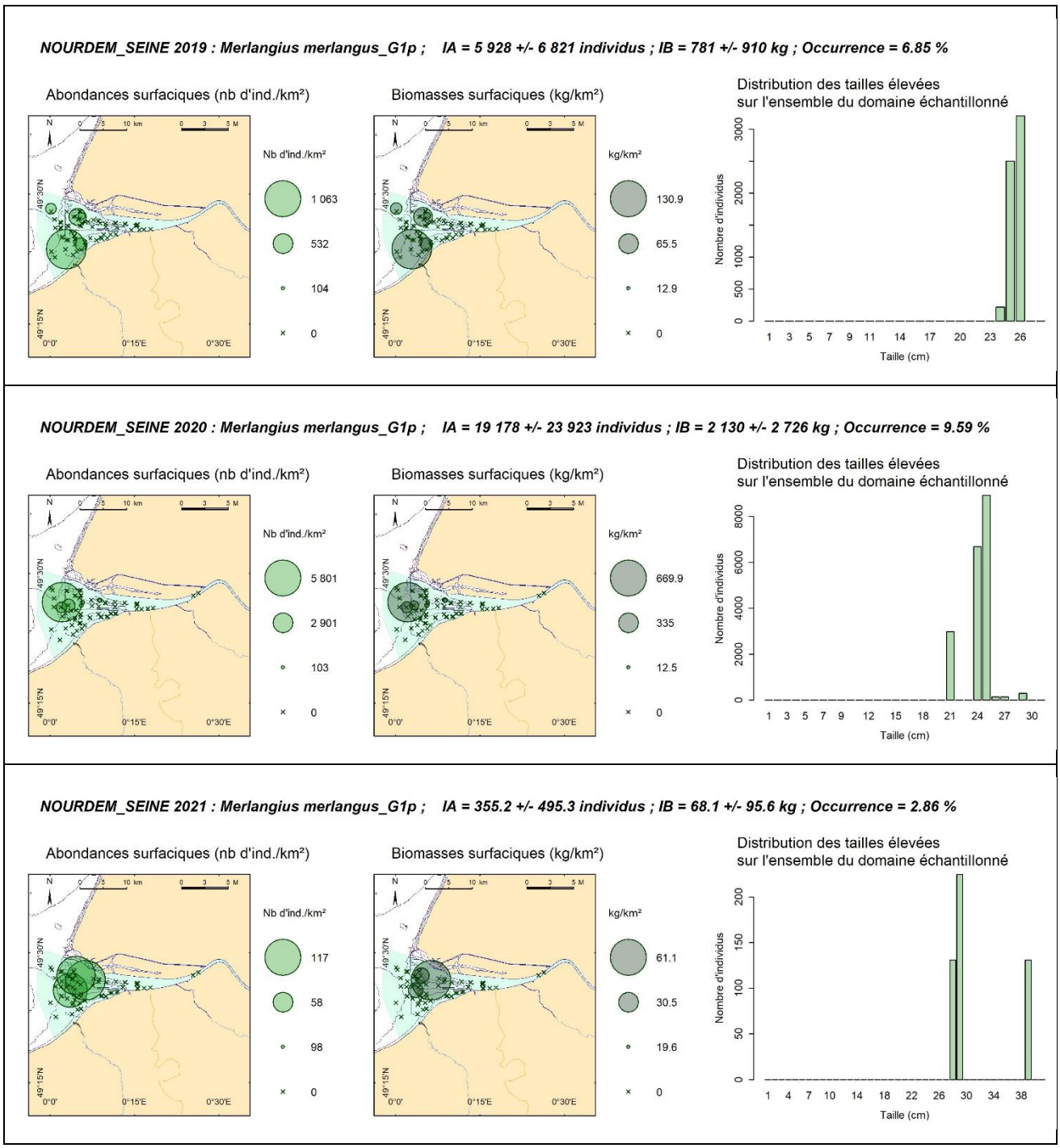


Figure 23 : Les merlans des groupes 1 et plus en estuaire de Seine : *densités surfaciques (en nombre d'individus* ***par km² ; script RSUFI****), biomasses surfaciques (en kg/km²) et distributions des tailles (élevées à l'ensemble du* ***domaine échantillonné) des merlans communs Merlangius merlangus des groupes 1 et plus obtenues dans le cadre des campagnes NourDem Seine entre 2017 et 2021.***

Les positionnements moyens des captures des merlans du groupe 0 d'une part, et des groupes 1 et + d'autre part sont donnés par la Figure 24. Ces deux cartes confirment bien que, quel que soit leur âge, les merlans sont capturés dans la partie la plus aval du domaine échantillonné, et que cette espèce n'est pas inféodée stricto sensu à l'estuaire.

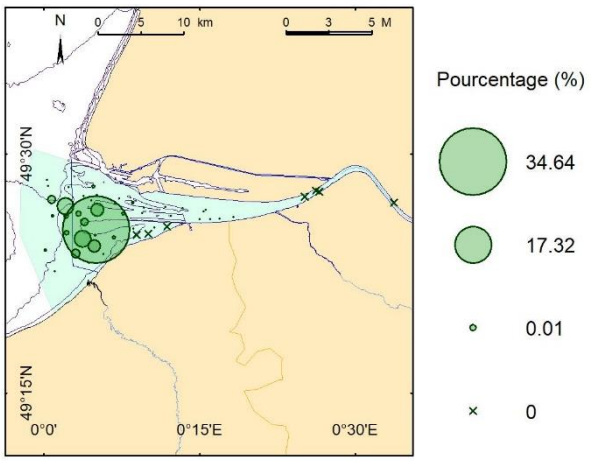
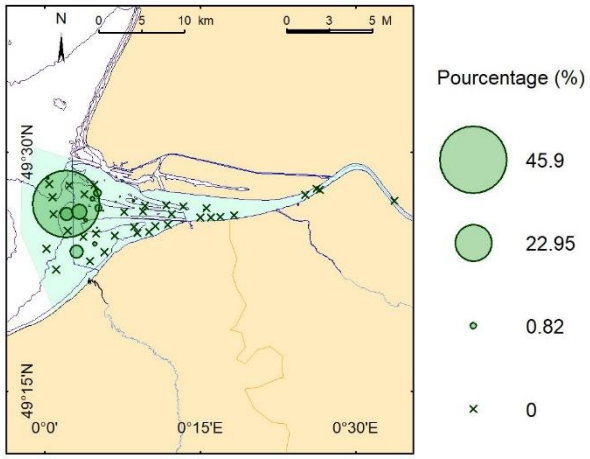
Merlans Merlangius merlangus du groupe 0	*Merlans Merlangius merlangus des groupes 1 et plus*
	

Figure 24 : Les merlans communs en estuaire de Seine : moyennes, sur la période 2017-2021, des captures par traits (exprimées en pourcentage d*u nombre total moyen d'individus capturés****) des merlans communs Merlangius merlangus du groupe 0 et des groupes 1 et plus ; données NourDem.***

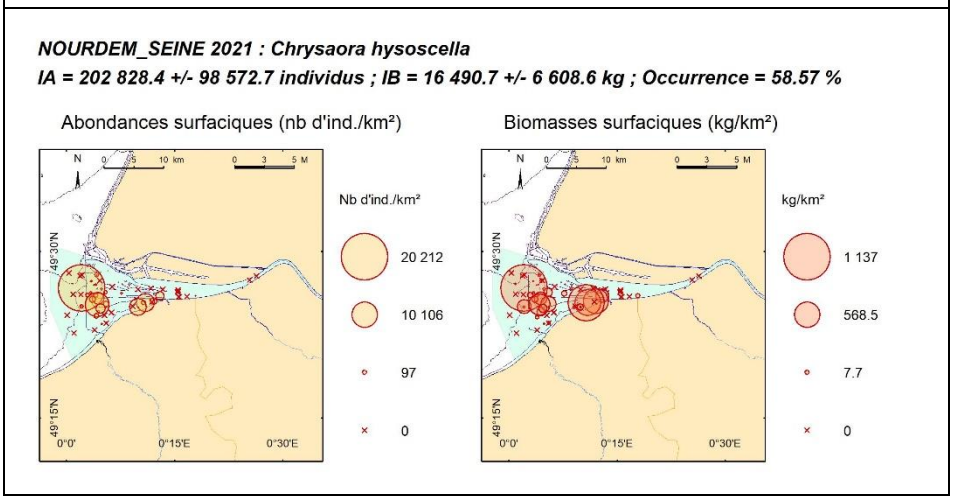
4.1.8 La méduse rayonnée Chrysaora hysoscella en estuaire de seine

La méduse rayonnée (parfois aussi appelée méduse boussole), comme toutes les autres méduses, n'a été prise en compte dans le cadre des campagnes NourDem qu'à partir de 2018. C'est le seul cnidaire s'intégrant parmi les espèces socle de l'estuaire de Seine. Sur la période 2018-2021, son occurrence moyenne de capture a été de 58,6%, avec un indice moyen d'abondance de ≈ 203 000 individus pour un indice moyen de biomasse de ≈ 16,5 tonnes (Tableau 11).

Les abondances annuelles ont été comprises entre 87 509 +/- 42 192 individus en 2020 (minimum de la série) et 275 268 +/- 186 039 individus en 2018 (maximum de la série, différence non significative ; Tableau 15).

Tableau 15 : *Indices d'abondance (IA ; en nombre d'individus) et de biomasse (IB, en kg), et fourchettes d'encadrement de ces indices (Fourch.) au seuil d'erreur de 5% des mé**duses rayonnées Chrysaora hysoscella en estuaire de Seine lors des campagnes NourDem de 2018 à 2021 ; cartographie des densités de capture (en nombre** d'individus par km² et en kg par km²) au cours de la campagne 2021*

	IA (nbre)	Fourch.IA	IB (kg)	Fourch.IB
2018	275 268	186 039	10 415	7 053
2019	182 829	148 104	5 861	4 009
2020	87 509	42 192	8 019	3 760
2021	202 828	98 356	16 491	6 609



Les méduses rayonnées sont capturées plutôt sur les traits de l'aval du domaine, comme le montre la carte de répartition des captures au cours de la campagne de 2021, donnée à titre d'exemple. Le poids moyen individuel en 2021 a été de l'ordre de 81 grammes.

Cette espèce est abondante et occurrente en estuaire de Seine au moment des campagnes NourDem. Elle ne présente pas d'intérêt économique ou patrimonial. Son contact peut occasionner des brûlures désagréables qui disparaissent en quelques heures.

4.1.9 Le sprat Sprattus sprattus en estuaire de Seine

Le sprat *Sprattus sprattus* est un petit pélagique qui n'est pas strictement inféodé à l'estuaire, mais y rentre en bancs denses à certaines périodes, dont celles où se déroulent les campagnes NourDem certaines années. En termes d'occurrence de capture, il arrive au 6ème rang de notre suivi en Seine depuis 2017, mais est l'espèce présentant les indices moyens d'abondance et de biomasse les plus élevés, avec respectivement 39,5 millions d'individus pour 290 tonnes (Tableau 11).

L'indice d'abondance maximal a été atteint en 2020, avec de l'ordre de 110 +/- 190 millions d'individus, et le plus faible en 2021 : ≈ 530 0000 +/- ≈ 390 000 individus (Figure 25). Les larges fourchettes d'encadrement des indices d'abondance ne permettent pas de conclure à des différences interannuelles significatives.

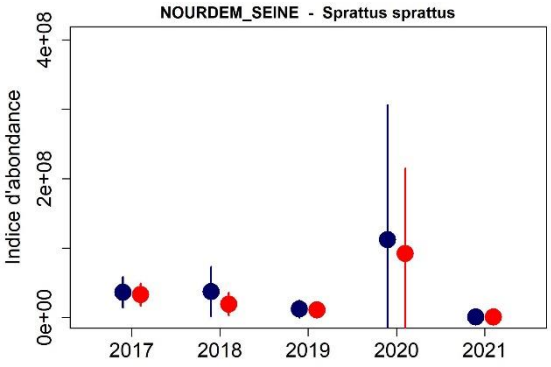
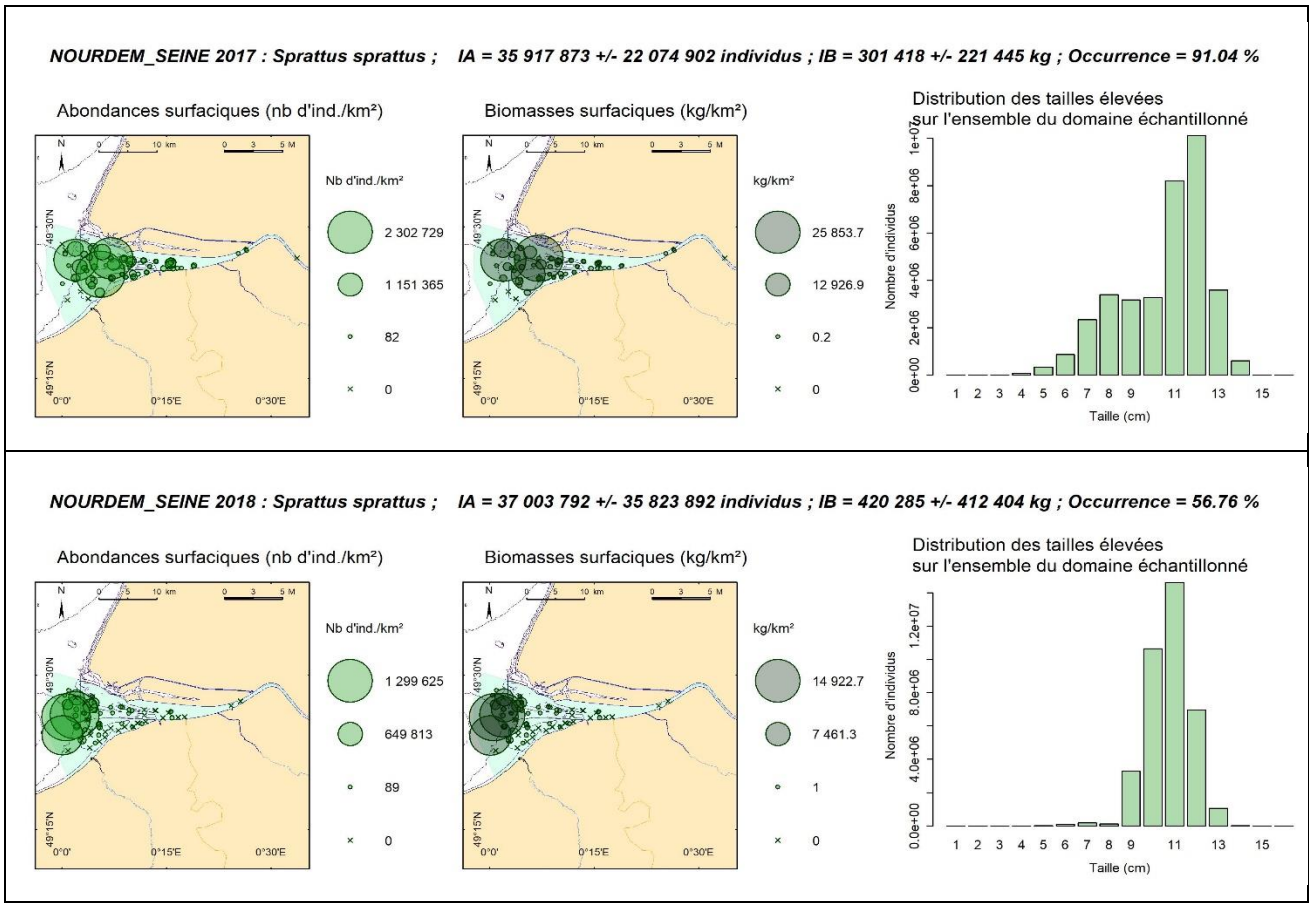


Figure 25 : les sprats Sprattus sprattus en estuaire de Seine : *indices d'abondance (en nombre d'individus) et fourchettes d'encadrement au seuil d'erreur de 5% de ces indices, calculés à* ***partir des données de capture des campagnes NourDem Seine entre 2017 et 2021. En bleu, indices RSUFI ; en rouge indices RSTRATI.***

Les captures sont principalement enregistrées sur l'aval du domaine échantillonné en estuaire de Seine, dans leur immense majorité par des salinités supérieures à 20 pour mille, ce qui n'empêche pas quelques captures dans le chenal sur les traits les plus amont certaines années (2017, 2020 et 2021 ; Figure 26). Les tailles de capture sont comprises entre 4 et 14 cm.



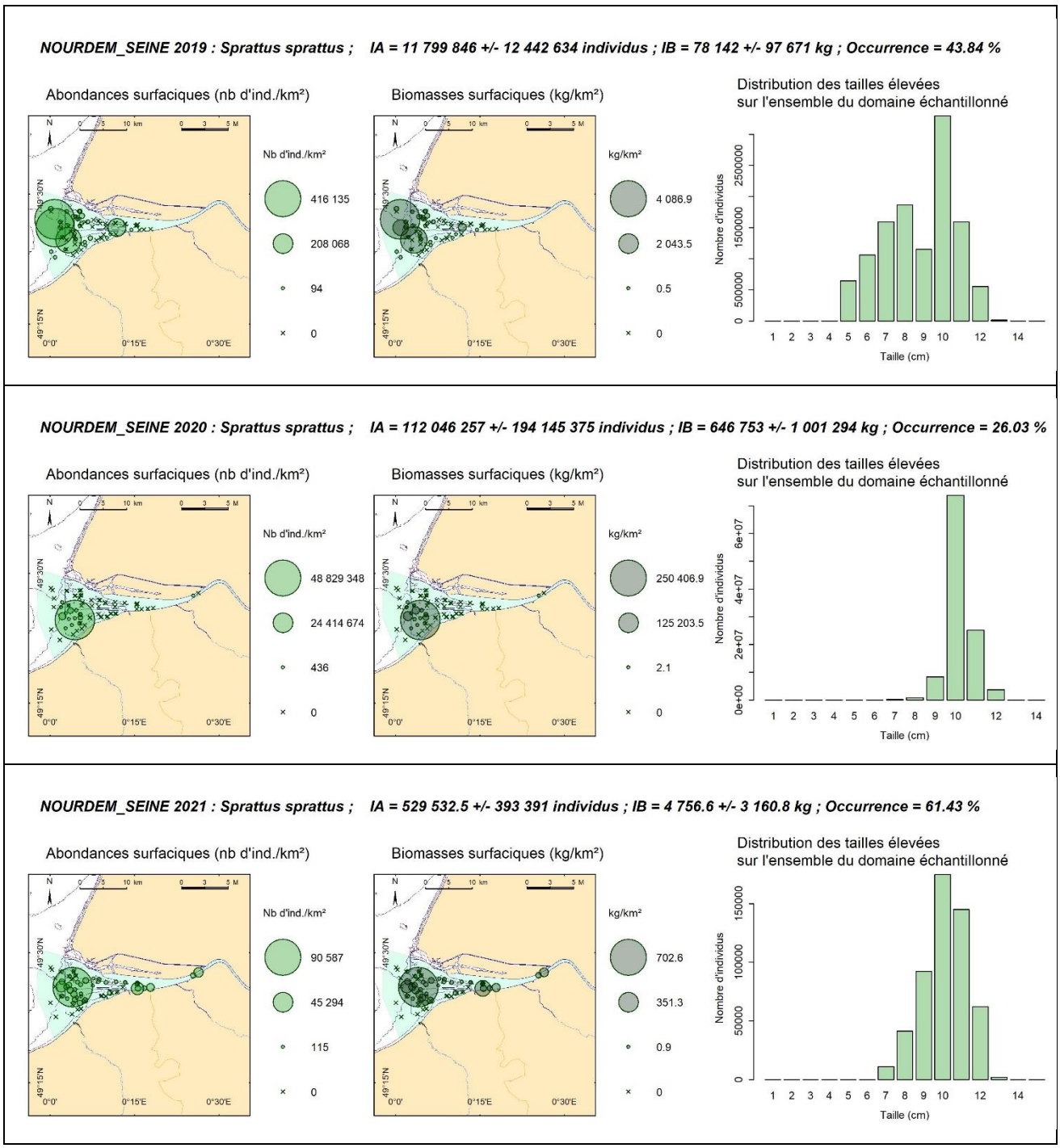


Figure 26 : Les sprats en estuaire de Seine : *densités surfaciques (en nombre d'individus par km²* ***; script RSUFI),*** *biomasses surfaciques (en kg/km²) et distributions des tailles (élevées à l'ensemble du domaine ech****antillonné) des*** *sprats Sprattus sprattus, toutes classes d'âge cumulées, obtenues dans le cadre des campagnes NourDem Seine* ***entre 2017 et 2021.***

Les arrivées massives de ce petit pélagique certaines années/à certaines périodes au niveau de l'estuaire ont forcément un impact tout aussi massif sur les équilibres au sein des chaines trophiques en place : les sprats consomment du phytoplancton mais aussi du zooplancton, dont, immanquablement des œufs et larves d'espèces pleinement inféodées à l'estuaire. Ils représentent également des proies de prédilection pour la quasi-totalité des prédateurs supérieurs, dont les juvéniles de bars et de merlans, ou d'espèces pélagiques « de passage » comme les chinchards, les maquereaux… Ces « déséquilibres » des chaines trophiques liées aux flux de ce petit pélagique méritent très vraisemblablement d'être pris en compte dans les études écosystémiques menées sur cet estuaire, ou les analyses de qualité globale qui y sont menées.

4.1.10 La sole commune Solea solea en estuaire de seine

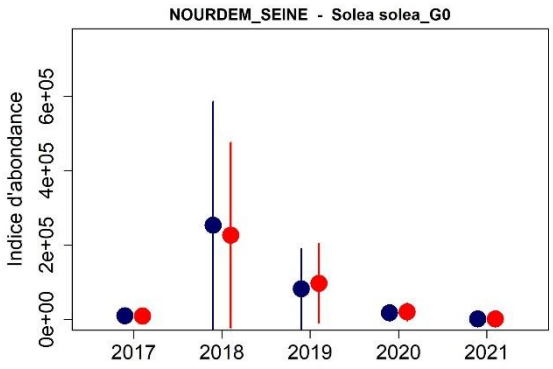
La sole commune *Solea solea* est une des espèces majeures de l'estuaire de Seine, présentant une occurrence globale moyenne de capture de 66,6% (Tableau 11) depuis le lancement des suivis en 2017. L'estuaire est une de ses nourriceries, et l'importance économique de l'espèce a amené à distinguer différents groupes d'âge.

Les soles communes du groupe 0 en estuaire de Seine

Les juvéniles de soles communes du groupe 0 présentent une occurrence moyenne de capture depuis 2017 de 14,2% (ce qui est nettement inférieur aux occurrences de capture des groupes 1 et 2+ ; Cf. *infra*), un indice moyen d'abondance de l'ordre de 72 000 individus pour un indice moyen de biomasse de 249 kg (Tableau 11).

Solea solea_G0				
Année	IA RSUFI	Fourch. RSUFI	IA RSTRATI	Fourch. RSTRATI
2017	9 270	8 234	8 107	5 903
2018	252 603	333 026	225 887	249 044
2019	81 924	107 751	96 703	106 779
2020	16 701	21 111	19 893	23 366
2021	262	496	246	481

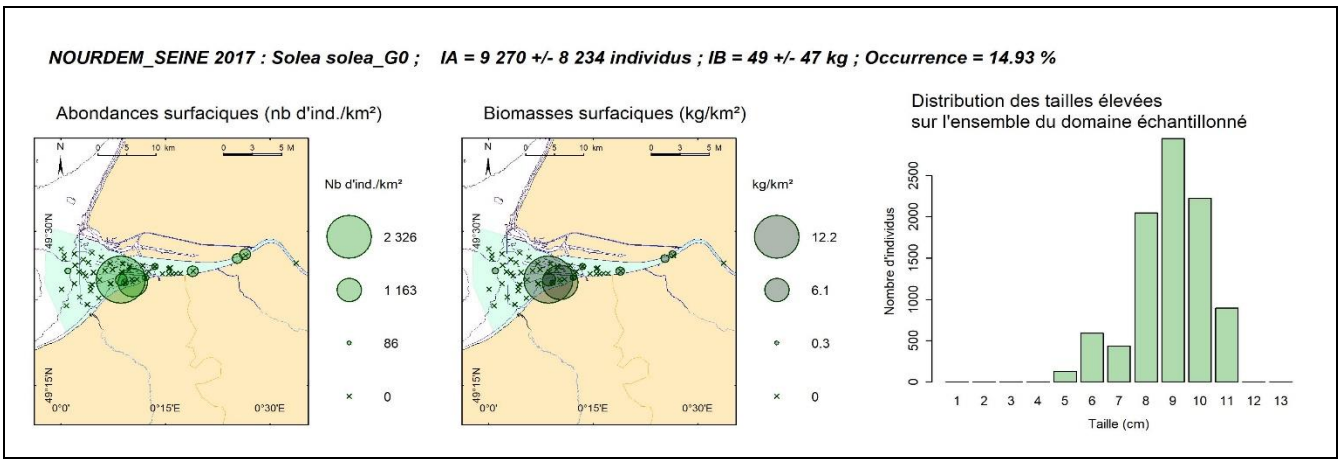
Tableau 16** : valeurs des indices d'abondance et de leurs fourchettes d'encadrement (au seuil de 5% d'erreur) obtenues pour les **soles communes du groupe 0 en estuaire de Seine au cours des campagnes NourDem entre 2017 et 2021. En bleu, indices RSUFI ; en rouge indices RSTRATI.



Les indices annuels d'abondance présentent une importante variabilité, mais l'ampleur des fourchettes d'encadrement ne permet pas de conclure à des différences significatives.

Depuis que le suivi NourDem existe en Seine, on enregistre des captures de soles G0 un peu partout dans l'estuaire, pas uniquement sur les traits les moins profonds comme c'est le cas pour les groupes 0 de bar, mais également sur les stations parmi les plus profondes du centre de l'estuaire (strates « chenal » et « estuaire aval »). Cela a été le cas notamment en 2017, 2018 et 2020 où des captures ont été enregistrées à la fois dans les strates « large », « estuaire central nord » et « chenal » (Figure 27). Malgré cette large répartition, les faibles occurrences de capture et les faibles indices d'abondance (hormis 2018) amènent à conclure que ce groupe d'âge est plutôt mal échantillonné, présentant une faible capturabilité/vulnérabilité vis-à-vis du chalut NourDem, inférieure en tout cas à celle des individus du groupe 1, et qu'il sera donc préférable, *a priori*, d'utiliser les indices d'abondance des soles G1 en gestion plutôt que ceux des G0.

Les tailles de capture de ces individus du groupe 0 sont comprises entre 5 et 13 cm.



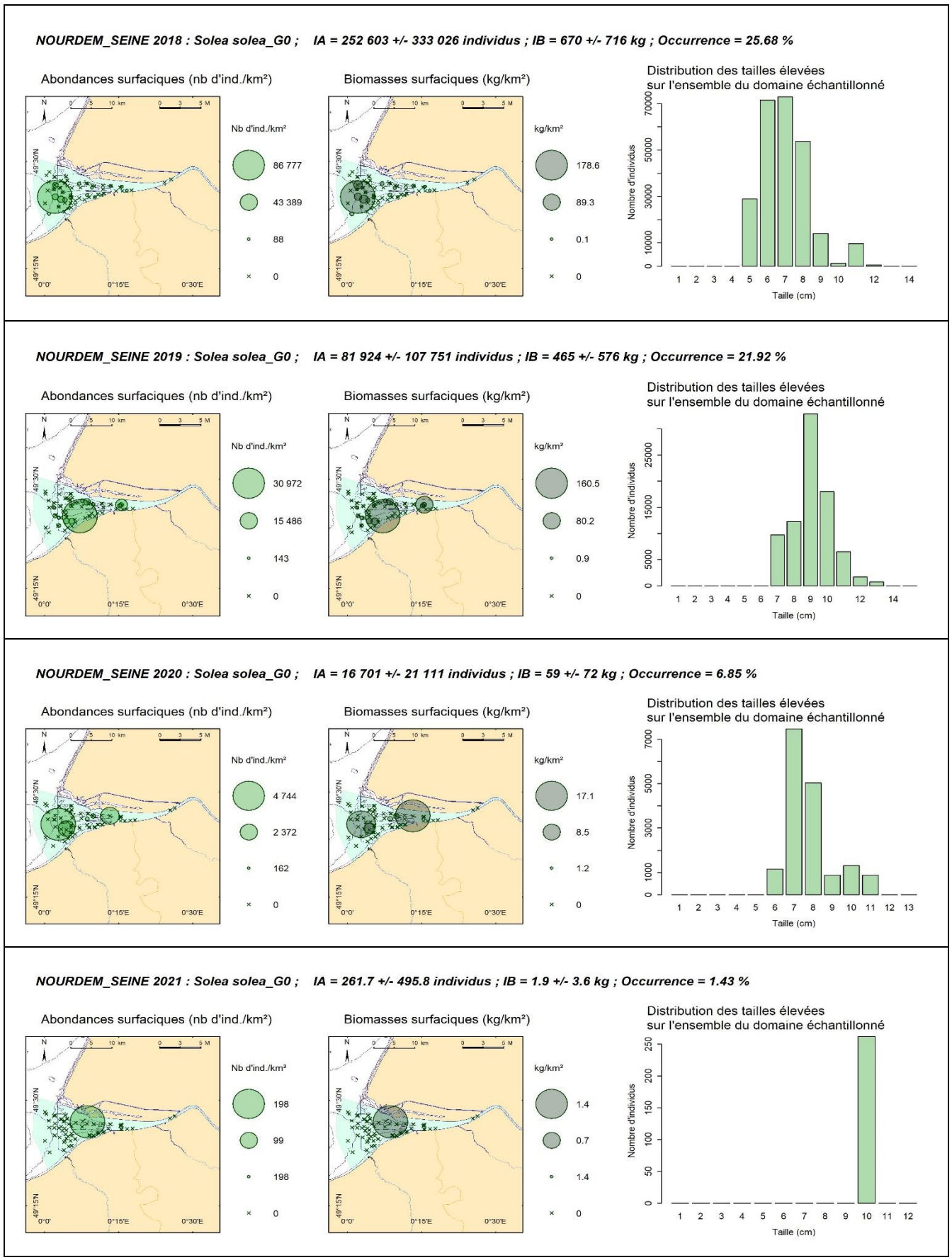


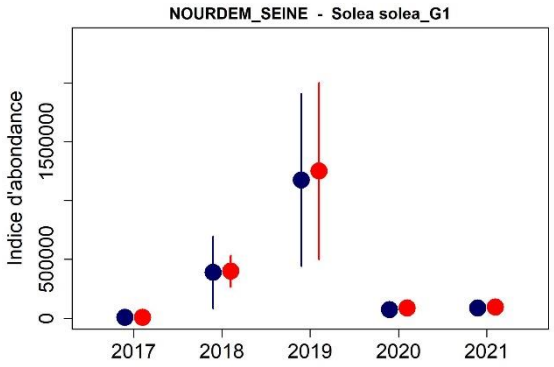
Figure 27 : Les soles communes du groupe 0 en estuaire de seine : *densités surfaciques (en nombre d'individus par* ***km² ; script RSUFI), biomasses surfaciques (en kg/km²) et*** *distributions des tailles (élevées à l'ensemble du domaine* ***échantillonné) des soles communes Solea solea du groupe 0, obtenues dans le cadre des campagnes NourDem Seine entre 2017 et 2021.***

Les soles communes du groupe 1 en estuaire de Seine

Les soles du groupe 1 ont présenté une occurrence moyenne de capture depuis 2017 de 54,8% (soit près de 4 fois plus que celle des G0), un indice d'abondance moyen de 346 000 individus (≈ 4,8 fois celui des G0) pour un indice moyen de biomasse de l'ordre de 17,5 tonnes (Tableau 11).

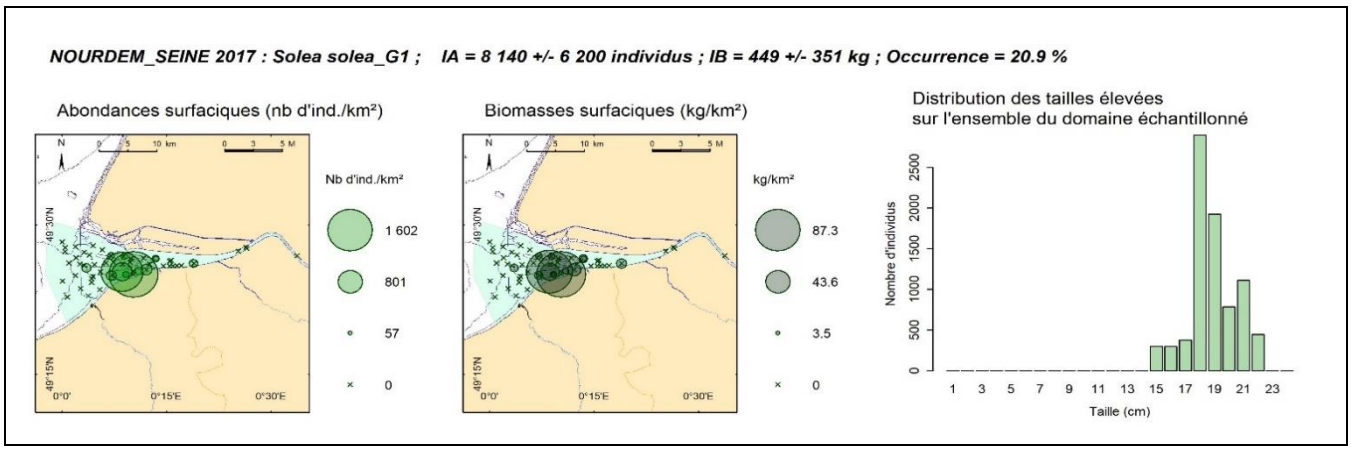
Solea solea_G1				
Année	IA RSUFI	Fourch. RSUFI	IA RSTRATI	Fourch. RSTRATI
2017	8 140	6 200	8 001	4 003
2018	389 041	305 605	400 800	133 435
2019	1 174 611	731 925	1 250 000	750 000
2020	72 610	39 726	85 364	35 122
2021	86 376	47 196	95 054	41 663

Tableau 17** : valeurs des indices d'abondance et de leurs fourchettes d'encadrement (au seuil de 5% d'erreur) obtenues pour l**es soles communes du groupe 1 en estuaire de Seine au cours des campagnes NourDem entre 2017 et 2021. En bleu, indices RSUFI ; en rouge indices RSTRATI.

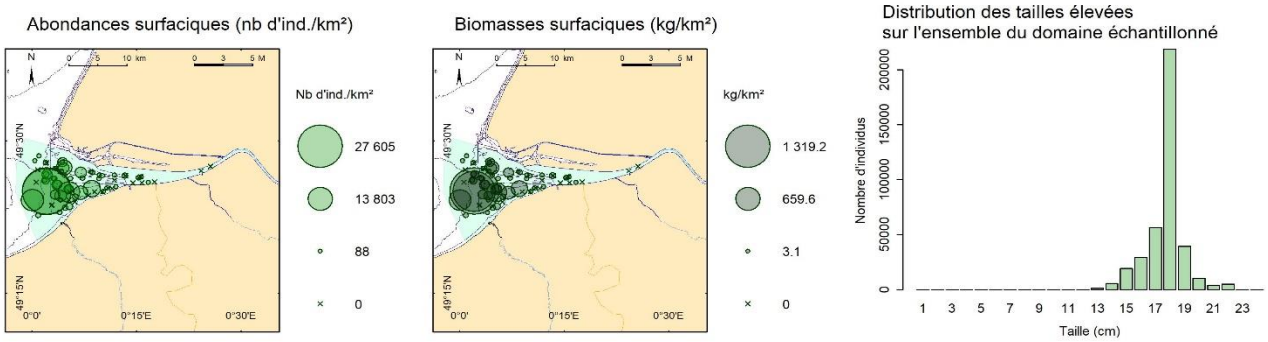


Si l'on se réfère aux indices produits au moyen du script RSTRATI (Tableau 17), les indices d'abondance des années 2018 et 2019 ont été significativement supérieurs à ceux des autres années, mais non différents entre eux (le script RSUFI est moins discriminant, et permet de conclure à des différences significatives entre 2017 et 2018 et entre 2017 et 2019). Malgré les interrogations sur la représentativité de l'échantillonnage des soles G0, leur forte abondance enregistrée en 2018 se retrouve bien dans la forte abondance de G1 en 2019.

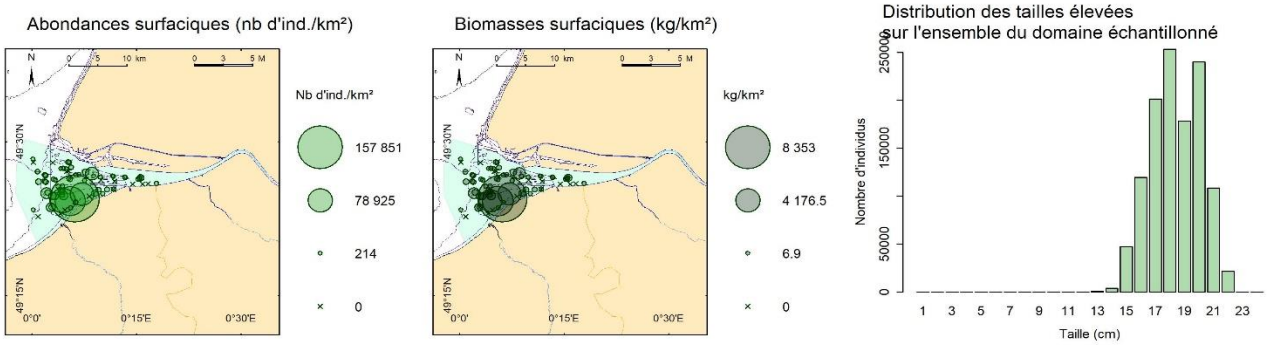
Comme les G0, les soles communes du groupe 1 colonisent l'intégralité de l'estuaire, depuis les stations les plus dessalées de l'amont (y compris les deux traits situés dans le chenal les plus amont du domaine ; Cf. année 2021 de la Figure 28) jusqu'aux stations les plus marines et les plus profondes de l'aval (strate « large »). Les tailles de capture des soles du groupe 1 sont comprises entre 13 et 22 cm.



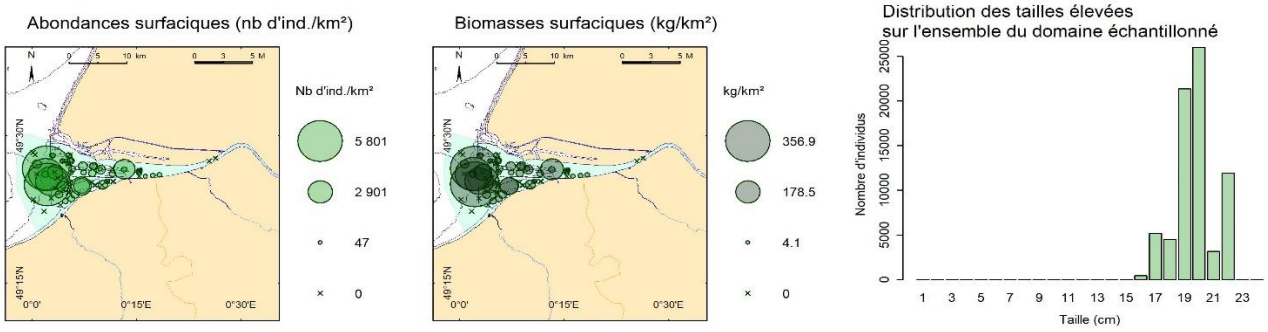
NOURDEM_SEINE 2018 : Solea solea_G1 ; IA = 389 041 +/- 305 605 individus ; IB = 17 568 +/- 14 107 kg ; Occurrence = 67.57 %



NOURDEM_SEINE 2019 : Solea solea_G1 ; IA = 1 174 611 +/- 731 925 individus ; IB = 60 514 +/- 38 051 kg ; Occurrence = 79.45 %



NOURDEM_SEINE 2020 : Solea solea_G1 ; IA = 72 610 +/- 39 726 individus ; IB = 4 601 +/- 2 442 kg ; Occurrence = 54.79 %



NOURDEM_SEINE 2021 : Solea solea_G1 ; IA = 86 376.2 +/- 47 195.8 individus ; IB = 4 286.4 +/- 2 328.8 kg ; Occurrence = 51.43 %

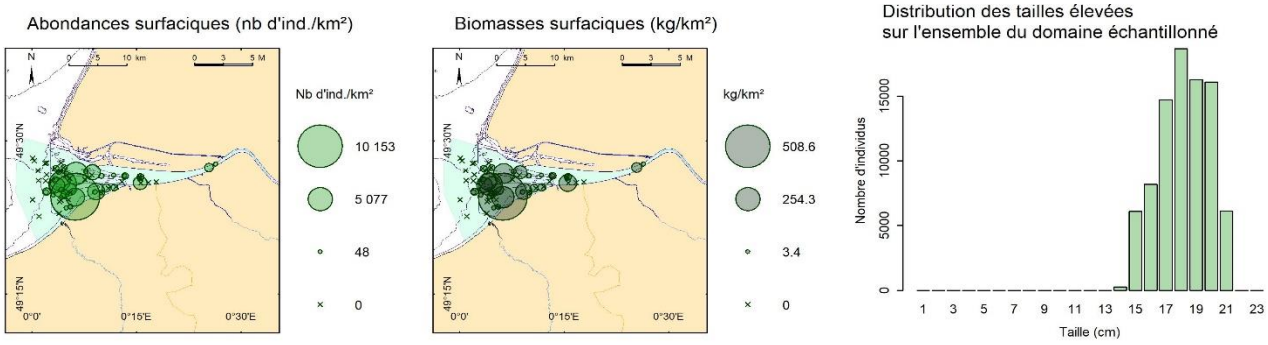


Figure 28 : Les soles communes du groupe 1 en estuaire de seine : *densités surfaciques (en nombre d'individus par* ***km² script RSUFI****), biomasses surfaciques (en kg/km²) et distributions des tailles (élevées à l'ensemble du domaine* ***échantillonné) des soles communes Solea solea du groupe 1, obtenues dans le cadre des campagnes NourDem Seine entre 2017 et 2021.***

Les soles communes des groupes 2 et plus en estuaire de Seine

Les soles communes des groupes 2+ ont présenté une occurrence moyenne de capture de 54,1% depuis le lancement du suivi NourDem en Seine (ce qui peut être comparée à celle des G1) et un indice moyen d'abondance de ≈ 85 500 individus (soit ≈ 4 fois moins que les G1) pour un indice moyen de biomasse de 11,7 tonnes.

Solea solea_G2+				
Année	IA RSUFI	Fourch. RSUFI	IA RSTRATI	Fourch. RSTRATI
2017	6 194	3 407	5 552	2 997
2018	62 614	25 994	69 500	20 201
2019	180 486	74 593	130 000	75 000
2020	124 280	55 253	145 253	40 255
2021	53 698	27 677	54 274	25 490

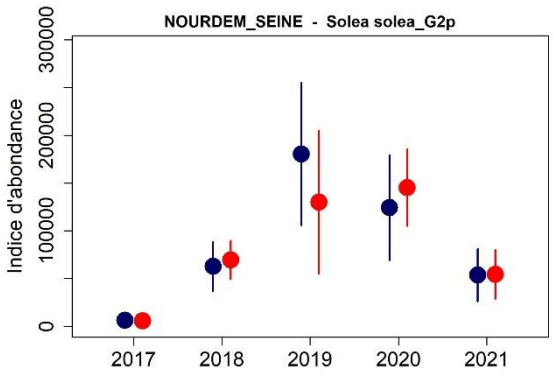
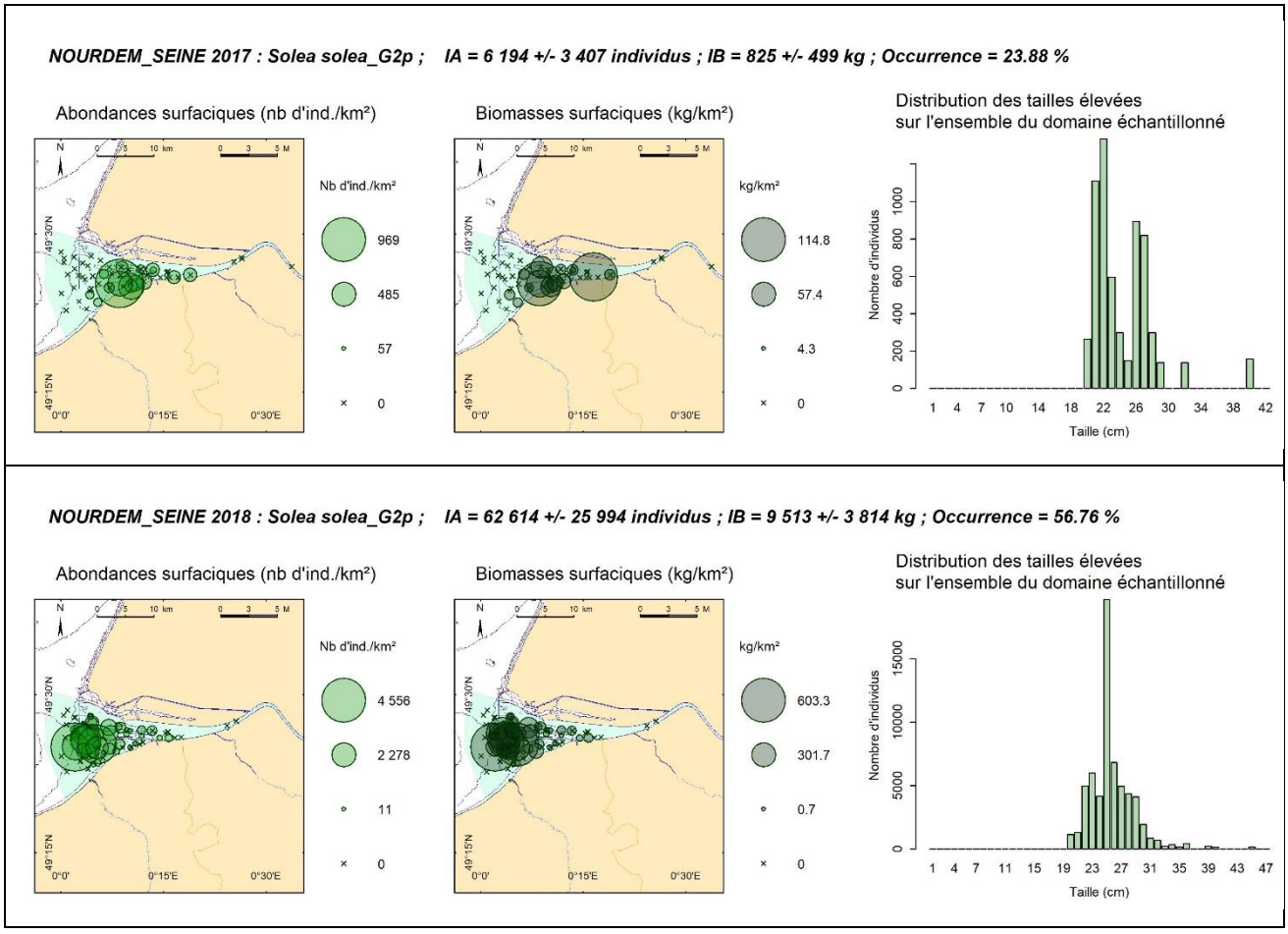


***Tableau 18** : valeurs des indices d'abondance et de leurs fourchettes d'encadrement (au seuil de 5% d'erreur) obtenues pour les soles communes des groupes 2 et plus en estuaire de Seine au cours des campagnes NourDem entre 2017 et 2021. En bleu, indices RSUFI ; en rouge indices RSTRATI.*

L'indice d'abondance RSTRATI de l'année 2020 (145 253 +/- 40 255 individus) est significativement supérieur à ceux des années 2017, 2018 et 2021, et celui de 2019 est significativement supérieur à celui de 2017 (Tableau 18). Ceci est en concordance avec les indices annuels déterminés pour les G0 et les G1 (c'est moins le cas si l'on considère les indices RSUFI). Les soles communes des groupes 2 et + colonisent l'intégralité de l'estuaire, depuis les zones du chenal à l'amont (2020 et 2021) jusqu'aux traits les plus aval et les plus profonds de la strate « large » (Figure 29). Les tailles s'échelonnent entre 20 et 45 cm.



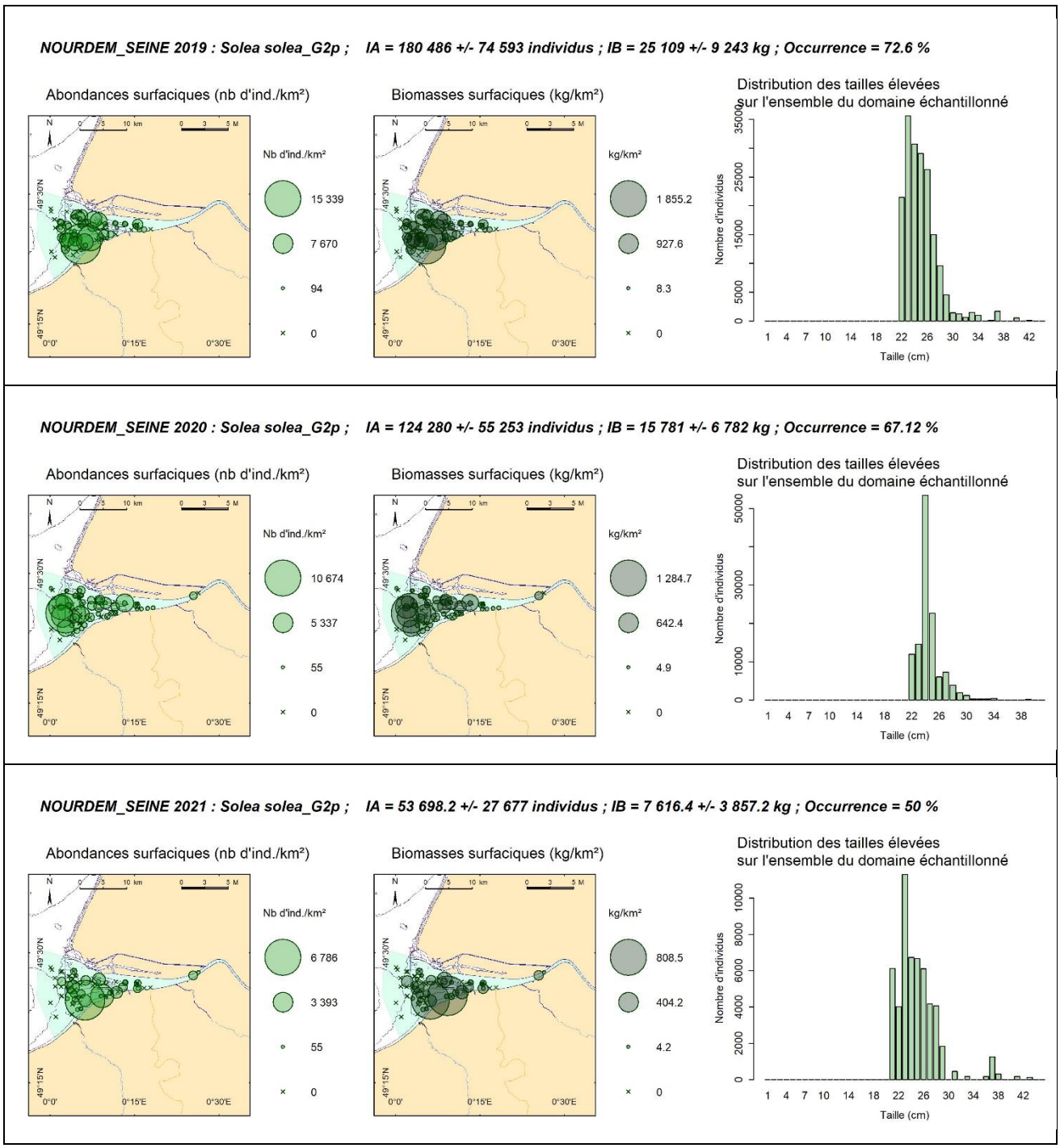


Figure 29 : Les soles communes des groupes 2 et plus en estuaire de Seine : *densités surfaciques (en nombre d'individus* ***par km² ; script RSUFI****), biomasses surfaciques (en kg/km²) et distributions des tailles (élevées à l'ensemble du domaine* ***échantillonné) des soles communes Solea solea des groupes 2 et plus, obtenues dans le cadre des campagnes NourDem Seine entre 2017 et 2021.***

Les pourcentages de capture moyens des individus des groupes 0, 1, et 2+ sont donnés par la Figure 30. Cette figure permet d'affiner la représentation des positionnements préférentiels des différents groupes d'âge : les groupes 0 sont certes capturés sur bon nombre de traits, depuis l'aval jusqu'à l'amont du domaine, mais les plus fortes densités sont observées sur les platières de la strate « estuaire central sud » et sur quelques traits du sud de la strate « estuaire aval », i.e. plutôt sur des traits peu profonds. Les groupes 1 se maintiennent bien sur la même zone, mais l'aire de répartition se développe, avec des captures plus à l'ouest ainsi que sur la strate « estuaire central nord ». Les groupes 2 et + poursuivent leur extension, à la fois vers l'amont et l'aval, et présentent des niveaux de captures du même ordre de grandeur sur la plus grande partie du domaine (toujours à l'exception des deux trait les plus amont) : contrairement aux groupes 0 et 1, ces grands individus ne présentent pas de zone préférentielle d'habitat marquée, mais se répartissent sur la quasi intégralité du domaine.

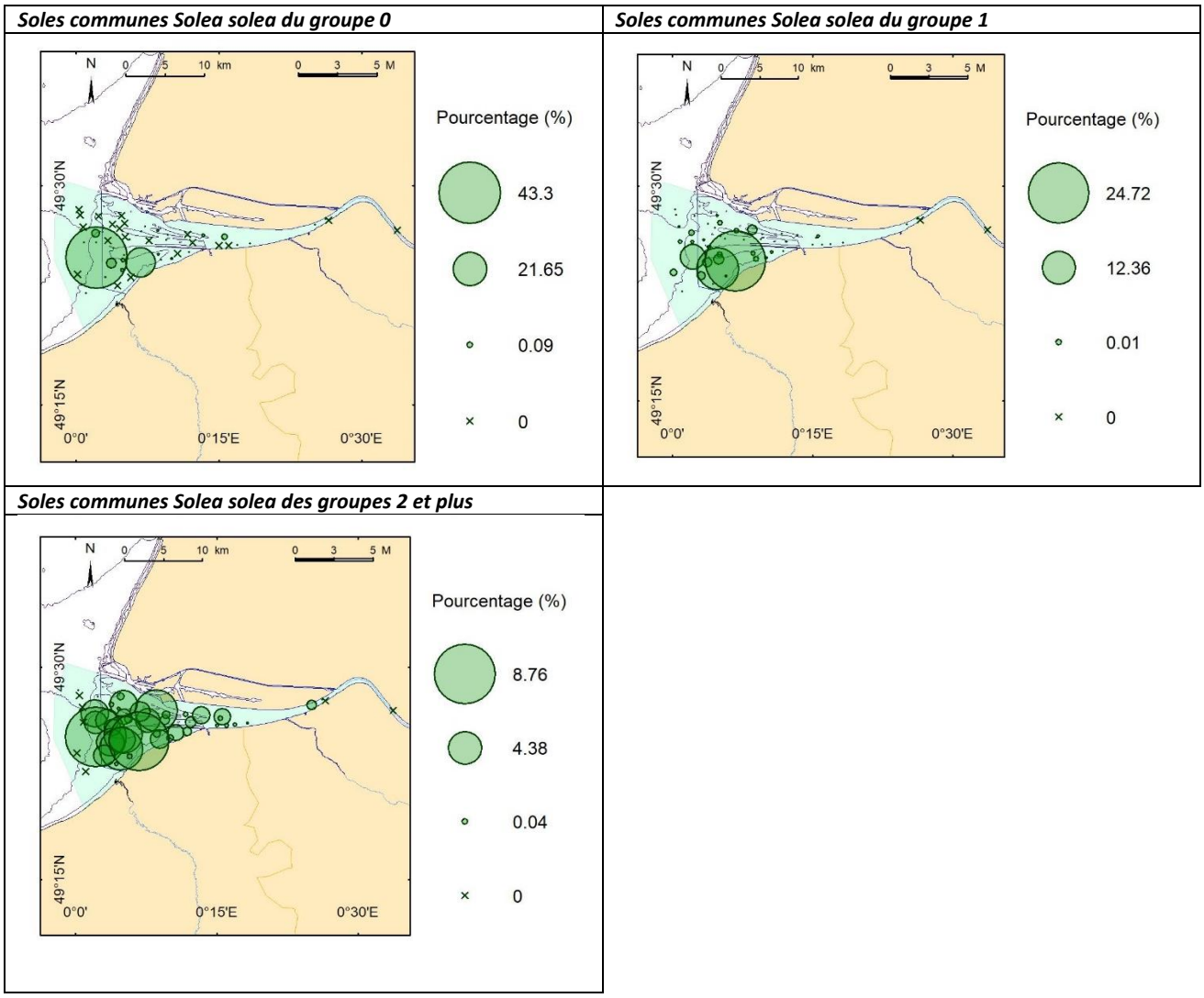


Figure 30 : Les soles communes en estuaire de Seine : moyennes, sur la période 2017-2021, des captures par traits *(exprimées en pourcentage du nombre total moyen d'individus capturés) des soles communes des groupes 0, 1 et* ***2+ ; données NourDem.***

4.1.11 Le hareng commun Clupea harengus en estuaire de Seine

Le hareng commun *Clupea harengus* est une espèce pélagique abondante et occurrente en estuaire de Seine. Elle a présenté une occurrence moyenne de capture, depuis le lancement des campagnes NourDem, de 52% (Tableau 11). Les indices d'abondance présentent, comme ceux du sprat, autre petit pélagique, une forte variabilité interannuelle, allant de ≈ 16 000 +/- ≈ 20 000 individus en 2017, essentiellement des groupes 1+ (tailles comprises entre 18 et 28 cm ; Figure 32) à ≈ 28,3 +/- ≈ 17 millions d'individus en 2018, essentiellement des groupes 0 (tailles principalement comprises entre 3 et 15 cm). Les indices d'abondance RSUFI et RSTRATI de l'année 2018 sont significativement supérieurs à ceux des années 2017, 2020 et 2021. Ceux de 2020 et 2021 sont significativement supérieurs à ceux de 2017.

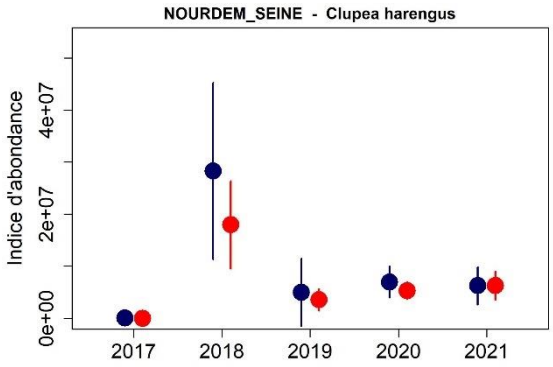
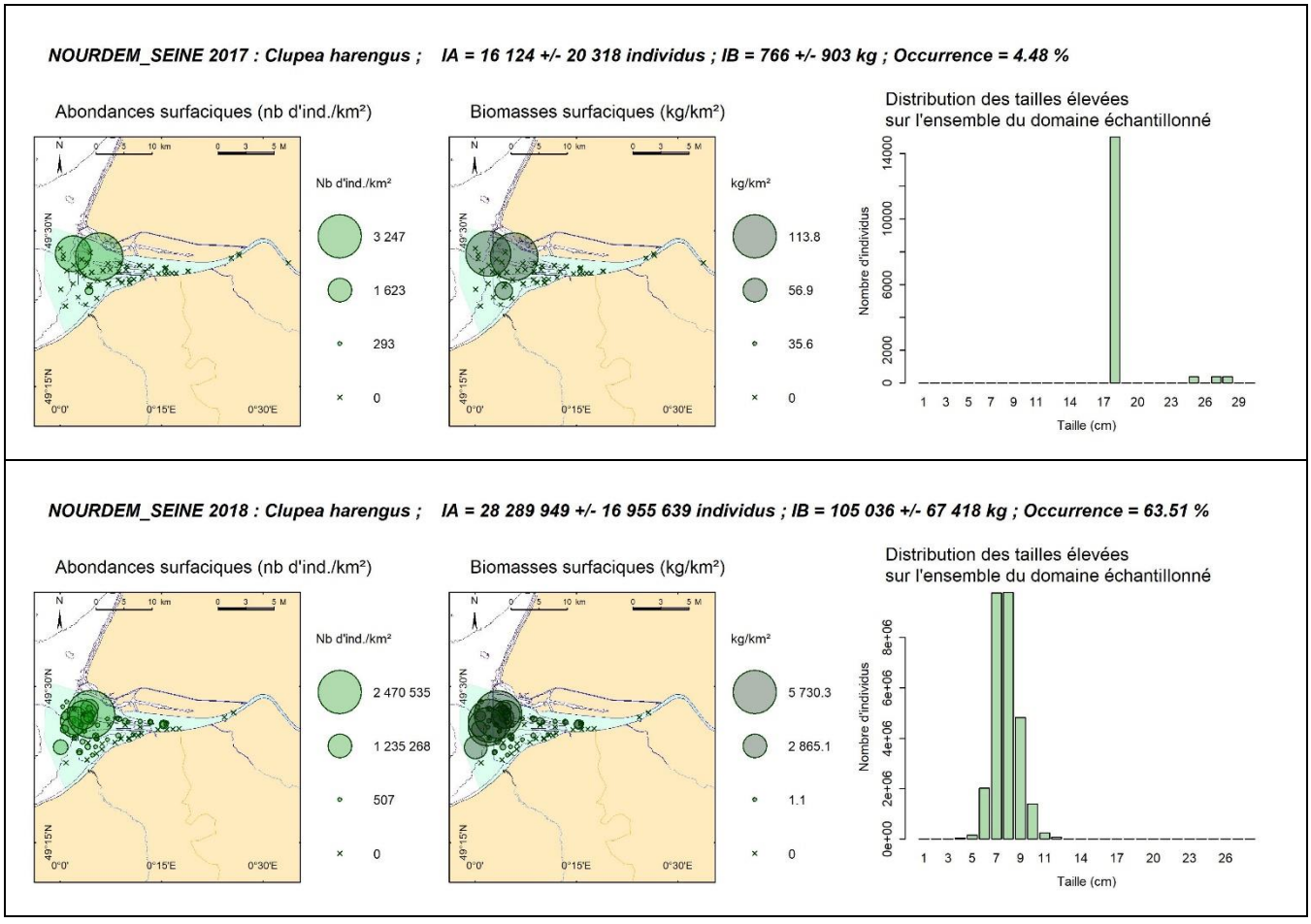


Figure 31 : les harengs commun Clupea harengus en estuaire de Seine : *indices d'abondance (en nombre d'individus) et fourchettes d'encadrement au seuil d'erreur de 5% de ces indices, calculés à partir* ***des données de capture des campagnes NourDem Seine entre 2017 et 2021. En bleu, indices RSUFI ; en rouge indices RSTRATI.***

La Figure 32 montre que cette espèce, qui comme le sprat n'est pas strictement inféodée à l'estuaire, mais y pénètre à certaines époques de l'année, parcourant l'intégralité de l'estuaire, des captures ayant été enregistrées depuis les traits les plus amont (année 2021) jusqu'aux traits les plus aval, les plus marins (chaque année).



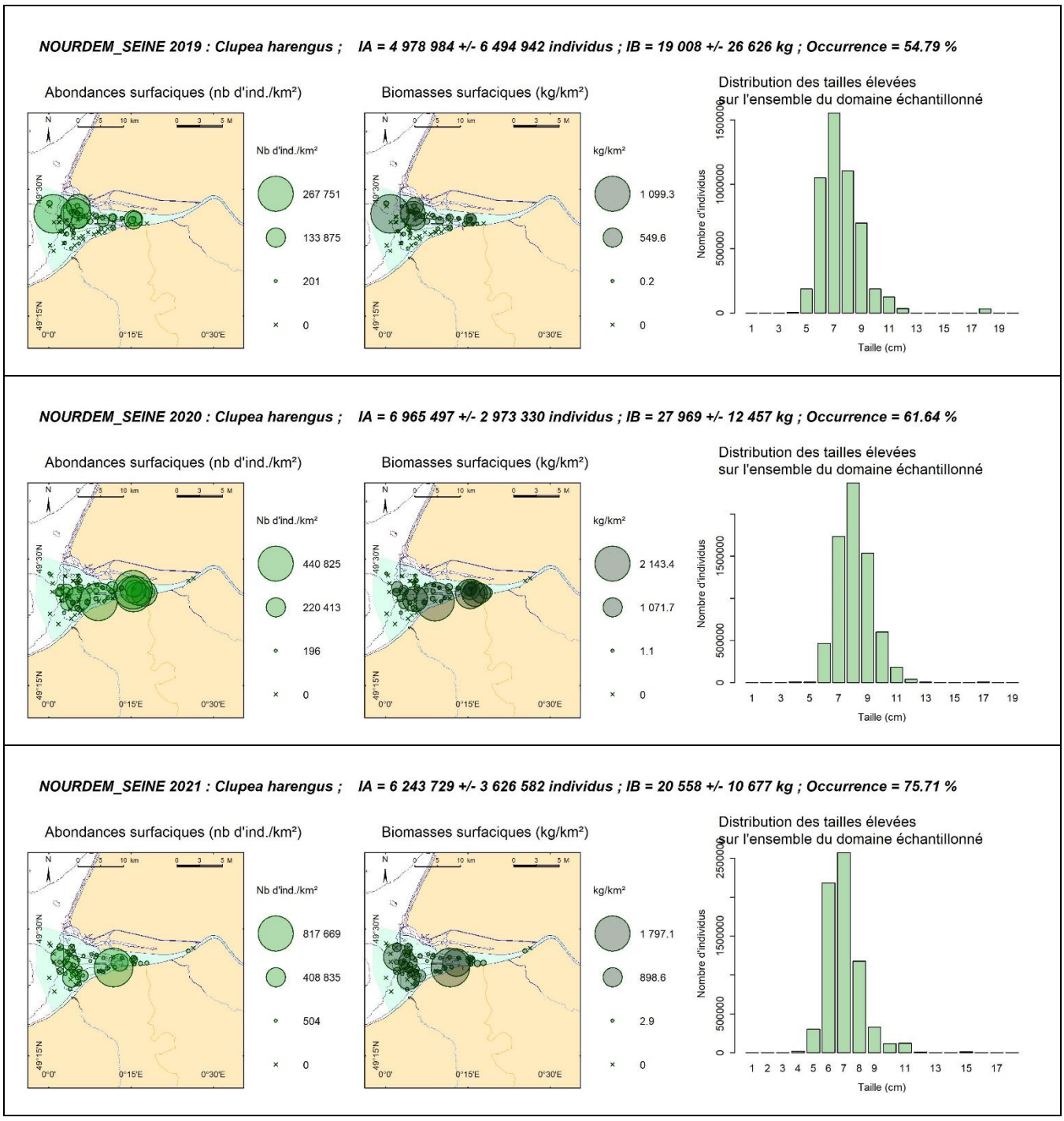


Figure 32 : Les harengs communs en estuaire de Seine : *densités surfaciques (en nombre d'individus par km² **; script RSUFI**), biomasses surfaciques (en kg/km²) et distributions des tailles (élevées à l'ensemble du domaine **échantillonné) des** harengs commun Clupea harengus, toutes classes d'âge confondues, obtenues dans le cadre **des campagnes NourDem Seine entre 2017 et 2021.***

4.1.12 Le petit calmar Alloteuthis sp. en estuaire de seine

Les calmars *Alloteuthis sp*. sont des céphalopodes de la famille des loliginidés sur lesquels nous ne disposons que de peu d'informations. Selon les documents de classification de la FAO (2010), l'espèce présente en estuaire et baie de Seine (ainsi que dans les deux autres estuaires) est très vraisemblablement *Alloteuthis subulata*, mais le mélange avec une espèce proche, *Alloteuthis media* ne serait pas à exclure, cette seconde espèce étant signalée comme « probable » dans nos eaux. Des prélèvements seront effectués en 2022 afin de vérifier si le peuplement est bien monospécifique en estuaire de Seine. En l'attente, nos captures sont regroupées sous la dénomination *Allotheuthis sp*.

Les captures ont été occurrentes depuis le début du suivi NourDem en Seine (51,6% ; Cf. Tableau 11), et abondantes : IA moyen sur la période de 1,63 millions d'individus et IB moyen de 8,2 tonnes (poids moyen individuel de 5 grammes ; la longueur dorsale du manteau mesure en moyenne 5 à 6 cm). Les indices d'abondance les plus élevés ont été observés en 2018 et 2019 (respectivement 4,86 et 2,16 millions d'individus), abondances significativement supérieures à celles des autres années, et notamment celles de 2017 et de 2021, les plus faibles de la série avec de l'ordre de 500 000 individus seulement.

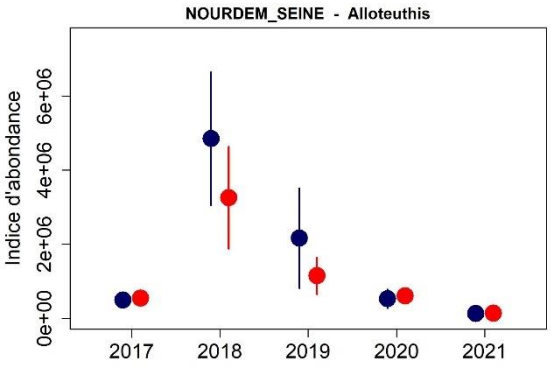
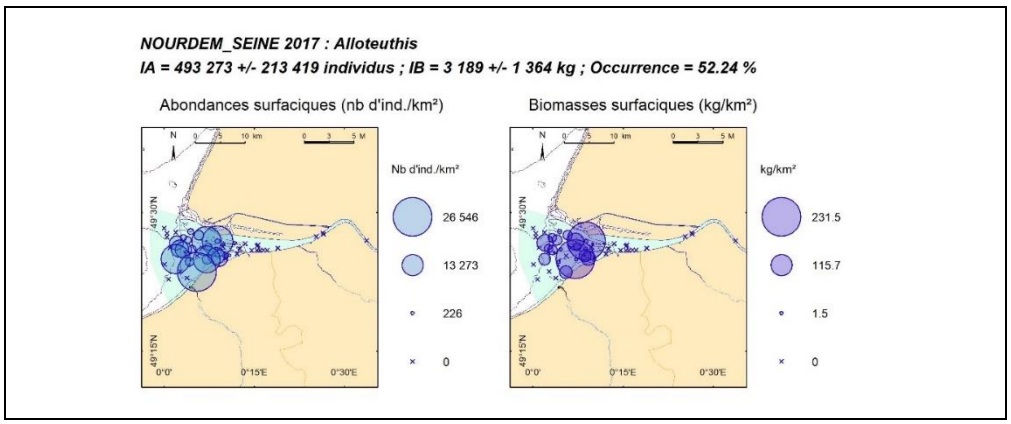


Figure 33 : Les calmars Alloteuthis sp. en estuaire de Seine : indices** d'abondance (en nombre d'individus) et fourchettes d'encadrement au seuil d'erreur de 5% de ces indices, calculés à **partir des données de capture des campagnes NourDem Seine entre 2017 et 2021. En bleu, indices RSUFI ; en rouge indices RSTRATI.

Ce petit calmar apparait ne pas être pleinement inféodé à l'estuaire, plutôt à la zone côtière. Il y pénètre cependant fréquemment, mais en bancs beaucoup moins denses que ceux des sprats ou des harengs précités. On le capture essentiellement sur les traits de l'aval de l'estuaire, jamais sur ceux de l'amont, et plutôt dans les secteurs profonds plutôt que sur les platières et les zones d'estran (Figure 34). C'est une espèce fourrage par excellence des prédateurs supérieurs vivant dans l'estuaire ou à sa sortie (bars, merlans, maquereaux…).



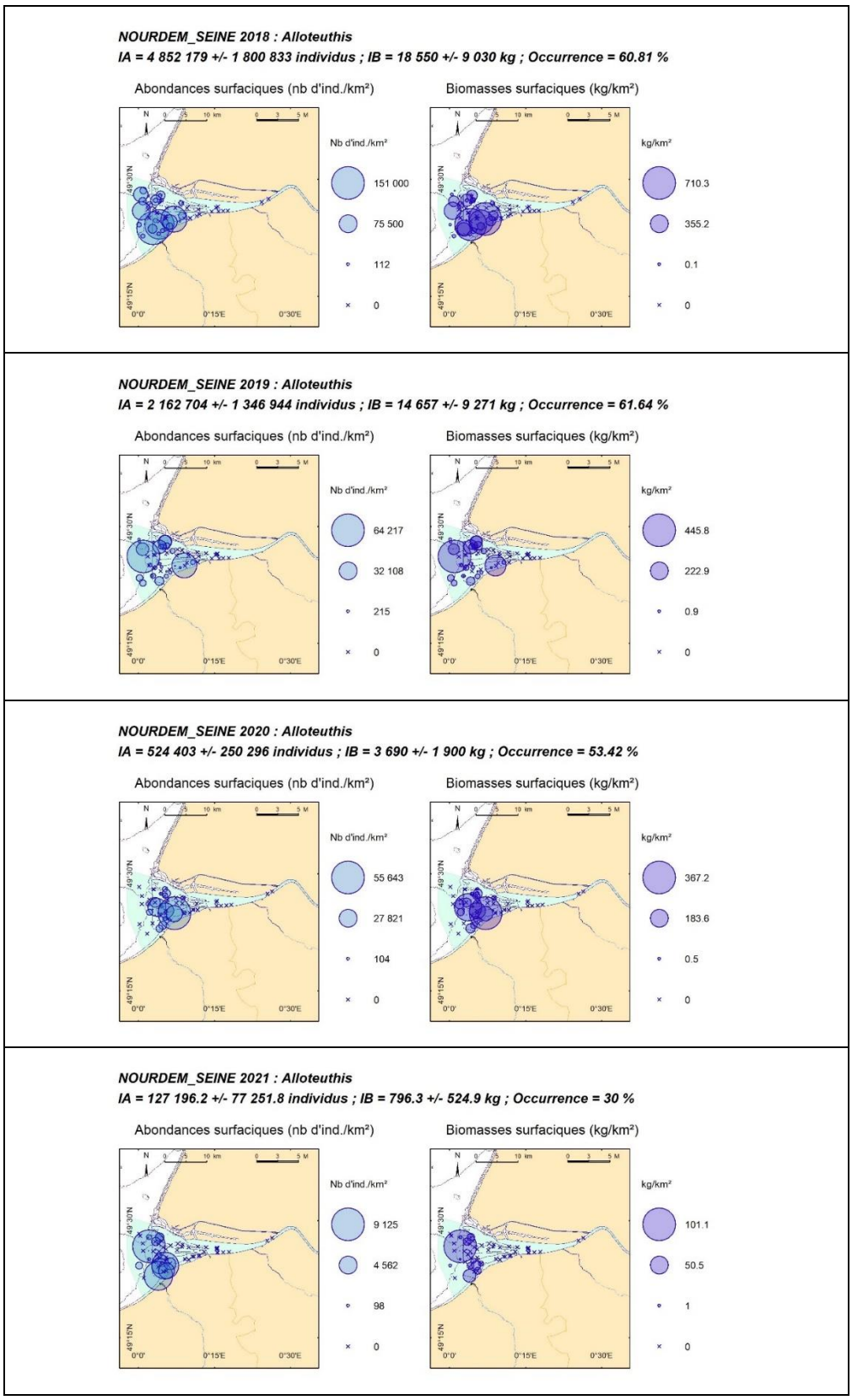


Figure 34 : Les calmars Alloteuthis sp. en estuaire de Seine *: densités surfaciques (en nombre d'individus par km²* ***; script RSUFI) et biomasses surfaciques (en kg/km²) des calmars Alloteuthis sp. obtenues dans le cadre des campagnes NourDem Seine entre 2017 et 2021.***

4.1.13 L'éperlan d'Europe Osmerus eperlanus en estuaire de Seine

L'éperlan d'Europe, *Osmerus eperlanus*, est classé parmi les espèces pélagiques (fishbase). Il vit majoritairement en secteurs estuariens et côtiers sous nos latitudes, mais remonte en rivière pour se reproduire (migrateur anadrome). Il est sémelpare, c'est-à-dire qu'il ne se reproduit qu'une fois au cours de sa vie, et meurt après cette unique période de reproduction. Il est connu pour être sensible au réchauffement climatique, cause avancée de sa disparition de l'estuaire de la Gironde ces dernières années. L'estuaire de la Loire constituerait aujourd'hui la limite sud de son aire de répartition. Cette espèce est donc considérée comme une espèce sentinelle, sensible aux modifications environnementales, à suivre prioritairement dans le cadre de projets d'évaluation de la qualité des zones estuariennes. De ce fait, nous avons distingué deux classes d'âge, les groupes 0 et les groupes 1 et plus

Tous groupes d'âge confondus, l'occurrence moyenne de capture s'est élevée 46%, l'indice d'abondance moyen à ≈ 1,66 millions d'individus et l'indice moyen de biomasse à 24,6 tonnes (Tableau 11).

Les éperlans d'Europe du groupe 0 en estuaire de Seine

Les éperlans d'Europe du groupe 0 ont présenté une occurrence moyenne de capture de 25,2% entre 2017 et 2021, un indice moyen d'abondance de l'ordre de 746 000 individus pour un indice moyen de biomasse de 1,5 tonnes (poids moyen individuel de 2 grammes). Les indices d'abondance de l'année 2021 sont les plus bas de la série (Figure 35), significativement inférieurs à ceux des autres années. Les indices des autres années ne sont pas significativement différents entre eux.

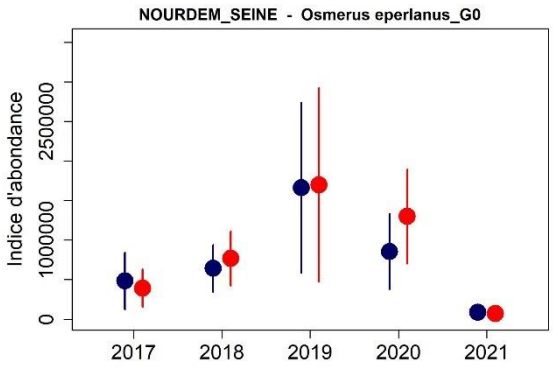
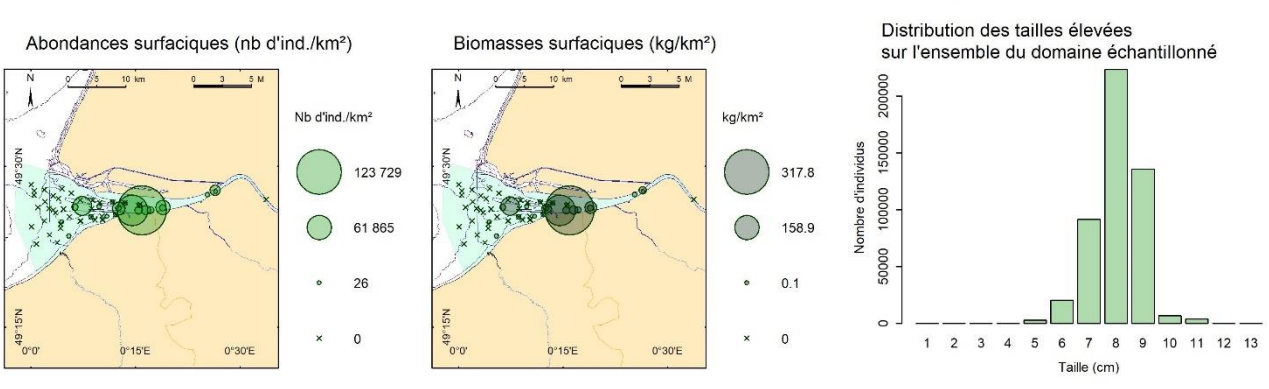


Figure 35** : les éperlans d'Europe Osmerus eperlanus **du groupe 0 en estuaire de Seine** : indices d'abondance (en nombre d'individus) et fourchettes d'encadrement au seuil d'erreur de 5% **de ces indices, calculés à partir des données de capture des campagnes NourDem Seine entre 2017 et 2021. En bleu, indices RSUFI ; en rouge indices RSTRATI.

Les éperlans d'Europe apparaissent très inféodés au chenal de l'estuaire de Seine, quelle que soit la salinité (de 0 à 35 pour mille). Les captures sur les platières situées de part et d'autre du chenal (strates « estuaire central nord » et « estuaire central sud ») sont rares. Les tailles de capture de ces juvéniles du groupe 0 s'échelonnent de 4 à 11 cm.



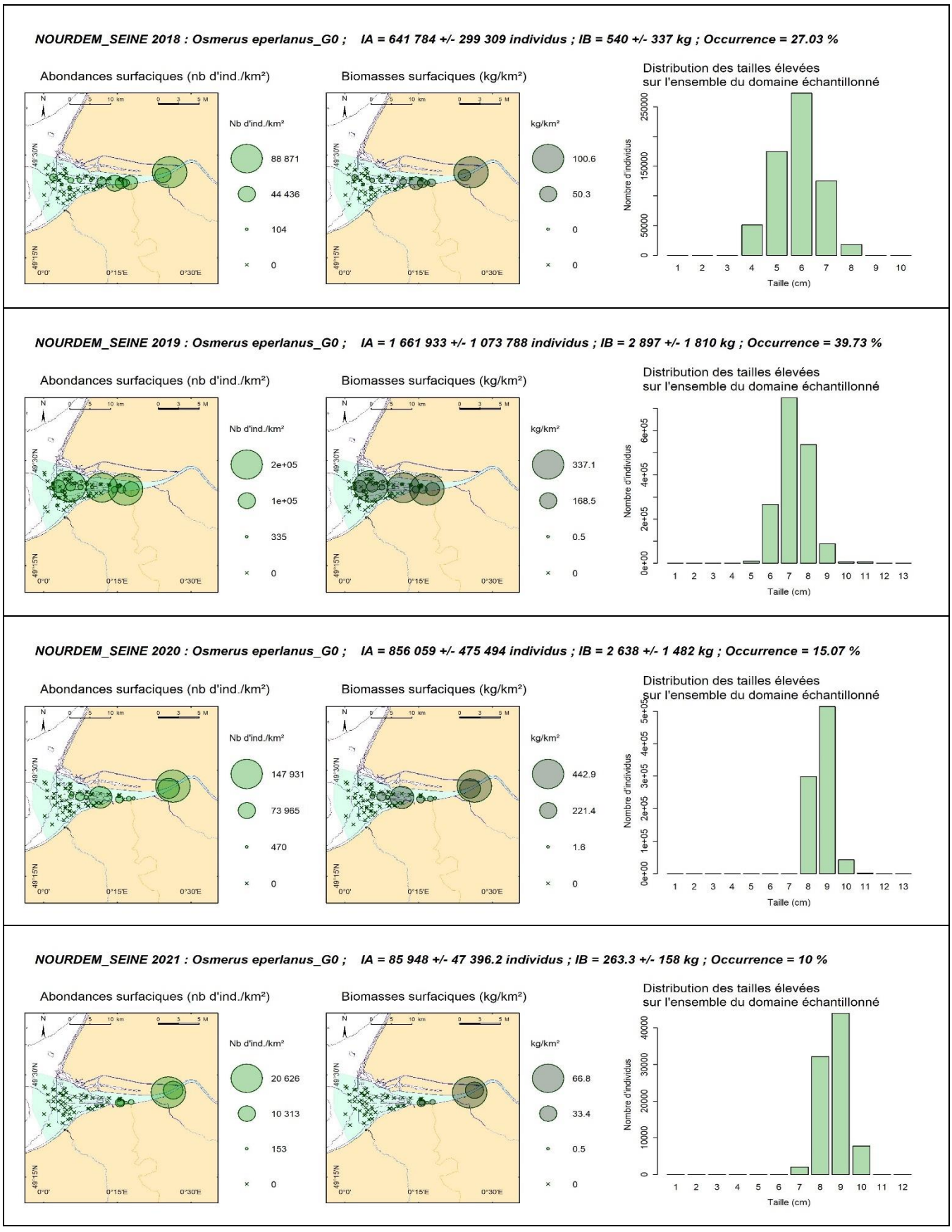


Figure 36 : *Les éperlans d'Europe du groupe 0 en estuaire de Seine* ***:*** *densités surfaciques (en nombre d'individus* ***par km² ; script RSUFI****), biomasses surfaciques (en kg/km²) et distributions des tailles (élevées à l'ensemble du* ***domaine*** *échantillonné) des éperlans d'Europe Osmerus eperlanus du groupe 0 obtenues dans le cadre des* ***campagnes NourDem Seine entre 2017 et 2021.***

Les éperlans d'Europe des groupes 1 et plus en estuaire de Seine

Les éperlans d'Europe des groupes 1+ ont présenté une occurrence moyenne de capture entre 2017 et 2021 de 44,1% (donc supérieur à celle des G0), un indice d'abondance moyen de l'ordre de 920 000 individus (légèrement supérieur à celui des G0) pour un indice moyen de biomasse de 23 tonnes (Tableau 11 ; poids moyen individuel de 25 grammes).

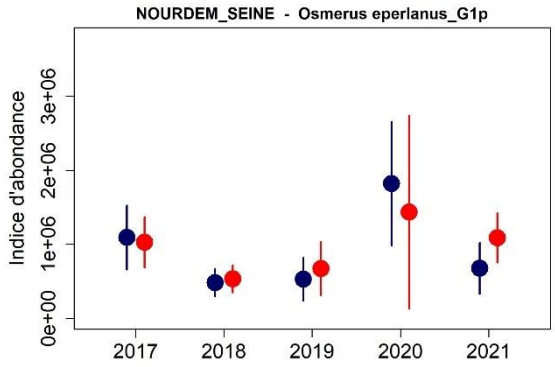
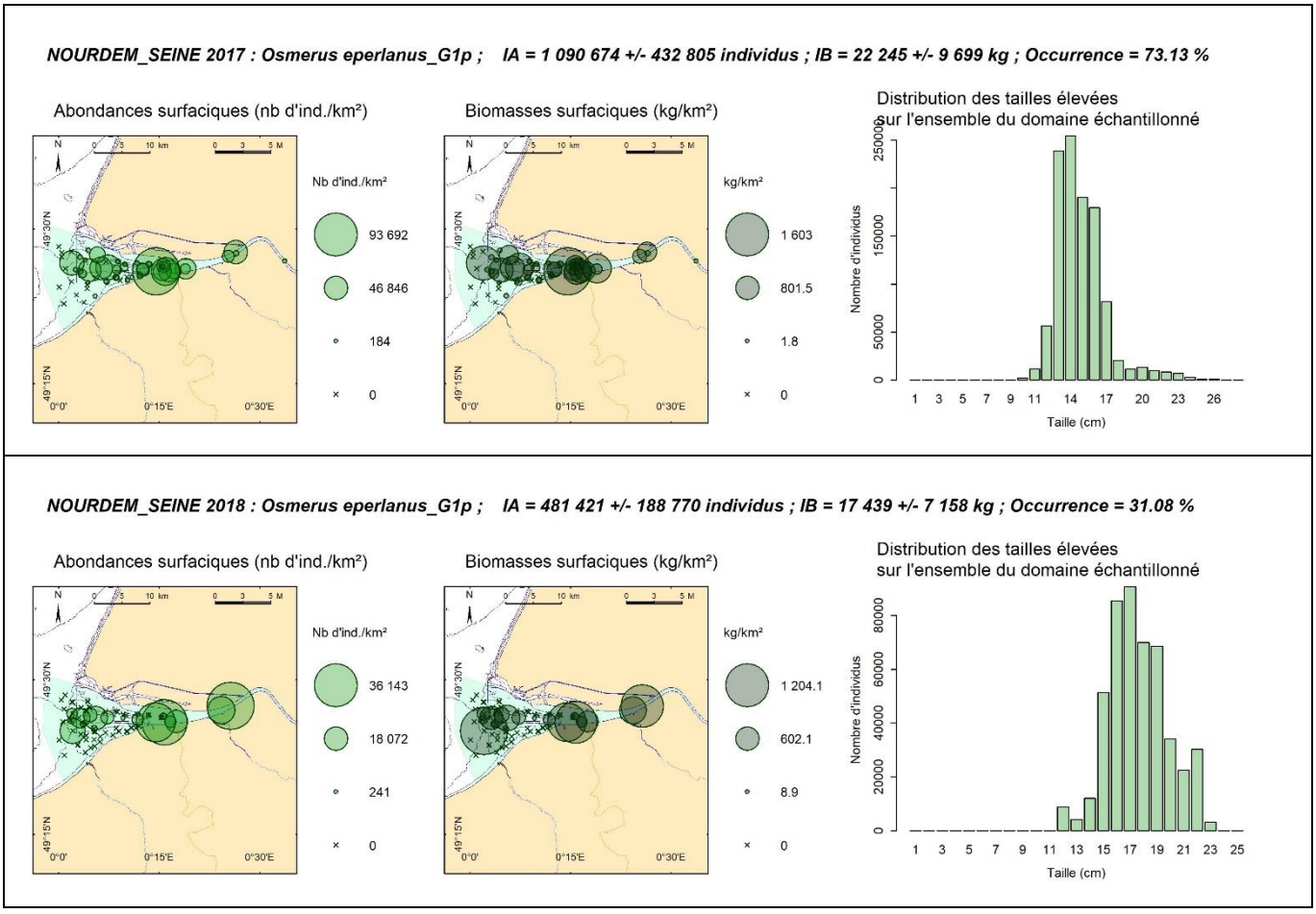


Figure 37** : les éperlans d'Europe Osmerus eperlanus des groupes 1 **et plus en estuaire de Seine : indices d**'abondance (en nombre d'individus) et fourchettes d'encadrement au seuil d'erreur de 5% de **ces indices, calculés à partir des données de capture des campagnes NourDem Seine entre 2017 et 2021. En bleu, indices RSUFI ; en rouge indices RSTRATI.

Les indices d'abondance annuels ne présentent pas de différences significatives entre eux. L'abondance maximale en groupes 0 de l'année 2019 se retrouve en 2020 au niveau des groupes 1 et + (Figure 37).

Les éperlans d'Europe des groupes 1 et plus sont, comme leurs congénères du groupe 0, quasi-strictement inféodés au chenal de l'estuaire, avec cependant quelques captures enregistrées en aval de ce chenal, sur la strate « estuaire central » (Figure 38). Les tailles de capture sont comprises entre 10 et 26 cm.



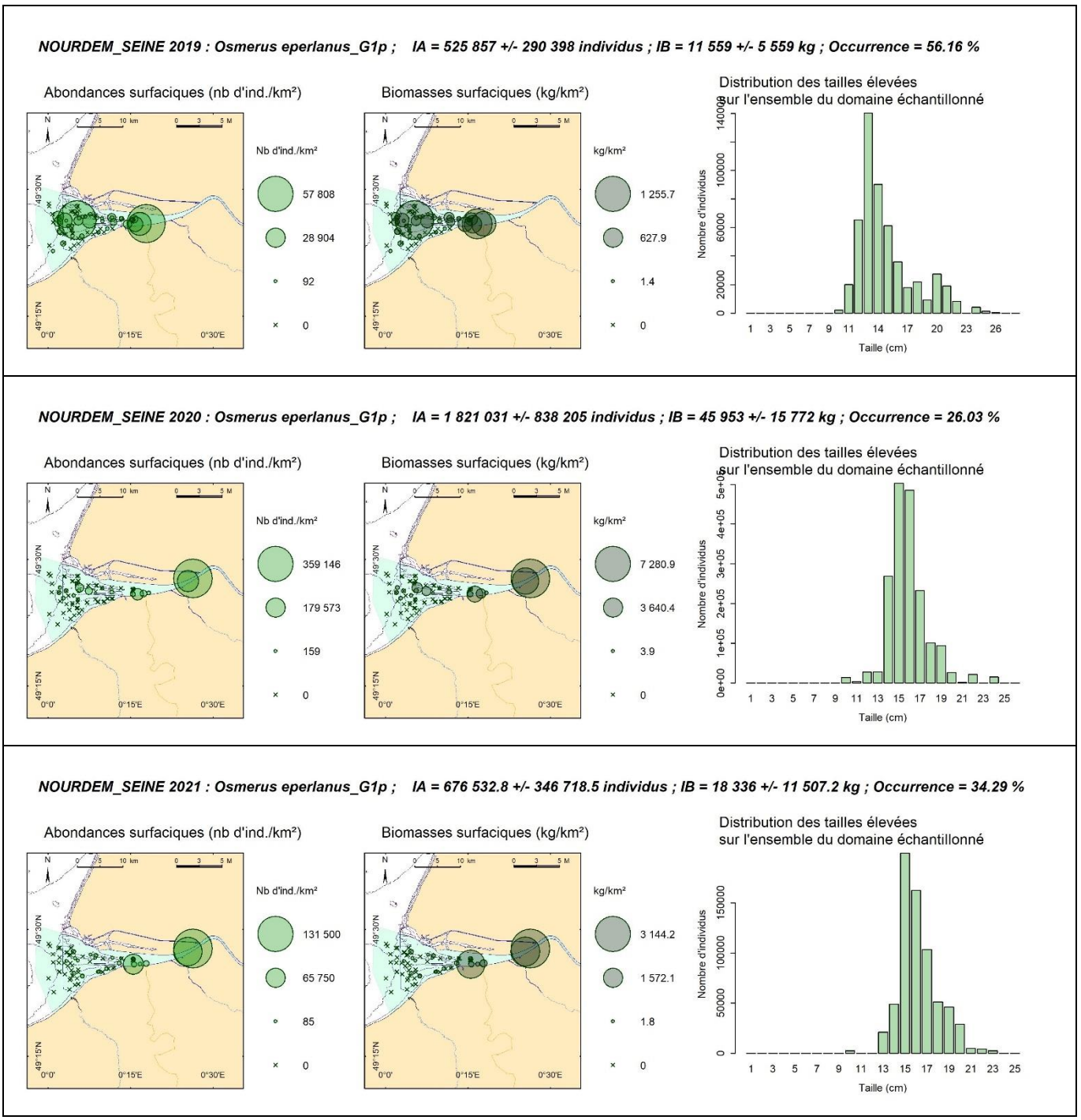


Figure 38 : *Les éperlans d'Europe des groupes 1 et plus en estuaire de Seine* ***: densités surfaciques (en nombre*** *d'individus par km²* ***; script RSUFI), biomasses surfaciques (en kg/km²) et distributions des tailles (élevées à*** *l'ensemble du domaine échantillonné) des éperlans d'Europe Osmerus eperlanus des groupes 1 et plus obtenues* ***dans le cadre des campagnes NourDem Seine entre 2017 et 2021***

La synthèse du positionnement moyen des captures des individus des groupes 0 et 1+ depuis le début des campagnes est donnée par la Figure 39 . Les deux cartes confirment bien la présence préférentielle de cette espèce dans la zone du chenal.

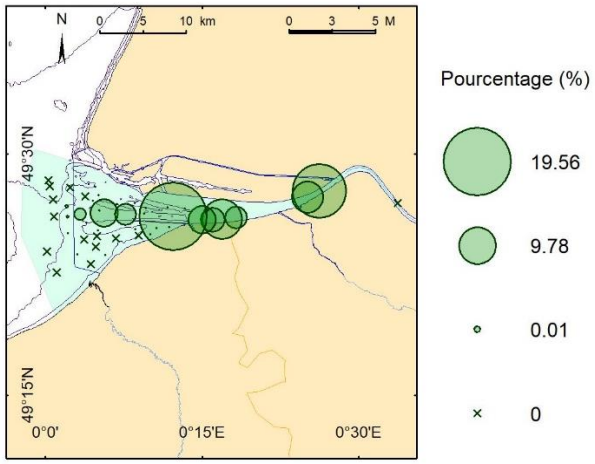
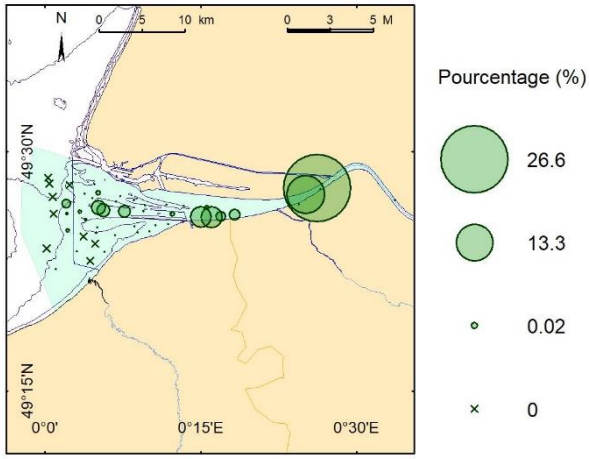
Eperlans d'Europe du groupe 0	***Eperlans d'Europe des groupes 1 et plus***
	

Figure 39 : *Les éperlans d'Europe en estuaire de seine* ***: moyennes, sur la période 2017-2021, des captures par traits*** *(exprimées en pourcentage du nombre total moyen d'individus capturés) des éperlans d'Europe Osmerus eperlanus* ***des groupes 0 et 1+ ; données NourDem.***

.

4.1.14 La crevette grise Crangon crangon en estuaire de Seine

La crevette grise est un petit crustacé très abondant en estuaire de Seine où il fait l'objet d'une exploitation professionnelle au moyen de chaluts spécifiques, ce que n'est pas le chalut NourDem qui sous-estime très vraisemblablement les abondances réelles. De ce fait, c'est l'évolution interannuelle des indices d'abondance qu'il faut prendre en compte, plus que les valeurs absolues desdits indices. En moyenne, sur la période 2017-2021, l'indice d'abondance a atteint ≈ 8,4 millions d'individus pour une biomasse moyenne de ≈ 7,5 tonnes (Tableau 11).

L'abondance de l'année 2017 (≈ 1 million d'individus), la plus faible de la série, est significativement inférieure à celles des années 2018, 2019 et 2020 (pas 2021) si l'on considère les indices RSTRATI (RSUFI est moins discriminant ; Figure 40 ; l'indice maximal d'abondance est obtenu en 2018 avec 16,5 +/- 14,7 millions d'individus).

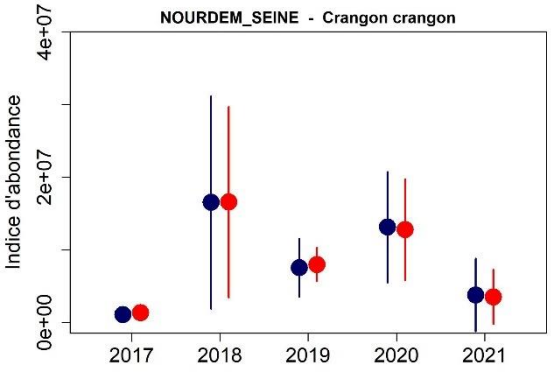
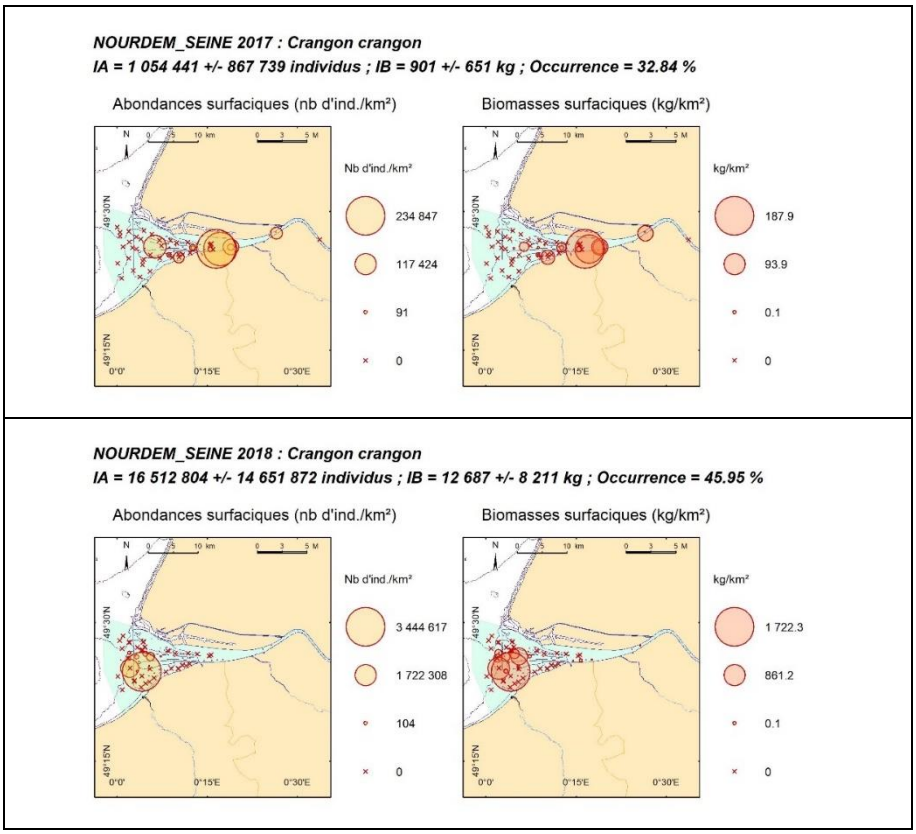


Figure 40 : Les crevettes grises Crangon crangon en estuaire de Seine** : indices d'abondance (en nombre d'individus) et fourchettes d'encadrement au seuil d'erreur de 5% de ces indices, calculés à **partir des données de capture des campagnes NourDem Seine entre 2017 et 2021. En bleu, indices RSUFI ; en rouge indices RSTRATI.

Les crevettes grises colonisent l'intégralité de la zone estuarienne, mais avec des densités moindres sur les secteurs très à l'amont, très dessalés, où elles laissent leur place à la crevette blanche *Palaemeon longirostris*. Elles ne se capturent également qu'exceptionnellement sur les traits les plus aval du domaine, par des bathymétries supérieures à 8-10 m (Figure 41). Les densités maximales, et les indices de biomasse maximaux, sont obtenues sur le centre du domaine échantillonné, par des salinités généralement supérieures à 15 pour mille.



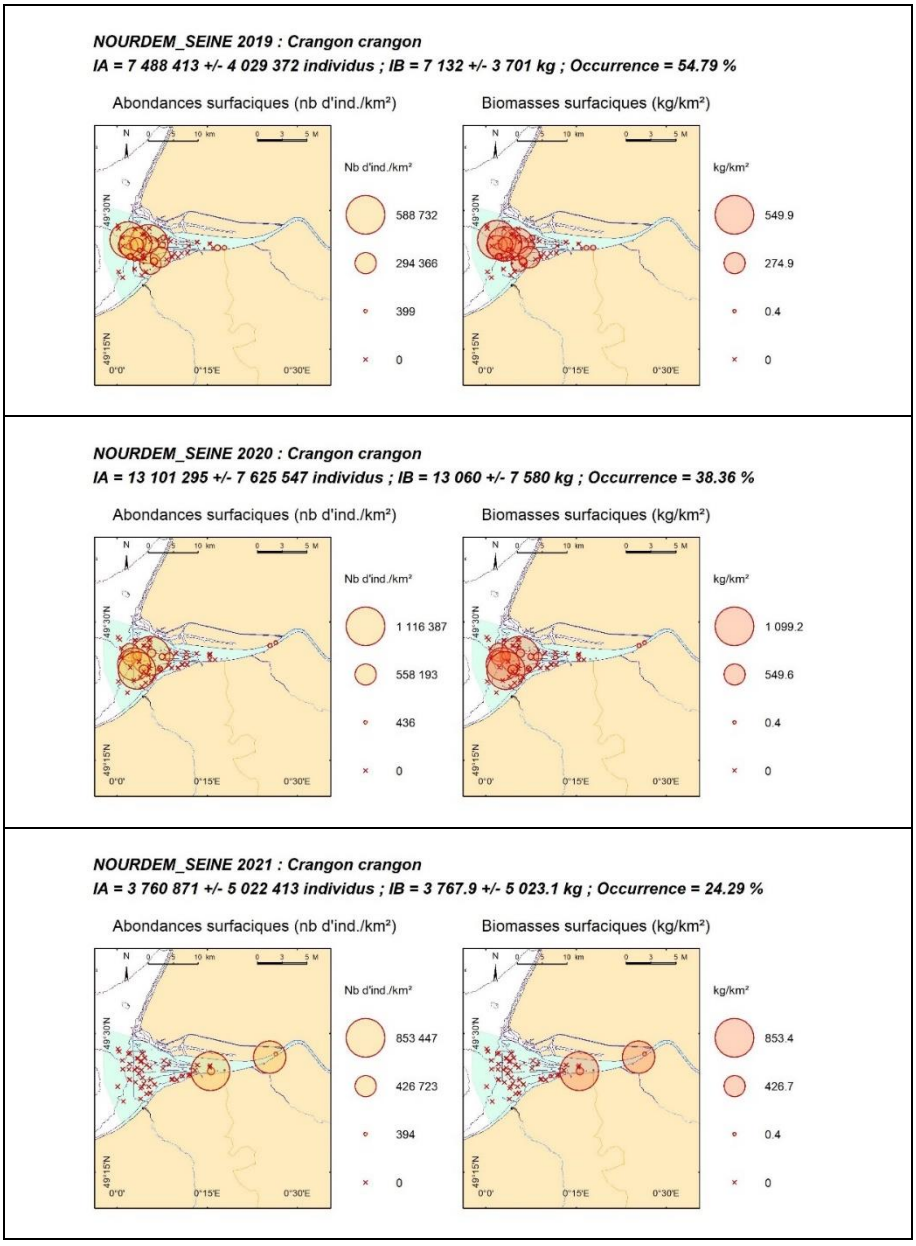


Figure 41** : densités surfaciques (en nombre d'individus par km² **; script RSUFI) et biomasses surfaciques (en kg/km²) des crevettes grises Crangon crangon obtenues dans le cadre des campagnes NourDem Seine entre 2017 et 2021.

4.1.15 La plie commune Pleuronectes platessa en estuaire de Seine

Entre 2017 et 2021, les plies communes ont présenté une occurrence moyenne de capture de 36,3% en estuaire de Seine, un indice d'abondance moyen de 171 800 individus et un indice moyen de biomasse de 20,7 tonnes (Tableau 11).

Hormis en 2017, année de faible abondance (significativement inférieure à celles de toutes les autres années selon le script RSTRATI), les abondances en plie communes sont assez constantes sur la période, comprises entre ≈ 156 000 +/- ≈ 100 000 et ≈ 255 000 +/- ≈ 142 000 individus, et ne présentent donc pas de différence significatives entre elles.

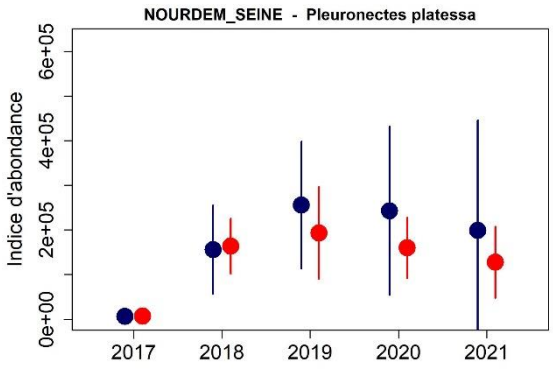
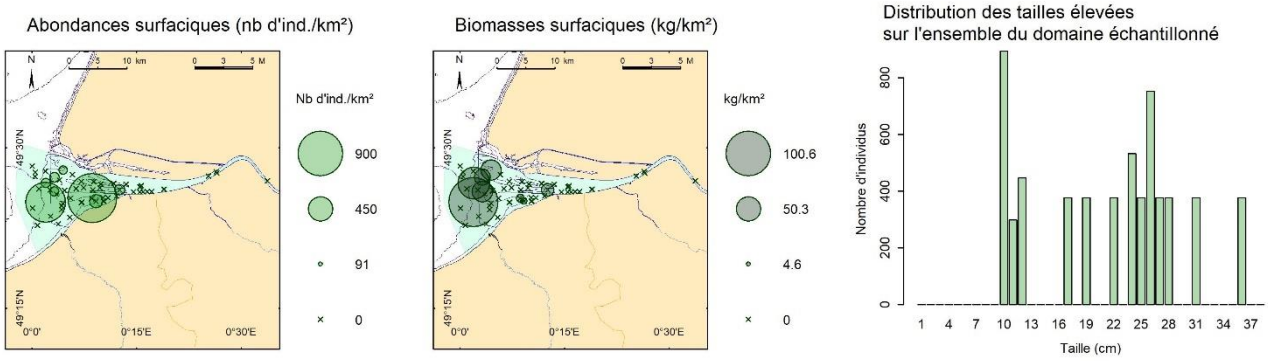


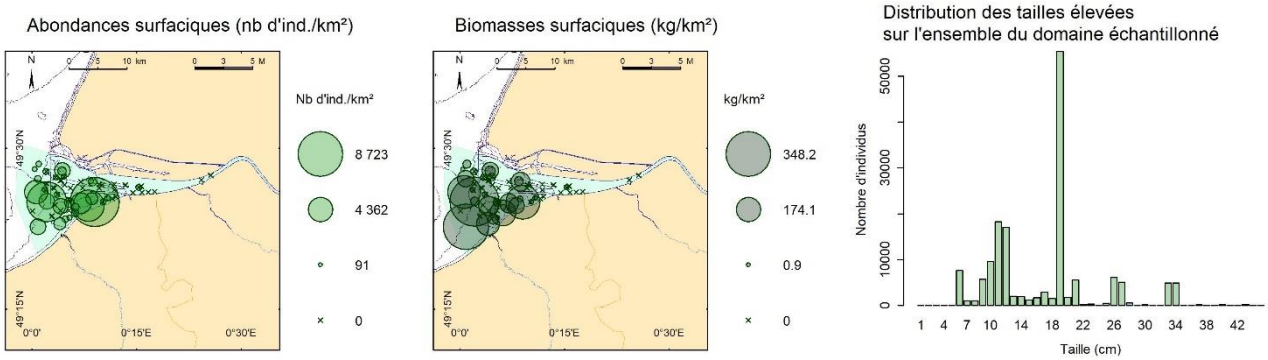
Figure 42 : les plies communes Pleuronectes platessa en estuaire de Seine** : indices d'abondance (en nombre d'individus) et fourchettes d'encadrement au seuil d'erreur de 5% de ces **indices, calculés à partir des données de capture des campagnes NourDem Seine entre 2017 et 2021. En bleu, indices RSUFI ; en rouge indices RSTRATI.

Les plies communes, tout comme les flets communs, colonisent l'intégralité de l'estuaire, depuis les traits les plus amont jusqu'aux plus aval. La population comprend des individus de tous âges, depuis les tous jeunes juvéniles du groupe 0 (taille minimale de capture de 5 cm) jusqu'à des adultes (taille maximale enregistrée de 43 cm). L'estuaire peut donc être considéré comme une zone de nourricerie pour l'espèce.

NOURDEM_SEINE 2017 : Pleuronectes platessa ; IA = 5 936 +/- 6 107 individus ; IB = 1 019 +/- 878 kg ; Occurrence = 11.94 %



NOURDEM_SEINE 2018 : Pleuronectes platessa ; IA = 155 992 +/- 99 735 individus ; IB = 11 583 +/- 8 070 kg ; Occurrence = 41.89 %



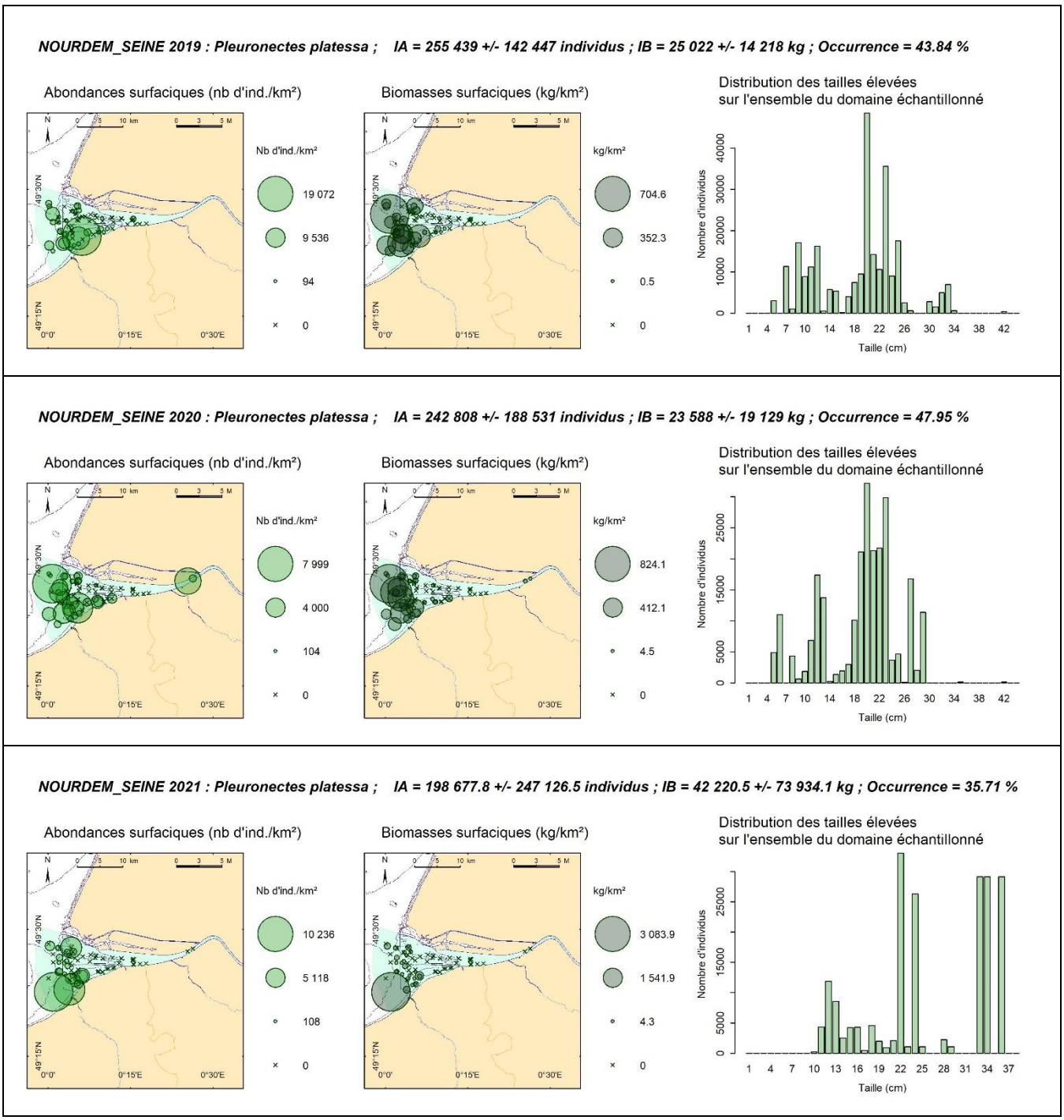


Figure 43 : Les plies communes Pleuronectes platessa en estuaire de Seine** : densités surfaciques (en nombre d'individus par **km² ; script RSUFI**), biomasses surfaciques (en kg/km²) et distributions des tailles (élevées à l'ensemble du domaine **échantillonné) des plies communes obtenues dans le cadre des campagnes NourDem Seine entre 2017 et 2021.

4.1.16 Le chinchard commun Trachurus trachurus en estuaire de Seine

Le chinchard commun est une espèce pélagique qui arrive en zone côtière et pénètre dans l'estuaire à certaines époques de l'année (elle n'est pas inféodée à l'estuaire *stricto sensu*). Son occurrence moyenne de capture entre 2017 et 2021 au cours des campagnes NourDem s'est élevée à 29,1% (Tableau 11). Son indice d'abondance moyen a été de ≈ 207 000 individus pour un indice moyen de biomasse de 43,7 tonnes.

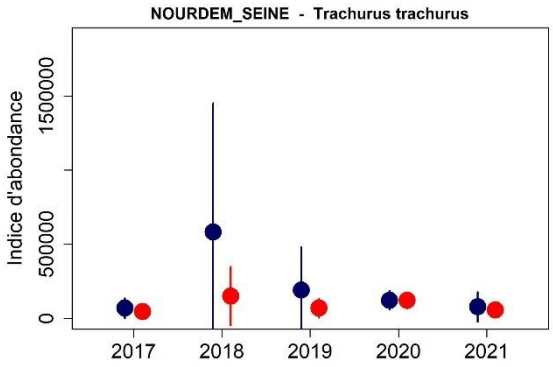
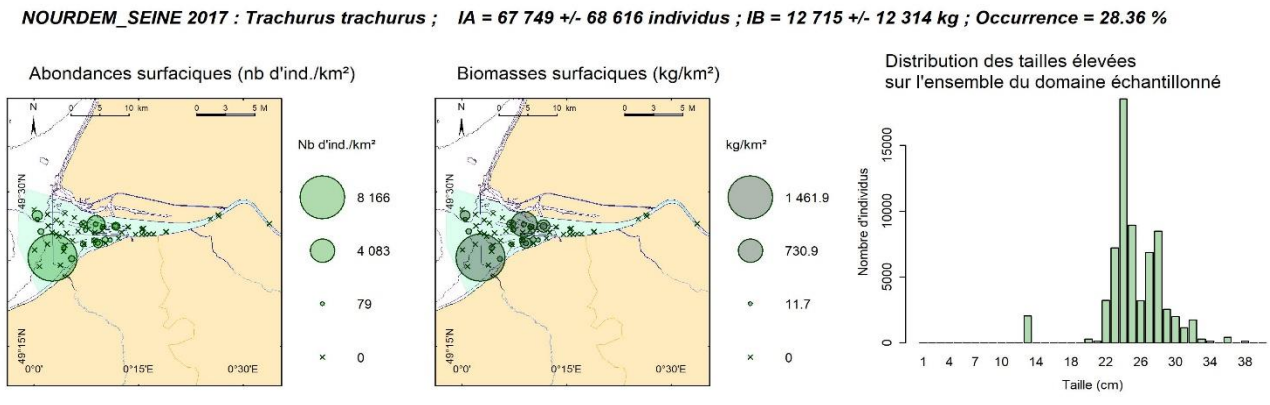


Figure 44 : les chinchards communs Trachurus trachurus en estuaire de Seine** : indices d'abondance (en nombre d'individus) et fourchettes d'encadrement au seuil d'erreur **de 5% de ces indices, calculés à partir des données de capture des campagnes NourDem Seine entre 2017 et 2021. En bleu, indices RSUFI ; en rouge indices RSTRATI.

Les indices d'abondance annuels produits au moyen du script RSTRATI (Figure 44) sont relativement constants (IA compris entre 43 900 +/- 43 300 et 149 500 +/- 198 000 individus ; facteur ≈ 3,4 entre les deux années extrêmes) et ne présentent pas de différences significatives entre eux. Le script RSUFI donne des valeurs légèrement supérieures, notamment en 2018, mais avec des fourchettes d'encadrement très élevées. Différents groupes d'âge sont échantillonnés, les tailles de captures s'échelonnant entre 5 et 38 cm (Figure 45). Et si des individus du groupe 0 sont capturés (individus dont les tailles sont comprises entre 5 et 14 cm), leurs captures restent peu importantes, et l'estuaire ne constitue pas à proprement parler une nourricerie pour cette espèce, mais simplement une zone de passage, et de nutrition (zooplancton et petits pélagiques type sprats, juvéniles de hareng, …principalement). Les captures sont enregistrées principalement sur les traits les plus aval de l'estuaire, et beaucoup moins dans les secteurs amont.

Les arrivées massives certaines années de cette espèce (≈ 125 tonnes en 2018 selon RSUFI, de l'ordre de 50 tonnes selon RSTRATI) ont immanquablement des impacts sur l'équilibre (et en particulier l'équilibre trophique) au sein de l'écosystème, et cette espèce, comme toutes les autres espèces pélagiques, mérite d'être correctement échantillonnée et suivie si l'on veut évaluer la qualité de la biocœnose estuarienne et ses évolutions.



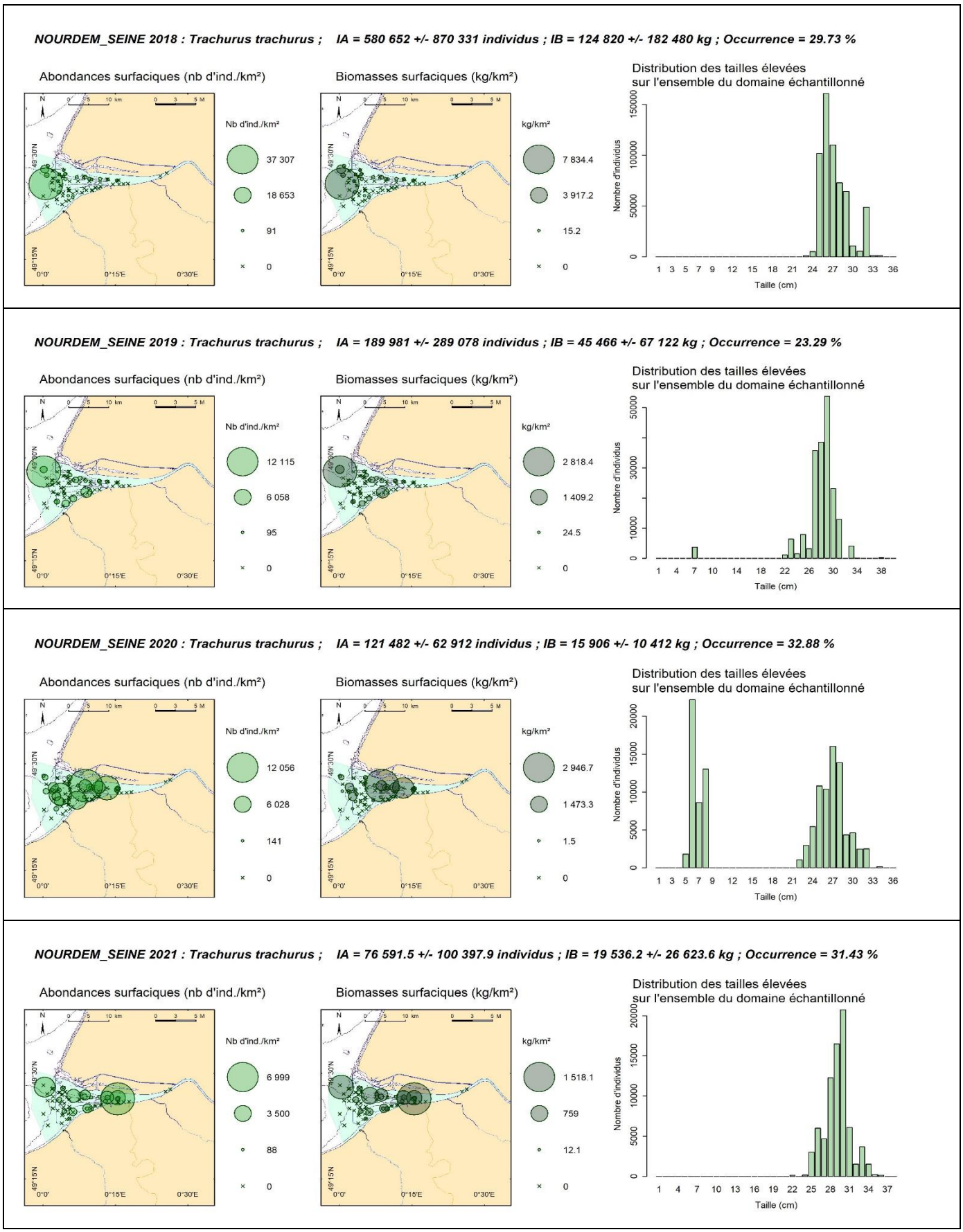


Figure 45 : Les chinchards communs Trachurus trachurus en estuaire de Seine : densités surfaciques (en nombre** d'individus par km² **; script RSUFI**), biomasses surfaciques (en kg/km²) et distributions des tailles (élevées à l'ensemble du **domaine échantillonné) des chinchards communs obtenues dans le cadre des campagnes NourDem Seine entre 2017 et 2021.

4.1.17 L'étrille lisse Liocarcinus vernalis

L'étrille lisse *Liocarcinus vernalis* (également appelée étrille cendrée) est un crustacé décapode qui atteint au maximum une dizaine de cm, mais dont la taille moyenne en estuaire de Seine est principalement comprise entre 2 et 4 cm. Elle ne présente pas d'intérêt économique. En 2017, les 3 espèces de *Liocarcinus* présentes en Seine (*L. vernalis, L.depurator et L. holstatus*) ont été regroupées sous le nom générique de *Liocarcinus sp.,* et chaque espèce n'a donc pas fait l'objet d'une identification et d'un dénombrement précis. Les indices d'abondance présentés ne sont donc valides que pour les 4 dernières années du suivi au cours desquelles la distinction entre les espèces a été réalisée.

En moyenne en estuaire de Seine, de 2018 à 2021, l'étrille lisse a présenté une occurrence de capture de 28,5 %, un indice moyen d'abondance de ≈ 915 000 individus pour un indice moyen de biomasse de ≈ 7,5 tonnes (Tableau 11 ; poids moyen individuel de l'ordre de 8 grammes).

Les abondances des années 2018 et 2020 sont significativement supérieures à celles des années 2019 et 2021, quel que soit le script de calcul utilisé, la valeur maximale étant atteinte en 2020 avec ≈ 2,5 +/- 1 millions d'individus (Figure 46).

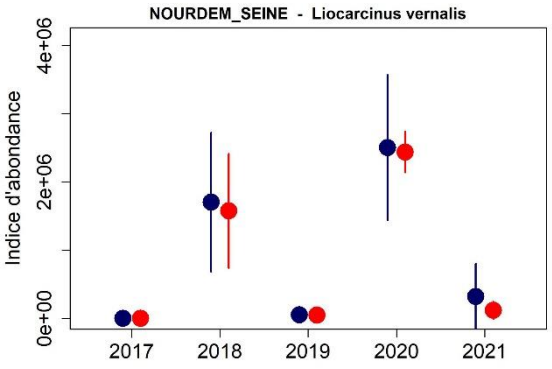
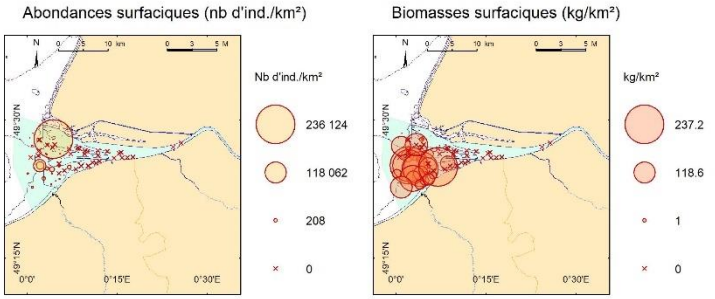


Figure 46 : Les étrilles lisses Liocarcinus vernalis en estuaire de Seine : *indices d'abondance en nombre d'individus) et fourchettes d'encadrement au seuil d'erreur de 5% de ces indices, calculés à partir* ***des données de capture des campagnes NourDem Seine entre 2017 et 2021. En bleu, indices RSUFI ; en rouge indices RSTRATI.***

L'étrille lisse se rencontre un peu plus à l'aval, sur des secteurs un peu moins dessalés et un peu plus profonds, que le crabe vert. On la capture principalement sur les strates « estuaire aval » et « large », ainsi que dans la partie la plus au large de la strate « chenal ». Sur les strates « estuaire central nord » et « estuaire central sud », des captures sont certes enregistrées, mais essentiellement sur les traits les plus profonds, et en quantités inférieures à celles des crabes verts (Figure 47).

Capture non comptabilisée (regroupée au sein de Liocarcinus sp.)

NOURDEM_SEINE 2018 : Liocarcinus vernalis
IA = 1 703 379 +/- 1 021 072 individus ; IB = 8 211 +/- 4 021 kg ; Occurrence = 47.3 %



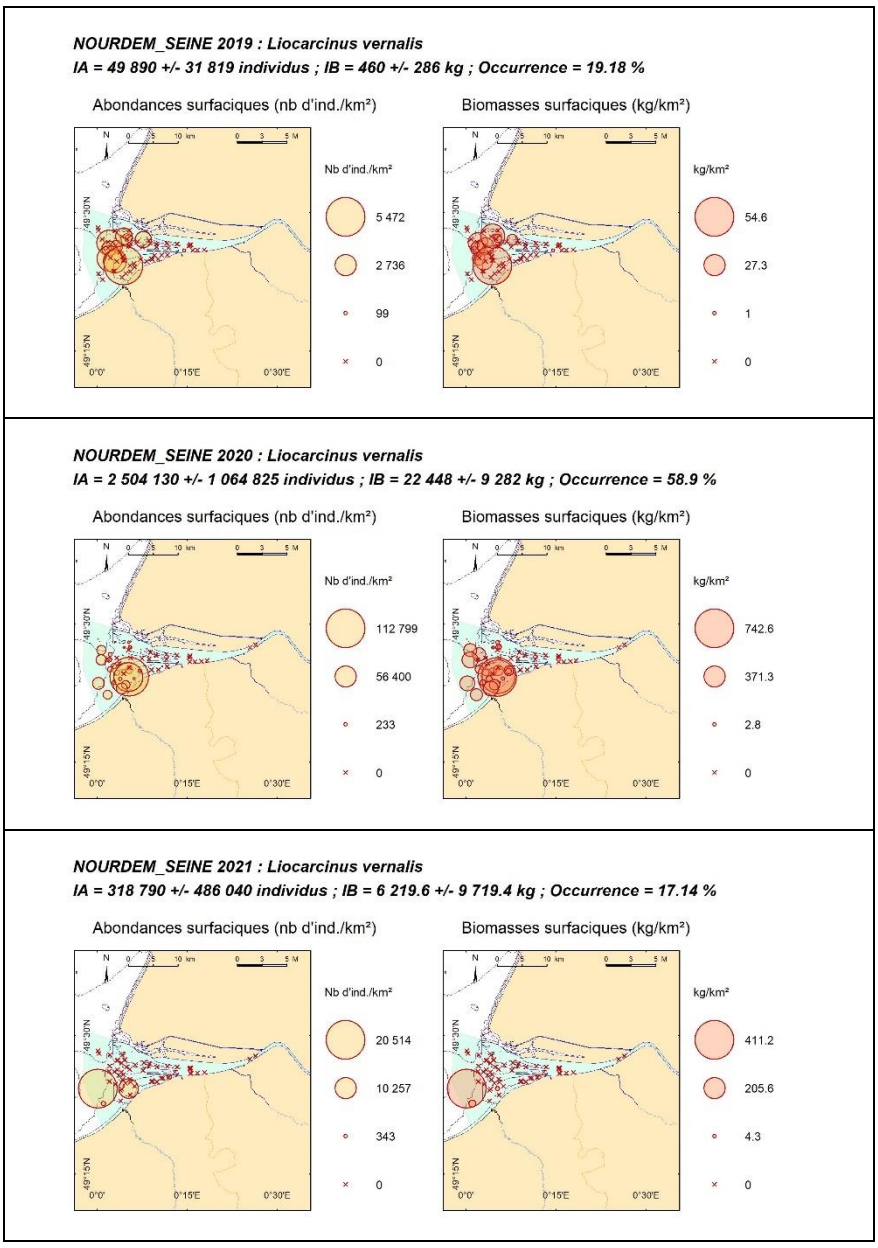


Figure 47 : Les étrilles lisses Liocarcinus vernalis ***en estuaire de Seine*** *: densités surfaciques (en nombre d'individus* ***par km² ; script RSUFI) et biomasses surfaciques (en kg/km²) des étrilles lisses*** Liocarcinus vernalis ***obtenues dans le cadre des campagnes NourDem Seine entre 2017 et 2021.***

4.1.18 Le maquereau commun Scomber scombrus en estuaire de Seine

Le maquereau commun *Scomber scombrus* est une espèce pélagique, qui, comme le chinchard commun, n'est pas inféodée *stricto sensu* à l'estuaire ou à la zone côtière, mais qui y pénètre à certaines époques de l'année. L'occurrence moyenne de capture de cette espèce entre 2017 et 2021 en estuaire de Seine a été de 25,4 % (Tableau 11), son indice moyen d'abondance de 208 000 individus et son indice moyen de biomasse de 42,2 tonnes (chiffres tout à fait comparables à ceux obtenus pour le chinchard commun).

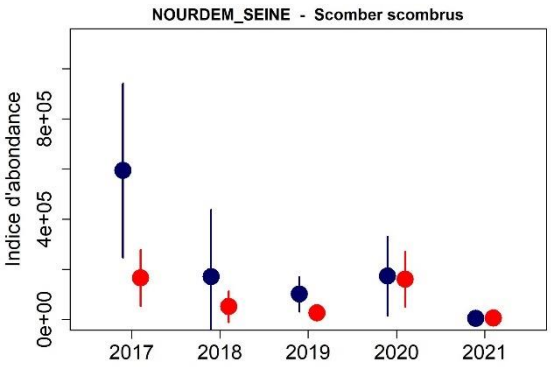
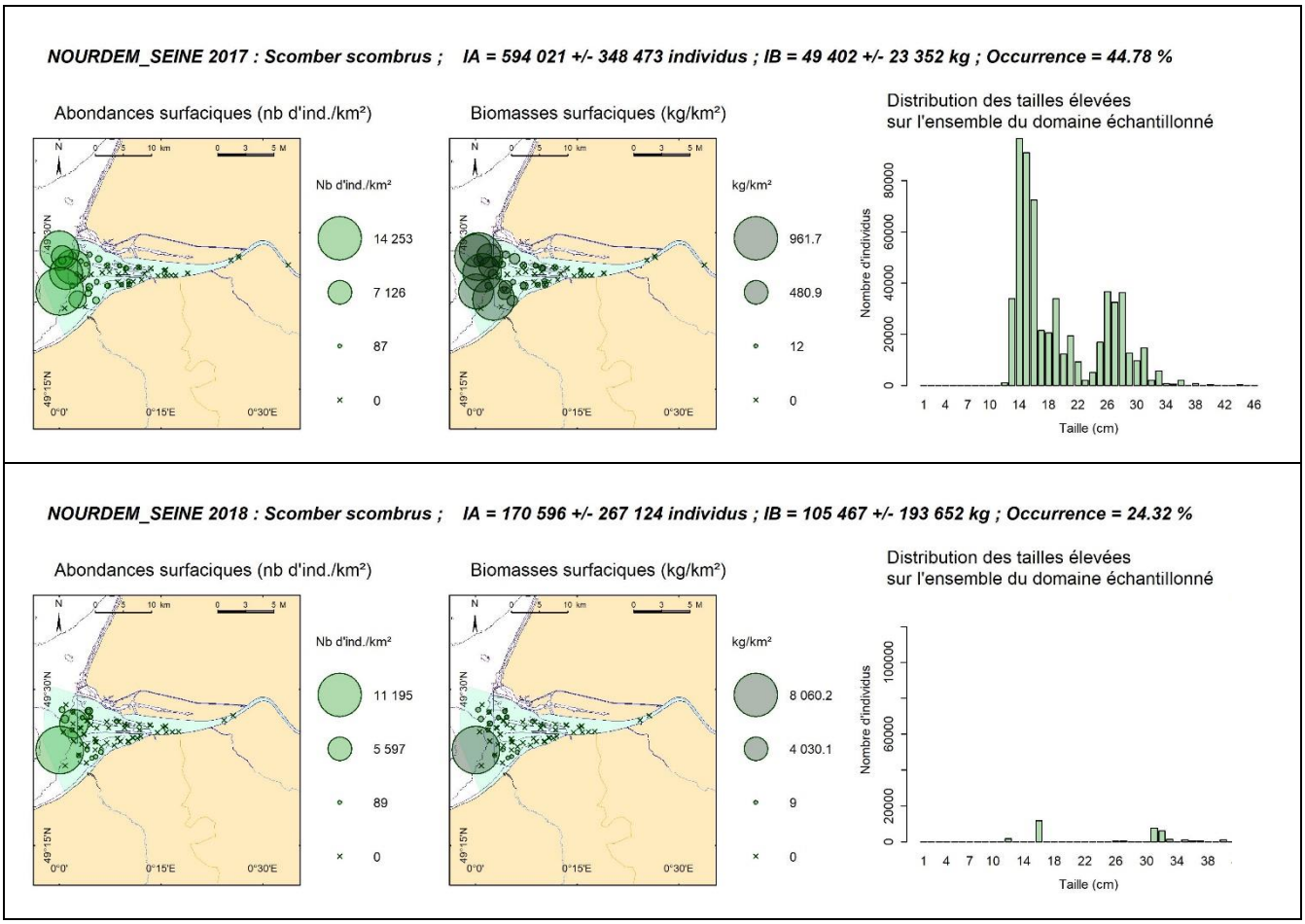


Figure 48 : les maquereaux communs Scomber scombrus en estuaire de Seine** : indices d'abondance (en nombre d'individus) et fourchettes d'encadrement au seuil d'erreur de 5% de ces **indices, calculés à partir des données de capture des campagnes NourDem Seine entre 2017 et 2021. En bleu, indices RSUFI ; en rouge indices RSTRATI.

L'indice d'abondance annuel de 2021 (produit par l'un ou l'autre des scripts ; Figure 48) est significativement inférieur à ceux des autres années. Ceux de 2019 sont également inférieurs à ceux de 2017 (pour les deux scripts). Les captures, plus encore que celles du chinchard commun, sont enregistrées sur les traits les plus aval du domaine échantillonné (Figure 49 ; strates « large », « estuaire aval », et l'aval de la strate « chenal », plus quelques captures sur les parties centrales (profondes) des deux strates « estuaire central »).

Les tailles s'échelonnement entre 12 et 45 cm, mais malgré des captures d'individus du groupe 0, l'estuaire ne représente pas une zone de nourricerie pour le maquereau commun.



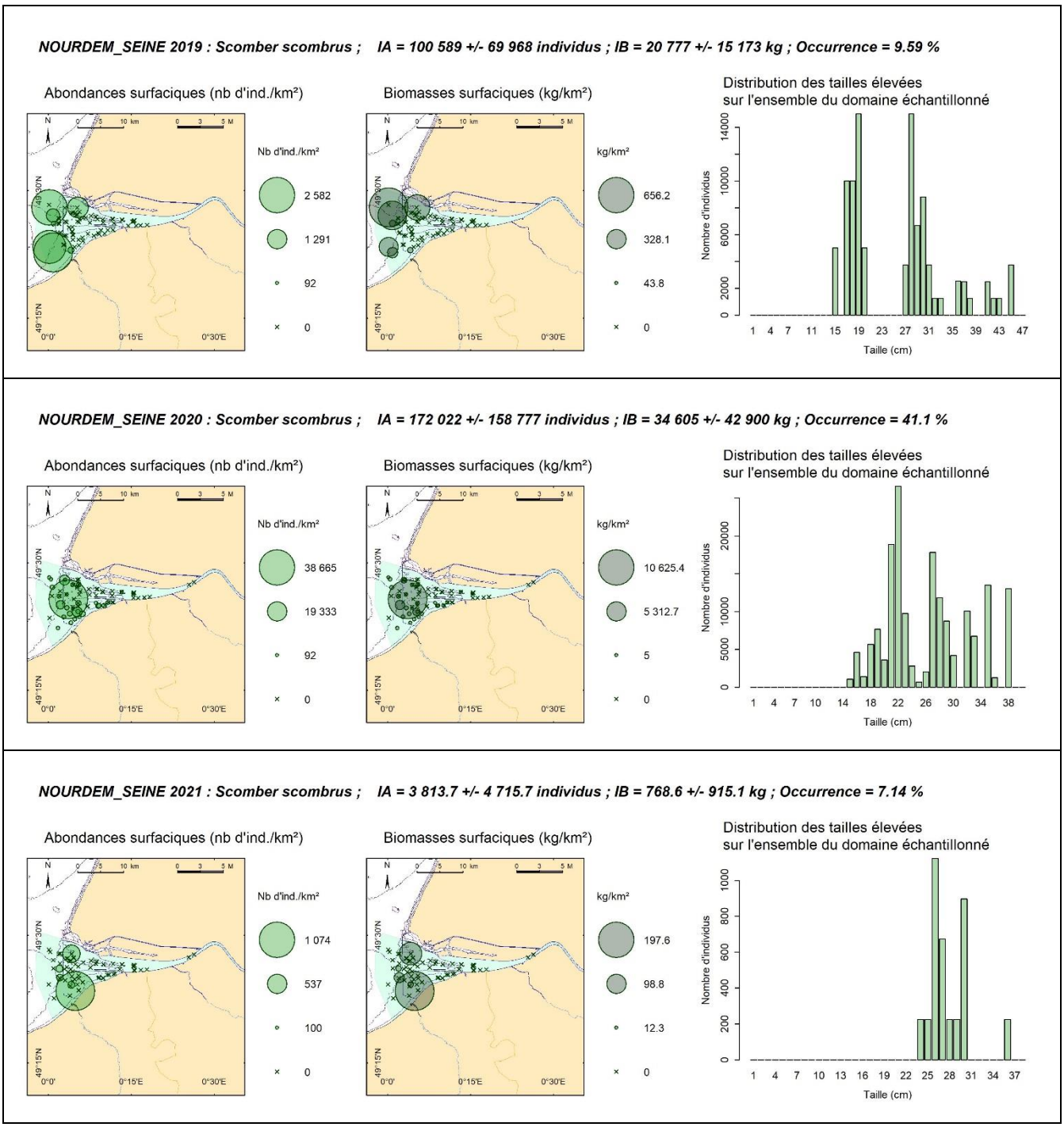


Figure 49 : Les maquereaux communs Scomber scombrus en estuaire de Seine : densités surfaciques (en nombre** d'individus par km² **; script RSUFI**), biomasses surfaciques (en kg/km²) et distributions des tailles (élevées à l'ensemble du **domaine échantillonné) des maquereaux communs obtenues dans le cadre des campagnes NourDem Seine entre 2017 et 2021.

4.1.19 La raie bouclée raja clavata en estuaire de Seine

La raie bouclée *Raja clavata* a présenté, entre 2017 et 2021, une occurrence moyenne de capture de 24,6%, un indice moyen d'abondance de ≈ 54 000 individus et un indice moyen de biomasse de 5,3 tonnes (Tableau 11).

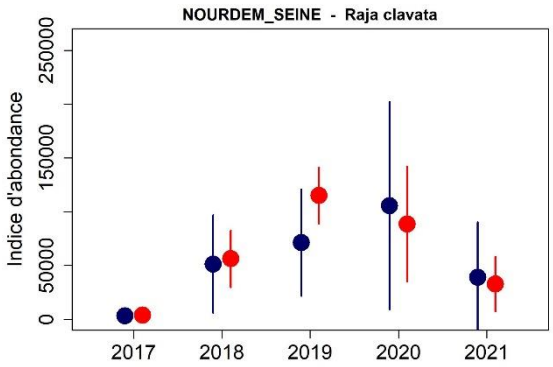
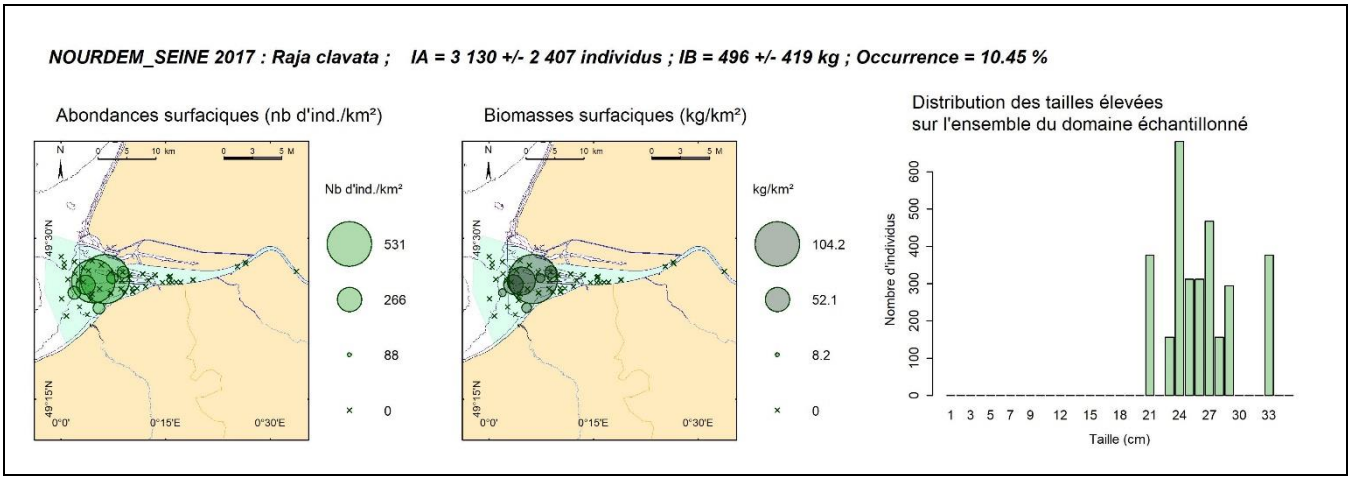


Figure 50 : les raies bouclées Raja clavata en estuaire de Seine : *indices d'abondance (en nombre d'individus) et fourchettes d'encadrement au seuil d'erreur de 5% de ces indices, calculés à* ***partir des données de capture des campagnes NourDem Seine entre 2017 et 2021. En bleu, indices RSUFI ; en rouge indices RSTRATI.***

L'indice d'abondance obtenu en 2017 est significativement inférieur à ceux des 4 autres années du suivi (pour le script RSTRATI ; pour le script RSUFI il n'y a pas de différence entre 2017 et 2021 du fait de l'importance de la fourchette d'encadrement ; Figure 50). L'indice RSTRATI de 2019 (≈ 115 000 individus) est significativement supérieur à ceux de 2017, 2018 et 2021, et représente le maximum d'abondance de la série.

Les captures sont enregistrées plutôt dans le centre et le sud du domaine, et aucune capture ne l'est sur les traits oligohalins (salinité < 5 pour mille ; traits dans l'amont de l'estuaire ; Figure 51). Les tailles de capture s'échelonnent de 11 cm (ce qui correspond approximativement à la taille à l'éclosion) à 42 cm. Mais si des juvéniles du groupe 0 sont capturés, ils le sont en faibles quantités, et l'estuaire ne constitue pas à proprement parler une nourricerie pour cette espèce.



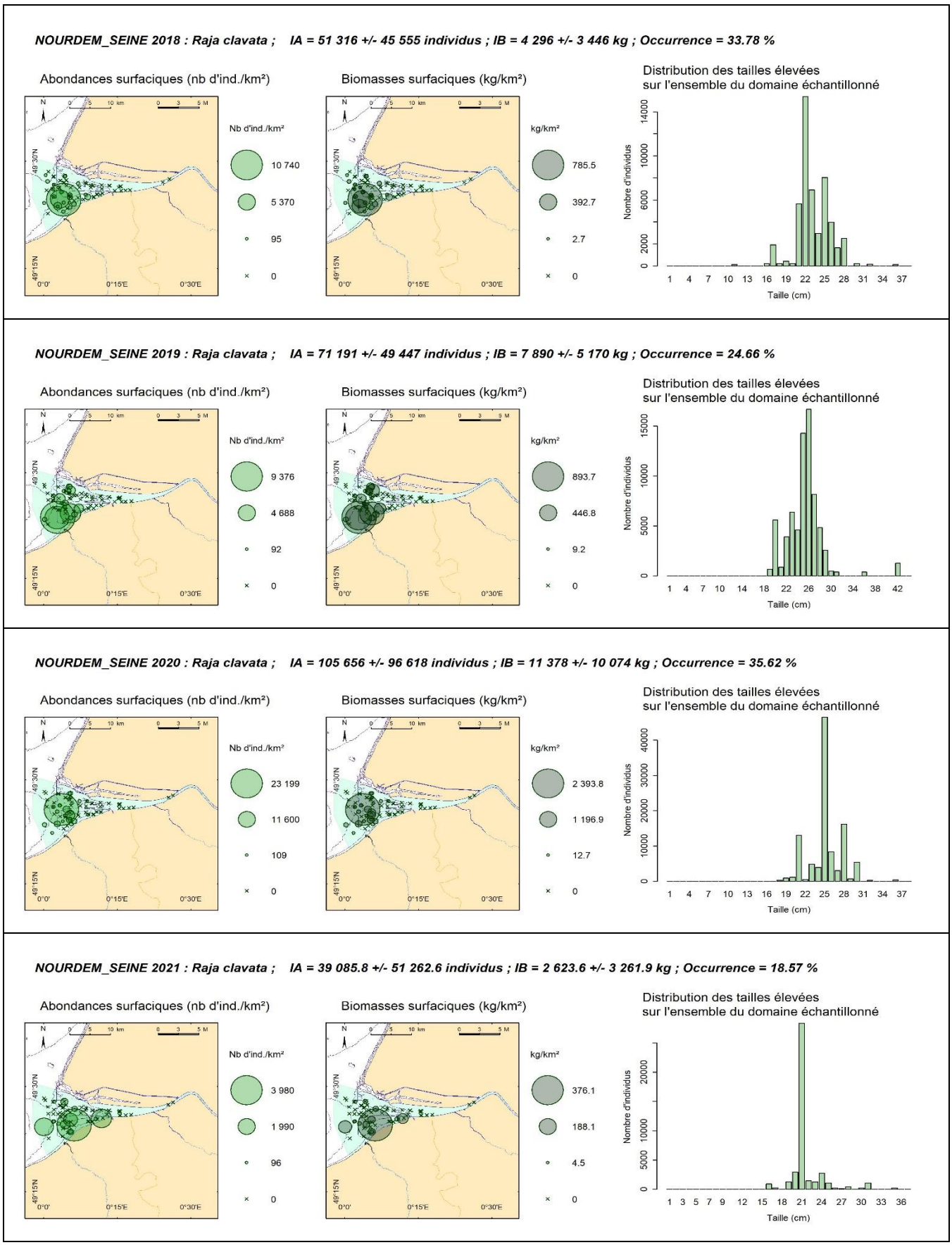


Figure 51 : Les raies bouclées Raja clavata en estuaire de Seine : densités *surfaciques (en nombre d'individus par km²* ***; script RSUFI****), biomasses surfaciques (en kg/km²) et distributions des tailles (élevées à l'ensemble du domaine* ***échantillonné) des raies bouclées obtenues dans le cadre des campagnes NourDem Seine entre 2017 et 2021.***

4.1.20 L'anguille commune Anguilla anguilla en estuaire de Seine

L'anguille commune *Anguilla anguilla* est un grand migrateur amphihalin (change de milieu au cours de sa vie), catadrome (elle vit/croît en eau douce ou saumâtre avant de migrer à la fin de sa vie en mer), thalassotoque (se reproduit en mer). La très importante régression de ses effectifs le long des côtes européennes et dans les cours d'eau des pays de l'Union depuis les années 80 a entrainé son classement comme « espèce en danger » sur les listes CITES et l'Union Européenne impose depuis 2007 aux Etats membres (règlement R(CE) n°1100/2007) la mise en place de programmes visant la connaissance, la protection et la gestion restauratoire de l'espèce. Le suivi de ses populations est donc une obligation. En estuaire de Seine, le suivi NourDem montre qu'elle représente toujours une des espèces socle du peuplement, son occurrence moyenne de capture entre 2017 et 2021 étant 23,1%. Son indice moyen d'abondance s'est élevé à ≈ 18 000 individus et son indice moyen de biomasse à 5,5 tonnes (Tableau 11).

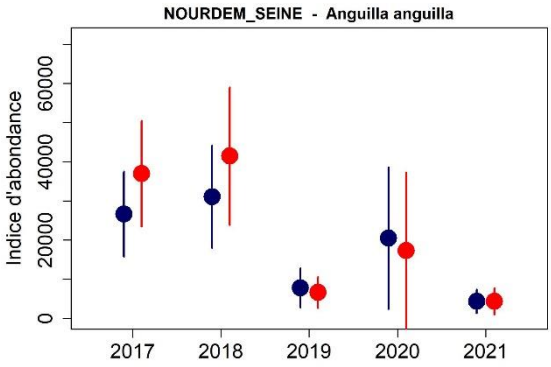
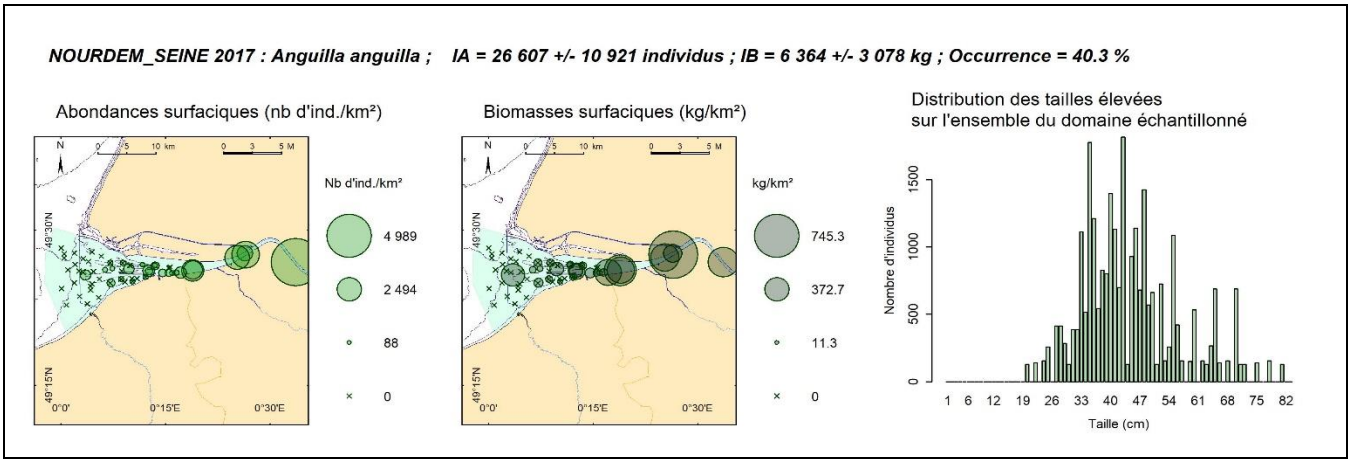


Figure 52 : Les anguilles communes Anguilla anguilla en estuaire de Seine** : indices d'abondance (en nombre d'individus) et fourchettes d'encadrement au seuil d'erreur de 5% de ces indices, calculés à partir **des données de capture des campagnes NourDem Seine entre 2017 et 2021. En bleu, indices RSUFI ; en rouge indices RSTRATI.

Les indices d'abondance des années 2017 et 2018 apparaissent significativement supérieurs à ceux des années 2019 et 2021 (Figure 52), mais le suivi ne dispose pas encore d'assez de recul pour pouvoir conclure à une tendance signifcative à la baisse des effectifs de la population.

Les captures sont essentiellement enregistrées dans le chenal de l'estuaire (Figure 53), depuis les traits les plus amont jusqu'aux plus aval (en 2021, quelques captures ont cependant été enregistrées sur les platières de la strate « estuaire central sud »). Les tailles de capture s'échelonnent de 20 (pas de capture de civelles) à 82 cm, sans que des cohortes puissent être distinguées.



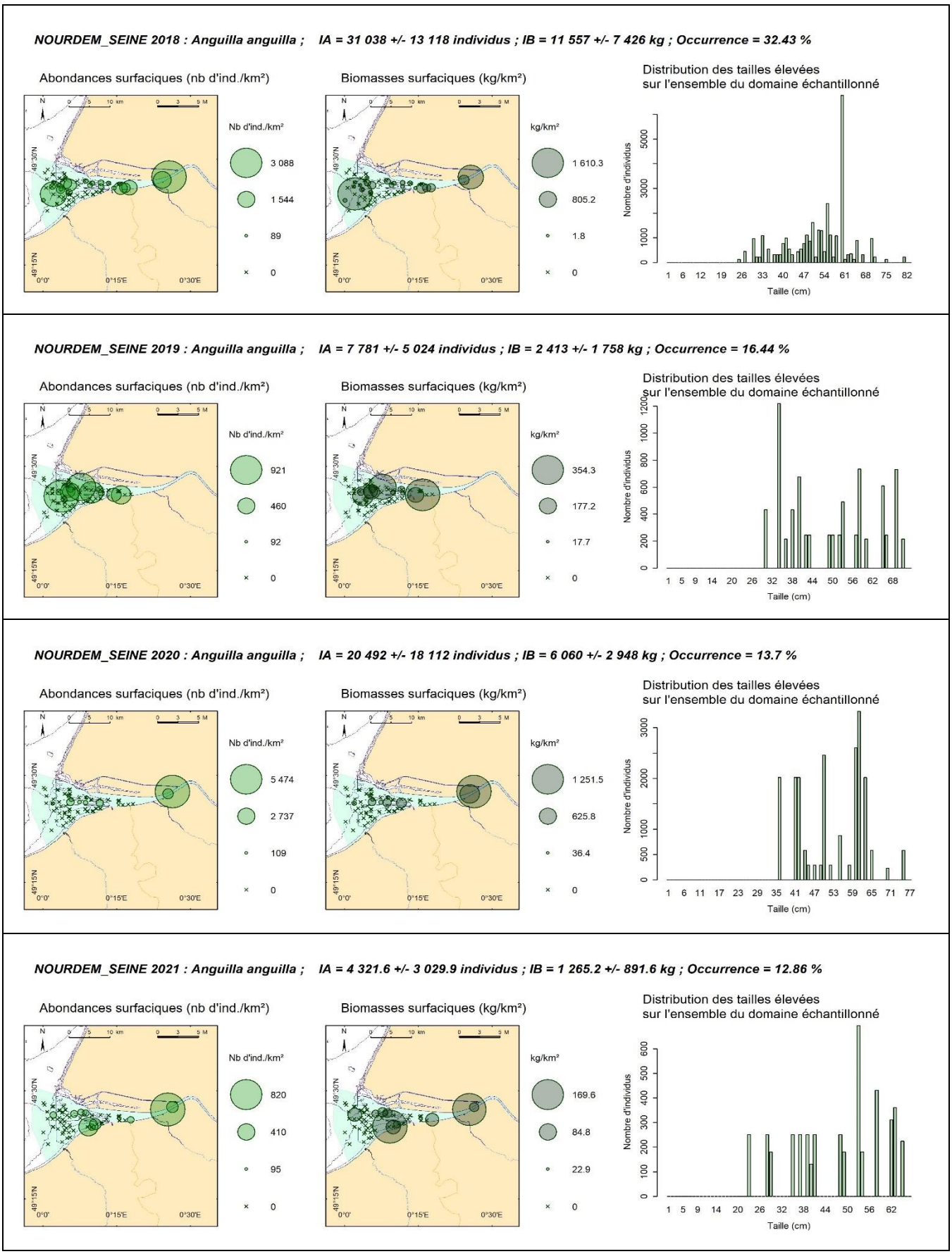


Figure 53 : Les anguilles communes Anguilla anguilla en estuaire de Seine : densités surfaciques (en nombre** d'individus par km² **; script RSUFI), biomasses surfaciques (en kg/km²) et distributions des tailles (élevées à** l'ensemble du domaine échantillonné) des anguilles communes obtenues dans le cadre des campagnes NourDem **Seine entre 2017 et 2021.

La Figure 54 présente les capture moyenne par trait (en nombre et en biomasse) depuis que le suivi existe. Elle confirme que l'espèce se tient préférentiellement dans la zone du chenal de l'estuaire, depuis les traits les plus amont jusqu'à l'extrémité ouest du chenal au sein du domaine vers l'aval, même si quelques rares captures ont été enregistrées sur les bordures, dans des secteurs un peu moins profonds.

Anguille commune Anguilla anguilla ; à gauche capture moyenne par trait en nombre, à droite en biomasse

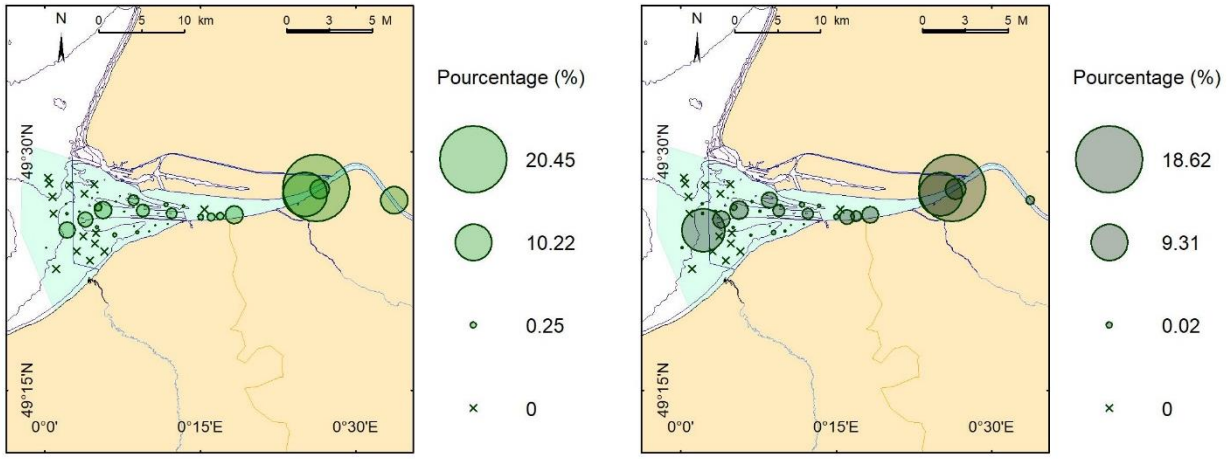


Figure 54 : Les anguilles communes en estuaire de Seine : moyennes, sur la période 2017-2021, des captures par traits (exprimées en** pourcentage du nombre total moyen d'individus capturés) des anguilles communes Anguilla **anguilla, tous âges confondus ; données NourDem.

.

4.1.21 Le grondin perlon *Chelidonichthys lucerna* en estuaire de Seine

Le grondin perlon *Chelidonichthys lucerna* a présenté une occurrence moyenne de capture sur la période 2017-2021 de 22,45 % avec un indice moyen d'abondance de 25 748 individus pour un indice de biomasse de ≈ 3,3 tonnes (Tableau 11).

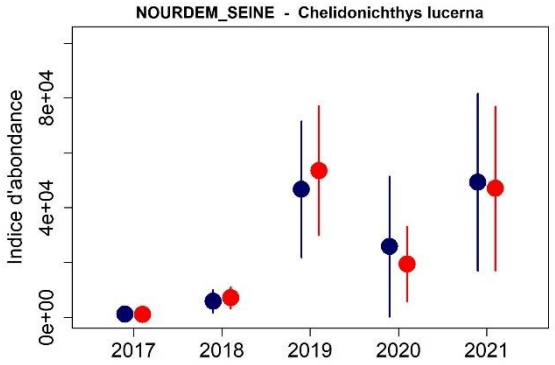
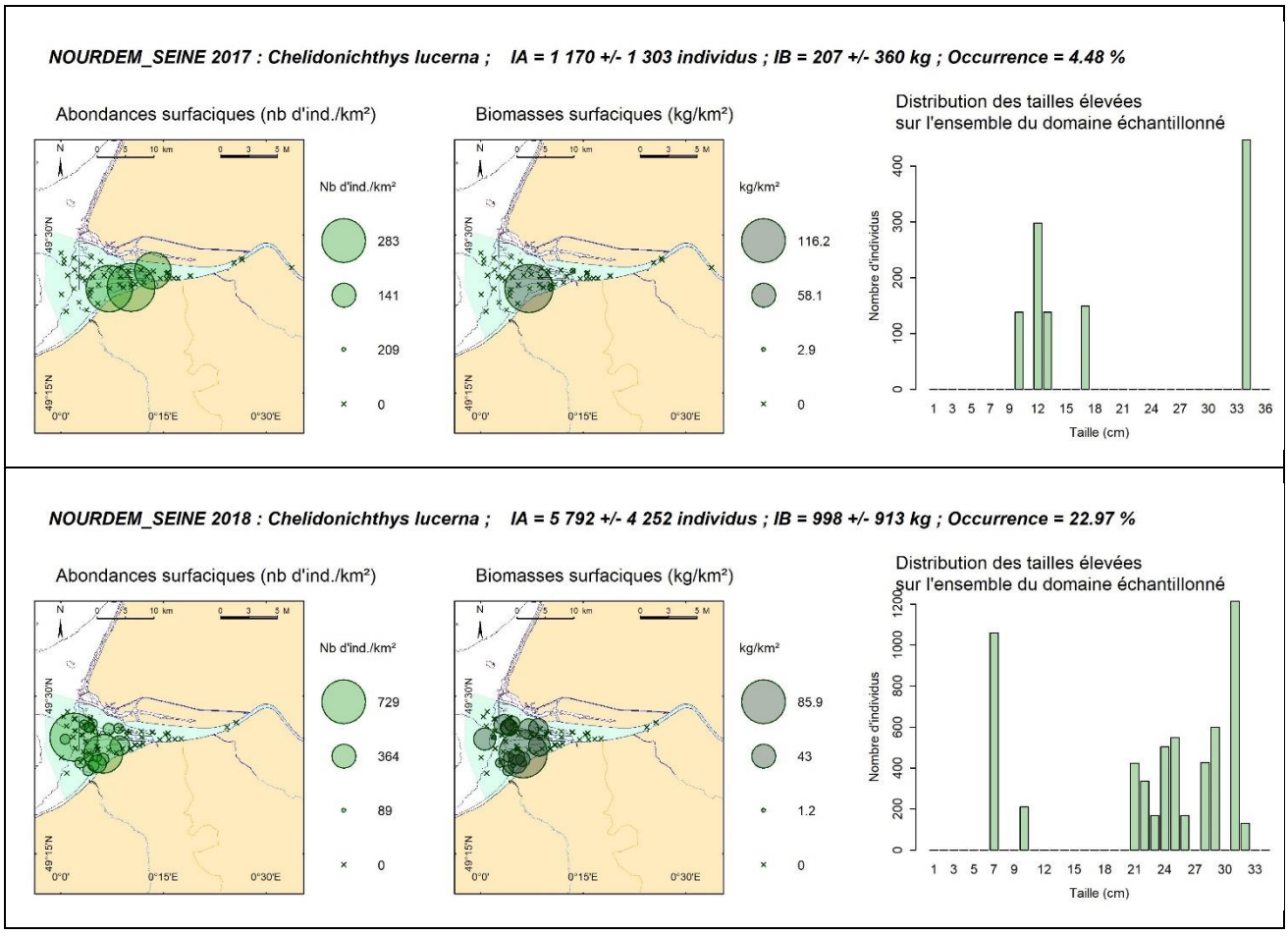


Figure 55 : Les grondins perlons Chelidonichthys lucerna en estuaire de Seine** : indices d'abondance (en nombre d'individus) et fourchettes d'encadrement au seuil d'erreur de 5% de ces indices, **calculés à partir des données de capture des campagnes NourDem Seine entre 2017 et 2021. En bleu, indices RSUFI ; en rouge indices RSTRATI.

Les indices d'abondance annuels (RSUFI et RSTRATI) des années 2019 et 2021 sont significativement supérieurs à ceux des années 2017 et 2018 (Figure 55), et de l'ordre de ≈ 50 000 individus. Les captures sont enregistrées uniquement sur les traits de l'aval du domaine, jamais sur ceux de l'amont (Figure 56). Les tailles de capture s'échelonnent entre 2 et 38 cm. Bien que des juvéniles du groupe 0 soient capturés chaque année, c'est la zone côtière plutôt que l'estuaire qui constitue une nourricerie pour l'espèce.



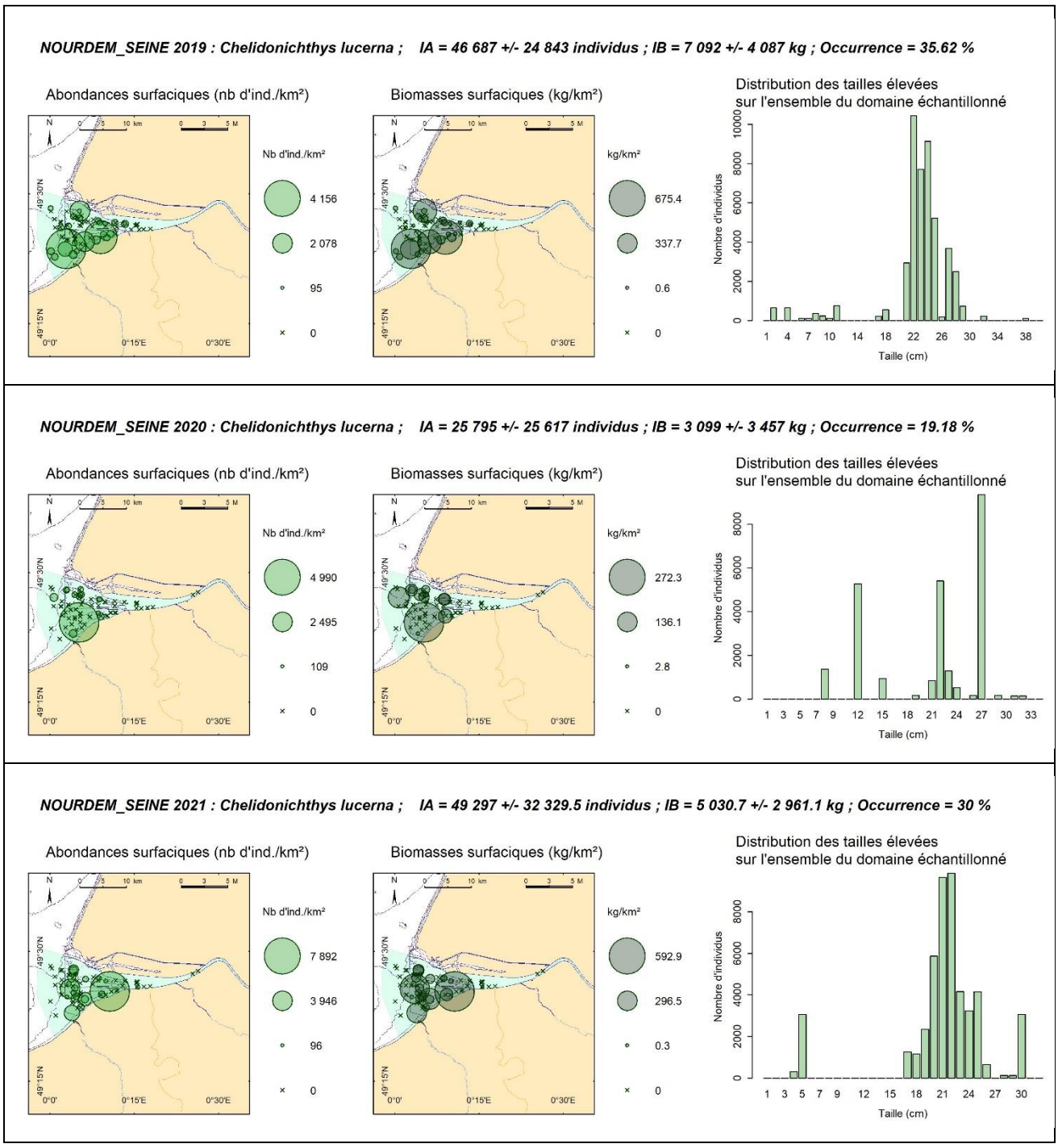


Figure 56 : Les grondins perlons Chelidonichthys lucerna en estuaire de Seine : densités surfaciques (en nombre** d'individus par km² **; script RSUFI), biomasses surfaciques (en kg/km²) et distributions des tailles (élevées à** l'ensemble du domaine échantillonné) des gron**dins perlons obtenues dans le cadre des campagnes NourDem Seine entre 2017 et 2021.

4.1.22 La petite vive Echiichthys vipera

La petite vive *Echiichthys vipera* a présenté une occurrence moyenne de capture sur la période 2017-2021 de 22,2 %, avec un indice moyen d'abondance de ≈ 533 000 individus pour un indice moyen de biomasse de l'ordre de 9,1 tonnes (Tableau 11 ; poids moyen individuel de 17 grammes). Cette espèce est donc abondante et occurrente en estuaire de Seine, mais ne présente quasiment aucun intérêt commercial.

Les indices d'abondance des années 2018, 2019 et 2020 ont été significativement supérieurs à celui de 2017 (Figure 57). Le maximum a été atteint en 2020, avec de l'ordre de 1 million d'individus (+/- ≈ 800 000 selon RSUFI et +/- ≈ 100 000 selon RSTRATI).

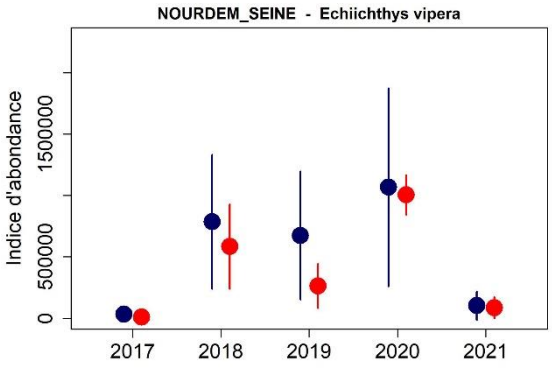
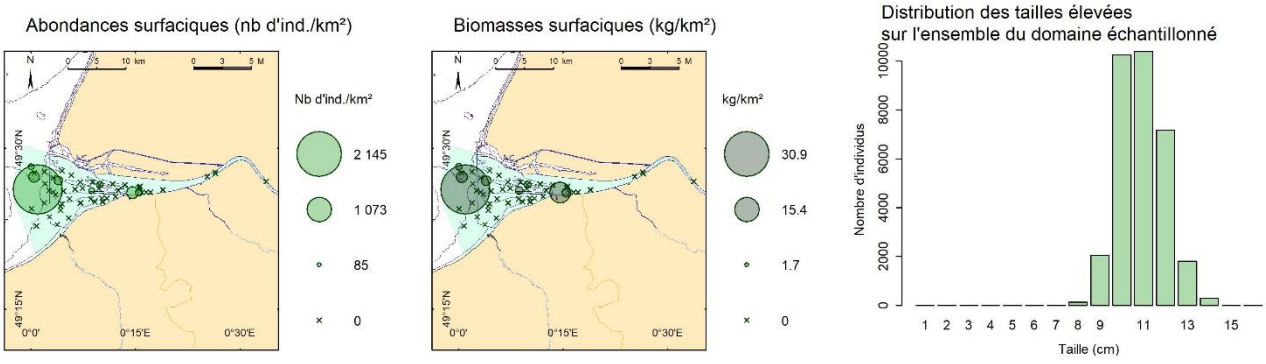


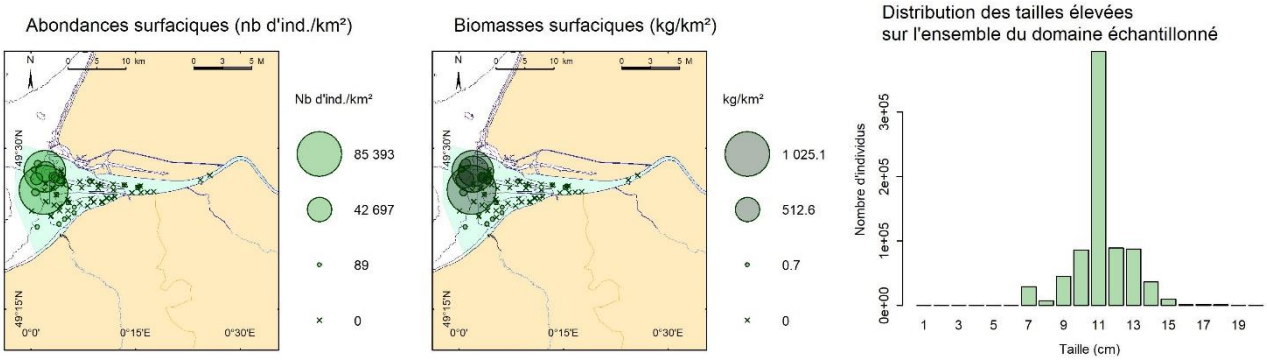
Figure 57 : Les petites vives Echiichthys vipera en estuaire de Seine : *indices d'abondance (en nombre d'individus) et fourchettes d'encadrement au seuil d'erreur de 5% de ces indices, calculés à* ***partir des données de capture des campagnes NourDem Seine entre 2017 et 2021. En bleu, indices RSUFI ; en rouge indices RSTRATI.***

Les petites vives ne sont pas à proprement parler inféodées à l'estuaire, mais plutôt à la zone côtière (des captures sont rapportées jusqu'à 150 m ; fishbase). Dans le cadre de NourDem, elles sont principalement capturées sur les traits les plus aval, les plus profonds, même si quelques captures sont enregistrées dans la zone centrale de la strate « chenal » (Figure 58). Les tailles de capture ont été comprises entre 7 et 17 cm.

NOURDEM_SEINE 2017 : Echiichthys vipera ; IA = 32 121 +/- 50 670 individus ; IB = 487 +/- 728 kg ; Occurrence = 11.94 %



NOURDEM_SEINE 2018 : Echiichthys vipera ; IA = 786 094 +/- 546 034 individus ; IB = 12 395 +/- 8 699 kg ; Occurrence = 29.73 %



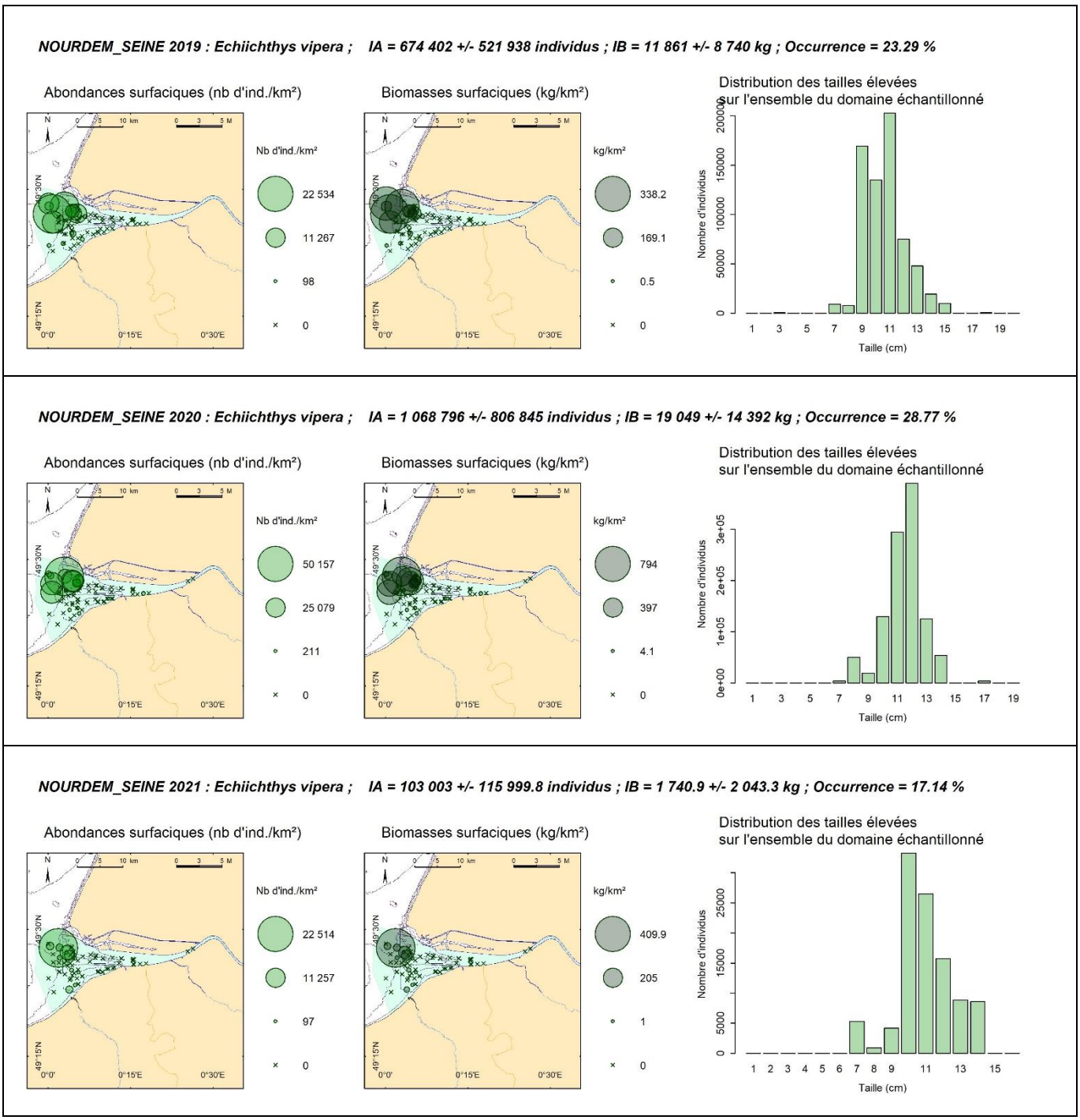


Figure 58 : Les petites vives Echiichthys vipera en estuaire de Seine *: densités surfaciques (en nombre d'individus par* ***km²*** *; script RSUFI), biomasses surfaciques (en kg/km²) et distributions des tailles (élevées à l'ensemble du domaine* ***échantillonné) des petites vives Echiichthys vipera obtenues dans le cadre des campagnes NourDem Seine entre 2017 et 2021.***

4.1.23 L'araignée de mer Maja brachydactyla en estuaire de Seine

Les araignées de mer *Maja brachydactyla* ont présenté une occurrence moyenne de capture entre 2017 et 2021 de 7,8 % (Tableau 11). Elles ne devraient donc pas être insérées au sein des espèces socles du peuplement telles que nous les avons définies du fait de leur occurrence de capture inférieure à 20%. Néanmoins, leur intérêt économique, et leur indices moyens d'abondance (≈ 235 500 individus) et de biomasse (≈ 160 tonnes) font des araignées de mer une des espèces majeures sur le domaine échantillonné, méritant d'être suivie avec attention.

Les indices annuels d'abondance semblent être orientés à l'augmentation sur la période 2017-2021 ; l'indice de 2021 atteignant ≈ 800 000 +/- 1 million d'individus (RSUFI), mais sans que des différences significatives puissent être mises en évidence (Figure 59).

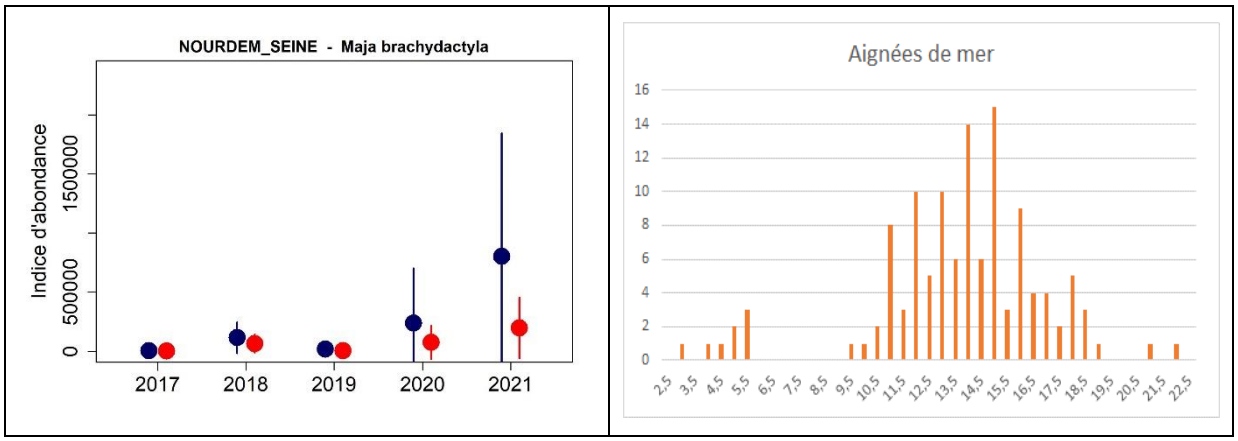
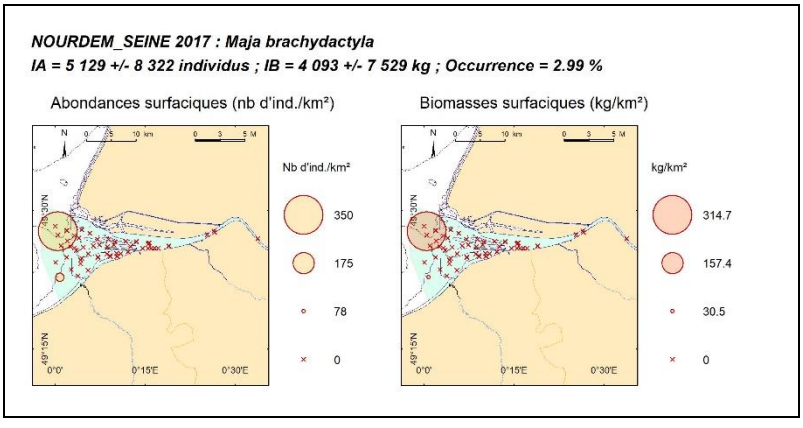


Figure 59 : Les araignées de mer Maja brachydactyla en estuaire de Seine : graphique de gauche : indices** d'abondance (en nombre d'individus) et fourchettes d'encadrement au seuil d'erreur de 5% de ces indices, calculés **à partir des données de capture des campagnes NourDem Seine entre 2017 et 2021. En bleu, indices RSUFI ; en rouge indices RSTRATI. Graphique de droite : distribution des tailles de capture des araignées de mer en estuaire de Seine entre 2017 et 2021 dans le cadre des campagnes NourDem.

Les captures sont essentiellement réalisées sur les traits les plus aval du domaine, à la sortie de l'estuaire. L'espèce n'est pas inféodée à l'estuaire, mais les adultes gagnent la zone côtière au printemps pour la reproduction. Les tailles de capture (longueur du céphalothorax) sont comprises entre 22,5cm (grands mâles adultes) et 3 cm (très jeunes juvéniles) : toutes les tailles sont donc représentées dans nos captures, avec cependant une dominance d'individus dont les longueurs céphalothoraciques sont comprises entre 10 et 18 cm, ce qui correspond à des adultes (dont certains sont encore en reproduction au moment de la campagne (femelles « grainées » par exemple), et d'autre sont en mues (« araignées molles »).



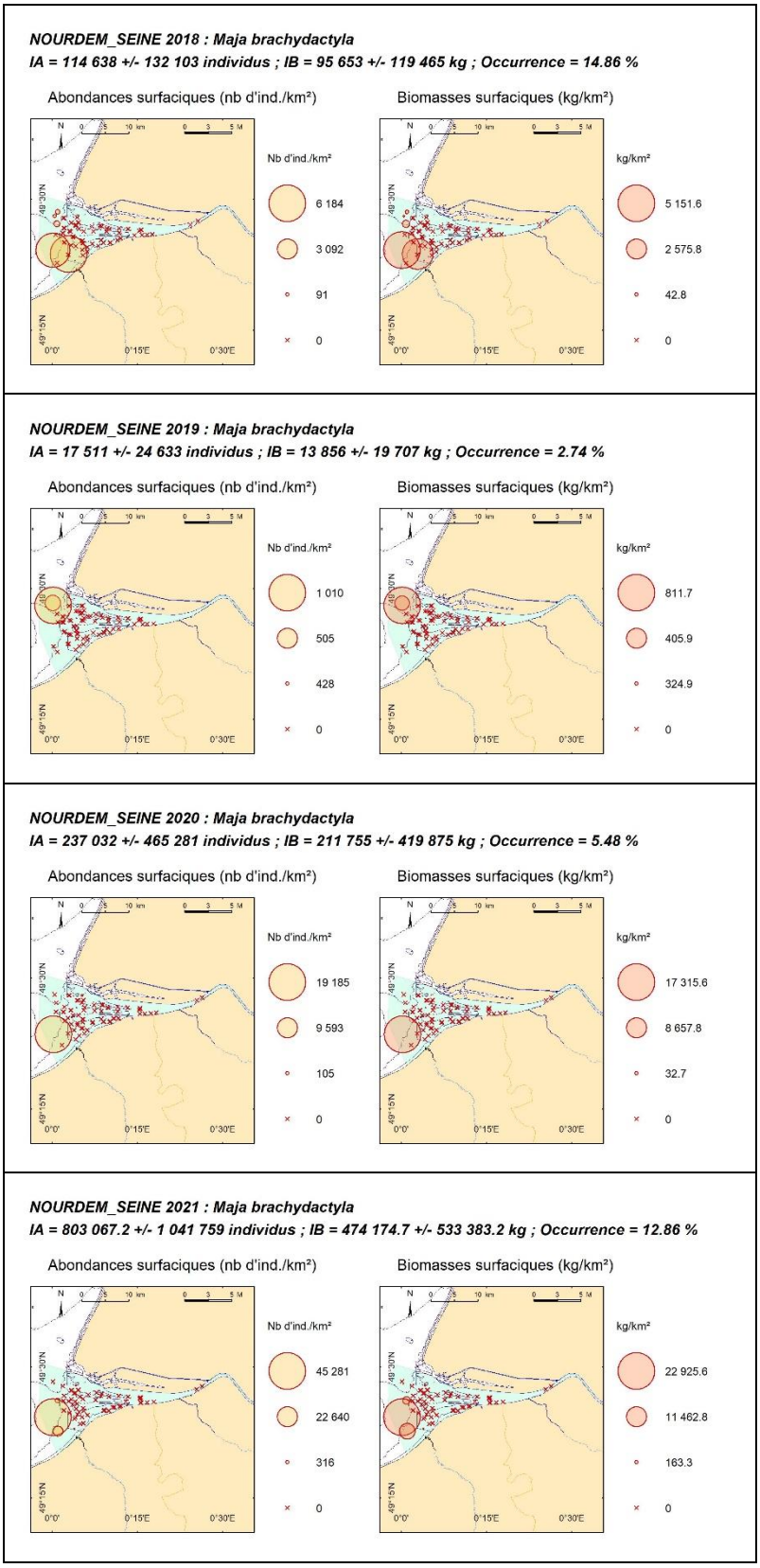


Figure 60 : Les araignées de mer Maja brachydactyla en estuaire de Seine : densités surfaciques (en nombre** d'individus par km² **; script RSUFI), biomasses surfaciques (en kg/km²) et distributions des tailles (élevées à** l'ensemble du domaine échantillonné) des grondins perlons obtenues dans le cadre des camp**agnes NourDem Seine entre 2017 et 2021.

4.1.24 Le rouget de roche Mullus surmuletus en estuaire de Seine

Tout comme l'araignée de mer, le rouget de roche *Mulus surmuletus* ne satisfait pas au critère d'une occurrence de capture moyenne > à 20% pour un classement direct parmi les espèces socle du peuplement de l'estuaire de Seine. Son occurrence moyenne de capture sur la période 2017-2021 n'a en effet atteint que 4,7%, mais son indice moyen d'abondance s'est élevé à 263 500 individus et son indice moyen de biomasse a été de 17,5 tonnes (Tableau 11). Ces valeurs d'indices élevées, et l'intérêt commercial de l'espèce font que le rouget de roche mérite *a priori* d'être suivi avec attention.

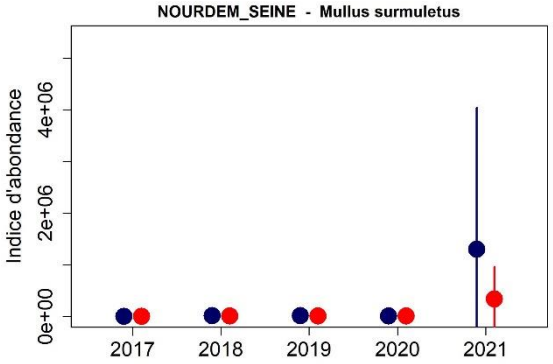
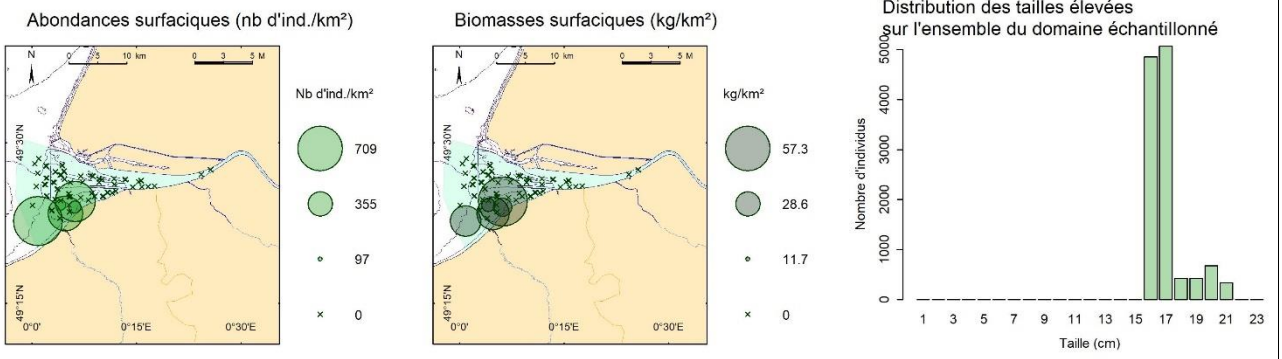


Figure 61 : Les rougets de roche Mullus surmuletus en estuaire de Seine** : indices d'abondance (en nombre d'individus) et fourchettes d'encadrement au seuil d'erreur de 5% de ces indices, calculé**s à partir des données de capture des campagnes NourDem Seine entre 2017 et 2021. En bleu, indices RSUFI ; en rouge indices RSTRATI.

Les indices annuels d'abondance sont restés très modérés sur les premières années du suivi (IA compris entre 2000 et 8 000 individus environ sur l'ensemble du domaine ; pas de capture en 2017 ; Figure 61), et sont passées en 2021 à un indice d'abondance à la fois beaucoup plus élevé que celui des années précédentes, mais aussi présentant une beaucoup plus forte incertitude : 1,3 +/- 2,7 millions d'individus. L'ampleur de la fourchette d'encadrement de l'indice de 2021, liée au fait que la capture n'a porté que sur 4 traits, (tous dans l'extrême sud-ouest du domaine, ce qui est comparable en termes de positionnement aux années précédentes ; Figure 62) rend cet indice peu fiable, et il faut attendre les données des années futures pour maintenir, ou pas, cette espèce au sein des espèces socle du peuplement. Il faut également noter que ce n'est pas l'estuaire en tant que tel qui représente une zone d'habitat pour l'espèce, mais plutôt la zone côtière, et que nous n'avons enregistré aucune capture d'individus du groupe 0 : l'estuaire n'est donc pas non plus une nourricerie pour l'espèce.

Pas de capture en 2017

NOURDEM_SEINE 2018 : Mullus surmuletus ; IA = 11 779 +/- 17 434 individus ; IB = 658 +/- 851 kg ; Occurrence = 6.76 %



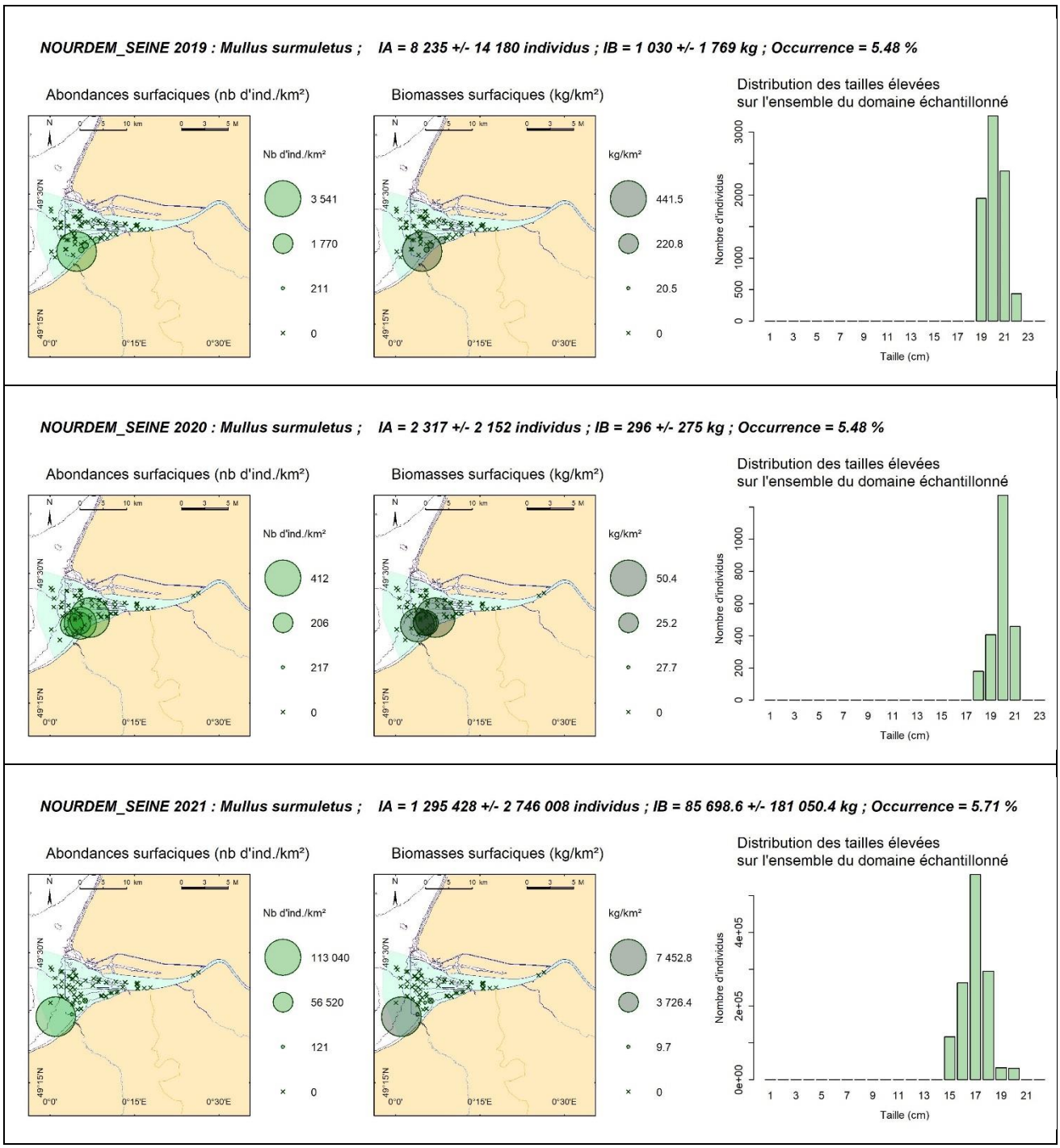


Figure 62 : Les rougets de roche Mullus surmuletus en estuaire de Seine : densités surfaciques (en nombre** d'individus par km² **; script RSUFI), biomasses surfaciques (en kg/km²) et distributions des tailles (élevées à** l'ensemble du domaine échantillonné) des rougets de roche obtenues dans le cadre des campagnes NourDem Seine **entre 2017 et 2021.

Les 6 espèces qui suivent ont fait l'objet de peu, voire de très peu de captures, mais sont classées parmi les migrateurs amphihalins, et sont toutes inscrites sur la liste rouge de l'UICN (Union Internationale pour la Conservation de la Nature), avec des statuts de protection allant de la « préoccupation mineure » jusqu'au « danger critique d'extinction ». Elles méritent de ce fait, quel que soit leur statut, d'être intégrées dans les espèces à suivre en priorité, même s'il faut bien avoir à l'esprit que les indices et cartographies produits à partir de faibles captures sont forcément imprécis, à utiliser avec précaution.

4.1.25 L'alose feinte Alosa fallax en estuaire de Seine

L'alose feinte *Alosa fallax* est un clupéidé (comme les sprats, les harengs, les sardines…), mais classé en migrateur anadrome (vie en mer ou en estuaire et migration de reproduction en eau douce). L'espèce est également classée parmi les espèces marines protégées (selon la fiche OFB téléchargeable sur le site : https://professionnels.ofb.fr/sites/default/files/pdf/documentation/GP2020_EspMarinesProtegees_Alose-feinte.pdf), en « préoccupation mineure sur la liste rouge de l'UICN-Monde et en « quasi-menacé » sur la liste rouge UICN métropole (France 2019). Les données acquises dans le cadre du suivi NourDem sont peu nombreuses (occurrence moyenne de capture de 2,45% : Tableau 11), et de ce fait peu fiables. Les résultats qui suivent sont donc à prendre avec précautions.

L'indice moyen d'abondance entre 2017et 2021 a été de ≈ 1700 individus pour un indice moyen de biomasse de 317 kg (Tableau 11). Les indices d'abondance annuels (Figure 63) ne présentent pas de différences significatives entre eux, et sont restés faibles sur l'ensemble de la période, compris entre 0 (pas de capture) en 2017 et 2021 et 7 700 +/- 10 500 individus en 2019.

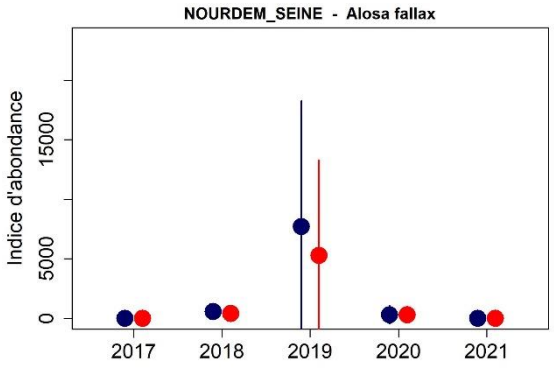


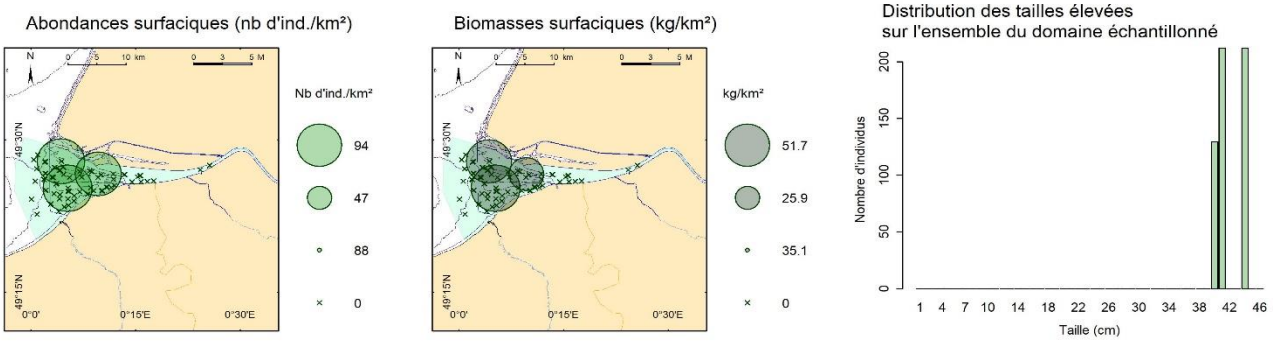
Figure 63 : Les aloses feintes Alosa fallax en estuaire de Seine : *indices d'abondance (en nombre d'individus) et fourchettes d'encadrement au seuil d'erreur de 5% de ces indices, calculés à partir* ***des données de capture des campagnes NourDem Seine entre 2017 et 2021. En bleu, indices RSUFI ; en rouge indices RSTRATI.***

Les quelques captures enregistrées (3 en 2018, 37 en 2019 et 1 en 2020) l'ont été plutôt à l'aval du domaine, et vers le chenal au centre de l'estuaire (Figure 64). Les tailles de capture ont été comprises entre 21 et 44 cm.

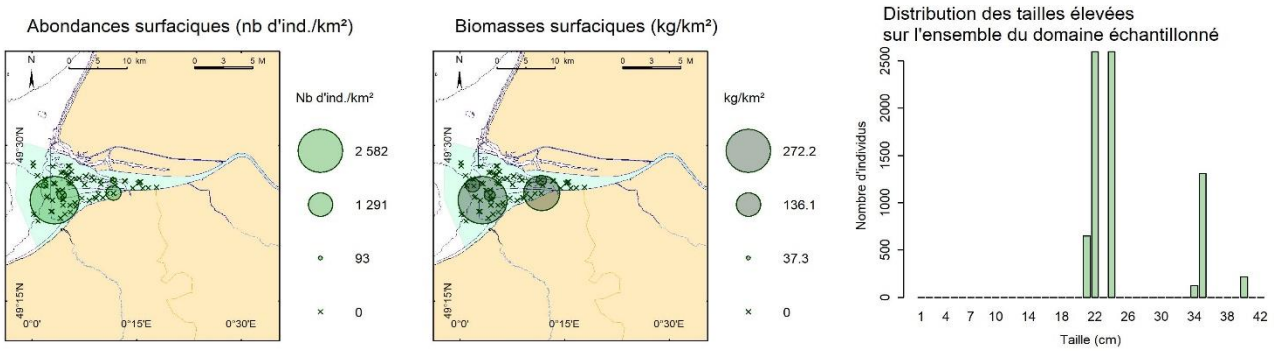
La principale conclusion est que l'espèce est bien présente en estuaire de Seine, mais en faibles quantités (elle n'est pas échantillonnée certaines années) au moment des campagnes NourDem (fin juillet-début août).

Pas de capture d'alose feinte Alosa fallax en 2017

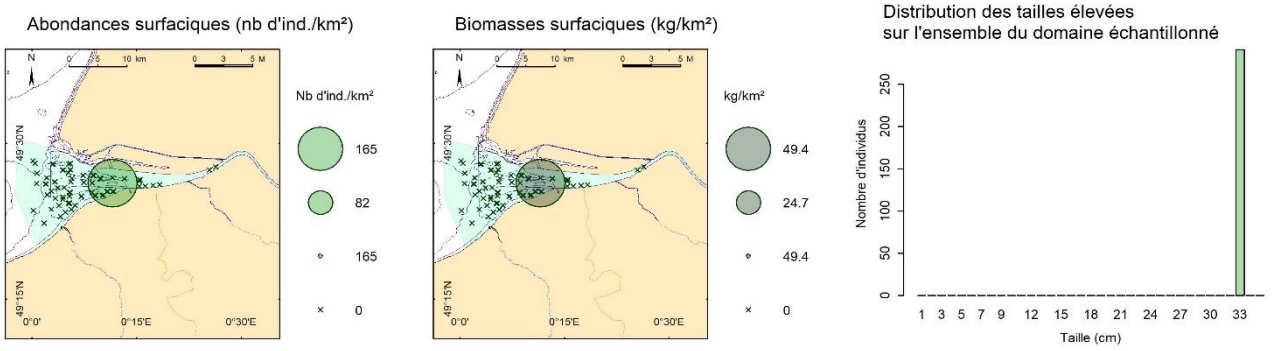
NOURDEM_SEINE 2018 : Alosa fallax ; IA = 553 +/- 539 individus ; IB = 278 +/- 278 kg ; Occurrence = 4.05 %



NOURDEM_SEINE 2019 : Alosa fallax ; IA = 7 708 +/- 10 522 individus ; IB = 1 219 +/- 1 288 kg ; Occurrence = 6.85 %



NOURDEM_SEINE 2020 : Alosa fallax ; IA = 291 +/- 738 individus ; IB = 87 +/- 221 kg ; Occurrence = 1.37 %



Pas de capture d'alose feinte Alosa fallax en 2021

Figure 64 : Les aloses feintes Alosa fallax en estuaire de Seine : *densités surfaciques (en nombre d'individus par* ***km² ; script RSUFI****), biomasses surfaciques (en kg/km²) et distributions des tailles (élevées à l'ensemble du domaine* ***échantillonné) des aloses feintes obtenues dans le cadre des campagnes NourDem Seine entre 2017 et 2021.***

4.1.26 La lamproie fluviatile Lampetra fluviatilis en estuaire de Seine

La lamproie fluviatile, ou lamproie de rivière, « *Lampreta fluviatilis* » (FAO) ou « *Lampetra fluviatilis* » (MNHN-ONEMA-OFB) est un agnathe, migrateur amphihalin, anadrome. L'espèce est classée depuis 1992 parmi les espèces prioritaires d'intérêt communautaire par l'Union Européenne (espèce à protéger en priorité via la conservation de ses habitats). Elle figure également sur la liste rouge UICN des poissons d'eau douce menacés de France métropolitaine (fiche OFB : https://professionnels.ofb.fr/sites/default/files/pdf-especes/Lamproie_riviere-L.fluviatilis_2015.pdf).

Seuls quelques spécimens ont été capturés au cours du suivi NourDem en Seine entre 2017 et 2021 (7 en 2017, 2 en 2018 et 1 en 2019), et les indices d'abondance ou de biomasse produits sont à considérés avec précautions. L'occurrence moyenne de capture sur la période a été de 2%, l'indice moyen d'abondance étant ≈ 500 individus pour un indice moyen de biomasse de 58 kg (Tableau 11).

Les indices annuels d'abondance sont faibles, nuls en 2020 et 2021, et, au maximum (2017) de 1947 +/- 2301 individus. Les scripts RSUFI et RSTRATI ne permettent pas de discriminer clairement les années entre elles et donc de conclure quant à une éventuelle tendance évolutive des abondances (Figure 65).

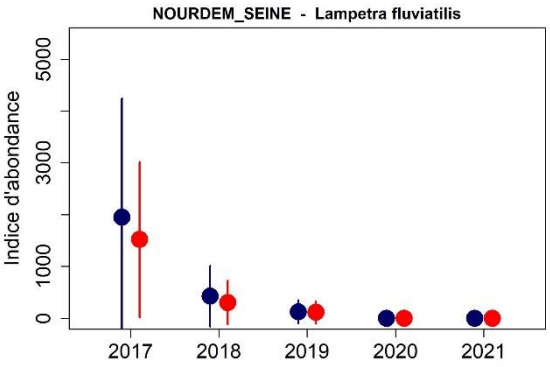
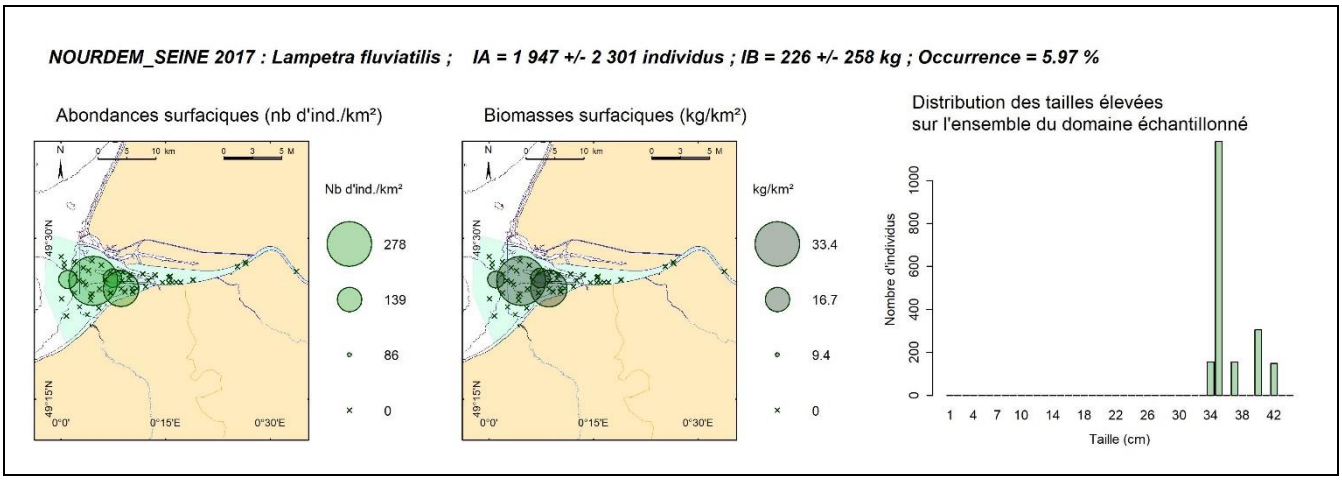
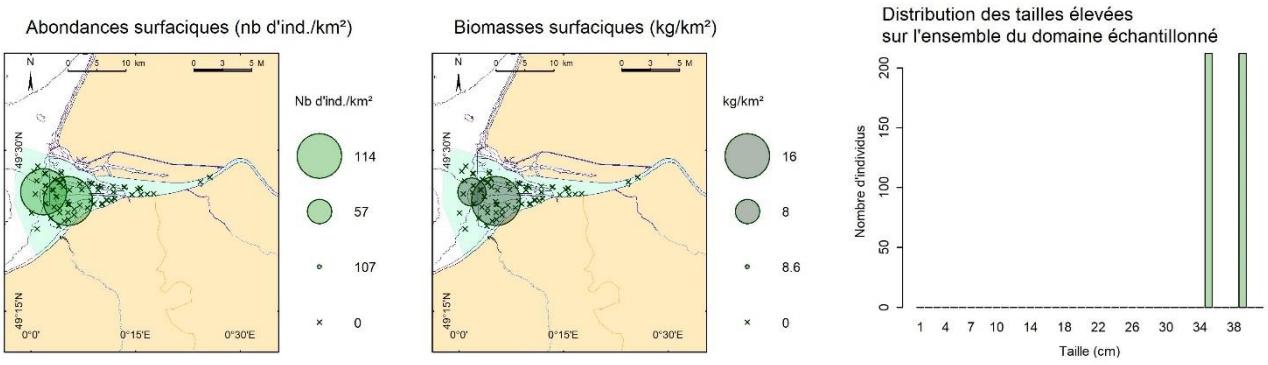


Figure 65 : Les lamproies fluviatiles Lampetra fluviatilis en estuaire de Seine** : indices d'abondance (en nombre d'individus) **et** fourchettes d'encadrement au seuil d'erreur de 5% de ces indices, **calculés à partir des données de capture des campagnes NourDem Seine entre 2017 et 2021. En bleu, indices RSUFI ; en rouge indices RSTRATI.

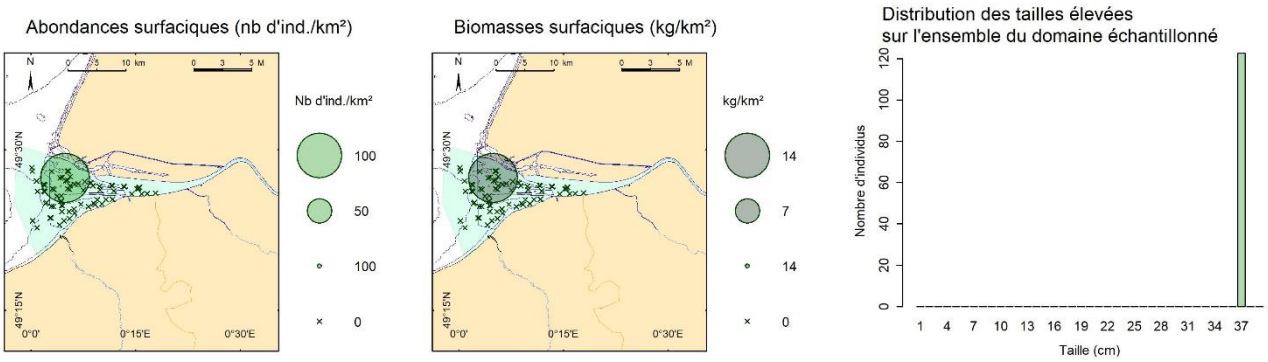
Du fait du faible nombre de captures, il est difficile d'identifier des zones préférentielles de présence. Il apparait cependant (Figure 66) que ce n'est pas sur les traits les plus amont qu'on enregistre les captures, mais plutôt vers l'aval du domaine, et dans le chenal au centre de l'estuaire. Les tailles ont été comprises entre 34 et 42 cm.



NOURDEM_SEINE 2018 : Lampetra fluviatilis ; IA = 424 +/- 588 individus ; IB = 47 +/- 68 kg ; Occurrence = 2.7 %



NOURDEM_SEINE 2019 : Lampetra fluviatilis ; IA = 123 +/- 225 individus ; IB = 17 +/- 31 kg ; Occurrence = 1.37 %



Pas de capture de lamproie fluviatile Lampetra fluviatilis en 2020

Pas de capture de lamproie fluviatile Lampetra fluviatilis en 2021

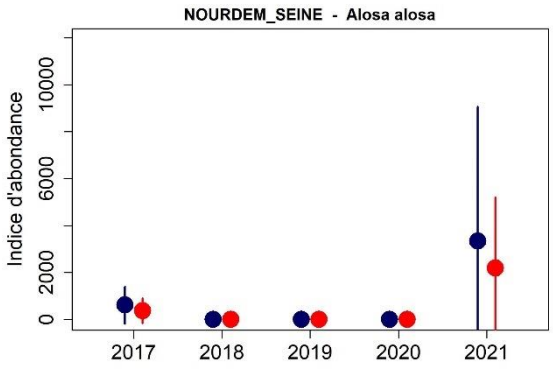
Figure 66 : Les lamproies fluviatiles Lampetra fluviatilis en estuaire de Seine** : densités surfaciques (en nombre d'individus **par km² ; script RSUFI), biomasses surfaciques (en kg/km²) et distributions** des tailles (élevées à l'ensemble du domaine **échantillonné) des lamproies fluviatiles obtenues dans le cadre des campagnes NourDem Seine entre 2017 et 2021.

4.1.27 La grande alose Alosa alosa en estuaire de Seine

La grande Alose *Alosa alosa* est un clupéidé migrateur amphihalin anadrome. Très abondante par le passé, ses effectifs ont beaucoup diminué, et elle est aujourd'hui classée sur la liste rouge UICN, en « préoccupation mineure » au niveau mondial, et « en danger critique d'extinction » en France métropolitaine (https://professionnels.ofb.fr/sites/default/files/pdf/documentation/GP2020_EspMarinesProtegees_Grande-alose.pdf).

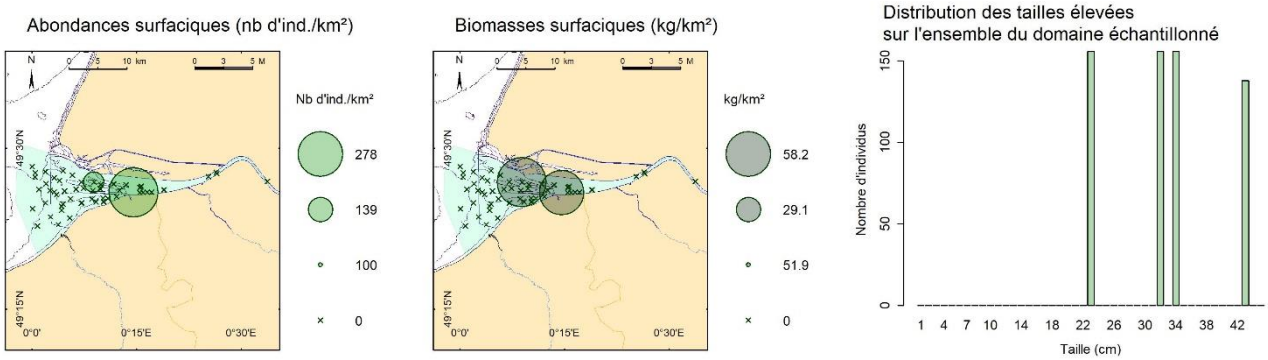
Le très faible nombre de captures enregistrées au cours des campagnes NourDem oblige à considérer les indices produits avec précautions, d'autant que cette espèce n'a été capturée qu'en 2017 et 2021. Son occurrence de capture moyenne a été, sur l'ensemble de la période 2017-2021, de 1,17%, son indice moyen d'abondance étant de 789 individus pour un indice moyen de biomasse de 123 kg (Tableau 11).

Figure 67 : Les grandes aloses Alosa alosa en estuaire de Seine : *indices d'abondance (en nombre d'individus) et fourchettes d'encadrement au seuil d'erreur de 5% de ces indices, calculés à* ***partir des données de capture des campagnes NourDem Seine entre 2017 et 2021. En bleu, indices RSUFI ; en rouge indices RSTRATI.***



Les quelques captures enregistrées (4 en 2017 et 12 en 2021) l'ont été dans, ou à proximité immédiate du chenal, plutôt dans la partie centrale du domaine échantillonné. Les tailles ont été comprises entre 17 et 44 cm.

NOURDEM_SEINE 2017 : Alosa alosa ; IA = 605 +/- 800 individus ; IB = 167 +/- 215 kg ; Occurrence = 2.99 %



Pas de capture de grande alose Alosa alosa en 2018

Pas de capture de grande alose Alosa alosa en 2019

Pas de capture de grande alose Alosa alosa en 2020

NOURDEM_SEINE 2021 : Alosa alosa ; IA = 3 339.7 +/- 5 726.9 individus ; IB = 450.4 +/- 793.6 kg ; Occurrence = 2.86 %

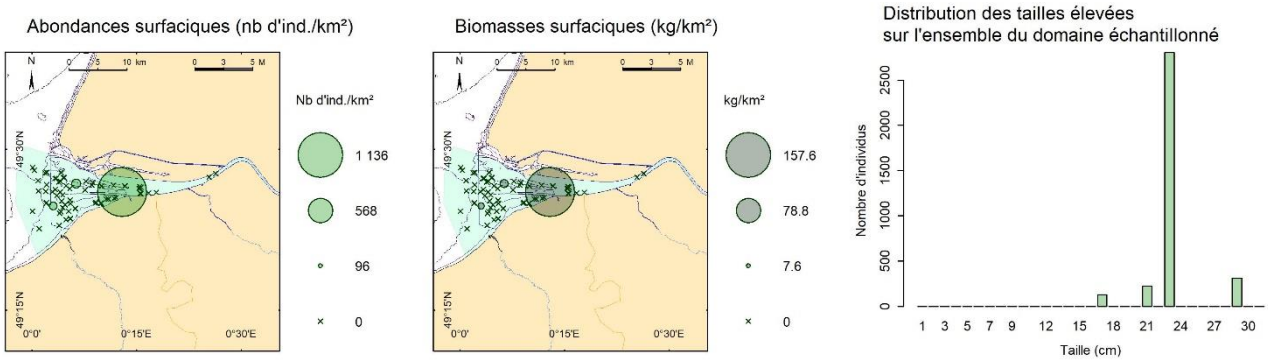


Figure 68 : Les grandes aloses Alosa alosa en estuaire de Seine *: densités surfaciques (en nombre d'individus par* ***km² ; script RSUFI****), biomasses surfaciques (en kg/km²) et distributions des tailles (élevées à l'ensemble du domaine* ***échantillonné) des grandes aloses obtenues dans le cadre des campagnes NourDem Seine entre 2017 et 2021***

4.1.28 La truite de mer Salmo trutta

La truite de mer *Salmo trutta* est un salmonidé, migrateur amphihalin, anadrome et potamotoque (se reproduit en eau douce). C'est une espèce protégée, mais classée UICN sur la liste rouge des espèces menacées en « préoccupation mineure » tant au niveau mondial qu'en France métropolitaine (site MNHN : https://inpn.mnhn.fr/espece/cd_nom/67772/tab/statut ; NB : dans certaines régions françaises, l'espèce peut présenter un statut plus préoccupant).

Pour cette espèce également, les très faibles captures (2 individus au total) doivent amener à considérer les indices et les cartographies produites avec précautions. L'occurrence moyenne de capture sur la période 2017-2021 a été de 0,56%, l'indice moyen d'abondance de 74 individus et l'indice moyen de biomasse de 22 kg (Tableau 11). Nous n'avons enregistré aucune capture en 2017, 2018 et 2019 et une seule en 2020 et en 2021, les deux au même endroit, à la sortie nord de l'estuaire. Les tailles ont été de 29 et de 31 cm.

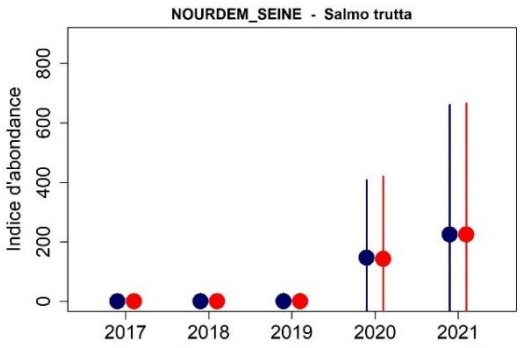


Figure 69 : Les truites de mer Salmo trutta en estuaire de Seine : indices** d'abondance (en nombre d'individus) et fourchettes d'encadrement au seuil d'erreur de 5% de ces indices, calculés à partir des données de capture des **campagnes NourDem Seine entre 2017 et 2021. En bleu, indices RSUFI ; en rouge indices RSTRATI.

La seule conclusion que l'on peut tirer de ces quelques données est que l'espèce est présente en estuaire de Seine au moment où sont conduites les campagnes NourDem.

Pas de capture de truite de mer Salmo trutta en 2017
Pas de capture de truite de mer Salmo trutta en 2018
Pas de capture de truite de mer Salmo trutta en 2019
NOURDEM_SEINE 2020 : Salmo trutta ; IA = 146 +/- 262 individus ; IB = 36 +/- 64 kg ; Occurrence = 1.37 % Abondances surfaciques (nb d'ind./km²) / Biomasses surfaciques (kg/km²) / Distribution des tailles élevées sur l'ensemble du domaine échantillonné Nb d'ind./km² : 104, 52, 104, 0 — kg/km² : 25.6, 12.8, 25.6, 0 Nombre d'individus — Taille (cm)
NOURDEM_SEINE 2021 : Salmo trutta ; IA = 224.3 +/- 437.7 individus ; IB = 76.3 +/- 148.8 kg ; Occurrence = 1.43 % Abondances surfaciques (nb d'ind./km²) / Biomasses surfaciques (kg/km²) / Distribution des tailles élevées sur l'ensemble du domaine échantillonné Nb d'ind./km² : 105, 53, 105, 0 — kg/km² : 35.8, 17.9, 35.8, 0 Nombre d'individus — Taille (cm)

Figure 70 : Les truites de mer Salmo trutta en estuaire de Seine** : densités surfaciques (en nombre d'**individus par km² ; script RSUFI**), biomasses surfaciques (en kg/km²) et distributions des tailles (élevées à l'ensemble du domaine **échantillonné) des truites de mer obtenues dans le cadre des campagnes NourDem Seine entre 2017 et 2021

4.1.29 Le saumon atlantique Salmo salar

Le saumon atlantique, comme la truite de mer, est un salmonidé, migrateur amphihalin, anadrome et potamotoque. Il est classé sur la liste rouge UICN, en « vulnérable » à l'échelle de l'Europe (2014) et en « quasi menacé » (2019) en ce qui concerne la France métropolitaine (voir fiche OFB téléchargeable : https://professionnels.ofb.fr/sites/default/files/pdf/documentation/GP2020_EspMarinesProtegees_Saumon.pdf).

Nous n'avons enregistré que 2 captures depuis le lancement du suivi, 1 en 2018 et 1 en 2020. Les indices produits sont donc à considérer avec précaution. L'occurrence moyenne de capture a été de 0,54% sur la période, et les indices moyens d'abondance et de biomasse respectivement de 289 individus et de 40 kg (Tableau 11). Ces très faibles captures ne permettent pas de conclure à des différences interannuelles d'abondance.

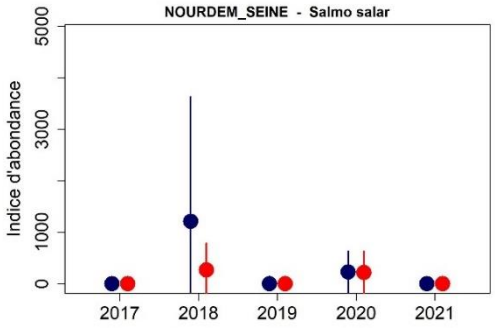
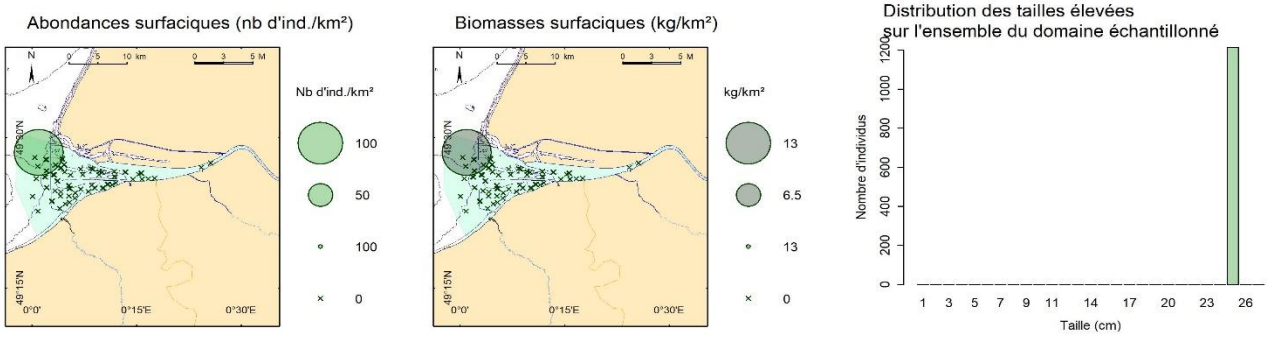


Figure 71 : Les saumons atlantiques Salmo salar en estuaire de Seine : indices** d'abondance (en nombre d'individus) et fourchettes d'encadrement au seuil d'erreur de 5% de ces indices, calcu**lés à partir des données de capture des campagnes NourDem Seine entre 2017 et 2021. En bleu, indices RSUFI ; en rouge indices RSTRATI.

Les tailles de captures ont été de 25 et 26 cm. Il s'agirait donc de juvéniles, que l'on qualifie de « smolts », en train de quitter l'estuaire pour gagner la mer.

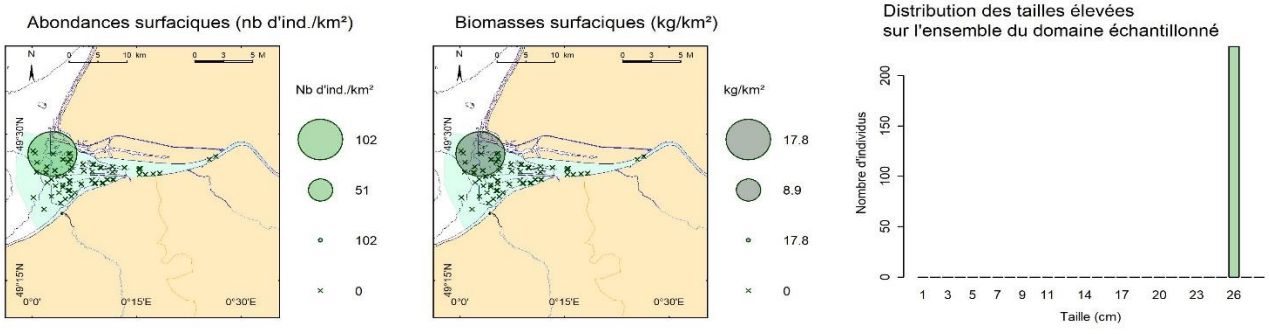
Pas de capture de saumon atlantique Salmo salar en 2017

NOURDEM_SEINE 2018 : Salmo salar ; IA = 1 214 +/- 2 424 individus ; IB = 158 +/- 315 kg ; Occurrence = 1.35 %



Pas de capture de saumon atlantique Salmo salar en 2019

NOURDEM_SEINE 2020 : Salmo salar ; IA = 229 +/- 405 individus ; IB = 40 +/- 71 kg ; Occurrence = 1.37 %



Pas de capture de saumon atlantique Salmo salar en 2021

Figure 72 : Les saumons atlantiques Salmo salar en estuaire de Seine** : densités surfaciques (en nombre d'individus par **km² ; script RSUFI**), biomasses surfaciques (en kg/km²) et distributions des tailles (élevées à l'ensemble du domaine **échantillonné) des saumons atlantiques obtenues dans le cadre des campagnes NourDem Seine entre 2017 et 2021

4.1.30 La lamproie marine Petromyzon marinus

La lamproie marine *Petromyzon marinus* est, comme la lamproie fluviatile, un agnathe, migrateur amphidromique, anadrome et potamotoque. Elle est classée sur la liste rouge de l'UICN, avec un statut de « préoccupation mineure » au niveau mondial (2011) et « en danger » en France Métropolitaine (2019 ; Cf. https://professionnels.ofb.fr/sites/default/files/pdf/documentation/GP2020_EspMarinesProtegees_Lamproie-marine.pdf).

Seule une capture a été enregistrée au cours du suivi, en 2019 (Figure 73), et les indices et cartographies produits sont à prendre avec précaution. L'individu capturé mesurait 35 cm (Figure 74).

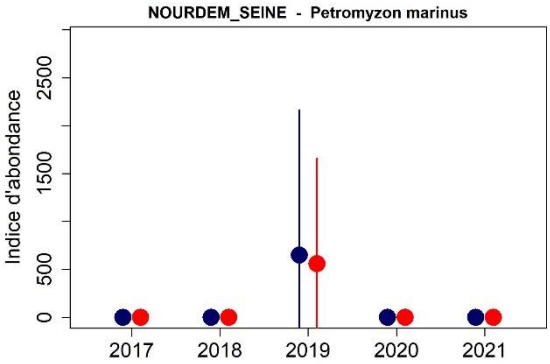


Figure 73 : Les lamproies marines Petromyzon marinus en estuaire de Seine** : indices d'abondance (en nombre d'individus) et fourchettes d'encadrement au seuil d'erreur de 5% de ces indices, calculés à partir **des données de capture des campagnes NourDem Seine entre 2017 et 2021. En bleu, indices RSUFI ; en rouge indices RSTRATI.

La seule conclusion possible à partir de ces données est que l'espèce peut être présente en estuaire de Seine au moment des campagnes NourDem.

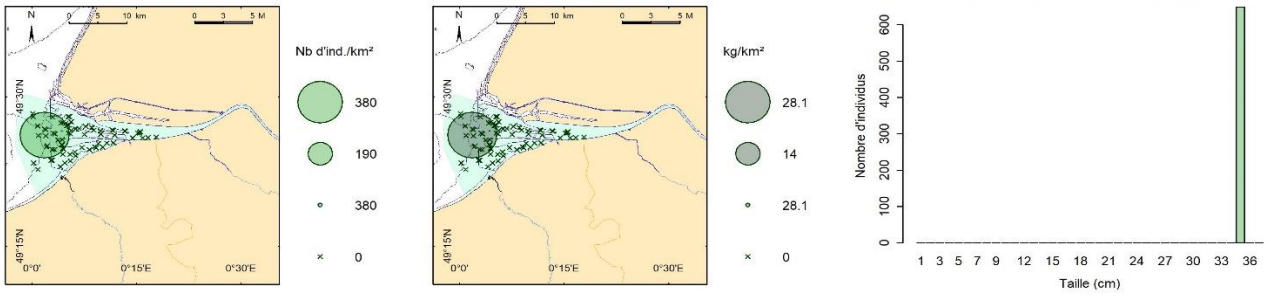
Pas de capture de lamproie marine Petromyzon marinus en 2017
Pas de capture de lamproie marine Petromyzon marinus en 2018
NOURDEM_SEINE 2019 : Petromyzon marinus ; IA = 649 +/- 1 514 individus ; IB = 48 +/- 112 kg ; Occurrence = 1.37 % Abondances surfaciques (nb d'ind./km²) — Biomasses surfaciques (kg/km²) — Distribution des tailles élevées sur l'ensemble du domaine échantillonné 
Pas de capture de lamproie marine Petromyzon marinus en 2020
Pas de capture de lamproie marine Petromyzon marinus en 2021

Figure 74 : Les lamproies marines Petromyzon marinus en estuaire de Seine** : densités surfaciques (en nombre d'individus **par km² ; script RSUFI**), biomasses surfaciques (en kg/km²) et distributions des tailles (élevées à l'ensemble du domaine **échantillonné) des saumons atlantiques obtenues dans le cadre des campagnes NourDem Seine entre 2017 et 2021

4.2 Le peuplement de l'estuaire de la Loire

4.2.1 La diversité faunistique

127 espèces différentes ont été capturées en estuaire de Loire au cours des 5 campagnes NourDem depuis 2017 et de la campagne Bargip Nourricerie en 2016 (campagnes réalisées entre la fin du mois de juin et le début du mois de juillet de 2016 à 2021).

70 de ces espèces étaient des poissons, 18 des crustacés, 24 des mollusques, dont 4 céphalopodes, 7 des échinodermes, 5 des cnidaires et 3 des annélides. 48 de ces espèces font partie du macro-zoobenthos (en orange dans le tableau).

Tableau 19 : les 127 espèces capturées à** l'occasion des campagnes NourDem **menées en estuaire de Loire entre 2016 et 2021

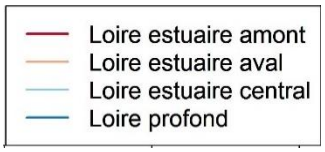
Poissons : 70	Crustacés : 18	Echinodermes : 7
Abramis brama	Atelecyclus sp.	Asterias rubens
Alosa alosa	Atelecyclus undecimdentatus	Astropecten irregularis
Alosa fallax	Carcinus maenas	Echinocardium cordatum
Amblyraja radiata	Crangon crangon	Gracilechinus acutus
Ameiurus melas	Eriocheir sinensis	Marthasterias glacialis
Ammodytes tobianus	Faxonius limosus	Ophiura sp.
Anguilla anguilla	Inachus sp.	Spatangus purpureus
Aphia minuta	Liocarcinus depurator	
Argyrosomus regius	Liocarcinus holsatus	Cnidaires : 5
Arnoglossus	Liocarcinus navigator	Aurelia sp.
Atherina presbyter	Liocarcinus vernalis	Calliactis sp.
Barbus	Macropodia sp.	Chrysaora hysoscella
Belone belone	Macropodia tenuirostris	Pelagia noctiluca
Boops boops	Maja brachydactyla	Rhizostoma pulmo
Callionymus lyra	Necora puber	
Chelidonichthys cuculus	Pagurus bernhardus	Annelides : 3
Chelidonichthys lucerna	Palaemon longirostris	Aphrodita aculeata
Chelon labrosus	Palaemon serratus	Nereis sp.
Clupea harengus		Sabella sp.
Conger conger	Mollusques : 20	
Cyprinus carpio carpio	Aequipecten opercularis	
Dicentrarchus labrax	Aplysia sp.	
Dicentrarchus punctatus	Buccinum undatum	
Dicologlossa cuneata	Cerastoderma edule	
Echiichthys vipera	Crepidula fornicata	
Engraulis encrasicolus	Ensis siliqua	
Eutrigla gurnardus	Euspira sp.	
Gasterosteus aculeatus aculeatus	Limecola balthica	
Gobius niger	Lutraria sp.	
Gobius paganellus	Magallana gigas	
Hippocampus hippocampus	Mytilus edulis	
Hyperoplus immaculatus	Ostrea edulis	
Hyperoplus lanceolatus	Philine aperta	
Leuciscus leuciscus	Ruditapes decussatus	
Leucoraja fullonica	Ruditapes philippinarum	
Liza aurata	Scrobicularia plana	
Liza ramada	Spisula sp.	
Merlangius merlangus	Tritia reticulata	
Merluccius merluccius	Venus casina	
Mugil cephalus	Venus verrucosa	
Mullus surmuletus		
Osmerus eperlanus	Mollusques céphalopodes : 4	
Pagellus erythrinus	Alloteuthis sp.	
Pegusa lascaris	Loligo vulgaris	
Platichthys flesus	Sepia officinalis	
Pleuronectes platessa	Sepiola sp.	
Pomatoschistus minutus		
Raja brachyura		
Raja microocellata		
Raja undulata		
Salmo salar		
Sander lucioperca		
Sardina pilchardus		
Scardinius erythrophthalmus		
Scomber scombrus		
Scophthalmus maximus		
Scophthalmus rhombus		
Silurus glanis		
Solea solea		
Spondyliosoma cantharus		
Sprattus sprattus		
Symphodus cinereus		
Syngnathus		
Syngnathus acus		
Torpedo marmorata		
Trachurus mediterraneus		
Trachurus trachurus		
Trisopterus luscus		
Trisopterus minutus		
Zeus faber		

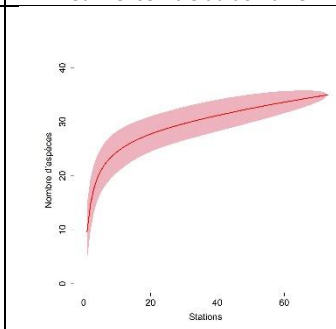
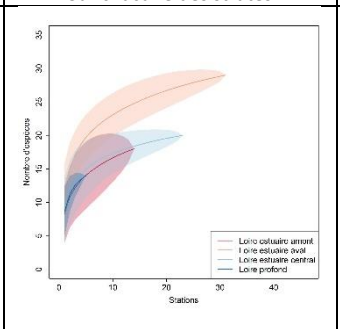
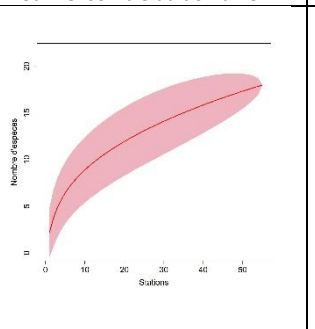
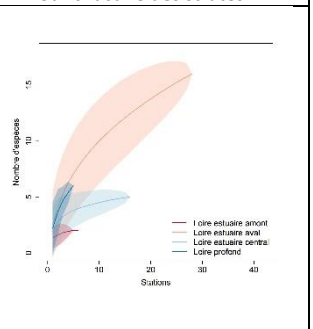
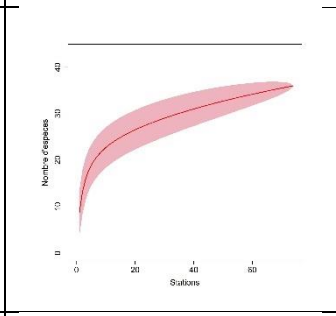
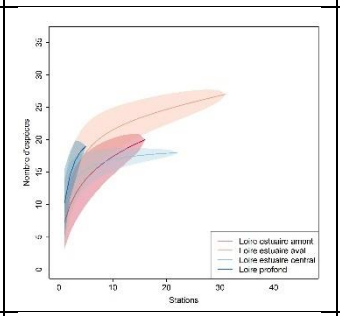
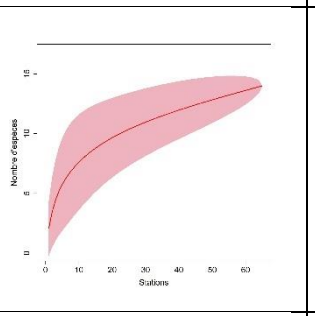
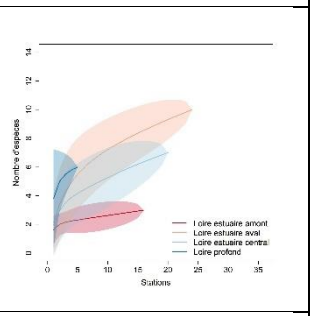
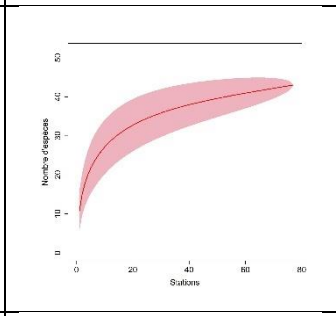
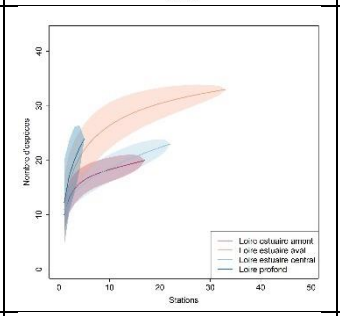
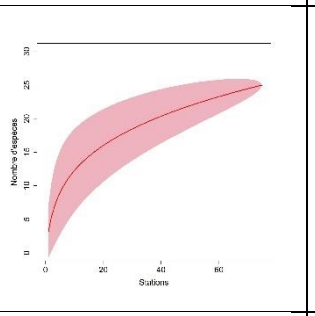
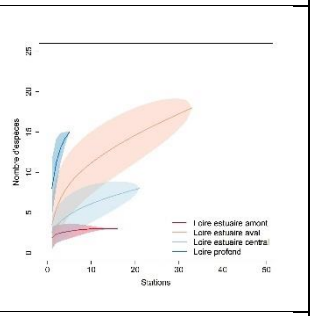
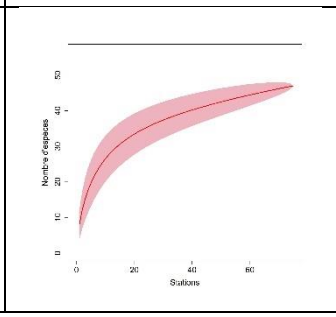
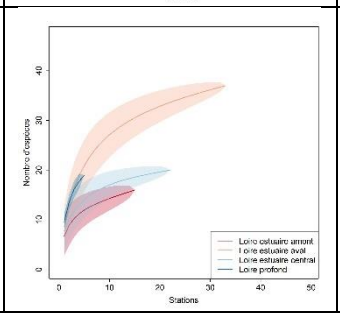
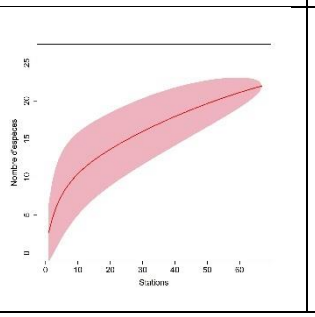
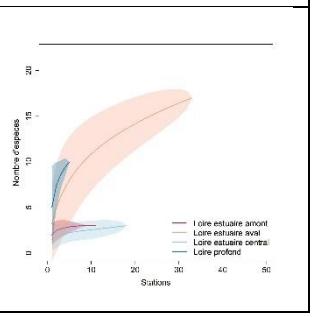
En termes de diversité faunistique, l'estuaire de la Loire apparait comme le plus riche des trois estuaires suivis : 127 espèces en Loire contre 110 en Seine et 107 en Gironde. Cette différence s'explique notamment par le nombre d'espèces de poissons (70 espèces en Loire, 60 espèces en Gironde et 58 en Seine) et de mollusques autres que les céphalopodes (20 en Loire, 17 en Seine et 9 seulement en Gironde).

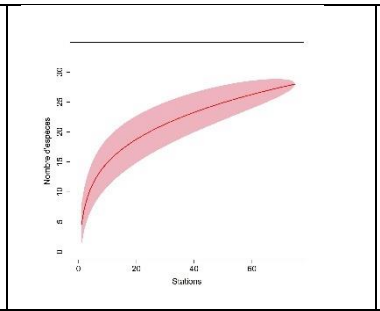
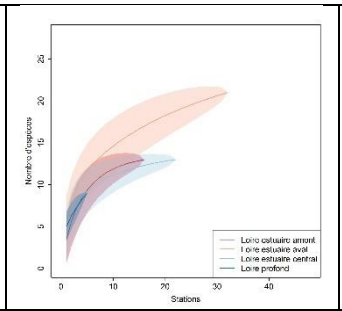
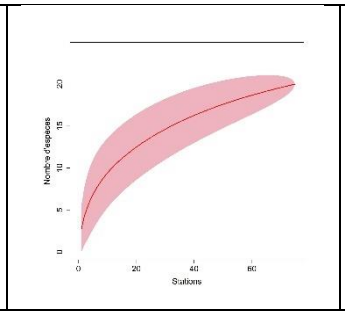
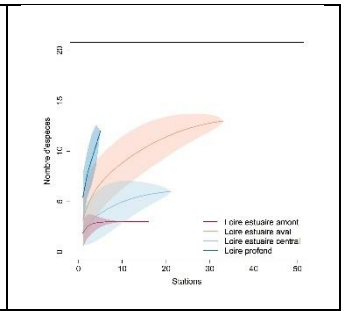
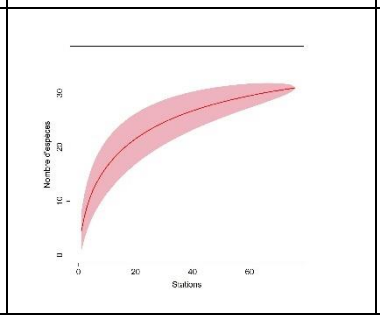
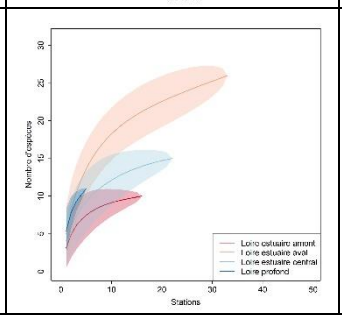
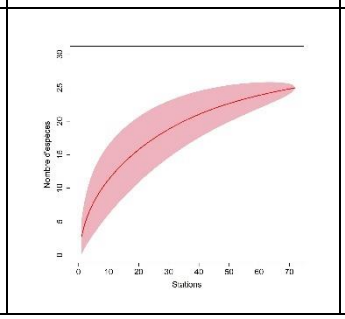
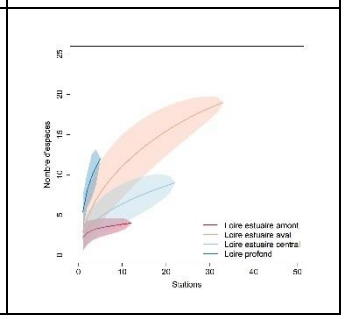
Concernant les poissons, on peut noter des captures d'espèces dites d'eau douce en Loire C'est le cas de la brème (*Abramis brama*), du barbeau (*Barbus sp.),* de la carpe (*Cyprinus carpio carpio)* et de la vandoise (*Leuciscus leuciscus*) que nous n'avons capturé que dans cet estuaire. Le silure (*Silurus glanis*) a été échantillonné en Loire et en Gironde, et le sandre *Sander lucioperca* l'a été dans les trois estuaires.

Les courbes d'accumulation spécifiques (Tableau 20) présentent systématiquement des tendances tangentielles, globalement ou sur les différentes strates, hormis en ce qui concerne la strate « Loire profond » (en bleu foncé dans le tableau), qu'il s'agisse des poissons et céphalopodes, ou des macro-zoo-invertébrés benthiques. Cette strate ne fait l'objet jusqu'à présent que de 5 traits, ce qui s'avère insuffisant pour en cerner de manière satisfaisante la biodiversité. Il conviendra de rajouter *a priori* 3 traits dans cette strate à l'avenir, ce qui ne devrait pas nécessiter de rallonger la durée totale de la campagne.

Tableau 20** : courbes d'accumulation spécifique (nombre d'espèces différentes **capturées en fonction du nombre de traits réalisés)** des poissons et céphalopodes d'une **part (les deux colonnes de gauche), et du macro-**zoobenthos d'autre part (les deux **colonnes de droite), obtenues au cours des campagnes NourDem et Bargip Nourriceries menées en estuaire de Loire entre 2016 et 2021. Les résultats sont fournis globalement,** sur l'ensemble du domaine, **et strates par strates



	Poissons et céphalopodes		Macro-zoobenthos	
	Sur l'ensemble du domaine	Sur chacune des strates	Sur l'ensemble du domaine	Sur chacune des strates
2016				
2017				
2018				
2019				

2020				
2021				

4.2.2 Les indices de peuplement de l'estuaire de Loire

Les indices de peuplement déterminés au moyen du script RSUFI à partir des données des campagnes menées en Loire depuis 2016 sont donnés par le Tableau 21.

Les indices d'abondance annuels, globaux et par grandes classes, sont, en moyenne, inférieurs à ceux obtenus en Seine : entre 5,2 et 30,8 millions d'individus en Loire (moyenne : 19,7 millions) contre 23 à 162 millions en Seine (moyenne : 85,4 millions), soit de l'ordre d'un facteur 4 entre les indices d'abondance globaux, alors que les domaines échantillonnés sont respectivement de 140 km² en Loire et 194 km² en Seine.

Si l'on s'intéresse à la variabilité interannuelle en Loire, les indices d'abondance globaux de 2016 et 2017 sont significativement inférieurs (au seuil de 5% d'erreur) à ceux obtenus en 2018 et en 2021.

Si l'on considère les indices obtenus pour les poissons et agnathes :

- celui de 2016 est significativement inférieur à ceux de 2017, 2018, 2019 et 2021
- celui de 2017 est significativement inférieur à celui de 2018

Si l'on considère les indices obtenus pour les crustacés :

- celui de 2016 est significativement inférieur à ceux de 2018, 2019, 2020 et 2021
- celui de 2017 est significativement inférieur à ceux de 2020 et 2021
- et celui de 2018 est significativement inférieur à ceux de 2020 et 2021

Si l'on considère les indices obtenus pour les échinodermes :

- celui de 2016 est significativement inférieur à ceux de 2018, 2019, 2020 et 2021
- celui de 2020 est significativement inférieur à ceux de 2019 et 2021

Si l'on considère les indices obtenus pour les céphalopodes, ceux de 2020 et 2021 sont significativement inférieurs à ceux de 2017 et 2019

Tableau 21 : indices de peuplement obtenus à partir des données des campagnes Bargip Nourriceries en 2016 et NourDem entre 2017 et 2021.

		Toutes les espèces cumulées		poissons et agnathes		crustacés		échinodermes		céphalopodes	
	Année	Valeur estimée	CV	Valeur estimé	CV	Valeur estimé	CV	Valeur estimé	CV	Valeur estimée	CV
Indice	2016	5 247 505	0,44	2 851 888	0,29	654 216	0,55	30 234	0,48	400 629	0,27
d'abondance	2017	11 522 478	0,12	8 551 404	0,14	1 826 726	0,38	44 131	0,16	1 089 394	0,15
(nombre	2018	30 882 069	0,20	23 088 410	0,26	3 643 506	0,17	491 601	0,44	3 184 409	0,58
d'individus)	2019	21 488 896	0,20	14 362 555	0,27	4 032 663	0,33	2 160 411	0,35	751 560	0,21
	2020	18 301 118	0,22	8 831 631	0,35	8 758 842	0,22	282 445	0,21	186 988	0,15
	2021	30 813 784	0,14	16 353 475	0,19	11 241 304	0,22	2 031 050	0,36	294 179	0,12
	Moy.	19 709 308		12 339 894		5 026 210		839 979		984 527	
Indice	2016	202 268	0,20	194 345	0,19	2 857	0,44	432	0,48	2 905	0,23
de	2017	289 034	0,12	251 863	0,12	29 302	0,31	1 071	0,15	6 725	0,16
biomasse	2018	380 744	0,11	292 229	0,11	57 121	0,28	14 414	0,54	7 803	0,16
(kg)	2019	475 799	0,11	318 023	0,12	83 214	0,19	57 124	0,40	4 753	0,21
	2020	336 537	0,15	229 027	0,18	94 619	0,26	5 600	0,23	1 860	0,21
	2021	405 080	0,13	243 186	0,13	100 923	0,27	37 649	0,28	6 387	0,28
	Moy.	348 244		254 779		61 339		19 382		5 072	
Indice	2016	0,90	0,08	0,90	0,08	0,60	0,26	0,37	0,40	0,32	0,22
de diversité	2017	0,94	0,01	0,91	0,02	0,80	0,12	0,44	0,14	0,50	0,07
Delta	2018	0,93	0,03	0,88	0,06	0,87	0,02	0,52	0,12	0,33	0,34
	2019	0,94	0,04	0,90	0,06	0,74	0,07	0,29	0,39	0,50	0,07
	2020	0,92	0,03	0,84	0,10	0,82	0,05	0,73	0,07	0,49	0,09
	2021	0,89	0,03	0,71	0,09	0,78	0,05	0,49	0,25	0,56	0,06
poids	2016	0,0385	0,48	0,0681	0,35	0,0044	0,71	0,014	0,67	0,007	0,35
moyen	2017	0,0251	0,17	0,0295	0,18	0,0160	0,50	0,024	0,22	0,006	0,22
individuel	2018	0,0123	0,23	0,0127	0,29	0,0157	0,33	0,029	0,69	0,002	0,60
(kg)	2019	0,0221	0,23	0,0221	0,29	0,0206	0,38	0,026	0,53	0,006	0,30
	2020	0,0184	0,26	0,0259	0,39	0,0108	0,34	0,020	0,31	0,010	0,26
	2021	0,0131	0,19	0,0149	0,24	0,0090	0,35	0,019	0,46	0,022	0,31
Moyenne de	2016	0,254	0,25	0,360	0,26	0,039	0,84	0,017	1,10	0,103	0,75
poids moyer	2017	0,664	1,04	0,903	1,06	0,033	0,37			0,004	0,42
spécifiques	2018	0,439	0,74	0,242	0,25	0,045	0,55	0,023	1,06	0,079	0,61
(kg)	2019	0,300	0,49	0,232	0,25	0,041	0,39	0,013	0,59	0,138	1,42
	2020	0,135	0,26	0,186	0,29	0,040	0,71	0,015	0,59	0,175	1,21
	2021	0,280	0,70	0,169	0,22	0,048	0,42	0,040	1,12	0,084	0,79
Taille	2016	16,69	0,006	16,70	0,01	8,00	0,16			13,50	0,03
moyenne	2017	13,67	0,003	13,71	0,00	8,49	0,02				
(en cm)	2018	10,09	0,001	10,09	0,00	9,20	0,02			5,56	0,05
	2019	12,40	0,002	12,41	0,00	11,21	0,02			13,00	0,05
	2020	12,34	0,004	12,35	0,00	10,11	0,05			14,20	0,07
	2021	10,16	0,002	10,16	0,00	9,28	0,04			11,38	0,04
proportion	2016	0,37	0,012	0,368	0,012						
d' individus	2017	0,28	0,009	0,285	0,009						
> 15 cm	2018	0,06	0,011	0,060	0,011					0,01	0,99
	2019	0,19	0,008	0,194	0,008	0,01	1,00				
	2020	0,20	0,012	0,200	0,012					0,20	0,89
	2021	0,11	0,012	0,108	0,012					0,05	0,69
proportion	2016	0,23	0,016	0,234	0,016						
d' individus	2017	0,15	0,013	0,154	0,013						
> 20 cm	2018	0,03	0,017	0,026	0,017						
	2019	0,05	0,017	0,052	0,017						
	2020	0,09	0,019	0,093	0,019						
	2021	0,05	0,018	0,049	0,018					0,02	0,99
proportion	2016	0,15	0,021	0,153	0,021						
d' individus	2017	0,09	0,017	0,091	0,017						
> 25 cm	2018	0,02	0,023	0,016	0,023						
	2019	0,03	0,024	0,026	0,024						
	2020	0,04	0,030	0,040	0,030						
	2021	0,03	0,024	0,028	0,024						
proportion	2016	0,10	0,028	0,095	0,028						
d' individus	2017	0,04	0,026	0,042	0,026						
> 30 cm	2018	0,01	0,030	0,009	0,030						
	2019	0,02	0,032	0,015	0,032						
	2020	0,03	0,037	0,026	0,037						
	2021	0,01	0,033	0,015	0,033						

Les indices de biomasse en Loire sont compris entre 202 et 475 tonnes (moyenne : 348 tonnes ; ils sont inférieurs à ceux obtenus en Seine où la biomasse moyenne s'élève à 1091 tonnes). Ils présentent des différences interannuelles significatives, tant globalement que pour différentes « classes ».

Si l'on considère les biomasses totales :

- L'indice obtenu en 2016 est significativement inférieur à ceux de 2018, 2019 et 2021
- L'indice obtenu en 2017 est significativement inférieur à celui obtenu en 2019

Si l'on considère les indices de biomasse des poissons et agnathes, il n'y a pas de différence significative interannuelle

Si l'on considère les indices de biomasse des crustacés :

- celui obtenu en 2016 est significativement inférieur à ceux de toutes les autres années
- celui obtenu en 2017 est inférieur à ceux obtenus en 2019 et 2021

Si l'on considère les indices de biomasse des échinodermes :

- celui de 2016 est significativement inférieur à ceux des autres années,
- celui de 2017 est significativement inférieur à ceux des années 2019, 2020 et 2021,
- celui de 2020 est significativement inférieur à ceux des années 2019 et 2021

Si l'on considère les indices de biomasse des céphalopodes :

- celui de 2016 est significativement inférieur à ceux des années 2017 et 2018
- celui de 2020 est significativement inférieur à ceux de 2017, 2018, 2019 et 2021

Les indices de biomasse de l'année 2016, quelle que soit la « classe » considérée, figurent parmi les plus faibles enregistrés, ce qui pourrait trouver son explication dans les conditions hydrologiques très particulières au moment de la campagne (crue décennale).

Les **indices de biodiversité Delta** sont plus élevés qu'en Seine, et présentent beaucoup moins de variabilité interannuelle. Ils sont compris entre 0,89 et 0,94, avec des coefficients de variation (CV) faibles, de 8% au maximum. Ceci traduit un peuplement équilibré, sans dominance marquée d'une ou deux espèces par rapport aux autres (comme c'est le cas certaines années en Seine avec des présences très importantes de petits pélagiques).

Les **poids moyens individuels** sont compris entre 12 et 38 grammes (maximum en 2016, année particulière concernant ce paramètre également) et les **tailles moyennes** entre 10,2 et 16,7 cm (maximum en 2016). Les CV attachés à ces indicateurs sont également faibles (26% au maximum), hormis en 2016.

Au final, les indicateurs de communauté obtenus montrent que le peuplement de l'estuaire de la Loire apparait équilibré, avec un maintien des équilibres entre les différentes populations (relative stabilité de l'indice Delta) tout au long du suivi. Seule l'année 2016 se différencie nettement des autres, ce qui trouve très vraisemblablement son origine dans le fait que cette première campagne s'est déroulée au cours d'une crue de retour décennal et que les populations de l'estuaire ont été moins bien cernées que les années suivantes (descente vers l'aval, et pour partie en dehors du domaine échantillonné ?).

4.2.3 Les espèces principales et d'intérêt, socle du peuplement de l'estuaire de la Loire

26 espèces ont été retenues comme constituant la base du peuplement en estuaire de Loire et/ou à suivre en priorité (Tableau 22) :

- toutes celles dont l'occurrence de capture a été en moyenne sur les 6 années de suivi supérieure à 20% (soit 21 espèces),
- les espèces sentinelles, classées « grands migrateurs », et faisant l'objet de suivis ou de protections spéciales par ailleurs, soit, outre l'**éperlan d'Europe** et de l'**anguille commune** dont les occurrences moyennes de capture ont été > à 20%, l'**alose feinte**, la **grande alose** et le **saumon Atlantique,**
- et deux espèces, le **maigre** *Argyrosomus regius* et le **bar moucheté** *Dicentrarchus punctatus*, très peu présentes aujourd'hui en estuaire de Loire, mais d'intérêt économique, et abondantes plus au sud (espèces majeures en estuaire de Gironde). Ces deux espèces méritent d'être prises en compte car elles pourraient potentiellement devenir des espèces sentinelles dans le cadre du réchauffement climatique.

Tableau 22 : NourDem Loire : *occurrences moyennes de capture et indices moyens d'abondance et de biomasse des espèces principales (espèces dont l'occurrence de capture est >20%), des migrateurs amphihalins (Mig.Amphi.) et* ***des*** *espèces à haute valeur économique, patrimoniale ou d'intérêt, de l'estuaire de Loire échantillonnées dans le cadre des* ***campagnes NourDem menées entre 2017 et 2021 et de la campagne Bargip Nourriceries en 2016. Les espèces sont classées en fonction de l****eur rang d'occurrence moyenne de capture. Les groupes d'âge sont distingués chez le bar* ***européen, la sole commune, le flet commun, le merlan,*** *l'éperlan d'Europe****, la sardine commune et le maigre commun. Les couleurs distinguent les espèces principalement benthiques, bentho-démersales, démersales et pélagiques.***

	Nom commun	ESPECES	OCCUR moy. (%)	RANG	IA Moy. (nbre)	IB Moy. (kg)	Catégorie	Mig. Amphi.
1	Bar européen	Total Dicentrarchus labrax	89,12		269 838	40 902	Démersale	
		Dicentrarchus labrax_G0	5,05	43	21 311	79		
		Dicentrarchus labrax_G1	38,11	12	129 907	5 544		
		Dicentrarchus labrax_G2	70,03	4	57 541	7 608		
		Dicentrarchus labrax_G3p	78,56	1	61 079	27 671		
2	Sole commune	Total Solea solea	79,41		380 440	17 371	Bentho-démersale	
		Solea solea_G0	26,23	19	75 337	219		
		Solea solea_G1	74,09	2	271 692	10 582		
		Solea solea_G2p	47,85	9	33 412	6 570		
3	Anchois commun	Engraulis encrasicolus	73,64	3	3 463 235	28 362	Pélagique	
4	Crabe vert	Carcinus maenas	58,52	5	1 386 382	34 078	Benthique	
5	Sprat	Sprattus sprattus	58,26	6	3 704 855	14 532	Pélagique	
6	Flet commun	Total Platichthys flesus	57,45		210 441	31 101	Bentho-démersale	
		Platichthys flesus_G0	21,27	26	61 319	182		
		Platichthys flesus_G1p	56,14	7	149 122	30 918		
7	Tacaud commun	Trisopterus luscus	54,85	8	1 389 101	11 722	Démersale	
8	Merlan	Total Merlagius merlangus	47,89		445 375	3 589	Démersale	
		Merlangius merlangus_G0	47,66	10	443 662	3 401		
		Merlangius merlangus_G1p	2,25	62	1 713	189		
9	Crevette grise	Crangon crangon	46,21	11	2 443 122	2 461	Benthique	
10	Alloteuthis	Alloteuthis sp.	36,61	13	970 768	3 897	Pélagique	
11	Mulet porc	Liza ramada	34,63	14	65 511	18 678	Démersale	
12	Chinchard commun	Trachurus trachurus	34,08	15	569 378	14 673	Pélagique	
13	Gobie buhotte	Pomatoschistus minutus	33,67	16	176 888	351	Bentho-démersale	
14	Eperlan d'europe	Total Osmerus eperlanus	37,73		259 850	1 040	Pélagique	anadrome
		Osmerus eperlanus_G0	31,43	17	236 487	248		
		Osmerus eperlanus_G1p	22,79	24	23 363	792		
15	Gobie transparent	Aphia minuta	29,13	18	88 985	380	Bentho-démersale	
16	Congre commun	Conger conger	25,69	20	10 874	28 685	Bentho-démersale	
17	Etoile de mer commune	Asterias rubens	25,42	21	771 863	18 541	Benthique	
18	Crevette blanche	Palaemon longirostris	25,32	22	520 365	550	Benthique	
19	Athérine/petit prêtre	Atherina presbyter	23,69	23	362 130	4 139	Pélagique	
20	Anguille d'Europe	Anguilla anguilla	22,27	25	7 189	2 089	Bentho-démersale	catadrome
21	Sardine commune	Total Sardina pilchardus	24,80		710 489	15 908	Pélagique	
		Sardina pilchardus_G0	8,31	37	451 152	1 872		
		Sardina pilchardus_G1p	20,88	27	259 337	14 036		
22	Alose feinte	Alosa fallax	15,64	30	19 902	697	Pélagique	anadrome
23	Bar moucheté	Dicentrarchus punctatus	10,18	33	2 885	993	Démersale	
24	Grande Alose	Alosa alosa	3,74	48	1 972	115	Pélagique	anadrome
25	Saumon Atlantique	Salmo salar	1,09	81	237	268	Démersale	anadrome
26	Maigre commun	Total Argyrosomus regius	1,10		88	1 140	Démersale	
		Argyrosomus regius_G1	0,88	87	41	17		
		Argyrosomus regius_G2p	0,23	112	47	1 123		

Dans cet estuaire, c'est le **bar européen** *Dicentrarchus labrax* qui est l'espèce la plus occurrente (89,1% toutes classes d'âge confondues), avec un indice d'abondance moyen sur les 6 années de suivi de ≈ 270 000 individus et un indice moyen de biomasse de l'ordre de 41 tonnes.

Vient ensuite la **sole commune** *Solea solea*, avec une occurrence moyenne de 79,4%, un indice moyen d'abondance de ≈ 380 000 individus et un indice moyen de biomasse de l'ordre de 17,4 tonnes.

L'**anchois commun** *Engraulis encrasicolus*, le **crabe vert** *Carcinus maenas*, le **sprat** *Sprattus sprattus* et le **flet** *Platichthys flesus* présentent des occurrences de capture légèrement plus faibles, mais toutes supérieures à 57%.

Viennent ensuite, avec des occurrences de capture comprises entre 55 et 45%, le **tacaud commun** *Trisopterus luscus*, le **merlan** *Merlangius merlangus*, puis la **crevette grise** *Crangon crangon*, très abondante en estuaire de Loire, et faisant l'objet d'une exploitation professionnelle.

Le seul céphalopode de ce classement est le petit calmar ***Alloteuthis sp.***, capturé dans 36,6% des traits en moyenne, et dont l'indice d'abondance moyen sur les 6 années a approché 1 million d'individus.

Le **mulet porc** *Liza ramada*, le **chinchard commun** *Trachurus trachurus*, le **gobie buhotte** *Pomatoschistus minutus* et le **gobie transparent** *Aphia minuta*, l'**éperlan d'Europe** *Osmerus eperlanus*, le **congre** *Conger conger*, l'**étoile de mer commune** *Asterias rubens*, la **crevette blanche** *Palaemon longiristris*, l'**atherine** *Atherina prebsbyter*, l'**anguille commune** *Anguilla anguilla* et la **sardine commune** *Sardina pilchardus* ont été capturés en moyenne dans 38 à 20% des traits, et complètent le pool d'espèces constituant le socle du peuplement de l'estuaire.

Ces 21 espèces, base du peuplement de l'estuaire de Loire (tel qu'on peut le décrire via un échantillonnage au chalut GOV) présentent, ensemble, un indice global d'abondance moyen de 18,2 millions d'individus (soit 92,4% de l'IA global moyen estimé, toutes espèces confondues, et qui s'élève à 19,7 millions d'individus ; Tableau 21) et un indice moyen de biomasse de 293 tonnes (soit 84% de la biomasse totale moyenne qui s'élève à 348 tonnes).

Quatre de ces espèces peuvent être classées dans la catégorie des espèces benthiques (crabe vert, crevette grise, étoile de mer commune et crevette blanche), 6 dans la catégorie des espèces bentho-démersales (sole, flet, gobies buhotte et transparent, congre et anguille), 4 dans la catégorie des espèces démersales (bar européen, tacaud commun, merlan et mulet porc), et 7 dans la catégorie des espèces pélagiques (anchois, sprat, *Alloteuthis sp.*, chinchard commun, éperlan d'Europe, athérine et sardine commune).

En termes d'abondances relatives au sein de ces espèces socle, ce sont à nouveau les espèces pélagiques qui dominent (55% de l'abondance totale ; Tableau 23), suivie des espèces benthiques, puis démersales et enfin bentho-démersales. En termes de biomasse, la répartition est très équilibrée, les pélagiques représentant 28% de la biomasse totale, les démersaux 25,5%, les espèces bentho-démersales 27,3% et les espèces benthiques 19%.

Tableau 23 *: indices d'abondances (IA) et de biomasses (IB) moyens obtenus pour les* ***21 espèces socle du*** *peuplement de l'estuaire de Loire à l'issue des campagnes menées entre* ***2016 et 2021 dans le cadre de NourDem*** ***et de Bargip Nourriceries. Distinction entre les espèces pélagiques, démersales, bentho-démersales et bethiques.***

Espèces	IA	IB	%IA	%IB
Pélagiques	10 040 705	82 550	55,15	28,17
Démersales	2 169 825	74 891	11,92	25,56
Bentho-démersales	874 817	79 976	4,80	27,29
Benthiques	5 121 733	55 629	28,13	18,98
total	18 207 078	293 046	100,00	100,00

Les paragraphes qui suivent présentent plus en détail les espèces majeures et d'intérêt du peuplement de l'estuaire de la Loire.

4.2.4 Le bar européen Dicentrarchus labrax en estuaire de Loire

Le bar européen est l'espèce la plus occurrente au sein de nos échantillonnages en estuaire de Loire : 89,12 % d'occurrence moyenne, pour un indice moyen d'abondance de ≈ 270 000 individus et un indice moyen de biomasse de 40,9 tonnes (Tableau 22). Nous avons distingué les individus des groupes 0, 1, 2 et 3+ du fait de l'importance économique de l'espèce, de son abondance localement, et parce qu'elle utilise l'estuaire comme nourricerie. Les cartes de densités surfaciques et les distributions de tailles élevées à l'ensemble du domaine échantillonné obtenues au cours des 6 années de suivi sont données par les figures qui suivent.

Les bars européens du groupe 0

Comme c'est le cas dans les deux autres estuaires, les captures de bars du groupe 0 en Loire sont le plus souvent faibles (occurrence moyenne de capture sur la période 2016/2021 de 5,05%, indice moyen d'abondance de ≈ 21 300 individus pour un indice moyen de biomasse de 79 kg ; Cf. Tableau 22), variables (Cf. Figure 75) et imprécises (fourchettes d'encadrement de grande ampleur, ne permettant pas de discriminer les années entre elles, i.e. de pouvoir conclure à des différences interannuelles significatives). Les captures sont également très localisées, ce groupe d'âge se cantonnant dans les secteurs les plus amont de l'estuaire (essentiellement dans la strate « estuaire amont », sauf en 2016, vraisemblablement du fait de la crue, où les captures sont principalement enregistrées sur la strate « estuaire central » ; Figure 76), proches du zéro de salinité, et par moins de 2 mètres de profondeur le plus souvent, ce qui le rend très peu accessible à notre échantillonnage. Les indices d'abondance et de biomasse produits ne sont donc pas fiables, et doivent être considérés avec beaucoup de précautions quand on veut évaluer la réussite ou l'échec de la reproduction de l'année en cours (les indices d'abondance des individus du groupe 0 sont d'ailleurs le plus souvent inférieurs à ceux du groupe 1, eux-mêmes inférieurs à ceux du groupe 2, et ce, du fait d'une vulnérabilité/capturabilité supérieure des plus grandes classes d'âge). Les tailles de capture de ces individus du groupe 0 sont comprises entre 2 et 10 cm.

Année	IA RSUFI	Fourch. RSUFI	IA RSTRATI	Fourch. RSTRATI
2016	72	127	56	110
2017	0	0	0	0
2018	120 133	184 222	93 191	111 432
2019	2 087	2 628	2 292	2 362
2020	5 274	8 610	11 699	13 028
2021	302	639	304	596

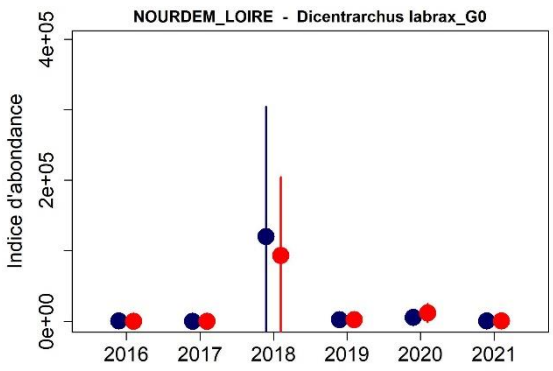
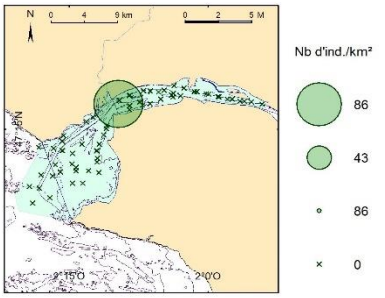


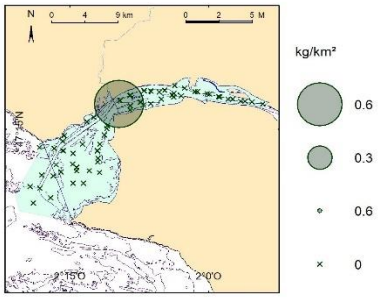
Figure 75 : ***Les bars européens Dicentrarchus labrax du groupe 0 en estuaire de Loire*** *: indices d'abondance (**IA, en no**mbre d'individus) et fourchettes d'encadrement **(Fourch.)** au seuil d'erreur de 5% de ces **indices, calculés à partir des données de capture des campagnes NourDem Loire et Bargip Nourriceries entre 2016 et 2021. En bleu, indices RSUFI ; en rouge indices RSTRATI.***

NOURDEM_LOIRE 2016 : Dicentrarchus labrax_G0 ; IA = 72 +/- 127 individus ; IB = 0 +/- 1 kg ; Occurrence = 1.37 %

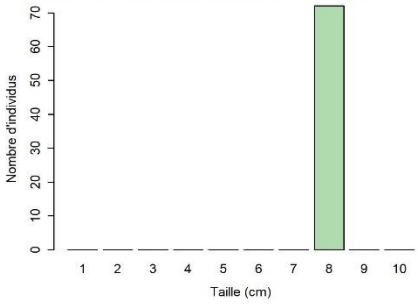
Abondances surfaciques (nb d'ind./km²)



Biomasses surfaciques (kg/km²)



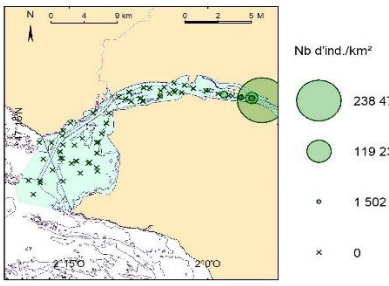
Distribution des tailles élevées sur l'ensemble du domaine échantillonné



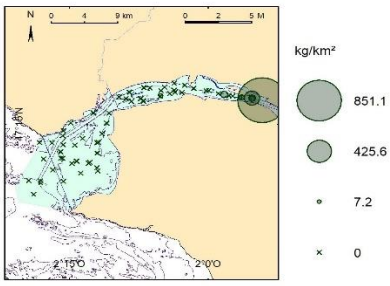
NOURDEM LOIRE 2017 : pas de capture de bar européen Dicentrarchus labrax du groupe 0

NOURDEM_LOIRE 2018 : Dicentrarchus labrax_G0 ; IA = 120 133 +/- 184 222 individus ; IB = 457 +/- 664 kg ; Occurrence = 10.39 %

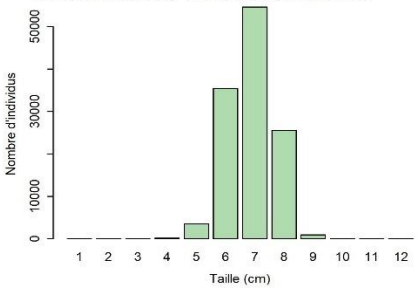
Abondances surfaciques (nb d'ind./km²)



Biomasses surfaciques (kg/km²)

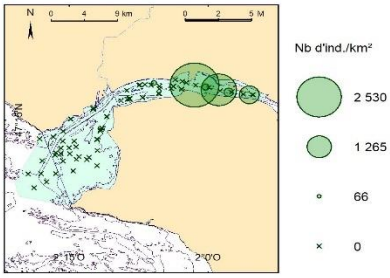


Distribution des tailles élevées sur l'ensemble du domaine échantillonné

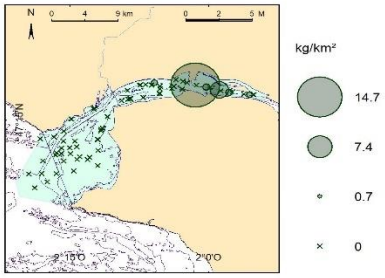


NOURDEM_LOIRE 2019 : Dicentrarchus labrax_G0 ; IA = 2 087 +/- 2 628 individus ; IB = 8 +/- 13 kg ; Occurrence = 8 %

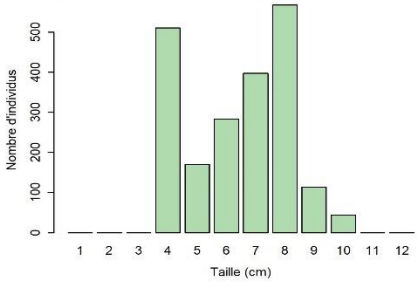
Abondances surfaciques (nb d'ind./km²)



Biomasses surfaciques (kg/km²)

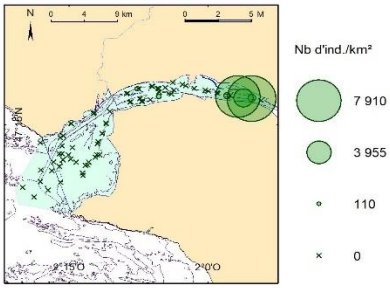


Distribution des tailles élevées sur l'ensemble du domaine échantillonné

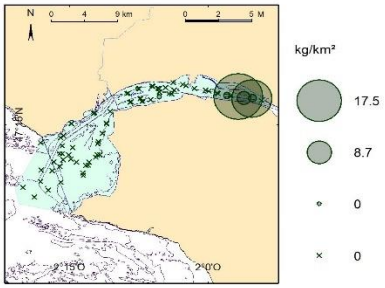


NOURDEM_LOIRE 2020 : Dicentrarchus labrax_G0 ; IA = 5 274 +/- 8 610 individus ; IB = 11 +/- 18 kg ; Occurrence = 9.21 %

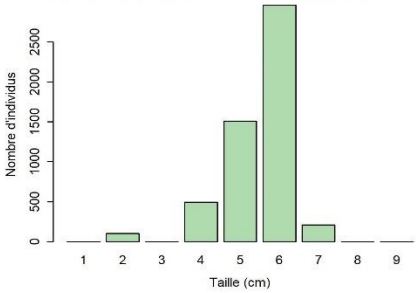
Abondances surfaciques (nb d'ind./km²)



Biomasses surfaciques (kg/km²)



Distribution des tailles élevées sur l'ensemble du domaine échantillonné



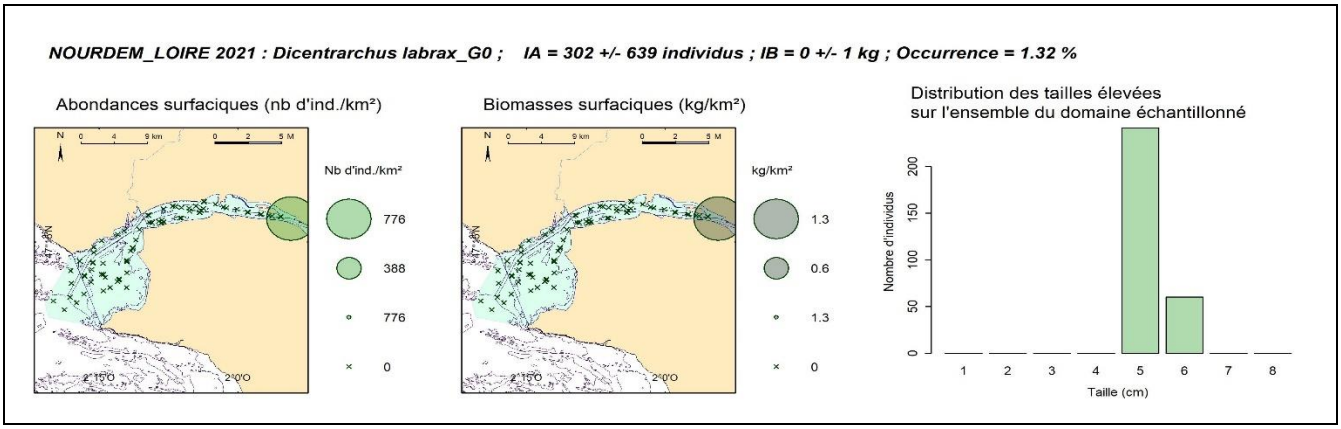


Figure 76 : Les bars européens du groupe 0 en estuaire de Loire : *densités surfaciques (en nombre d'individus par* ***km² ; script RSUFI****), biomasses surfaciques (en kg/km²) et distributions des tailles (élevées à l'ensemble du domaine* ***échantillonné) des juvéniles de bar européen Dicentrarchus labrax du groupe 0 obtenues dans le cadre des campagnes NourDem Loire entre 2017 et 2021 et Bargip Nourriceries en 2016.***

Les bars européens du groupe 1

Les bars du groupe 1 sont positionnés dans des secteurs légèrement plus aval et surtout un peu plus profonds (essentiellement sur les deux strates « estuaire central » et « estuaire amont », avec quelques captures sur l'amont de la strate « estuaire aval ») que ceux du groupe 0 (Figure 78). D'un point de vue théorique, ceci augmente leur vulnérabilité vis-à-vis du chalut NourDem et donc améliore la représentativité de leur échantillonnage. Ils demeurent néanmoins moins accessibles que les groupes 2, et leur échantillonnage ne peut pas être considéré comme pleinement satisfaisant. Leur occurrence moyenne de capture sur la période 2016-2021 a été de 38,1%, pour un indice moyen d'abondance de ≈ 121 900 individus et un indice moyen de biomasse de ≈ 5,5 tonnes (Tableau 22).

Année	IA RSUFI	Fourch. RSUFI	IA RSTRATI	Fourch. RSTRATI
2016	6 675	3 688	60 242	19 903
2017	19 497	15 445	20 679	10 289
2018	16 866	11 190	24 039	9 091
2019	682 899	319 938	642 279	329 507
2020	33 045	23 730	40 510	23 790
2021	20 462	20 369	22 764	15 044

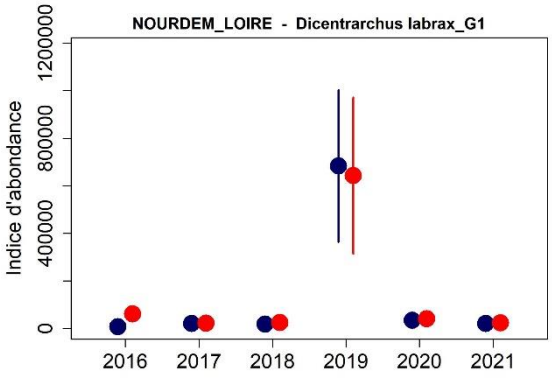


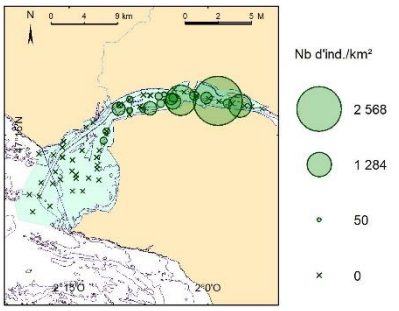
Figure 77 : Les bars européens Dicentrarchus labrax du groupe 1 ***en estuaire de Loire*** *: indices d'abondance (****IA,*** *en nombre d'individus) et* ***fourchettes*** *d'encadrement* ***(Fourch.)*** *au seuil d'erreur de 5% de ces* ***indices, calculés à partir des données de capture des campagnes NourDem Loire et Bargip Nourriceries entre 2016 et 2021. En bleu, indices RSUFI ; en rouge indices RSTRATI.***

L'année 2019 présente un indice d'abondance significativement supérieur à ceux de toutes les autres années du suivi (quel que soit le script utilisé ; Figure 77), ce qui est en cohérence avec l'indice élevé obtenu en 2018 pour les groupes 0. L'indice 2016 déterminé au moyen du script RSTRATI est significativement supérieur à ceux de 2017, 2018 et 2021. Celui de 2017 (année post-crue) est le plus faible de la série, significativement inférieur à tous les autres, sauf 2018.

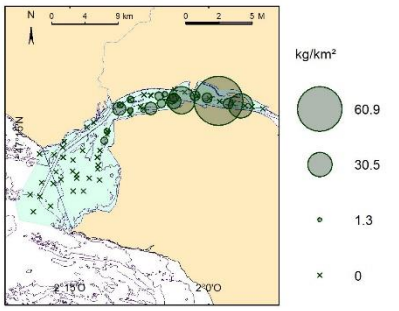
Les tailles des groupes 1 sont comprises entre 11 et 20 cm.

NOURDEM_LOIRE 2016 : Dicentrarchus labrax_G1 ; IA = 6 675 +/- 3 688 individus ; IB = 154 +/- 83 kg ; Occurrence = 28.77 %

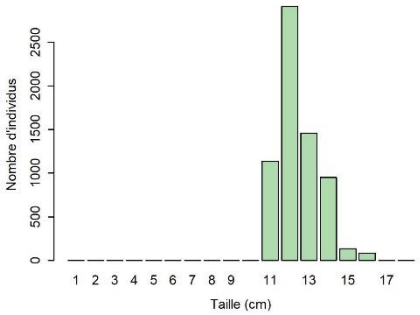
Abondances surfaciques (nb d'ind./km²)



Biomasses surfaciques (kg/km²)

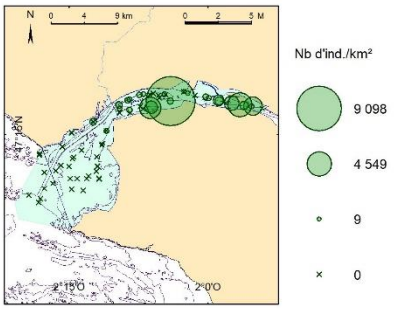


Distribution des tailles élevées sur l'ensemble du domaine échantillonné

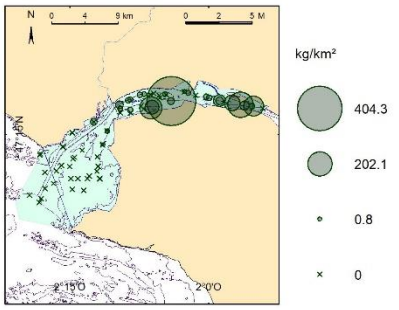


NOURDEM_LOIRE 2017 : Dicentrarchus labrax_G1 ; IA = 19 497 +/- 15 445 individus ; IB = 914 +/- 695 kg ; Occurrence = 33.78 %

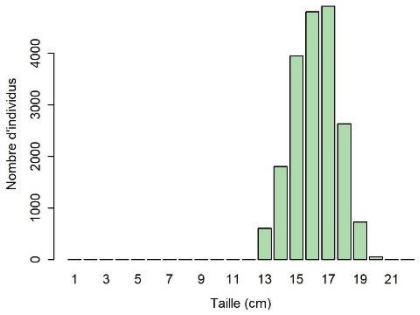
Abondances surfaciques (nb d'ind./km²)



Biomasses surfaciques (kg/km²)

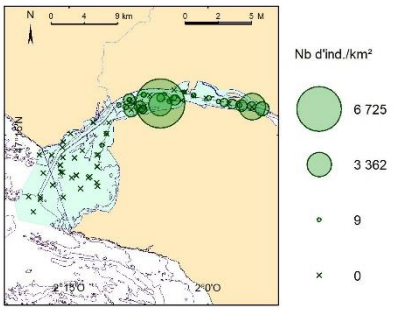


Distribution des tailles élevées sur l'ensemble du domaine échantillonné

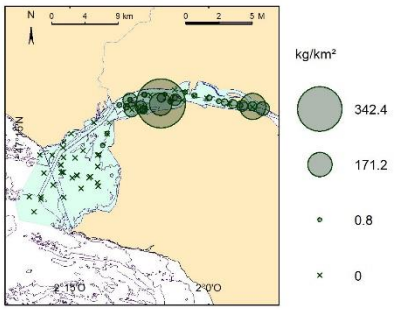


NOURDEM_LOIRE 2018 : Dicentrarchus labrax_G1 ; IA = 16 866 +/- 11 190 individus ; IB = 897 +/- 569 kg ; Occurrence = 40.26 %

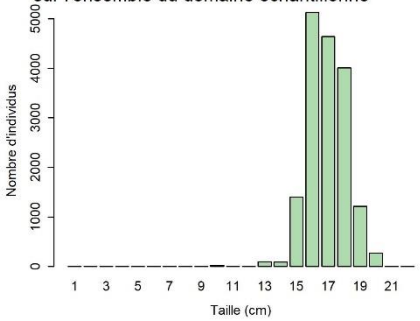
Abondances surfaciques (nb d'ind./km²)



Biomasses surfaciques (kg/km²)

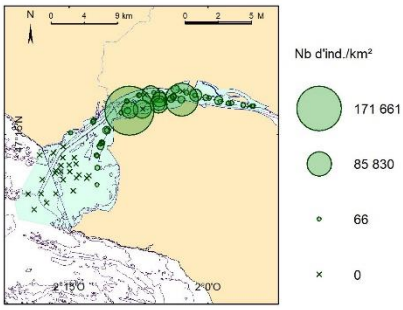


Distribution des tailles élevées sur l'ensemble du domaine échantillonné

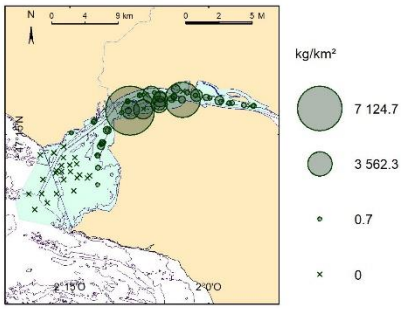


NOURDEM_LOIRE 2019 : Dicentrarchus labrax_G1 ; IA = 682 899 +/- 319 938 individus ; IB = 29 258 +/- 13 641 kg ; Occurrence = 62.67 %

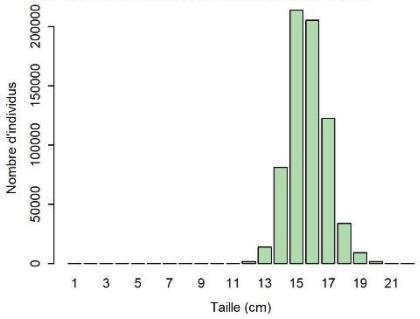
Abondances surfaciques (nb d'ind./km²)



Biomasses surfaciques (kg/km²)



Distribution des tailles élevées sur l'ensemble du domaine échantillonné



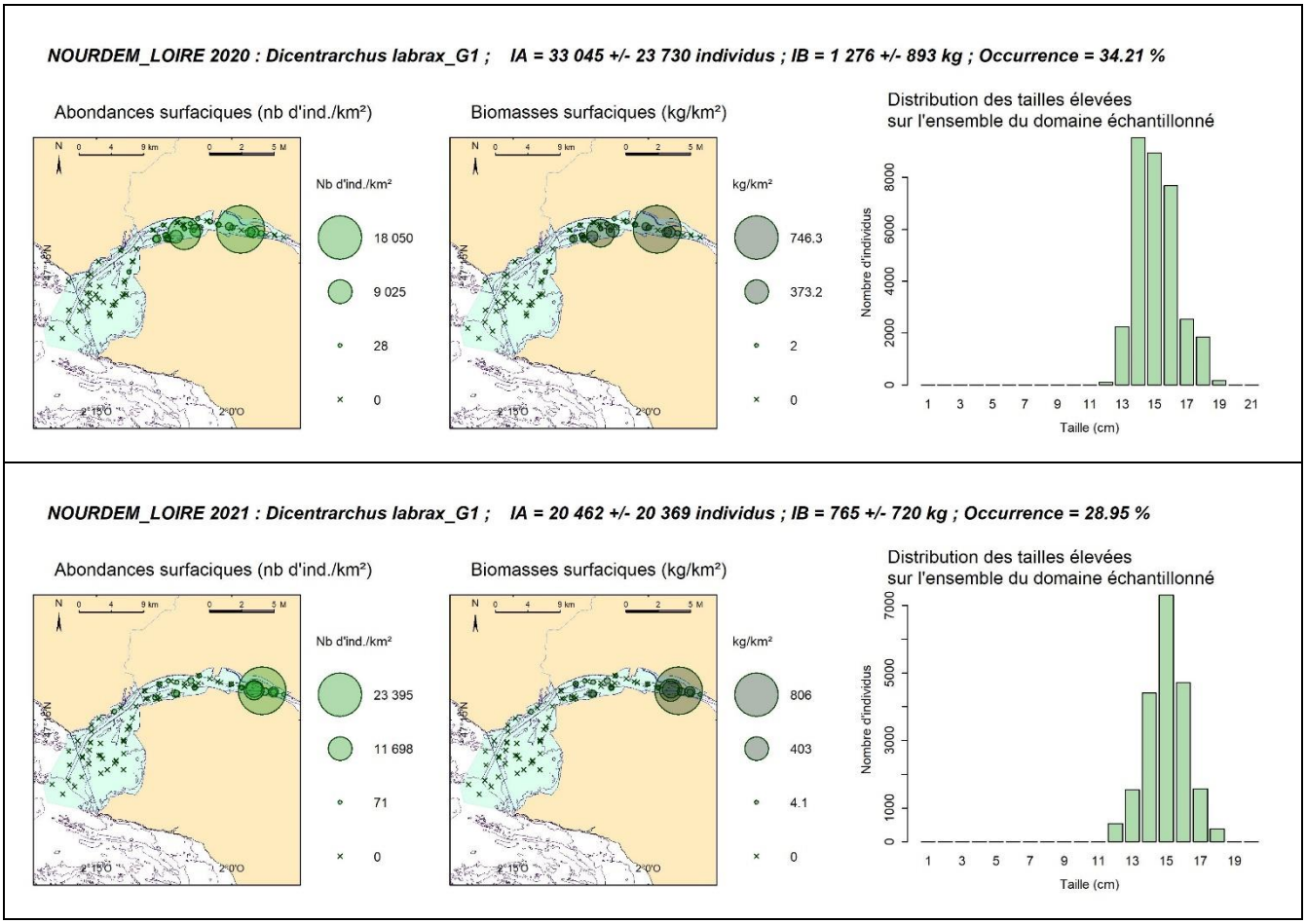


Figure 78 : Les bars européens du groupe 1 en estuaire de Loire : *densités surfaciques (en nombre d'individus par* ***km² ; script RSUFI****), biomasses surfaciques (en kg/km²) et distributions des tailles (élevées à l'ensemble du domaine* ***échantillonné) des juvéniles de bar européen Dicentrarchus labrax du groupe 1 obtenues dans le cadre des campagnes NourDem Loire entre 2017 et 2021 et Bargip Nourriceries en 2016.***

Les bars européens du groupe 2

Les bars du groupe 2 se tiennent dans des secteurs un peu plus profonds que ceux du groupe 1 et surtout que ceux du groupe 0, ce qui permet un bon échantillonnage de leur population (Figure 80). Ils colonisent l'intégralité de l'estuaire, depuis le zéro de salinité jusqu'à des salinités de 35 pour mille, avec des captures enregistrées bien en aval du pont de St Nazaire sur la strate « estuaire aval » (Cf. 2018, 2020 et 2021). Quelques captures ont même été enregistrées sur les traits les plus profonds, au sein de la strate « large » ; Cf. 2016, 2017, 2021), mais le centre de leur aire de distribution reste cependant principalement positionné sur les deux strates les plus amont (« estuaire central » et « estuaire amont ») et l'amont de la strate « estuaire aval ». L'amélioration de leur capturabilité, et l'augmentation de l'étendue de leur zone d'habitat au sein du domaine échantillonné, font que leurs occurrences de capture sont plus élevées que celles des deux groupes précédents, atteignent 70,03 % en moyenne sur la période 2016-2021 (Tableau 22). Leur indice moyen d'abondance a été de ≈ 57 500 individus pour un indice moyen de biomasse de 7,6 tonnes.

Année	IA RSUFI	Fourch. RSUFI	IA RSTRATI	Fourch. RSTRATI
2016	77 553	26 618	34 576	7 054
2017	16 353	5 841	32 113	9 014
2018	42 567	13 911	30 931	10 692
2019	115 626	47 146	76 174	27 915
2020	67 520	23 830	45 126	13 712
2021	25 626	16 536	22 829	10 180

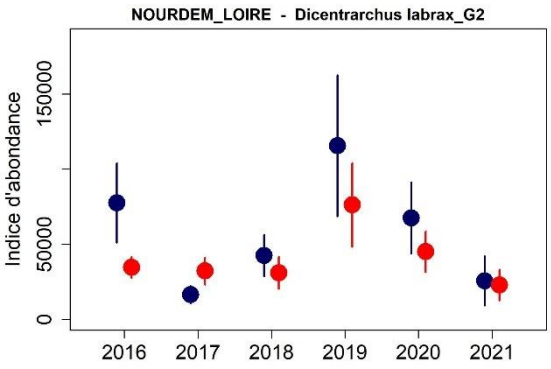
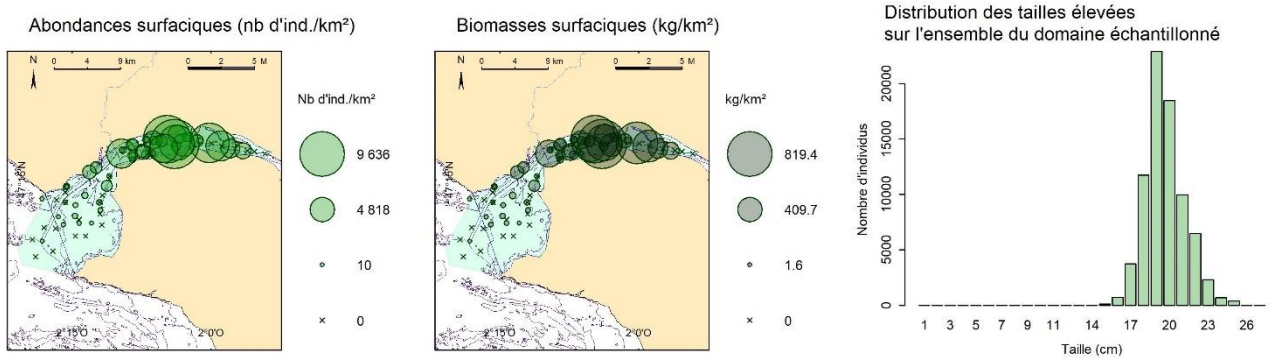


Figure 79 : Les bars européens ***Dicentrarchus labrax*** du groupe 2 ***en estuaire de Loire :*** *indices d'abondance (**IA, en nombre** d'individus) et fourchettes d'encadrement **(Fourch.)** au seuil d'erreur **de 5% de ces indices, calculés à partir des données de capture des campagnes NourDem Loire et Bargip Nourriceries entre 2016 et 2021. En bleu, indices RSUFI ; en rouge indices RSTRATI.***

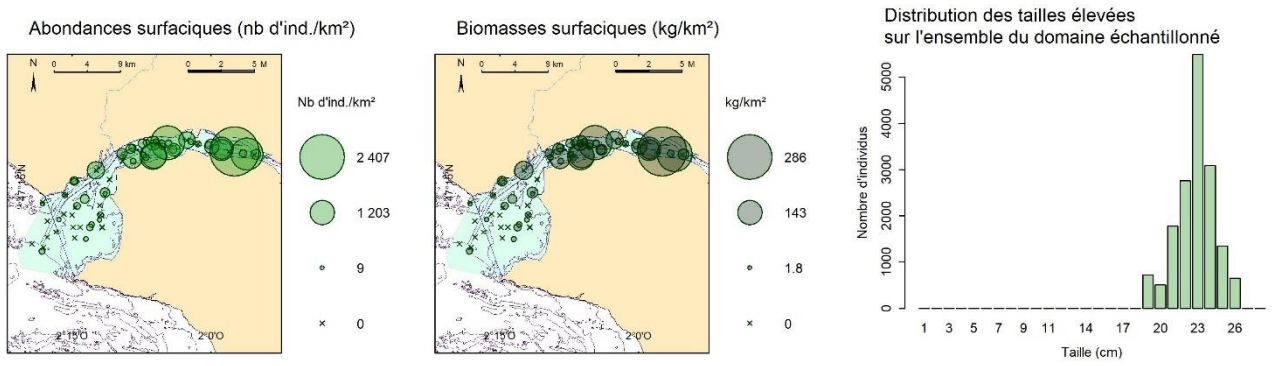
Si l'on s'en tient aux indices produits au moyen du script RSTRATI, l'indice d'abondance de l'année 2019 est significativement supérieur à ceux des années 2016, 2017, 2018 et 2021 (pas de différence avec celui de l'année 2020). Il n'y a pas d'autres différences interannuelles significatives. Notons également que la cohorte de l'année 2018 (groupes 2 capturés en 2020) n'apparait plus comme la plus abondante de la série.

Les tailles de capture des bars européens du groupe 2 ont été comprises entre 18 et 29 cm.

NOURDEM_LOIRE 2016 : Dicentrarchus labrax_G2 ; IA = 77 553 +/- 26 618 individus ; IB = 6 698 +/- 2 247 kg ; Occurrence = 67.12 %



NOURDEM_LOIRE 2017 : Dicentrarchus labrax_G2 ; IA = 16 353 +/- 5 841 individus ; IB = 2 104 +/- 750 kg ; Occurrence = 64.86 %



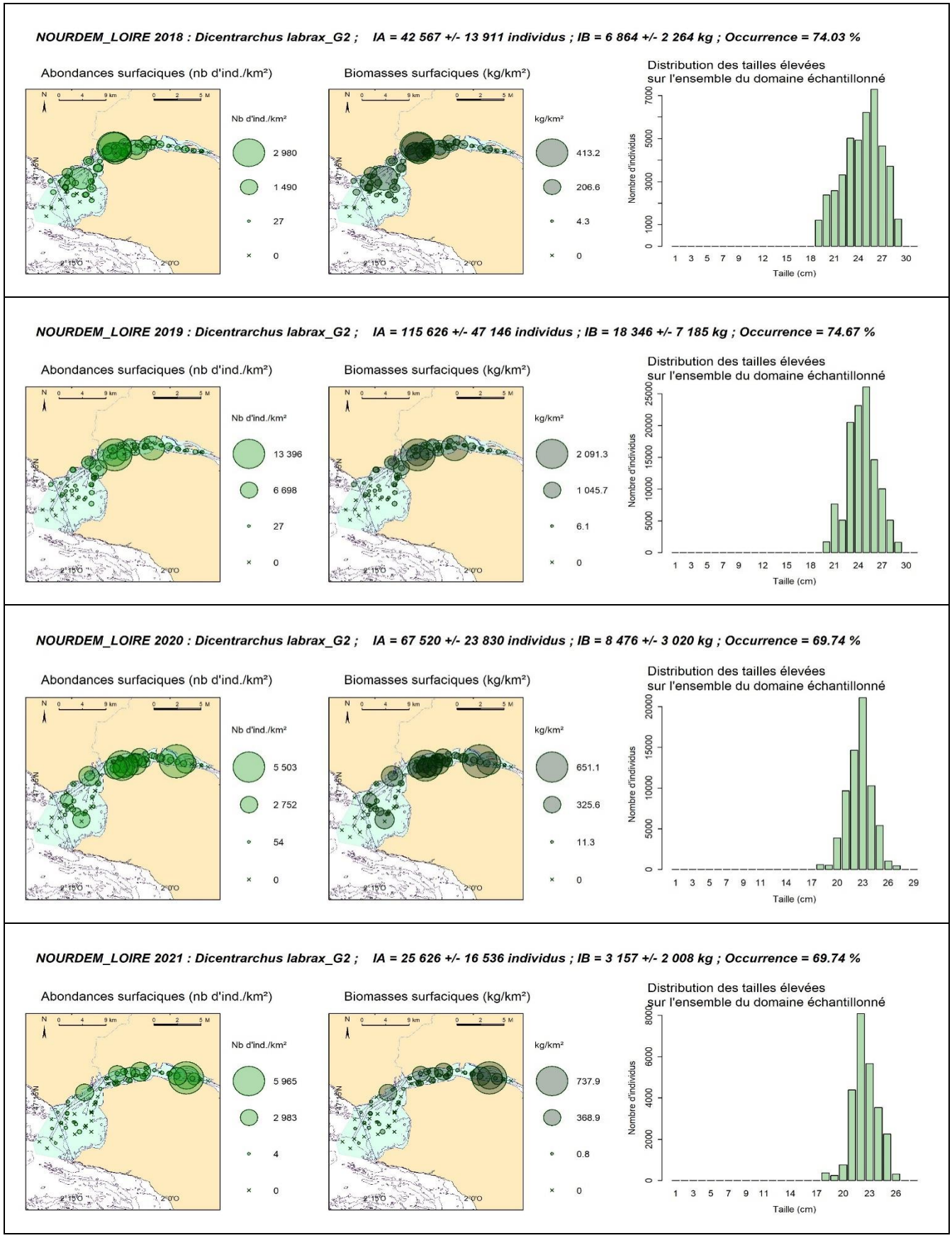


Figure 80 : Les bars européens du groupe 2 en estuaire de Loire : *densités surfaciques (en nombre d'individus par* ***km² ; script RSUFI****), biomasses surfaciques (en kg/km²) et distributions des tailles (élevées à l'ensemble du domaine* ***échantillonné) des juvéniles de bar européen Dicentrarchus labrax du groupe 2 obtenues dans le cadre des campagnes NourDem Loire entre 2017 et 2021 et Bargip Nourriceries en 2016.***

Les bars européens des groupes 3 et plus

Les bars des groupes 3 et plus colonisent intégralement l'estuaire (Figure 82), et sont capturés du trait le plus amont au trait le plus aval, sans qu'une zone préférentielle de présence puisse être clairement distinguée. Les occurrences annuelles de capture sont systématiquement supérieures à 70%, et, en moyenne sur la période 2016/2021, cette occurrence a été de 78,6 % (Tableau 22). L'indice moyen d'abondance s'est élevé à ≈ 61 000 individus et l'indice moyen de biomasse à 27,7 tonnes.

Année	IA RSUFI	Fourch. RSUFI	IA RSTRATI	Fourch. RSTRATI
2016	44 490	12 405	26 146	4 848
2017	67 232	17 860	43 885	9 412
2018	87 894	36 917	73 201	12 193
2019	68 284	24 741	60 940	15 283
2020	22 649	7 257	19 756	4 737
2021	75 923	22 644	64 048	12 992

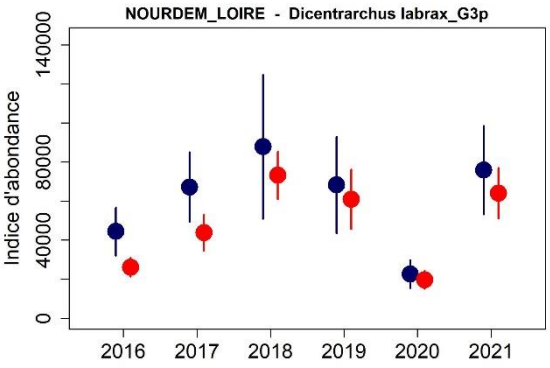
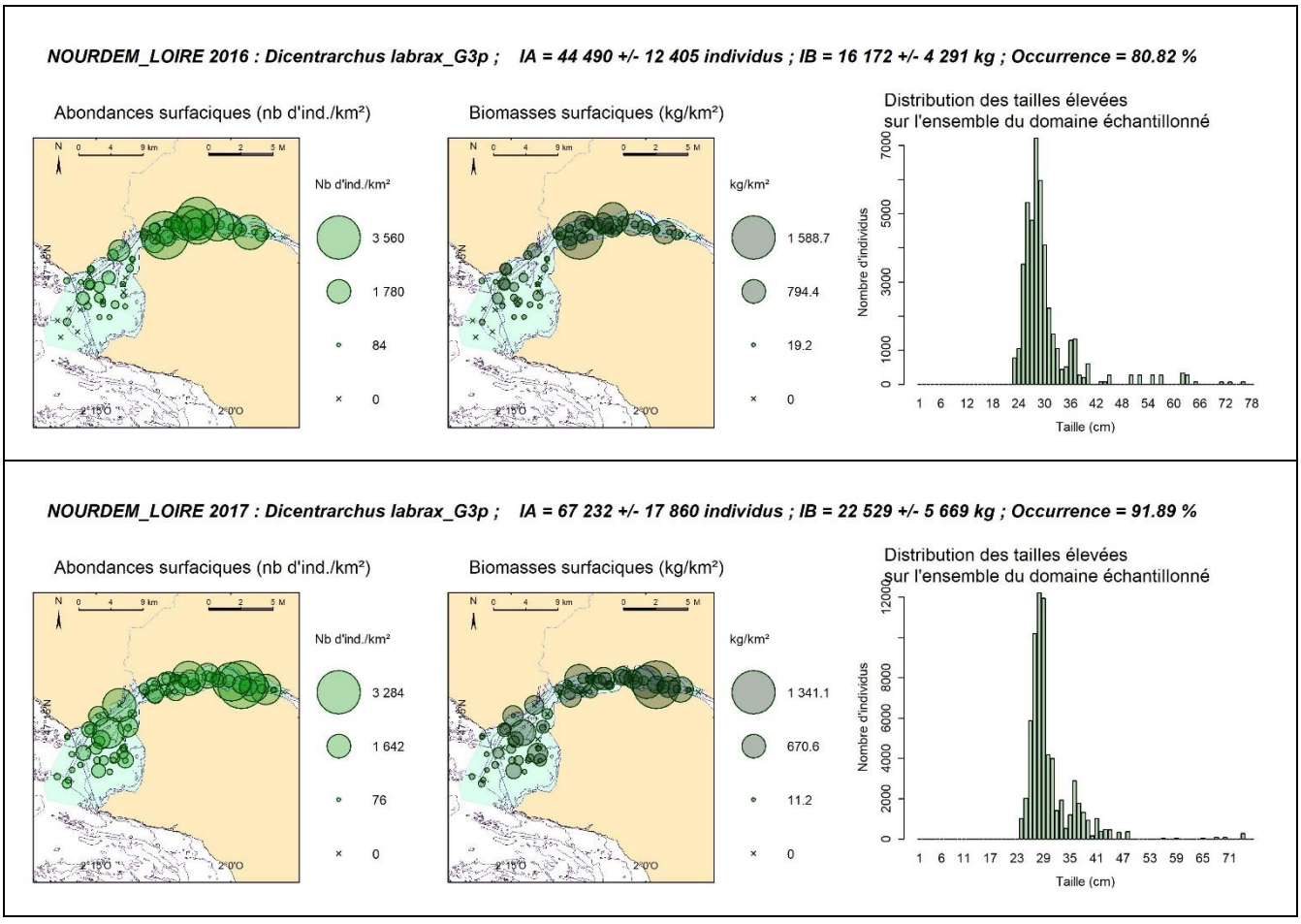


Figure 81 : Les bars européens Dicentrarchus labrax des groupes 3 et plus en estuaire de Loire** : indices d'abondance **(IA,** en nombre d'individus) et fourchettes d'encad**rement (Fourch.)** au seuil d'erreur de 5% de ces indices, calculés à **partir des données de capture des campagnes NourDem Loire et Bargip Nourriceries entre 2016 et 2021. En bleu, indices RSUFI ; en rouge indices RSTRATI.

Si l'on s'en tient aux indices d'abondance déterminés au moyen du script RSTRATI, l'abondance de l'année 2020 a été significativement inférieure à celles des années 2017, 2018, 2019 et 2021, et celle de l'année 2017 a été significativement inférieure à celles des années 2018, 2019 et 2021 (Figure 81). 2018 a été l'année de plus forte abondance, significativement supérieure à celle des années 2016, 2017 et 2020.

Les tailles ont été comprises entre 23 et 87 cm.



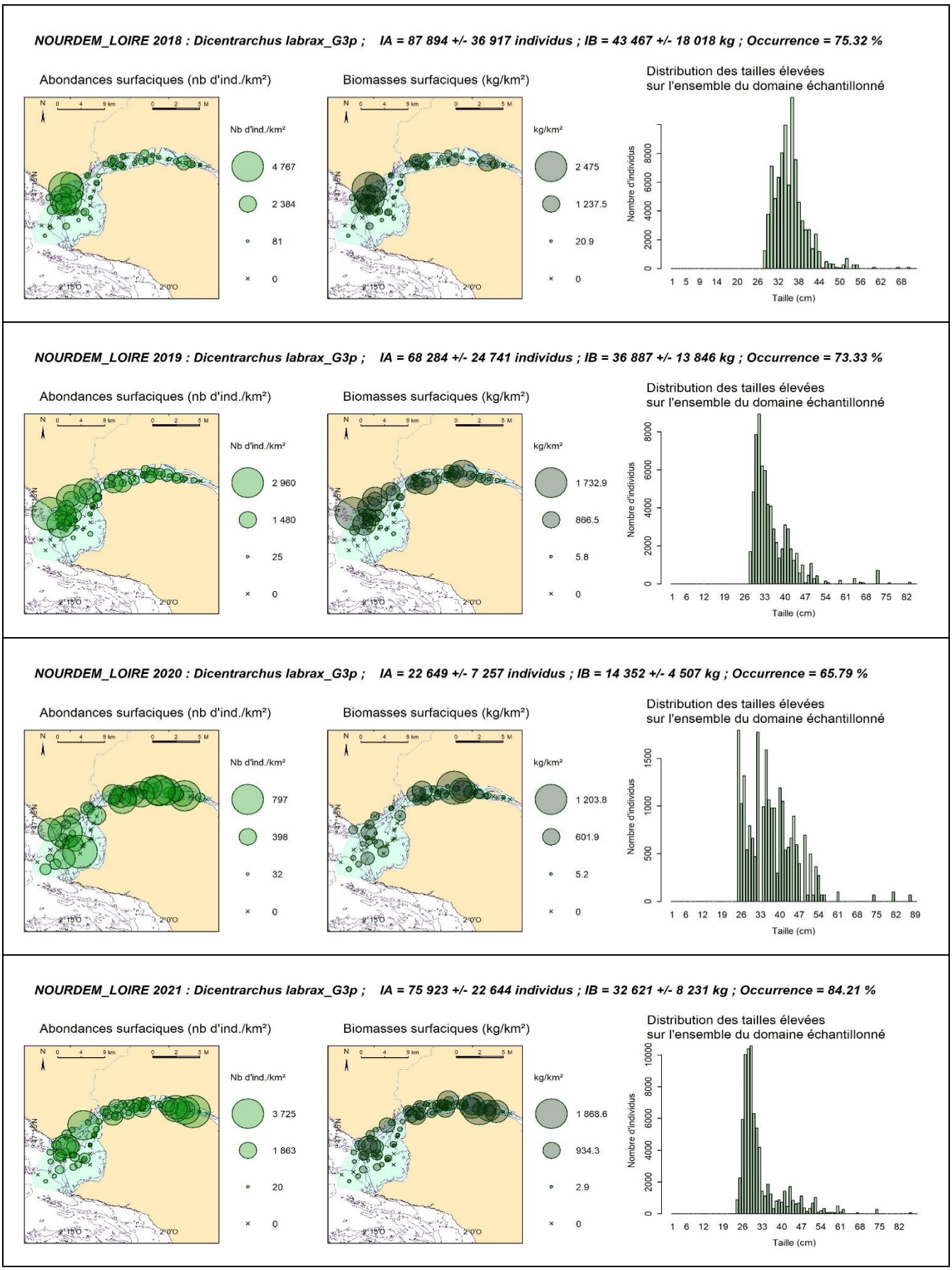


Figure 82 : Les bars européens des groupes 3 et plus en estuaire de Loire : densités surfaciques (en nombre** d'individus par km² **; script RSUFI), biomasses surfaciques (en kg/km²) et distributions des tailles (élevées à** l'ensemble du domaine échantillonné) des bar**s européens Dicentrarchus labrax des groupes 3+ obtenues dans le cadre des campagnes NourDem Loire entre 2017 et 2021 et Bargip Nourriceries en 2016.

La Figure 83 présente les captures par traits moyennées sur la période 2016-2021, ce qui permet de proposer une cartographie synthétique des zone préférentielles de présence des différents groupes d'âge. Plus encore qu'en estuaire de Seine, cette figure montre que les juvéniles de bars du groupe 0 se tiennent dans les secteurs les plus amont du domaine, et qu'avec l'âge, ils tendent à coloniser de plus en plus l'ensemble du domaine, à gagner des secteurs plus profonds et plus aval, pour finir à être capturés sur la totalité des traits à partir du groupe 3.

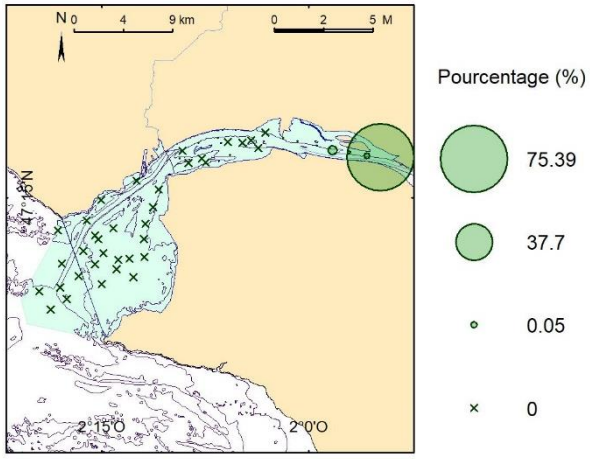
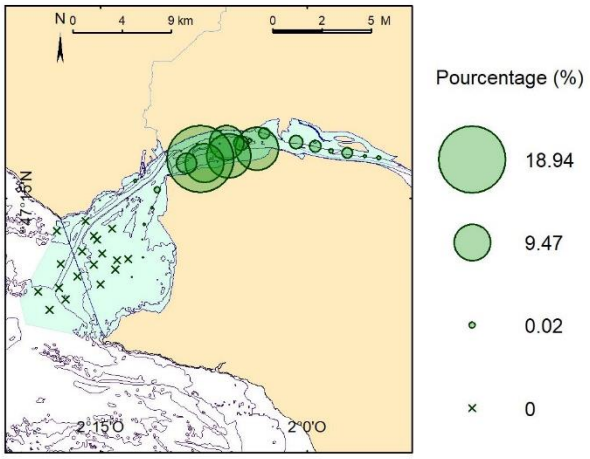
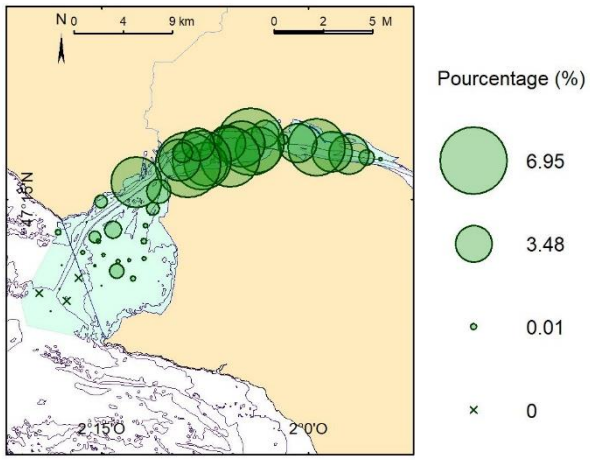
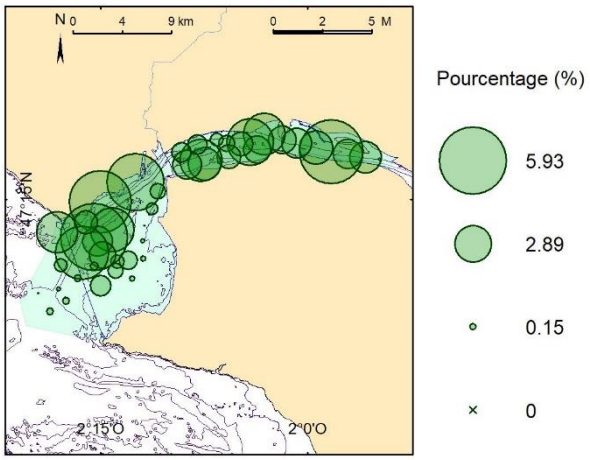
Bars européens du groupe 0	***Bars européens du groupe 1***
	
Bars européens du groupe 2	***Bars européens des groupes 3 et plus***
	

Figure 83 : Les bars européens en estuaire de Loire : moyennes, sur la période 2016-2021, des captures par *traits (exprimées en pourcentage du nombre total moyen d'individus capturés) des bars européens Dicentrarchus labrax des groupes d'âge 0, 1, 2, et 3+ ; données N****ourDem (2017-2021) et Bargip Nourriceries (2016).***

4.2.5 La sole commune Solea solea

La sole commune *Solea solea* est la seconde espèce la plus occurrente dans les captures des campagnes « NourDem Loire » / « Bargip Nourriceries » entre 2016 et 2021. Tout comme le bar européen, cette espèce se développe les premières années de sa vie au sein de nourriceries côtières et plus particulièrement estuariennes, dont celle que constitue l'estuaire de la Loire. Globalement, toutes classes d'âge confondue, l'occurrence moyenne des captures des soles communes a été de 79,4%, avec un indice moyen d'abondance de ≈ 380 000 individus pour un indice moyen de biomasse de 17,4 tonnes (Tableau 22 ; poids moyen individuel de 45 grammes).

Du fait de l'importance économique de l'espèce et de son utilisation de l'estuaire en tant que nourricerie, il a paru intéressant de distinguer les premières classes d'âge. Les densités surfaciques, en abondance et en biomasse, ainsi que les distributions des tailles pour les groupes 0, 1 et 2+ sont données dans les paragraphes suivants.

Les soles communes du groupe 0

Depuis le début du suivi, les captures (et les IA) des soles du groupe 0 apparaissent fortement variables, et sont inférieures à celles des soles du groupe 1 l'année suivante. A titre d'exemple, nous n'avons enregistré aucune capture de G0 en 2016 ; (Figure 84) ; alors que l'indice d'abondance de cette même cohorte en 2017 (i.e. les soles G1 de 2017) est de 239 302 +/- 83 109 individus (Figure 86). La forte crue de 2016 pourrait expliquer cela.

Les jeunes soles du groupe 0, tout comme les jeunes bars européens du même groupe d'âge, se cantonnent principalement dans les secteurs les plus amont (exclusivement sur les deux strates « estuaire amont » et « estuaire central » ; Figure 85 ; ceci diffère de ce que l'o), et les moins profonds de l'estuaire. Elles sont de ce fait mal échantillonnées au chalut (faible accessibilité générant une faible vulnérabilité), et leurs indices d'abondance sont peu fiables, à utiliser avec précaution.

Nous pouvons simplement constater qu'en moyenne, depuis le début du suivi, l'occurrence de capture de ces individus du groupe 0 s'est élevée à 26,2 %, l'indice d'abondance à ≈ 75 000 individus et l'indice de biomasse à 219 kg (Tableau 22). Les tailles de capture ont été comprises entre 4 et 10 cm.

Année	IA RSUFI	Fourch. RSUFI	IA RSTRATI	Fourch. RSTRATI
2016	0	0	0	0
2017	103 788	194 283	117 314	141 841
2018	169 955	152 032	183 449	140 151
2019	35 404	20 146	35 823	11 681
2020	46 798	44 493	65 566	17 995
2021	96 076	81 463	105 787	30 358

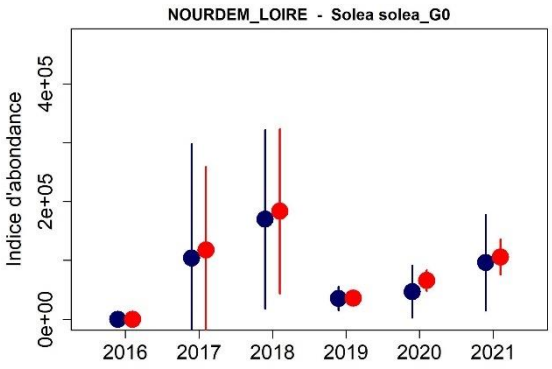
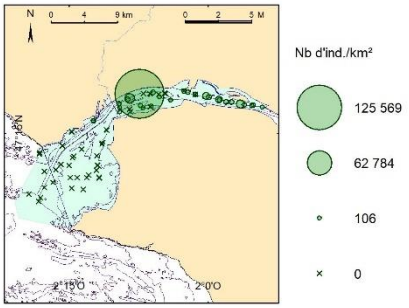


Figure 84 : Les soles communes Solea solea du groupe 0 en estuaire de Loire** : indices d'abondance (**IA, en nombre** d'individus) et fourchettes d'encadrement **(Fourch.) au seuil** d'erreur de 5% de ces indices, calculés à partir des données de **capture des campagnes NourDem Loire et Bargip Nourriceries entre 2016 et 2021. En bleu, indices RSUFI ; en rouge indices RSTRATI.

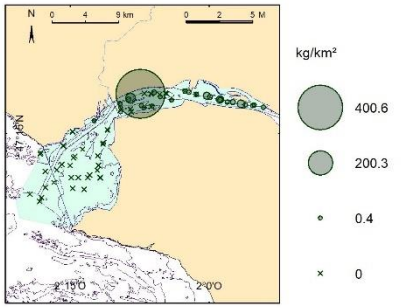
Sole commune *Solea solea* du groupe 0 : pas de capture à l'occasion de la campagne NourDem Loire de 2016

NOURDEM_LOIRE 2017 : Solea solea_G0 ; IA = 103 788 +/- 194 283 individus ; IB = 334 +/- 620 kg ; Occurrence = 39.19 %

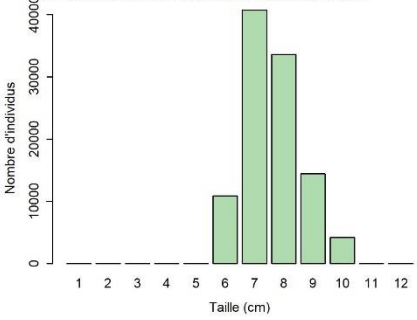
Abondances surfaciques (nb d'ind./km²)



Biomasses surfaciques (kg/km²)

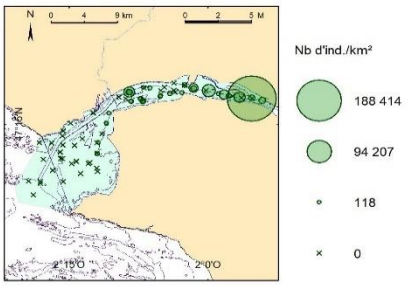


Distribution des tailles élevées sur l'ensemble du domaine échantillonné

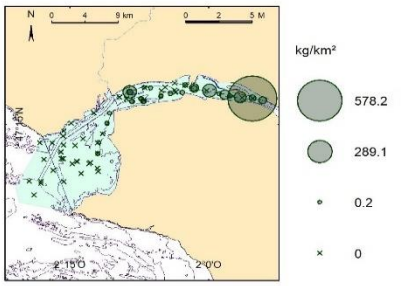


NOURDEM_LOIRE 2018 : Solea solea_G0 ; IA = 169 955 +/- 152 032 individus ; IB = 569 +/- 484 kg ; Occurrence = 40.26 %

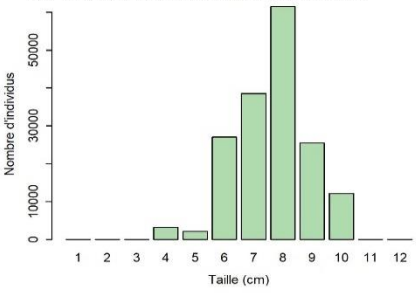
Abondances surfaciques (nb d'ind./km²)



Biomasses surfaciques (kg/km²)

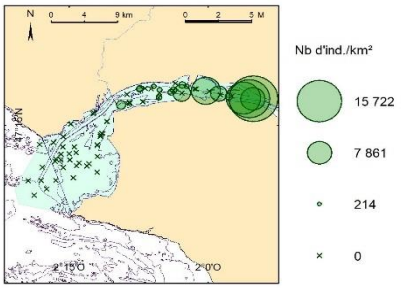


Distribution des tailles élevées sur l'ensemble du domaine échantillonné

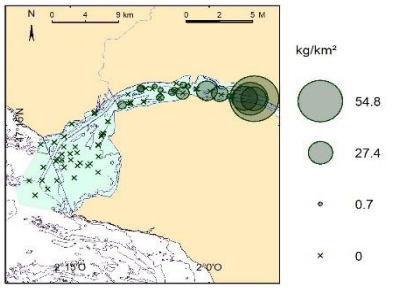


NOURDEM_LOIRE 2019 : Solea solea_G0 ; IA = 35 404 +/- 20 146 individus ; IB = 109 +/- 62 kg ; Occurrence = 24 %

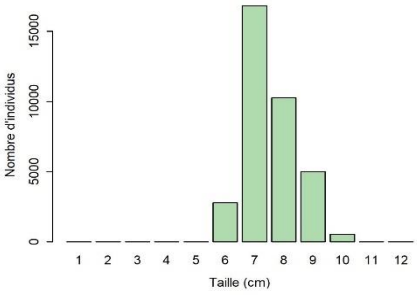
Abondances surfaciques (nb d'ind./km²)



Biomasses surfaciques (kg/km²)

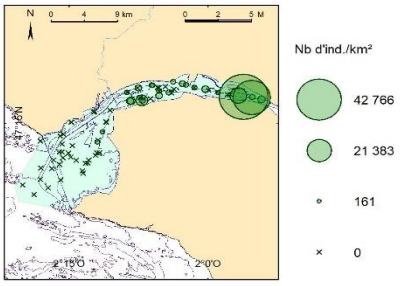


Distribution des tailles élevées sur l'ensemble du domaine échantillonné

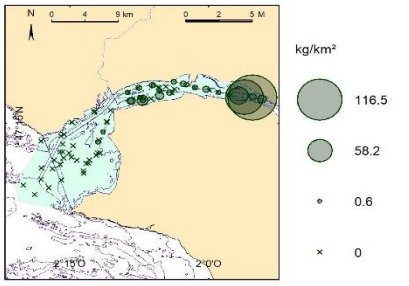


NOURDEM_LOIRE 2020 : Solea solea_G0 ; IA = 46 798 +/- 44 493 individus ; IB = 133 +/- 121 kg ; Occurrence = 32.89 %

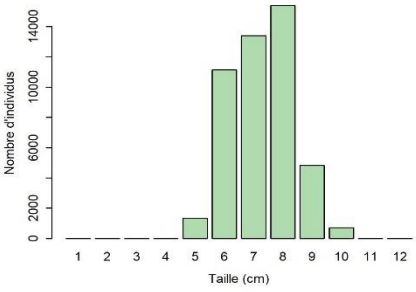
Abondances surfaciques (nb d'ind./km²)



Biomasses surfaciques (kg/km²)



Distribution des tailles élevées sur l'ensemble du domaine échantillonné



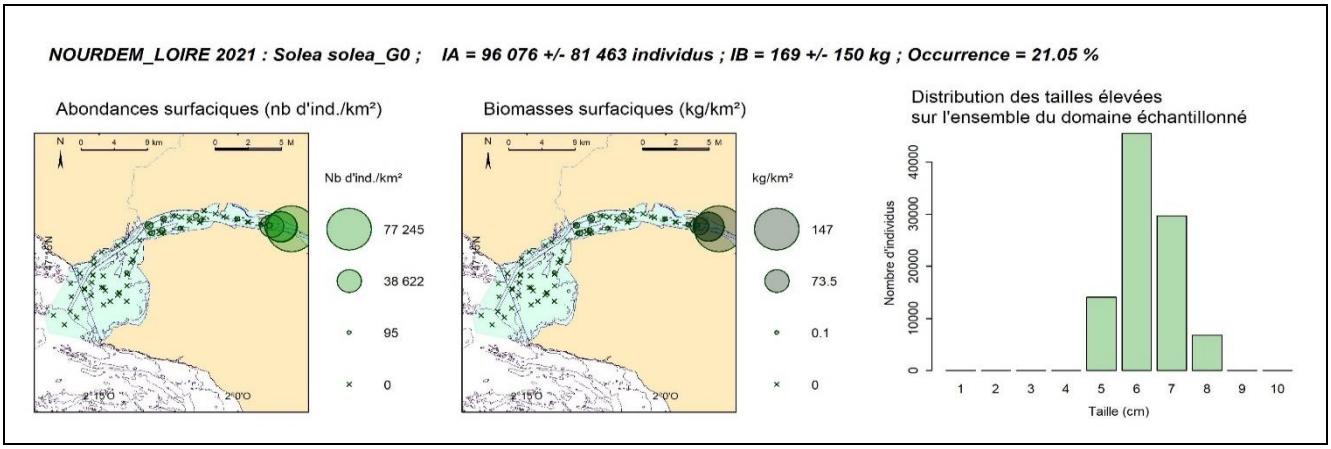


Figure 85 : Les soles communes du groupe 0 en estuaire de Loire : densités surfaciques (en nombre** d'individus par **km² ; script RSUFI**), biomasses surfaciques (en kg/km²) et distributions des tailles (élevées à l'ensemble du domaine **échantillonné) des juvéniles de sole commune Solea solea du groupe 0 obtenues dans le cadre des campagnes NourDem Loire entre 2017 et 2021 et Bargip Nourriceries en 2016.

Les soles communes du groupe 1

Les soles communes du groupe 1 ont moins tendance que celles du groupe 0 à se situer dans les secteurs les plus amont, les plus dessalés et les moins profonds. Elles commencent à gagner des zones un peu plus profondes, un peu plus aval, et les maximums de densités surfaciques (ou de biomasses) sont obtenus sur la strate « estuaire central », suivie de la strate « estuaire amont » (Figure 87). On enregistre même quelques rares captures sur les strates « estuaire aval » et « profond ». Ce déplacement vers des secteurs un peu plus profonds augmente leur accessibilité au moyen d'un chalut, et donc la représentativité de l'échantillonnage : les indices d'abondance ou de biomasse produits sont plus fiables, plus représentatifs de la population en place.

Depuis le début des campagnes, l'occurrence moyenne de capture des soles du groupe 1 s'est élevée à 74,1 %, l'indice moyen d'abondance à ≈271 700 individus et l'indice moyen de biomasse à ≈ 10,6 tonnes.

Année	IA RSUFI	Fourch. RSUFI	IA RSTRATI	Fourch. RSTRATI
2016	78 827	83 494	75 500	34 749
2017	205 008	163 192	239 302	83 109
2018	252 781	88 753	281 824	84 341
2019	380 002	139 099	359 123	106 633
2020	264 401	87 202	297 927	59 058
2021	449 130	199 599	403 356	90 750

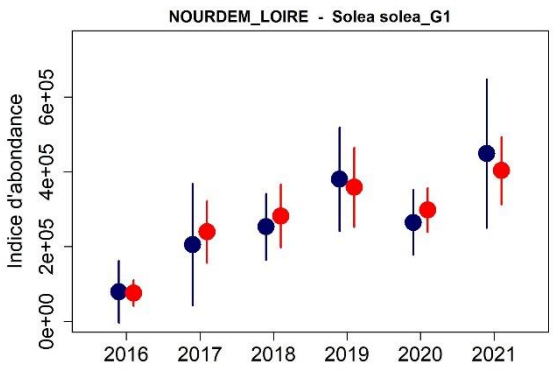


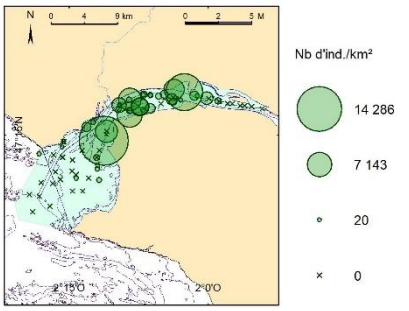
Figure 86 : Les soles communes Solea solea du groupe 1 en estuaire de Loire** : indices d'abondance (**IA, en nombre** d'individus) et fourchettes d'encadrement **(Fourch.) au seuil** d'erreur de 5% de ces indices, calculés à partir des données de **capture des campagnes NourDem Loire et Bargip Nourriceries entre 2016 et 2021. En bleu, indices RSUFI ; en rouge indices RSTRATI.

Les indices d'abondance annuels semblent orientés à la hausse (Figure 86), l'indice RSTRATI de 2021 (403 356 +/- 90 750 individus) étant significativement supérieur à celui de 2016 (75 500 +/- 34 749 individus ; L'indice RSTRATI de 2016 est d'ailleurs significativement inferieur à tous les autres ; pas d'autres différences significatives interannuelles d'abondance).

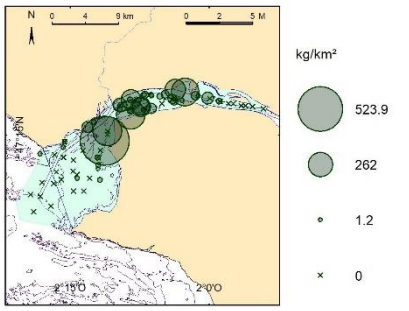
Les tailles de capture ont été comprises entre 10 et 22 cm.

NOURDEM_LOIRE 2016 : Solea solea_G1 ; IA = 78 827 +/- 83 494 individus ; IB = 3 028 +/- 3 239 kg ; Occurrence = 53.42 %

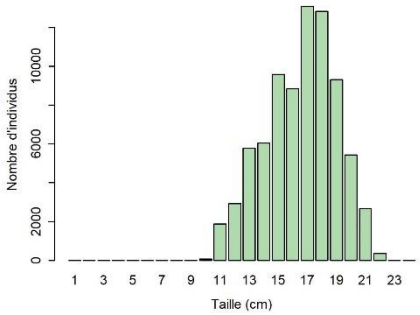
Abondances surfaciques (nb d'ind./km²)



Biomasses surfaciques (kg/km²)

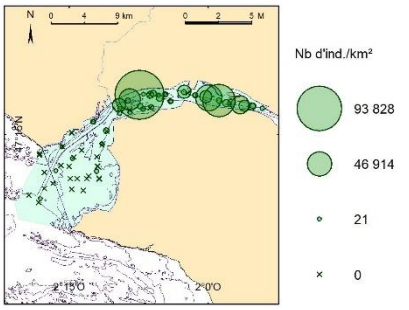


Distribution des tailles élevées sur l'ensemble du domaine échantillonné

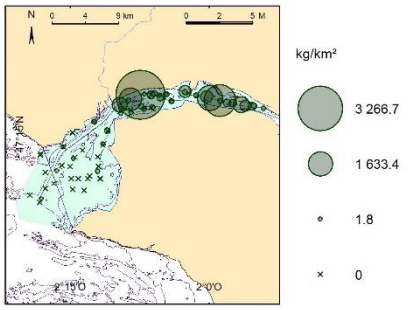


NOURDEM_LOIRE 2017 : Solea solea_G1 ; IA = 205 008 +/- 163 192 individus ; IB = 7 145 +/- 5 710 kg ; Occurrence = 58.11 %

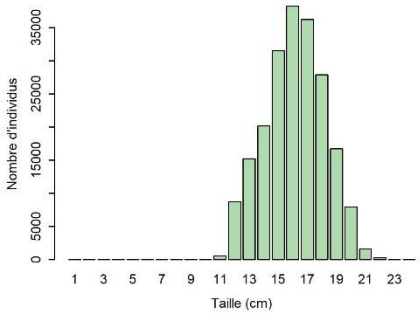
Abondances surfaciques (nb d'ind./km²)



Biomasses surfaciques (kg/km²)

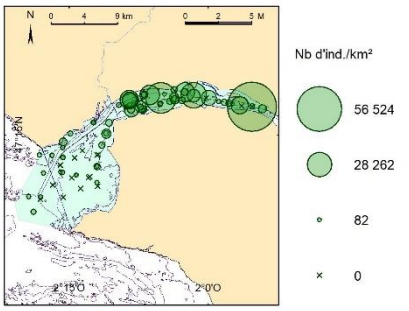


Distribution des tailles élevées sur l'ensemble du domaine échantillonné

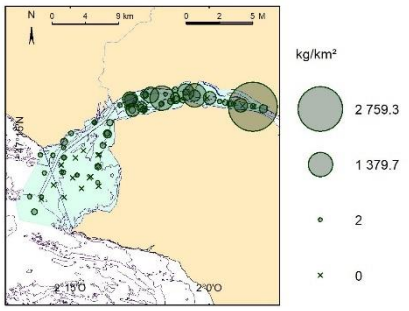


NOURDEM_LOIRE 2018 : Solea solea_G1 ; IA = 252 781 +/- 88 753 individus ; IB = 10 738 +/- 3 781 kg ; Occurrence = 77.92 %

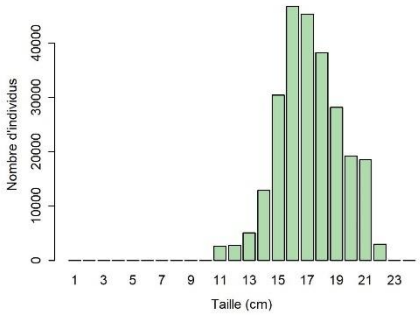
Abondances surfaciques (nb d'ind./km²)



Biomasses surfaciques (kg/km²)

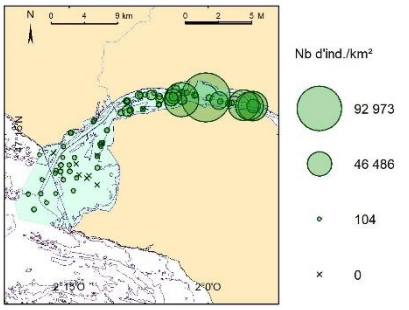


Distribution des tailles élevées sur l'ensemble du domaine échantillonné

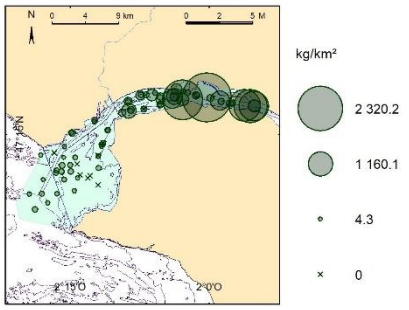


NOURDEM_LOIRE 2019 : Solea solea_G1 ; IA = 380 002 +/- 139 099 individus ; IB = 12 769 +/- 3 962 kg ; Occurrence = 88 %

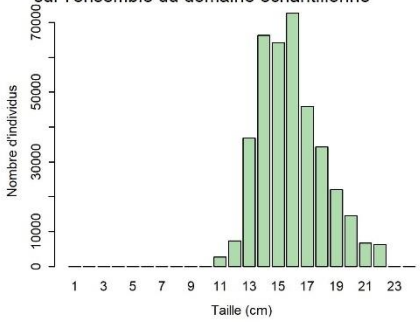
Abondances surfaciques (nb d'ind./km²)



Biomasses surfaciques (kg/km²)



Distribution des tailles élevées sur l'ensemble du domaine échantillonné



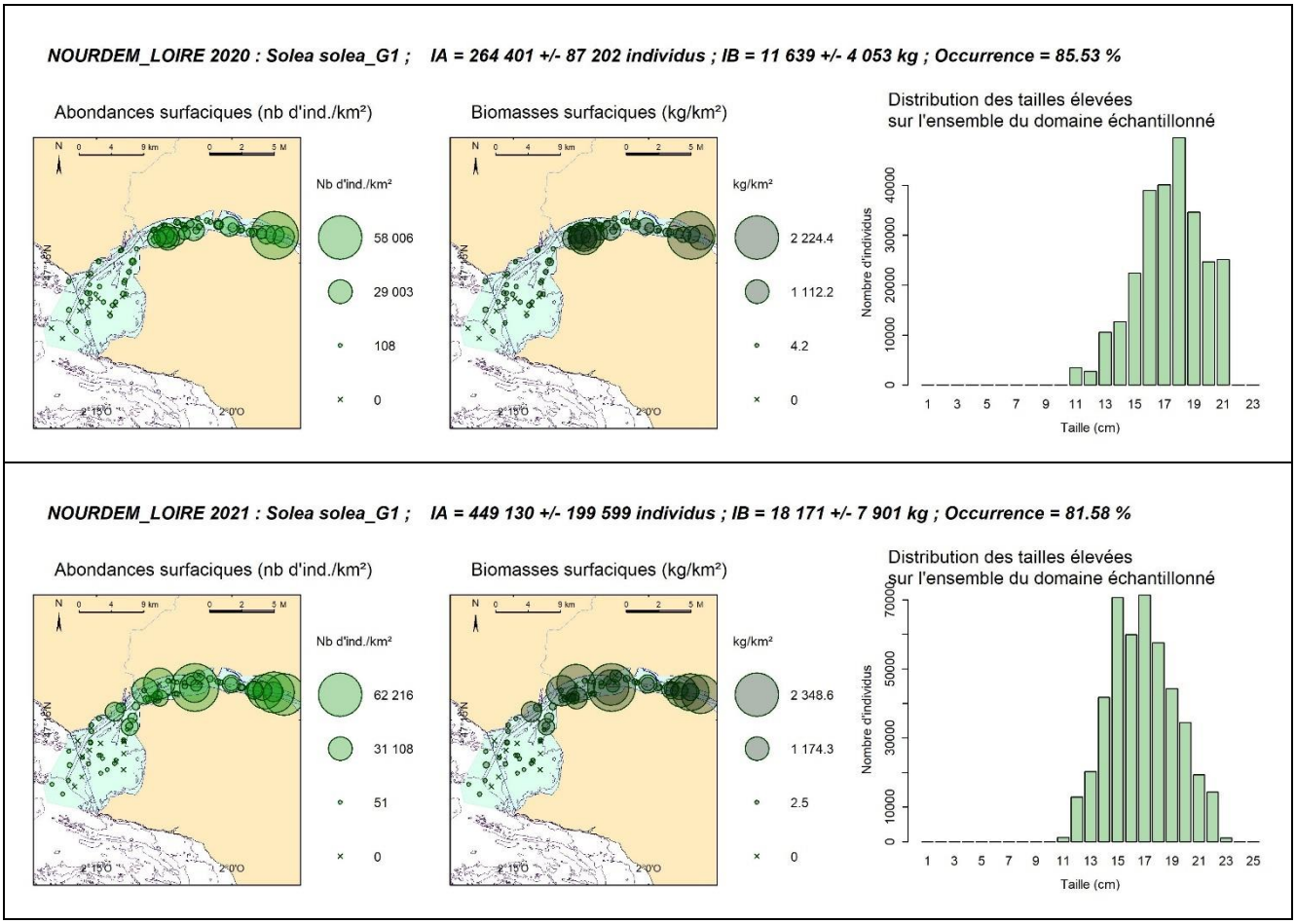


Figure 87 : Les soles communes du groupe 1 en estuaire de Loire : *densités surfaciques (en nombre d'individus par* ***km² ; script RSUFI), biomasses surfaciques (en kg/km²) et distributions des tailles (élevées à*** *l'ensemble du domaine* ***échantillonné) des juvéniles de sole commune Solea solea du groupe 1 obtenues dans le cadre des campagnes NourDem Loire entre 2017 et 2021 et Bargip Nourriceries en 2016.***

Les soles communes des groupes 2 et plus

Les soles communes des groupes 2 et plus sont majoritairement capturées sur les deux strates du centre du domaine échantillonné : « estuaire central » « et estuaire aval » (Figure 89). Des captures, en faibles quantités sont également encore enregistrées dans la strate la plus amont, jusqu'au zéro de salinité (strate « estuaire amont »), mais aussi sur les traits les plus aval, les plus marins de la strate « profond ». Le domaine échantillonné est donc colonisé dans son intégralité, ce qui pourrait marquer la fin du rôle de l'estuaire en tant que nourricerie à proprement parler à partir l'âge 2 chez cette espèce. Ceci serait en adéquation avec la forte baisse des indices d'abondance entre les groupes 1 et 2, les groupes 2 n'utilisant plus l'estuaire que comme une zone côtière comme une autre, en ayant colonisé l'ensemble des espaces côtiers adjacents[14].

L'occurrence moyenne de capture de ces individus des groupes 2 et plus sur la période 2016-2021 a été de 47,85 %, l'indice moyen d'abondance s'élevant à ≈ 33 400 individus pour un indice moyen de biomasse de ≈ 6,6 tonnes (Tableau 22). Les indices d'abondance annuels semblent orientés à la hausse (conformément à

[14] Il ne s'agit que d'une hypothèse car il serait également possible que les capacités d'enfouissement des soles de plus grande taille génèrent une baisse de leur vulnérabilité vis-à-vis de notre chalut qui ne creuserait pas suffisamment pour les désenfouir.

ceux obtenus pour les groupes 0 et 1), l'indice (RSTRATI) de 2021 étant significativement supérieur à ceux des années précédentes.

Les tailles de capture se sont échelonnées entre 20 et 49 cm.

Année	IA RSUFI	Fourch. RSUFI	IA RSTRATI	Fourch. RSTRATI
2016	21 414	25 951	7 555	6 382
2017	8 047	4 288	2 195	1 498
2018	14 883	6 014	8 611	3 607
2019	30 370	11 247	14 568	5 320
2020	47 282	22 038	11 533	4 002
2021	78 474	29 719	70 567	22 820

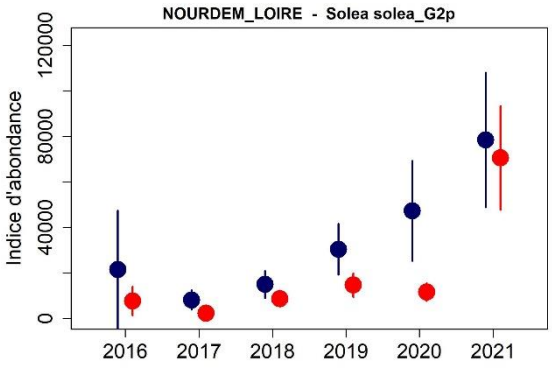
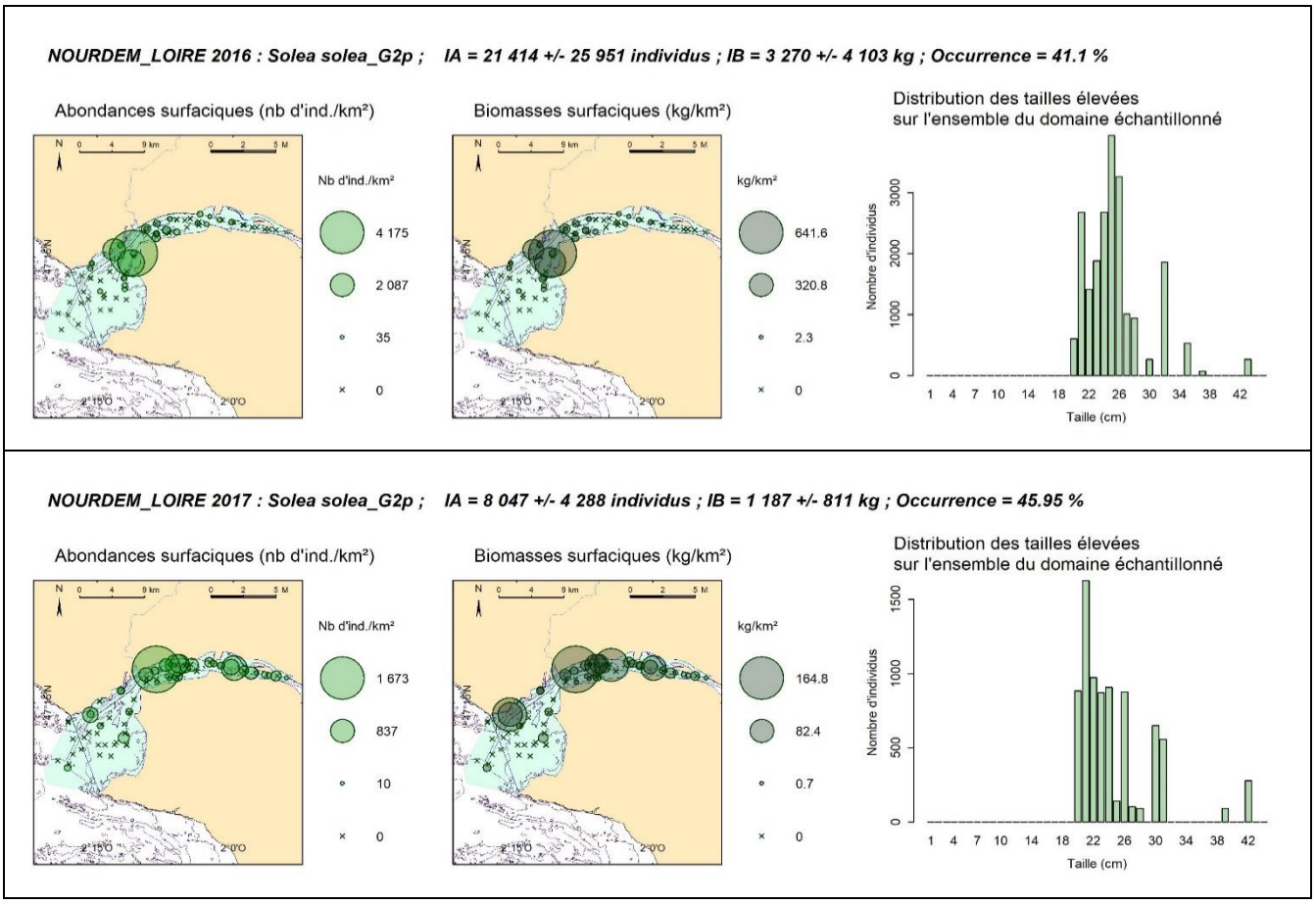


Figure 88 : Les soles communes Solea solea des groupes 2 et plus en estuaire de Loire** : indices d'abondance (**IA, en nombre** d'individus) et fourchettes d'encadrement **(Fourch.)** au seuil d'erreur **de 5% de ces indices, calculés à partir des données de capture des campagnes NourDem Loire et Bargip Nourriceries entre 2016 et 2021. En bleu, indices RSUFI ; en rouge indices RSTRATI.



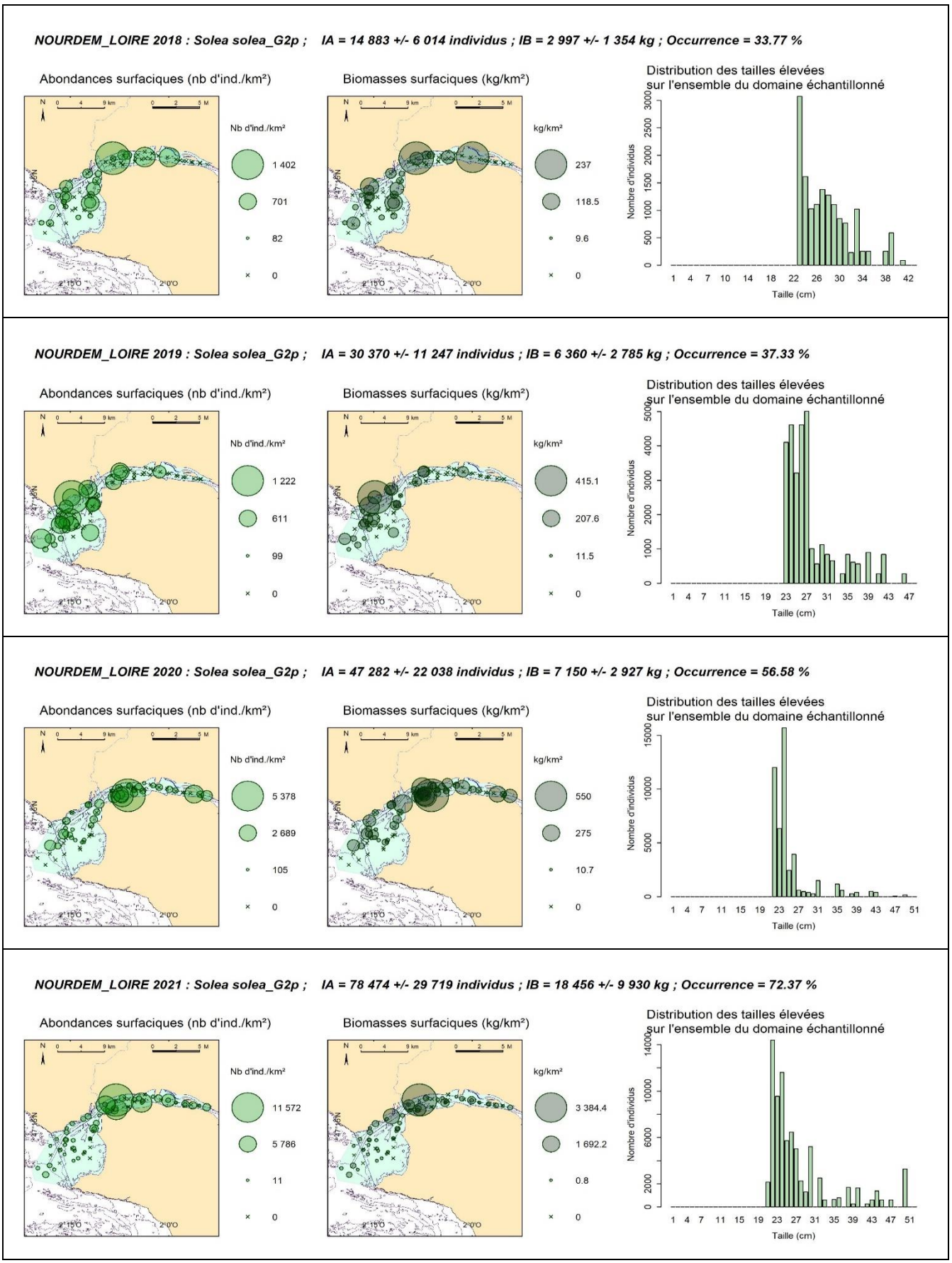
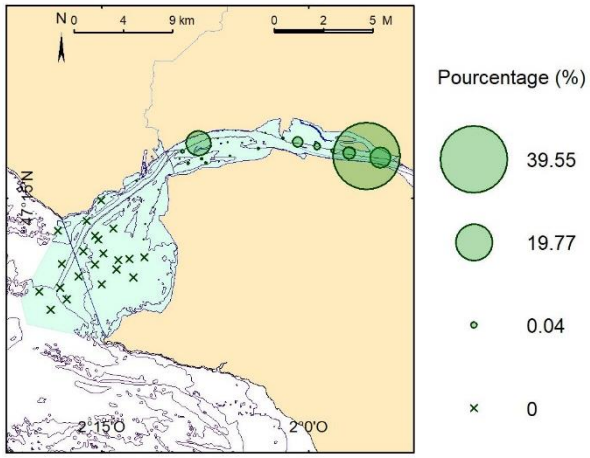


Figure 89 : Les soles communes des groupes 2 et plus en estuaire de Loire : densités surfaciques (en nombre** d'individus par km² **; script RSUFI), biomasses surfaciques (en kg/km²) et distributions des tailles (élevées à** l'ensemble du domaine échantillonné) des juvéniles de **sole commune Solea solea des groupes 2+ obtenues dans le cadre des campagnes NourDem Loire entre 2017 et 2021 et Bargip Nourriceries en 2016.

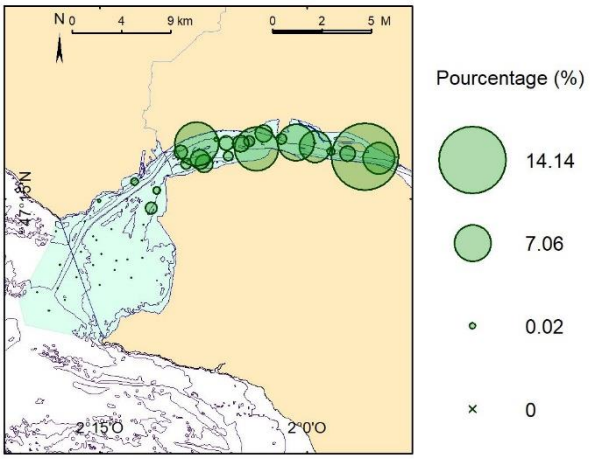
La Figure 90 présente les captures moyennes par traits depuis le lancement du suivi, ce qui donne une représentation des zones préférentielles de présence des différents groupes d'âge. Les juvéniles du groupes 0 sont principalement capturés sur les deux strates les plus amont, alors que dès le groupe 1, même si leur zone préférentielle de présence reste ces deux strates, des captures sont enregistrées sur l'ensemble des traits du domaine. Ce mouvement vers l'aval se confirme chez les groupes 2 et plus, les densités maximales de capture étant enregistrées plutôt sur l'aval de la strate « estuaire central », mais avec des captures non négligeables en pourcentage jusqu'aux traits les plus à l'ouest, les plus profonds.

Il est à noter que la colonisation de cet estuaire apparait donc un peu différente de celle observée en Seine, où des captures de groupes 0 sont enregistrées sur l'intégralité du domaine, y compris sur les traits les plus profonds.

Soles communes du groupe 0



Soles communes du groupe 1



Soles communes des groupes 2 et plus

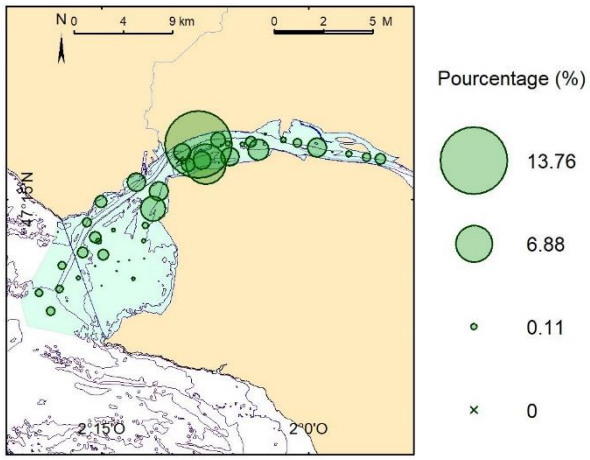


Figure 90 : Les soles communes en estuaire de Loire : moyennes, sur la période 2016-2021, des captures par traits *(exprimées en pourcentage du nombre total moyen d'individus capturés) des soles communes Solea solea des groupes d'âge 0, 1, et 2+ ; données NourDem (2017-**2021) et Bargip Nourriceries (2016).***

4.2.6 L'anchois commun Engraulis encrasicolus

L'anchois commun *Engraulis encrasicolus* est la troisième espèce en termes d'occurrence de capture (73,6 %) depuis le début du suivi en Loire. Son indice moyen d'abondance s'est élevé à ≈ 3,4 millions d'individus (seconde espèce en termes d'abondance après le sprat), et son indice moyen de biomasse à ≈ 28,4 tonnes (5ème espèce, après le bar européen, le crabe vert, le flet commun et le congre commun ; Tableau 22).

Année	IA RSUFI	Fourch. RSUFI	IA RSTRATI	Fourch. RSTRATI
2 016	205 581	256 021	96 381	83 405
2 017	2 287 547	1 168 532	2 149 614	577 762
2 018	4 164 623	2 443 475	3 417 387	1 207 270
2 019	3 130 977	2 172 151	2 108 619	1 060 850
2 020	833 151	556 785	539 607	232 044
2 021	10 157 528	4 992 140	9 827 087	2 486 876

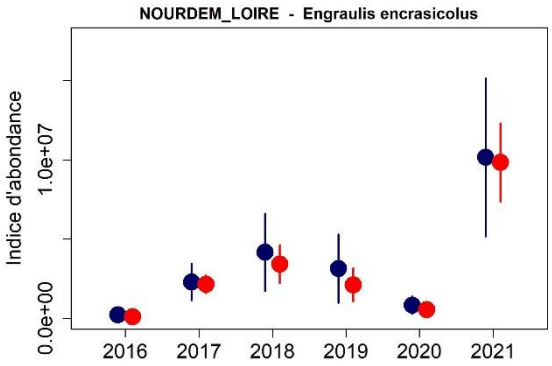


Figure 91 : Les anchois commun Engraulis encrasicolus en estuaire de Loire** : indices d'abondance (**IA, en nombre** d'individus) et fourchettes d'encadrement **(Fourch.) au seuil** d'erreur de 5% de ces indices, calculés à partir des données de **capture des campagnes NourDem Loire et Bargip Nourriceries entre 2016 et 2021. En bleu, indices RSUFI ; en rouge indices RSTRATI.

La population d'anchois commun en estuaire de Loire constitue un écotype estuarien (Cf. note ci-dessous) et présente, hormis en 2016 (crue ?) et en 2020 des abondances élevées, notamment en 2021 : IA de l'ordre de 10 millions d'individus +/- 2,5 à 5 millions selon le script de calcul utilisé (Figure 91).

L'espèce colonise l'intégralité du domaine échantillonnés, depuis les traits les plus amont jusqu'aux plus aval (Figure 92) sans qu'une zone préférentielle n'apparaisse clairement. Les tailles de capture sont comprises entre 8 et 18 cm.

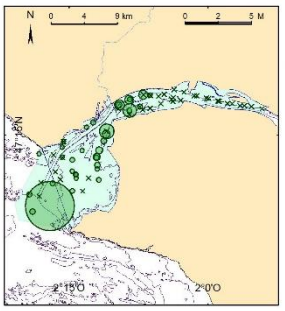
NB : A noter que des prélèvements d'anchois ont été réalisés à l'occasion les campagnes NourDem Seine et Loire de 2017, en vue d'analyses génétiques visant à compléter les connaissances relatives à l'existence de différentes sous populations. Ces prélèvements s'inscrivaient dans un large plan d'échantillonnage, réalisé par différentes équipes, et coordonné par l'Ifremer de Brest, en 25 sites répartis dans le golfe de Gascogne, la Manche et le sud de la mer du Nord. L'existence de deux sous populations, l'une dans le golfe de Gascogne, et l'autre couvrant la Manche et la Mer du nord avait déjà été démontrée par différents auteurs, dont Zarraonaindia et al, (2012). De même, l'existence de deux écotypes, l'un marin et l'autre estuarien (estuaires plus panaches), avait été démontrée dans les estuaires de la Gironde (Montes et al, 2016), de l'Adour (Le Moan et al, 2016) et de l'Ijsselmer (aux Pays Bas ; Montes et al, 2016).

Cette nouvelle étude (Huret et al, 2020), reposant pour partie sur les prélèvements NourDem en Loire et en Seine en 2017, a permis :

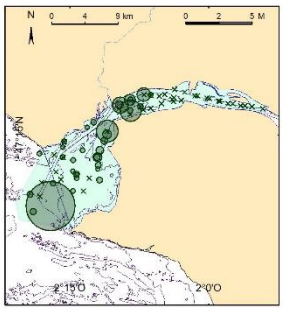
- *de démontrer, pour la première fois, l'existence de l'écotype estuarien en Loire, mais pas en Seine.*
- *De conclure qu'en Seine, tous les anchois échantillonnés faisaient partie de l'écotype « Manche-Mer du Nord », et de postuler, vue l'étendue de l'échantillonnage mené à l'occasion de la campagne NourDem, qu'il n'y a pas d'écotype estuarien dans cet estuaire,*
- *Et de poser l'hypothèse que les écotypes estuariens de Loire et de Gironde pourraient être connectés, du fait de la faible distance entre les deux estuaires et des mélanges de leurs panaches le long des côtes à certaines périodes, ce qui pourrait favoriser les échanges. Cette hypothèse reste à vérifier.*

NOURDEM_LOIRE 2016 : Engraulis encrasicolus ; IA = 205 581 +/- 256 021 individus ; IB = 1 755 +/- 1 838 kg ; Occurrence = 47.95 %

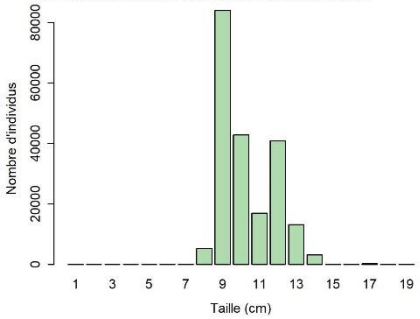
Abondances surfaciques (nb d'ind./km²)



Biomasses surfaciques (kg/km²)

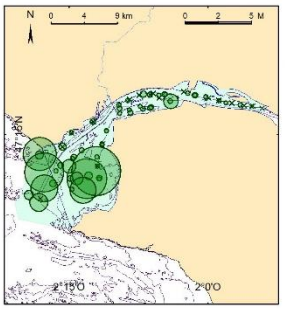


Distribution des tailles élevées sur l'ensemble du domaine échantillonné

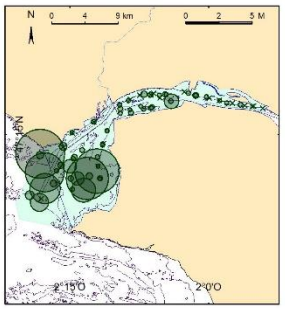


NOURDEM_LOIRE 2017 : Engraulis encrasicolus ; IA = 2 287 547 +/- 1 168 532 individus ; IB = 25 040 +/- 13 036 kg ; Occurrence = 74.32 %

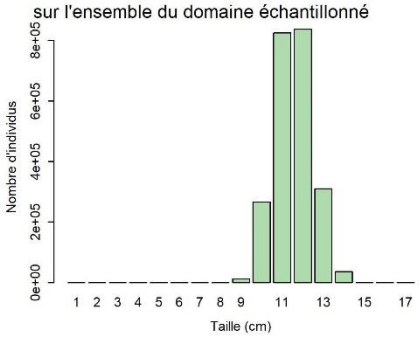
Abondances surfaciques (nb d'ind./km²)



Biomasses surfaciques (kg/km²)

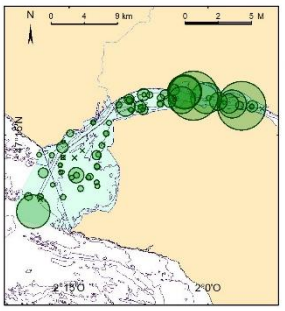


Distribution des tailles élevées sur l'ensemble du domaine échantillonné

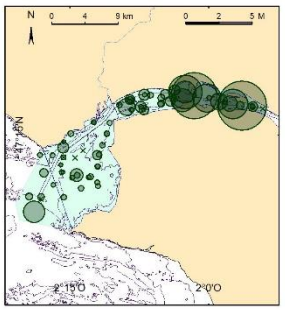


NOURDEM_LOIRE 2018 : Engraulis encrasicolus ; IA = 4 164 623 +/- 2 443 475 individus ; IB = 33 199 +/- 14 757 kg ; Occurrence = 93.51 %

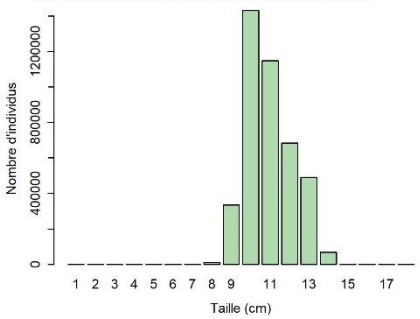
Abondances surfaciques (nb d'ind./km²)



Biomasses surfaciques (kg/km²)

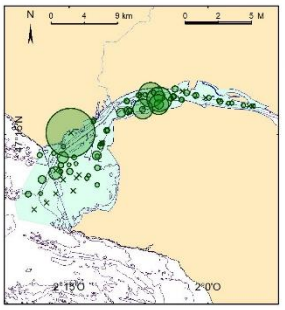


Distribution des tailles élevées sur l'ensemble du domaine échantillonné

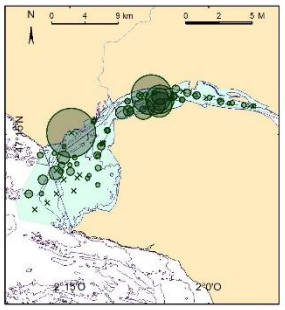


NOURDEM_LOIRE 2019 : Engraulis encrasicolus ; IA = 3 130 977 +/- 2 172 151 individus ; IB = 28 891 +/- 17 079 kg ; Occurrence = 80 %

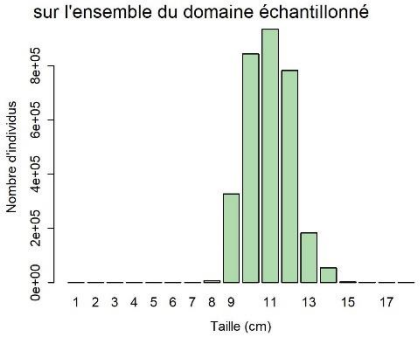
Abondances surfaciques (nb d'ind./km²)



Biomasses surfaciques (kg/km²)



Distribution des tailles élevées sur l'ensemble du domaine échantillonné



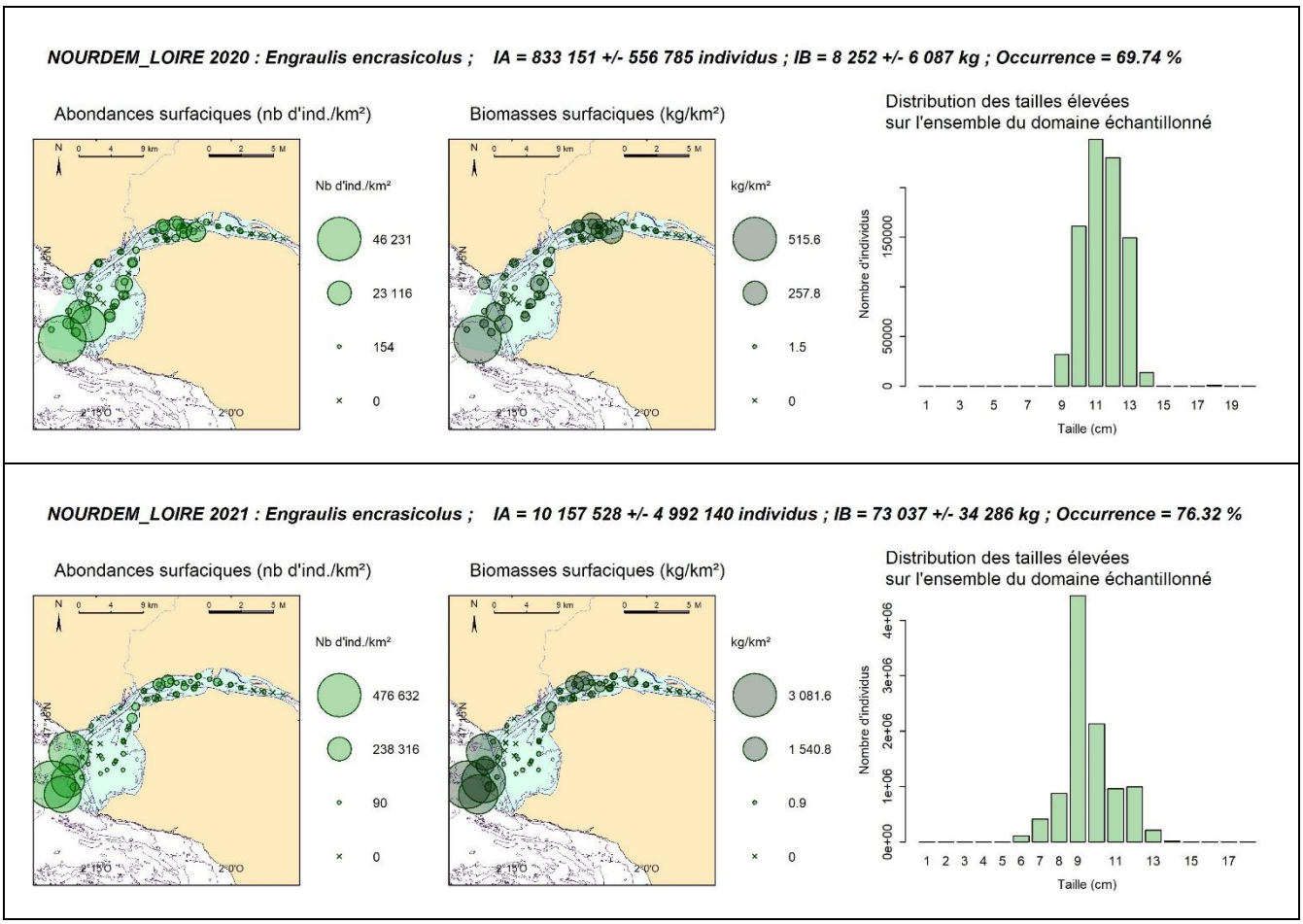


Figure 92 : Les anchois communs en estuaire de Loire : *densités surfaciques (en nombre d'individus par km²* ***; script RSUFI****), biomasses surfaciques (en kg/km²) et distributions des tailles élevées à l'ensemble du domaine échant****illonné des anchois communs Engraulis encrasicolus obtenues dans le cadre des campagnes NourDem Loire entre 2017 et 2021 et Bargip Nourriceries en 2016.*

4.2.7 Le crabe vert Carcinus maenas

Le crabe vert *Carcinus maenas* est la cinquième espèce la plus occurrente dans les captures des campagnes NourDem Loire : occurrence moyenne de capture sur la période 2016-2021 de 58,5 % ; IA moyen de ≈ 1,38 millions d'individus pour un IB moyen de ≈ 34 tonnes (Tableau 22).

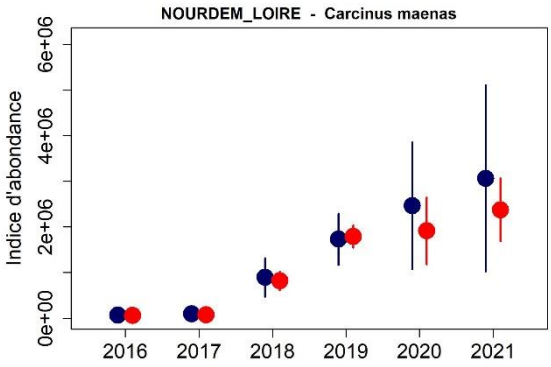
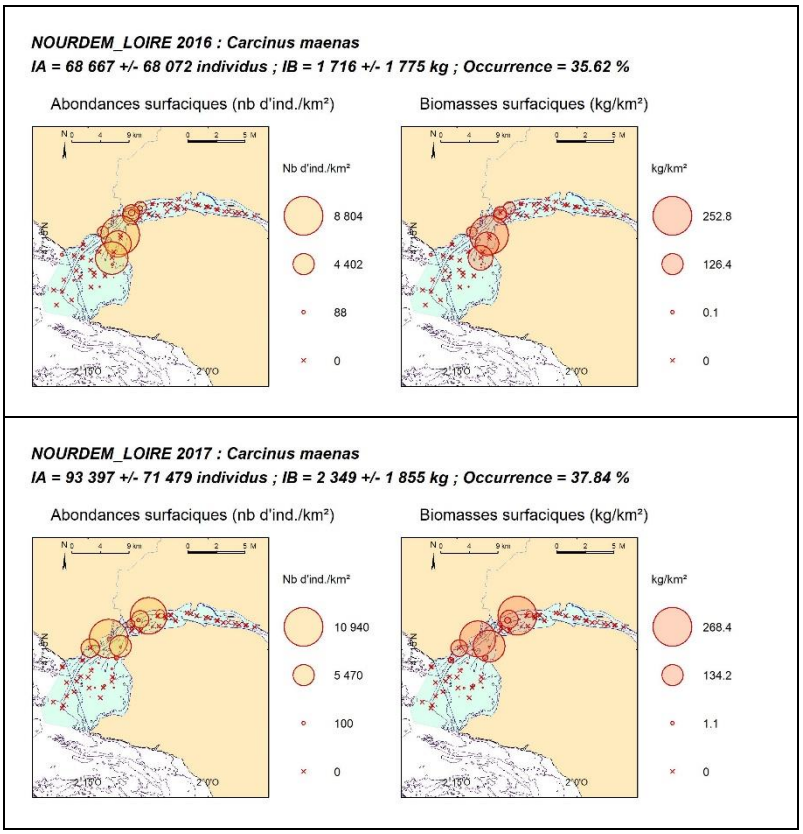


Figure 93 : Les crabes verts Carcinus maenas en estuaire de Loire : *indices d'abondance (**IA,** en nombre d'individus) et fourchettes d'encadrement **(Fourch.)** au seuil d'erreur de 5% de ces indices,* ***calculés à partir des données de capture des campagnes NourDem Loire et Bargip Nourriceries entre 2016 et 2021. En bleu, indices RSUFI ; en rouge indices RSTRATI.***

Les indices d'abondance annuels sont en augmentation, étant passé de ≈ 70 000 +/- 70 000 individus en 2016 à 3 +/- 2 millions en 2021 (données RFUFI ; les valeurs RSTRATI sont un peu plus basses).

Les densités surfaciques maximales en crabes verts sont observées dans la partie centrale du domaine échantillonné, à savoir les deux strates « estuaire central » et « estuaire aval ». Les captures sur les deux strates extrêmes du domaine, à savoir la plus aval, la plus profonde, d'une part, et la plus amont (« estuaire amont » et la plus dessalée d'autre part, sont plus anecdotiques. L'espèce apparait par conséquent bien inféodée à la zone estuarienne, plus spécialement dans les secteurs légèrement dessalés (salinités comprises entre 5 et 30 pour mille en première approche).



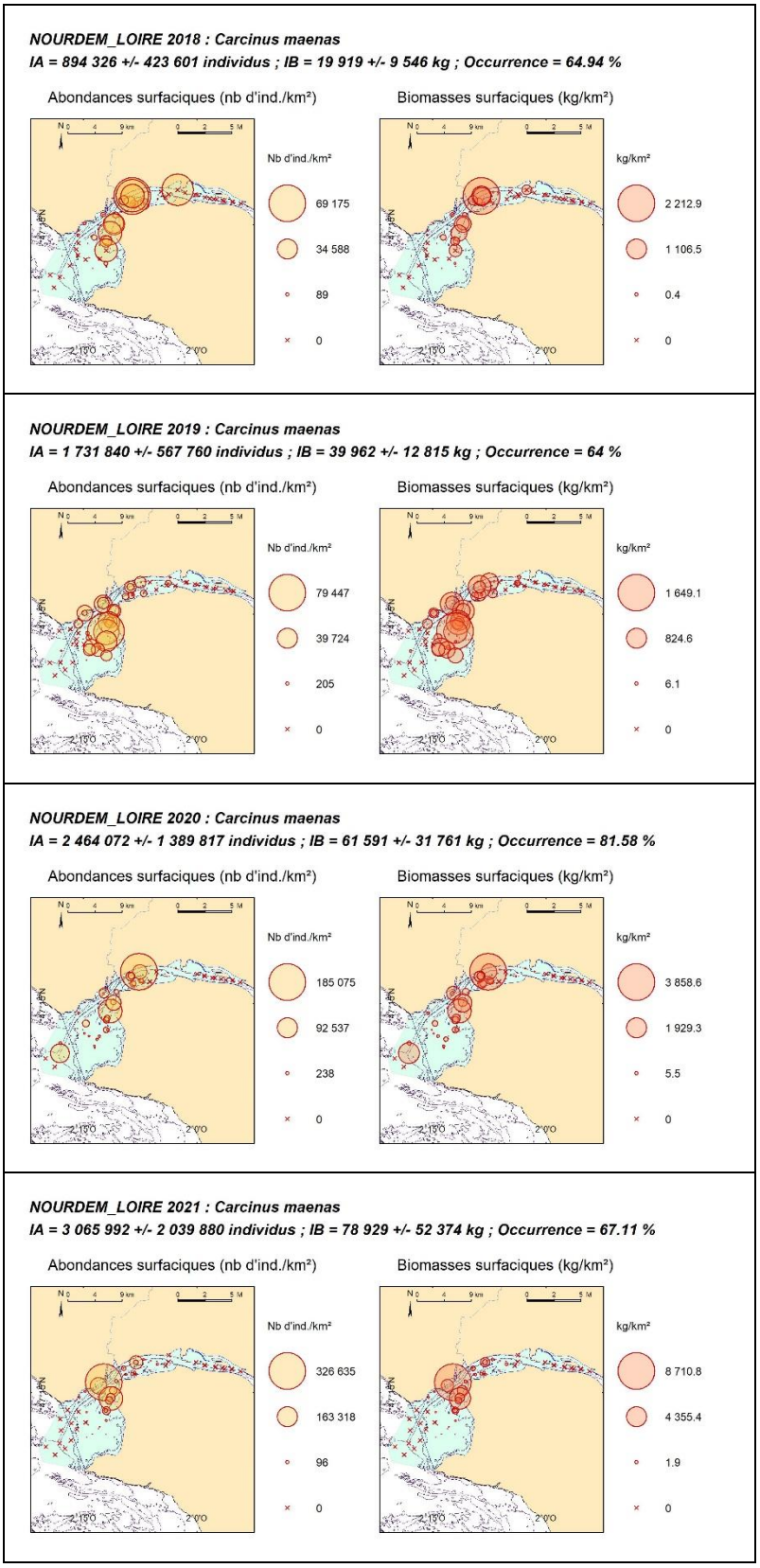


Figure 94 : Les crabes verts en estuaire de Loire *: densités surfaciques (en nombre d'individus par km²* ***; script RSUFI****), biomasses surfaciques (en kg/km²) et distributions des tailles élevées à l'ensemble* ***du domaine échantillonné des crabes verts Carcinus maenas obtenues dans le cadre des campagnes NourDem Loire entre 2017 et 2021 et Bargip Nourriceries en 2016.***

4.2.8 Le sprat Sprattus sprattus en estuaire de Loire

Le sprat *Sprattus sprattus* est un petit pélagique et est l'espèce qui présente les indices d'abondance les plus élevés en estuaire de Loire depuis le lancement du suivi. En moyenne, entre 2016 et 2021, son IA a été de l'ordre de 3,7 millions d'individus, pour un indice de biomasse de 14,5 tonnes et une occurrence moyenne de capture de 58,3 % (Tableau 22).

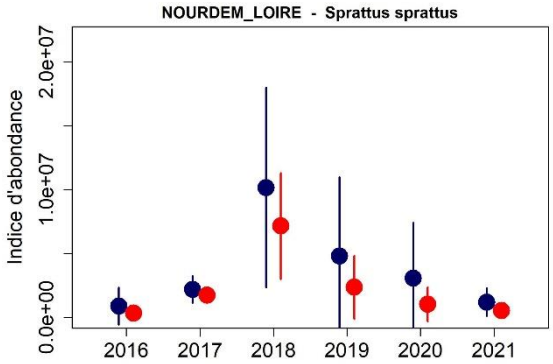
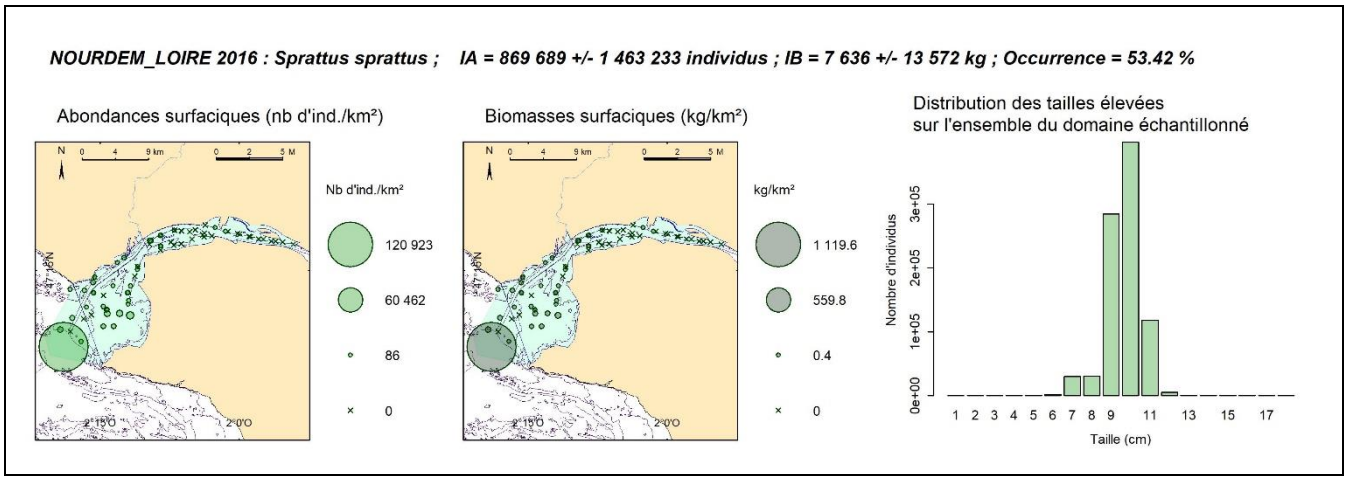


Figure 95 : Les sprats Sprattus sprattus en estuaire de Loire : indices** d'abondance (**IA,** en nombre d'individus) et fourchettes d'encadrement au seuil d'erreur de 5% de ces **indices, calculés à partir des données de capture des campagnes NourDem Loire et Bargip Nourriceries entre 2016 et 2021. En bleu, indices RSUFI ; en rouge indices RSTRATI.

Si l'on considère les indices d'abondance annuels produits au moyen du script RSTRATI, l'abondance maximale a été enregistrée en 2018, avec un IA de 7,1 +/- 4,1 millions d'individus, indice significativement supérieur à ceux des années 2016, 2017, 2020 et 2021. Le minimum a été enregistré en 2016 (crue ?) avec un IA de ≈ 322 000 +/- ≈ 454 000 individus, soit 22 fois moins qu'en 2018.

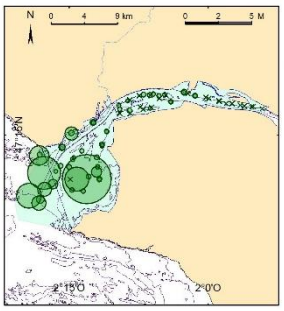
Les distributions des sprats au sein de l'estuaire sont données par la Figure 96 et la Figure 97. Les captures sont principalement réalisées sur les traits les plus aval du domaine échantillonné, appartenant aux strates « profond » et « estuaire aval ». Et même si quelques captures ont été réalisées sur les deux autres strates, y compris la strate « estuaire amont », l'espèce n'est pas à proprement parler inféodée à l'estuaire. Par contre, les arrivées, parfois massives, de bancs venant des zones côtières adjacentes ou du large, ne peut qu'avoir d'importantes répercussions sur l'ensemble des chaînes alimentaires au sein du domaine, et il est fondamental d'être à même de bien échantillonner cette espèce dans le cadre de tout projet visant à la description de la biocœnose de l'estuaire et à sa gestion.

Les tailles de captures ont été comprises entre 4 et 12 cm (*i.e., a minima,* individus des groupes 0 et 1).

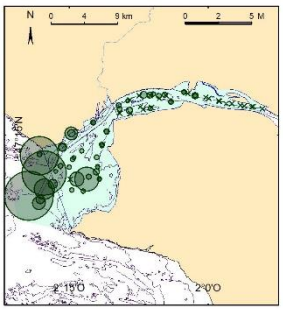


NOURDEM_LOIRE 2017 : Sprattus sprattus ; IA = 2 172 658 +/- 1 058 287 individus ; IB = 8 525 +/- 4 705 kg ; Occurrence = 68.92 %

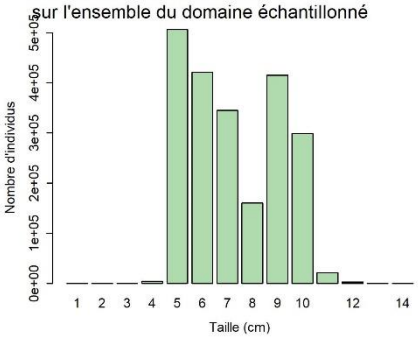
Abondances surfaciques (nb d'ind./km²)



Biomasses surfaciques (kg/km²)

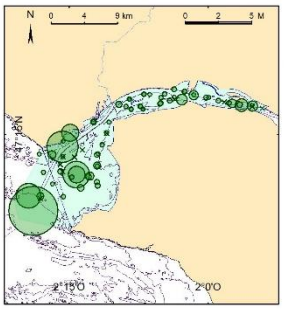


Distribution des tailles élevées sur l'ensemble du domaine échantillonné

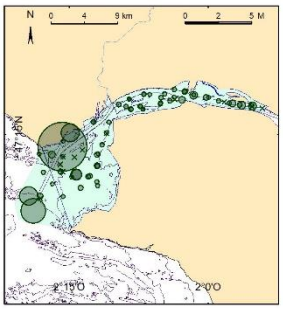


NOURDEM_LOIRE 2018 : Sprattus sprattus ; IA = 10 162 172 +/- 7 832 651 individus ; IB = 23 380 +/- 17 662 kg ; Occurrence = 84.42 %

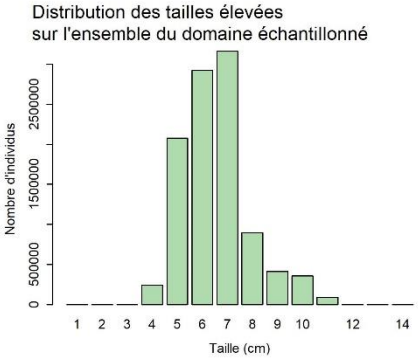
Abondances surfaciques (nb d'ind./km²)



Biomasses surfaciques (kg/km²)

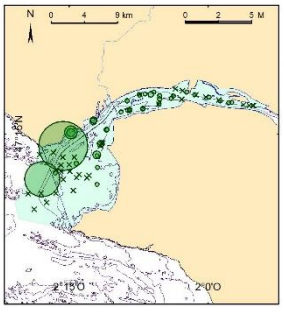


Distribution des tailles élevées sur l'ensemble du domaine échantillonné

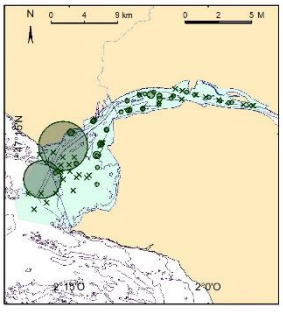


NOURDEM_LOIRE 2019 : Sprattus sprattus ; IA = 4 794 937 +/- 6 197 997 individus ; IB = 23 105 +/- 32 811 kg ; Occurrence = 53.33 %

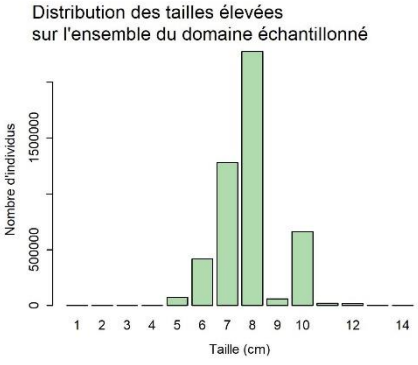
Abondances surfaciques (nb d'ind./km²)



Biomasses surfaciques (kg/km²)

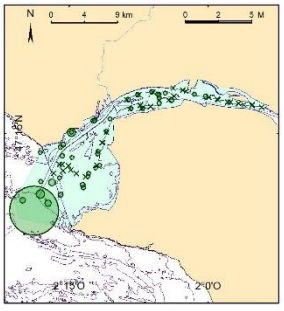


Distribution des tailles élevées sur l'ensemble du domaine échantillonné

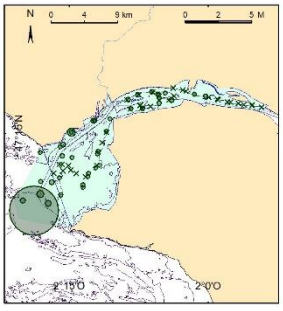


NOURDEM_LOIRE 2020 : Sprattus sprattus ; IA = 3 052 113 +/- 4 351 485 individus ; IB = 20 291 +/- 31 484 kg ; Occurrence = 55.26 %

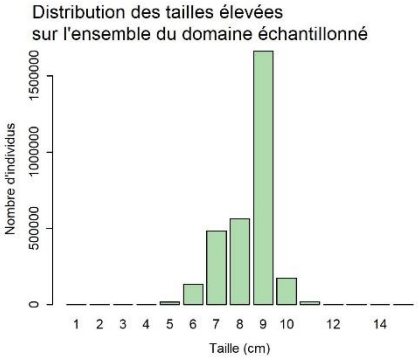
Abondances surfaciques (nb d'ind./km²)



Biomasses surfaciques (kg/km²)



Distribution des tailles élevées sur l'ensemble du domaine échantillonné



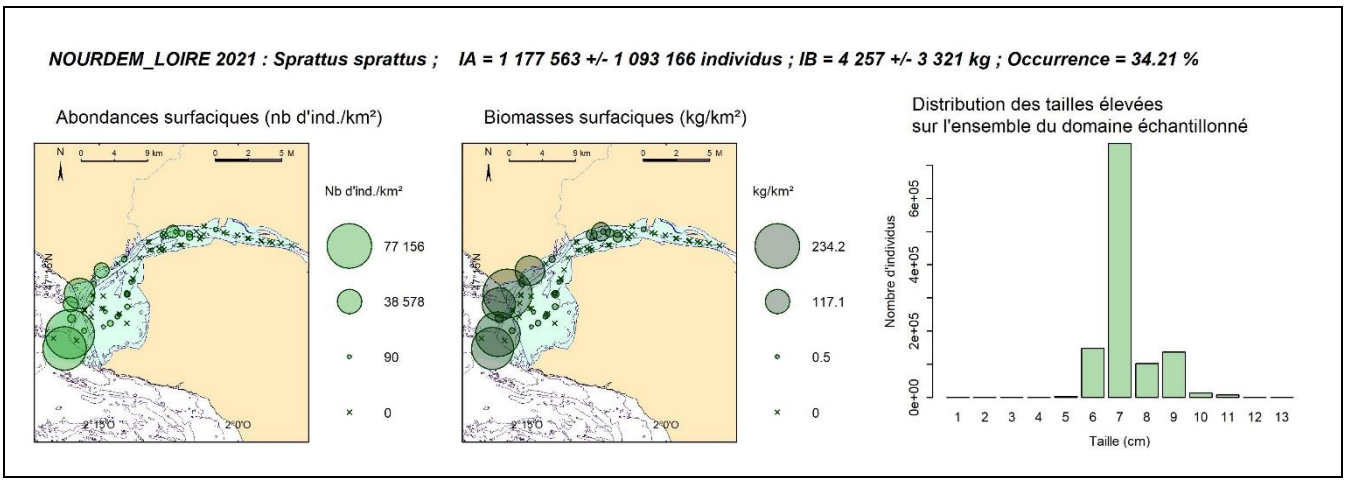


Figure 96 : Les sprats communs en estuaire de Loire : densités surfaciques (en nombre** d'individus par km² **; script RSUFI**), biomasses surfaciques (en kg/km²) et distributions des tailles élevées à l'ensemble du domaine échantillonné **des sprats Sprattus sprattus obtenues dans le cadre des campagnes NourDem Loire entre 2017 et 2021 et Bargip Nourriceries en 2016.

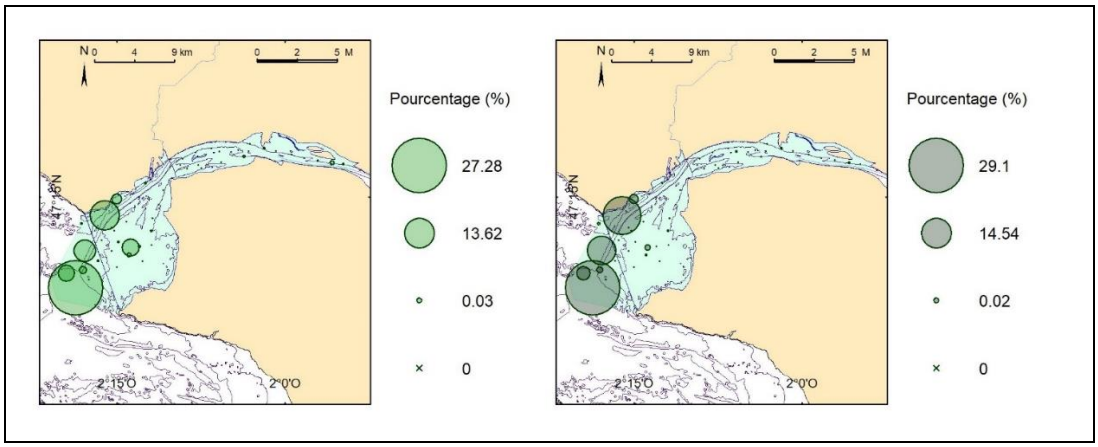


Figure 97 : Les sprats communs en estuaire de Loire : moyennes, sur la période 2016-2021, des captures par traits** (exprimées en pourcentage du nombre total moyen d'individus capturés **; à gauche) et des biomasses moyennes par traits (à droites) des sprats communs Sprattus sprattus en estuaire de Loire ; données NourDem (2017-2021) et Bargip Nourriceries (2016).

4.2.9 Le Flet commun Platichthys flesus en estuaire de Loire

Globalement, toutes classes d'âge cumulées, le flet commun est la 6ème espèce en termes d'occurrence (57,45 %) au sein de l'estuaire sur la période 2016-2021. Son indice moyen d'abondance a été de ≈ 210 000 individus pour un indice moyen de biomasse de ≈ 31,1 tonnes.

L'estuaire de la Loire étant une nourricerie pour cette espèce, il a paru intéressant de séparer les classes d'âge, au moins les individus du groupe 0 et ceux des groupes 1 et plus.

Les flets communs du groupe 0

Depuis le début du suivi, les flets du groupe 0 présentent une occurrence moyenne de capture de 21,27 %, un indice moyen d'abondance de ≈ 61 300 individus et un indice moyen de biomasse de ≈ 182 kg. (Tableau 22).

Tout comme les juvéniles de bars ou de soles du groupe 0, les juvéniles de flets du même groupe se tiennent dans les secteurs les moins profonds de l'estuaire, mais le centre de leur aire préférentielle de répartition correspond plutôt à la strate « estuaire central » (avec cependant des captures remontant jusqu'au zéro de salinité (strate « estuaire amont ») ; Figure 99) et même quelques captures sur les traits les moins profonds de la strate « estuaire aval »).

L'indice annuel d'abondance est passé par une valeur maximale en 2018 (≈ 236 000 +/- 139 000 individus ; script RSTRATI ; Figure 98), significativement supérieure à celles obtenues les autres années (sauf 2017). L'indice de 2017 (≈ 73 000 +/- 30 000 individus) a été significativement supérieur à ceux de 2016, 2019 et 2021.

Pour ces juvéniles du groupe 0, il faut cependant rappeler que leur positionnement sur les espaces les moins profonds de l'estuaire fait qu'ils sont très vraisemblablement mal échantillonnés à partir d'un navire de plus de 2 mètres de tirant d'eau (ce que peut corroborer le fait que leurs indices d'abondance sont le plus souvent inférieurs à ceux des groupes 1 obtenus les années suivantes), et que les indices d'abondance sont par conséquent à considérer avec précautions.

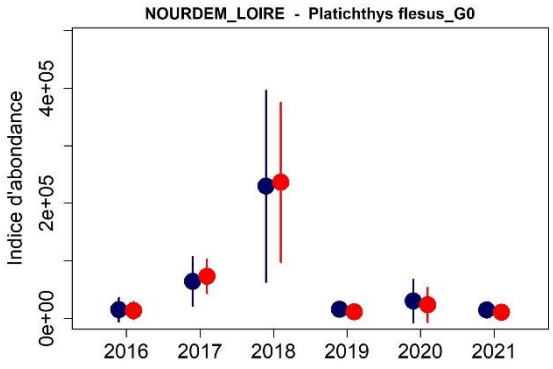
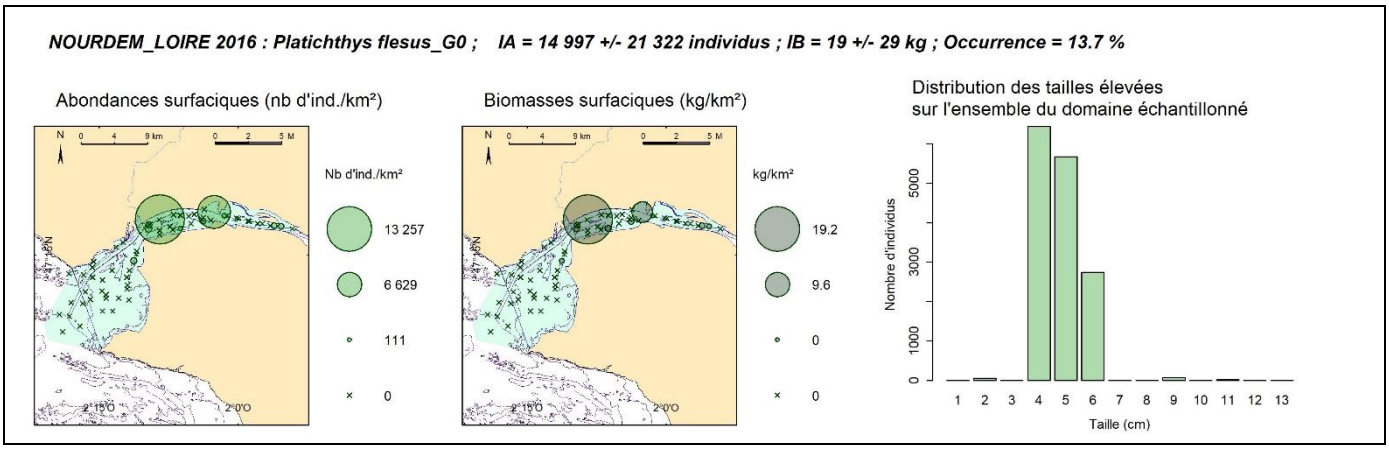


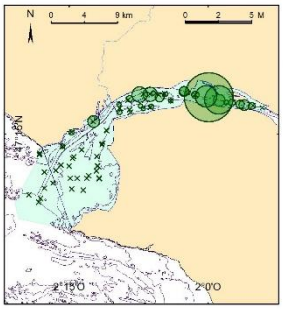
Figure 98 : Les flets Platichthys flesus du groupe 0 en estuaire de Loire** : indices d'abondance (**IA,** en nombre d'individus) et fourchettes d'encadrement **(Fourch.)** au seuil d'erreur de 5% de ces **indices, calculés à partir des données de capture des campagnes NourDem Loire et Bargip Nourriceries entre 2016 et 2021. En bleu, indices RSUFI ; en rouge indices RSTRATI.

Les tailles de capture ont été comprises entre 2 et 11 cm.

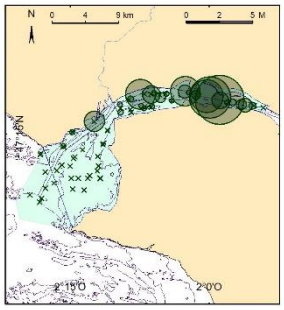


NOURDEM_LOIRE 2017 : Platichthys flesus_G0 ; IA = 63 756 +/- 42 955 individus ; IB = 153 +/- 112 kg ; Occurrence = 37.84 %

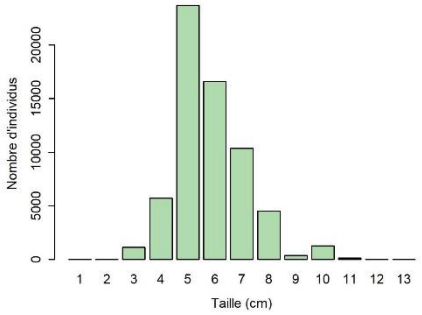
Abondances surfaciques (nb d'ind./km²)



Biomasses surfaciques (kg/km²)

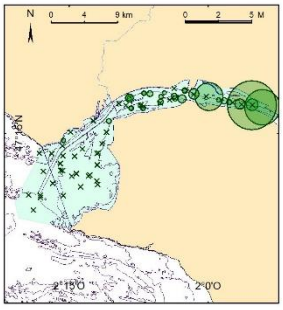


Distribution des tailles élevées sur l'ensemble du domaine échantillonné

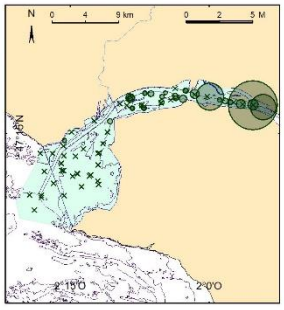


NOURDEM_LOIRE 2018 : Platichthys flesus_G0 ; IA = 229 384 +/- 166 455 individus ; IB = 754 +/- 564 kg ; Occurrence = 38.96 %

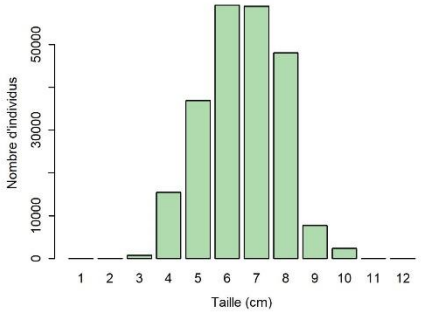
Abondances surfaciques (nb d'ind./km²)



Biomasses surfaciques (kg/km²)

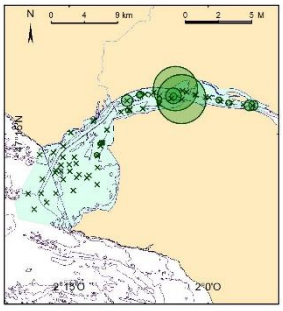


Distribution des tailles élevées sur l'ensemble du domaine échantillonné

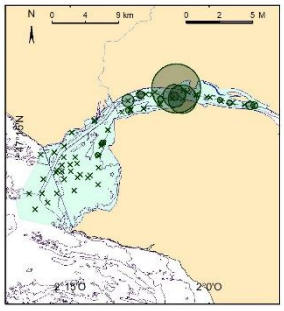


NOURDEM_LOIRE 2019 : Platichthys flesus_G0 ; IA = 15 473 +/- 13 471 individus ; IB = 100 +/- 73 kg ; Occurrence = 21.33 %

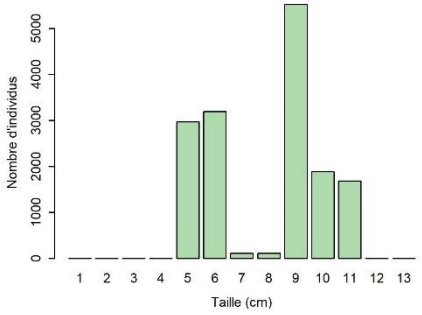
Abondances surfaciques (nb d'ind./km²)



Biomasses surfaciques (kg/km²)

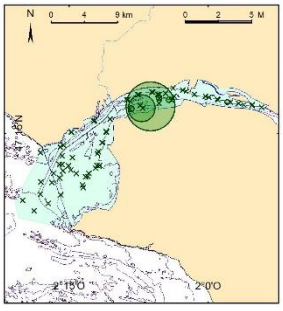


Distribution des tailles élevées sur l'ensemble du domaine échantillonné

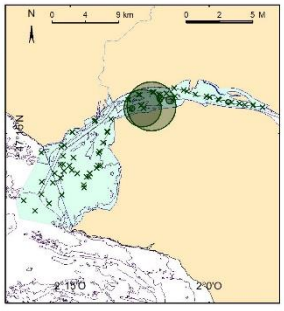


NOURDEM_LOIRE 2020 : Platichthys flesus_G0 ; IA = 30 031 +/- 37 508 individus ; IB = 52 +/- 61 kg ; Occurrence = 7.89 %

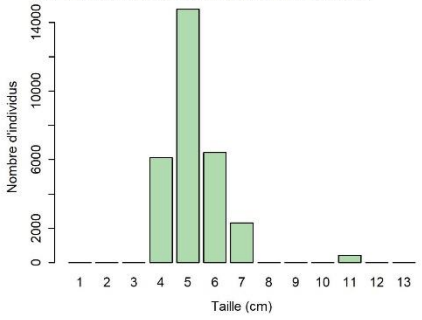
Abondances surfaciques (nb d'ind./km²)



Biomasses surfaciques (kg/km²)



Distribution des tailles élevées sur l'ensemble du domaine échantillonné



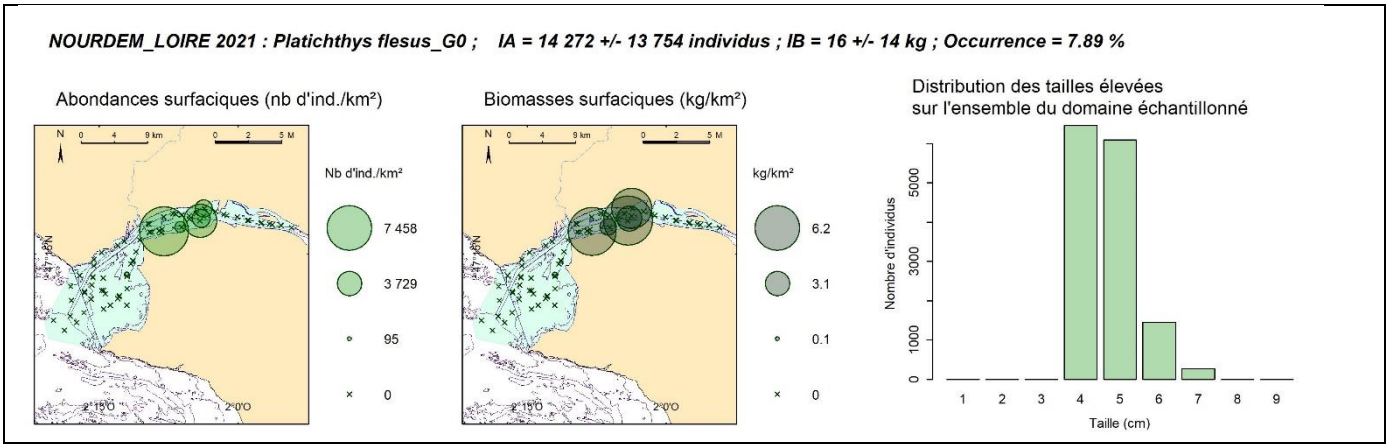


Figure 99 : Les Flets communs du groupe 0 en estuaire de Loire** : densités surfaciques (en nombre d'individus par km² **; script RSUFI**), biomasses surfaciques (en kg/km²) et distributions des tailles élevées à l'ensemble du domaine **échantillonné des flets communs Platichthys flesus du groupe 0 obtenues dans le cadre des campagnes NourDem Loire entre 2017 et 2021 et Bargip Nourriceries en 2016.

Les flets communs des groupes 1 et plus

Depuis le début du suivi en estuaire de Loire (2016-2021), les flets des groupes 1 et + ont présenté une occurrence moyenne de capture de 56,1 %, pour un indice moyen d'abondance de ≈ 149 000 individus et un indice moyen de biomasse de ≈ 31 tonnes.

Si l'on s'en tient aux indices produits via le script RSTRATI, 2018 et 2019 ont été les deux années de plus forte abondance (≈ 200 000 +/- ≈ 60 000 individus), abondances significativement supérieures à celles des autres années. Il faut cependant noter que les abondances sont restées relativement élevées tout au long du suivi, le minimum ayant été atteint en 2017 avec un IA de l'ordre de ≈ 77 000 +/- 48 000 individus.

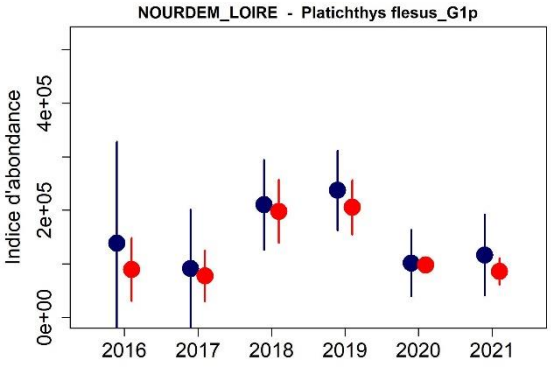


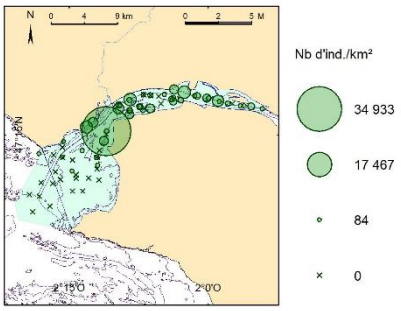
Figure 100 : Les flets Platichthys flesus des groupes 1 et + en estuaire de Loire** : indices d'abondance (**IA,** en nombre d'individus) et **fourchettes** d'encadrement **(Fourch.)** au seuil d'erreur de 5% de ces **indices, calculés à partir des données de capture des campagnes NourDem Loire et Bargip Nourriceries entre 2016 et 2021. En bleu, indices RSUFI ; en rouge indices RSTRATI.

La répartition des flets des groupes 1 et + est assez semblable à celle des G0 : le centre de leur aire de répartition se trouve sur les deux strates les plus amont (« estuaire central » et « estuaire « amont »), avec quelques individus présents sur la strate « estuaire aval » et des captures exceptionnelles sur la strate « profond ». Les flets, qu'il s'agisse des groupes 1 et plus, mais aussi des G0, apparaissent ainsi bien inféodés à l'estuaire.

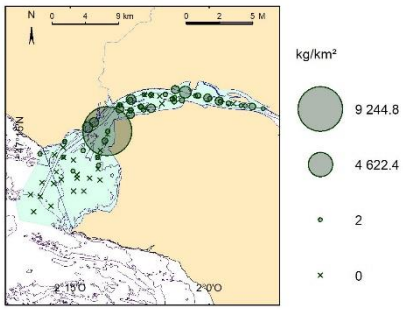
Les tailles de capture se sont échelonnées entre 10 et 42 cm.

NOURDEM_LOIRE 2016 : Platichthys flesus_G1p ; IA = 138 292 +/- 190 472 individus ; IB = 31 536 +/- 49 912 kg ; Occurrence = 61.64 %

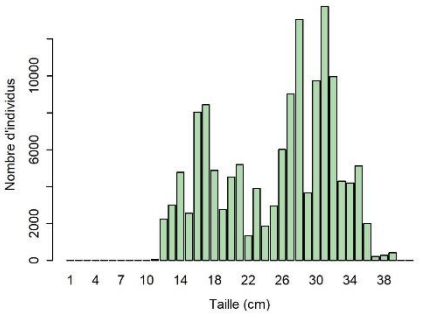
Abondances surfaciques (nb d'ind./km²)



Biomasses surfaciques (kg/km²)

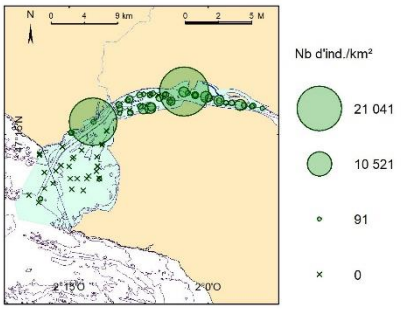


Distribution des tailles élevées sur l'ensemble du domaine échantillonné

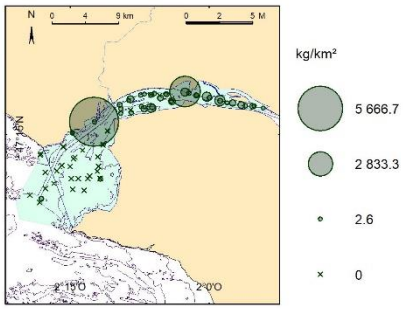


NOURDEM_LOIRE 2017 : Platichthys flesus_G1p ; IA = 91 060 +/- 110 509 individus ; IB = 20 623 +/- 30 481 kg ; Occurrence = 55.41 %

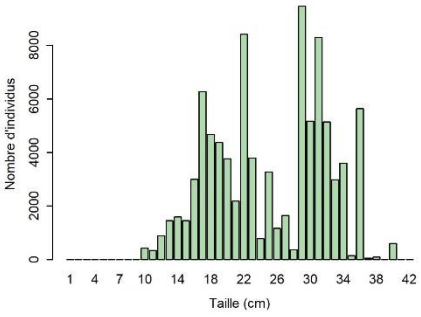
Abondances surfaciques (nb d'ind./km²)



Biomasses surfaciques (kg/km²)

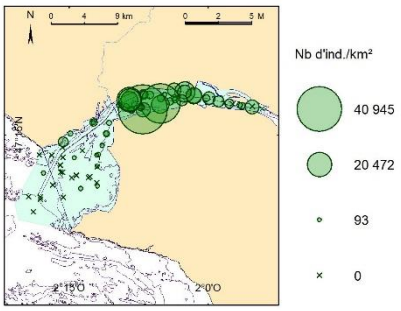


Distribution des tailles élevées sur l'ensemble du domaine échantillonné

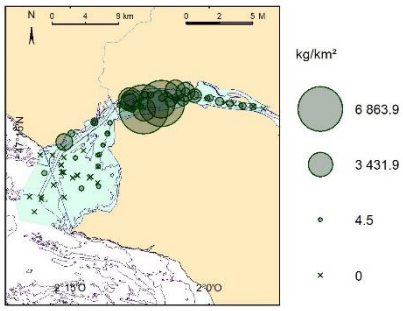


NOURDEM_LOIRE 2018 : Platichthys flesus_G1p ; IA = 210 261 +/- 84 457 individus ; IB = 38 352 +/- 17 758 kg ; Occurrence = 63.64 %

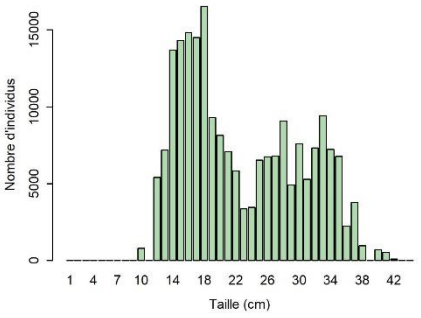
Abondances surfaciques (nb d'ind./km²)



Biomasses surfaciques (kg/km²)

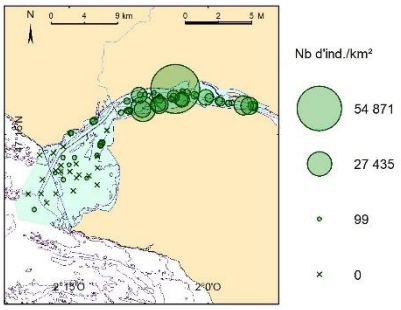


Distribution des tailles élevées sur l'ensemble du domaine échantillonné

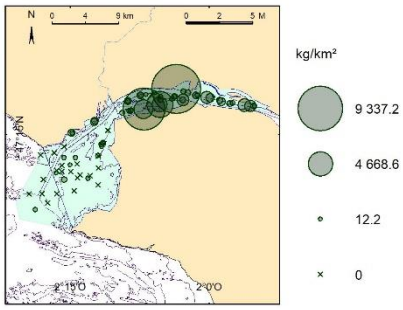


NOURDEM_LOIRE 2019 : Platichthys flesus_G1p ; IA = 237 159 +/- 74 775 individus ; IB = 36 630 +/- 16 833 kg ; Occurrence = 69.33 %

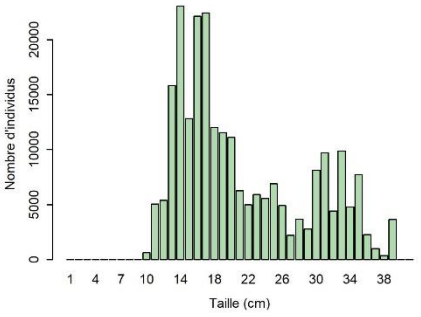
Abondances surfaciques (nb d'ind./km²)



Biomasses surfaciques (kg/km²)



Distribution des tailles élevées sur l'ensemble du domaine échantillonné



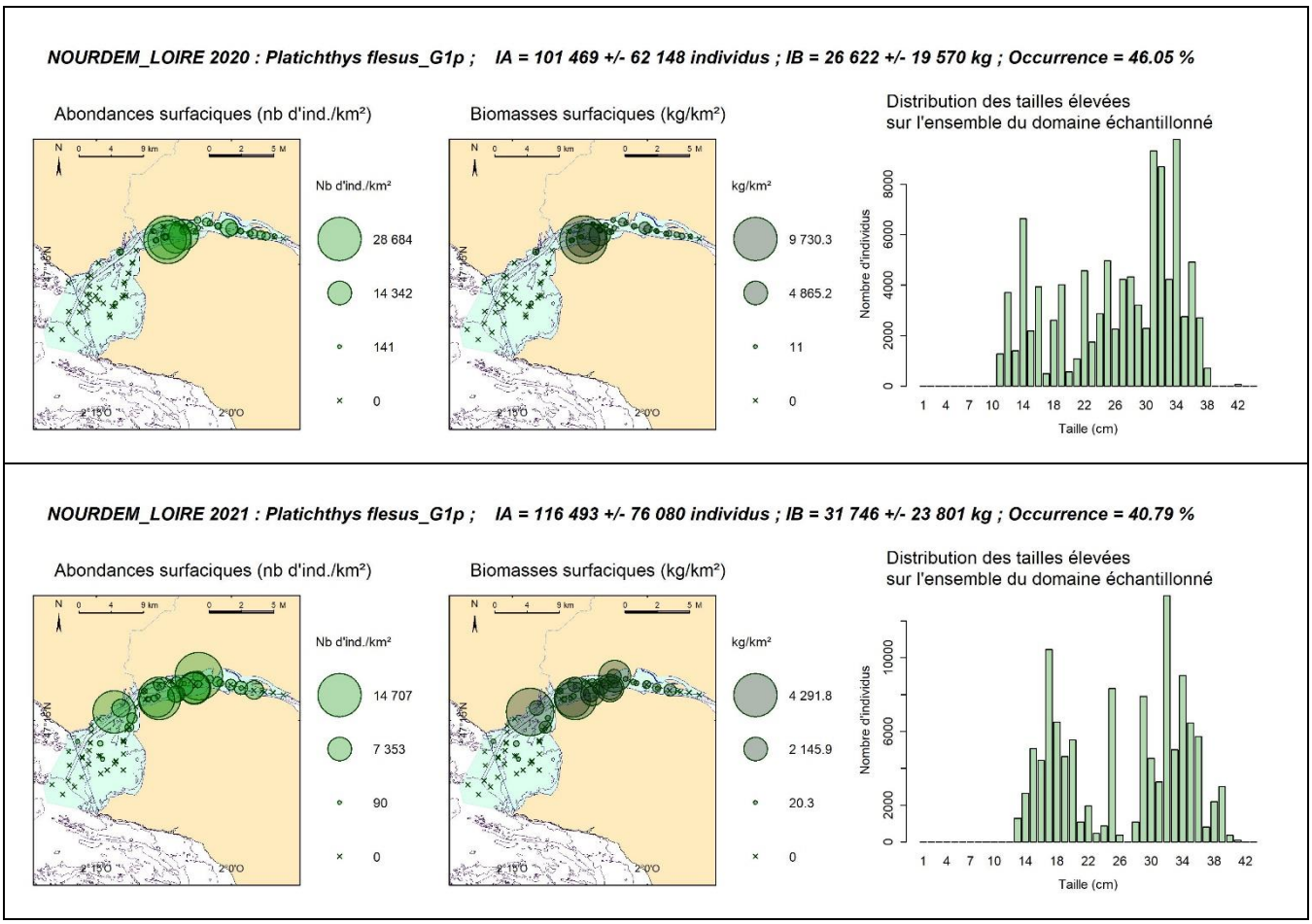


Figure 101 : Les Flets communs des groupes 1 et + en estuaire de Loire** : densités surfaciques (en nombre d'individus **par km² ; script RSUFI**), biomasses surfaciques (en kg/km²) et distributions des tailles élevées à l'ensemble du **domaine échantillonné des flets communs Platichthys flesus des groupes 1 et + obtenues dans le cadre des campagnes NourDem Loire entre 2017 et 2021 et Bargip Nourriceries en 2016.

Les cartes de synthèse de la répartition moyenne des deux groupes d'âge sont données par la Figure 102. Elles confirment leur positionnement dans les parties les plus amont de l'estuaire (début de descente vers l'aval des groupes 1), estuaire qui constitue bien une nourricerie pour cette espèce.

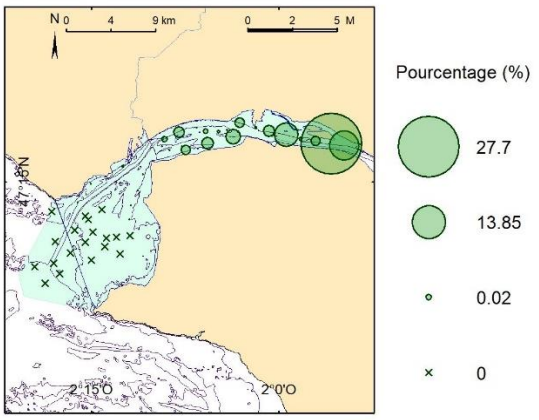
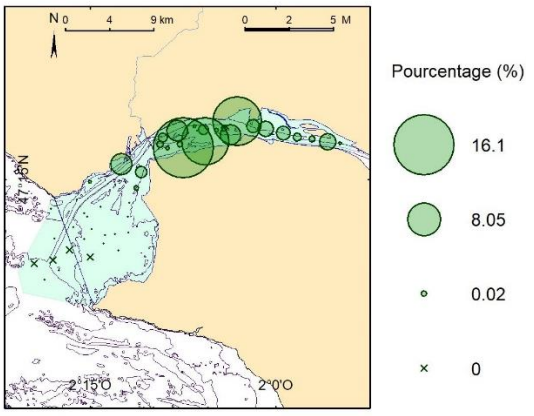
Flets communs du groupe 0	***Flets communs des groupes 1 et plus***
	

Figure 102 : Les flets communs en estuaire de Loire : moyennes, sur la période 2016-2021, des captures par traits** (exprimées en pourcentage du nombre total moyen d'individus capturés) des flets commun Platychthys flesus des **groupes 0 et 1et+ en estuaire de Loire ; données NourDem (2017-2021) et Bargip Nourriceries (2016).

4.2.10 Le tacaud commun Trisopterus luscus en estuaire de Loire

Le tacaud commun est un gadidé, au comportement démersal, vivant en bancs parfois denses, et très proche du fond. Ce n'est pas une espèce inféodée à l'estuaire, et elle ne figure d'ailleurs pas parmi les espèces socle des peuplements des deux autres estuaires. Elle est par contre bien présente sur le domaine échantillonné en Loire, son occurrence moyenne de capture entre 2016 et 2021 ayant été de 54,9%, son indice moyen d'abondance s'élevant à ≈ 1,4 millions d'individus pour un indice moyen de biomasse de 11,7 tonnes (Tableau 22). Le poids moyen individuel des captures a été de l'ordre de 8,4 grammes, la capture reposant très majoritairement sur des individus du groupe 0.

Les indices d'abondance annuels des années 2018, 2020 et 2021 sont du même ordre de grandeur (de l'ordre de 1,9 millions +/- 1 million d'individus), significativement supérieurs à ceux des années 2016 et 2019 (respectivement 184 000 et 105 000 individus ; Figure 103).

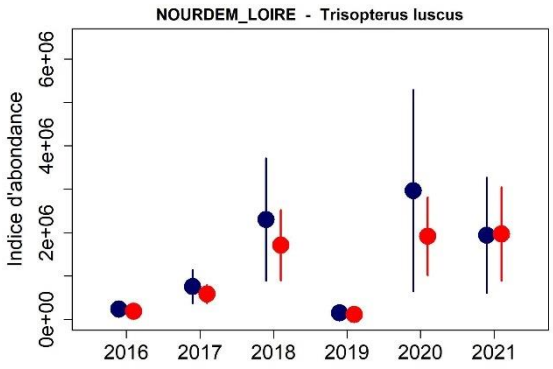
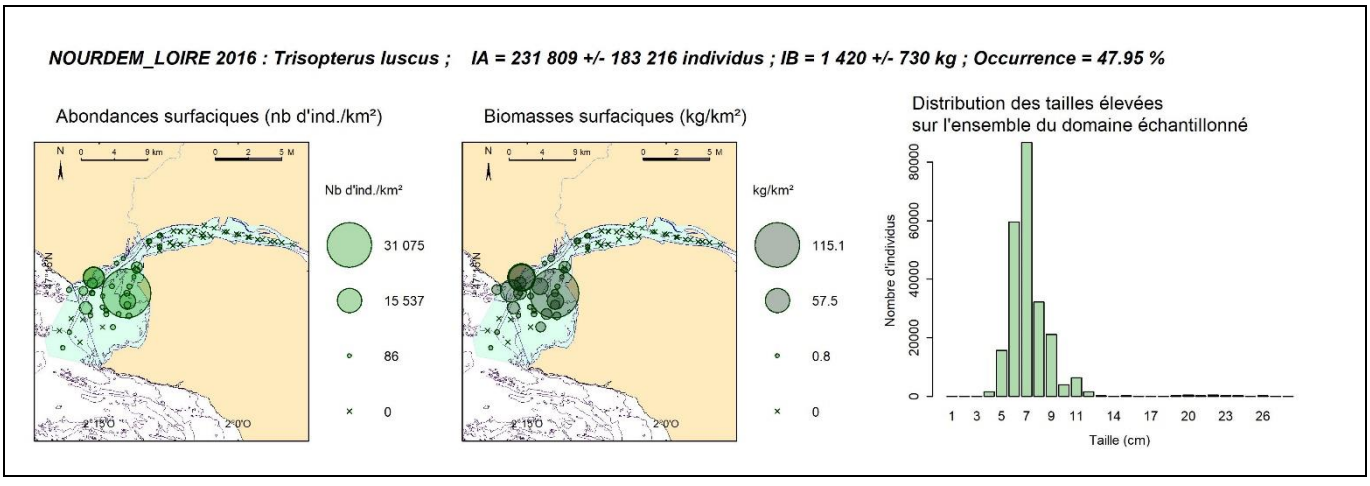


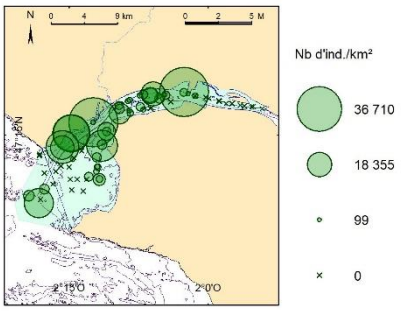
Figure 103 : Les tacauds communs trisopterus luscus en estuaire de Loire** : indices d'abondance (**IA, en nombre** d'individus) et fourchettes d'encadrement **(Fourch.) au seuil** d'**erreur de 5% de ces indices, calculés à partir des données de capture des campagnes NourDem Loire et Bargip Nourriceries entre 2016 et 2021. En bleu, indices RSUFI ; en rouge indices RSTRATI.

Les tailles de capture sont à plus de 99% comprises entre 4 et 15 cm, ce qui correspond à des individus du groupe 0. Quelques rares individus plus âgés, d'une taille comprise entre 19 et 26 cm (groupes 1 et +) ont également été échantillonnés. Des captures ont été enregistrées sur la quasi-totalité des traits, mais avec une présence préférentielle de l'espèce sur l'aval du domaine (très peu de captures sur la strate « estuaire amont »).

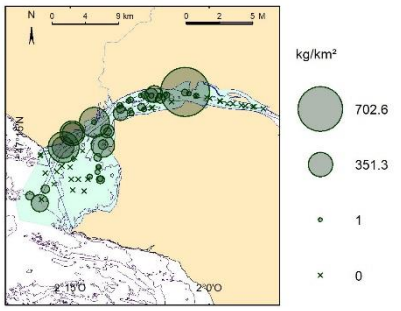


NOURDEM_LOIRE 2017 : Trisopterus luscus ; IA = 751 243 +/- 384 542 individus ; IB = 9 474 +/- 4 613 kg ; Occurrence = 58.11 %

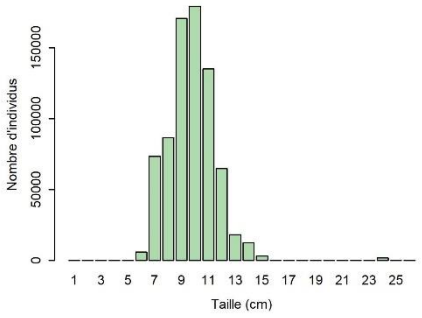
Abondances surfaciques (nb d'ind./km²)



Biomasses surfaciques (kg/km²)

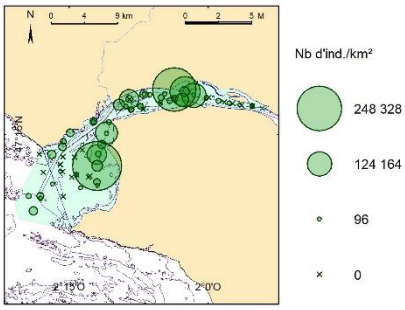


Distribution des tailles élevées sur l'ensemble du domaine échantillonné

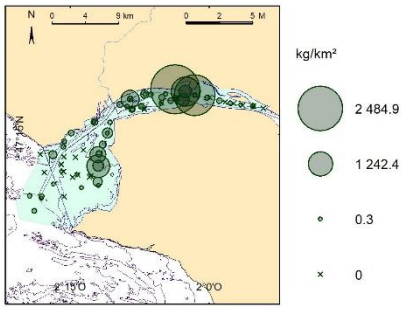


NOURDEM_LOIRE 2018 : Trisopterus luscus ; IA = 2 300 180 +/- 1 415 233 individus ; IB = 14 932 +/- 7 137 kg ; Occurrence = 68.83 %

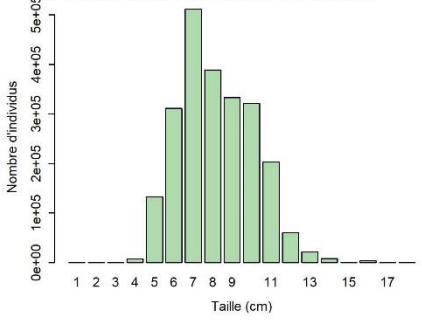
Abondances surfaciques (nb d'ind./km²)



Biomasses surfaciques (kg/km²)

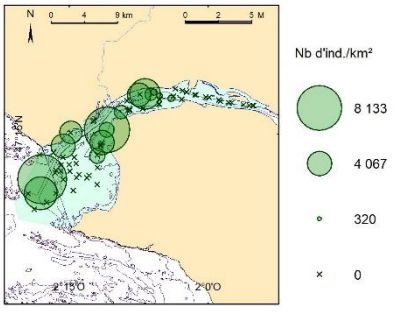


Distribution des tailles élevées sur l'ensemble du domaine échantillonné

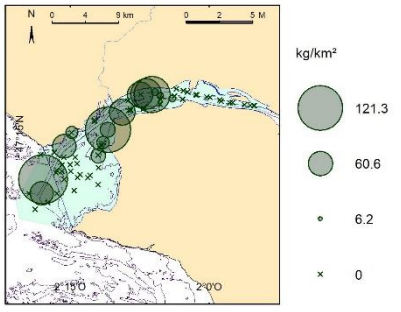


NOURDEM_LOIRE 2019 : Trisopterus luscus ; IA = 148 386 +/- 114 681 individus ; IB = 1 968 +/- 1 609 kg ; Occurrence = 20 %

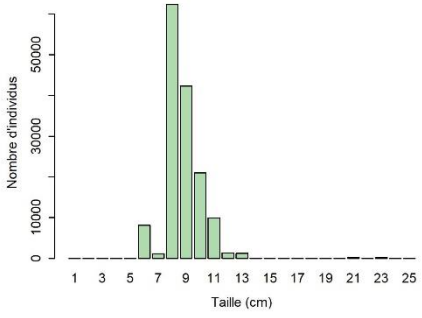
Abondances surfaciques (nb d'ind./km²)



Biomasses surfaciques (kg/km²)

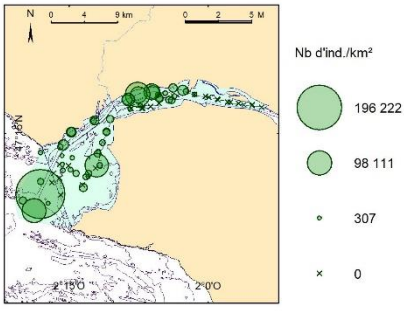


Distribution des tailles élevées sur l'ensemble du domaine échantillonné

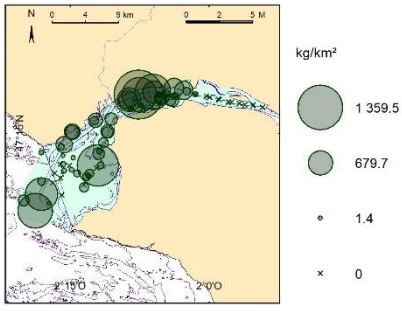


NOURDEM_LOIRE 2020 : Trisopterus luscus ; IA = 2 965 416 +/- 2 323 953 individus ; IB = 30 067 +/- 13 728 kg ; Occurrence = 67.11 %

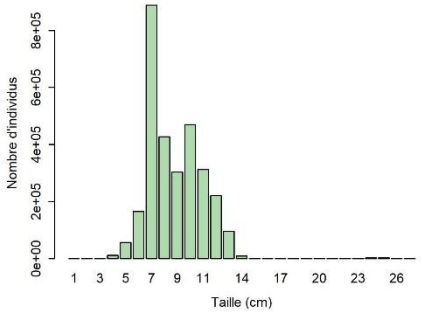
Abondances surfaciques (nb d'ind./km²)



Biomasses surfaciques (kg/km²)



Distribution des tailles élevées sur l'ensemble du domaine échantillonné



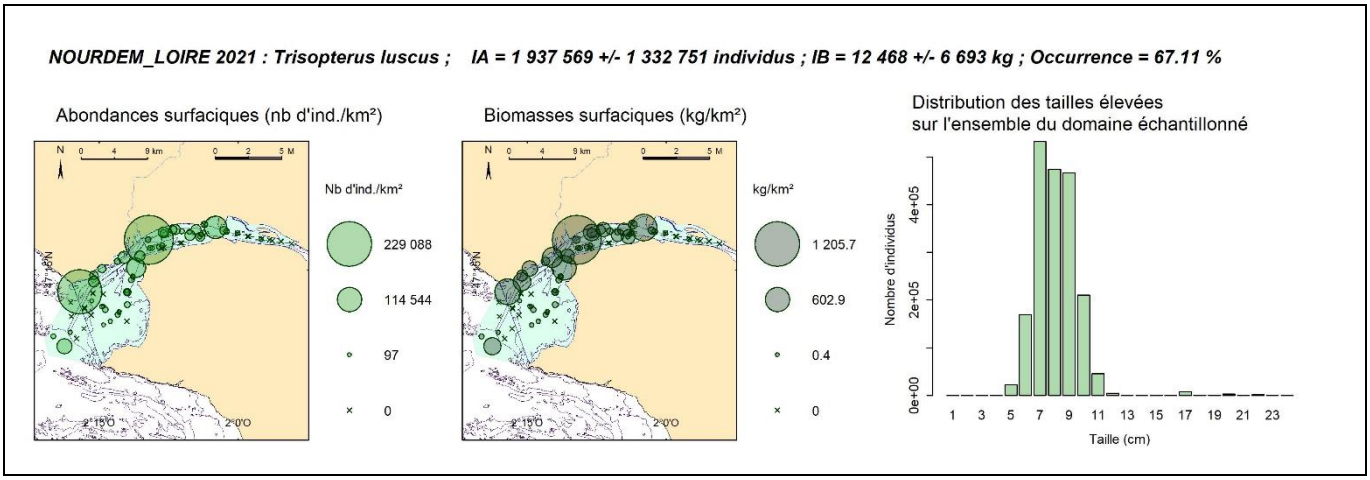


Figure 104 : Les tacauds communs en estuaire de Loire *: densités surfaciques (en nombre d'individus par km²* ***; script RSUFI****), biomasses surfaciques (en kg/km²) et distributions des tailles élevées à l'ensemble du domaine échantillonné des* ***tacauds commun Trisopterus luscus obtenues dans le cadre des campagnes NourDem Loire entre 2017 et 2021 et Bargip Nourriceries en 2016.***

4.2.11 Le merlan Merlangius merlangus en estuaire de Loire

Le merlan est un gadidé d'intérêt commercial. Nous avons donc considéré deux groupes d'âge, les individus du groupe 0 (nés dans l'année) et ceux des groupes 1 et +.

Globalement, toutes classes d'âge confondues, le merlan a présenté entre 2016 et 2021 une occurrence moyenne de capture de 47,9%, un indice moyen d'abondance de 445 375 individus et un indice moyen de biomasse de ≈ 3,6 tonnes (Tableau 22). Le poids moyen individuel est donc de 8,1 grammes, ce qui s'explique par le fait que la capture a été composée à 99,6 % par des individus du groupe 0.

Les merlans du groupe 0

Les individus du groupe 0 constituent l'essentiel de la population de merlan présente sur le domaine échantillonné en Loire. Leur occurrence globale moyenne de capture sur la période a été de 47,7 %, leur indice moyen d'abondance étant de 443 662 individus pour un indice moyen de biomasse de 3,4 tonnes (Tableau 22).

L'indice maximal d'abondance a été enregistré en 2019 (de l'ordre de 1 millions d'individus selon RSUFI), indice significativement supérieur à ceux de 2016 et 2021 (Figure 105).

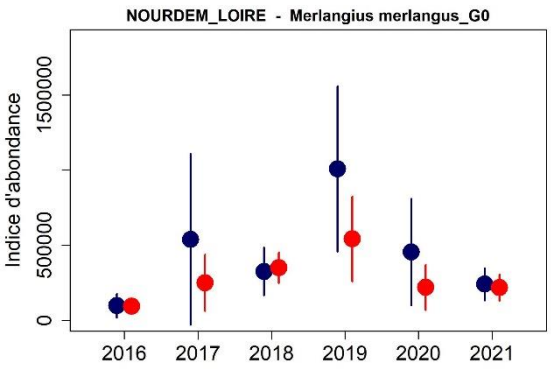
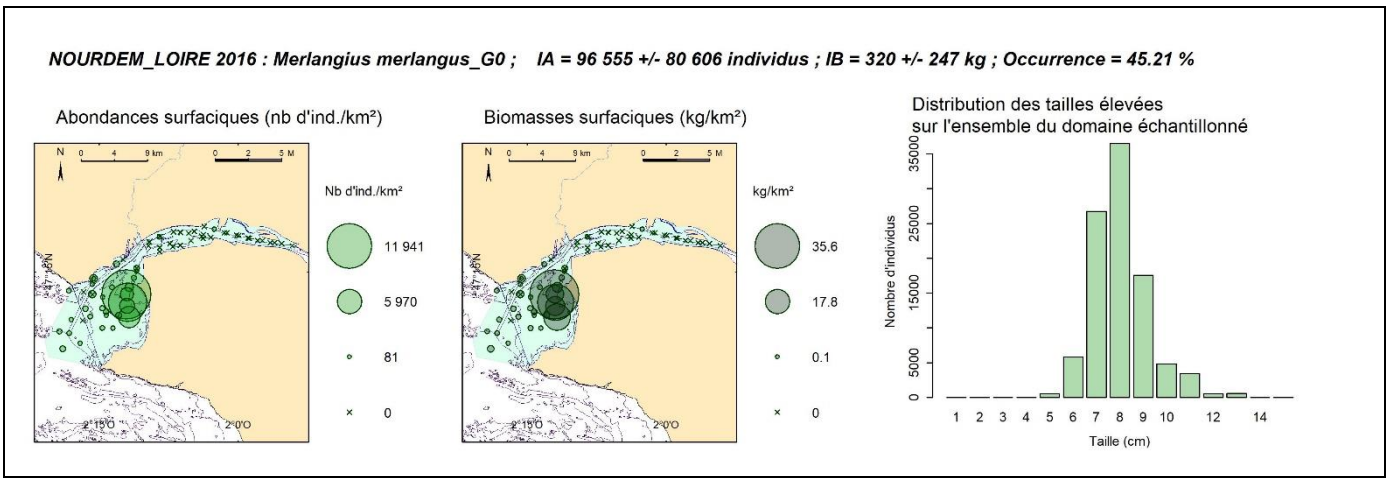


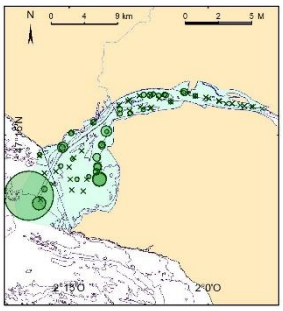
Figure 105 : Les merlan Merlangius merlangus du groupe 0 en estuaire de Loire** : indices d'abondance (**IA, en nombre** d'individus) et fourchettes d'encadrement **(Fourch.) au seuil** d'erreur de 5% de ces indices, calculés à partir des données **de capture des campagnes NourDem Loire et Bargip Nourriceries entre 2016 et 2021. En bleu, indices RSUFI ; en rouge indices RSTRATI.

Même si l'espèce n'est pas à proprement parler inféodée à l'estuaire, les merlans du groupe 0 sont capturés sur la quasi-totalité des traits du domaine échantillonné de Loire (Figure 106), excepté sur les 2 traits les plus amont (les plus dessalés). Les tailles de capture sont comprises entre 5 et 15 cm.

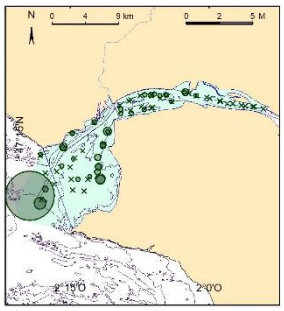


NOURDEM_LOIRE 2017 : Merlangius merlangus_G0 ; IA = 538 156 +/- 569 431 individus ; IB = 4 387 +/- 5 385 kg ; Occurrence = 50 %

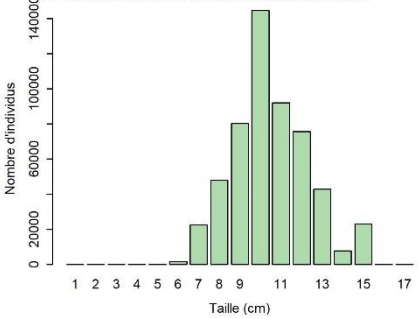
Abondances surfaciques (nb d'ind./km²)



Biomasses surfaciques (kg/km²)

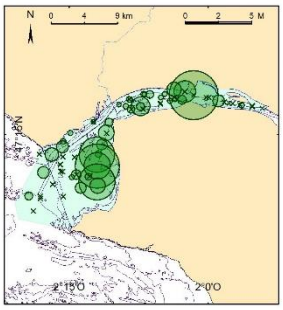


Distribution des tailles élevées sur l'ensemble du domaine échantillonné

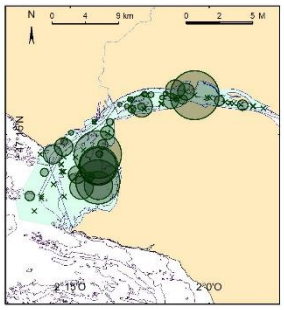


NOURDEM_LOIRE 2018 : Merlangius merlangus_G0 ; IA = 324 230 +/- 159 172 individus ; IB = 1 134 +/- 523 kg ; Occurrence = 50.65 %

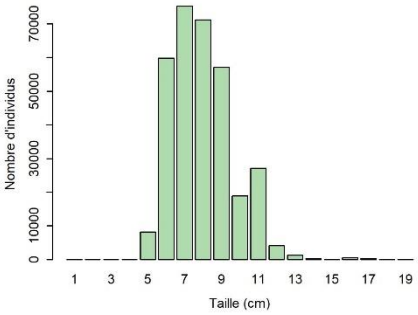
Abondances surfaciques (nb d'ind./km²)



Biomasses surfaciques (kg/km²)

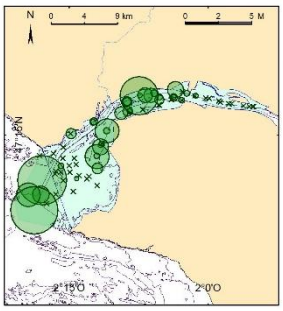


Distribution des tailles élevées sur l'ensemble du domaine échantillonné

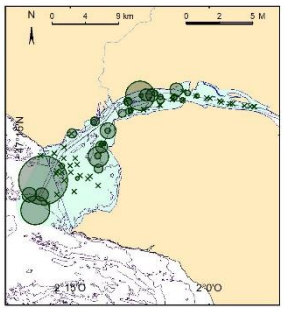


NOURDEM_LOIRE 2019 : Merlangius merlangus_G0 ; IA = 1 008 204 +/- 550 675 individus ; IB = 10 031 +/- 6 596 kg ; Occurrence = 48 %

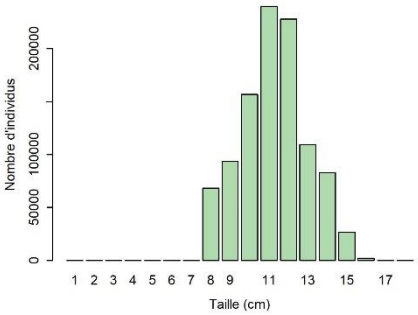
Abondances surfaciques (nb d'ind./km²)



Biomasses surfaciques (kg/km²)

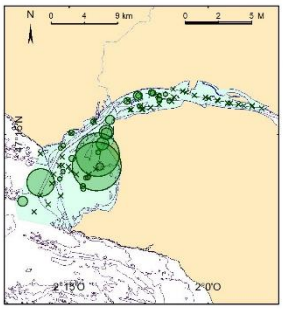


Distribution des tailles élevées sur l'ensemble du domaine échantillonné

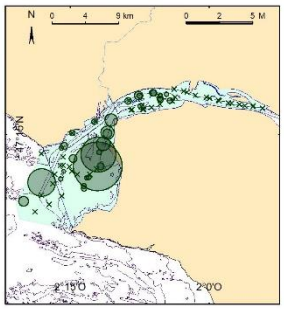


NOURDEM_LOIRE 2020 : Merlangius merlangus_G0 ; IA = 454 535 +/- 354 250 individus ; IB = 3 375 +/- 2 558 kg ; Occurrence = 42.11 %

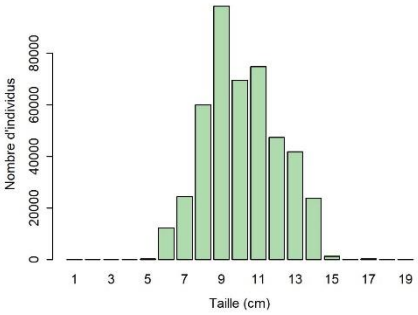
Abondances surfaciques (nb d'ind./km²)



Biomasses surfaciques (kg/km²)



Distribution des tailles élevées sur l'ensemble du domaine échantillonné



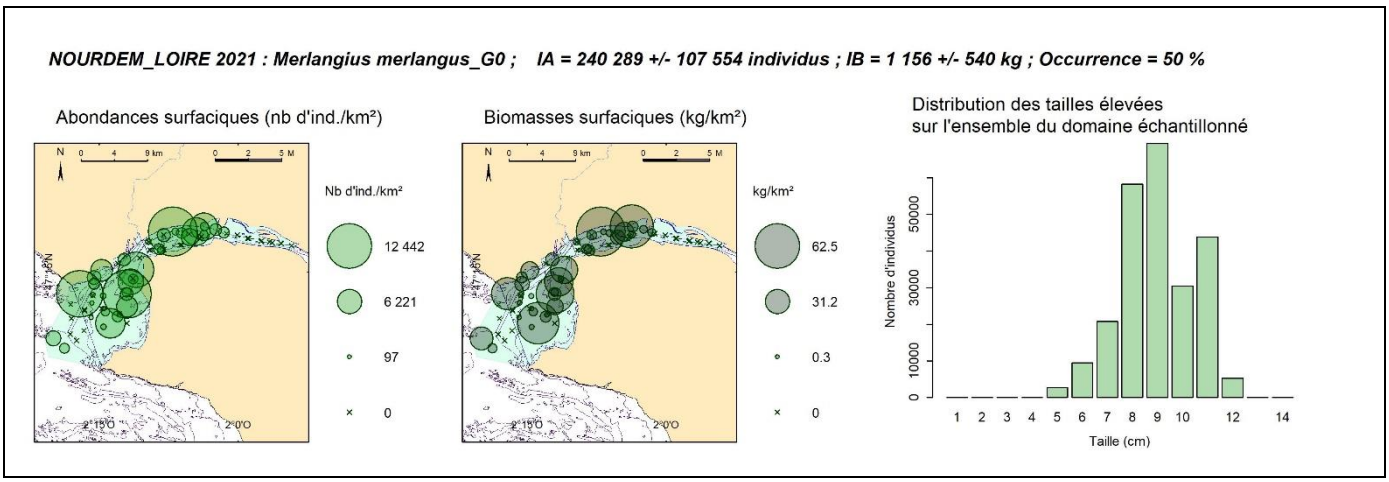


Figure 106 : Les merlans du groupe 0 en estuaire de Loire** : densités surfaciques (en nombre d'individus par km² **; script RSUFI**), biomasses surfaciques (en kg/km²) et distributions des tailles élevées à l'ensemble du domaine échantillonné des **merlans Merlangius merlangus du groupe 0 obtenues dans le cadre des campagnes NourDem Loire entre 2017 et 2021 et Bargip Nourriceries en 2016.

Les merlans des groupes 1 et plus

Les captures de merlans des groupes 1 et + sont beaucoup moins abondantes que celles des groupes 0 : nous n'en avons enregistré aucune en 2017 et 2021 (Figure 107), et leur occurrence moyenne de capture sur la période 2016-2021 n'a été que de 2,25 %, leur indice moyen d'abondance étant de 1 713 individus pour un indice moyen de biomasse de 189 kg (Tableau 22).

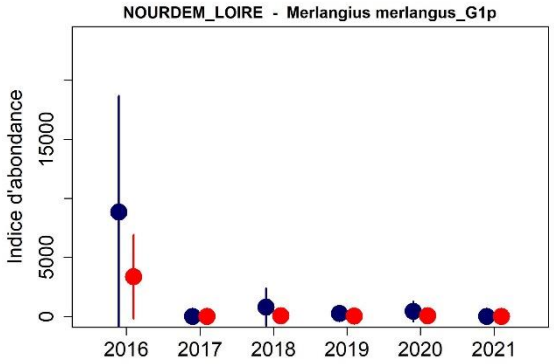
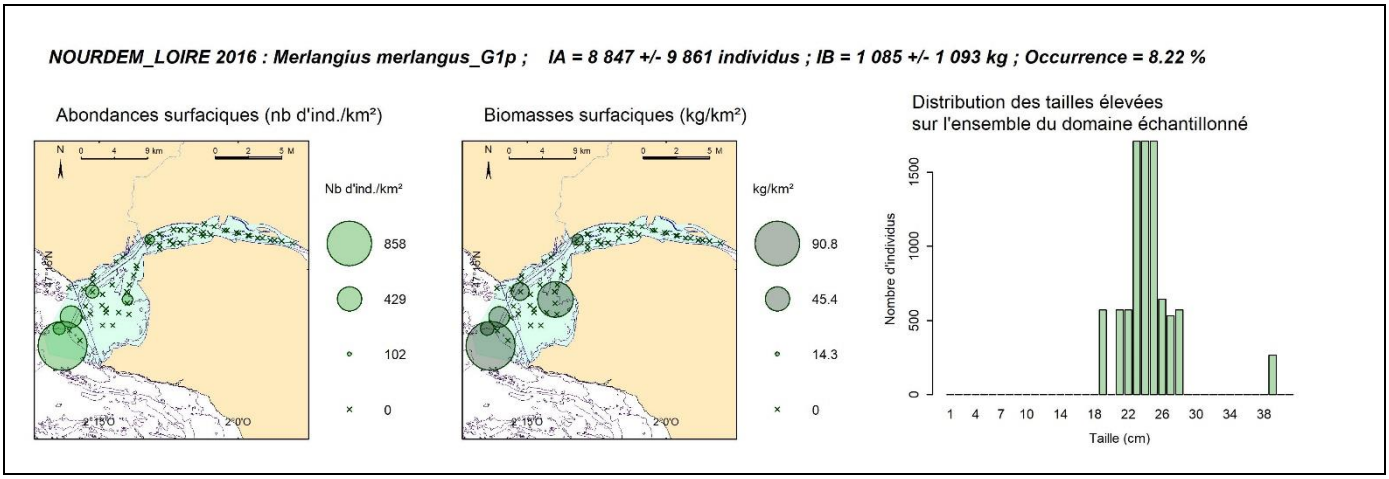


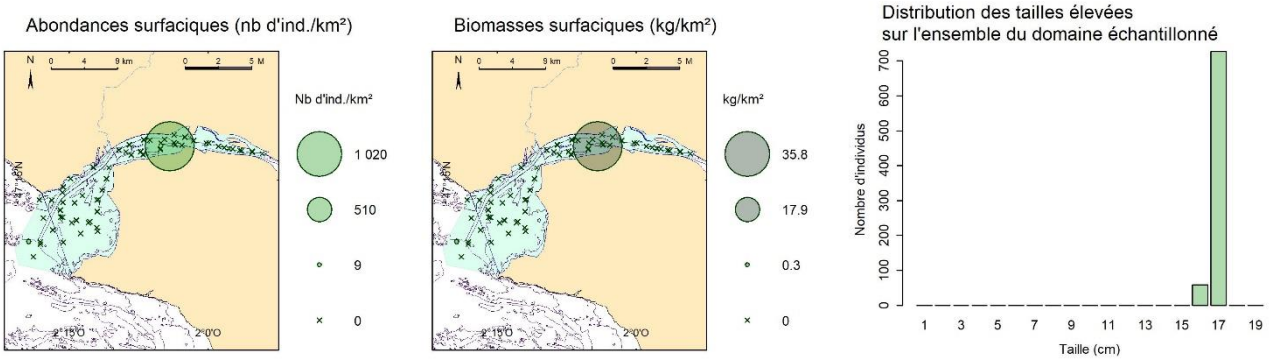
Figure 107 : Les merlans Merlangius merlangus des groupes 1 et + en estuaire de Loire** : indices d'abondance (**IA,** en nombre d'individus**) et** fourchettes d'encadrement **(Fourch.)** au seuil d'erreur de 5% de ces **indices, calculés à partir des données de capture des campagnes NourDem Loire et Bargip Nourriceries entre 2016 et 2021. En bleu, indices RSUFI ; en rouge indices RSTRATI.

Hormis en 2016 (8 847 +/- 9 861 individus), les indices d'abondance ont été soit nuls, soit inférieurs à 1000 individus (Figure 107). Les quelques captures ont été enregistrées, soit à l'aval du domaine, soit dans les traits proches du chenal. Les tailles de capture sont comprises entre 19 et 39 cm.

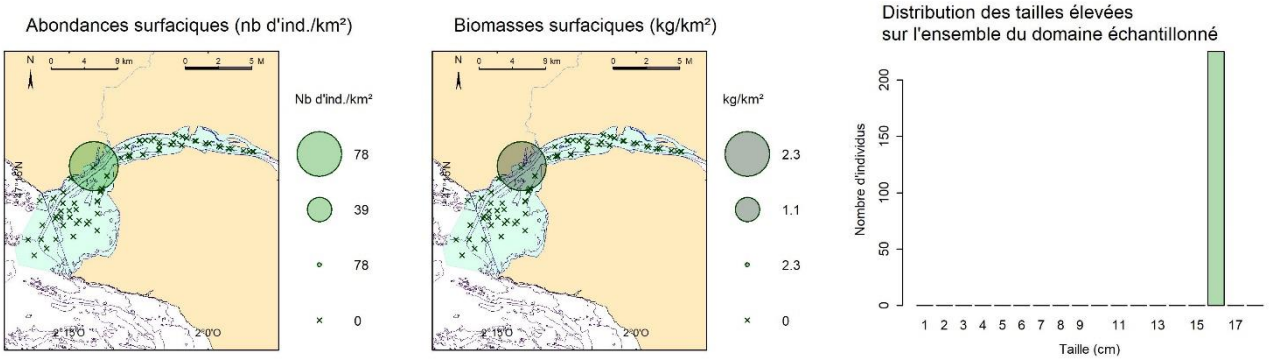


Pas de capture de merlans des groupes 1 et + en 2017

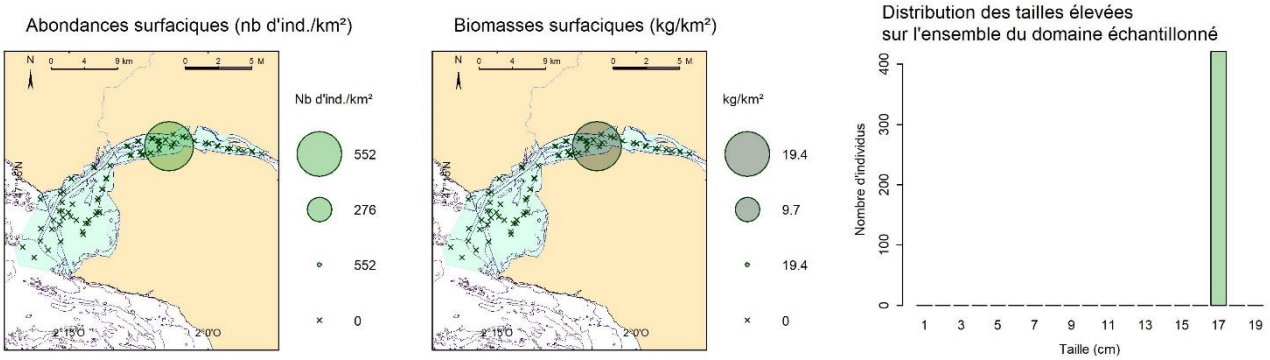
NOURDEM_LOIRE 2018 : Merlangius merlangus_G1p ; IA = 786 +/- 1 579 individus ; IB = 27 +/- 55 kg ; Occurrence = 2.6 %



NOURDEM_LOIRE 2019 : Merlangius merlangus_G1p ; IA = 225 +/- 394 individus ; IB = 6 +/- 11 kg ; Occurrence = 1.33 %



NOURDEM_LOIRE 2020 : Merlangius merlangus_G1p ; IA = 421 +/- 852 individus ; IB = 15 +/- 30 kg ; Occurrence = 1.32 %



Pas de capture de merlans des groupes 1 et + en 2017

Figure 108 : Les merlans des groupes 1 et plus en estuaire de Loire *: densités surfaciques (en nombre d'individus par km² **; script RSUFI**), biomasses surfaciques (en kg/km²) et distributions des tailles élevées à l'ensemble du domaine ech**antillonné des merlans Merlangius merlangus des groupes 1 et plus obtenues dans le cadre des campagnes NourDem Loire entre 2017 et 2021 et Bargip Nourriceries en 2016.***

4.2.12 La crevette grise Crangon crangon en estuaire de Loire

La crevette grise est, après le crabe vert, le crustacé le plus occurrent du suivi NourDem en estuaire de Loire. Elle y fait, comme en estuaire de Seine, l'objet d'une exploitation professionnelle au moyen de chaluts spécifiques. Son occurrence moyenne de capture depuis le début des campagnes (2016-2021) a été de 46,2 %, son indice moyen d'abondance s'élevant à 2,4 millions d'individus pour un indice moyen de biomasse de 2,4 tonnes. Le chalut NourDem n'est pas un engin adapté pour l'échantillonnage de cette espèce (le bourrelet n'est pas réglé pour s'enfoncer suffisamment dans les sédiments et les tailles des premières mailles permettent l'échappement). Les valeurs absolues des indices produits sont donc à prendre avec précautions : c'est la comparaison de leur évolution, années après années, qui présente un intérêt.

Les indices d'abondance annuels apparaissent significativement à la hausse, les années 2021 et 2020 présentant des indices significativement supérieurs à ceux des années 2016, 2017 et 2019 (IA 2021 ≈ 6,6+/-3,9 millions d'individus).

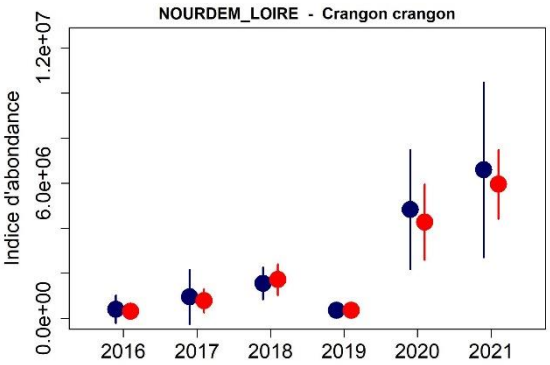
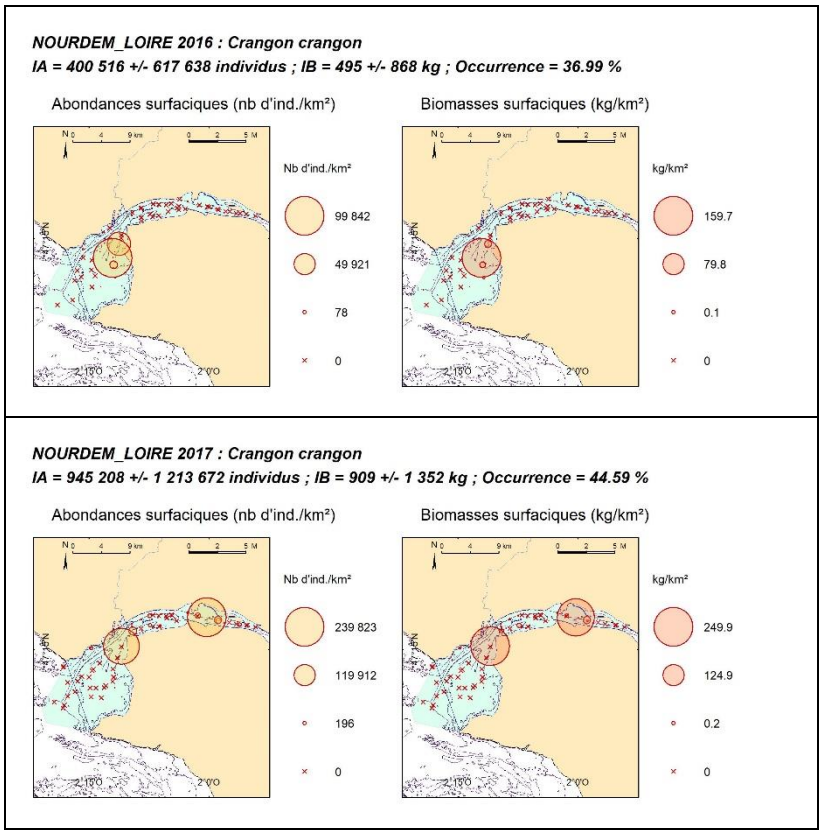


Figure 109 : Les crevettes grises Crangon crangon en estuaire de Loire** : indices d'abondance (**IA,** en nombre d'individus) et fourchettes d'encadrement **(Fourch.)** au seuil d'erreur de 5% de ces **indices, calculés à partir des données de capture des campagnes NourDem Loire et Bargip Nourriceries entre 2016 et 2021. En bleu, indices RSUFI ; en rouge indices RSTRATI.

Les crevettes grises en Loire, au moment de la campagne, sont essentiellement capturées sur les 2 strates les plus amont du domaine échantillonné : « estuaire amont » et « estuaire central », auxquelles il convient néanmoins d'ajouter un petit secteur rive gauche à l'amont de la strate « estuaire aval », dont les fonds sablo-vaseux, apparaissent très propices à l'espèce.



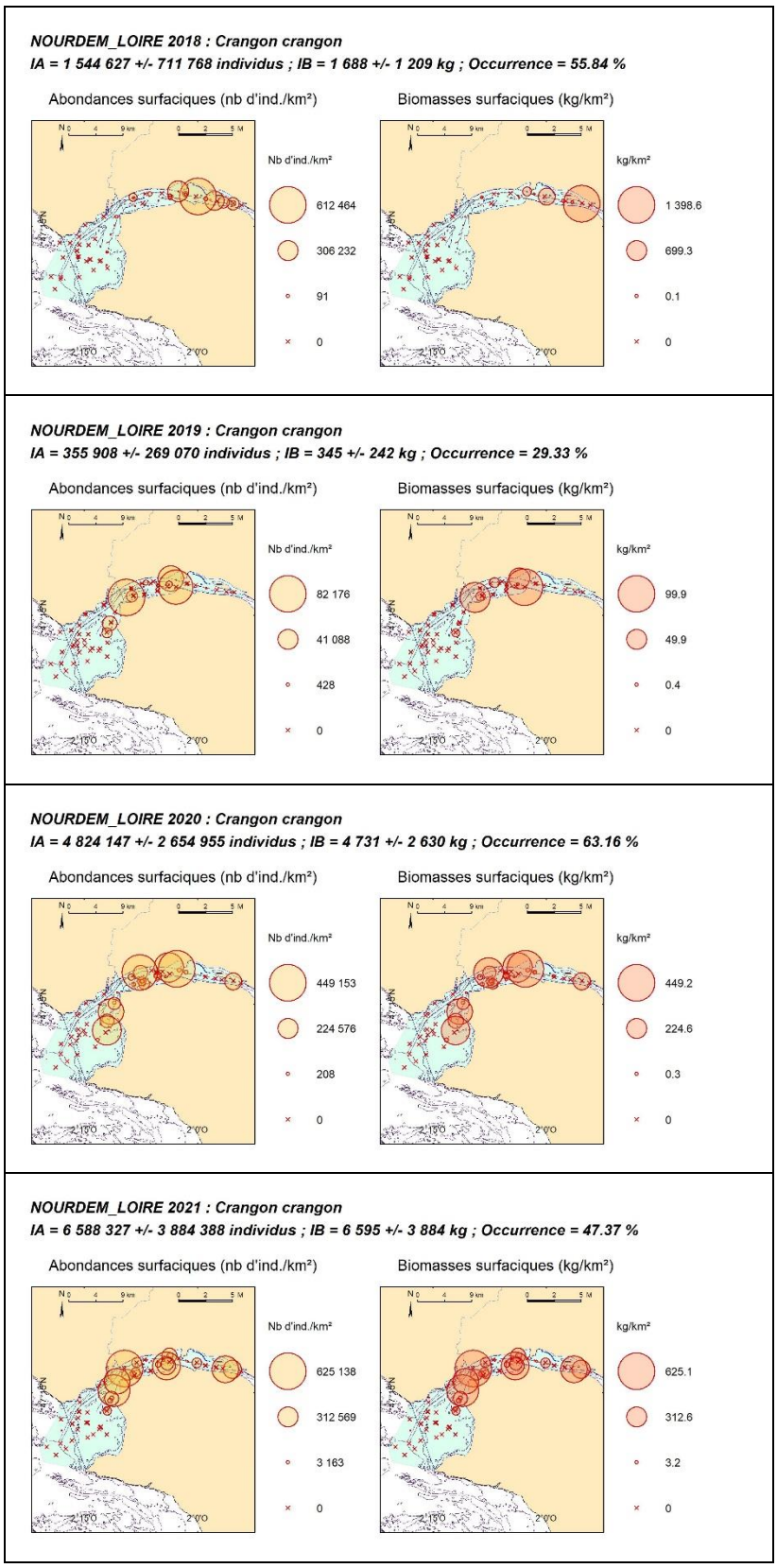


Figure 110 : Les crevettes grises en estuaire de Loire *: densités surfaciques (en nombre d'individus par km²* ***; script RSUFI) et biomasses surfaciques (en kg/km²) des crevettes grises Crangon crangon obtenues dans le cadre des campagnes NourDem Loire entre 2017 et 2021 et Bargip Nourriceries en 2016.***

4.2.13 Les calmars Alloteuthis sp. en estuaire de Loire

Ainsi qu'indiqué au § 4.1.12 concernant l'estuaire de Seine, les petits calmars pélagiques *Alloteuthis* en estuaire de Loire sont très vraisemblablement également des *Alloteutis subulata,* mais comme la présence de l'espèce *Alloteuthis media* ne peut être exclue *a priori* (FAO 2010), ils sont ici regroupés sous la dénomination *Alloteuthis sp*. (des prélèvements et des déterminations seront réalisés en 2022).

Les *Alloteuthis sp.* ont présenté une occurrence moyenne de capture en Loire entre 2016 et 2021 de 36,6 % et un indice moyen d'abondance de ≈ 970 000 individus pour un indice moyen de biomasse de ≈ 3,9 tonnes (poids moyen individuel de 4 grammes ; Tableau 22).

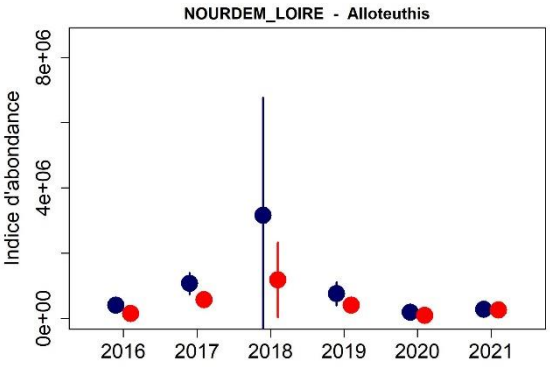
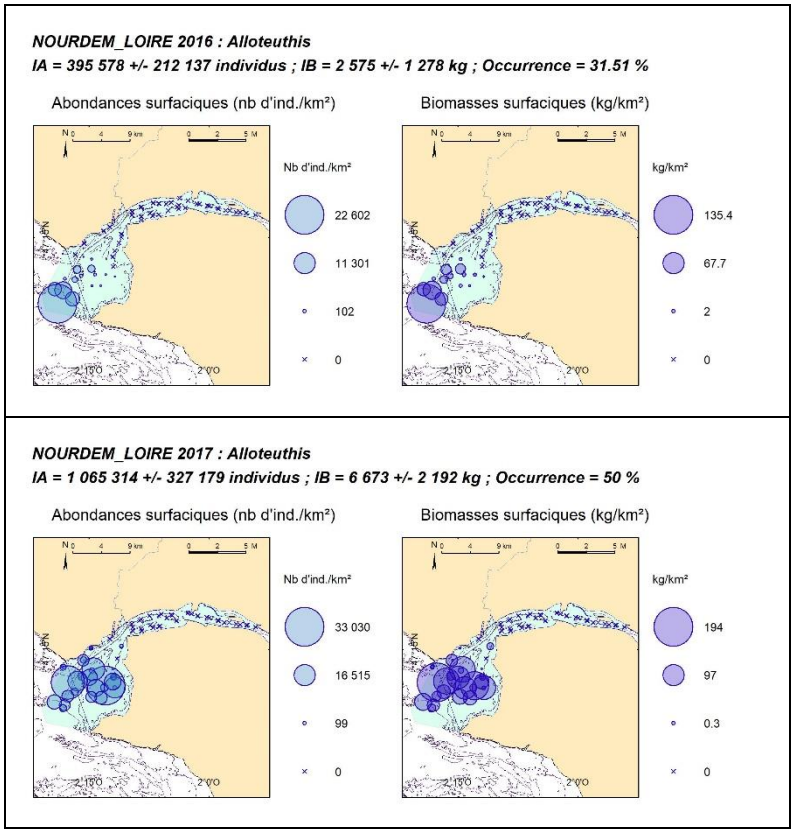


Figure 111 : Les calmars Alloteuthis sp. en estuaire de Loire : *indices d'abondance (**IA,** en nombre d'individus) et fourchettes d'encadrement **(Fourch.)** au seuil d'erreur de 5% de ces indices, **calculés à partir des données de capture des campagnes NourDem Loire et Bargip Nourriceries entre 2016 et 2021. En bleu, indices RSUFI ; en rouge indices RSTRATI.***

Le pic de la série est obtenu en 2018 avec un indice d'abondance évalué à 3,1 +/- 3,6 millions d'individus, ce qui est non significativement supérieur aux indices d'abondance des autres années (Figure 111).

Les captures sont exclusivement réalisées sur les deux strates les plus aval : aucune capture n'a été enregistrée sur les strates « estuaire central » et « estuaire amont » : le petit calmar *Alloteuthis sp*. gagne bien les eaux côtières peu profondes à la belle période, mais ne peut être considéré comme étant inféodé au secteur estuarien à proprement parler.



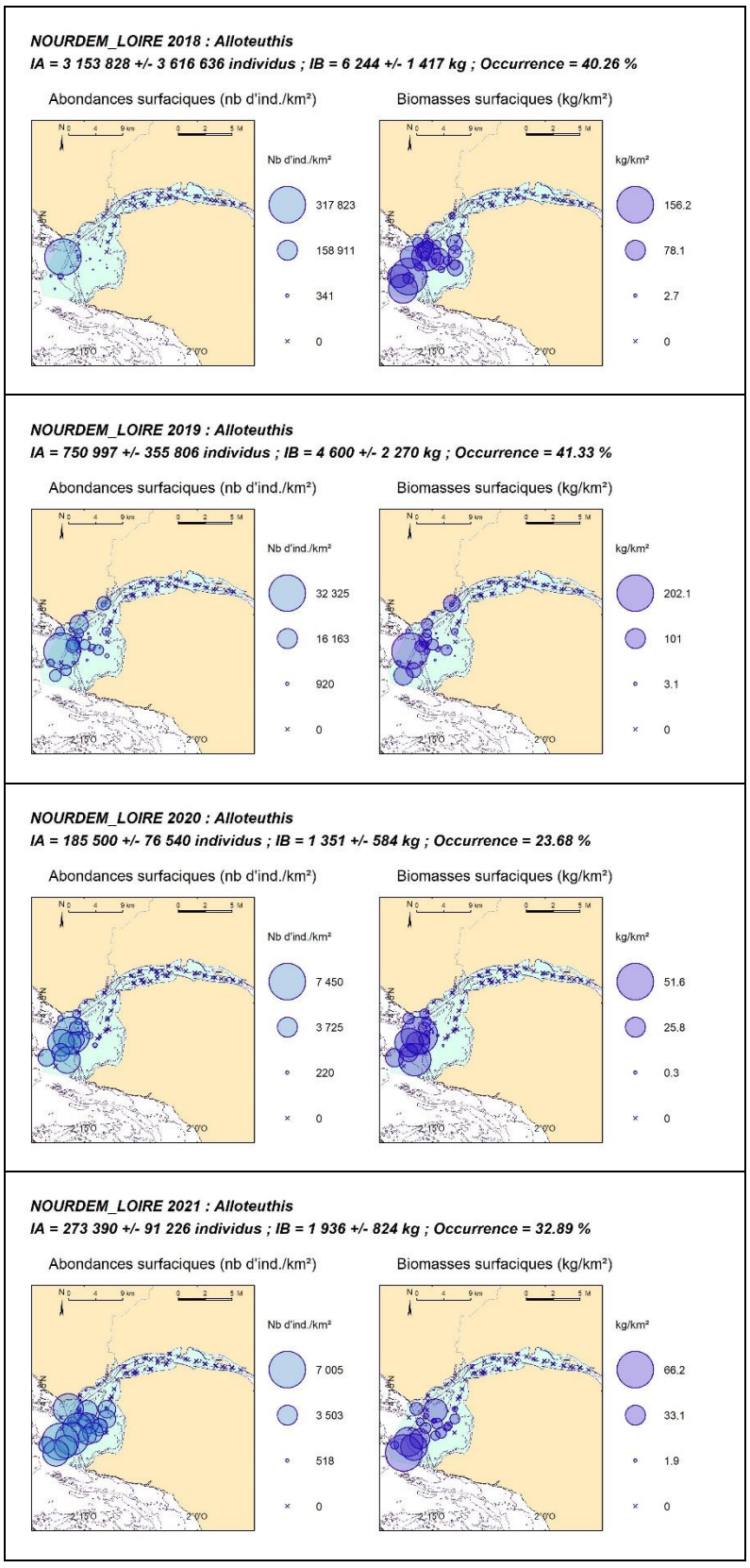


Figure 112 : Les calmars Alloteuthis sp. en estuaire de Loire *: densités surfaciques (en nombre d'individus par km²* ***; script RSUFI) et biomasses surfaciques (en kg/km²) des calmars Alloteuthis sp obtenues dans le cadre des campagnes NourDem Loire entre 2017 et 2021 et Bargip Nourriceries en 2016.***

4.2.14 Les mulets porcs Liza ramada en estuaire de Loire

Les mulets porcs *liza ramada* sont fréquents et abondants dans la partie amont de l'estuaire de Loire (Figure 114) au moment des campagnes. Nombre d'entre eux remontent en eau douce chaque année au printemps et durant l'été, et nous enregistrons principalement les captures sur les traits de l'amont du domaine. L'occurrence moyenne de capture sur la période 2016-2021 a été de 34,6 %, avec un indice d'abondance moyen de ≈ 65 500 individus et un indice moyen de biomasse de ≈ 18,7 tonnes (Tableau 22). Le poids moyen individuel est donc de ≈ 285 grammes, mais il s'échelonne de fait de quelques grammes (taille minimale enregistrée de 5cm, correspondant à des juvéniles du groupe 0) à plus de 3 kg (taille maximale enregistrée de 68 cm).

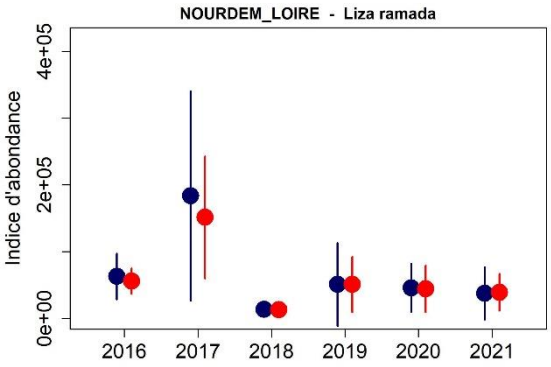
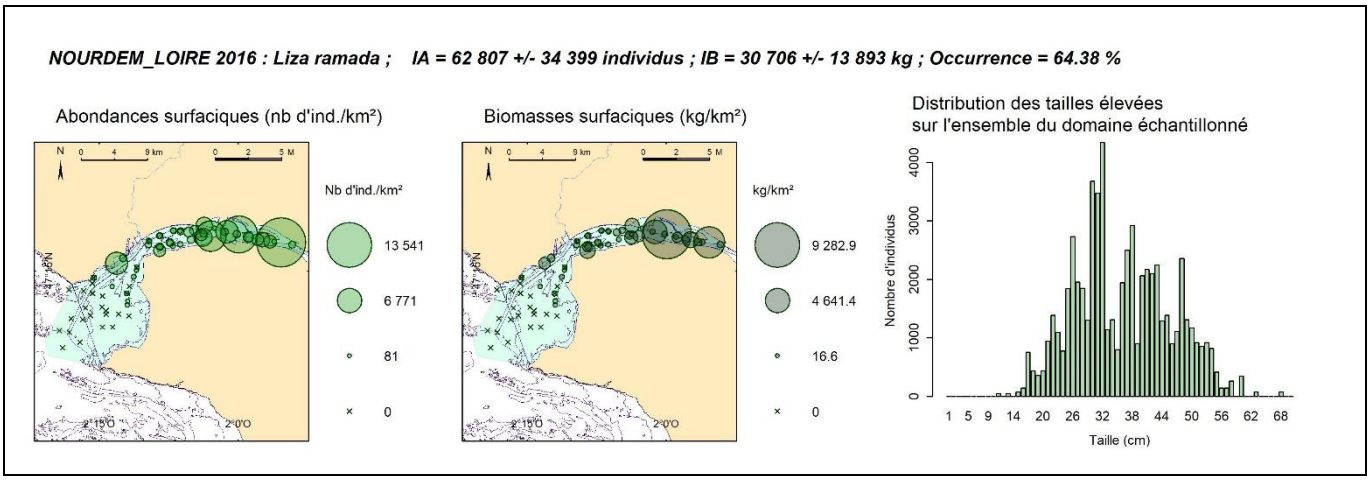


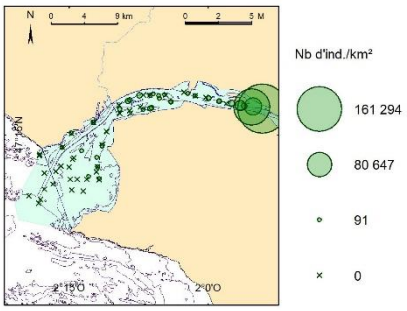
Figure 113 : Les mulets porcs Liza ramada. en estuaire de Loire** : indices d'abondance (**IA, en nombre** d'individus) et fourchettes d'encadrement **(Fourch.)** au seuil d'erreur de 5% **de ces indices, calculés à partir des données de capture des campagnes NourDem Loire et Bargip Nourriceries entre 2016 et 2021. En bleu, indices RSUFI ; en rouge indices RSTRATI.

L'indice d'abondance maximal de la série est observé en 2017 (≈ 183 000 individus selon RSUFI). L'indice minimal, enregistré en 2018 (12 654 +/- 9 306 individus), est significativement inférieur à ceux des autres années selon le script RSTRATI (le script RSUFI est moins discriminant). Les autres années ne présentent pas de différences significatives d'abondance entre elles (Figure 113).

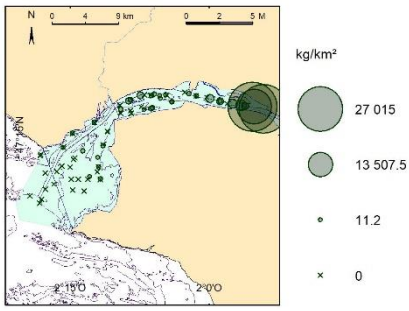


NOURDEM_LOIRE 2017 : Liza ramada ; IA = 183 478 +/- 157 085 individus ; IB = 44 935 +/- 31 755 kg ; Occurrence = 45.95 %

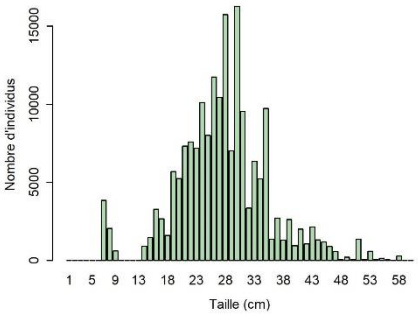
Abondances surfaciques (nb d'ind./km²)



Biomasses surfaciques (kg/km²)

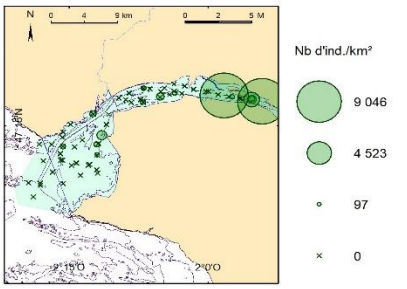


Distribution des tailles élevées sur l'ensemble du domaine échantillonné

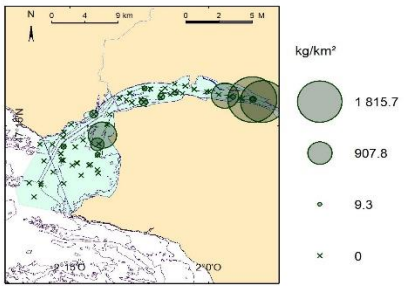


NOURDEM_LOIRE 2018 : Liza ramada ; IA = 13 129 +/- 11 542 individus ; IB = 5 387 +/- 5 632 kg ; Occurrence = 19.48 %

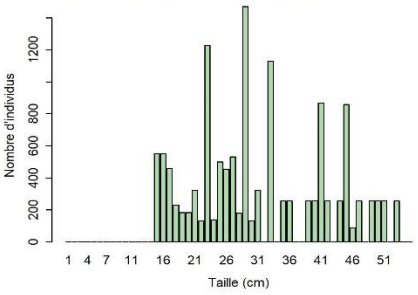
Abondances surfaciques (nb d'ind./km²)



Biomasses surfaciques (kg/km²)

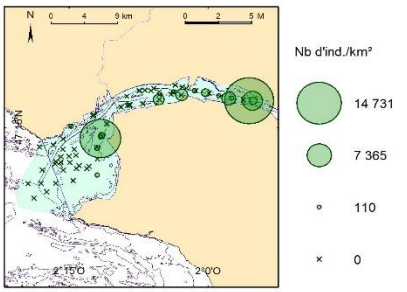


Distribution des tailles élevées sur l'ensemble du domaine échantillonné

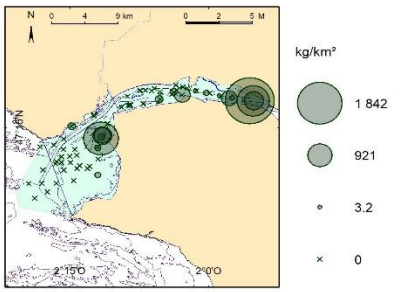


NOURDEM_LOIRE 2019 : Liza ramada ; IA = 50 676 +/- 62 328 individus ; IB = 9 413 +/- 7 573 kg ; Occurrence = 24 %

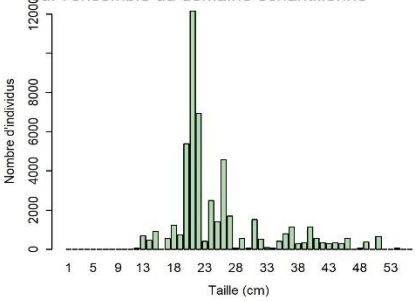
Abondances surfaciques (nb d'ind./km²)



Biomasses surfaciques (kg/km²)

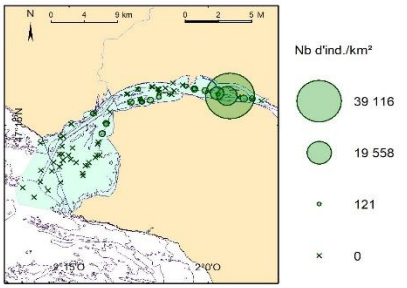


Distribution des tailles élevées sur l'ensemble du domaine échantillonné

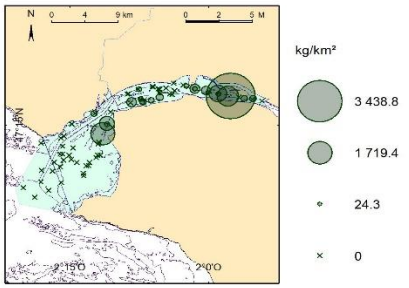


NOURDEM_LOIRE 2020 : Liza ramada ; IA = 45 750 +/- 36 094 individus ; IB = 10 306 +/- 9 195 kg ; Occurrence = 28.95 %

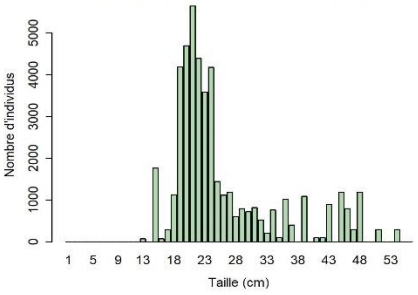
Abondances surfaciques (nb d'ind./km²)



Biomasses surfaciques (kg/km²)



Distribution des tailles élevées sur l'ensemble du domaine échantillonné



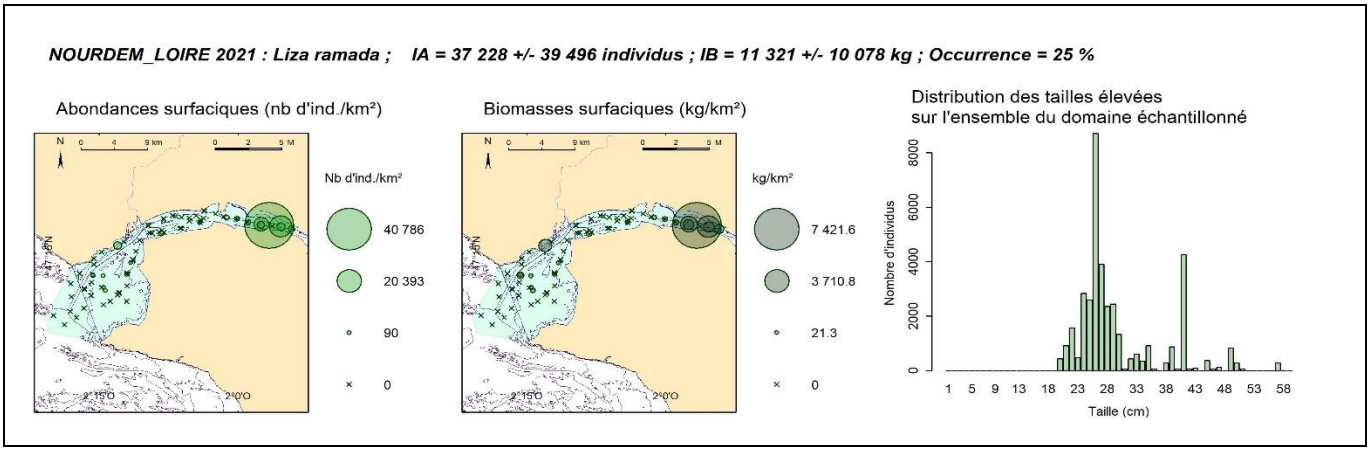


Figure 114 : Les mulets porcs en estuaire de Loire *: densités surfaciques (en nombre d'individus par km²* ***; script RSUFI),*** *biomasses surfaciques (en kg/km²) et distributions des tailles élevées à l'ensemble du domaine échantillonné des mul****ets porcs Liza ramada obtenues dans le cadre des campagnes NourDem Loire entre 2017 et 2021 et Bargip Nourriceries en 2016.***

4.2.15 Le chinchard commun Trachurus trachurus en estuaire de Loire

Le chinchard commun est un petit pélagique qui n'est pas inféodé à l'estuaire *stricto sensu*, mais gagne les zones côtières en général à partir du printemps. Il est plus particulièrement capturé sur l'aval du domaine échantillonné, hormis en 2018, année où le plus fort indice d'abondance a été observé (1,6 +/- 0,9 millions d'individus ; Figure 115), et où l'on a enregistré des captures dans l'intégralité de l'estuaire, jusqu'aux traits les plus amont (Figure 116).

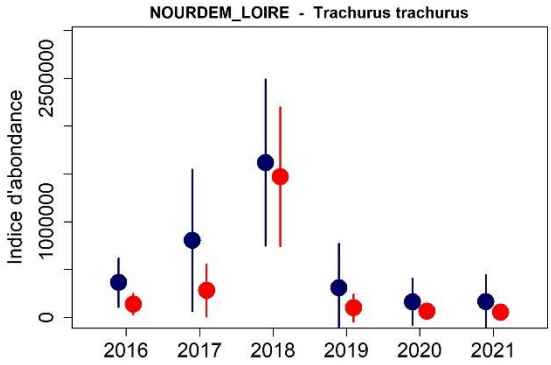
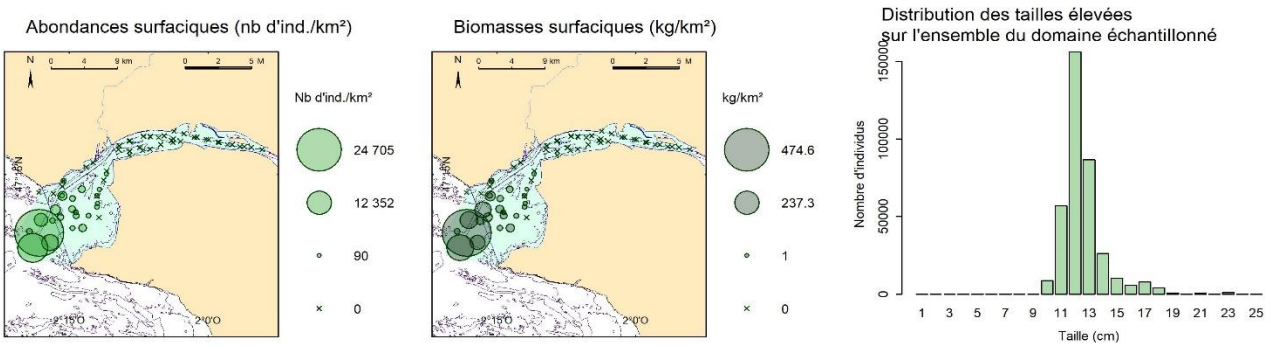


Figure 115 : Les chinchards communs Trachurus trachurus. en estuaire de Loire** : indices d'abondance (**IA, en nombre** d'individus) et fourchettes d'encadrement **(Fourch.) au seuil** d'erreur de 5% de ces indices, calculés à partir des données de **capture des campagnes NourDem Loire et Bargip Nourriceries entre 2016 et 2021. En bleu, indices RSUFI ; en rouge indices RSTRATI.

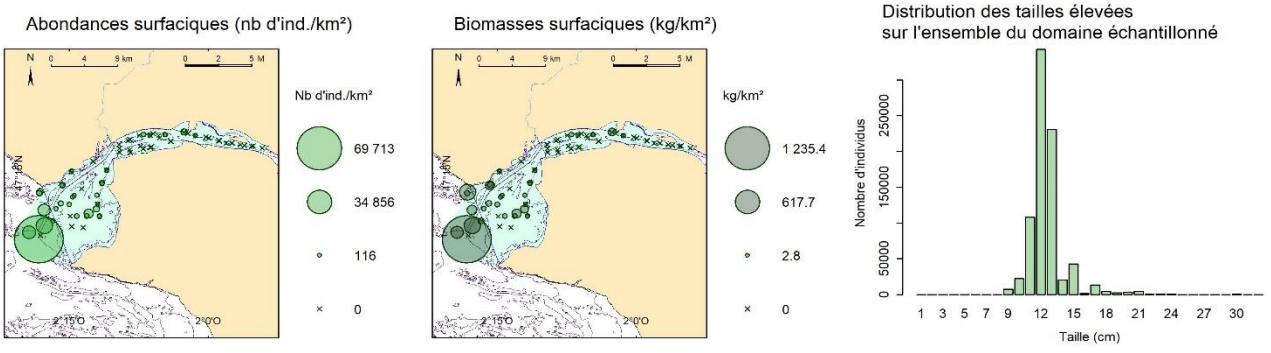
En moyenne, sur la période 2016-2021, son occurrence de capture a été de 34,1 %, son indice d'abondance de ≈ 570 000 individus et son indice de biomasse de ≈ 14,7 tonnes (Tableau 22). Selon le script RSTRATI, l'année 2018 se démarque de toutes les autres, l'indice d'abondance étant significativement supérieur. Les autres années ne présentent pas de différence significative entre elles.

Les tailles de capture ont été comprises entre 4 et 33 cm.

NOURDEM_LOIRE 2016 : Trachurus trachurus ; IA = 364 433 +/- 256 567 individus ; IB = 7 369 +/- 4 837 kg ; Occurrence = 34.25 %



NOURDEM_LOIRE 2017 : Trachurus trachurus ; IA = 802 999 +/- 741 590 individus ; IB = 15 312 +/- 13 484 kg ; Occurrence = 43.24 %



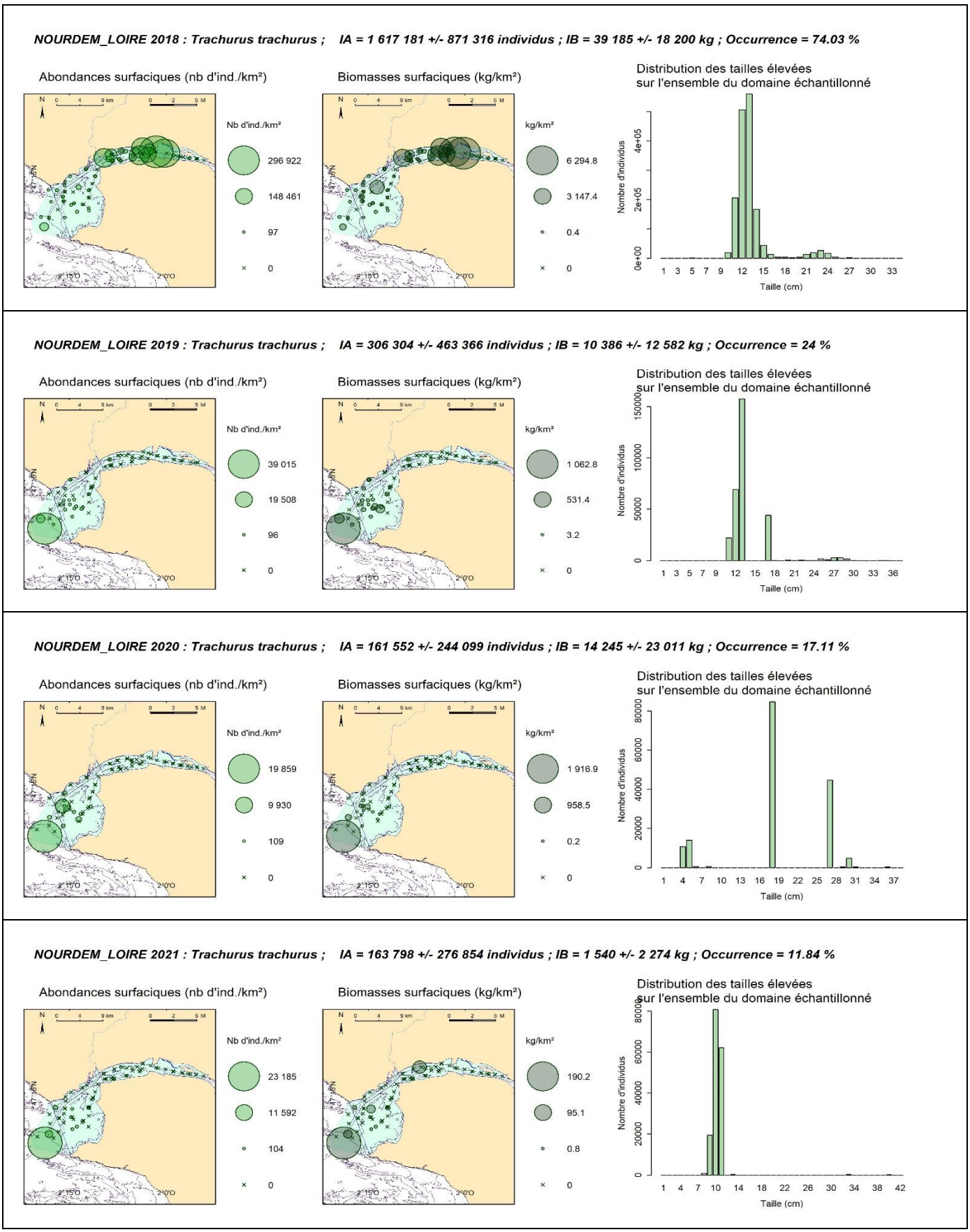


Figure 116 : Les chinchards communs Trachurus trachurus en estuaire de Loire : densités surfaciques (en nombre** d'individus par km² **; script RSUFI), biomasses surfaciques (en kg/km²) et distributions des tailles élevées à** l'ensemble **du domaine échantillonné des chinchards communs Trachurus trachurus obtenues dans le cadre des campagnes NourDem Loire entre 2017 et 2021 et Bargip Nourriceries en 2016.

4.2.16 Le gobie buhotte Pomatoschistus minutus en estuaire de Loire

Le gobie buhotte est un petit gobie (taille maximale de l'ordre de 10 cm) inféodé aux zones sableuses à vaseuses en secteurs estuariens. Sa petite taille et son mode de vie benthique font qu'il est mal échantillonné au chalut NourDem, et que ses effectifs sont très vraisemblablement sous-évalués (comme ceux des crevettes grises par exemple). Les valeurs absolues des indices d'abondance produits sont donc à prendre avec précautions, et seuls sont intéressantes les évolutions interannuelles de ces indices.

L'indice a été maximal en 2018, significativement supérieur à celui de autres années (684 200 +/- 248 430 individus selon le script RSTRATI ; selon le script RSUFI, il n'y a pas de différence significative entre l'année 2018 et l'année 2021). La cartographie présentant les densités surfaciques pour l'année 2019 (donnée à titre d'exemple) montre que l'ensemble de l'estuaire est colonisé. L'analyse des contenus stomacaux de juvéniles de bars *Dicentrarchus labrax* menée à l'occasion du projet Bargip Nourricerie avait montré que ce petit gobie (avec le gobie transparent et les gobies à grandes écailles) constitue fréquemment l'une de leurs proies.

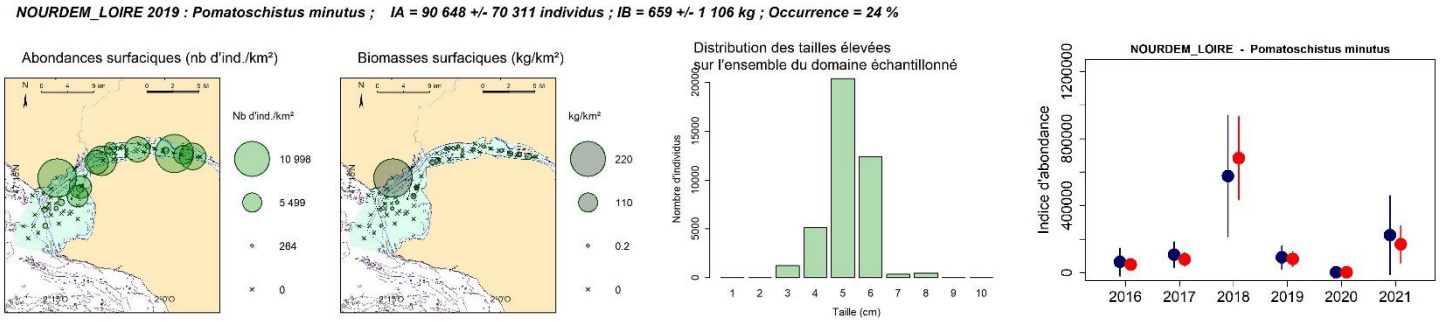


Figure 117 : le gobie Buhotte Pomatoschistus minutus en estuaire de Loire : densités surfaciques (en nombre** d'individus **par km² ; script RSUFI ; à gauche**), biomasses surfaciques (en kg/km²) et distributions des tailles élevées à l'ensemble du domaine échantillonné obtenues lors de la campagne 2019 (données à titre d'exemple) ; A droite, indices d'abondance et **fo**urchettes d'encadrement **t** au seuil d'erreur de 5% **(campagnes NourDem Loire et Bargip Nourriceries entre 2016 et 2021). En bleu, indices RSUFI ; en rouge indices RSTRATI.

4.2.17 L'éperlan d'Europe Osmerus eperlanus en estuaire de Loire

L'éperlan d'Europe est une espèce abondante en estuaire de Seine (IA moyen entre 2017 et 2021 de 1,6 millions d'individus), mais qui a disparu de l'estuaire de Gironde, vraisemblablement en 2005 (aucune capture depuis cette date) selon Lobry et Castelnaud (2015) qui expliquent cette extinction par le fait que cette espèce est sensible au réchauffement des eaux[15] et estiment que la Loire représente aujourd'hui la limite sud de son aire de répartition. Cette espèce amphihaline anadrome est donc un indicateur potentiel dans le cadre du réchauffement climatique, dont l'évolution des effectifs en estuaire de Loire est à suivre en priorité, d'autant qu'elle constitue une des espèces socle du peuplement de cet estuaire (occurrence moyenne de capture entre 2016 et 2021 de 37,7 %, IA moyen de ≈ 260 000 individus et IB moyen de ≈ 1 tonne ; Tableau 22). Pour ces différentes raisons, nous avons considéré deux groupes d'âge, les groupes 0 et les groupes 1 et +.

Il faut cependant noter que l'échantillonnage réalisé en Seine démontre que la zone préférentielle d'habitat des éperlans est le chenal. Or, en Loire, le chenal n'est pas chalutable, seules ses bordures le sont. De ce fait, les indices d'abondance produits risquent de sous-estimer la population en place, qu'il s'agisse des individus du groupe 0 ou de ceux des groupes 1 et plus

Les éperlans d'Europe *Osmerus eperlanus* du groupe 0

Entre 2016 et 2021, l'occurrence moyenne de capture des individus de ce groupe d'âge s'est élevée à 31,43 %, pour un IA moyen de ≈ 236 500 individus et un IB moyen de ≈ 248 kg (Tableau 22).

Les indices annuels d'abondance sont restés relativement faibles de 2016 à 2020 (entre 20 000 et 130 000 individus), et ont connu une augmentation significative en 2021 avec un IA de l'ordre de 1 million d'individus +/- 600 000 (Figure 118)

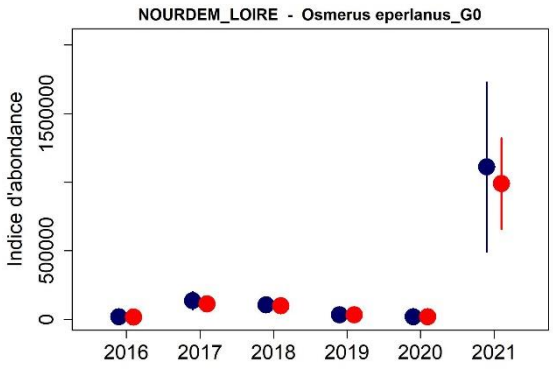


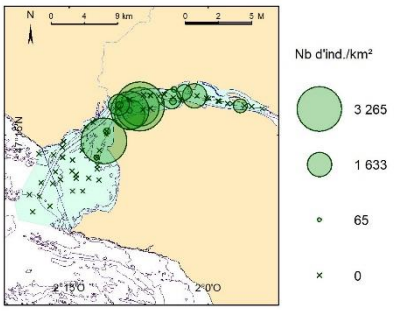
Figure 118 : Les** éperlans d'Europe du groupe 0. **en estuaire de Loire** : indices d'abondance (**IA,** en nombre d'individus) et fourchettes d'encadrement **(Fourch.) au seuil** d'erreur de 5% **de ces indices, calculés à partir des données de capture des campagnes NourDem Loire et Bargip Nourriceries entre 2016 et 2021. En bleu, indices RSUFI ; en rouge indices RSTRATI.

Conformément à la répartition observée en Seine, c'est bien sur les traits les plus proches du chenal que les captures sont enregistrées, et au sein des deux strates les plus amont. Quelques captures seulement sont enregistrées dans la strate « estuaire aval », et aucune sur la strate la plus au large. Les tailles sont comprises entre 4 et 12 cm (Figure 119).

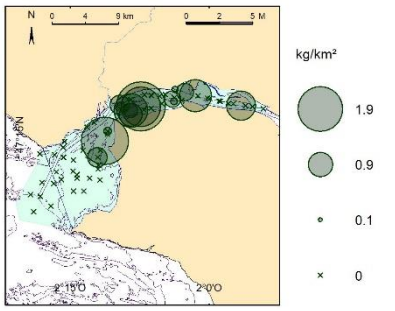
[15] Cette augmentation de la température de l'eau dans l'estuaire de la Gironde est confirmée, entre autres, par les suivis menés pour le compte de l'EDF (centrale nucléaire du Blayais) par l'Ifremer et l'IRSTEA dans le cadre du projet « IGA ».

NOURDEM_LOIRE 2016 : Osmerus eperlanus_G0 ; IA = 17 712 +/- 17 736 individus ; IB = 12 +/- 11 kg ; Occurrence = 21.92 %

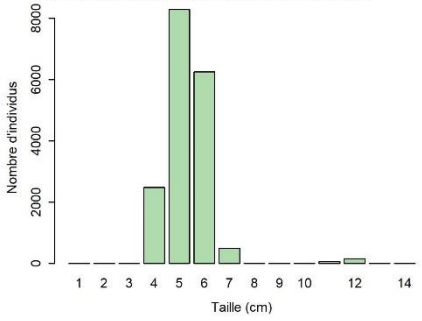
Abondances surfaciques (nb d'ind./km²)



Biomasses surfaciques (kg/km²)

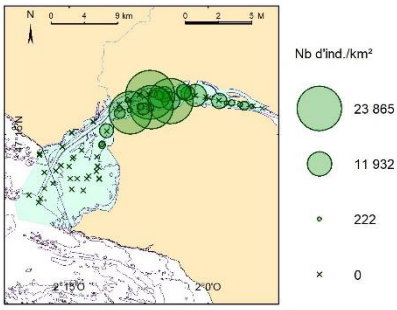


Distribution des tailles élevées sur l'ensemble du domaine échantillonné

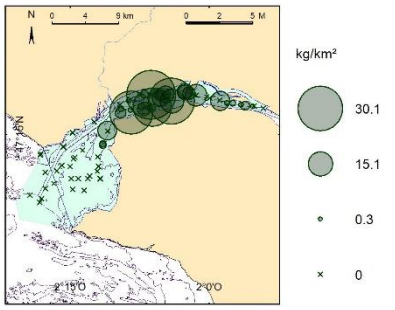


NOURDEM_LOIRE 2017 : Osmerus eperlanus_G0 ; IA = 134 798 +/- 65 903 individus ; IB = 183 +/- 91 kg ; Occurrence = 41.89 %

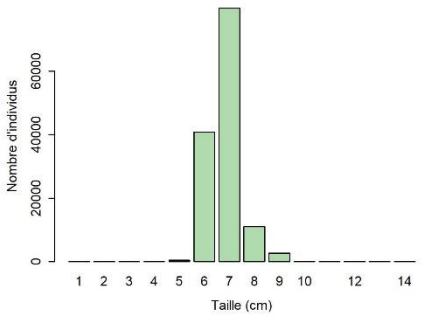
Abondances surfaciques (nb d'ind./km²)



Biomasses surfaciques (kg/km²)

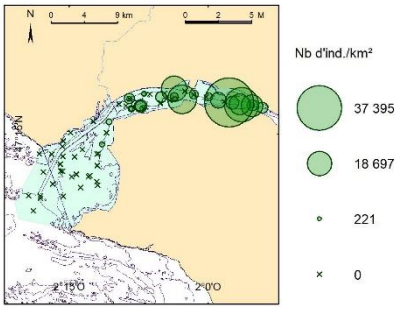


Distribution des tailles élevées sur l'ensemble du domaine échantillonné

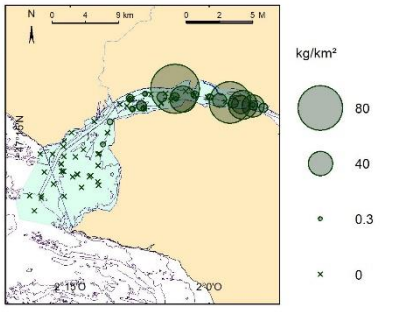


NOURDEM_LOIRE 2018 : Osmerus eperlanus_G0 ; IA = 105 143 +/- 48 210 individus ; IB = 212 +/- 102 kg ; Occurrence = 35.06 %

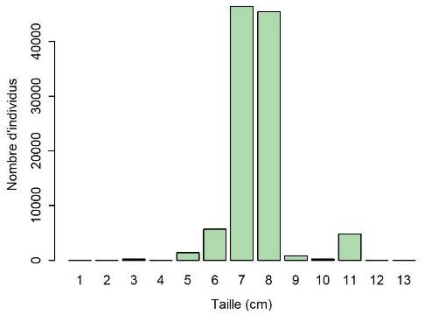
Abondances surfaciques (nb d'ind./km²)



Biomasses surfaciques (kg/km²)

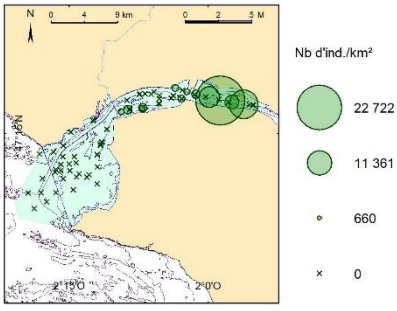


Distribution des tailles élevées sur l'ensemble du domaine échantillonné

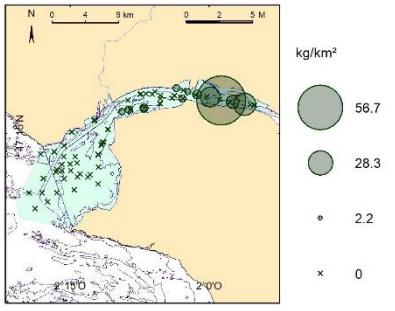


NOURDEM_LOIRE 2019 : Osmerus eperlanus_G0 ; IA = 31 289 +/- 22 619 individus ; IB = 73 +/- 54 kg ; Occurrence = 16 %

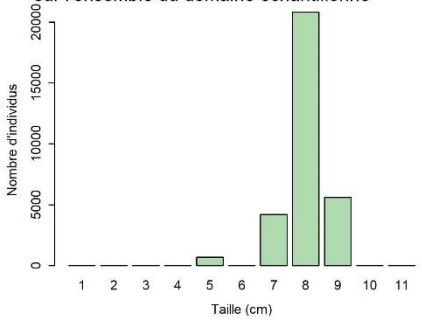
Abondances surfaciques (nb d'ind./km²)



Biomasses surfaciques (kg/km²)



Distribution des tailles élevées sur l'ensemble du domaine échantillonné



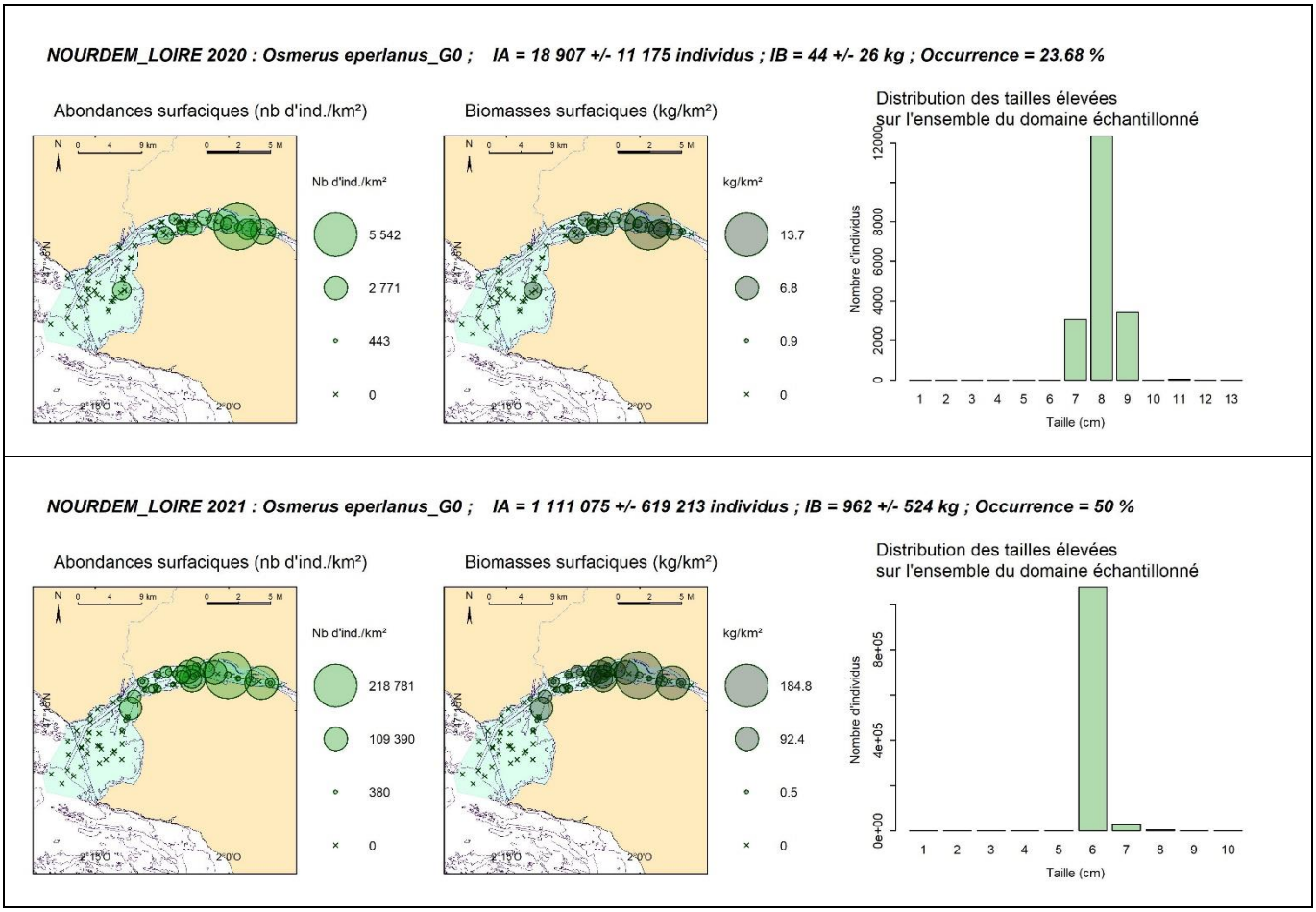


Figure 119** : Les éperlans d'Europe du groupe 0 en estuaire de Loire : densités surfaciques (en nombre d'individus par km² **;** script RSUFI), biomasses surfaciques (en kg/km²) et distributions des tailles élevées à l'ensemble du domaine échantillonné des éperlans d'Eur**ope Osmerus eperlanus du groupe 0 obtenues dans le cadre des campagnes NourDem Loire entre 2017 et 2021 et Bargip Nourriceries en 2016.

Les éperlans d'Europe Osmerus eperlanus des groupes 1 et plus

L'occurrence de capture moyenne sur la période 2016-2021 des éperlans des groupes 1+ s'est élevée à 22,8%, pour un IA moyen d'environ 23 000 individus et un IB moyen d'environ 800 kg (poids moyen individuel de ≈ 34 grammes ; Tableau 22).

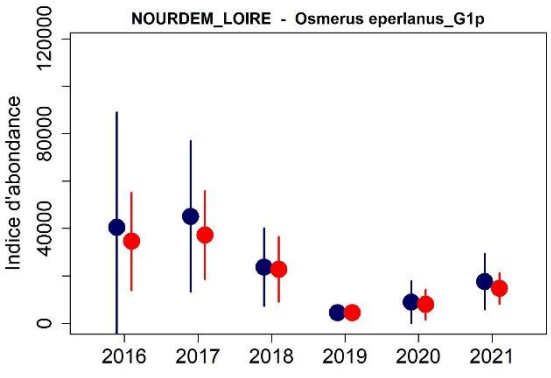
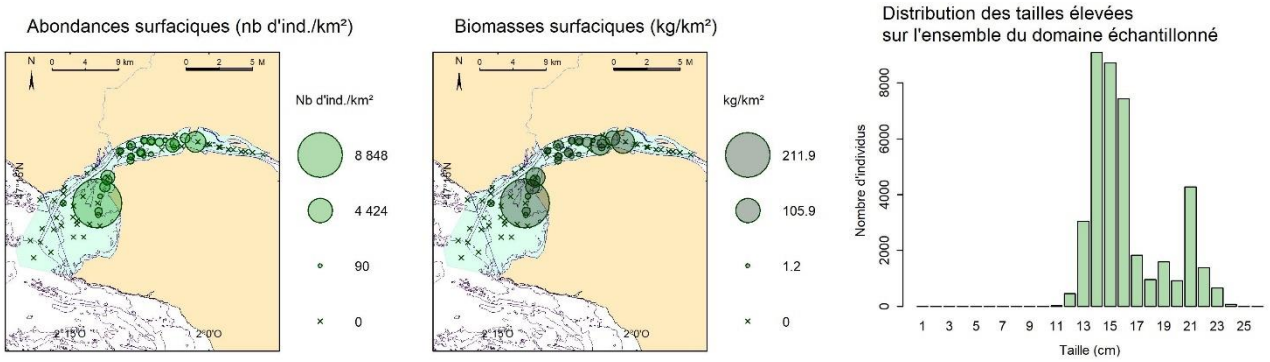


Figure 120 : Les** éperlans d'Europe des groupes 1 et + **en estuaire de Loire** : indices d'abondance (**IA, en nombre** d'individus) et fourchettes d'encadrement **(Fourch.) au seuil** d'erreur de 5% de ces indices, calculés à **partir des données de capture des campagnes NourDem Loire et Bargip Nourriceries entre 2016 et 2021. En bleu, indices RSUFI ; en rouge indices RSTRATI.

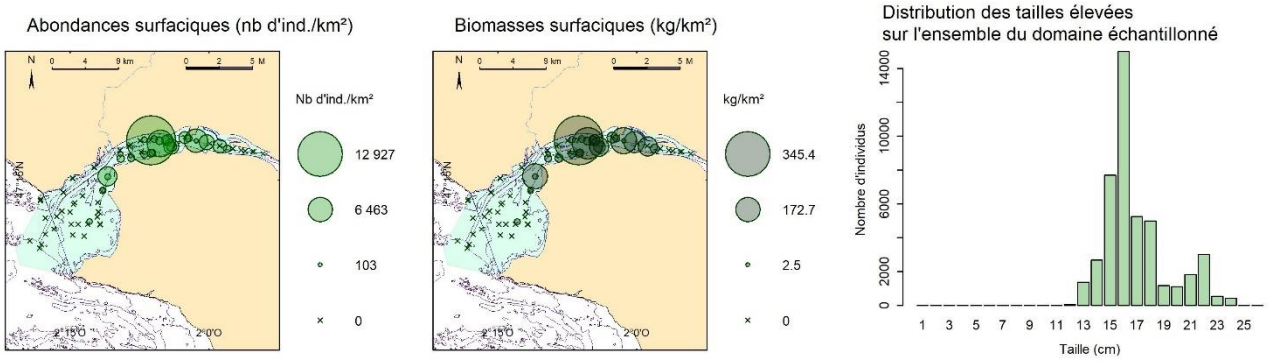
Les indices d'abondance annuels sont passés par un minimum en 2019 (de l'ordre de 4000 individus +/- 3000) et remontent légèrement depuis (IA 2021 d'environ 17 000 individus +/- 12 000 ; différence non significative ; Figure 120).

Les captures sont enregistrées sur les mêmes traits que celles des groupes 0, à savoir en bordure du chenal principalement, et sur les deux strates les plus amont. Légèrement plus de captures en proportion sont enregistrées sur la strate « estuaire aval », notamment dans sa partie la plus à l'Est. Les tailles de capture ont été comprises entre 11 et 24 cm (ce qui correspond *a minima* à des individus des groupe 1 et 2 ; Figure 121).

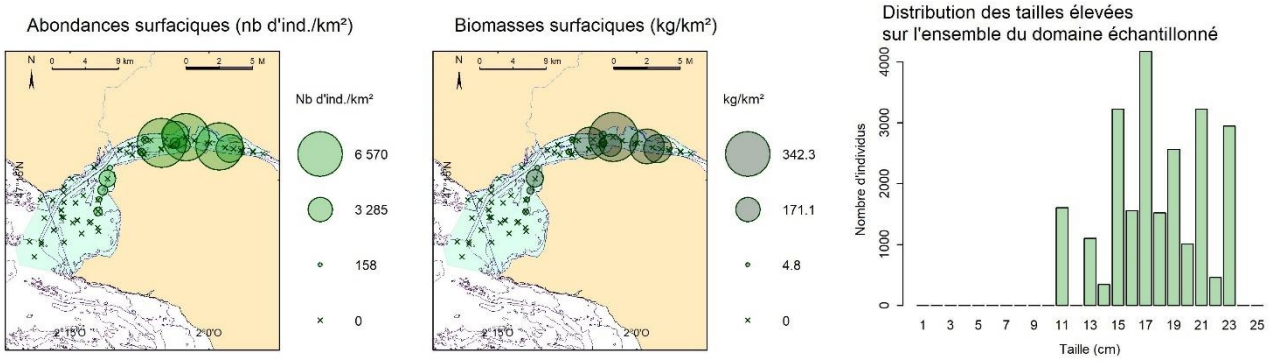
NOURDEM_LOIRE 2016 : Osmerus eperlanus_G1p ; IA = 40 450 +/- 48 623 individus ; IB = 1 174 +/- 1 208 kg ; Occurrence = 41.1 %



NOURDEM_LOIRE 2017 : Osmerus eperlanus_G1p ; IA = 45 110 +/- 31 866 individus ; IB = 1 450 +/- 1 066 kg ; Occurrence = 37.84 %



NOURDEM_LOIRE 2018 : Osmerus eperlanus_G1p ; IA = 23 723 +/- 16 449 individus ; IB = 964 +/- 721 kg ; Occurrence = 19.48 %



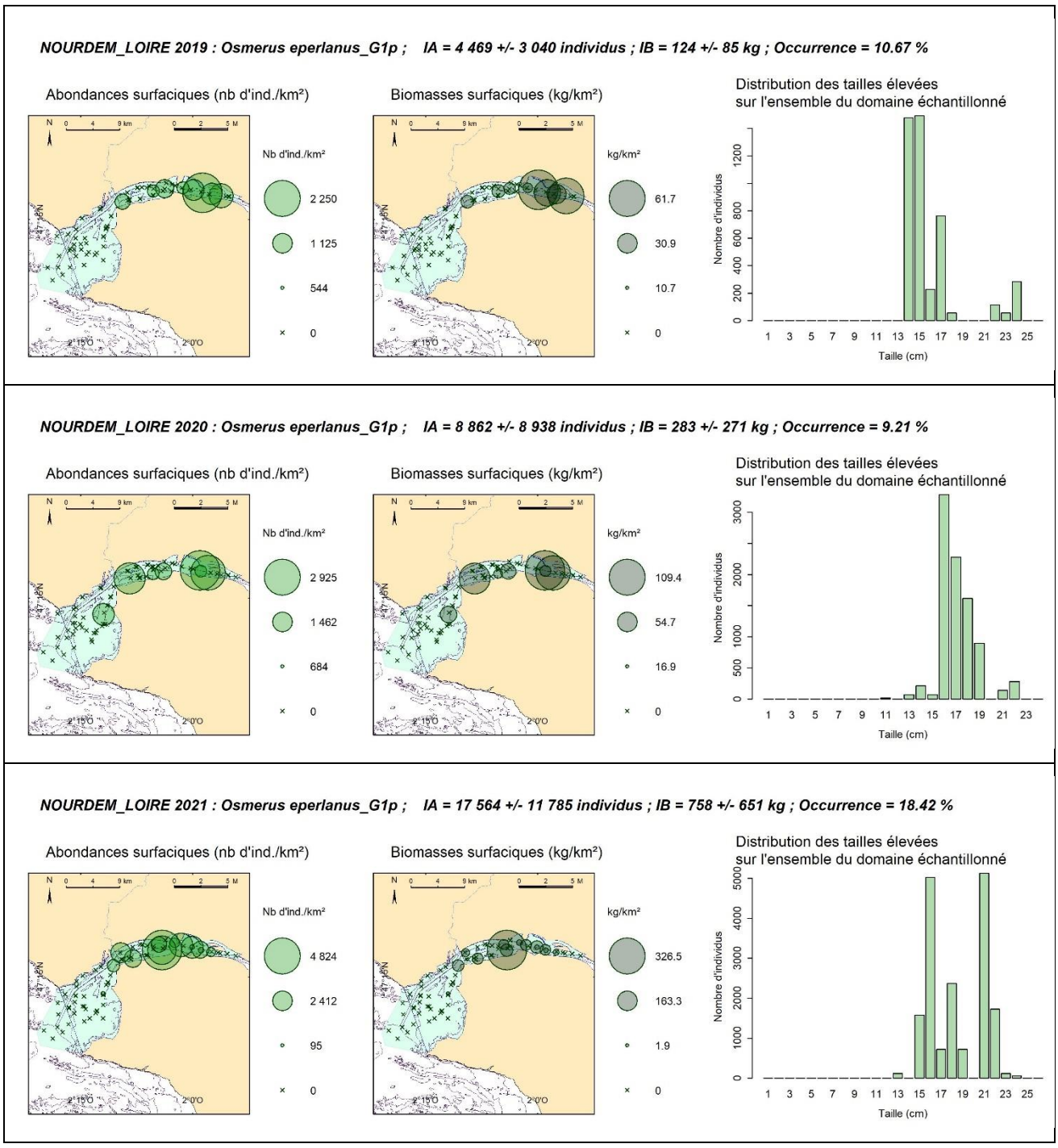


Figure 121 *: Les éperlans d'Europe des groupes 1 et plus en estuaire de Loire* ***: densités surfaciques (en nombre*** *d'individus par km²* ***; script RSUFI), biomasses surfaciques (en kg/km²) et distributions des tailles élevées à*** *l'ensemble du domaine échantillonné des éperlans d'Europe Osmerus eperlanus des groupes 1+ obtenues dans le* ***cadre des campagnes NourDem Loire entre 2017 et 2021 et Bargip Nourriceries en 2016.***

4.2.18 Le gobie transparent Aphia minuta en estuaire de Loire

Le gobie transparent est, comme le gobie buhotte précité, un petit gobie, inféodé aux secteurs sablo-vaseux estuariens. Sa taille maximale est inférieure à 10 cm (fishbase) ; nos captures (en 2019) ont porté sur des individus de 5 et 6 cm uniquement.

Il apparait très localisé en Loire au moment des campagnes, présent quasi exclusivement sur la strate estuaire central. On en pêche quelques rares individus un peu plus à l'amont, sur l'aval de la strate « estuaire amont », et un peu plus à l'aval, sur l'amont de la strate « estuaire aval ». Du fait de sa taille et de son comportement benthique, il est vraisemblablement sous-échantillonné via le chalut NourDem. Ses indices d'abondance annuels ont été compris entre 10 000 et 200 000 individus (Figure 122). Les cartographies d'abondances et de biomasses surfaciques pour l'année 2019 sont données à titre d'exemple. En routine, ces individus ne sont pas mesurés dans le cadre des campagnes NourDem, juste pesés globalement.

Nous disposons de peu d'information sur cette espèce ; lors des analyses de contenus stomacaux de juvéniles de bars provenant de ce domaine en 2016, nous avions constaté que le gobie transparent (ainsi que le gobie buhotte et le gobie à grandes écailles) constituait une proie importante pour les juvéniles de bars (Le Goff et al, 2017).

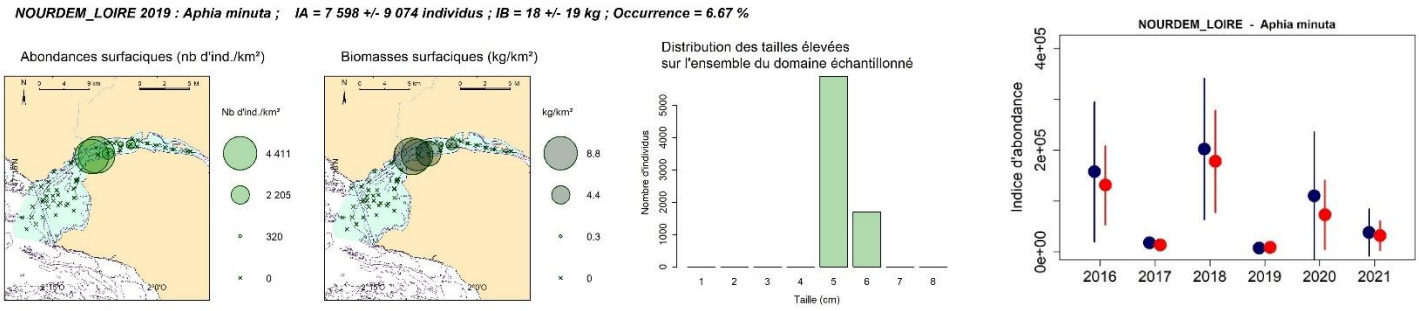


Figure 122 : Les gobies transparents Aphia minuta en estuaire de Loire : cartographies de répartition (abondance et biomasse surfaciques) et distributions de tailles observées lors de la campagne Nourdem 2019 ; *indices d'abondance* ***(IA)*** *et fourchettes d'encadrement au seuil d'erreur de 5% de ces indices, calculés à partir des do****nnées de capture des campagnes NourDem Loire et Bargip Nourriceries entre 2016 et 2021. En bleu, indices RSUFI ; en rouge indices RSTRATI.***

4.2.19 Le congre commun Conger conger en estuaire de Loire

Le congre commun *Conger conger* est une espèce plus abondante et plus fréquente en estuaire de Loire que dans les deux autres estuaires suivis. Son occurrence de moyenne de capture sur la période 2016-2021 s'est élevée à 25,7 %, son indice moyen d'abondance à ≈ 10 900 individus et son indice moyen de biomasse à 28,7 tonnes (poids moyen individuel de 2,6 kg ; Tableau 22).

Son occurrence annuelle de capture a été maximale en 2020 (≈ 23 000 individus +/- 7 400), et minimale en 2018 et 2019 (IA de 4 à 5 000 individus ; Figure 123).

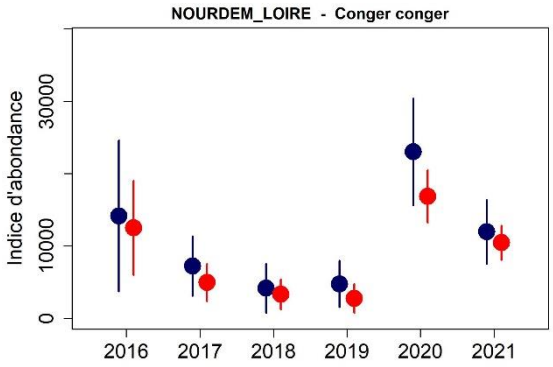
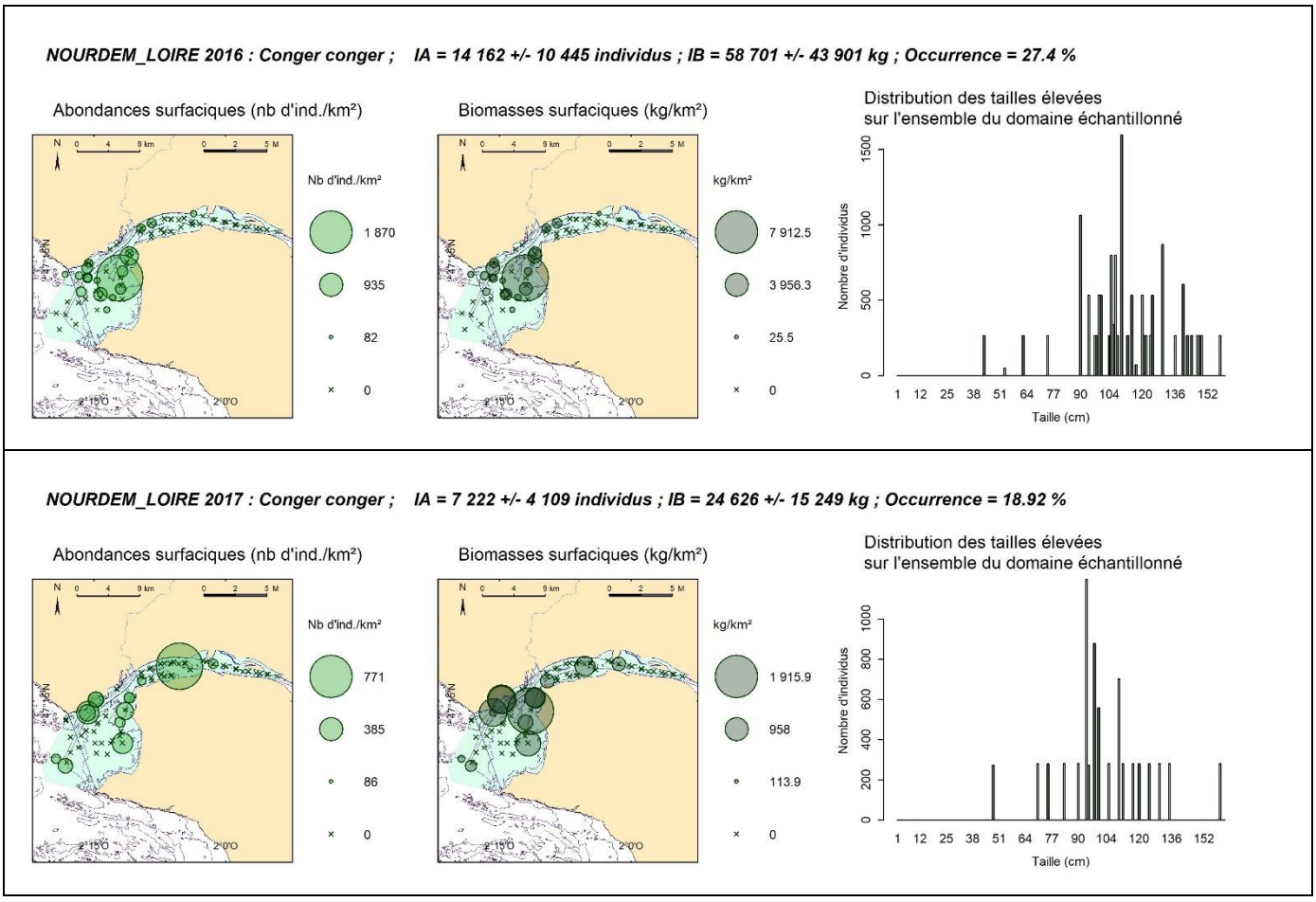


Figure 123 : Les congres communs Conger conger en estuaire de Loire** : indices d'ab**ondance (IA,** en nombre d'individus) et fourchettes d'encadrement **(Fourch.)** au seuil d'erreur de 5% de ces **indices, calculés à partir des données de capture des campagnes NourDem Loire et Bargip Nourriceries entre 2016 et 2021. En bleu, indices RSUFI ; en rouge indices RSTRATI.

Le congre commun colonise les trois strates les plus aval, les plus marines, du domaine échantillonné sans qu'une zone préférentielle se dégage. Aucune capture n'est enregistrée sur les traits les plus amont de la strate « estuaire amont », i.e. là où les salinités sont les plus faibles (Figure 124). Les tailles de capture se sont échelonnées de 33 à 177 cm.



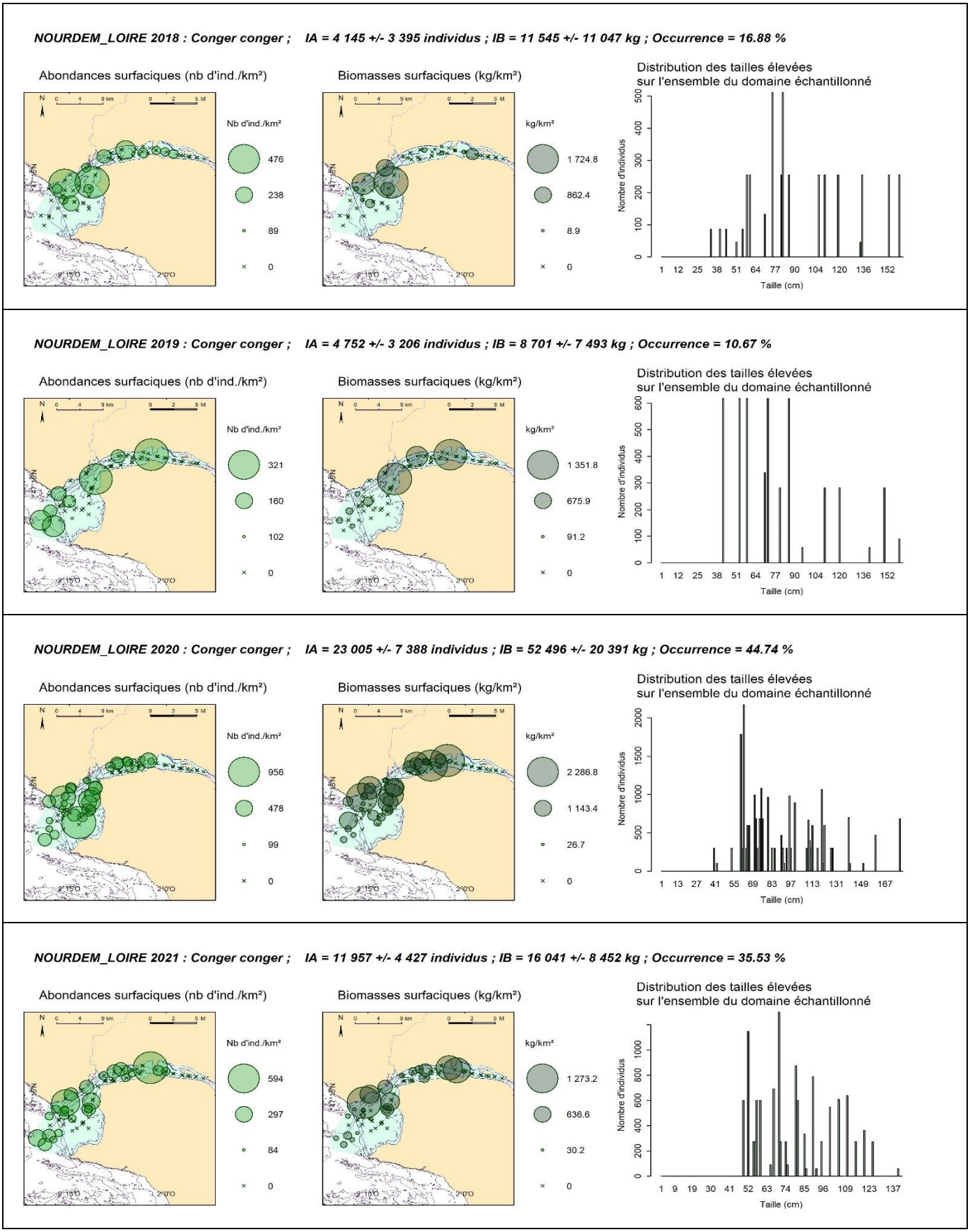


Figure 124 : Les congres commun Conger conger en estuaire de Loire *: densités surfaciques (en nombre d'individus* ***par km²*** *; script RSUFI), biomasses surfaciques (en kg/km²) et distributions des tailles élevées à l'ensemble du* ***domaine échantillonné des congres communs Conger conger obtenues dans le cadre des campagnes NourDem Loire entre 2017 et 2021 et Bargip Nourriceries en 2016.***

4.2.20 L'étoile de mer commune Asterias Rubens en estuaire de Loire

L'étoile de mer commune *Asterias rubens* est un échinoderme, plus inféodé à la frange côtière qu'à l'estuaire à proprement parler. On ne la capture que sur les traits de l'aval du domaine, toujours aux mêmes endroits, sur les traits du Nord-Ouest du domaine, à cheval sur les strates « estuaire aval », et « profond » (Figure 126). : aucune capture n'a été enregistrée sur les strates « estuaire amont » et même « estuaire central ».

Les indices annuels d'abondance sont difficiles à interpréter du fait de l'ampleur des fourchettes d'encadrement (Figure 125). Il semblerait néanmoins que la tendance soit à l'augmentation depuis 2016-2017, à confirmer via les suivis futurs. Ces échinodermes peuvent connaître de très importants développements (c'est le cas par exemple ces dernières années en baie de Douarnenez ; Le Goff et al, 2021), et ils deviennent alors une menace pour la conchyliculture et/ou l'exploitation des gisements coquilliers naturels par consommation des coquillages, et une gêne pour différentes activités halieutiques, par destruction des captures au filet, dégradation des filets (voire des chaluts) eux-mêmes, ou prédation dans les casiers, obturation des goulottes, consommation des captures ou des appâts…

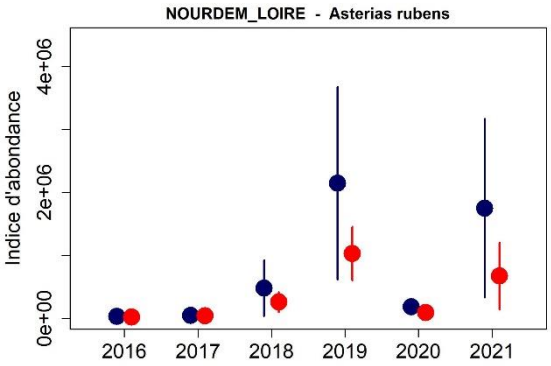
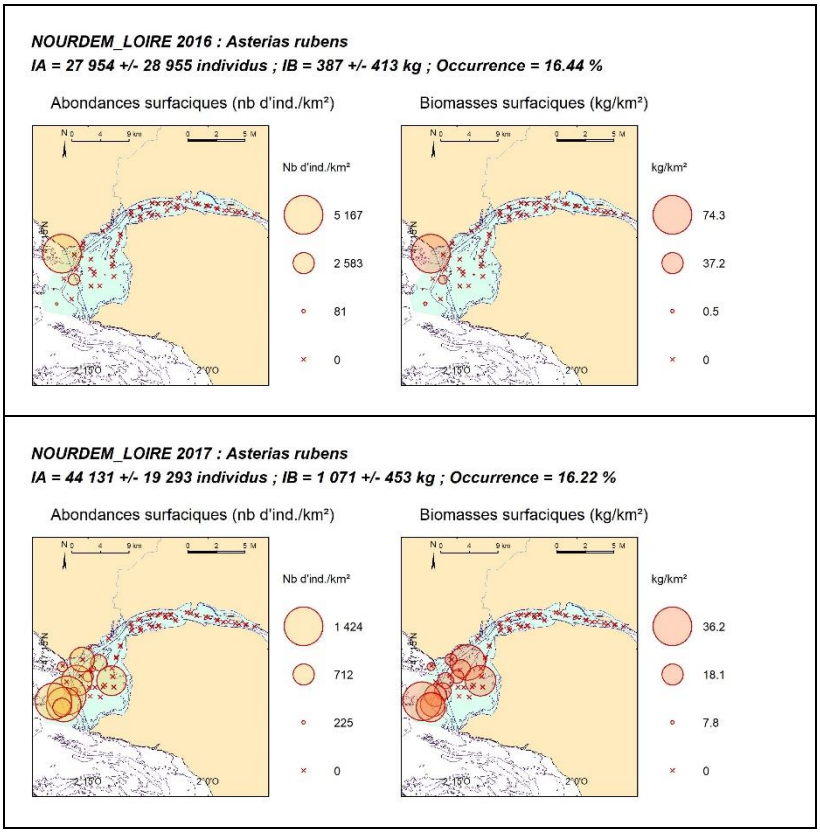


Figure 125 : Les étoiles de mer communes Asterias rubens ***en estuaire de Loire*** *: indices d'abondance (**IA,** en nombre d'individus) et fourchettes d'encadre**ment (Fourch.)** au seuil d'erreur de 5% de **ces indices, calculés à partir des données de capture des campagnes NourDem Loire et Bargip Nourriceries entre 2016 et 2021. En bleu, indices RSUFI ; en rouge indices RSTRATI.***



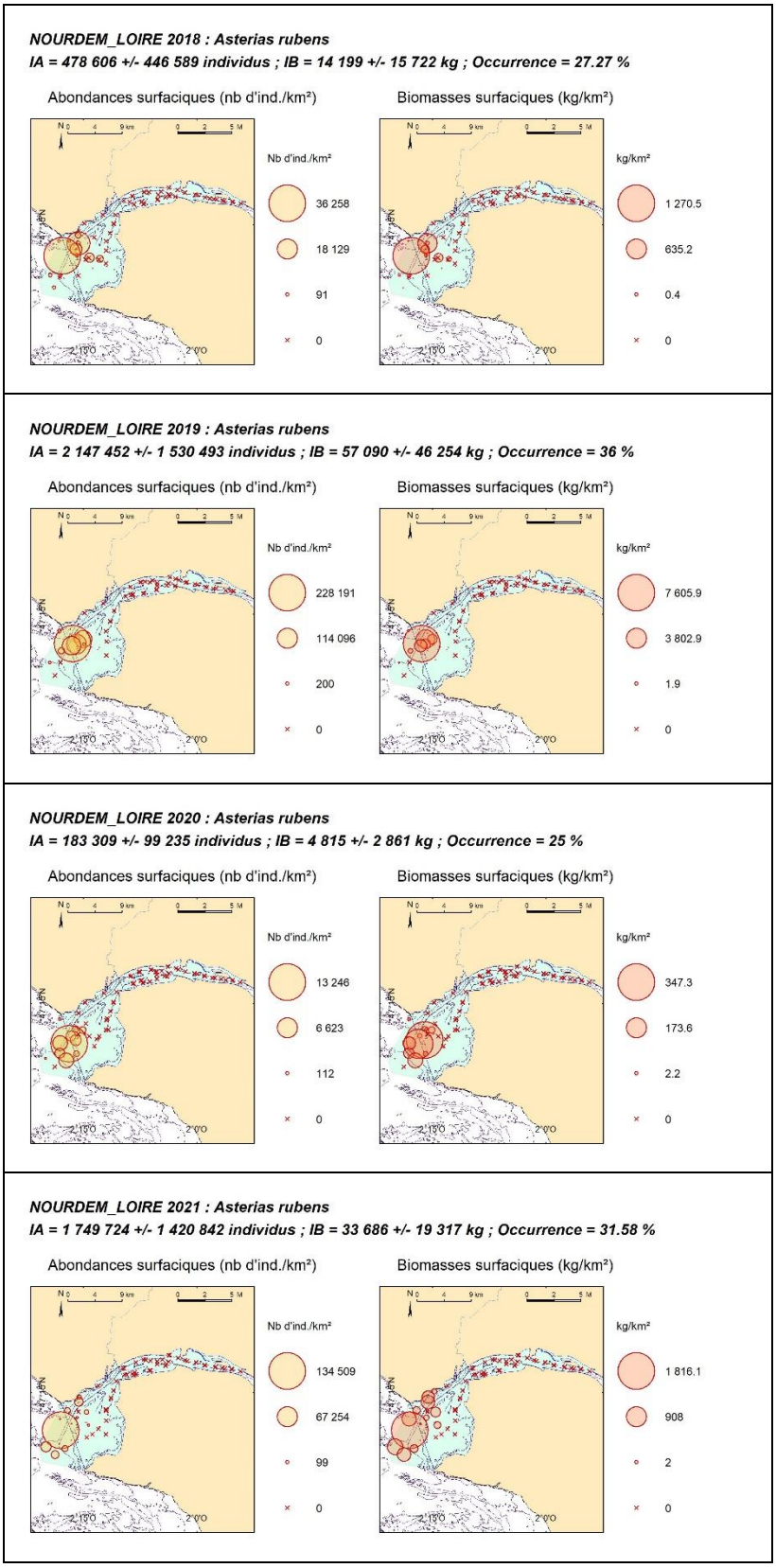


Figure 126 : Les étoiles de mer communes Asterias rubens en estuaire de Loire : densités surfaciques (en nombre** d'individus par km² **; script RSUFI) et biomasses surfaciques (en kg/km²) des étoiles de mer communes Asterias rubens obtenues dans le cadre des campagnes NourDem Loire entre 2017 et 2021 et Bargip Nourriceries en 2016.

4.2.21 La crevette blanche Palaemon longirostris en estuaire de Loire

La crevette blanche *Palaemon longirostris, parfois aussi appelée crevette des marais,* est une espèce de crustacé caractéristique des estuaires et des eaux saumâtres. Elle vit essentiellement dans les parties amont des estuaires, les plus dessalées (Figure 128), et plus en amont que les crevettes grises précitées qui se répartissent plutôt dans les parties plus aval de l'estuaire. On enregistre des captures concomitantes (sur les mêmes traits de chalut) des deux espèces, principalement sur la strate « estuaire central », mais on constate globalement un étagement entre les deux espèces au sein de l'estuaire.

Cette espèce, du fait de sa taille, de son comportement benthique et de son habitat par très petits fonds, est vraisemblablement plutôt mal échantillonnée au moyen du chalut NourDem, et ses indices d'abondance sont donc sous évaluées, à considérer avec précautions (seules les comparaisons interannuelles sont pertinentes).

Son occurrence de capture moyenne sur la période 2016-2021 en estuaire de Loire a été de 25,3 %, son indice moyen d'abondance de ≈ 520 000 individus et son indice moyen de biomasse de ≈ 550 kg (poids moyen individuel de l'ordre d'1 gramme ; Tableau 22).

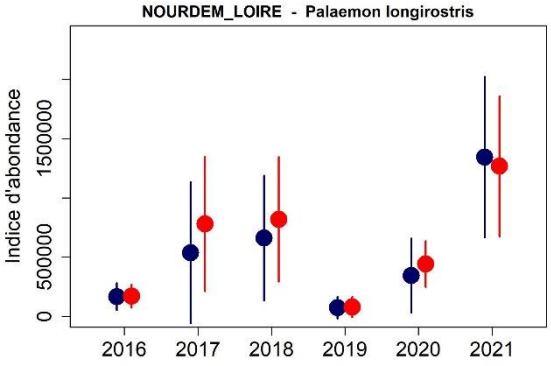
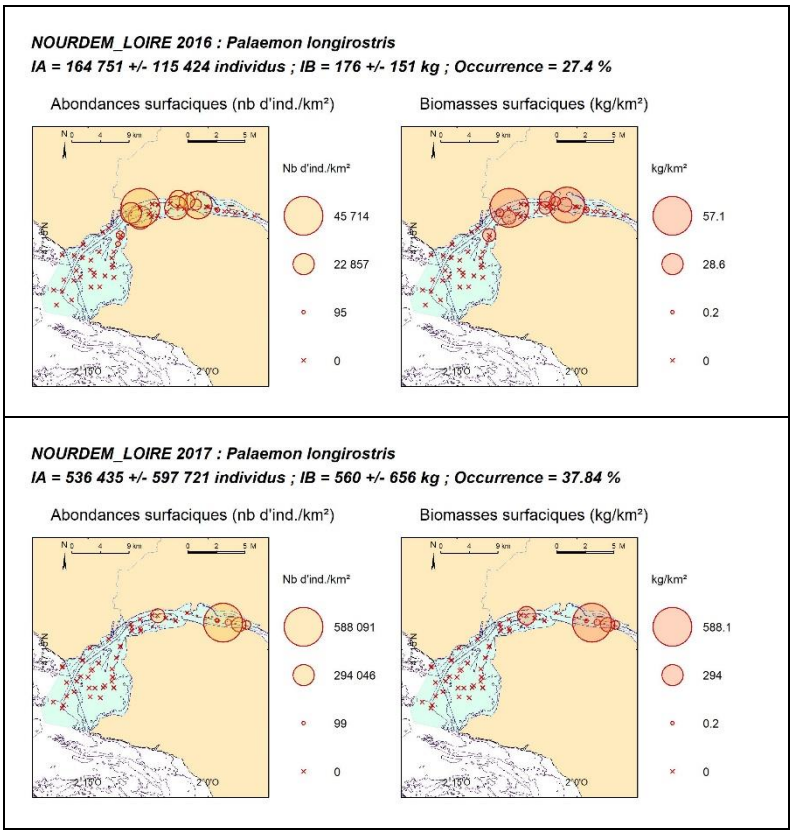


Figure 127 : Les crevettes blanches Palaemon longirostris en estuaire de Loire** : indices d'abondance (**IA, en nombre** d'individus) et fourchettes d'encadrement au seuil d'erreur de 5% **de ces indices, calculés à partir des données de capture des campagnes NourDem Loire et Bargip Nourriceries entre 2016 et 2021. En bleu, indices RSUFI ; en rouge indices RSTRATI.

L'indice d'abondance le plus élevé de la série (1,3+/- 0,68 millions d'individus ; Figure 127) a été enregistré en 2021. Il est significativement supérieur à ceux des années 2016, 2019 et 2020 (selon le script RSUFI).



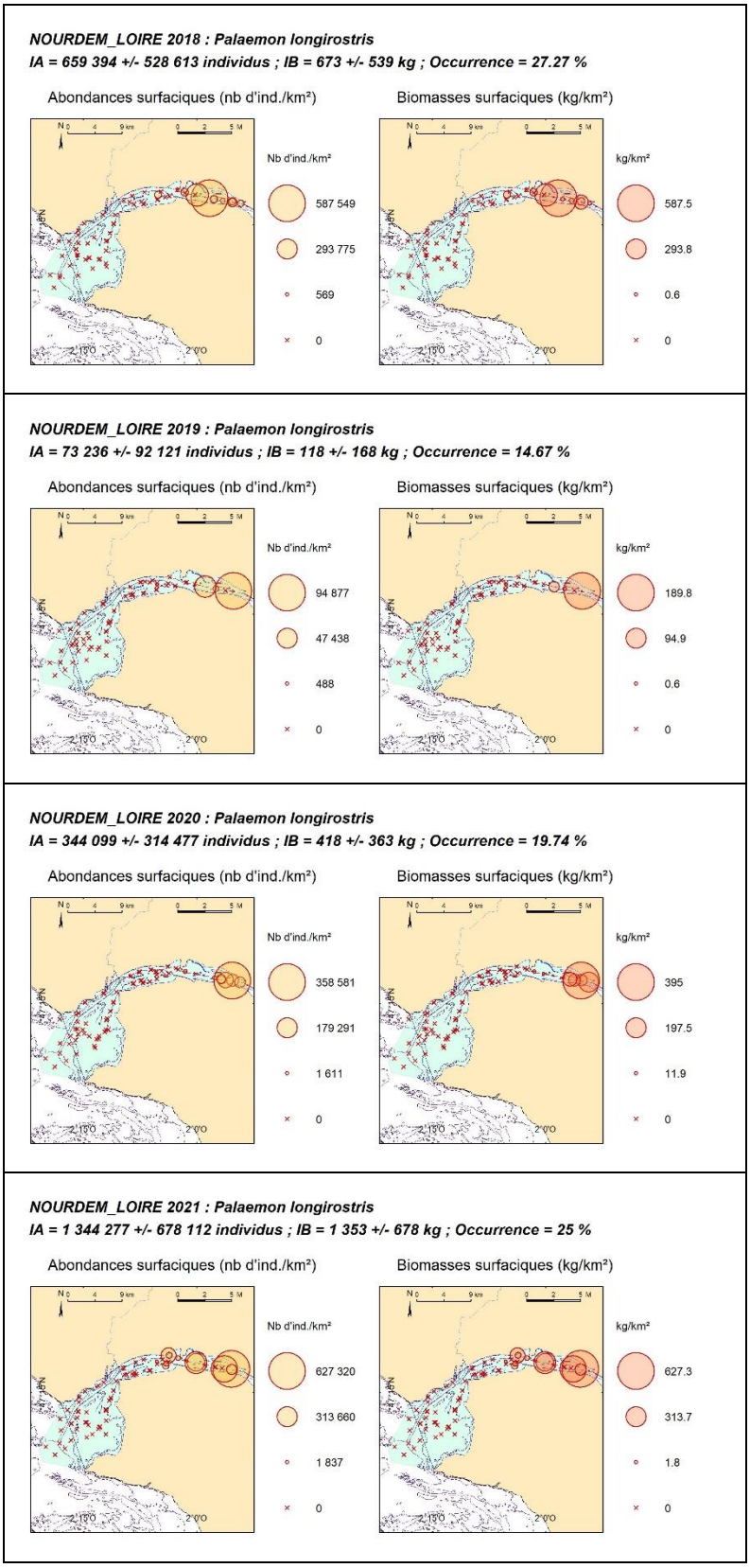


Figure 128 : Les crevettes blanches Palaemon longirostris en estuaire de Loire : densités surfaciques (en nombre** d'individus par km² **; script RSUFI) et biomasses surfaciques (en kg/km²) obtenues dans le cadre des campagnes NourDem Loire entre 2017 et 2021 et Bargip Nourriceries en 2016.

4.2.22 L'athérine Atherina presbyter en estuaire de Loire

L'athérine *Atherina presbyter* est un petit pélagique qui n'est pas strictement inféodé aux secteurs estuariens, mais plutôt à la zone côtière en général qu'il gagne au printemps et en été. En estuaire de Loire, l'espèce a présenté une occurrence moyenne de capture sur la période 2016-2021 de 23,7%, un indice moyen d'abondance de ≈ 362 000 individus et un indice moyen de biomasse de 4,1 tonnes (Tableau 22).

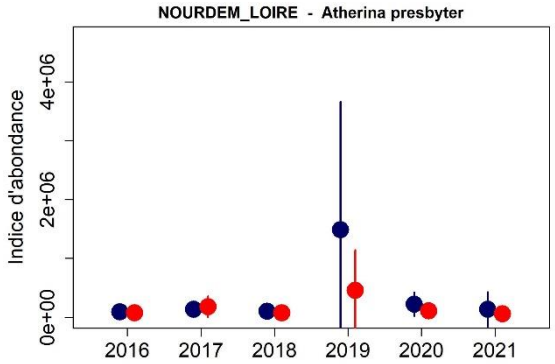
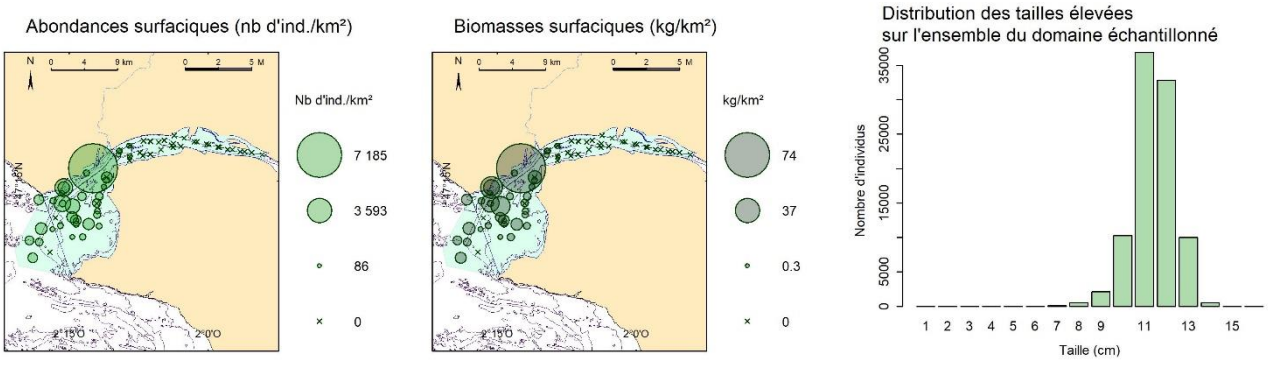


Figure 129 : Les athérines Atherina presbyter en estuaire de Loire** : indices d'abondance (**IA,** en nombre d'individus) et fourchettes d'encadrement au seuil d'erreur de 5% de ces **indices, calculés à partir des données de capture des campagnes NourDem Loire et Bargip Nourriceries entre 2016 et 2021. En bleu, indices RSUFI ; en rouge indices RSTRATI.

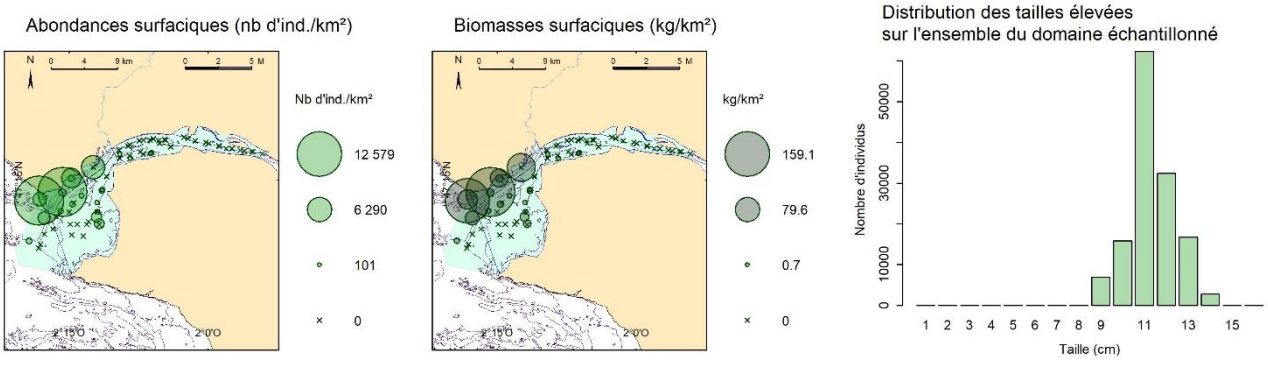
L'indice d'abondance a culminé à ≈ 1,48 millions individus (+/- 2,17 millions ; indice RSUFI ; Figure 129) en 2019, alors qu'il est plutôt resté cantonné aux alentours de 100 000 individus les autres années, mais sans que l'on puisse conclure à des différences significatives du fait de l'amplitude de la fourchette d'encadrement de l'indice.

Les athérines ont été capturées chaque année depuis l'aval de la strate « estuaire central » jusqu'aux secteurs un peu plus profonds, principalement sur la strate « estuaire aval », moins sur la strate « profond ». Aucune capture n'a été enregistré sur la strate « estuaire amont ». Les tailles de capture ont été comprises entre 7 et 15 cm (Figure 130).

NOURDEM_LOIRE 2016 : Atherina presbyter ; IA = 92 994 +/- 41 256 individus ; IB = 1 055 +/- 447 kg ; Occurrence = 50.68 %



NOURDEM_LOIRE 2017 : Atherina presbyter ; IA = 136 778 +/- 100 292 individus ; IB = 1 773 +/- 1 270 kg ; Occurrence = 29.73 %



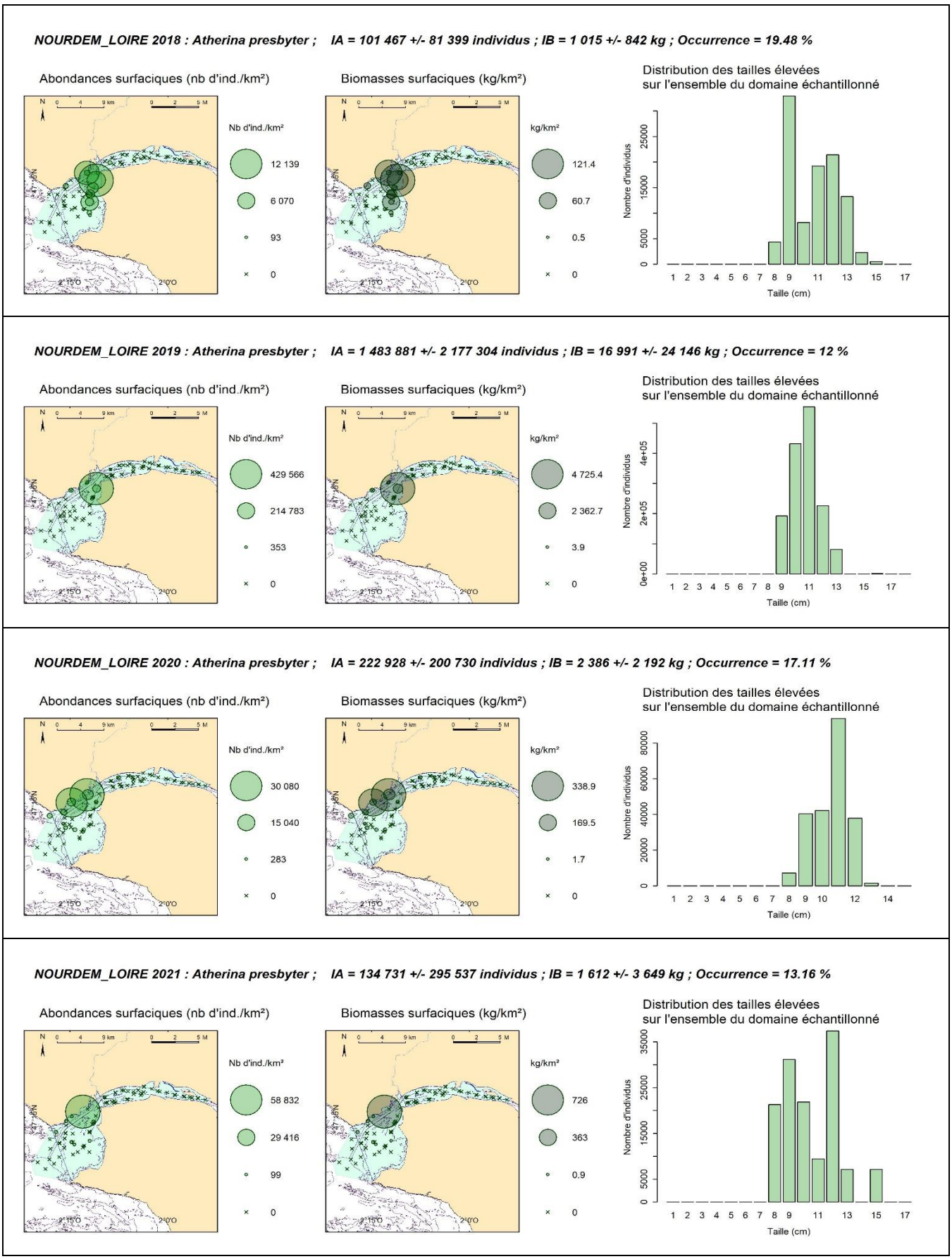


Figure 130 : Les athérines Atherina presbyter en estuaire de Loire *: densités surfaciques (en nombre d'individus par* ***km²*** *; script RSUFI), biomasses surfaciques (en kg/km²) et distributions des tailles élevées à l'ensemble du domaine* ***échantillonné des athérines Atherina presbyter obtenues dans le cadre des campagnes NourDem Loire entre 2017 et 2021 et Bargip Nourriceries en 2016.***

4.2.23 L'anguille commune Anguilla anguilla en estuaire de Loire

L'anguille commune *Anguilla anguilla* en estuaire de Loire a présenté une occurrence moyenne de capture entre 2016 et 2021 de 22,3 %, un indice moyen d'abondance de ≈ 7 200 individus pour un indice moyen de biomasse de ≈ 2 tonnes (Tableau 22 ; poids moyen individuel de 290 grammes).

Les indices annuels d'abondance présentent une tendance décroissante, l'indice de 2021 étant significativement inférieur à ceux des années 2019, 2018, 2017 et 2016. Les autres années ne présentent pas de différences significatives entre elles (Figure 131).

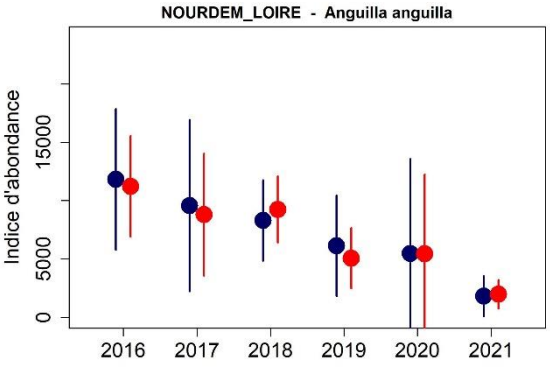
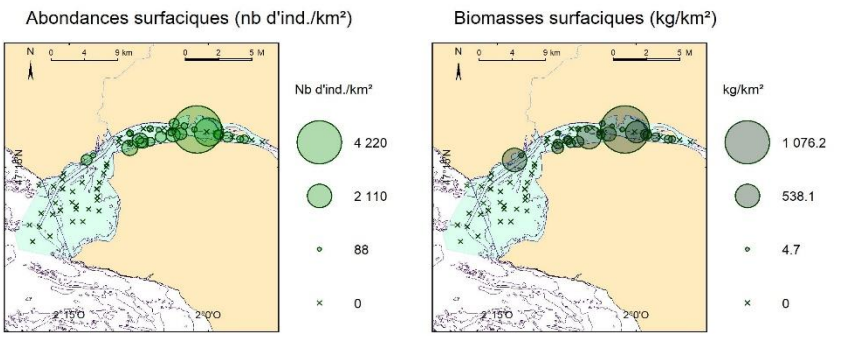


Figure 131 : Les anguilles communes Anguilla anguilla en estuaire de Loire** : indices d'abondance (**IA,** en nombre d'individus) et fourchettes d'encadrement **(Fourch.)** au seuil d'erreur de 5% de **ces indices, calculés à partir des données de capture des campagnes NourDem Loire et Bargip Nourriceries entre 2016 et 2021. En bleu, indices RSUFI ; en rouge indices RSTRATI.

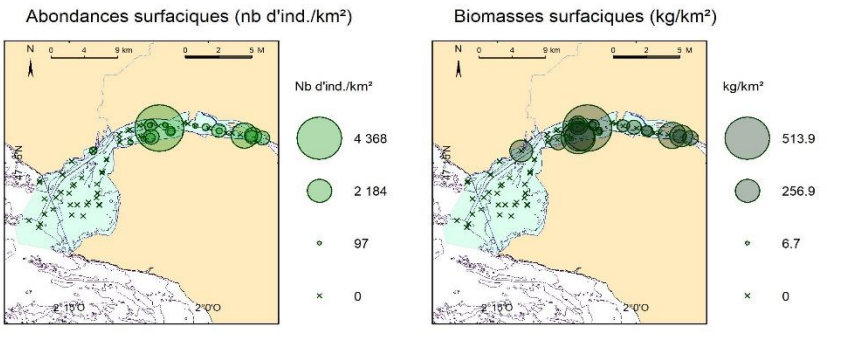
Les captures sont essentiellement enregistrées sur les deux strates les plus amont, aucune ne l'ayant été sur la strate la plus aval (Figure 132). L'anguille apparait donc strictement inféodée à la zone estuarienne (et aux eaux douces en amont qui ne font pas partie du domaine échantillonné), pas à la frange côtière. Les tailles de captures sont comprises entre 18 et 89 cm. Les distributions des tailles de capture ne permettent pas d'identifier différentes cohortes.

La tendance à la baisse des indices d'abondance, qui n'est pas aujourd'hui hautement significative, mérite d'être suivie avec attention à l'avenir.

NOURDEM_LOIRE 2016 : Anguilla anguilla ; IA = 11 829 +/- 6 060 individus ; IB = 3 633 +/- 2 895 kg ; Occurrence = 36.99 %



NOURDEM_LOIRE 2017 : Anguilla anguilla ; IA = 9 576 +/- 7 360 individus ; IB = 2 363 +/- 1 541 kg ; Occurrence = 27.03 %



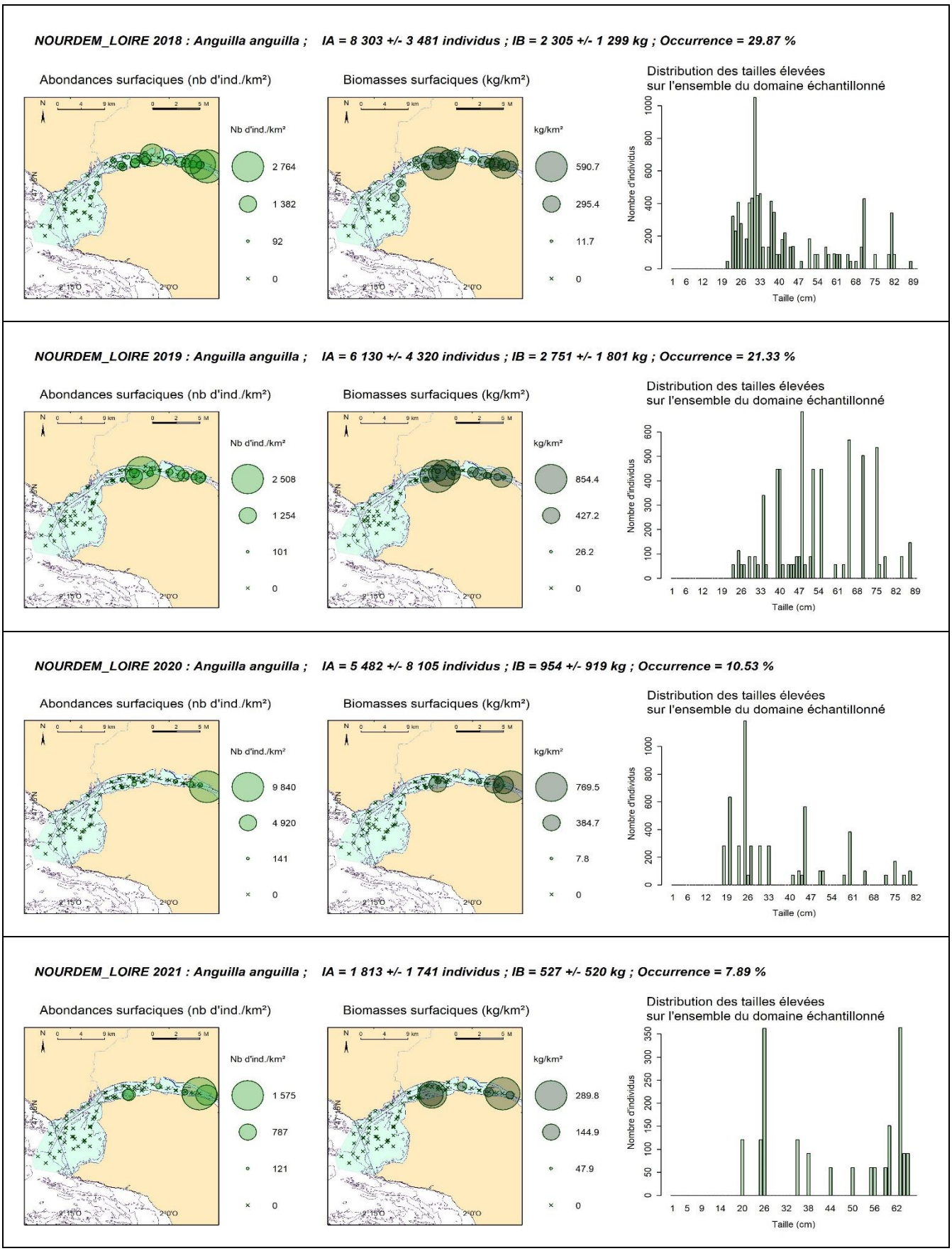


Figure 132 : Les anguilles communes Anguilla anguilla en estuaire de Loire : densités surfaciques (en nombre** d'individus par km² **; script RSUFI), biomasses surfaciques (en kg/km²) et distributions des tailles élevées à** l'ensemble du domaine échantillonné des anguill**es communes Anguilla anguilla obtenues dans le cadre des campagnes NourDem Loire entre 2017 et 2021 et Bargip Nourriceries en 2016.

La carte de synthèse des captures moyennes est donnée par la Figure 133 qui confirme le positionnement très amont de l'espèce.

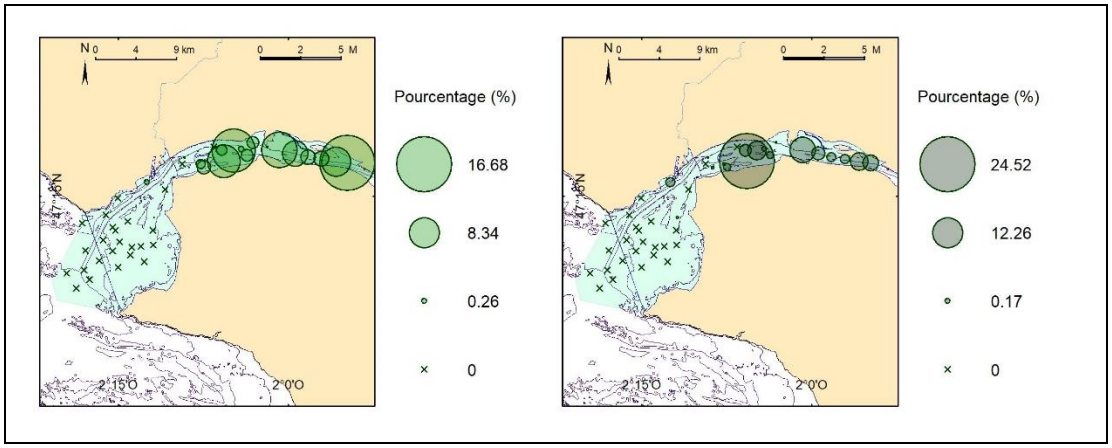


Figure 133 : Les anguilles communes en estuaire de Loire : moyennes, sur la période 2016-2021, des captures par *traits (exprimées en pourcentage du nombre total moyen d'individus capturés* ***; à gauche) et des biomasses moyennes par traits (à droites) des anguilles communes Anguilla anguilla en estuaire de Loire ; données NourDem (2017-2021) et Bargip Nourriceries (2016).***

4.2.24 La sardine commune Sardina pilchardus en Loire

La sardine commune *Sardina pilchardus* est la dernière espèce présentant une occurrence moyenne de capture > à 20% (24,8 %) depuis le début du suivi NourDem (2016-2021) en Loire, et donc la dernière des espèces constituant le socle du peuplement de cet estuaire (tel qu'il peut être décrit au moment des campagnes, et au moyen du chalut NourDem). Son indice moyen d'abondance, toutes classes d'âge confondues s'est élevé à un peu plus de 710 000 individus pour un indice moyen de biomasse de l'ordre de 16 tonnes (Tableau 22).

Ce petit pélagique vit en bancs denses, et ne pénètre à l'aval de l'estuaire que de façon sporadique, d'où les fortes variabilités interannuelles de son abondance, et l'importance des écarts-types associés (et donc des fourchettes d'encadrement des indices).

L'importance économique de l'espèce nous a conduit à distinguer deux groupes d'âge, les groupes 0 et les groupes 1 et plus.

Les sardines communes du groupe 0

Entre 2016 et 2021 les juvéniles de sardines communes du groupe 0 ont présenté une occurrence moyenne de capture de 8,3 %, et un indice moyen d'abondance de l'ordre de 450 000 individus pour un indice moyen de biomasse de ≈ 1,9 tonnes (Figure 134 ; poids moyen individuel de l'ordre de 4 grammes).

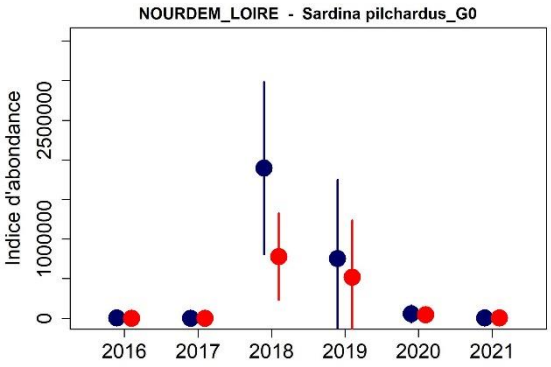
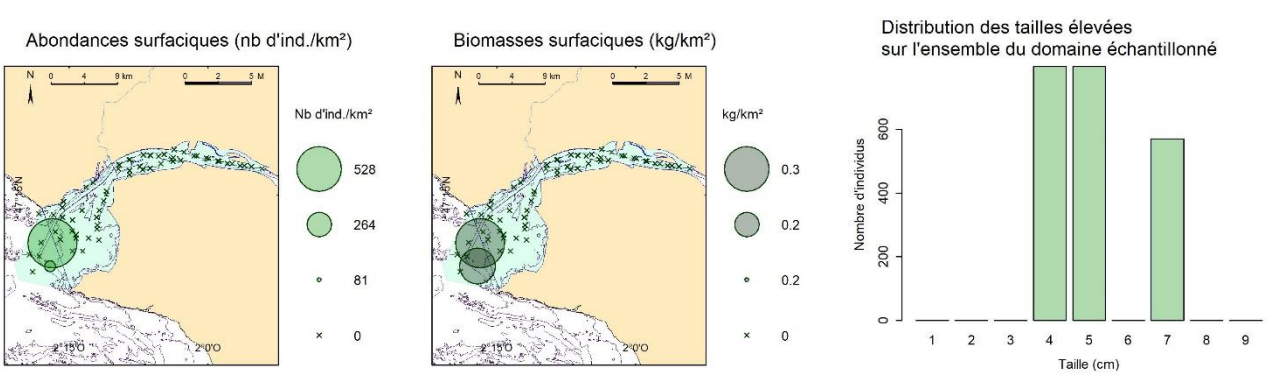


Figure 134 : Les sardines communes Sardina pilchardus du groupe 0 ***en estuaire de Loire*** *: indices d'a****bondance (IA, en*** *nombre d'individus) et fourchettes d'encadrement au seuil d'erreur* ***de 5% de ces indices, calculés à partir des données de capture des campagnes NourDem Loire et Bargip Nourriceries entre 2016 et 2021. En bleu, indices RSUFI ; en rouge indices RSTRATI.***

L'indice maximal d'abondance a été observé en 2018 (1,9 +/- 1 millions d'individus selon RSUFI), indice significativement supérieur à ceux des années 2016, 2017 (pas de capture), 2020 et 2021. Les captures ne sont enregistrées que sur les deux strates les plus aval, confirmant que ce petit pélagique peut gagner la zone côtière, mais ne pénètre que très peu dans les secteurs estuariens. Les tailles de capture sont comprises entre 6 et 10 cm (Figure 135).



Pas de capture de sardine commune du groupe 0

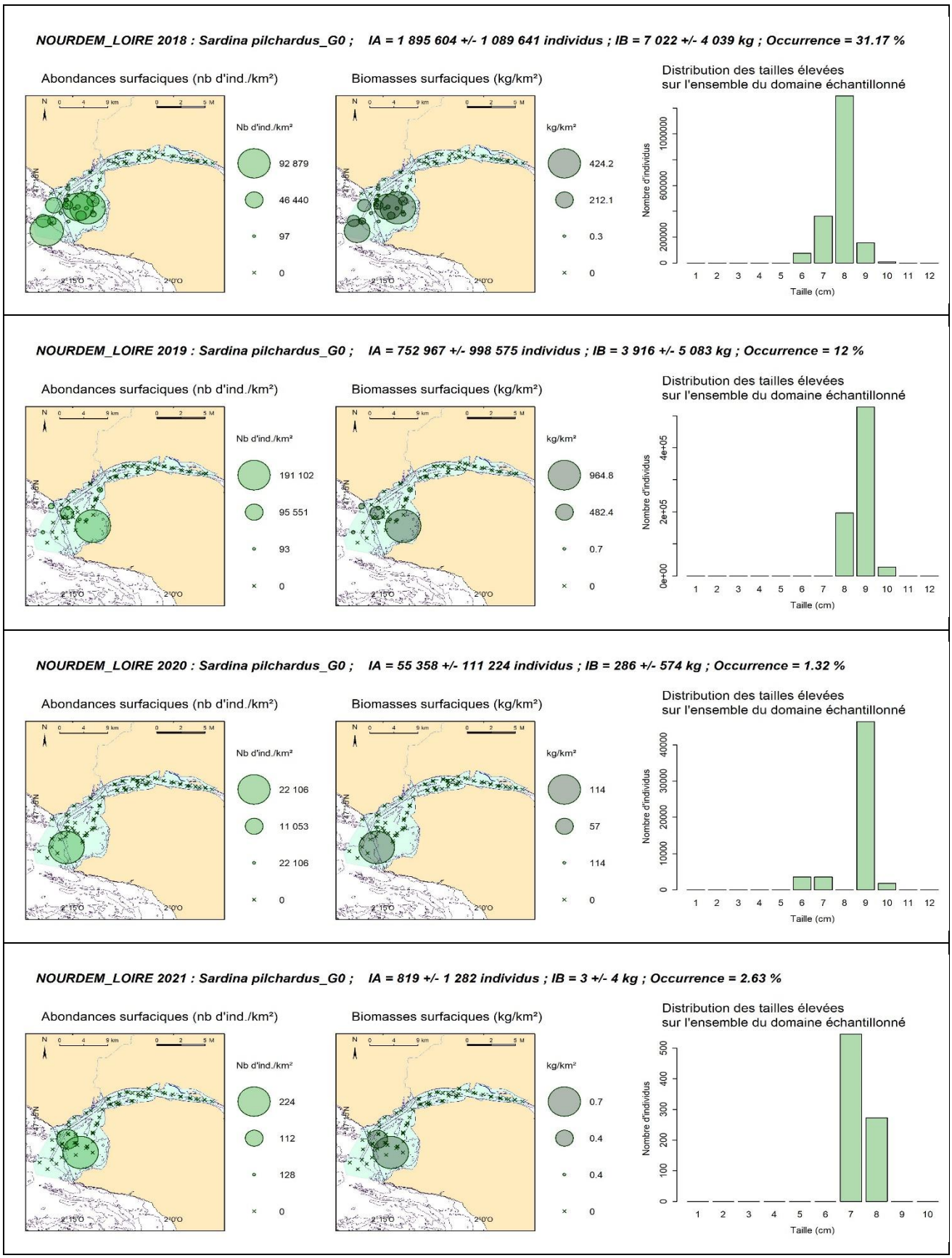


Figure 135 : Les sardines communes Sardina pilchardus ***du groupe 0 en estuaire de Loire : densités surfaciques (en*** *nombre d'individus par km²* ***; script RSUFI), biomasses surfaciques (en kg/km²) et distributions des tailles élevées à*** *l'ensemble du domaine échantillonné des sardines communes* Sardina pilchardus ***du groupe 0 obtenues dans le cadre des campagnes NourDem Loire entre 2017 et 2021 et Bargip Nourriceries en 2016.***

Les sardines communes des groupes 1 et plus

Les sardines communes des groupes 1+ ont présenté une occurrence moyenne de capture nettement supérieure à celles du groupe 0 (20,88%), mais un indice moyen d'abondance 1,7 fois moindre (≈ 260 000 individus). Leur indice moyen de biomasse sur la période 2016-2021 a été de ≈ 14 tonnes (

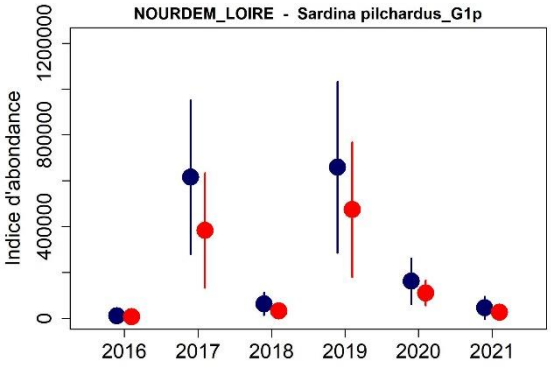
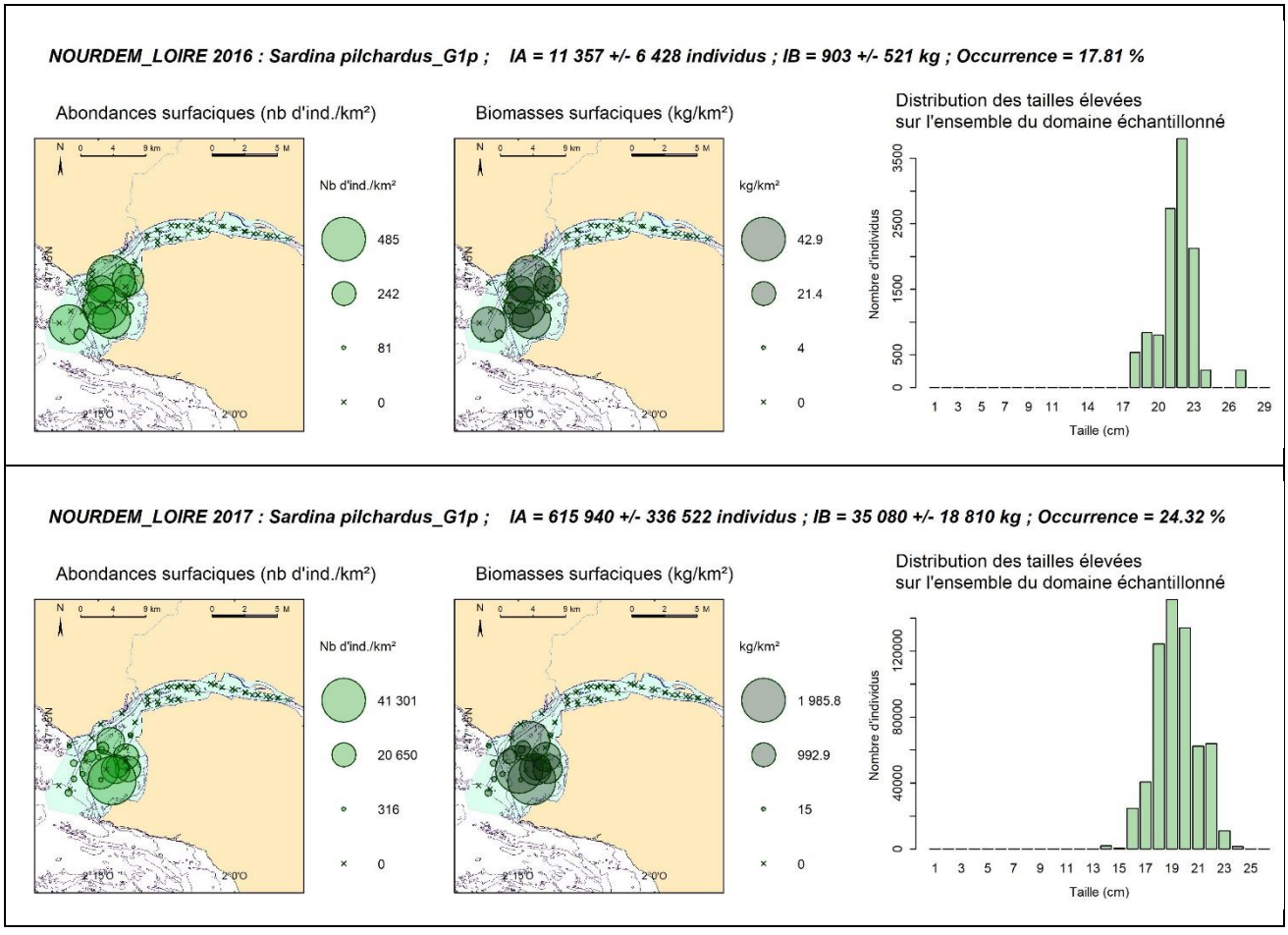


Figure 136 : Les sardines communes Sardina pilchardus des groupes 1 et plus ***en estuaire de Loire*** *: indices d'abondance* ***(IA,*** *en nombre d'individus) et fourchettes d'encadrement au seuil d'erreur de 5% de ces indices, calculés à partir des* ***données de capture des campagnes NourDem Loire et Bargip Nourriceries entre 2016 et 2021. En bleu, indices RSUFI ; en rouge indices RSTRATI.***

Les abondances annuelles apparaissent variables, et avec des écarts-types élevés : des indices d'abondance supérieurs à 600 000 individus (+/- ≈ 350 000) ont été enregistrés en 2017 et 2019, alors que les indices des années 2016 et 2021 sont inférieurs à 50 000 individus (différences significatives). Comme les groupes 0, les sardines communes des groupes 1 et + ne sont capturées que sur les deux strates les plus aval du domaine échantillonné, ce qui confirme que l'espèce n'est pas inféodée à la zone estuarienne *stricto sensu*, mais peut gagner à certaines périodes de l'année la zone côtière. Les tailles de capture ont été comprises entre 13 et 27 cm.



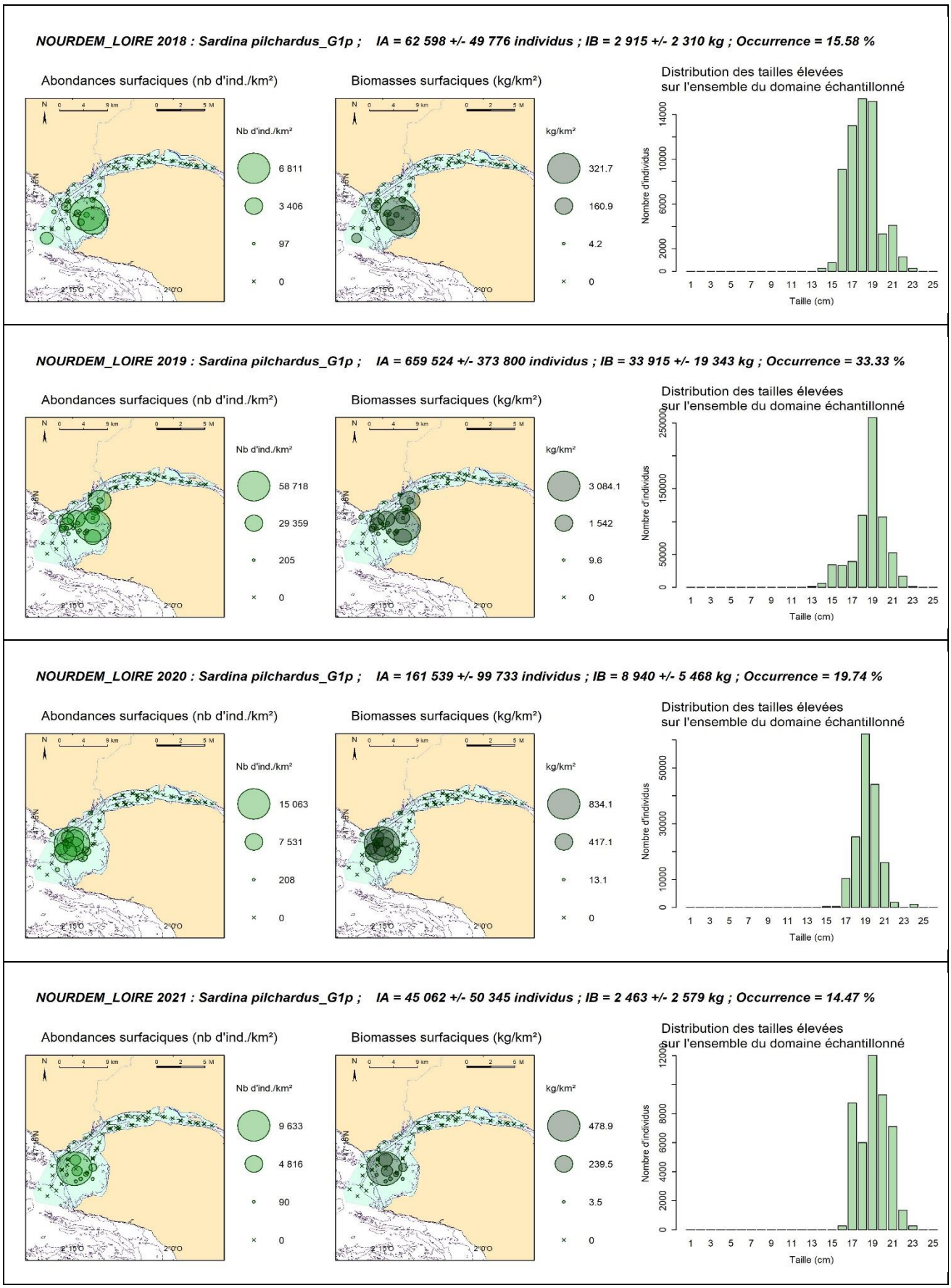


Figure 137 : Les sardines communes Sardina pilchardus des groupes 1 et plus en estuaire de Loire : densités *surfaciques (en nombre d'individus par km²* ***; script RSUFI), biomasses surfaciques (en kg/km²) et distributions des*** *tailles élevées à l'ensemble du domaine échantillonné des sardines communes* ***Sardina pilchardus des groupes 1 et plus obtenues dans le cadre des campagnes NourDem Loire entre 2017 et 2021 et Bargip Nourriceries en 2016.***

Aux 21 espèces constituant le socle de la biocœnose de l'estuaire (telle qu'on peut l'appréhender au moyen du chalut NourDem) et décrites dans les pages qui précédent, il convient d'ajouter 5 espèces, d'occurrence nettement moindre, mais d'intérêt, soit :

- **patrimonial et environnemental : les grands migrateurs que sont l'alose feinte, la grande alose et le saumon atlantique,**
- **économique et environnemental : le bar moucheté et le maigre commun, qui sont deux espèces majeures au sein de l'estuaire de la Gironde, mais encore anecdotiques en estuaire de Loire, et qui, dans le cadre du réchauffement climatique, et de la remontée d'espèces vers le nord, méritent d'être prises en compte.**

Il faut cependant noter que ces espèces peuvent être qualifiées de « rares » car leurs occurrences de capture et leurs abondances sont très faibles, et que leurs faibles captures ne permettent pas de produire des indices d'abondance fiables.

4.2.25 L'alose feinte Alosa fallax en estuaire de Loire

L'alose feinte *Alosa fallax* est un grand migrateur amphihalin anadrome classé en « quasi-menacé » sur la liste rouge UICN métropole (France 2019 ; Cf. § 4.1.25). En estuaire de Loire, son occurrence moyenne de capture entre 2016 et 2021 a été de 15,6%, mais les captures ont essentiellement été enregidtrées en 2016 (année de forte crue), et très faibles les années suivantes.

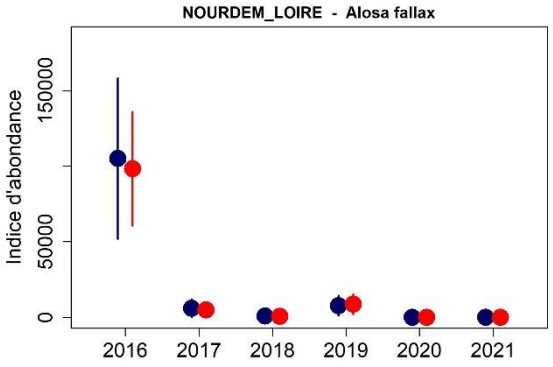
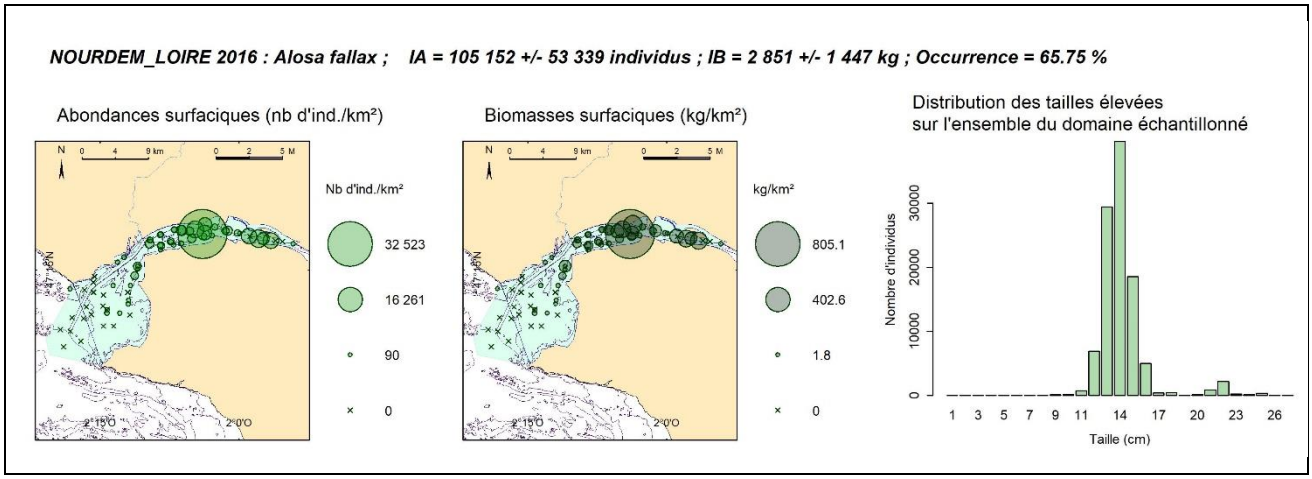


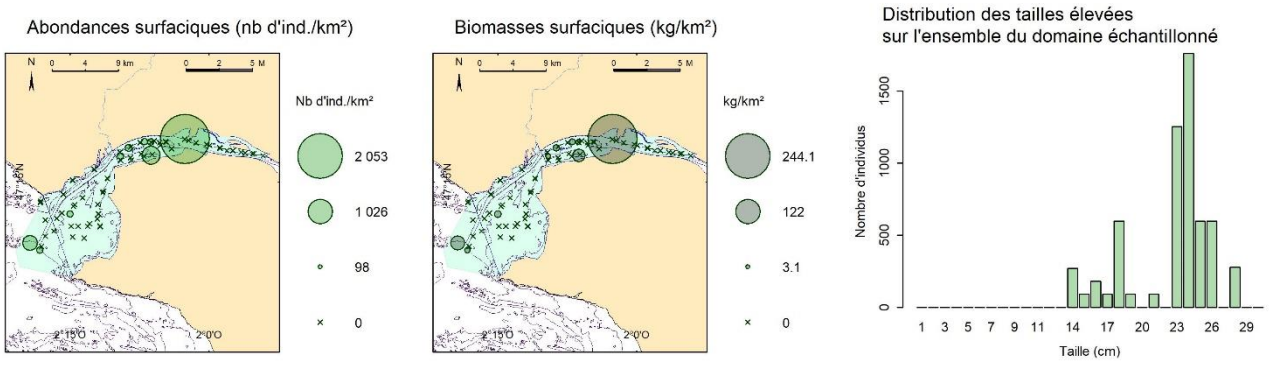
Figure 138 : Les aloses feintes Alosa fallax en estuaire de Loire : *indices d'abondance (**IA,** en nombre d'individus) et fourchettes d'encadrement au seuil d'erreur de 5% de ces indices, calculés **à partir des données de capture des campagnes NourDem Loire et Bargip Nourriceries entre 2016 et 2021. En bleu, indices RSUFI ; en rouge indices RSTRATI.***

Les faibles captures entre 2017 et 2021 ne permettent pas de produire des indices d'abondance fiables, et donc une comparaison interannuelle.

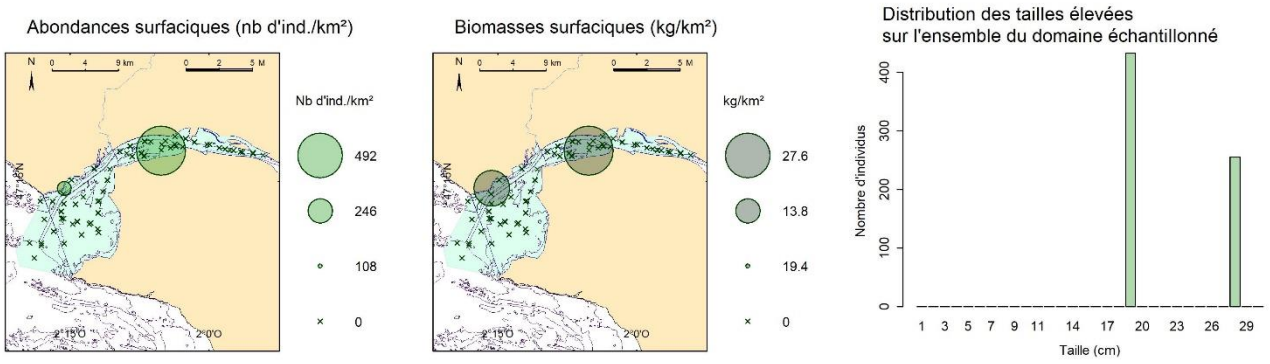
L'analyse de la répartition spatiale des captures montre qu'elles sont principalement enregistrées sur les deux strates les plus amont de l'estuaire, avec cependant, chaque année, quelques captures sur les strates « estuaire aval » et « profond ». les tailles de capture ont été comprises entre 9 et 36 cm.



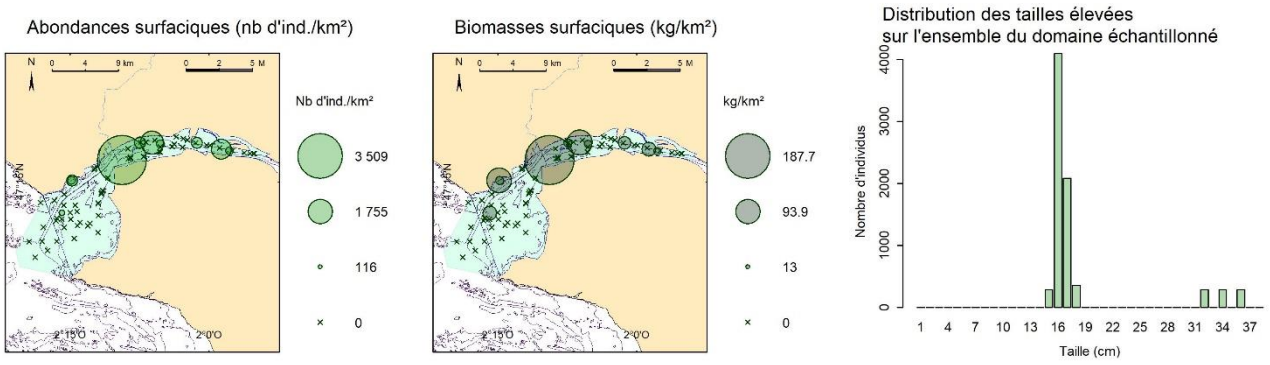
NOURDEM_LOIRE 2017 : Alosa fallax ; IA = 5 903 +/- 6 069 individus ; IB = 608 +/- 683 kg ; Occurrence = 12.16 %



NOURDEM_LOIRE 2018 : Alosa fallax ; IA = 688 +/- 934 individus ; IB = 70 +/- 106 kg ; Occurrence = 2.6 %



NOURDEM_LOIRE 2019 : Alosa fallax ; IA = 7 668 +/- 6 665 individus ; IB = 653 +/- 572 kg ; Occurrence = 13.33 %



Pas de capture en 2020

Pas de capture en 2021

Figure 139 : Les aloses feintes Alosa fallax en estuaire de Loire *: densités surfaciques (en nombre d'individus par km² **;** script RSUFI), biomasses surfaciques (en kg/km²) et distributions des tailles élevées à l'ensemble du domaine* ***échantillonné des aloses feintes Alosa fallax obtenues dans le cadre des campagnes NourDem Loire entre 2017 et 2021 et Bargip Nourriceries en 2016.***

4.2.26 Le bar moucheté Dicentrarchus punctatus en estuaire de Loire

Le bar moucheté *Dicentrarchus punctatus* présente une occurrence moyenne de capture de 10,2 % sur la période 2016-2021 en estuaire de Loire, avec un indice moyen d'abondance de 2 885 individus et un indice moyen de biomasse de l'ordre de 1 tonne (Tableau 22 ; poids moyen individuel de 344 grammes).

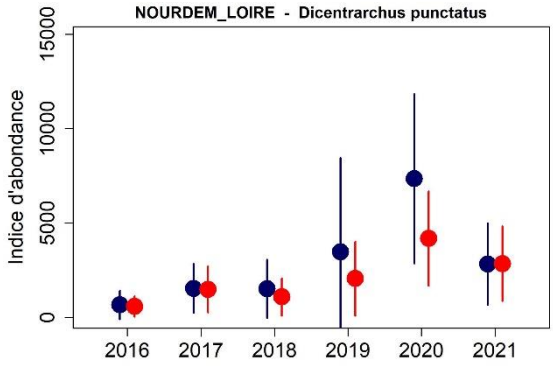
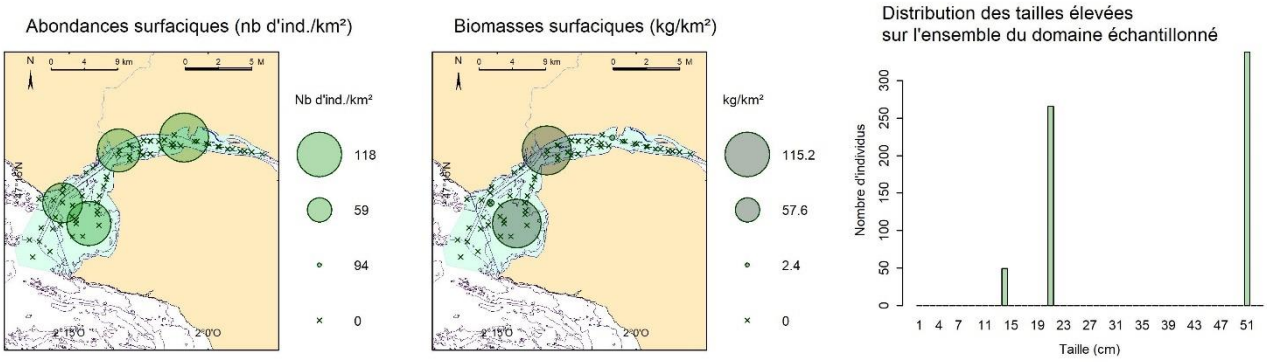


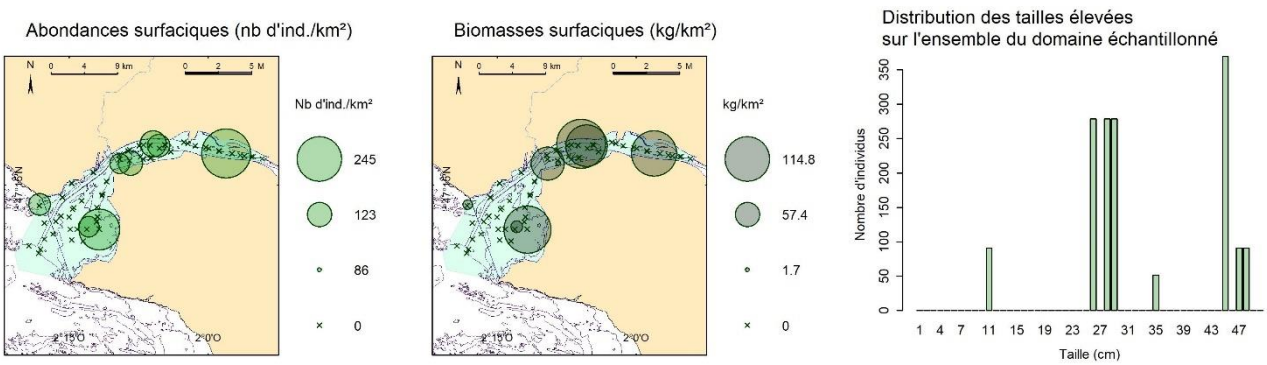
Figure 140 : Les bars mouchetés Dicentrarchus punctatus en estuaire de Loire** : indices d'abondance (**IA, en nombre** d'individus) et fourchettes d'encadrement au seuil d'erreur de 5% **de ces indices, calculés à partir des données de capture des campagnes NourDem Loire et Bargip Nourriceries entre 2016 et 2021. En bleu, indices RSUFI ; en rouge indices RSTRATI.

Même s'il s'agit de petites quantités, des captures de bars mouchetés sont enregistrées chaque année en estuaire de Loire, avec, peut-être, une légère tendance à l'augmentation (Figure 140 ; à vérifier à l'avenir ; les différences ne sont pas significatives aujourd'hui si l'on considère les données RSUFI ; les indices RSTRATI de 2020 et 2021 sont par contre significativement supérieurs à celui de 2016). Les captures sont enregistrées sur l'ensemble du domaine échantillonné sans qu'on puisse aujourd'hui identifier de zones préférentielles. Les tailles se sont échelonnées entre 11 et 57 cm. Les plus petits individus (11, 12 et 13 cm) sont vraisemblablement des groupes 1 plutôt que des groupe 0, mais ceci sera à vérifier à l'avenir.

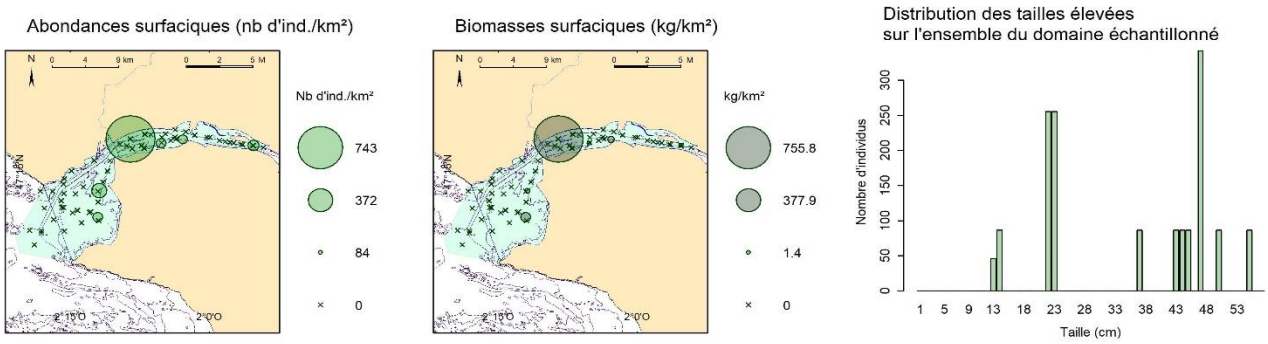
NOURDEM_LOIRE 2016 : Dicentrarchus punctatus ; IA = 653 +/- 769 individus ; IB = 386 +/- 637 kg ; Occurrence = 5.48 %



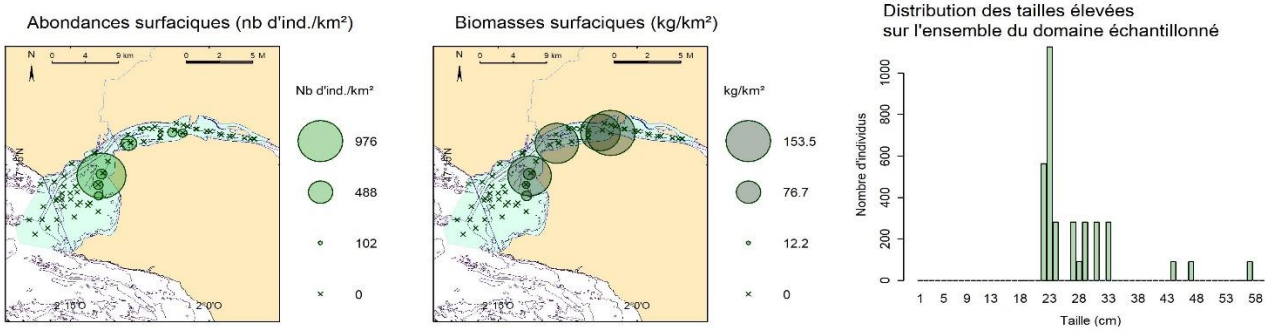
NOURDEM_LOIRE 2017 : Dicentrarchus punctatus ; IA = 1 529 +/- 1 301 individus ; IB = 685 +/- 652 kg ; Occurrence = 10.81 %



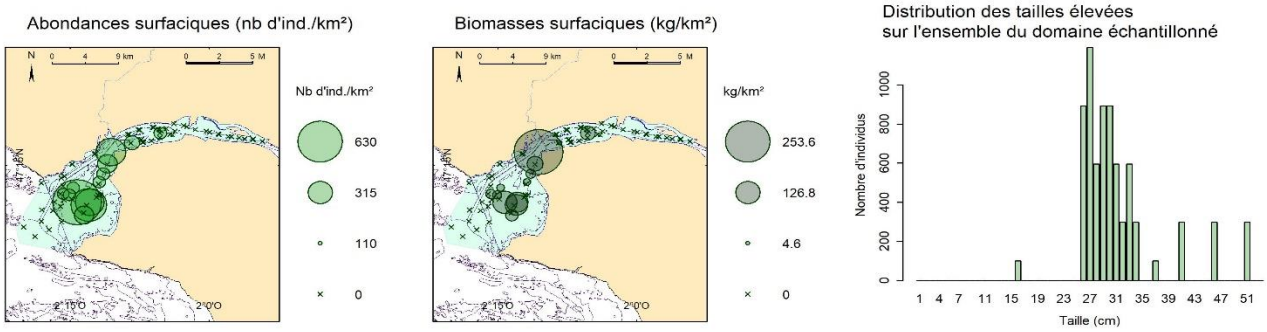
NOURDEM_LOIRE 2018 : Dicentrarchus punctatus ; IA = 1 504 +/- 1 546 individus ; IB = 879 +/- 1 262 kg ; Occurrence = 7.79 %



NOURDEM_LOIRE 2019 : Dicentrarchus punctatus ; IA = 3 457 +/- 4 983 individus ; IB = 774 +/- 773 kg ; Occurrence = 9.33 %



NOURDEM_LOIRE 2020 : Dicentrarchus punctatus ; IA = 7 343 +/- 4 491 individus ; IB = 2 103 +/- 1 522 kg ; Occurrence = 17.11 %



NOURDEM_LOIRE 2021 : Dicentrarchus punctatus ; IA = 2 821 +/- 2 165 individus ; IB = 1 132 +/- 984 kg ; Occurrence = 10.53 %

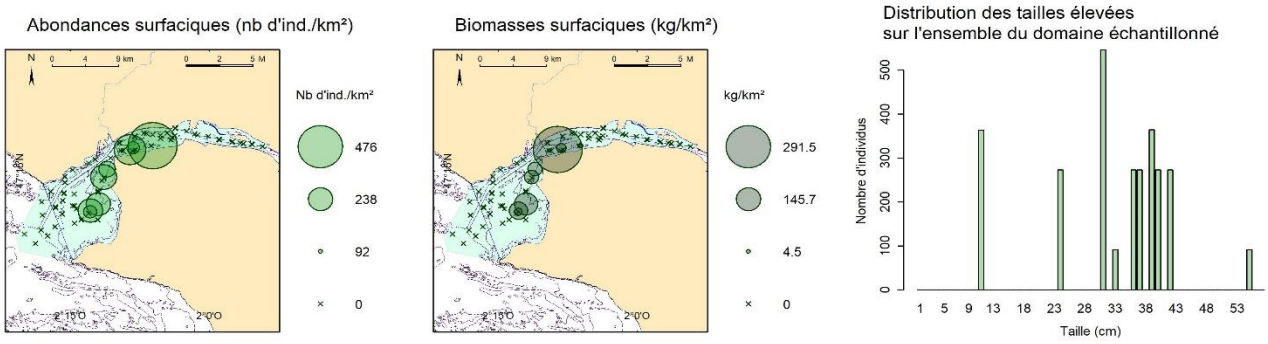


Figure 141 : Les bars mouchetés Dicentrarchus punctatus en estuaire de Loire *: densités surfaciques (en nombre d'individus* ***par km² ; script RSUFI), biomasses surfaciques*** *(en kg/km²) et distributions des tailles élevées à l'ensemble du domaine* ***échantillonné des bars mouchetés Dicentrarchus punctatus obtenues dans le cadre des campagnes NourDem Loire entre 2017 et 2021 et Bargip Nourriceries en 2016.***

4.2.27 La grande Alose Alosa alosa en estuaire de Loire

La grande Alose *Alosa alosa* est un grand migrateur amphihalin « en danger critique d'extinction » en France métropolitaine (Cf. § 4.1.27). L'occurrence moyenne de capture sur la période 2016-2021 a été de 3,74% (nous n'avons enregistré aucune capture en 2016 et 2017), pour un indice moyen d'abondance de 1972 individus et un indice moyen de biomasse de 115 kg (Tableau 22 ; poids moyen individuel de 58 g). les indices d'abondance de 2019, 2020 et 2021 présentent d'importantes fourchettes d'encadrement, du fait du petit nombre d'individus capturés, ce qui ne permet pas de conclure à des différences significatives interannuelles d'abondance.

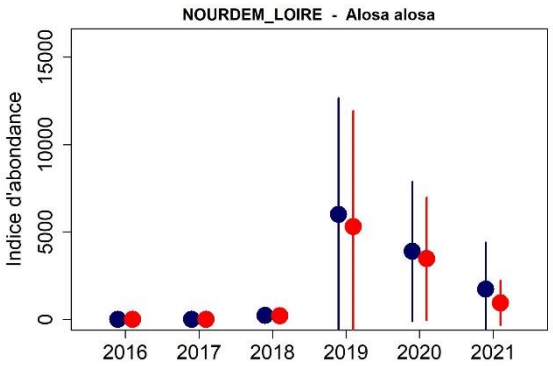


Figure 142 : Les grandes Aloses Alosa alosa en estuaire de Loire : indices** d'abondance (**IA,** en nombre d'individus) et fourchettes d'encadrement **(Fourch.)** au seuil d'erreur de 5% de ces indices, calculés à partir des **données de capture des campagnes NourDem Loire et Bargip Nourriceries entre 2016 et 2021. En bleu, indices RSUFI ; en rouge indices RSTRATI.

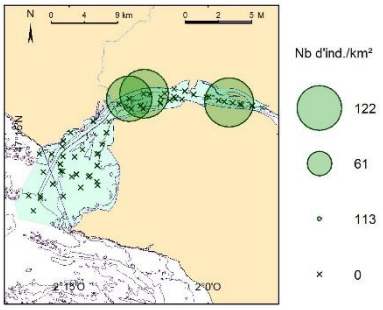
Les captures sont enregistrées sur les 3 strates les plus amont, mais sans qu'on dispose de suffisamment d'information pour identifier un éventuel secteur préférentiel de résidence. Les tailles de capture ont été comprises entre 15 et 47 cm.

Pas de capture en 2016

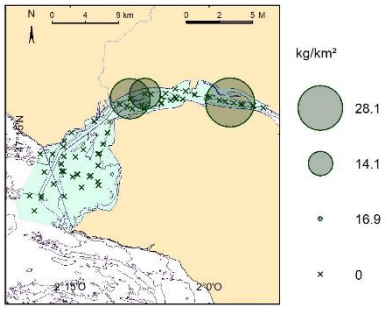
Pas de capture en 2017

NOURDEM_LOIRE 2018 : Alosa alosa ; IA = 219 +/- 266 individus ; IB = 40 +/- 48 kg ; Occurrence = 3.9 %

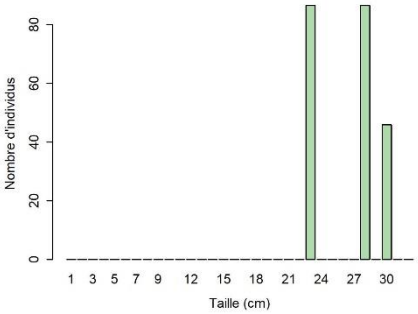
Abondances surfaciques (nb d'ind./km²)



Biomasses surfaciques (kg/km²)

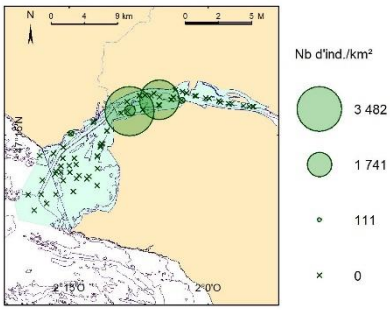


Distribution des tailles élevées sur l'ensemble du domaine échantillonné

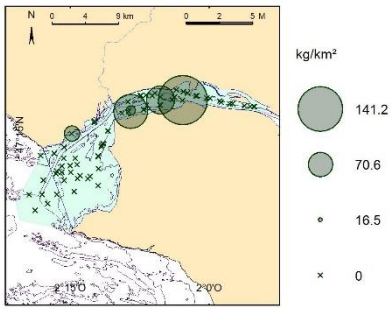


NOURDEM_LOIRE 2019 : Alosa alosa ; IA = 6 003 +/- 6 673 individus ; IB = 345 +/- 327 kg ; Occurrence = 6.67 %

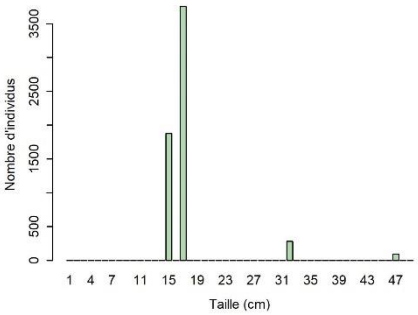
Abondances surfaciques (nb d'ind./km²)



Biomasses surfaciques (kg/km²)



Distribution des tailles élevées sur l'ensemble du domaine échantillonné



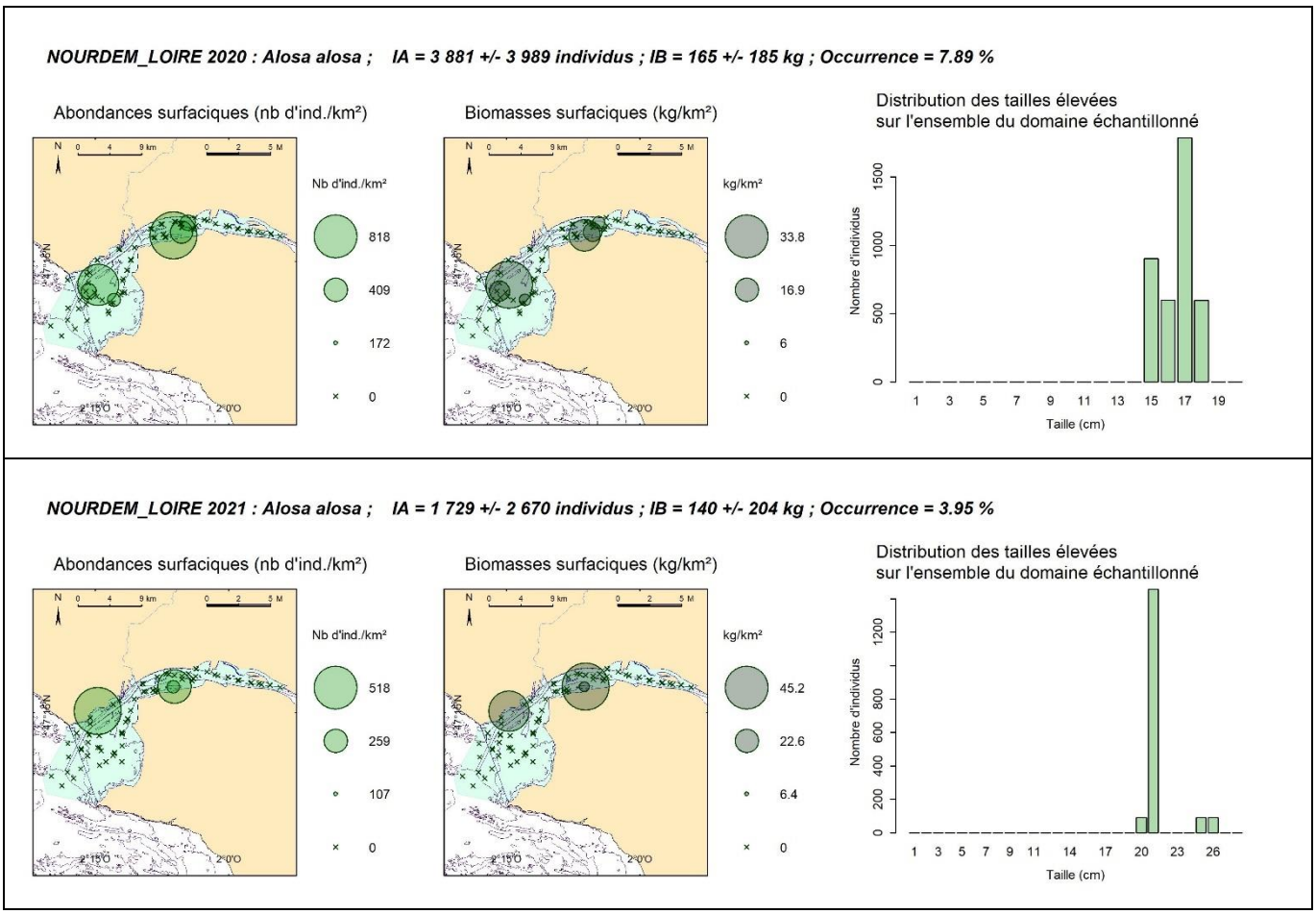


Figure 143 : Les grandes Aloses Alosa alosa en estuaire de Loire *: densités surfaciques (en nombre d'individus par km²* ***;*** *script RSUFI), biomasses surfaciques (en kg/km²) et distributions des tailles élevées à l'ensemble du doma****ine échantillonné des grandes Aloses Alosa alosa obtenues dans le cadre des campagnes NourDem Loire entre 2017 et 2021 et Bargip Nourriceries en 2016.***

4.2.28 Le saumon atlantique Salmo salar en estuaire de Loire

Le saumon atlantique *Salmo salar* est un grand migrateur anadrome classé en « quasi menacé » (2019) en ce qui concerne la France métropolitaine (Cf. § 4.1.29). En estuaire de Loire, cette espèce n'a été que très peu capturée dans le cadre des suivis NourDem : 1 individu en 2016 (1 juvénile « smolt », sur un des traits aval de l'estuaire) et 4 en 2018 (2 juvéniles et 2 adultes, sur les deux strates centrales de l'estuaire ; Figure 145). Ces faibles captures ne permettent pas de commenter les indices d'abondance obtenus, mais démontrent que l'espèce est bien présente en estuaire de Loire, et qu'elle est à suivre à l'avenir.

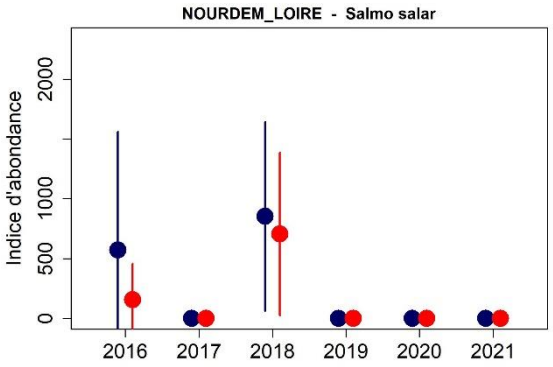
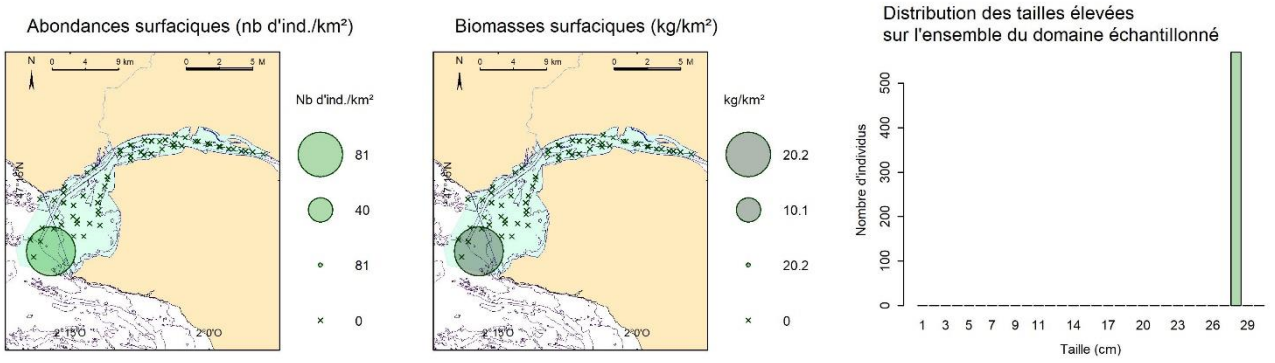


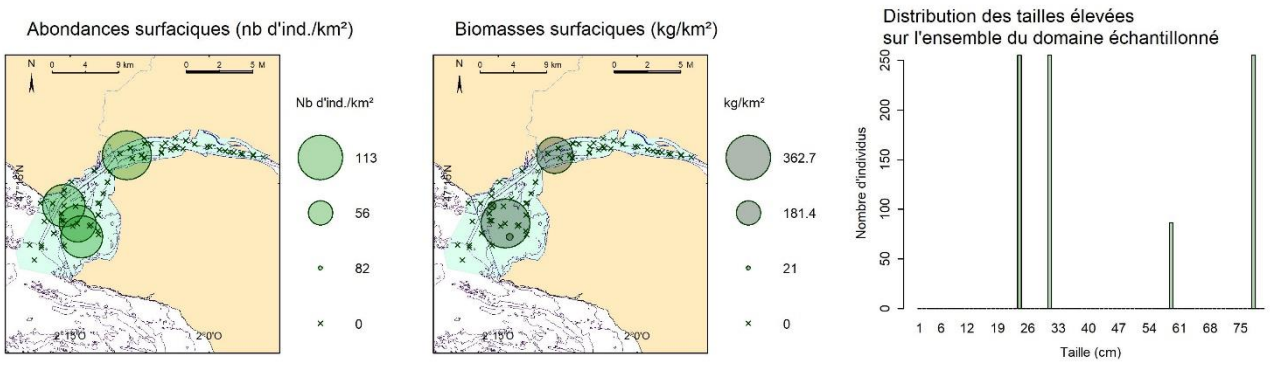
Figure 144 : Les saumons atlantiques Salmo salar en estuaire de Loire** : indices d'abondance (**IA,** en nombre d'individus) et fourchettes d'encadrement au seuil d'erreur de 5% de ces indices, **calculés à partir des données de capture des campagnes NourDem Loire et Bargip Nourriceries entre 2016 et 2021. En bleu, indices RSUFI ; en rouge indices RSTRATI.

NOURDEM_LOIRE 2016 : Salmo salar ; IA = 570 +/- 992 individus ; IB = 142 +/- 248 kg ; Occurrence = 1.37 %



Pas de capture en 2017

NOURDEM_LOIRE 2018 : Salmo salar ; IA = 853 +/- 793 individus ; IB = 1 467 +/- 1 872 kg ; Occurrence = 5.19 %



Pas de capture en 2019

Pas de capture en 2020

Pas de capture en 2021

Figure 145 : Les saumons atlantiques Salmo salar en estuaire de Loire** : densités surfaciques (en nombre d'individus par **km²** ; script RSUFI), biomasses surfaciques (en kg/km²) et distributions des tailles élevées à l'ensemble du domaine **échantillonné des saumons atlantiques Salmo salar obtenues dans le cadre des campagnes NourDem Loire entre 2017 et 2021 et Bargip Nourriceries en 2016.

4.2.29 Le maigre commun Argyrosomus regius en estuaire de Loire

La dernière espèce à suivre avec attention en estuaire de Loire est le maigre commun *Argyrosomus regius*. Le maigre commun est en effet une espèce majeure dans l'estuaire de Gironde, où, chaque année, plusieurs millions de juvéniles des groupes 0 et 1 se développent. Aujourd'hui, la Gironde représente la principale nourricerie pour cette espèce le long des côtes françaises (CF. § 4.3.4) et, même si quelques captures tout à fait exceptionnelles ont été signalées en Manche, voire même en mer du Nord (jusqu'en Islande selon Quéméner, 2020), la Loire constituerait quasiment aujourd'hui la limite nord de son aire de répartition. Pour l'instant, nous n'y enregistrons que quelques captures[16], mais, dans le cadre du réchauffement climatique, la remontée potentielle de cette espèce vers le Nord mérite d'être suivie, et l'estuaire de la Loire pourrait représenter une étape, en devenant une de ses nourriceries. Afin de le vérifier, il nous a semblé intéressant de considérer les mêmes groupes d'âge que ceux que nous considérons en Gironde, à savoir les groupes 0, les groupes 1 et les groupes 2 et plus[17].

Les maigres communs *Argyrosomus regius* du groupe 0 en estuaire de Loire

Nous n'avons encore jamais enregistré de capture de maigre commun du groupe 0 en estuaire de Loire dans le cadre des suivis NourDem entre 2016 et 2021. Cet estuaire ne constituerait donc pas à proprement parler encore une nourricerie pour cette espèce.

Les maigres communs *Argyrosomus regius* du groupe 1 en estuaire de Loire

Les quelques captures de G1 ont exclusivement été enregistrées sur des traits de l'amont du domaine (Figure 146). Elles ont été très faibles, nulles en 2016, 2019 et 2020, d'un individu en 2017 et 2018, et de 2 en 2021. L'occurrence moyenne de capture de ce groupe d'âge sur la période a donc été très faible, inférieure à 1% (Tableau 22).

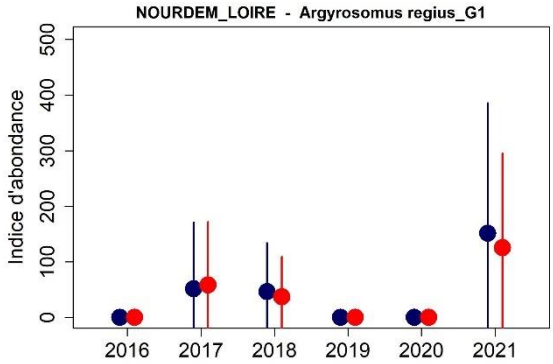


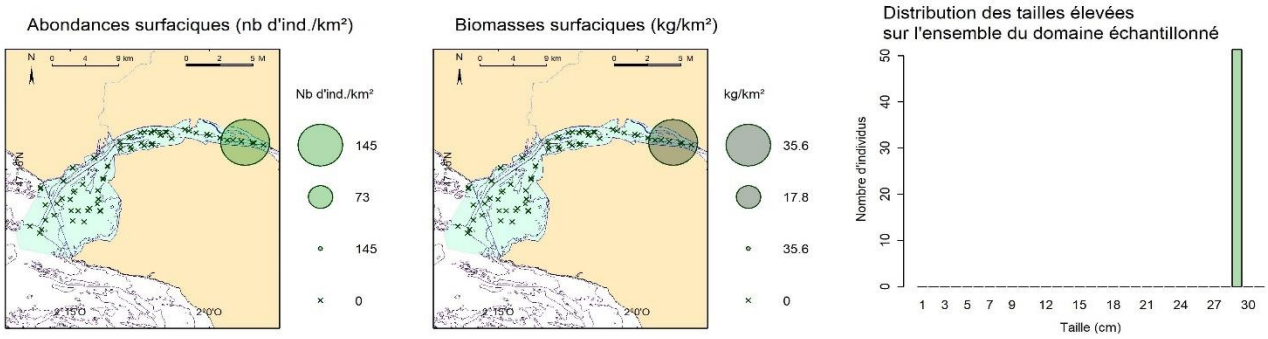
Figure 146 : Les maigres communs Argyrosomus regius du groupe 1 en estuaire de Loire** : indices d'abondance **(IA, en nombre** d'individus) et fourchettes d'encadrement au seuil d'erreur de 5% de **ces indices, calculés à partir des données de capture des campagnes NourDem Loire et Bargip Nourriceries entre 2016 et 2021. En bleu, indices RSUFI ; en rouge indices RSTRATI.

[16] à notre connaissance, des captures estivales sont également signalées, de longue date sur Belle Ile, et plus récemment jusqu'aux Glénan.

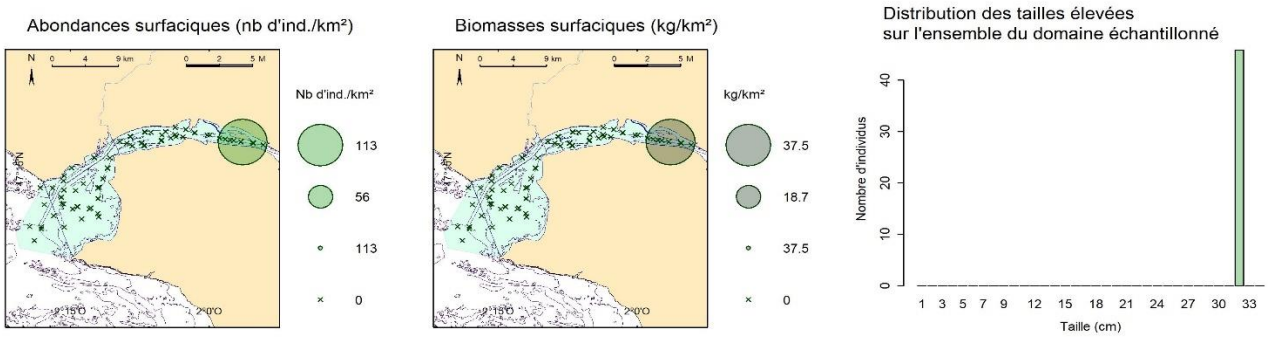
[17] Les tailles limites entre les groupes d'âge ont été fixées en s'appuyant sur celles retenues en Gironde : G0-G1 = 23 cm ; G1-G2+ = 42-43 cm ; Cf. Annexe 2.

Pas de capture en 2016

NOURDEM_LOIRE 2017 : Argyrosomus regius_G1 ; IA = 51 +/- 120 individus ; IB = 13 +/- 29 kg ; Occurrence = 1.35 %



NOURDEM_LOIRE 2018 : Argyrosomus regius_G1 ; IA = 46 +/- 88 individus ; IB = 15 +/- 29 kg ; Occurrence = 1.3 %



Pas de capture en 2019

Pas de capture en 2020

NOURDEM_LOIRE 2021 : Argyrosomus regius_G1 ; IA = 151 +/- 235 individus ; IB = 73 +/- 132 kg ; Occurrence = 2.63 %

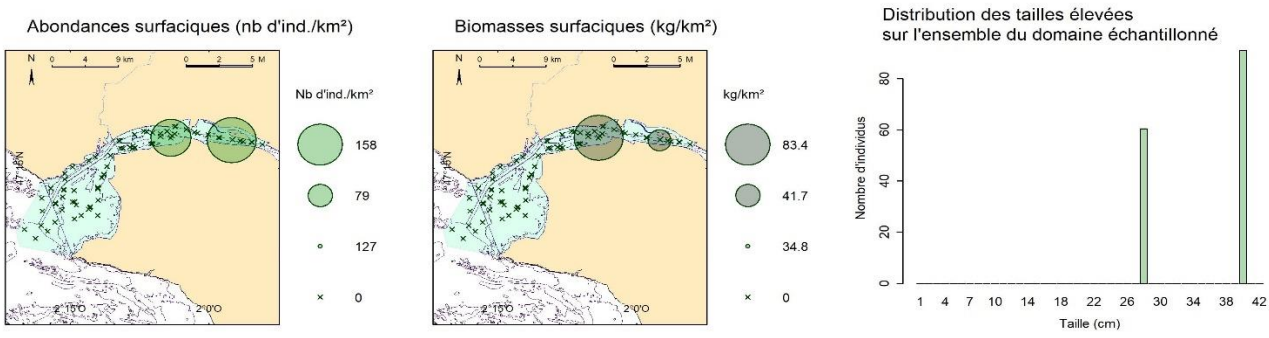


Figure 147 : Les maigres communs Argyrosomus regius du groupe 1 en estuaire de Loire : densités surfaciques (en nombre** d'individus par km² **; script RSUFI), biomasses surfaciques (en kg/km²) et distributions des tailles élevées à l'ensemble du **domaine échantillonné des maigres communs Argyrosomus regius du groupe 1 obtenues dans le cadre des campagnes NourDem Loire entre 2017 et 2021 et Bargip Nourriceries en 2016.

Les maigres communs *Argyrosomus regius* des groupes 2 et plus en estuaire de Loire

Une seule capture a été enregistrée, en 2017. Il s'agissait d'un individus adulte, de 127 cm de longueur pour un poids de 19 kg.

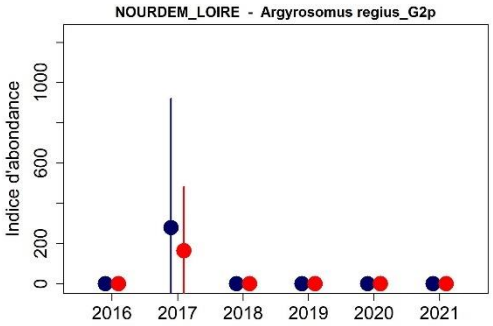


Figure 148 : Les maigres communs Argyrosomus regius des groupes 2+ en estuaire de Loire** : indices d'abondance (**IA,** en nombre d'individus) et fourchettes d'encadrement au seuil d'erreur de 5% de ces indices, calculés à **partir des données de capture des campagnes NourDem Loire et Bargip Nourriceries entre 2016 et 2021. En bleu, indices RSUFI ; en rouge indices RSTRATI.

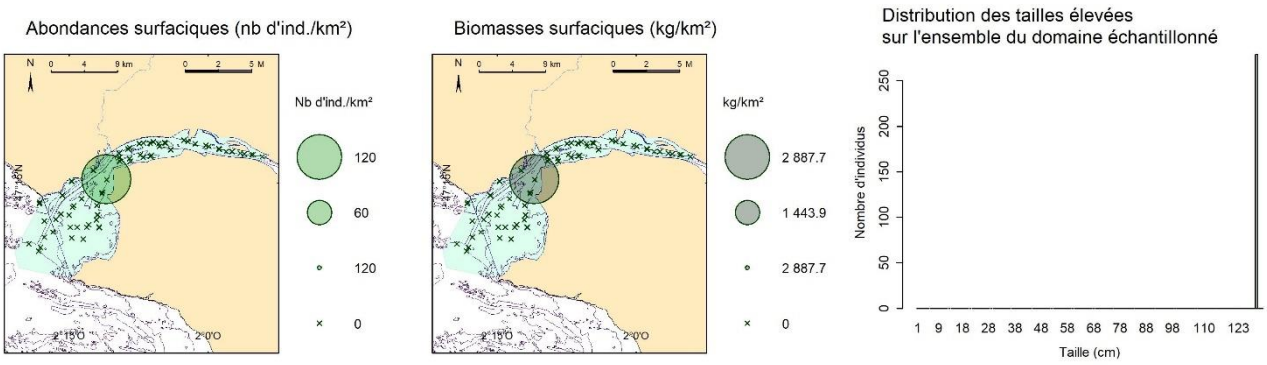
Pas de capture en 2016
NOURDEM_LOIRE 2017 : Argyrosomus regius_G2p ; IA = 279 +/- 641 individus ; IB = 6 738 +/- 15 472 kg ; Occurrence = 1.35 % 
Pas de capture en 2018
Pas de capture en 2019
Pas de capture en 2020
Pas de capture en 2021

Figure 149 : Les maigres communs Argyrosomus regius des groupes 2 et + en estuaire de Loire : densités surfaciques (en** nombre d'individus par km² **; script RSUFI), biomasses surfaciques (en kg/km²) et distributions des tailles élevées à** l'ensemble du domaine échantillonné d**es maigres communs Argyrosomus regius des groupes 2+ obtenues dans le cadre des campagnes NourDem Loire entre 2017 et 2021 et Bargip Nourriceries en 2016.

En conclusion, quelques très rares captures de maigre commun ont été enregistrées dans le cadre des campagnes NourDem en estuaire de Loire, mais elles restent pour l'instant anecdotiques. Aucune capture d'individus du groupe 0 n'a été enregistrée, et l'estuaire de la Loire ne peut pas être considéré comme une nourricerie pour cette espèce.

4.3 Le peuplement de l'estuaire de la Gironde

4.3.1 La diversité faunistique

Au total, à l'issue des trois premières années de suivi, 107 espèces différentes ont été capturées (Tableau 24), 60 de poissons, 18 de crustacés, 13 de mollusques dont 4 de céphalopodes, 5 d'échinodermes, 8 de cnidaires, 2 de tuniciers et une de cténophores. Parmi ces espèces, on en dénombre 36 (en orange dans le tableau) faisant partie du macro-zoobenthos.

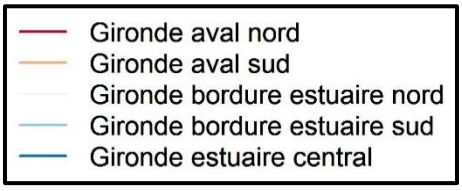
Tableau 24 : les 107 espèces différentes capturées au cours des campagnes NourDem *menées dans l'estuaire de la Gironde entre 2019* ***et 2021***

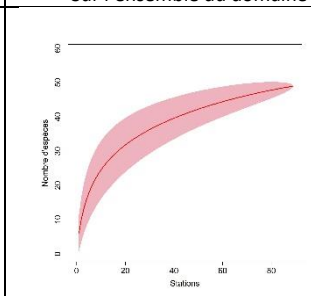
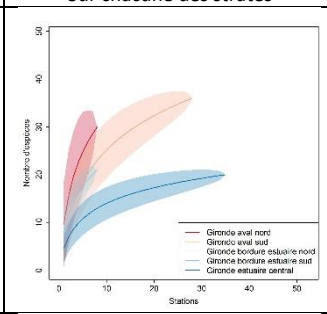
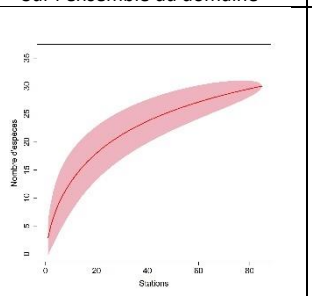
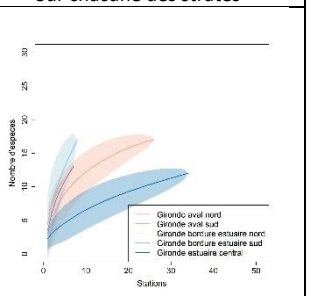
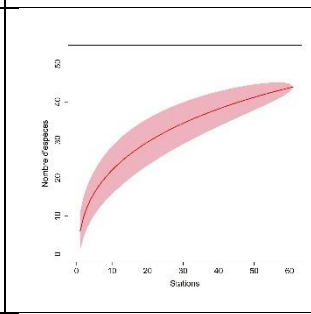
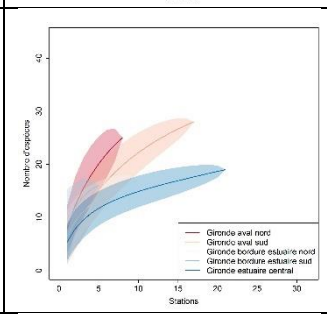
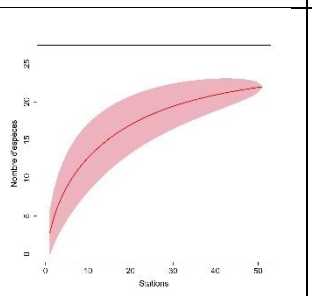
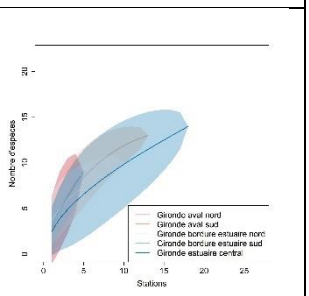
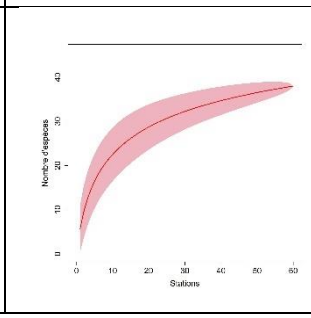
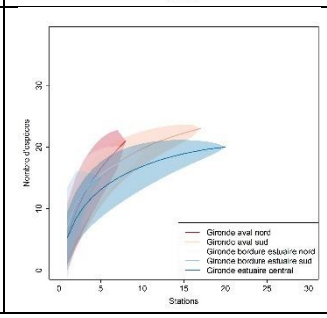
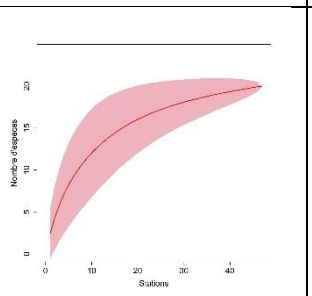
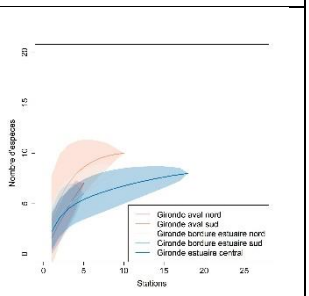
Poissons : 60	Crustacés : 18	Echinodermes : 5
Acipenser gueldenstaedtii	Atelecyclus undecimdentatus	Asterias rubens
Acipenser sturio	Balanus sp.	Astropecten irregularis
Alosa alosa	Carcinus maenas	Echinocardium cordatum
Alosa fallax	Crangon crangon	Ophiura sp.
Ammodytes tobianus	Eriocheir sinensis	Psammechinus miliaris
Anguilla anguilla	Hemigrapsus takanoi	
Aphia minuta	Liocarcinus holsatus	Cnidaires : 8
Argyrosomus regius	Liocarcinus marmoreus	Actinauge sp.
Arnoglossus	Liocarcinus navigator	Actiniaria sp.
Atherina presbyter	Liocarcinus vernalis	Aurelia aurita
Barbus barbus	Macropodia sp.	Catostylus tagi
Boops boops	Maja brachydactyla	Chrysaora hysoscella
Callionymus lyra	Necora puber	Rhizostoma pulmo
Chelidonichthys lucerna	Pachygrapsus marmoratus	Urticina sp.
Chelon labrosus	Pagurus bernhardus	Urticina eques
Ciliata mustela	Palaemon longirostris	
Conger conger	Palaemon serratus	Tuniciers : 2
Cyprinus carpio carpio	Polybius henslowii	Salpa
Dasyatis pastinaca		Soestia
Dicentrarchus labrax	Mollusques : 9	
Dicentrarchus punctatus	Cerastoderma edule	Cténophores : 1
Dicologlossa cuneata	Euspira fusca	Pleurobrachia pileus
Echiichthys vipera	Magallana gigas	
Engraulis encrasicolus	Mytilus edulis	
Eutrigla gurnardus	Ocenebra erinaceus	
Hippocampus	Ostrea edulis	
Hyperoplus lanceolatus	Ruditapes	
Lesueurigobius friesii	Spisula sp.	
Liza aurata	Tritia reticulata	
Liza ramada		
Merlangius merlangus	Mollusques céphalopodes : 4	
Merluccius merluccius	Alloteuthis sp.	
Mullus surmuletus	Loligo vulgaris	
Pegusa lascaris	Sepia officinalis	
Platichthys flesus	Sepiola sp.	
Pleuronectes platessa		
Pomatoschistus minutus		
Raja clavata		
Raja microocellata		
Raja undulata		
Salmo salar		
Sander lucioperca		
Sarda sarda		
Sardina pilchardus		
Scomber colias		
Scomber scombrus		
Scophthalmus maximus		
Scophthalmus rhombus		
Silurus glanis		
Solea senegalensis		
Solea solea		
Sparus aurata		
Spondyliosoma cantharus		
Sprattus sprattus		
Syngnathus sp.		
Torpedo marmorata		
Trachinus draco		
Trachurus sp.		
Trisopterus luscus		
Umbrina canariensis		

Des trois estuaires, c'est donc celui qui apparait comme présentant la plus faible biodiversité (127 espèces en Loire et 110 en Seine). On peut cependant constater que l'estuaire de la Gironde est beaucoup plus vaste que les deux autres estuaires suivis : le domaine échantillonné en Gironde est en effet de 863 km², contre 194 et 140 km² en Seine et en Loire respectivement. Mais alors que le domaine est plus vaste, nous y réalisons moins de traits (≈ 61 vs ≈74) du fait des distances à parcourir entre chaque station car la durée de la campagne reste identique (8 jours) : nous n'arrivons à y réaliser en effet en moyenne que 7,6 traits par jour alors que nous en réalisons un peu plus de 9 dans les deux autres estuaires. Le taux d'échantillonnage (surface balayée par le chalut par rapport à la surface totale de domaine) y est de ce fait environ 10 fois inférieur à ceux déployés en Seine et Loire (Cf. Tableau 7 du chapitre 2). Même si le peuplement de cet estuaire semble moins variable spatialement que ceux de Loire et surtout de Seine (où l'on enregistre des présences ponctuelles de bancs denses de petits pélagiques certaines années), une journée supplémentaire d'échantillonnage apparait nécessaire.

Les courbes d'accumulation spécifiques sur les strates « Aval nord » et « bordure estuaire sud » (Tableau 25), tant pour les poissons et céphalopodes que pour le macro-zoobenthos, ne présentent en effet pas de tendance tangentielle. Ces deux strates sont échantillonnées au moyen de 8 et 5 traits respectivement, ce qui apparait insuffisant. Le rajout de 3 à 4 traits sur chacune de ces deux strates permettrait de mieux en cerner la biodiversité et très vraisemblablement également les peuplements. Ces 6 à 8 traits supplémentaires au total ne pourront être réalisés en réduisant l'effort sur les autres strates (aucun trait n'est doublé sur cet estuaire contrairement aux deux autres), et nécessiteraient le rajout d'une journée de campagne. Sur les autres strates, l'examen des courbes d'accumulation spécifique permet de considérer que l'effort est suffisant.

Tableau 25 *: courbes d'accumulation spécifique (nombre d'espèces différentes* ***capturées en fonction du nombre de traits réalisés) des poissons et*** *céphalopodes d'une part (les deux* ***colonnes de gauche), et du macro-*** *zoobenthos d'autre part (les deux colonnes de droite), obtenues au cours des* ***campagnes NourDem et Bargip Nourriceries menées en estuaire de Gironde*** *entre 2019 et 2021. Les résultats sont fournis globalement, sur l'ensemble* ***du domaine, et strates par strates***



	Poissons et céphalopodes		Macro-zoobenthos	
	Sur l'ensemble du domaine	Sur chacune des strates	Sur l'ensemble du domaine	Sur chacune des strates
2019				
2020				
2021				

4.3.2 Les indices de peuplement de l'estuaire de la Gironde

Les principaux indices de peuplement déterminés par RSUFI sont donnés par le Tableau 26 ci-dessous. Les CV associés aux indices sont du même ordre de grandeur que ceux obtenus en Seine et Loire, compris entre 10 et 30% pour ce qui concerne les abondances et les biomasses, excepté ceux de 2021 qui atteignent 47 et 56%, signifiant que le peuplement a été, cette année, vraisemblablement sous-échantillonné et donc moins bien cerné. Ceci pourrait être à mettre en relation avec le taux d'échantillonnage sans doute un peu faible de cet estuaire (Cf. *supra*), et notamment des strates « Aval nord » et « Bordure estuaire sud ».

Tableau 26 : indices de peuplement obtenus à partir des données des campagnes NourDem Gironde entre 2019 et 2021.

		Toutes les espèces cumulées		poissons et agnathes		crustacés		échinodermes		céphalopodes	
	Année	Valeur estimée	CV	Valeur estimée	CV	Valeur estimée	CV	Valeur estimée	CV	Valeur estimée	CV
Indice	2019	53 320 527	0,26	35 063 167	0,36	6 222 123	0,28	1 151 064	0,56	1 932 825	0,14
d'abondance	2020	68 629 057	0,31	38 369 344	0,22	6 772 830	0,20	131 481	0,52	2 694 342	0,35
(nbr ind.)	2021	53 155 790	0,47	42 900 933	0,58	3 012 501	0,21	339 531	0,75	1 441 827	0,24
	Moy.	58 368 458		38 777 815		5 335 818		540 692		2 022 998	
Indice de	2019	1 966 780	0,22	900 113	0,11	31 625	0,36	9 513	0,48	35 067	0,32
biomasse	2020	951 624	0,13	700 273	0,15	16 549	0,18	3 147	0,67	62 880	0,48
(kg)	2021	3 275 287	0,56	3 077 413	0,60	45 563	0,32	5 790	0,75	10 018	0,27
	Moy.	2 064 563		1 559 266		31 246		6 150		35 988	
Indice	2019	0,85	0,10	0,68	0,17	0,84	0,05	0,51	0,21	0,73	0,07
de diversité	2020	0,88	0,09	0,85	0,04	0,42	0,19	0,70	0,16	0,55	0,15
Delta	2021	0,88	0,07	0,82	0,11	0,78	0,06	0,17	0,72	0,48	0,17
poids moyens	2019	0,037	0,33	0,026	0,37	0,005	0,46	0,008	0,73	0,018	0,35
individuel	2020	0,014	0,34	0,018	0,27	0,002	0,27	0,024	0,85	0,023	0,60
(kg)	2021	0,062	0,73	0,072	0,83	0,015	0,39	0,017	1,06	0,007	0,36
Moyenne des	2019	0,265	0,38	0,438	0,41	0,037	0,84	0,015	0,55	0,018	0,36
poids moyens	2020	0,195	0,32	0,263	0,37	0,045	0,75	0,014	0,83	0,030	0,57
spécifiques (kg)	2021	0,504	0,87	0,816	0,92	0,037	0,68	0,022	0,74	0,011	0,65
Taille	2019	10,6	0,003	10,8	0,003	12,0	0,033			8,4	0,02
moyenne	2020	10,1	0,004	10,1	0,004	8,5	0,374			9,6	0,02
(en cm)	2021	14,0	0,003	14,1	0,003	10,7	0,076			5,7	0,03
proportion	2019	0,10	0,016	0,11	0,016					0,02	0,26
d' individus	2020	0,10	0,019	0,10	0,020					0,08	0,15
> 15 cm	2021	0,27	0,010	0,27	0,010	0,06	0,968			0,01	1,00
proportion	2019	0,04	0,026	0,05	0,026					0,00	0,71
d' individus	2020	0,04	0,033	0,04	0,033					0,01	0,44
> 20 cm	2021	0,18	0,013	0,18	0,013						
proportion	2019	0,03	0,031	0,03	0,032					0,00	0,71
d' individus	2020	0,02	0,041	0,02	0,041					0,00	1,00
> 25 cm	2021	0,11	0,017	0,11	0,017						
proportion	2019	0,02	0,035	0,02	0,036						
d' individus	2020	0,02	0,048	0,02	0,048						
> 30 cm	2021	0,07	0,022	0,07	0,022						

L'indice d'abondance global apparait plus stable que dans les deux autres estuaires (compris entre 53,1 et 68,6 millions d'individus au total), mais l'indice de biomasse, nettement plus élevé en moyenne que dans les deux autres estuaires, connait des variations interannuelles marquées, passant de 951 tonnes (2020) à 3 275 tonnes (2021). Cette différence se retrouve au niveau des indices de poids moyen : 62 grammes en 2021 contre 14 g en 2020 (facteur ≈ 4,4), ainsi qu'au niveau des tailles (14 cm de longueur en moyenne en 2021 contre 10 en 2020, et 27% d'individus de plus de 10 cm en 2021 contre 10% uniquement en 2020). 2019 présente des indices d'abondance, de biomasse, de poids et de taille compris entre ceux de 2020 et 2021.

Les indices de biodiversité Delta sont stables, et élevés (85 à 88%) quelle que soit l'année, indiquant des peuplements globalement équilibrés, sans dominances majeures d'abondance d'un petit nombre d'espèces par rapport aux autres. Les peuplements sont essentiellement constitués de poissons, et dans une moindre mesure de crustacés, puis de céphalopodes et enfin d'échinodermes. La forte variabilité des biomasses est

attribuable aux poissons dont l'indice de biomasse a atteint 3077 tonnes en 2021, soit ≈ 94% de la biomasse totale du peuplement (tel qu'échantillonné au moyen du chalut NourDem) cette année-là.

4.3.3 Espèces principales et d'intérêt, socle du peuplement de l'estuaire de la Gironde

Dans l'estuaire de Gironde, 17 espèces présentent une occurrence moyenne de capture sur les trois années du suivi supérieure à 20% (Tableau 27). Elles constituent donc le socle du peuplement de cet estuaire. Deux autres espèces, le **crabe vert** *Carcinus maenas* et le **mulet porc** *Liza ramada* présentent des occurrences moyennes légèrement inférieures à ce seuil de 20%, mais des abondances moyennes élevées. Comme ce sont en outre des espèces abondantes et occurrentes dans les deux autres estuaires, nous les retenons également.

L'espèce la plus occurrente dans l'estuaire de la Gironde (au moment où nous réalisons nos campagnes, et en utilisant le chalut NourDem), est le **maigre commun** *Argyrosomus regius*, capturé dans ≈ 66 % des traits en moyenne sur les trois années d'échantillonnage, et dont l'indice moyen d'abondance a été de ≈ 4,3 millions d'individus pour un indice de biomasse moyen de ≈ 714 tonnes. Les captures ont essentiellement porté sur des individus des groupes 0 et 1, confirmant ainsi le rôle de nourricerie que joue l'estuaire pour cette espèce.

La **sole commune** *Solea solea* arrive en seconde position de ce classement en termes d'occurrence moyenne de capture (≈ 54 %). Les indices d'abondance et de biomasse moyens sont nettement moindres : ≈ 316 000 individus pour ≈ 24,4 tonnes. Le rôle de nourricerie de l'estuaire est également confirmé pour cette espèce.

Les **chinchards** *Trachurus Sp.* arrivent en troisième position. Cette dénomination regroupe le **chinchard commun** *Trachurus trachurus* et le **chinchard méditerranéen** *Trachurus mediterraneus*. Ce regroupement a été rendu nécessaire du fait de la difficulté à distinguer les deux espèces chez les petits juvéniles (individus mesurant moins de 6-7 cm de longueur), très fréquents dans l'estuaire de la Gironde. Ensemble, les deux espèces ont été capturées dans 47 % des traits et ont présenté un indice moyen d'abondance de ≈ 10,6 millions d'individus et un indice moyen de biomasse de ≈ 100,2 tonnes).

Viennent ensuite l'**anchois commun** *Engraulis encrasicolus* et la **crevette grise** *Crangon crangon* (≈ 42 % d'occurrence chacun et des indices d'abondance respectifs de ≈ 16,6 millions et ≈ 1,14 millions d'individus), puis le petit calmar ***Alloteuthis sp.*** et la **crevette blanche** *Palaemon longirostris* (≈ 39 % d'occurrence chacun, et des indices d'abondance respectifs de ≈ 1,17 millions et 2,72 millions d'individus).

Le **bar européen** *Dicentrarchus labrax* arrive en 8ème position en termes d'occurrence (≈ 38,5 %), avec un indice d'abondance moyen de ≈ 325 000 individus pour une biomasse moyenne de ≈ 33 tonnes. Les captures portent essentiellement sur de jeunes individus, ce qui confirme que cet estuaire représente bien une nourricerie pour l'espèce.

Le **calmar commun** Loligo vulgaris est bien présent également, capturé en moyenne dans 26% des traits (IA moyen ≈ 750 000 individus et IB moyen ≈ 31 tonnes).

Le **bar moucheté** *Dicentrarchus punctatus* est moins occurrent (≈ 36,7%) que le bar européen, mais présente une abondance moyenne près de trois fois supérieure (≈ 947 000 individus). Son indice de biomasse moyen est cependant près de 3 fois inférieur (≈ 12,9 tonnes) à celui du bar européen. Ceci s'explique par l'importance de la capture de très jeunes individus, et confirme que l'estuaire est bien une nourricerie pour l'espèce.

L'**ombrine bronze** *Umbrina canariensis* est également bien présente dans l'estuaire, capturée dans 30% des traits environ, et présentant, toutes classes d'âge confondues, un indice moyen d'abondance de ≈ 2,7 millions d'individus pour un indice moyen de biomasse de ≈ 300 tonnes. L'importance des captures de très jeunes individus confirme que l'estuaire représente une nourricerie pour l'espèce. La Gironde représente également quasiment la limite nord de répartition de cette espèce : nous n'avons pour l'instant jamais enregistré de capture d'ombrine dans l'estuaire de Loire., mais ceci reste à suivre dans le cadre du changement climatique qui s'accompagne d'une remontée vers le nord de nombre d'espèces.

Viennent ensuite le **gobie buhotte** *Pomatoschistus minutus*, l'**étrille lisse** *liocarcinus vernalis*, le **gobie à grandes écailles** *Lesueurigobius friesii*, **le sprat** *Sprattus sprattus*, l'**anguille commune** *Anguilla anguilla* et la **raie bouclée** *Raja clavata* dont les occurrences moyennes de capture ont été comprises entre 30 et 25 %.

Tableau 27 : NourDem Gironde : *occurrences moyennes de capture et indices moyens d'abondance et de biomasse des espèces principales (espèces dont l'occurrence de capture est >20%), des migrateurs amphihalins (Mig.Amphi.) et des* ***espèces à haute valeur économi****que, patrimoniale ou d'intérêt, de l'estuaire de Gironde échantillonnées dans le cadre des campagnes NourDem menées entre 2019 et 2021. Les espèces sont classées en fonction de leur rang d'occurrence moyenne de capture. Les groupes d'âge sont distingués* ***chez le maigre commun, la sole commune, le bar européen, le bar*** *moucheté et l'ombrine bronze. Les couleurs distinguent les espèces principalement benthiques, bentho****-démersales, démersales et pélagiques.***

	Nom commun	Nom scientifique	OCCUR moy. (%)	RANG	IA Moy. (nbre)	IB Moy. (kg)	Catégorie	Mig. Amphi.
1	Maigre commun	Argyrosomus regius total	66,40		4 257 210	713 695	Démersale	
		Argyrosomus regius_G0	48,67	2	2 273 621	44 266		
		Argyrosomus regius_G1	60,20	1	1 969 615	649 846		
		Argyrosomus regius_G2p	9,19	40	13 974	19 583		
2	Sole commune	Solea solea total	53,87		316 323	24 449	Bentho-démersale	
		Solea solea_G0	37,72	9	136 249	1 851		
		Solea solea_G1p	46,18	4	180 074	22 598		
3	Chinchard	Trachurus sp.	47,00	3	10 225 558	99 575	Pélagique	
4	Anchois commun	Engraulis encrasicolus	42,24	5	16 642 682	106 464	Pélagique	
5	Crevette grise	Crangon crangon	42,17	6	1 142 797	1 263	Benthique	
6	Alloteuthis	Alloteuthis sp.	39,24	7	1 170 007	4 333	Pélagique	
7	Crevette blanche	Palaemon longirostris	39,03	8	2 724 007	2 678	Benthique	
8	Bar européen	Dicentrarchus labrax total	38,48		325 127	32 943	Démersale	
		Dicentrarchus labrax_G0	14,65	27	58 941	625		
		Dicentrarchus labrax_G1p	35,92	10	266 186	32 318		
9	Calmar commun	Loligo vulgaris	26,03	11	753 640	30 926	Pélagique	
10	Bar moucheté	Dicentrarchus punctatus total	36,70		947 384	12 897	Démersale	
		Dicentrarchus punctatus_G0	19,76	20	660 272	1 284		
		Dicentrarchus punctatus_G1	25,54	12	251 423	5 919		
		Dicentrarchus punctatus_G2p	9,56	37	35 689	5 693		
11	Ombrine bronze	Umbrina canariensis total	29,76		2 706 964	304 359	Démersale	
		Umbrina canariensis_G0	11,67	33	40 083	131		
		Umbrina canariensis_G1p	20,10	19	2 666 882	304 228		
12	Gobie buhotte	Pomatoschistus minutus	24,44	13	542 336	684	Bentho-démersale	
13	Etrille lisse	Liocarcinus vernalis	24,33	14	138 220	1 360	Benthique	
14	Gobie à grandes écailles	Lesueurigobius friesii	23,74	15	459 003	627	Bentho-démersale	
15	Sprat commun	Sprattus sprattus	23,52	16	769 109	4 045	Pélagique	
16	Anguille commune	Anguilla anguilla	23,29	17	60 842	20 215	Bentho-démersale	catadrome
17	Raie bouclée	Raja clavata	20,13	18	40 186	53 302	Bentho-démersale	
18	Crabe vert	Carcinus maenas	19,47	21	235 004	6 271	Benthique	
19	Mulet porc	Liza ramada	18,71	22	101 893	26 473	Démersale	
20	Grande Alose	Alosa alosa	15,82	25	37 847	878	Pélagique	anadrome
21	Esturgeon d'europe	Acipenser sturio	1,29	86	2 097	32 527	Démersale	anadrome
22	Alose feinte	Alosa fallax	1,10	93	1 247	139	Pélagique	anadrome
23	Osciètre	Acipenser gueldenstaedtii	0,55	101	80	112	Démersale	anadrome
24	Saumon atlantique	Salmo salar	0,55	104	834	250	Démersale	anadrome

Ces 19 espèces constituent le socle du peuplement de l'estuaire de la Gironde tel que nous le pouvons l'appréhender au moyen du chalut GOV NourDem, et à la période de nos campagnes (fin aout-début septembre). Elles présentent ensemble un indice global moyen d'abondance de près de 43,56 millions

d'individus, ce qui représente 74,6 % de l'abondance totale moyenne de l'estuaire, toutes espèces confondues[18] (Tableau 26), et un indice moyen de biomasse de ≈ 1450 tonnes (soit 70,1 % du total[19]).

Cinq de ces espèces sont pélagiques : le chinchard, l'anchois commun, le calmar commun *Loligo vulgaris*, le petit calmar *Alloteuthis sp.* et le sprat commun. Cinq sont des espèces démersales : le maigre commun, le bar européen, le bar moucheté, l'ombrine bronze et le mulet porc. Cinq peuvent être classées dans la catégorie des espèces bentho-démersales : la sole commune, le gobie buhotte, le gobie à grandes écailles, l'anguille commune et la raie bouclée. Enfin les quatre crustacés sont des espèces benthiques : la crevette grise, la crevette blanche, l'étrille lisse et le crabe vert.

Les espèces pélagiques dominent en termes d'abondance au sein des espèces socle, avec près de 30 millions d'individus en moyenne entre 2019 et 2021 (Tableau 28), soit 68% du total. Viennent ensuite les espèces démersales (8,3 millions, soit ≈ 19 % du total), puis les espèces benthiques (4,2 millions, soit 9,7 % du total), et enfin les espèces bentho-démersales (1,4 millions d'individus ce qui représente 3,3 % du total). En termes de biomasse moyenne, ce sont les espèces démersales qui dominent le peuplement, avec 1090 tonnes, soit 75,4 % du total, suivies des espèces pélagiques (≈ 245 tonnes ; ≈ 17,0 %), puis des espèces bentho-démersales (≈ 99,3 tonnes ; 6,9 %) et enfin les espèces benthiques (0,8% du total).

Le peuplement de l'estuaire de la Gironde tel qu'on peut l'échantillonner au moyen d'un chalut, est donc dominé, tant en termes d'abondances que de biomasses, par les espèces pélagiques et démersales (le récapitulatif exhaustif des indices moyens d'abondance, des indices moyens de biomasse et des occurrences moyennes de capture de toutes les espèces capturées dans l'estuaire de la Gironde est donné en annexe 6 § 10.6.3).

Tableau 28 : *indices d'abondance (IA) et de biomasse (IB) moyens obtenus* ***pour les 21 espèces socle du peuplement*** *de l'estuaire de* ***la Gironde*** *à l'issue des campagnes menées entre 20****19 et 2021 dans le cadre du projet NourDem. Distinction entre les espèces pélagiques, démersales, bentho-démersales et benthiques.***

Espèces	IA	IB	%IA	%IB
Pélagiques	29 560 997	245 343	67,87	16,96
Démersales	8 338 577	1 090 367	19,14	75,38
Bentho-démersales	1 418 691	99 277	3,26	6,86
Benthiques	4 240 028	11 572	9,73	0,80
total	43 558 293	1 446 559	100,00	100,00

A ces 19 espèces constituant le socle du peuplement, nous ajoutons également les deux espèces d'esturgeon capturées, l'**oscètre** *Acipenser gueldenstaedtii* (esturgeon d'élevage en Gironde) et l'**esturgeon d'Europe** *Acipenser sturio* (esturgeon sauvage autochtone mais faisant l'objet d'un programme de repeuplement) et les trois espèces de grands migrateurs anadromes échantillonnés : les deux espèces d'aloses, la **grande Alose** *Alosa alosa* et l'**alose feinte** *Alosa fallax*) et le **saumon atlantique** *Salmo salar*.

Les paragraphes qui suivent présentent plus en détail l'ensemble des espèces majeures du peuplement de l'estuaire de la Loire.

[18] l'écart est notamment dû aux mollusques benthiques, mal échantillonnés au moyen d'un chalut, et présentant des occurrences faibles, mais des IA parfois élevés : c'est, dans cet estuaire, le cas coques *Cerastoderma edule* (IA ≈ 6,5 millions d'individus), des huitres creuses *Magallana gigas* (IA ≈ 0,56 millions) et des moules *Mytilus edulis* (IA ≈ 2,8 millions).

[19] La différence est ici due aux méduses (pélagiques), qui présentent des occurrences inférieurs à 20%, mais des indices de biomasse parfois élevés : Aurelia sp. et Aurelia aurita ≈ 73 tonnes, Rhizostoma pulmo ≈ 323,5 tonnes et Catostylus tagi ≈ 11,5 tonnes d'indices moyens de biomasse

4.3.4 Le maigre commun Argyrosomus regius en estuaire de Gironde

Le maigre commun *Argyrosomus regius* est une des espèces majeures du peuplement de l'estuaire de la Gironde au moment où nous réalisons nos campagnes : première espèce en termes d'occurrence moyenne de capture (66,4 % sur la période 2019-2021), troisième en termes d'indice moyen d'abondance avec 4,26 millions d'individus (derrière l'anchois commun -16,6 millions- et le chinchard -10,6 millions-), et première espèce en termes de biomasse moyenne avec ≈ 714 tonnes (Tableau 27 ; poids moyen individuel de 167 grammes). L'importance de cette espèce, et le fait que l'estuaire de la Gironde représenterait sa nourricerie majeure le long des côtes atlantiques françaises (Sourget et Biais, 2009 ; Quéméner, 2002 ; Quero et Vayne, 1987 ; Guerault et al, 1997) nous a amené à considérer 3 groupes d'âge : les individus nés dans l'année (G0), ceux âgés d'un an (nés l'année N-1 : les « G1 ») et ceux de 2 ans et plus : les G2+.

Les maigres *Argyrosomus regius* du groupe 0 en estuaire de Gironde

Les maigres *Argyrosomus regius* du groupe 0 en estuaire de Gironde présentent une occurrence moyenne de capture sur la période 2019-2021 de 48,7 %, un indice moyen d'abondance de 2,27 millions d'individus pour un indice moyen de biomasse de 44,2 tonnes (Tableau 27 ; poids individuel moyen de ≈ 19,5 grammes).

Les indices d'abondance annuels sont tous significativement différents entre eux, l'indice de 2020 (5,0 +/- 1,8 millions d'individus) étant significativement supérieur à celui de 2019 (1,7 +/- 0,8 millions d'individus), lui-même significativement supérieur à celui de 2021 (38 000 +/- 32 000 ; baisse d'un facteur de l'ordre de 150 fois de l'indice entre 2021 et 2020 ; Figure 151).

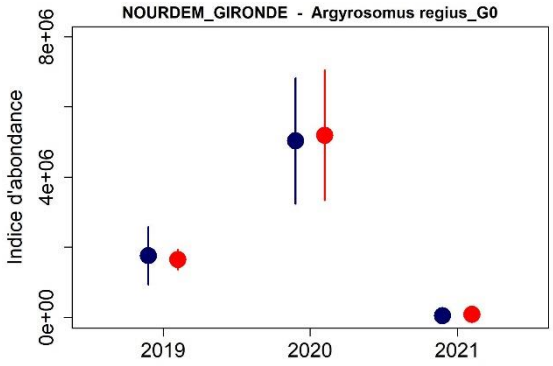


Figure 150 : Les maigres communs Argyrosomus regius du groupe 0 en estuaire de Gironde *: indices d'abondance (**IA, en** nombre d'individus) et fourchettes d'encadrement au seuil d'erreur de 5% de ces indices, calculés à partir des données **de capture des campagnes NourDem Gironde entre 2019 et 2021. En bleu, indices RSUFI ; en rouge indices RSTRATI.***

En 2019 et 2020, les occurrences de capture sont élevées et tout à fait comparables (de l'ordre de 63 %) : les juvéniles de maigre du groupe 0 sont capturés sur quasiment tous les traits se situant à l'intérieur de l'estuaire, hormis sur les 3 traits les plus amont. Pas de capture non plus à l'extérieur de l'estuaire. Ceci confirme bien le caractère estuarien de la nourricerie. En 2021, l'occurrence de capture chute à 18,3 %, les captures étant strictement circonscrites à la partie centrale de l'estuaire, principalement le long de sa bordure Nord (Figure 151).

Les tailles de capture des groupes 0 atteignent 21 cm en 2019 et 2020, avec des valeurs modales comprises entre 11 et 15 cm. Les tailles maximales de ce groupe d'âge relevées en 2021 sont de seulement 12 cm, avec des valeurs modales comprises entre 4 et 8 cm (il y aurait donc également eu une réduction importante de l'amplitude des tailles de capture, avec très peu de captures de « grands » individus au sein de ce groupe d'âge).

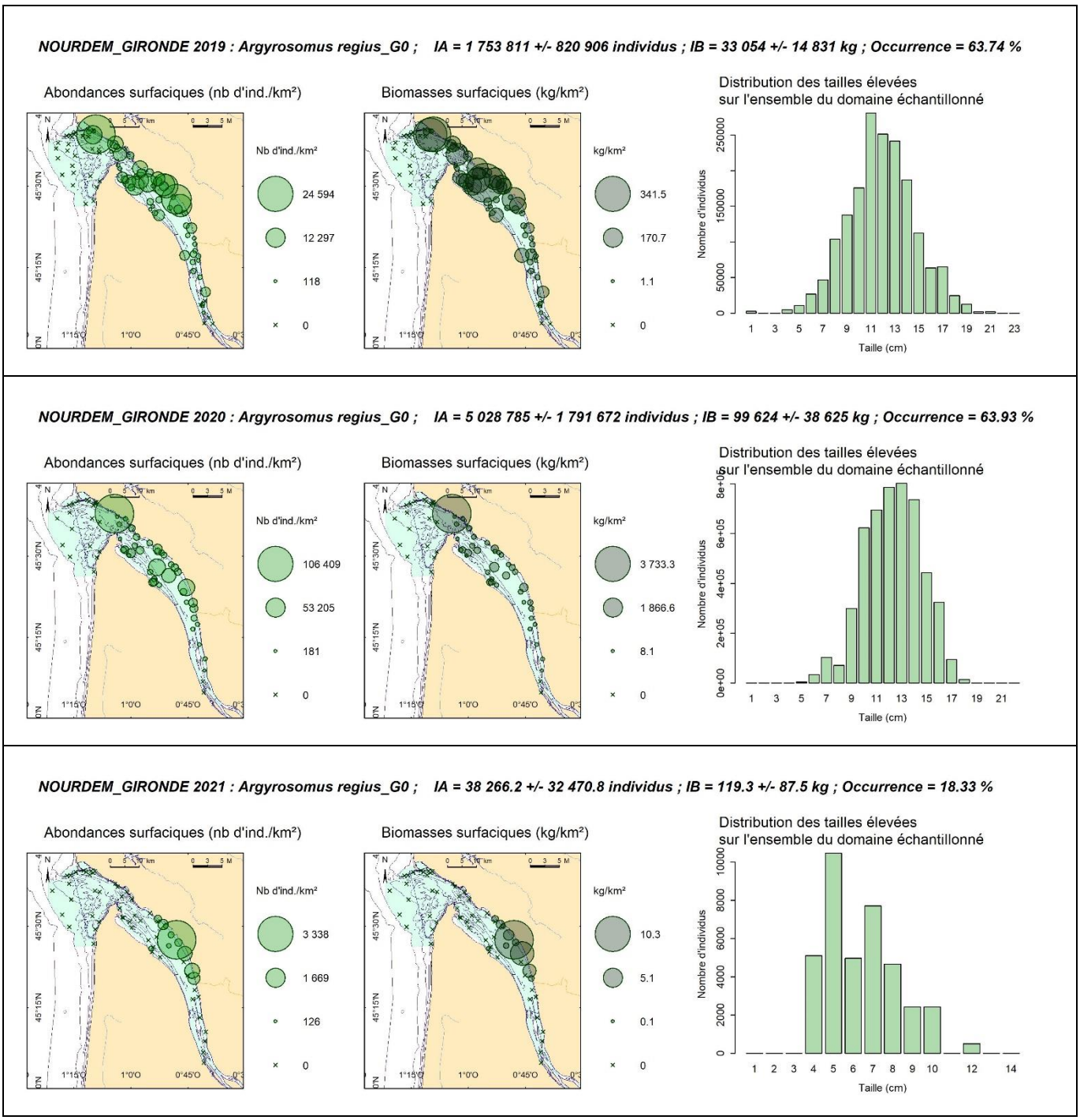


Figure 151 : Les maigres communs Argyrosomus regius du groupe 0 en estuaire de Gironde : densités surfaciques** (en nombre d'individus par km²* ***; script RSUFI), biomasses surfaciques (en kg/km²) et distributions des tailles élevées** à l'ensemble du domaine échantillonné d**es maigres communs Argyrosomus regius du groupe 0 obtenues dans le cadre des campagnes NourDem Gironde entre 2019 et 2021.

NB : cette baisse très marquée des indices d'abondance en 2021 devra être confirmée à l'avenir ; il faudra en particulier vérifier si elle n'est pas simplement due aux incertitudes d'échantillonnage qui pourraient être liées à une faible capturabilité de ces juvéniles du groupe 0 (comme c'est le cas par exemple pour les juvéniles de bars européens du groupe 0), majoritairement inféodés à des profondeurs inaccessibles au chalut GOV NourDem.

Les maigres *Argyrosomus regius* du groupe 1 en estuaire de Gironde

Les maigres du groupe 1 ont présenté une occurrence moyenne de capture supérieure à celle du groupe 0 (60,2 % sur la période 2019-2021 ; Tableau 27), un indice moyen d'abondance du même ordre de grandeur (≈ 2 millions d'individus), et, de ce fait, un indice de biomasse nettement supérieur, de l'ordre de 650 tonnes.

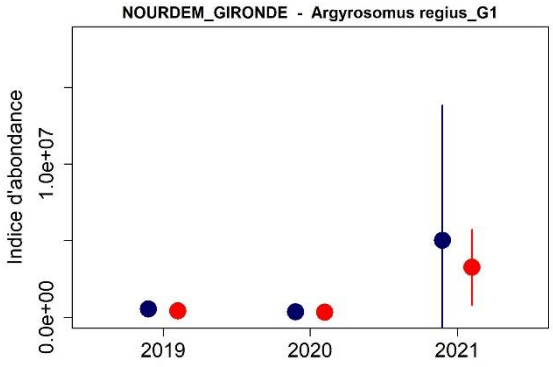
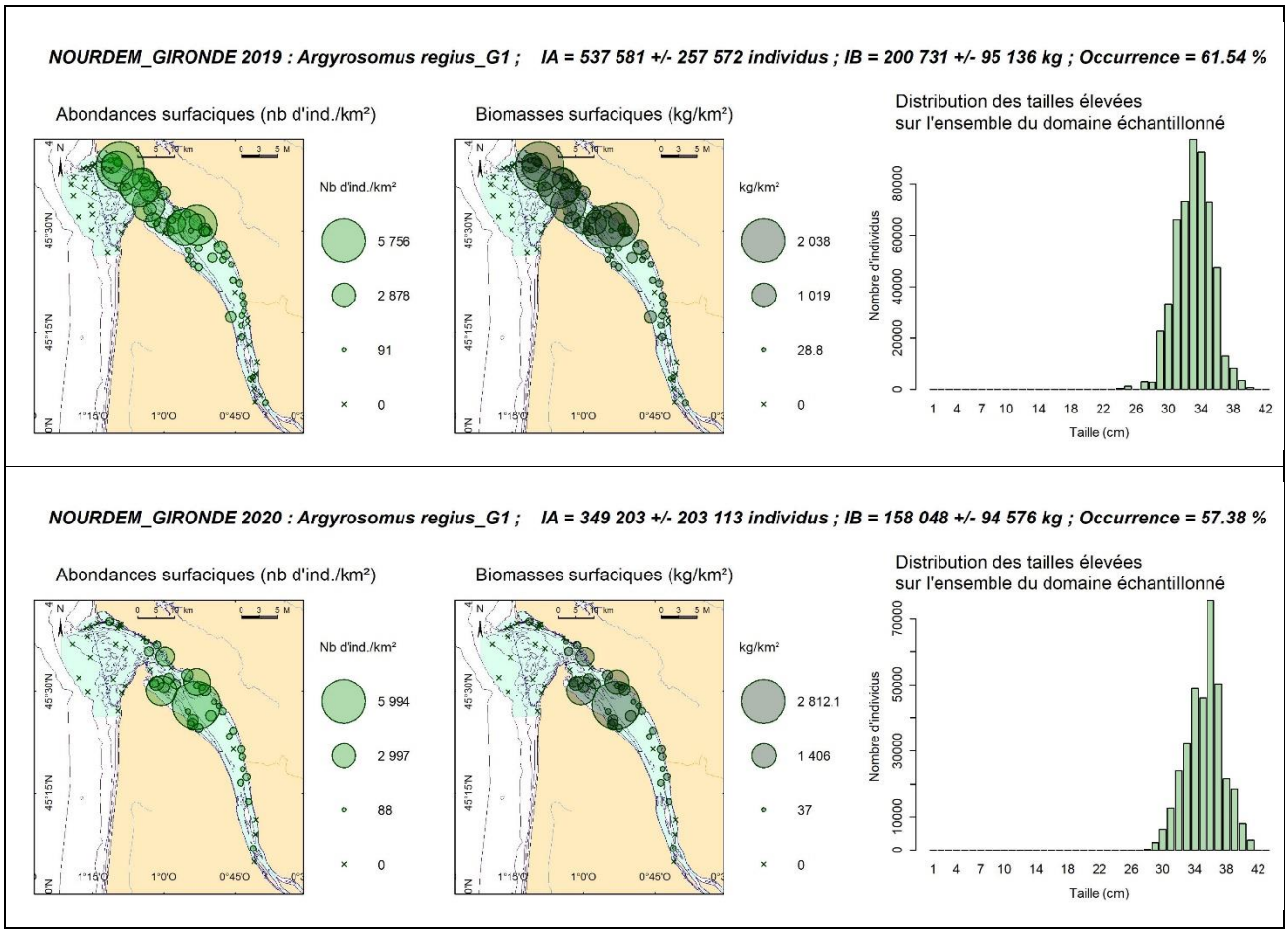


Figure 152 : Les maigres communs Argyrosomus regius du groupe 1 en estuaire de Gironde** : indices d'abondance (**IA,** en nombre d'individus) et fourchettes d'encadrement au seuil d'erreur de 5% de ces indices, **calculés à partir des données de capture des campagnes NourDem Gironde entre 2019 et 2021. En bleu, indices RSUFI ; en rouge indices RSTRATI.

L'indice (RSTRATI) de 2021 est significativement supérieur à ceux de 2019 et 2020, ce qui est conforme à ce que nous observons chez les groupes 0, et il faudra vérifier en 2022 si la cohorte de 2021 est exceptionnellement faible, ou pas, comme semblent l'indiquer les indices obtenus sur les G0 en 2021.

Les captures sont enregistrées sur l'intégralité de l'estuaire interne, jamais sur les traits de l'extérieur, les plus au large. L'espèce reste donc, encore à cet âge, inféodée à l'espace estuarien. Notons cependant que les captures de ce groupe d'âge apparaissent moins abondantes que celles des groupes 0 dans la partie la plus amont de l'estuaire.

Les tailles sont comprises entre 24 et 40 cm, avec, peut-être, une valeur modale en 2021 légèrement inférieure à celles des deux autres années (à valider à l'avenir).



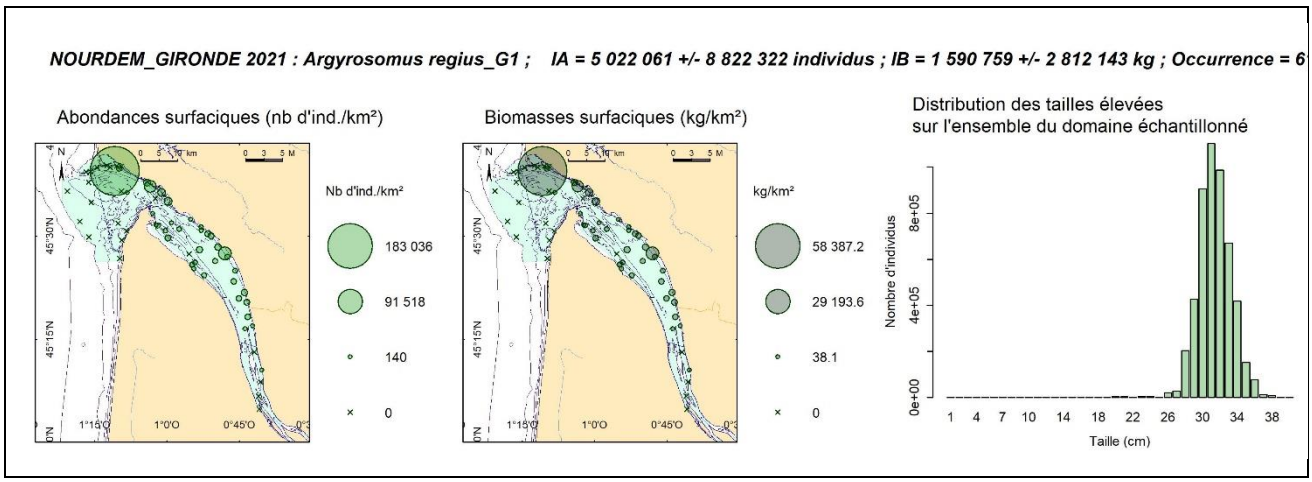


Figure 153 : Les maigres communs Argyrosomus regius du groupe 1 en estuaire de Gironde : densités surfaciques** (en nombre d'individus par km² **; script RSUFI), biomasses surfaciques (en kg/km²) et distributions des tailles élevées** à l'ensemble du domaine échantillonné d**es maigres communs Argyrosomus regius du groupe 1 obtenues dans le cadre des campagnes NourDem Gironde entre 2019 et 2021.

Les maigres *Argyrosomus regius* des groupes 2 et plus en estuaire de Gironde

Les captures des maigres des groupes 2 et plus sont nettement moins abondantes que celles des individus plus jeunes : l'occurrence moyenne de capture sur la période 2019-2021 chute à 9,2 %, pour un indice moyen d'abondance de l'ordre de 14 000 individus et un indice moyen de biomasse de 19,6 tonnes (Tableau 27). Il n'y a pas de différences interannuelles significatives d'abondance (Figure 154).

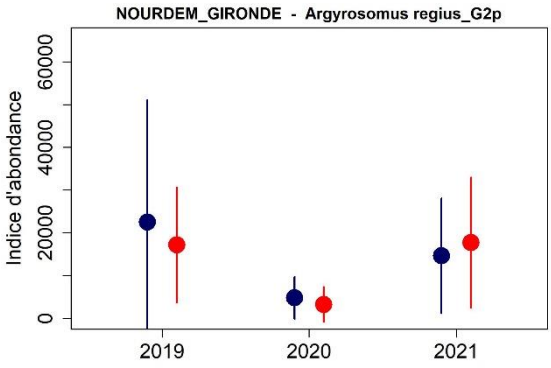
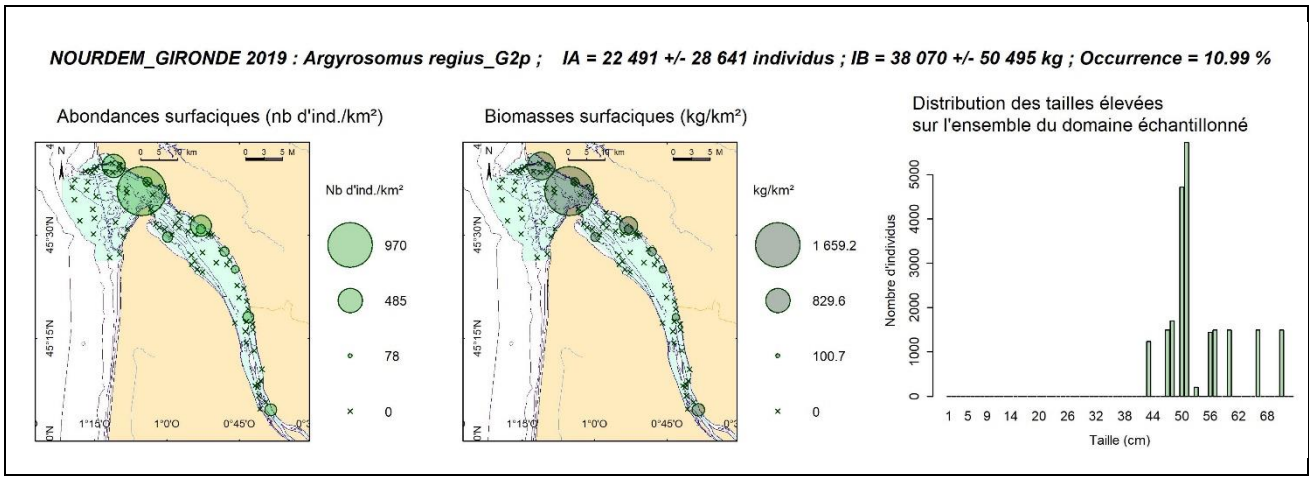


Figure 154 : Les maigres communs Argyrosomus regius des groupes 2 et plus en estuaire de Gironde :** indices d'abondance (**IA, en nombre** d'individus) et fourchettes d'encadrement au seuil d'erreur de 5% de ces **indices, calculés à partir des données de capture des campagnes NourDem Gironde entre 2019 et 2021. En bleu, indices RSUFI ; en rouge indices RSTRATI.

Les captures sont enregistrées sur l'ensemble des traits de la partie interne de l'estuaire, avec des tailles comprises entre 43 et 71 cm. La très forte chute des indices d'abondance entre les groupes 1 et les groupes 2 et + pourrait signifier que les juvéniles ne sont plus inféodés à leur nourricerie estuarienne en fin de groupe 1 (à valider à l'avenir).



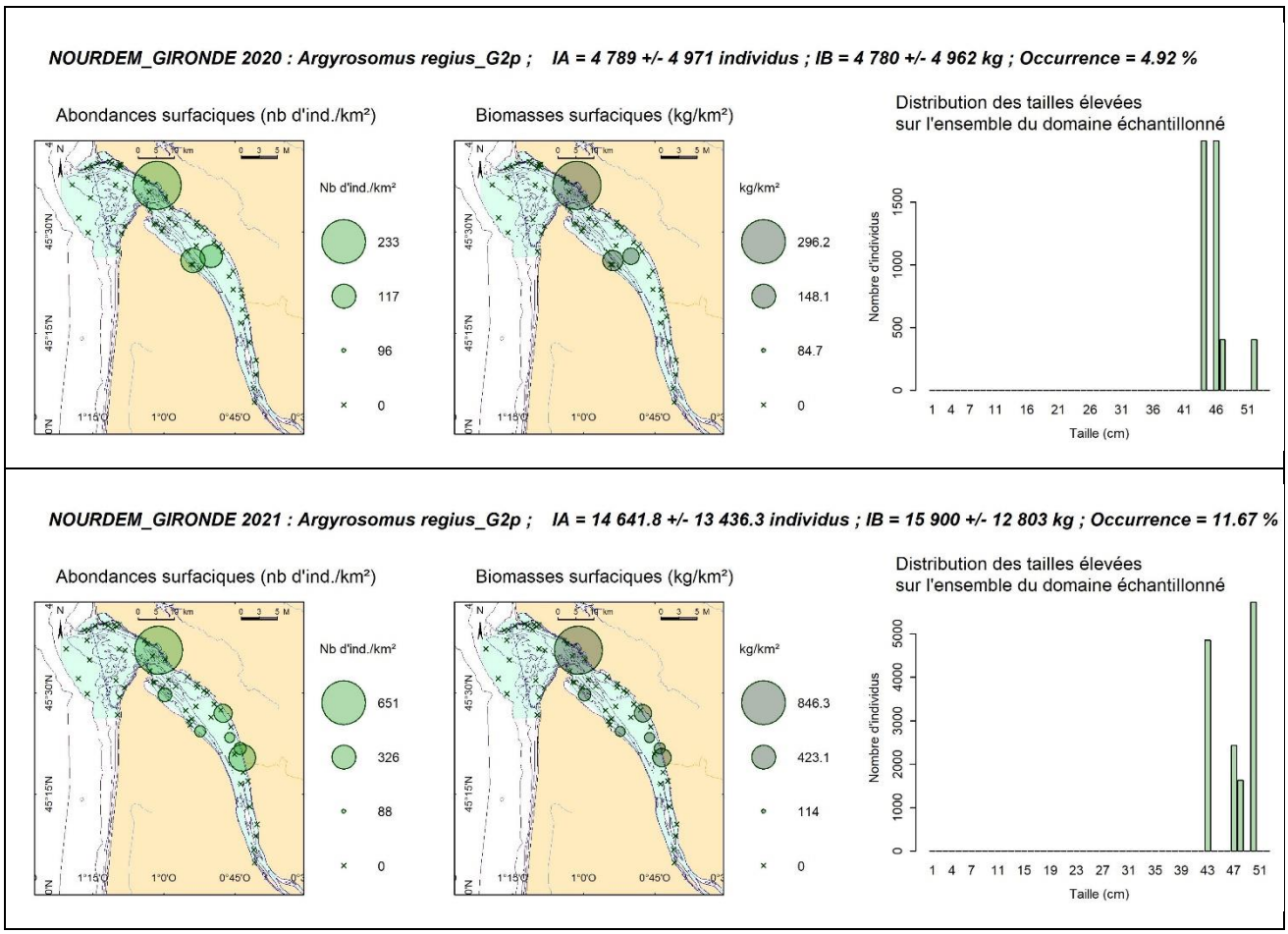


Figure 155 : Les maigres communs Argyrosomus regius des groupes 2 et plus en estuaire de Gironde : densités surfaciques** (en nombre d'individus par km² **; script RSUFI), biomasses surfaciques (en kg/km²) et distributions des** tailles élevées à l'ensemble du domaine échantillonné d**es maigres communs Argyrosomus regius des groupes 2 et plus obtenues dans le cadre des campagnes NourDem Gironde entre 2019 et 2021.

Les cartographies des captures moyennes par traits sont données par la Figure 156 . Elles confirment que quel que soit le groupe d'âge, les captures sont essentiellement enregistrées sur la partie aval de l'estuaire interne et sur la partie amont de l'estuaire externe ; pas de capture sur les traits les plus au large, et captures exceptionnelles sur les traits les plus amont.

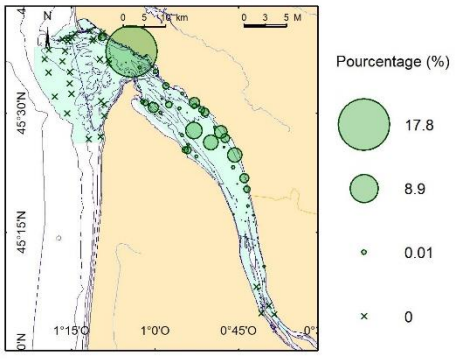
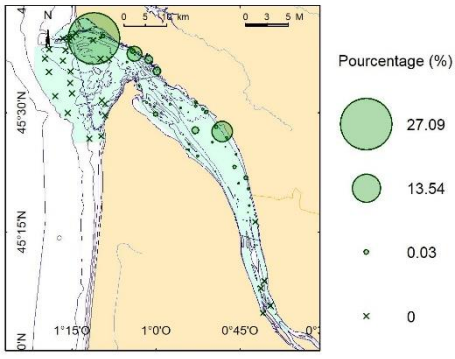
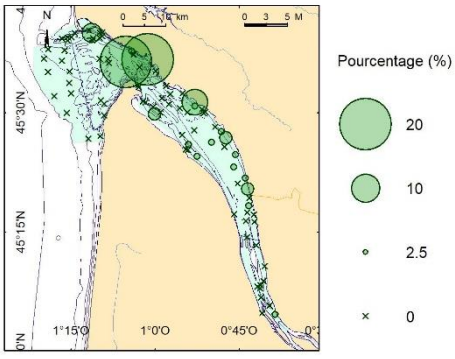
Les maigres du groupe 0	***Les maigres du groupe 1***	***Les maigres des groupes 2 et plus***
		

Figure 156 : Les maigres communs en estuaire de Gironde : moyennes, sur la période 2019-2021, des captures par** traits (exprimées en pourcentage du nombre total moyen d'individus capturés) des maigres commun**s Argyrosomus regius des groupes 0, 1, et 2+** dans l'**estuaire de la Gironde ; données NourDem.

4.3.5 Les soles communes Solea solea en estuaire de Gironde

La sole commune *Solea solea* est la seconde espèce en termes d'occurrence moyenne de capture dans l'estuaire de la Gironde sur la période 2019-2021 (53,9 %). Son indice moyen d'abondance s'est élevé à ≈ 316 000 individus pour un indice moyen de biomasse de ≈ 24,5 tonnes (Tableau 27). Cette espèce utilisant l'estuaire comme nourricerie, il est intéressant de traiter séparément les groupes d'âge 0 d'une part, et 1 et plus d'autre part.

Les soles communes *Solea solea* du groupe 0

Les juvéniles de soles du groupe 0 ont présenté une occurrence moyenne de capture de 37,8%, un indice moyen d'abondance de ≈ 136 000 individus et un indice moyen de biomasse de 1,8 tonnes sur la période 2019-2021 (Tableau 27 ; poids individuel moyen de 13,6 grammes).

Les indices annuels d'abondance sont orientés à la baisse, passant de ≈ 260 000 +/- ≈ 123 000 individus en 2019 à ≈ 28 000 +/- 22 700 individus en 2021 (différence significative ; Figure 157)

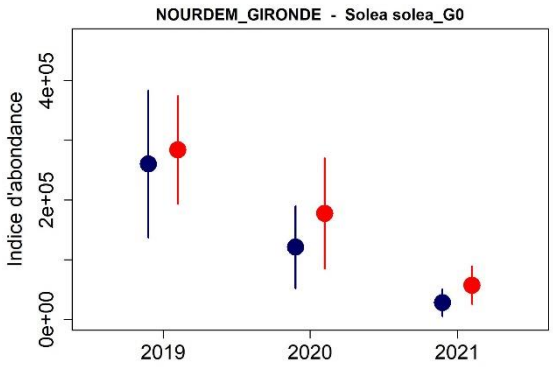
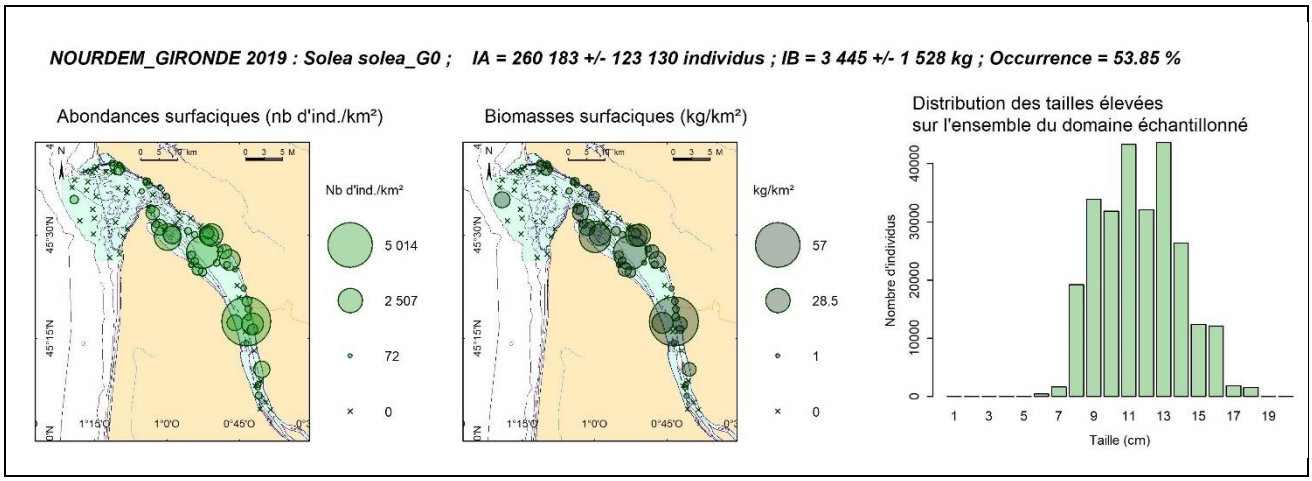


Figure 157 : Les soles communes Solea solea du groupe 0 en estuaire de Gironde *: indices d'abondance (**IA, en nombre** d'individus) et fourchettes d'encadrement au seuil d'erreur de **5% de ces indices, calculés à partir des données de capture des campagnes NourDem Gironde entre 2019 et 2021. En bleu, indices RSUFI ; en rouge indices RSTRATI.***

L'intégralité de l'estuaire est colonisée, depuis les traits les plus amont jusqu'à certains trait situés à l'extérieur de l'estuaire (ce qui diffère de ce que nous observons en en Loire où seules les strates les plus amont hébergent des soles du groupe 0 ; quelques captures sont également enregistrées en aval de l'estuaire en Seine). Les tailles de capture sont comprises entre 4 et 18 cm, les distributions pouvant présenter plusieurs sous-cohortes[20].



[20] La séparation entre G0 et G1 a été réalisée « à dire d'expert », sans dénombrement des stries d'accroissement sur les otolithes. Elle apparait incertaine en ce qui concerne les individus dont la taille est comprise entre 15 et 19 cm. Les résultats présentés pour les groupes d'âge 0 et 1 dans cet estuaire doivent donc être considérés comme encore provisoires ; des prélèvements seront réalisés lors de la campagne 2022 afin de vérifier les limites de tailles entre ces deux cohortes.

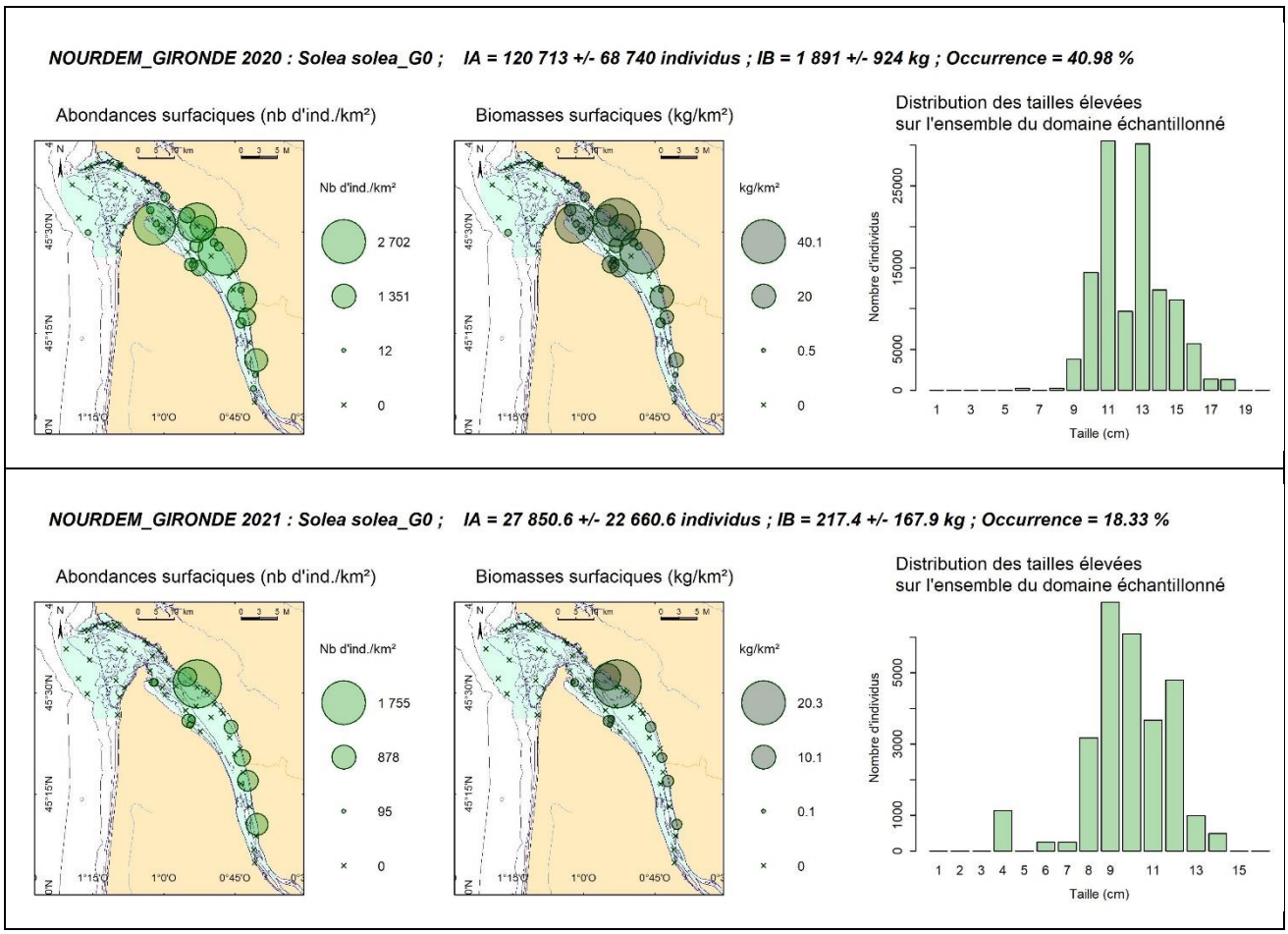


Figure 158 : Les soles communes Solea solea du groupe 0 en estuaire de Gironde : densités surfaciques (en nombre** d'individus par km² **; script RSUFI), biomasses surfaciques (en kg/km²) et distributions des tailles élevées à** l'ensemble du domaine échantillonné d**es soles communes Solea solea du groupe 0 obtenues dans le cadre des campagnes NourDem Gironde entre 2019 et 2021.

Les soles communes *Solea solea* des groupes 1 et +

En moyenne sur la période 2019-2021, l'occurrence de capture des soles communes *Solea solea* s'est élevée à 46,2%, leur indice moyen d'abondance se chiffrant à ≈ 180 000 individus pour un indice moyen de biomasse de ≈ 22,6 tonnes (Tableau 27 ; poids individuel moyen de 125 grammes).

Les indices annuels d'abondance apparaissent, comme ceux du groupe 0, en baisse, mais de manière non significative.

Toutes les strates sont colonisées, mais la majeure partie de l'effectif de ces groupes d'âge se situe au centre du domaine échantillonné (Figure 160).

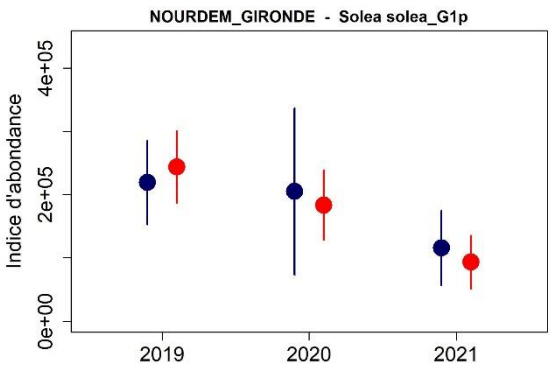


Figure 159 : Les soles communes Solea solea des groupes 1 et plus en estuaire de Gironde** : indices d'abondance (**IA,** en nombre d'individus) et fourchettes d'encadrement au seuil d'erreur de 5% de ces indices, **calculés à partir des données de capture des campagnes NourDem Gironde entre 2019 et 2021. En bleu, indices RSUFI ; en rouge indices RSTRATI.

Les tailles de capture sont comprises entre 15 et 49 cm (avec une interrogation sur les individus mesurant de 15 à 19 cm, et dont l'appartenance au groupe 1 sera à vérifier en 2022).

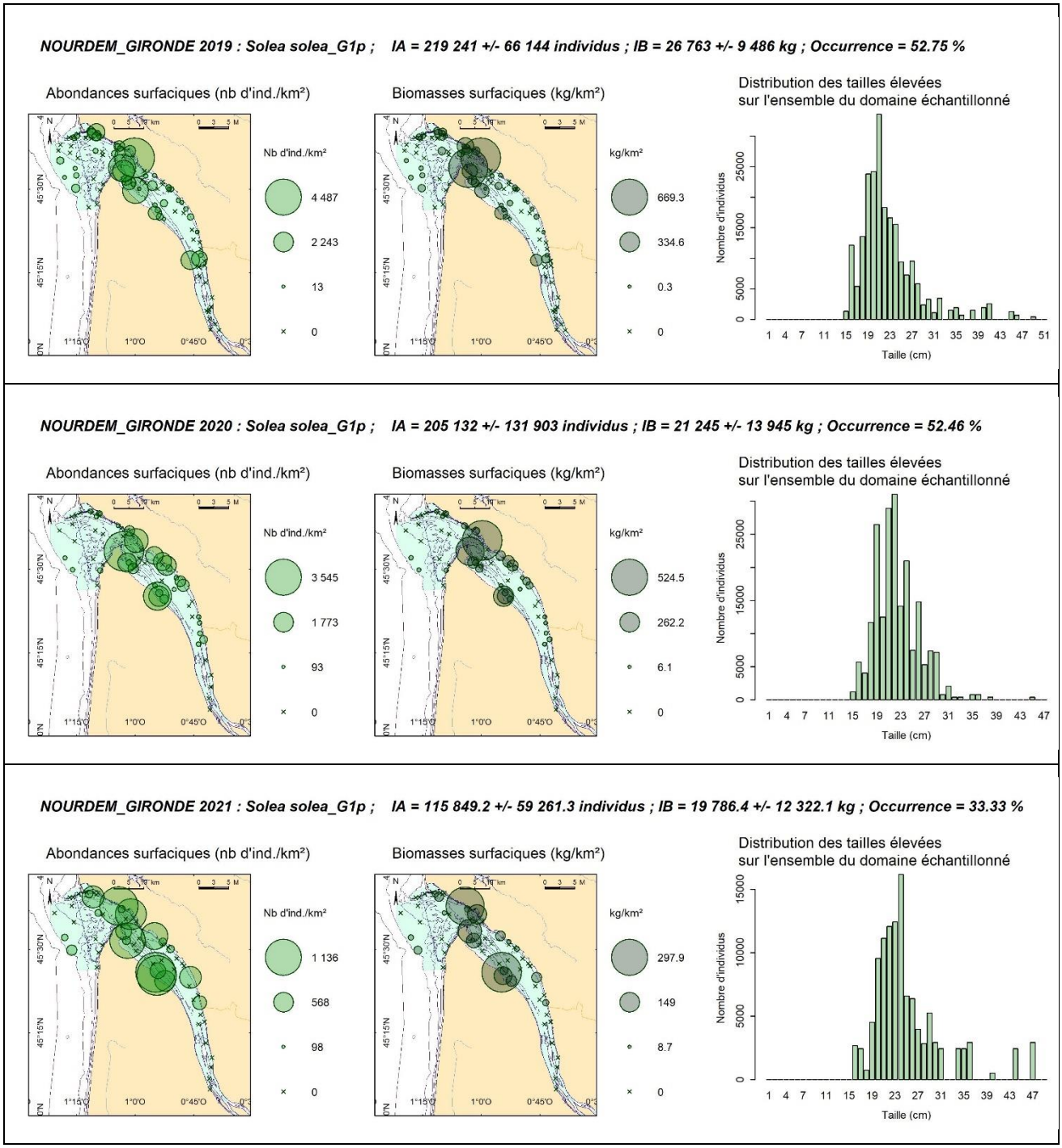


Figure 160 : Les soles communes Solea solea des groupes 1 et plus en estuaire de Gironde : densités surfaciques** (en nombre d'individus par km² **; script RSUFI), biomasses surfaciques (en kg/km²) et distributions des tailles élevées** à l'ensemble du domaine échantillonné d**es soles communes Solea solea des groupes 1 et plus obtenues dans le cadre des campagnes NourDem Gironde entre 2019 et 2021.

Les cartographies des captures moyennes par traits sont données par la Figure 161. Les secteurs de présence préférentielle sont assez semblables entre les deux groupes d'âge, avec néanmoins des densités relatives supérieures dans la partie amont chez les groupes 0. La majeure partie des deux effectifs reste cependant circonscrite à l'estuaire interne (i.e. en amont du goulet).

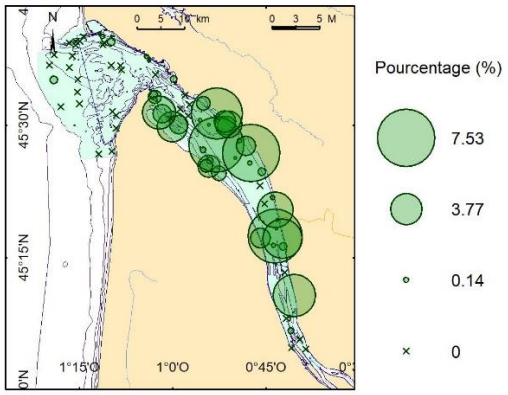
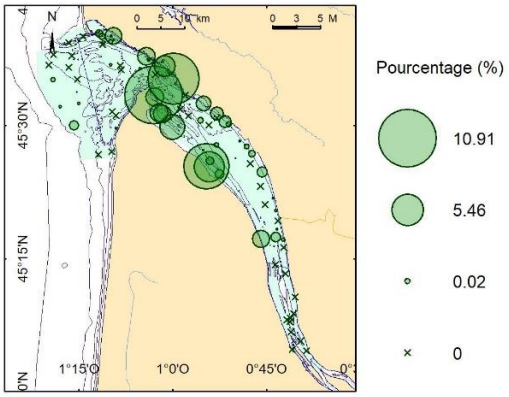
Les soles du groupe 0	*Les soles des groupes 1 et +*
	

Figure 161 : Les soles communes en estuaire de Gironde : moyennes, sur la période 2019-2021, des captures par traits *(exprimées en pourcentage du nombre total moyen d'individus capturés) des soles communes* ***Solea solea des groupes 0 et*** *1+ dans l'estuaire de la Gironde ; données NourDem.*

4.3.6 Les chinchards Trachurus sp. dans l'estuaire de la Gironde

Deux espèces de chinchards, le chinchard commun *Trachurus trachurus* et le chinchard méditerranéen *Trachurus mediterraneus* coexistent sur le domaine échantillonné en Gironde. La distinction entre ces deux espèces étant difficile chez les petits individus (tailles inférieure à 8 cm), nous avons regroupé les deux espèces sous les dénominations « chinchards » et « *Trachurus sp*. ».

L'occurrence moyenne de capture s'est élevée à 47,0 %, l'indice moyen d'abondance à 10,2 millions d'individus (second indice d'abondance après les anchois communs) et l'indice moyen de biomasse à ≈ 99,6 tonnes (ce qui donne un poids individuel moyen de l'ordre de 10 grammes ; Tableau 27). L'indice annuel d'abondance a été maximal en 2020, de l'ordre de 24 millions +/- 22 millions d'individus selon le script RSUFI, mais sans présenter de différence significative avec les indices de 2019 et de 2021 (Figure 162). L'analyse des distributions de tailles montre l'importance du recrutement en groupes 0 en 2020 par rapport aux deux autres années. L'espèce n'est pas inféodée à l'estuaire et est surtout présente à l'aval, dans la partie marine du domaine échantillonné. Les tailles de capture sont comprises entre 5 et 34 cm.

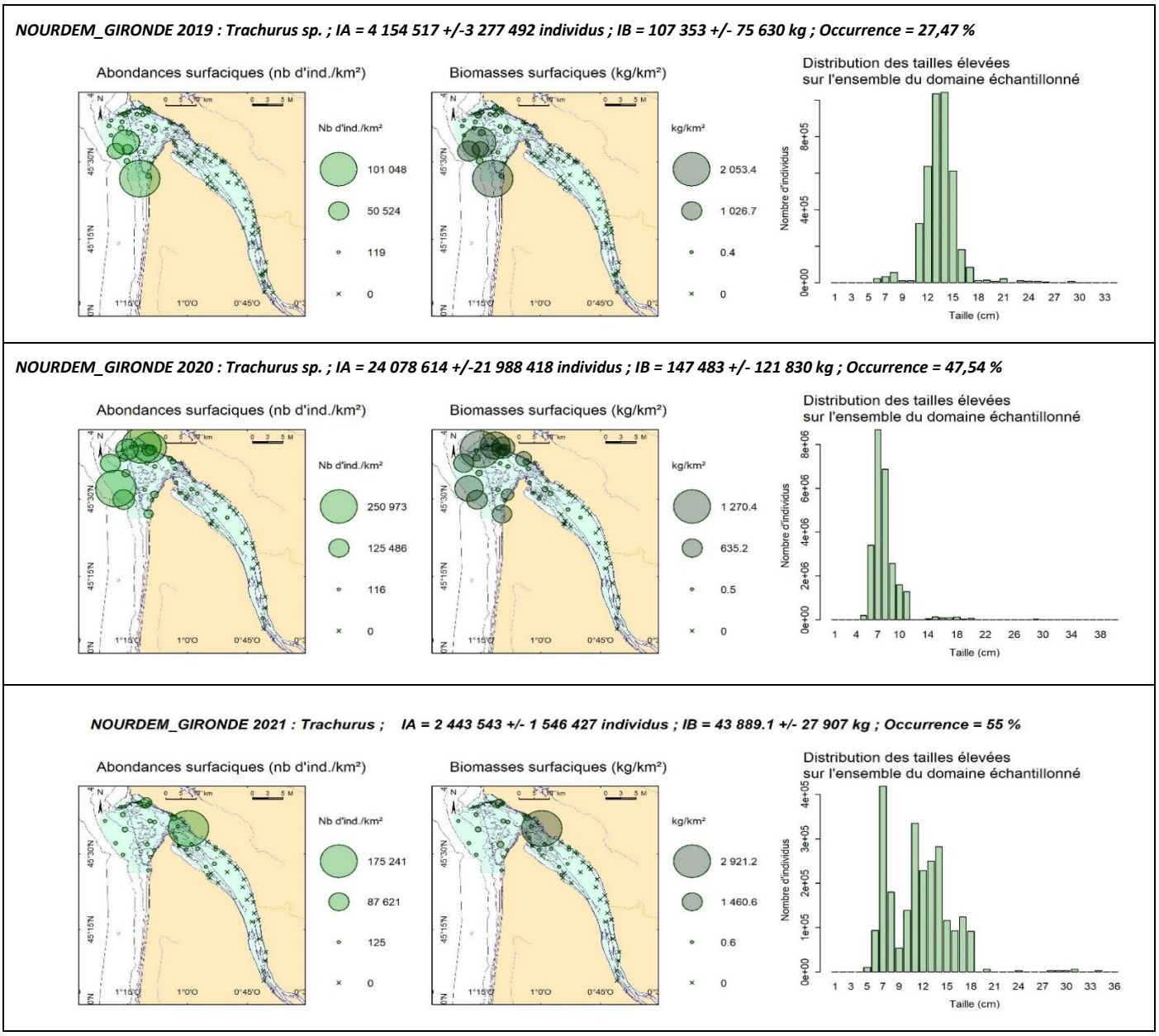


Figure 162 : Les chinchards Trachurus sp. en estuaire de Gironde : densités surfaciques (en nombre d'individus par km² ; script RSUFI), biomasses surfaciques (en kg/km²) et distributions des tailles élevées à l'ensemble du domaine échantillonné des chinchards Trachurus sp. obtenues dans le cadre des campagnes NourDem Gironde entre 2019 et 2021.

4.3.7 Les anchois commun Engraulis encrasicolus en estuaire de Gironde

L'anchois commun *Engraulis encrasicolus* est l'espèce qui a été, sur la période 2019-2021, la plus abondante de notre suivi dans l'estuaire de la Gironde avec un indice moyen d'abondance de 16,6 millions d'individus. Son indice moyen de biomasse s'est élevé à 106,5 tonnes (soit le second indice de biomasse moyen pour cet estuaire, mais qui reste cependant de l'ordre de 6,7 fois inférieur à celui des maigres communs) et une occurrence moyenne de capture de 42,2 % (Tableau 27).

Les indices d'abondance sont passés de ≈ 20 millions d'individus en 2019 à ≈ 5,3 millions en 2020, puis à ≈ 24,7 millions en 2021, mais les fourchettes d'encadrement sont trop étendues pour que l'on puisse conclure à des différences interannuelles significatives (données RSUFI ; RSTRATI conclurait à une augmentation significative entre 2020 et 2021 ; Figure 163).

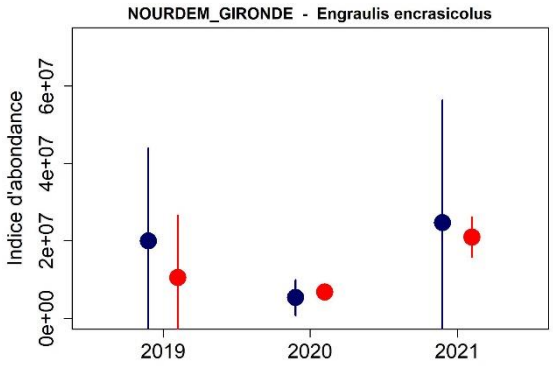
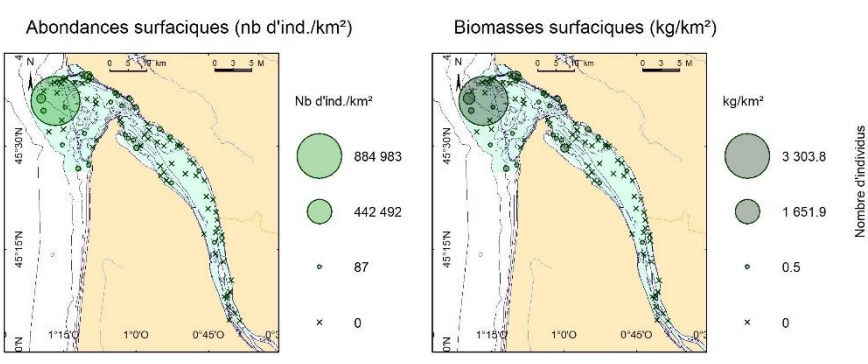


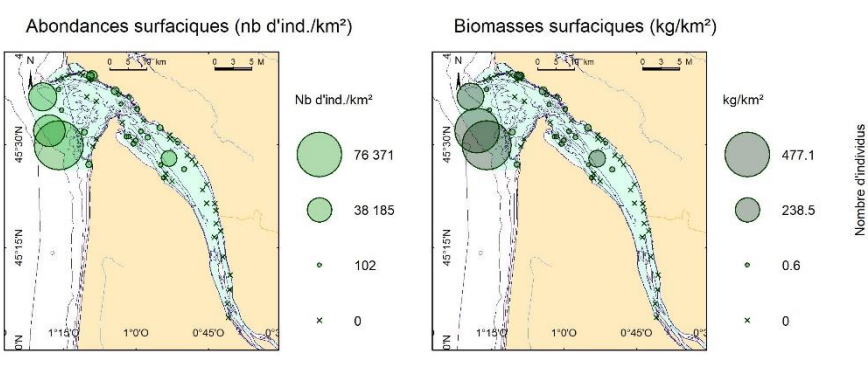
Figure 163 : Les anchois communs Engraulis encrasicolus en estuaire de Gironde** : indices d'abondance (**IA,** en nombre d'individus) **et** fourchettes d'encadrement au seuil d'erreur de 5% de ces indices, **calculés à partir des données de capture des campagnes NourDem Gironde entre 2019 et 2021. En bleu, indices RSUFI ; en rouge indices RSTRATI.

Les captures sont principalement enregistrées dans la partie aval de l'estuaire ainsi que sur les traits de l'extérieur, même si quelques rares captures sont constatées dans la zone centrale de l'amont de l'estuaire : contrairement à ce que nous observons en Loire où l'intégralité de l'estuaire est utilisée par l'espèce, l'anchois en Gironde semble être plutôt présent dans les parties les plus marines de l'estuaire, voire à l'extérieur proche de l'estuaire (à confirmer via les suivis futurs car nous ne disposons en Gironde que de 3 années de suivi contre 6 en Loire). Les tailles de capture sont comprises entre 6 et 14 cm.

NOURDEM_GIRONDE 2019 : Engraulis encrasicolus ; IA = 19 931 075 +/- 24 038 668 individus ; IB = 81 604 +/- 90 316 kg ; Occurrence = 30.77 %



NOURDEM_GIRONDE 2020 : Engraulis encrasicolus ; IA = 5 327 474 +/- 4 574 216 individus ; IB = 36 696 +/- 31 559 kg ; Occurrence = 42.62 %



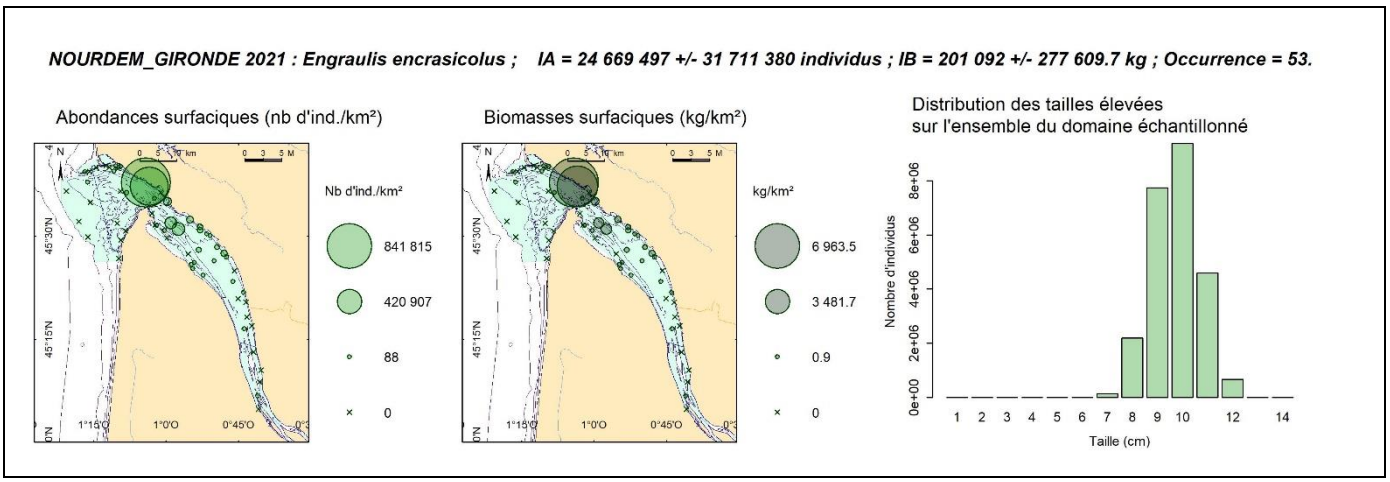


Figure 164 : Les anchois communs Engraulis encrasicolus en estuaire de Gironde : densités surfaciques (en nombre** d'individus par km² **; sc**ript RSUFI), biomasses surfaciques (en kg/km²) et distributions des tailles élevées à l'ensemble du **domaine échantillonné des anchois communs Engraulis encrasicolus. obtenues dans le cadre des campagnes NourDem Gironde entre 2019 et 2021.

4.3.8 La crevette grise Crangon crangon en estuaire de Gironde

La crevette grise *Crangon crangon* est, comme en Seine et en Loire, une espèce majeure du peuplement de l'estuaire de la Gironde. Son occurrence de capture s'est élevée à 42,2 %, et son indice moyen d'abondance à 1,14 millions d'individus pour un indice moyen de biomasse de 1,26 tonnes. Comme cela a déjà été signalé au sujet de cette espèce dans les deux autres estuaires, le chalut NourDem n'est pas un engin d'échantillonnage adapté pour son suivi, et les indices d'abondance et de biomasse sont très vraisemblablement très sous évalués : seules les évolutions interannuelles sont à prendre en considération.

Les indices d'abondance apparaissent en régression, significative selon les deux scripts entre 2019 et 2021 (Figure 165).

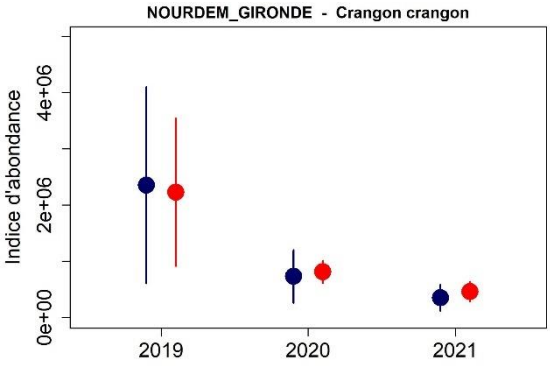
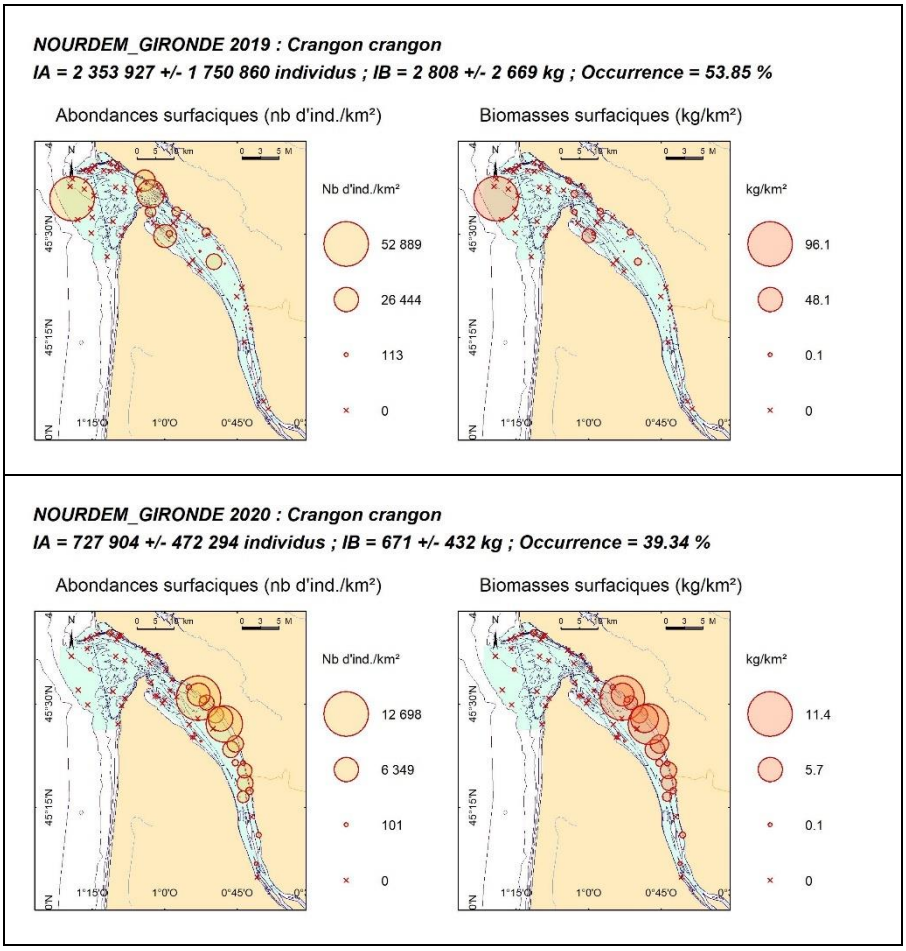


Figure 165 : Les crevettes grises Crangon crangon en estuaire de Gironde** : indices d'abondance (**IA,** en nombre d'individus) et fourchettes d'encadrement au seuil d'erreur de 5% de ces indices, **calculés à partir des données de capture des campagnes NourDem Gironde entre 2019 et 2021. En bleu, indices RSUFI ; en rouge indices RSTRATI.

La Figure 166 montre que l'intégralité de l'estuaire peut être colonisé par l'espèce, et plus précisément que les zones d'abondance peuvent évoluer d'une année sur l'autre : les captures sont plutôt enregistrées à l'aval, voire sur les traits du proche extérieur en 2019, au centre de l'estuaire en 2020, et depuis l'aval/proche extérieur jusqu'à l'amont en 2021 (sans qu'une relation évidente avec la salinité ne puisse être mise en évidence ; Cf. Tableau 4).



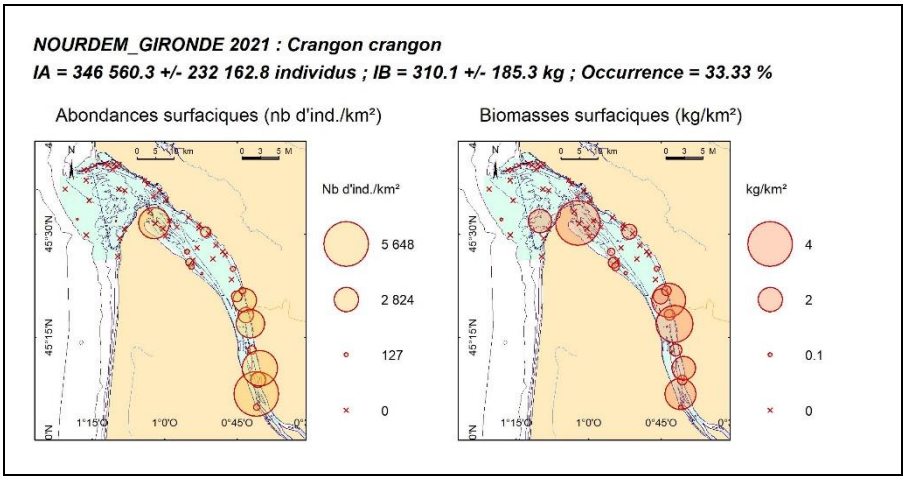


Figure 166 : Les crevettes grises Crangon crangon en estuaire de Gironde : densités surfaciques (en** nombre d'individus **par km² ; script RSUFI) et biomasses surfaciques (en kg/km²) obtenues dans le cadre des campagnes NourDem Gironde entre 2019 et 2021.

4.3.9 Le calmar Alloteuthis sp. en estuaire de Gironde

Comme indiqué en Loire et Seine, nous avons regroupés les (potentielles) différentes espèces de calmars *Alloteuthis* sous la dénomination commune *Alloteuthis sp.* Les *Alloteuthis* sp. sont occurrents et abondants également en Gironde : occurrence moyenne de capture de 39,2 %, indice moyen d'abondance de 1,17 millions d'individus et indice moyen de biomasse de 4,3 tonnes (poids moyen individuel de 3,7 grammes ; Tableau 27).

Les indices d'abondance annuels apparaissent relativement constants sur les trois années du suivi (Figure 167), comprise entre 0,9 et 1,6 millions d'individus (Figure 167).

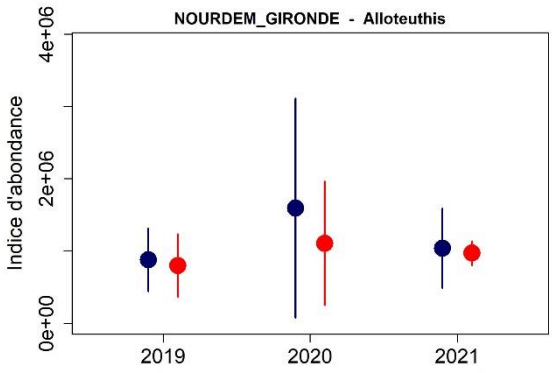
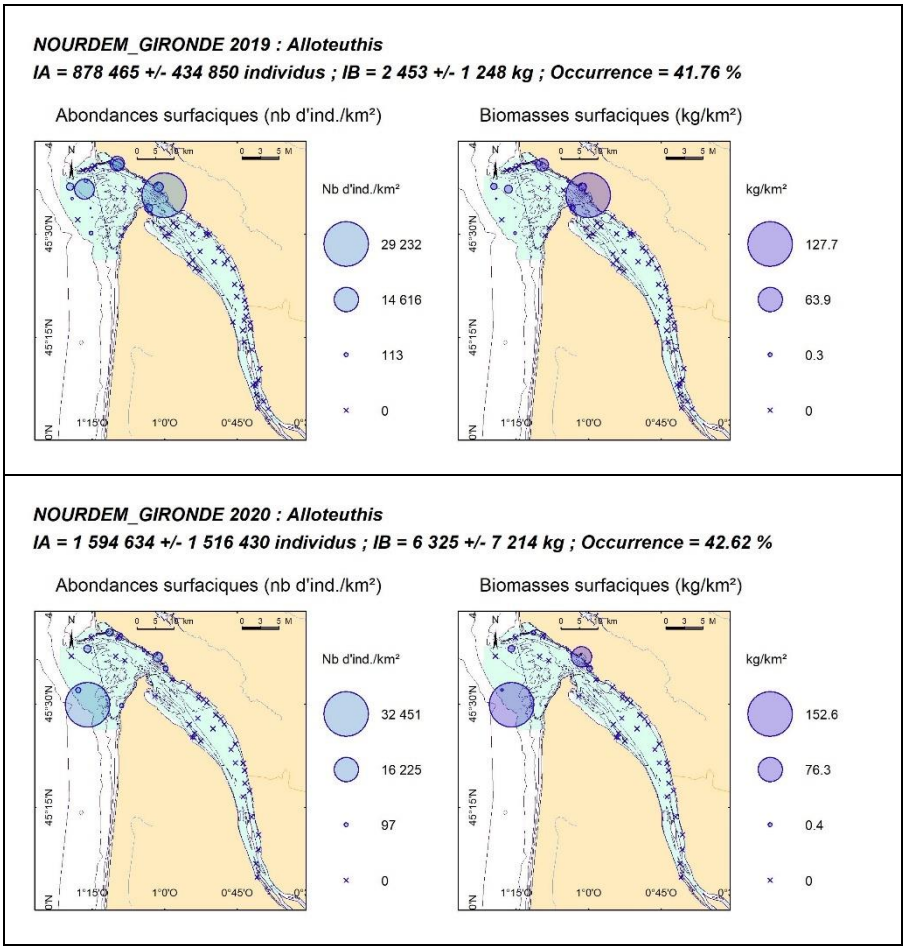


Figure 167 : Les calmars Alloteuthis sp. en estuaire de Gironde : indices** d'abondance (**IA,** en nombre d'individus) et fourchettes d'encadrement au seuil d'erreur de 5% de ces indices, calculés à partir des données de **capture des campagnes NourDem Gironde entre 2019 et 2021. En bleu, indices RSUFI ; en rouge indices RSTRATI.

Les captures sont essentiellement enregistrées sur les traits de l'aval de l'estuaire et du proche extérieur, ce qui est conforme à ce que nous observons en Seine et en Loire : ce petit calmar n'est pas inféodé *stricto sensu* aux estuaires, mais y pénètre à certaines époques de l'année, en quantités importantes, et ses bancs ont immanquablement des effets sur l'écosystème, cette espèce étant à la fois prédatrice (zooplancton, petits poissons et petits crustacés principalement) et proie (tous les prédateurs supérieurs de l'estuaire, juvéniles et adultes : maigres, bars européens et mouchetés…, et tous les pélagiques chasseurs de passage).



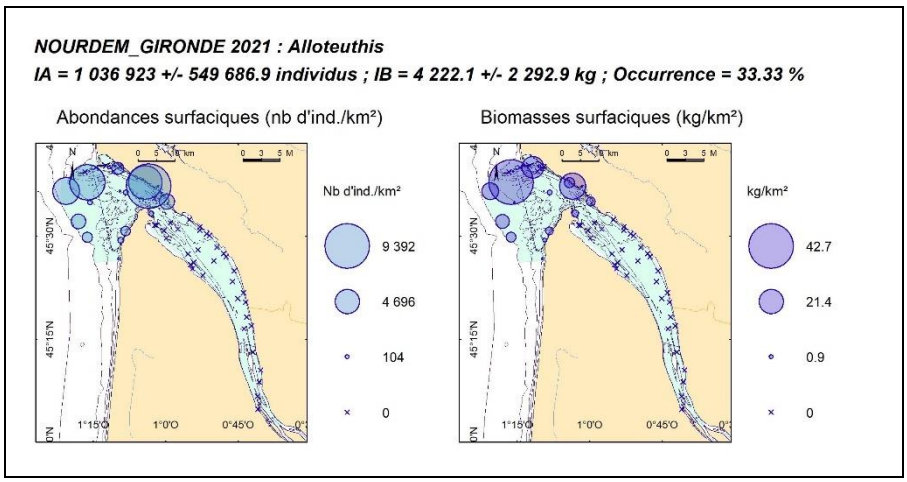


Figure 168 : Les calmars Alloteuthis sp. en estuaire de Gironde : densités surfaciques (en *nombre d'individus par km²* ***; script RSUFI) et biomasses surfaciques (en kg/km²) obtenues dans le cadre des campagnes NourDem Gironde entre 2019 et 2021.***

4.3.10 La crevette blanche Palaemon longirostris en estuaire de Gironde

La crevette blanche *Palaemon longirostris* est également présente en estuaire de Gironde, et, comme dans les deux autres estuaires, c'est sur les traits les plus amont, les plus dessalés, qu'elle est capturée (Figure 170 ; ceci est particulièrement net en 2021 et même 2020 ; moins en 2019 où des captures plus à l'aval sont enregistrées, comme cela a été le cas pour les crevettes grises cette année-là ; Cf. § 4.3.8). Son occurrence moyenne de capture sur la période 2019-2021 s'est élevée à 39%, avec un indice moyen (très vraisemblablement largement sous-évalué) de 2,7 millions d'individus et un indice moyen de biomasse de l'ordre de 2,7 tonnes (Tableau 27). Son indice d'abondance annuel semble être passé par une valeur maximale en 2020 (de l'ordre de 8 millions d'individus selon le script RSTATI, et de 5,6 millions selon le script RSUFI, significativement supérieure (quel que soit le script) à celles des années 2019 et 2021 (Figure 169).

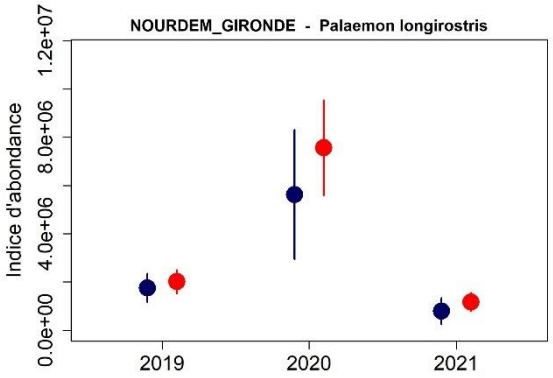
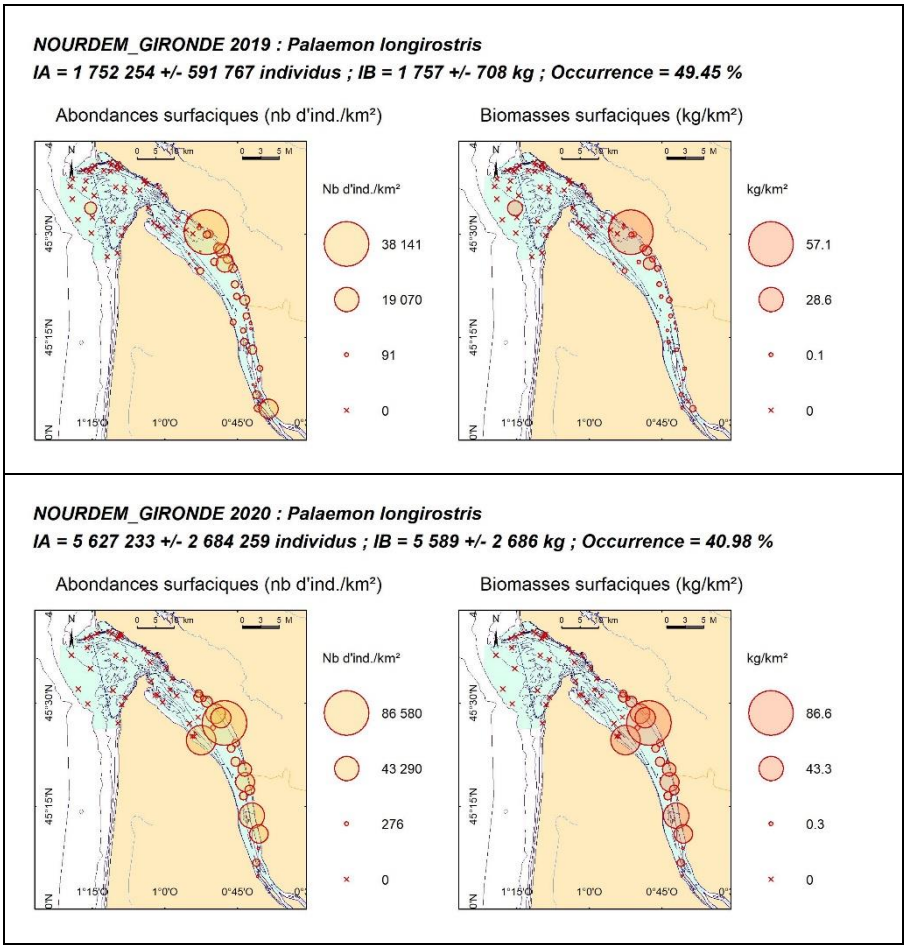


Figure 169 : Les crevettes blanches Palaemeon longiristris en estuaire de Gironde : indices** d'abondance (**IA,** en nombre d'individus) et fourchettes d'encadrement au seuil d'erreur de 5% de ces indices, **calculés à partir des données de capture des campagnes NourDem Gironde entre 2019 et 2021. En bleu, indices RSUFI ; en rouge indices RSTRATI.



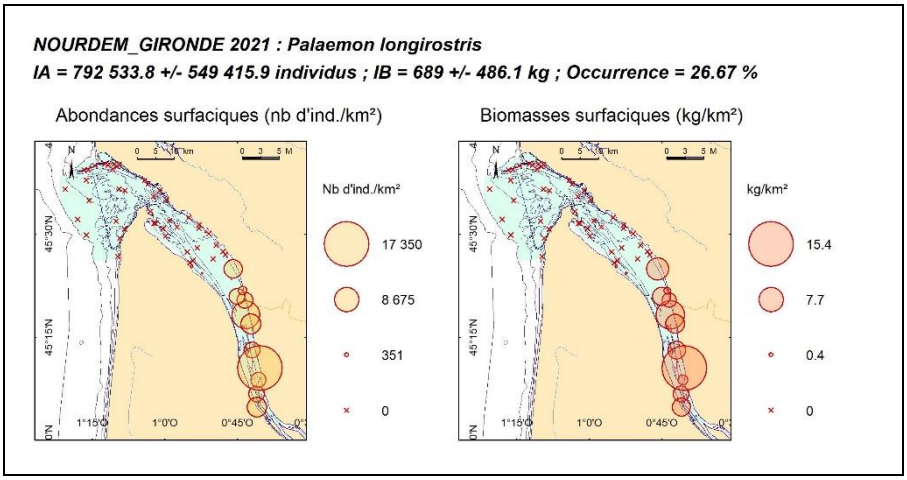


Figure 170 : Les crevettes blanches Palaemeon longiristris. en estuaire de Gironde : densités *surfaciques (en nombre d'individus par km²* ***; script RSUFI) et biomasses surfaciques (en kg/km²) obtenues dans le cadre des campagnes NourDem Gironde entre 2019 et 2021.***

4.3.11 Le bar européen Dicentrarchus labrax en estuaire de Gironde

Le bar européen *Dicentrarchus labrax* est, comme en Seine et Loire, une des espèces socle du peuplement de l'estuaire de la Gironde qu'il utilise comme nourricerie. Son occurrence moyenne de capture, toutes classes d'âge confondues, s'est élevée à 38,5 % sur la période 2019-2021, avec un indice moyen d'abondance de ≈ 325 000 individus et un indice moyen de biomasse de ≈ 33 tonnes (Tableau 27). Dans cet estuaire, nous avons distingué les juvéniles du groupe 0 des individus des groupes 1 et plus

Les bars européens du groupe 0

Ainsi que rappelé précédemment, nous estimons que nos captures de bars du groupe 0 ne sont pas représentatives des populations en place (mal échantillonnables, du fait de leur positionnement par très petits fonds), et que les indices produits ne devraient pas être utilisés en gestion. En moyenne sur les trois années, ces petits individus ont été capturés dans 14,7 % des traits et leur indice moyen d'abondance a été de l'ordre de 60 000 individus (Tableau 27).

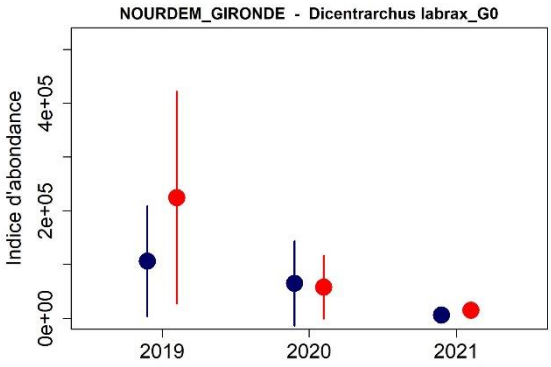
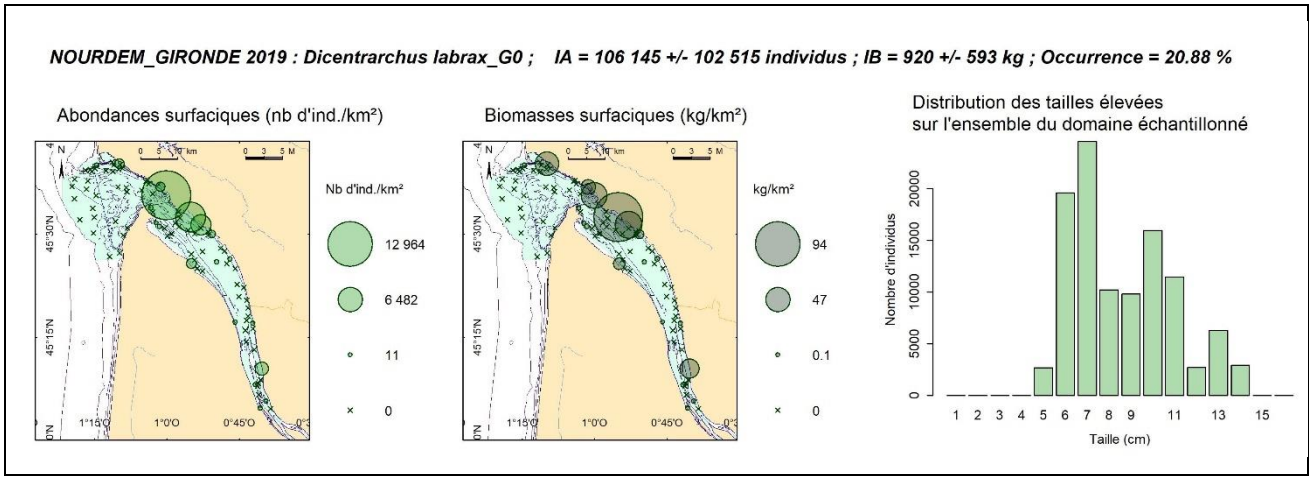


Figure 171 : Les bars européens Dicentrarchus labrax du groupe 0 en estuaire de Gironde** : indices d'abondance (IA, en nombre d'individus) et fourchettes d'encadrement au seuil d'erreur de 5% de ces indices, **calculés à partir des données de capture des campagnes NourDem Gironde entre 2019 et 2021. En bleu, indices RSUFI ; en rouge indices RSTRATI.

Les bars européens du groupe 0 sont capturés principalement sur les traits de bordure, les moins profonds, depuis l'amont jusqu'à l'aval de l'estuaire. Un positionnement uniquement à l'amont de ce groupe d'âge, comme c'est très nettement le cas en Loire ou dans l'Aulne (Le Goff et al, 2017), et dans une moindre mesure en Seine, n'apparait pas ici. La seule constante reste que les captures sont enregistrées uniquement sur les traits réalisés par de faibles profondeurs. Les tailles de capture de ces individus du groupe 0 sont comprises entre 5 et 14 cm.



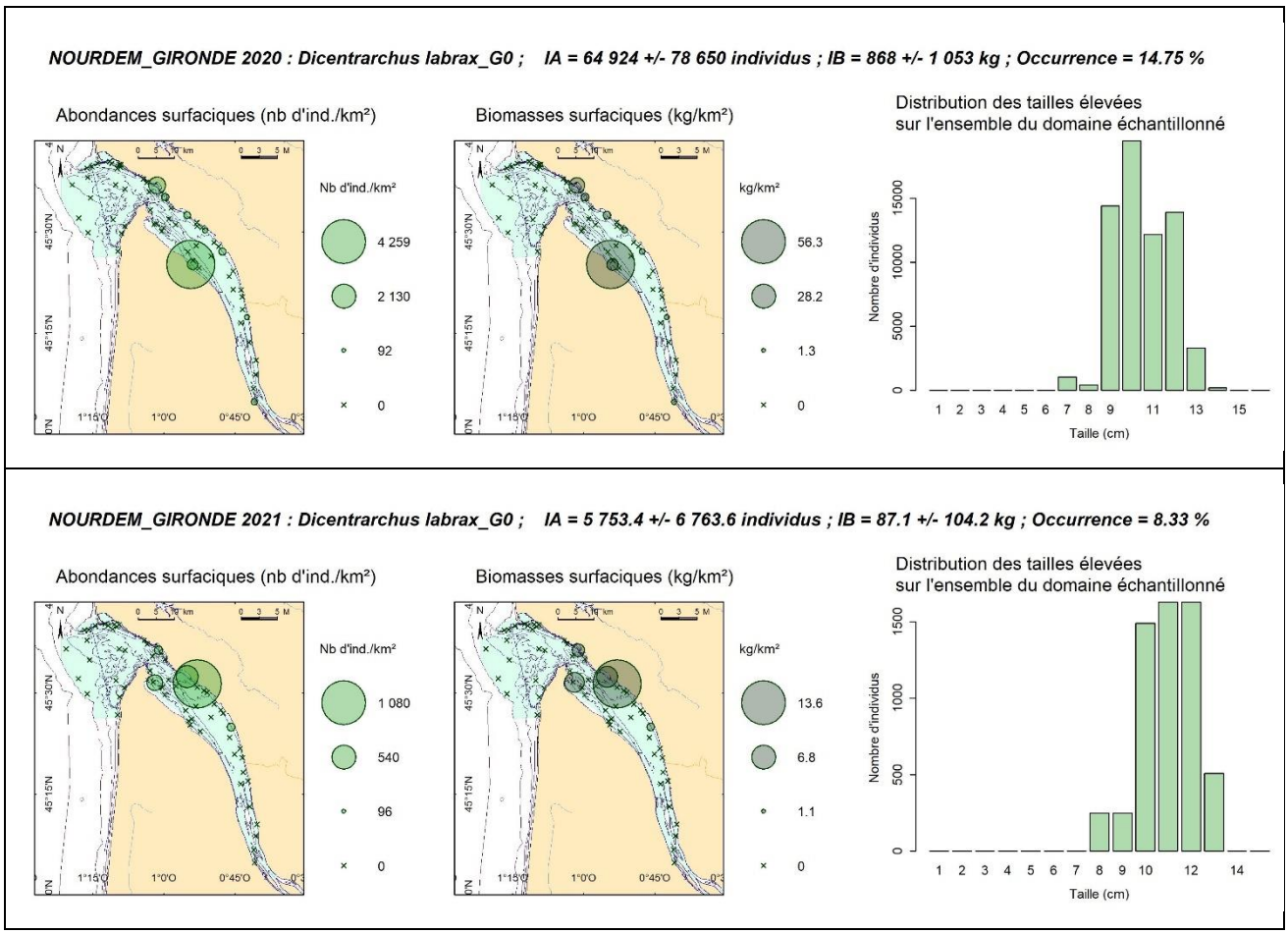


Figure 172 : Les bars européens Dicentrarchus labrax du groupe 0 en estuaire de Gironde : densités surfaciques (en** nombre d'individus par km² **; script RSUFI), biomasses surfaciques (en kg/km²) et distributions des tailles élevées à** l'ensemble du domaine échantillonné d**es bars européens Dicentrarchus labrax du groupe 0 obtenues dans le cadre des campagnes NourDem Gironde entre 2019 et 2021.

Les bars européens des groupes 1 et plus

L'échantillonnage de ces groupes d'âge, notamment à partir du groupe 2, est moins sujet à caution, et les indices produits sont plus fiables. L'occurrence moyenne de capture s'est élevée à 36 % sur la période 2019-2021, avec un indice moyen d'abondance de ≈ 266 000 individus pour un indice moyen de biomasse de 32,3 tonnes (Tableau 27).

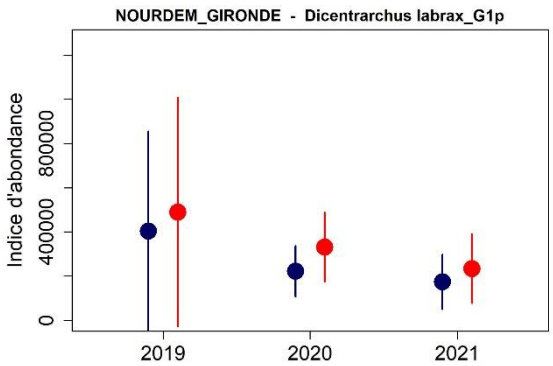


Figure 173 : Les bars européens Dicentrarchus labrax des groupes 1 et plus en estuaire de Gironde** : indices d'abondance (IA, en nombre d'individus) et fourchettes d'encadrement au seuil d'erreur de 5% de ces **indices, calculés à partir des données de capture des campagnes NourDem Gironde entre 2019 et 2021. En bleu, indices RSUFI ; en rouge indices RSTRATI.

Les indices annuels d'abondance semblent être très légèrement à la baisse sur la période 2019-2021, mais sans que les différences soient significatives (Figure 173).

Les captures couvrent l'intégralité des traits de la bordure du domaine, exceptés ceux qui sont les plus au large, les plus profonds de la partie la plus extérieure de l'estuaire, et ceux du centre de la strate « centre estuaire ». Les tailles de capture s'échelonnent entre 13 et 61 cm.

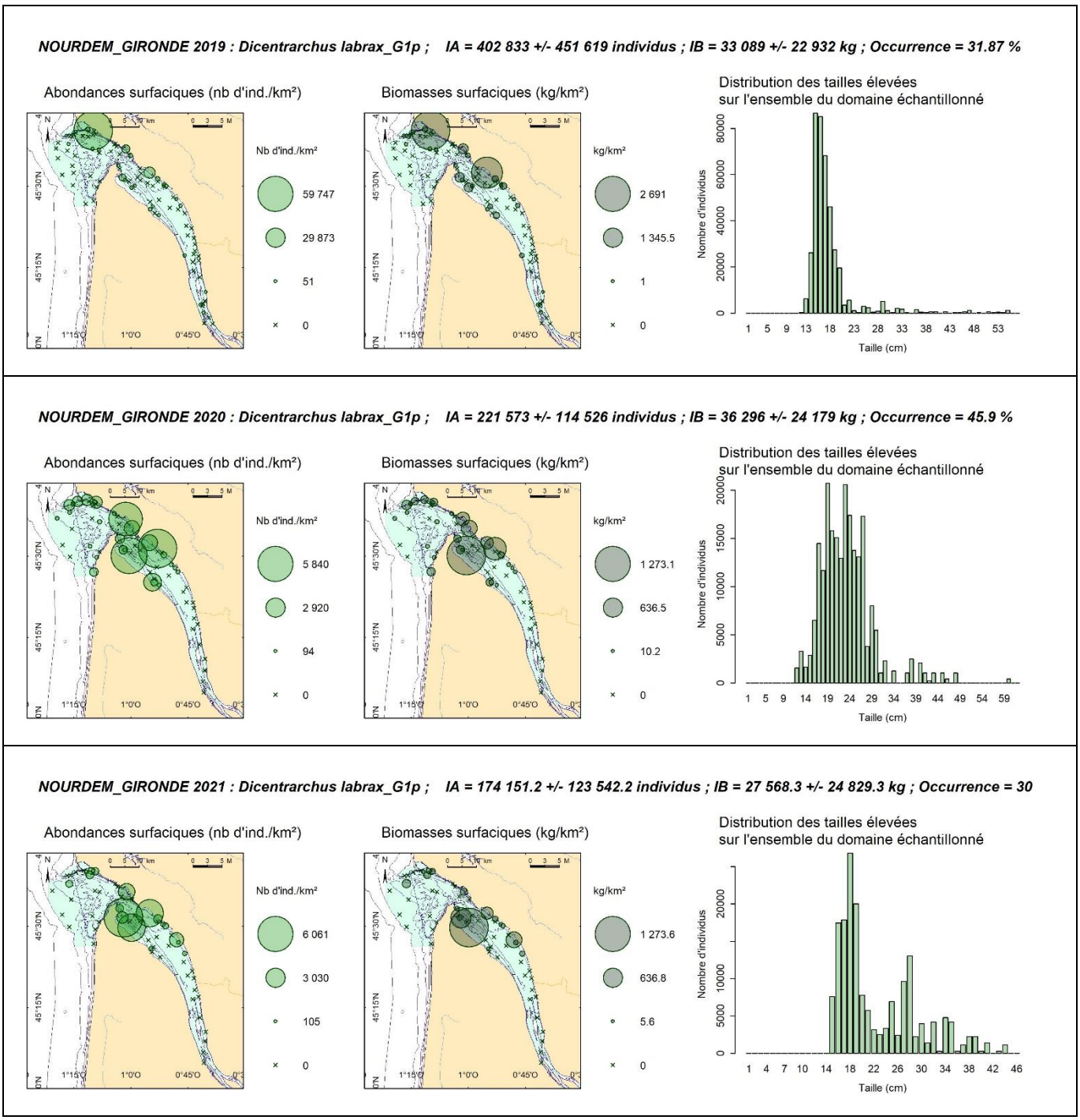


Figure 174 : Les bars européens Dicentrarchus labrax des groupes 1 et plus en estuaire de Gironde : densités surfaciques** (en nombre d'individus par km²* ***; script RSUFI), biomasses surfaciques (en kg/km²) et distributions des tailles élevées à** l'ensemble du domaine échantillonné d**es bars européens Dicentrarchus labrax des groupes 1 et plus obtenues dans le cadre des campagnes NourDem Gironde entre 2019 et 2021.

Les cartographie des captures moyennes par traits sur l'ensemble de la période sont données par la Figure 175. La répartition des différents groupes d'âge au sein de cet estuaire est beaucoup plus complexe qu'en Seine et qu'en Loire. Nous ne constatons en effet un étagement aussi marqué Amont/Aval des deux groupes d'âge, ce grand estuaire comportant plusieurs arrivées d'eau douces ce qui explique vraisemblablement que les captures des groupes 0 se situent plutôt dans la partie aval de l'estuaire interne. Une constante cependant entre les 3 estuaires est que les captures de ce groupe d'âge en Gironde sont également enregistrées uniquement sur les bordures, lors des traits les moins profonds.

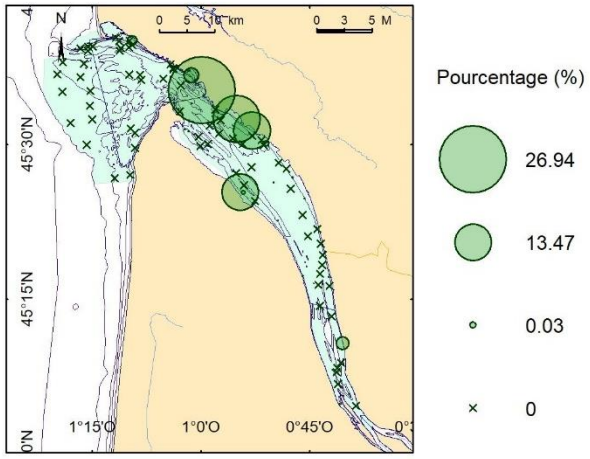
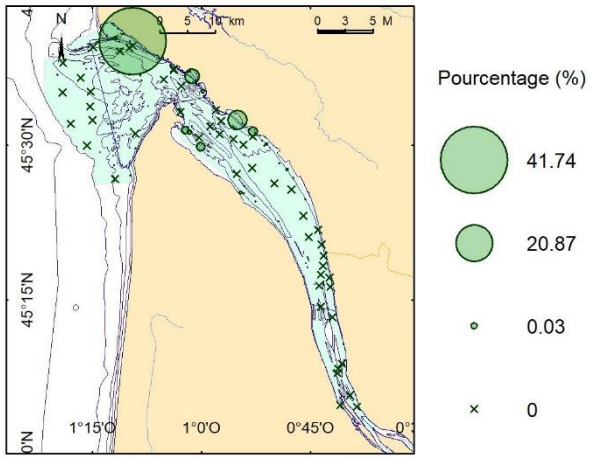
Bars européens du groupe 0	*Bars européens des groupes 1 et plus*
	

Figure 175 : Les bars européens en estuaire de Gironde : moyennes, sur la période 2019-2021, des captures par *traits (exprimées en pourcentage du nombre total moyen d'individus capturés) des bars européens Dicentrarchus labrax des groupes 0 et 1+ dans l'estuaire de la Gironde ; données Nou**rDem.***

4.3.12 Le calmar commun Loligo vulgaris en estuaire de Gironde

Le calmar commun *Loligo vulgaris* fait partie des espèces socle du domaine échantillonné en Gironde, mais pas dans les deux autres estuaires où son occurrence de capture et ses indices d'abondance et de biomasse sont comparativement peu élevés (86ème rang d'occurrence en Seine et 99ème rang en Loire ; Cf. annexes).

En Gironde, son occurrence de capture est de 26 %, son indice moyen d'abondance de ≈ 753 000 individus et son indice moyen de biomasse de ≈ 31 tonnes (poids moyen individuel de 41 grammes ; Tableau 27).

Les indices d'abondance annuels fluctuent entre ≈ 390 000 et 1,09 millions d'individus, mais sans que les différences soient significatives du fait de l'importance des écarts-types associés.

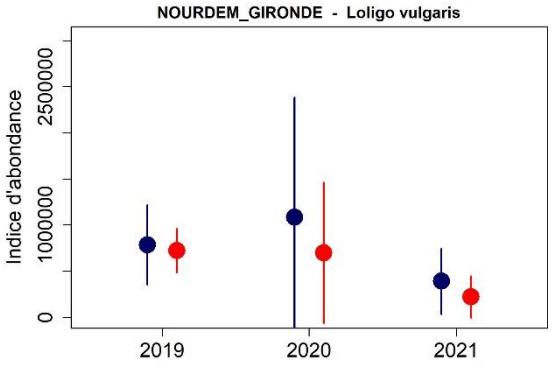
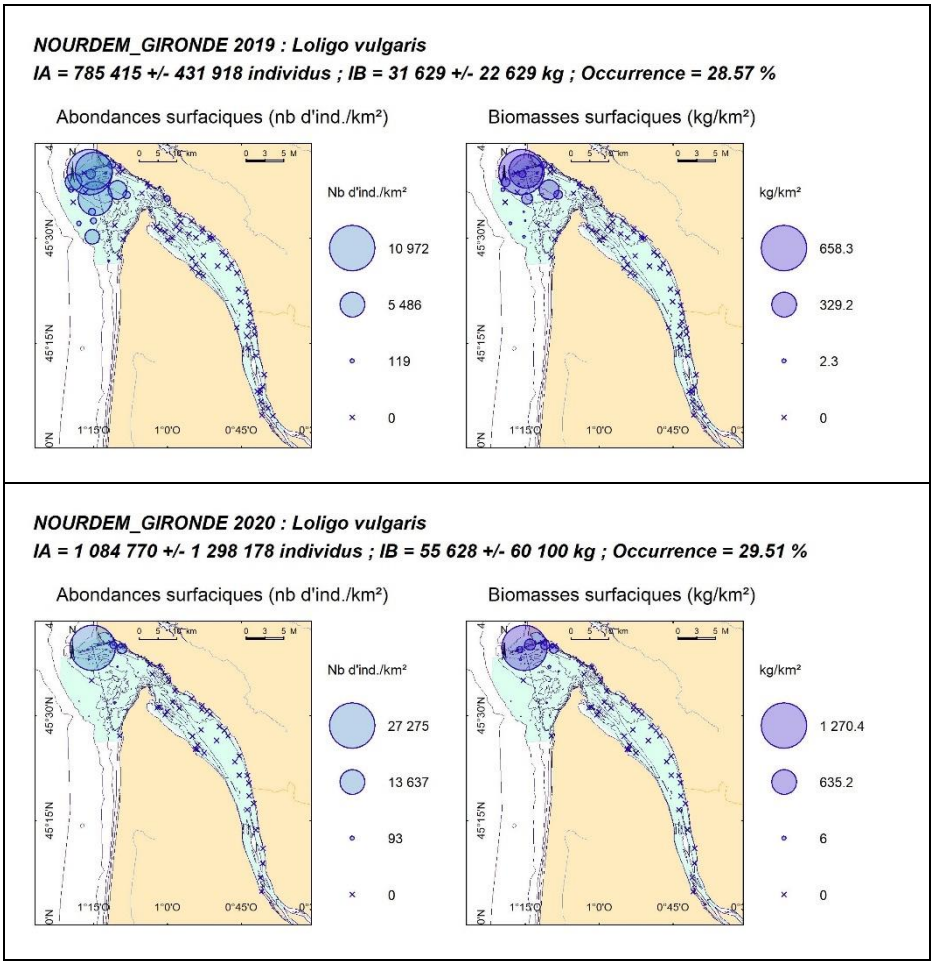


Figure 176 : Les calmars communs Loligo vulgaris ***en estuaire de Gironde :*** *indices d'abondance (IA, en nombre d'individus) et fourchettes d'encadrement au seuil d'erreur de 5% de ces indices, calculés à partir des* ***données de capture des campagnes NourDem Gironde entre 2019 et 2021. En bleu, indices RSUFI ; en rouge indices RSTRATI.***

Les captures sont exclusivement enregistrées sur les traits de l'extérieur de l'estuaire (les deux strates « aval nord » et « aval sud ») : cette espèce n'est pas inféodée aux secteurs estuariens à proprement parler, mais est présente en zone côtière au moment des campagnes.



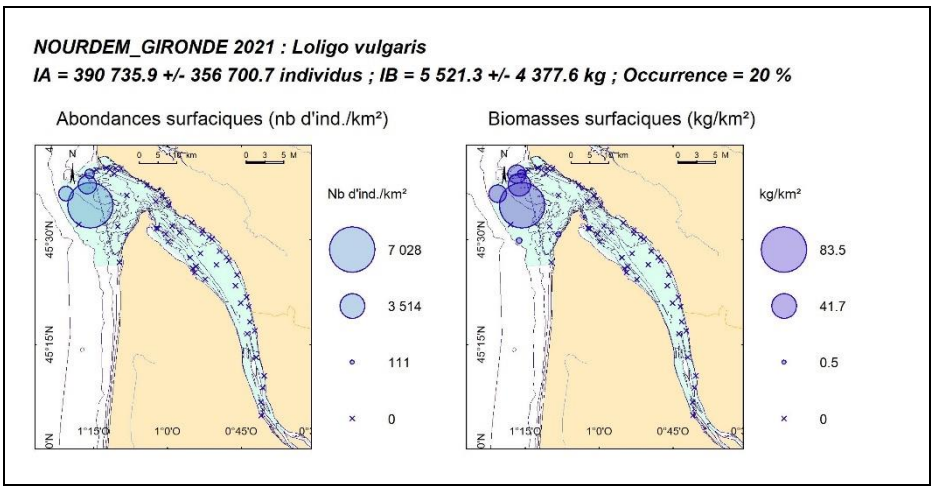


Figure 177 : Les calmars communs Loligo vulgaris en estuaire de Gironde : densités surfaciques (en *nombre d'individus par km²* ***; script RSUFI) et biomasses surfaciques (en kg/km²) des calmars communs Loligo vulgaris obtenues dans le cadre des campagnes NourDem Gironde entre 2019 et 2021.***

4.3.13 Le bar moucheté Dicentrarchus punctatus

Le bar moucheté *Dicentrarchus punctatus* a été très légèrement moins occurrent que le bar européen en estuaire de la Gironde sur la période 2019-2021 (36,7 % *vs* 38,5 %), mais significativement plus abondant : ≈ 947 000 individus *vs* 325 000 (Tableau 27). L'importance économique locale de l'espèce, et le fait que l'estuaire représente une de ses nourriceries majeures, nous a amené à traiter séparément 3 groupes d'âge : les groupes 0, 1 et 2+.

Les bars mouchetés *Dicentrarchus punctatus* du groupe 0 en estuaire de la Gironde

Les bars mouchetés du groupe 0, vraisemblablement mal échantillonnés (pour les mêmes raisons que les juvéniles de bar européen du même groupe d'âge : habitats préférentiels dans des secteurs trop peu profonds pour un échantillonnage représentatif des populations en place au moyen d'un chalut), ont présenté une occurrence moyenne de capture de 19,8 %, un indice moyen d'abondance de ≈ 660 000 individus et un indice moyen de biomasse de ≈ 1,3 tonnes (Tableau 27).

Les indices d'abondance annuels sont compris entre 0,3 et 1,2 millions d'individus, mais sans que des différences significatives soient mises en évidence (Figure 178).

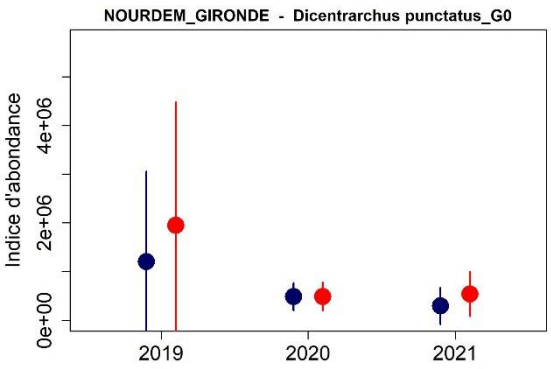
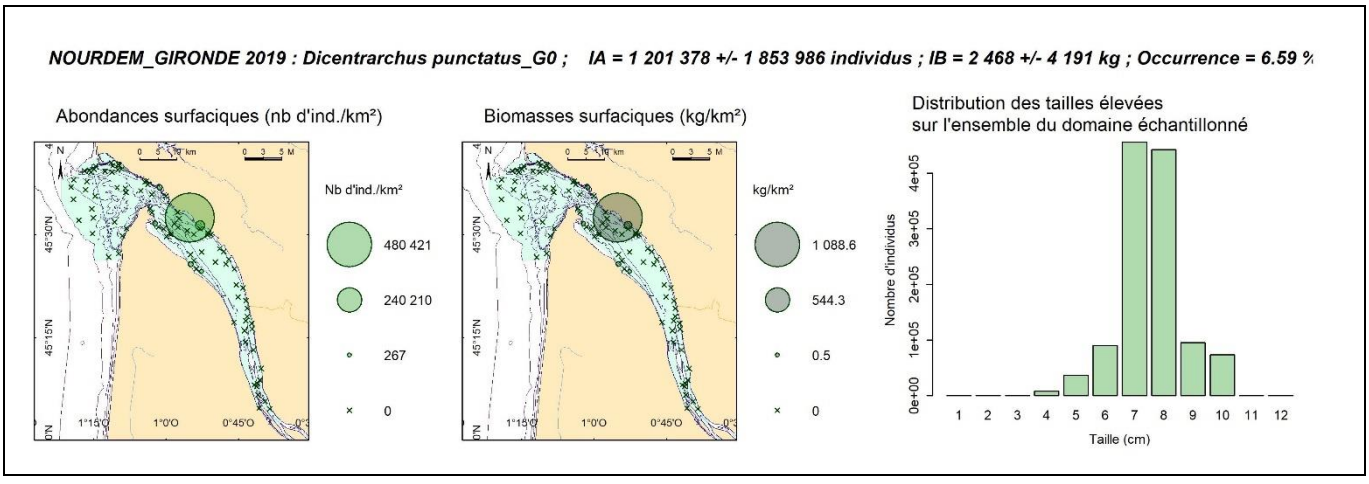


Figure 178 : Les bars mouchetés du groupe 0 en estuaire de Gironde : *indices d'abondance (IA, en nombre d'individus) et fourchettes d'encadrement au seuil d'erreur de 5% de ces indices, calculés à partir* ***des données de capture des campagnes NourDem Gironde entre 2019 et 2021. En bleu, indices RSUFI ; en rouge indices RSTRATI.***

Les captures sont principalement enregistrées sur la partie aval de l'estuaire interne (strates « centre estuaire », et surtout « bordure estuaire nord » et « bordure estuaire sud » ; Figure 179). Aucune capture n'est enregistrée dans la partie externe de l'estuaire, ni dans les secteurs les plus amont, les plus dessalés. Les tailles de ces individus du groupe 0 sont comprises entre 4 et 10 cm.



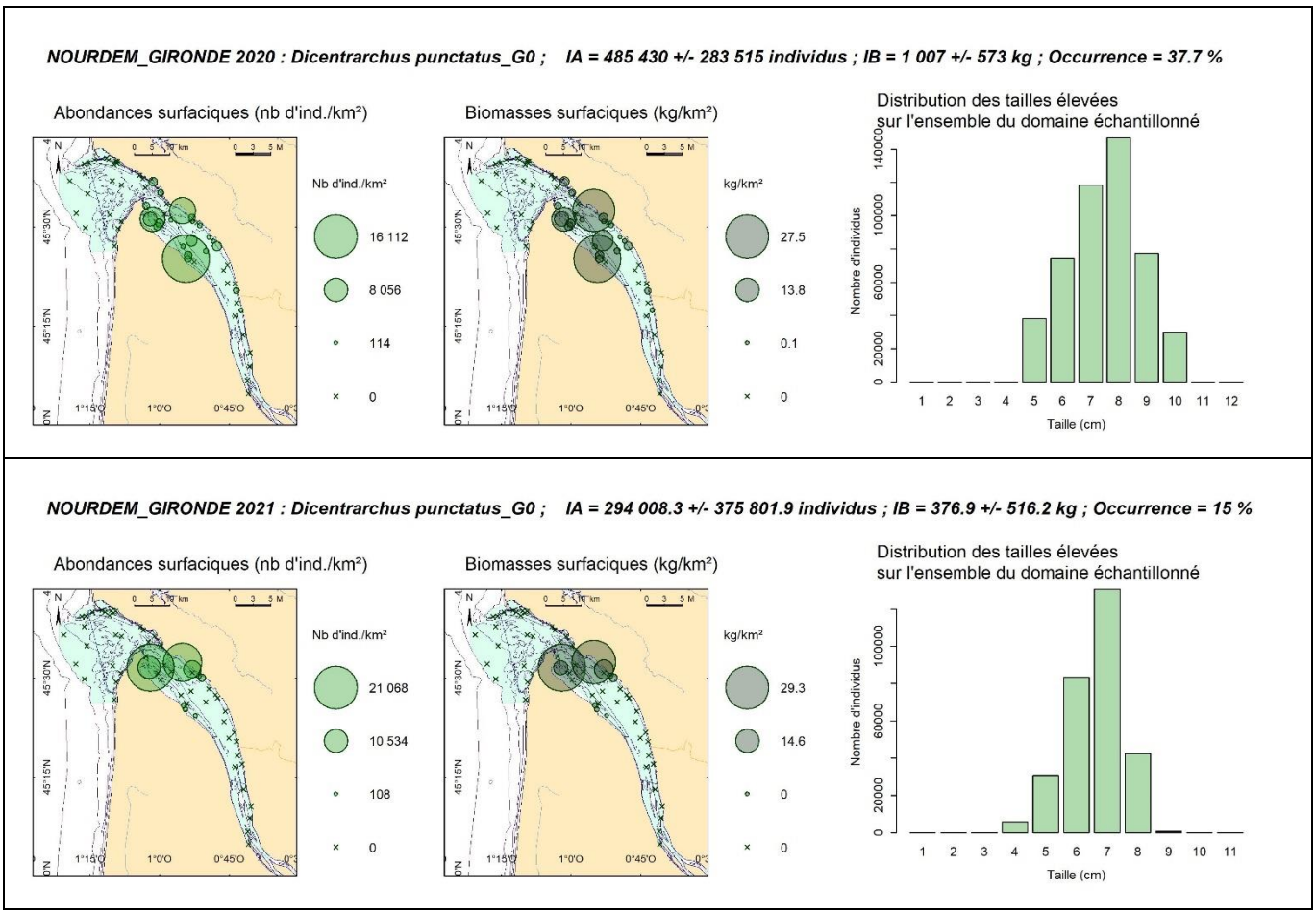


Figure 179 : Les bars mouchetés Dicentrarchus punctatus du groupe 0 en estuaire de Gironde : densités surfaciques (en** nombre d'individus par km² **; script RSUFI), biomasses surfaciques (en kg/km²) et distributions des tailles élevées à** l'ensemble du domaine échantillonné d**es bars mouchetés Dicentrarchus punctatus du groupe 0 obtenues dans le cadre des campagnes NourDem Gironde entre 2019 et 2021.

Les bars mouchetés *Dicentrarchus punctatus* du groupe 1 en estuaire de la Gironde

Les bars mouchetés du groupe 1 ont été capturés dans 25,5 % des traits sur la période 2019-2021, avec un indice moyen d'abondance de ≈ 251 000 individus pour un indice moyen de biomasse de 5,9 tonnes (poids moyen individuel de 23,5 grammes ; Tableau 27).

Les indices annuels d'abondance apparaissent orientés à la hausse sur la période 2019-2021, mais sans différence significative (Figure 180).

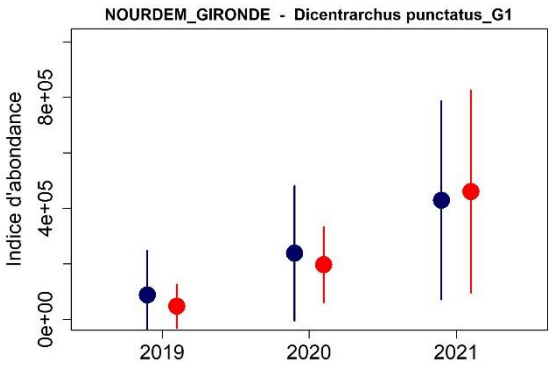


Figure 180 : Les bars mouchetés du groupe 1 en estuaire de Gironde :** indices d'abondance (IA, en nombre d'individus) et fourchettes d'encadrement au seuil d'erreur de 5% de **ces indices, calculés à partir des données de capture des campagnes NourDem Gironde entre 2019 et 2021. En bleu, indices RSUFI ; en rouge indices RSTRATI.

Les captures sont enregistrées dans les mêmes secteurs que les groupes 0, avec, en plus, quelques individus également capturés un peu plus en aval, sur la strate « aval nord ». les tailles de capture sont comprises entre 12 et 21 cm.

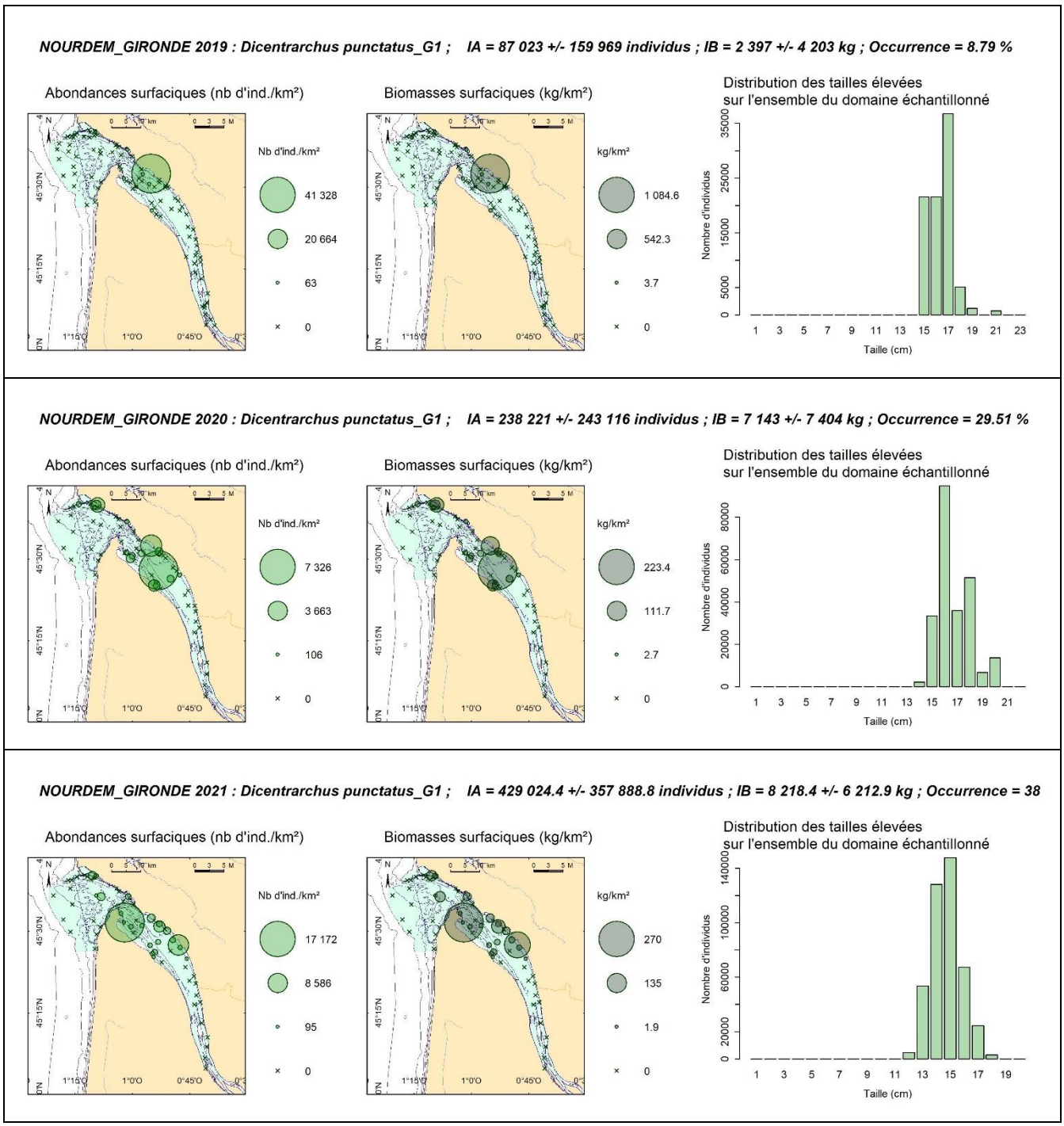


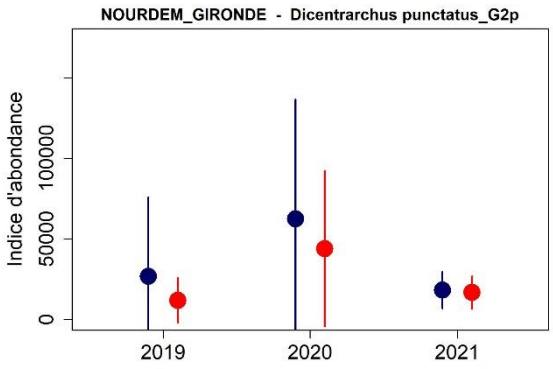
Figure 181 : Les bars mouchetés Dicentrarchus punctatus du groupe 1 en estuaire de Gironde : densités surfaciques (en** nombre d'individus par km² **; script RSUFI), biomasses surfaciques (en kg/km²) et distributions des tailles élevées à** l'ensemble du domaine échantill**onné des bars mouchetés Dicentrarchus punctatus du groupe 1 obtenues dans le cadre des campagnes NourDem Gironde entre 2019 et 2021.

Les bars mouchetés *Dicentrarchus punctatus* des groupes 2 et plus en estuaire de la Gironde

L'occurrence moyenne de capture des bars mouchetés des groupes 2 et plus a été légèrement inférieure à 10 % sur les 3 années de la campagne. L'indice moyen d'abondance a été de ≈ 36 000 individus pour un indice moyen de biomasse de 5,7 tonnes (poids moyen individuel de ≈ 160 grammes ; Tableau 27).

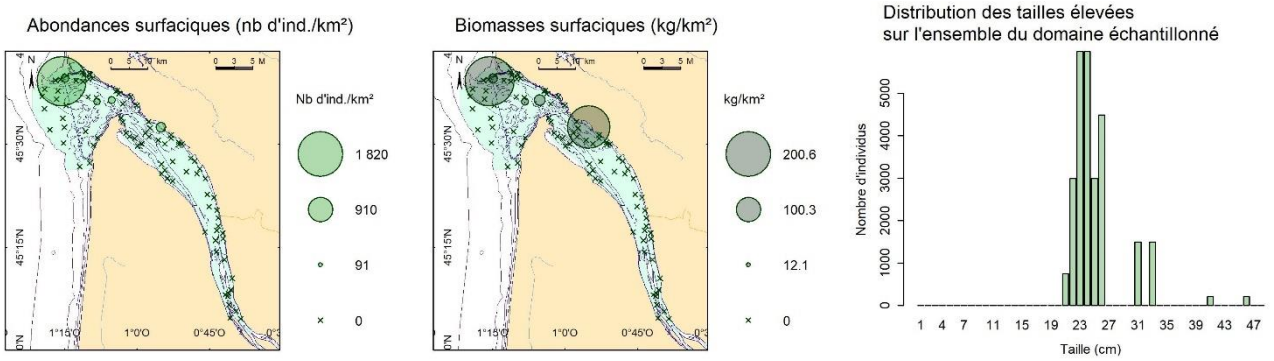
Il n'y a pas de différence significative interannuelle du fait de l'ampleur des fourchettes d'encadrement des indices (Figure 182).

Figure 182 : Les bars mouchetés des groupes 2 et plus en estuaire de Gironde** : indices d'abondance (IA, en nombre d'individus) et fourchettes d'encadrement au seuil d'erreur de 5% **de ces indices, calculés à partir des données de capture des campagnes NourDem Gironde entre 2019 et 2021. En bleu, indices RSUFI ; en rouge indices RSTRATI.

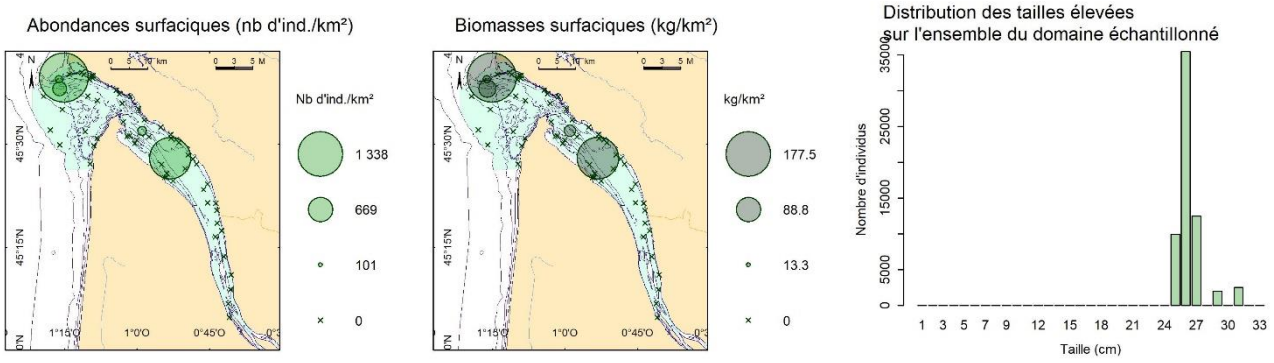


Les bars mouchetés des groupes 2 et plus colonisent l'intégralité de l'estuaire, depuis les traits de l'aval (extérieur estuaire, sur les strates « aval nord » et « aval sud ») jusqu'aux traits les plus amont de la strate « estuaire centre ». Leur aire de répartition au sein du domaine échantillonné est la plus importante des 3 groupes d'âge traités. Les tailles de capture sont comprises entre 20 et 48 cm.

NOURDEM_GIRONDE 2019 : Dicentrarchus punctatus_G2p ; IA = 26 576 +/- 49 261 individus ; IB = 3 476 +/- 5 503 kg ; Occurrence = 5.49 %



NOURDEM_GIRONDE 2020 : Dicentrarchus punctatus_G2p ; IA = 62 340 +/- 74 266 individus ; IB = 8 730 +/- 9 987 kg ; Occurrence = 8.2 %



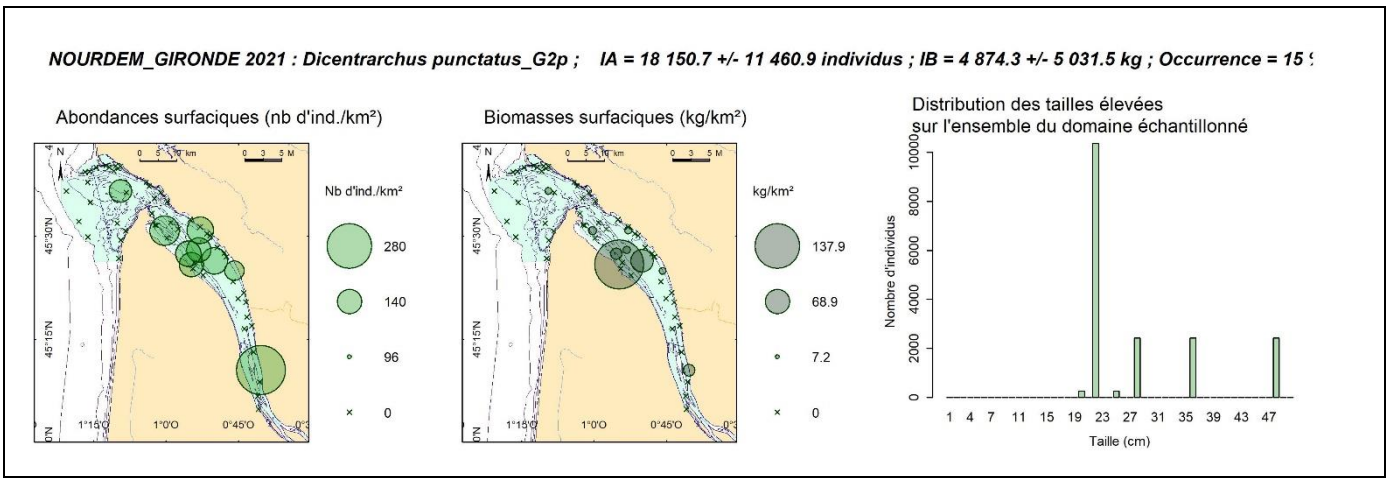


Figure 183 : Les bars mouchetés Dicentrarchus punctatus des groupes 2 et plus en estuaire de Gironde : densités surfaciques *(en nombre d'individus par km²* ***; script RSUFI), biomasses surfaciques (en kg/km²) et distributions des tailles élevées à*** *l'ensemble du domaine* ***échantillonné des bars mouchetés Dicentrarchus punctatus des groupes 2 et plus obtenues dans le cadre des campagnes NourDem Gironde entre 2019 et 2021.***

Les captures moyennes par trait sur la période 2019-2021 sont données par la Figure 184. les groupes 0 et les groupes 1 sont capturés sur l'aval de l'estuaire interne, à l'exclusion de tout autre secteur (aucune capture sur l'estuaire externe ou dans la partie amont de l'estuaire interne). Ils ne sont, contrairement aux juvéniles de bars européens, pas uniquement capturés sur les traits de bordure, mais également sur les traits plus profonds du centre de l'estuaire. Les groupes 2 et plus sont capturés sur les mêmes traits que les groupes 0 et 1, mais également sur des traits du nord de l'estuaire externe, ainsi que sur des traits très amont de l'estuaire interne.

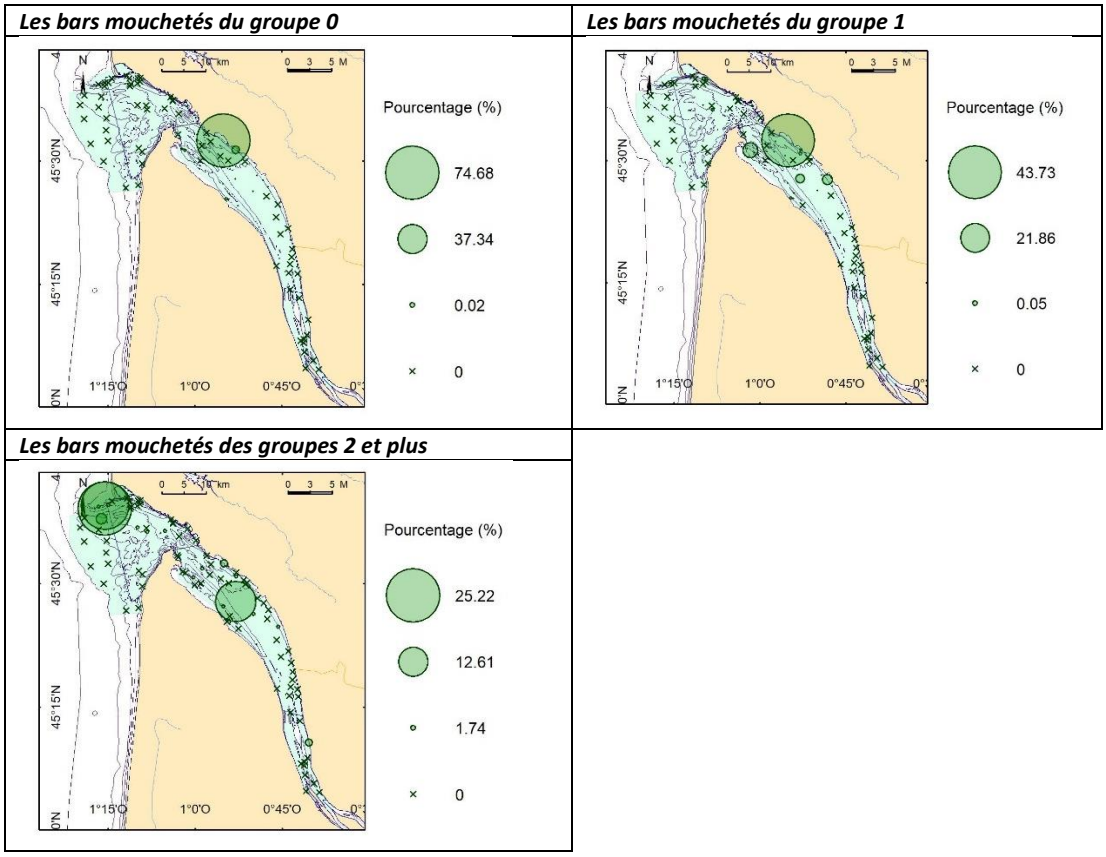


Figure 184 : Les bars mouchetés en estuaire de Gironde : moyennes, sur la période 2019-2021, des captures par *traits (exprimées en pourcentage du nombre total moyen d'individus capturés) des bars mouchetés Dicentrarchus* ***punctatus*** *des groupes 0, 1, et 2+ dans l'estuaire de la Gironde ; données NourDem.*

4.3.14 L'ombrine bronze Umbrina canariensis en estuaire de Gironde

L'ombrine bronze *Umbrina canariensis* est bien présente en estuaire de Gironde, mais pas en Loire ni en Seine. Son occurrence moyenne de capture sur la période 2019-2021 a été de l'ordre de 30 %, avec un indice moyen d'abondance de plus de 2,7 millions d'individus et un indice moyen de biomasse de 304 tonnes (Tableau 27). C'est une espèce pour laquelle l'estuaire de la Gironde représente une nourricerie. Nous avons donc considéré deux groupes d'âge distincts, les groupes 0 et les groupes 1 et plus.

Les ombrines bronze du groupe 0 en estuaire de la Gironde

L'occurrence moyenne des ombrines bronze du groupe 0 a été de 11,7 % sur les 3 années de suivi, pour un indice moyen d'abondance de ≈ 40 000 individus et un indice de biomasse de 131 kg (poids moyen individuel de 3 grammes ; Tableau 27).

Nous n'avons que 3 années de recul sur cette espèce (que nous ne rencontrons pas dans les deux autres estuaires), mais le recrutement en juvéniles du groupe 0 semble assez variable : l'indice d'abondance de l'année 2020 s'est élevé à près de 90 000 individus alors qu'il a été nul en 2021 (aucune capture de ce groupe d'âge cette année-là ; Figure 185). Ces fortes variabilités pourraient aussi trouver leur origine dans une capturabilité faible de ce groupe d'âge, hypothèse à vérifier/confirmer à l'avenir.

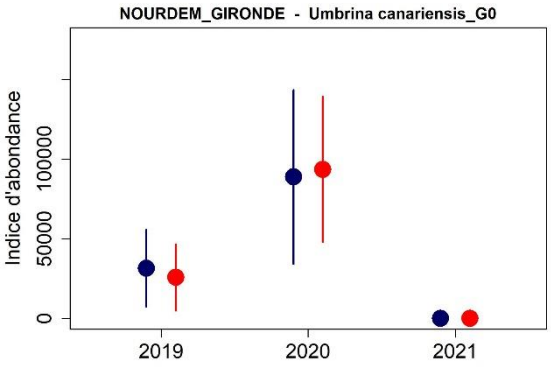
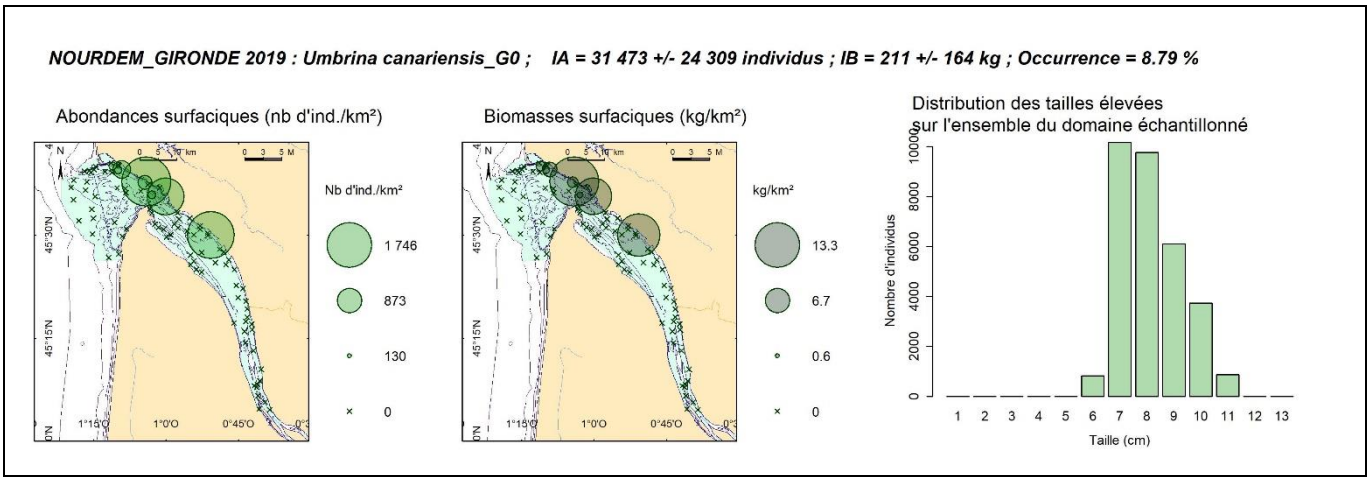
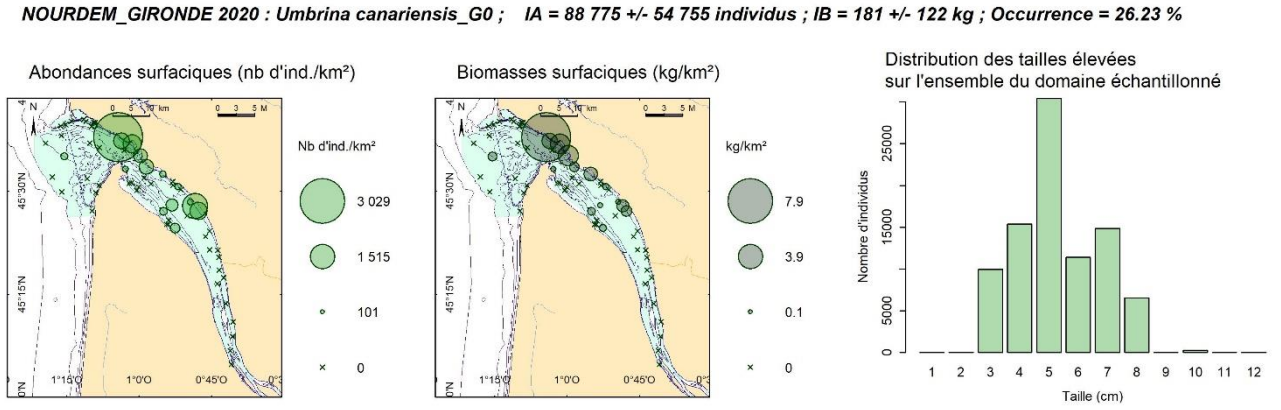


Figure 185 : Les ombrines bronze du groupe 0 en estuaire de Gironde** : indices d'abondance (IA, en nombre d'individus) et fourchettes d'encadrement au seuil d'erreur de 5% de ces indices, **calculés à partir des données de capture des campagnes NourDem Gironde entre 2019 et 2021. En bleu, indices RSUFI ; en rouge indices RSTRATI.

Les captures sont enregistrées sur l'ensemble de la partie aval de l'estuaire (tant interne qu'externe), pas sur l'amont. Les tailles de capture sont comprises entre 3 et 11 cm (Figure 186).





Pas de capture d'ombrine bronze du groupe 0 en 2021

Figure 186 : Les ombrines bronze du groupe 0 en estuaire de Gironde *: densités surfaciques (en nombre d'individus* ***par km²*** *; script RSUFI), biomasses surfaciques (en kg/km²) et distributions des tailles élevées à l'ensemble du domaine* ***échantillonné des ombrines bronze du groupe 0 obtenues dans le cadre des campagnes NourDem Gironde entre 2019 et 2021.***

Les ombrines bronze des groupes 1 et plus en estuaire de la Gironde

Les captures d'ombrine bronze des groupes 1 et plus ont été extrêmement élevées en 2021, les indices d'abondance étant compris entre ≈ 8 et 6 millions d'individus selon le script de calcul (mais sans qu'une différence significative puisse être mise en évidence avec les deux années précédentes du fait de l'ampleur de la fourchette d'encadrement). En moyenne sur la période, ces individus des groupes 1+ ont présenté une occurrence de capture de 20,1 %, un indice moyen d'abondance de 2,67 millions d'individus et un indice moyen de biomasse de 304 tonnes (l'ombrine bronze représente de ce fait la seconde espèce la plus importante de l'estuaire en termes de biomasse moyenne).

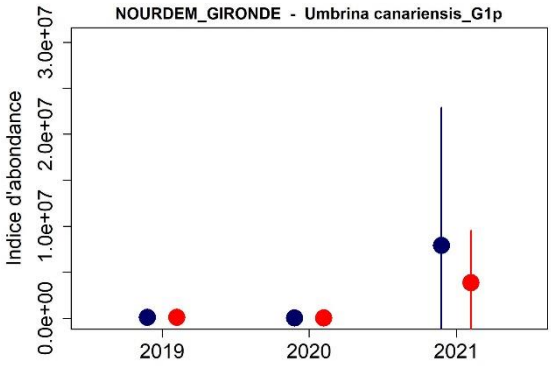
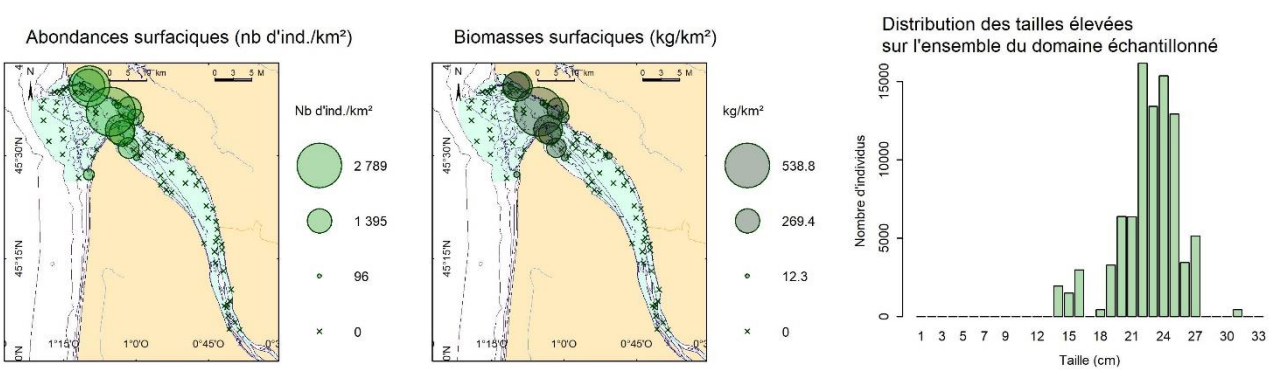


Figure 187 : Les ombrines bronze du groupe 1 et plus en estuaire de Gironde *: indices d'abondance (IA, en nombre d'individus) et fourchettes d'encadrement au seuil d'erreur de 5% de ces indices, calculés à partir* ***des données de capture des campagnes NourDem Gironde entre 2019 et 2021. En bleu, indices RSUFI ; en rouge indices RSTRATI.***

Tout comme leurs congénères du groupe 0, les ombrines bronze des groupes 1+ sont capturées sur la moitié aval du domaine échantillonné. Les tailles de capture sont comprises entre 14 et 33 cm.



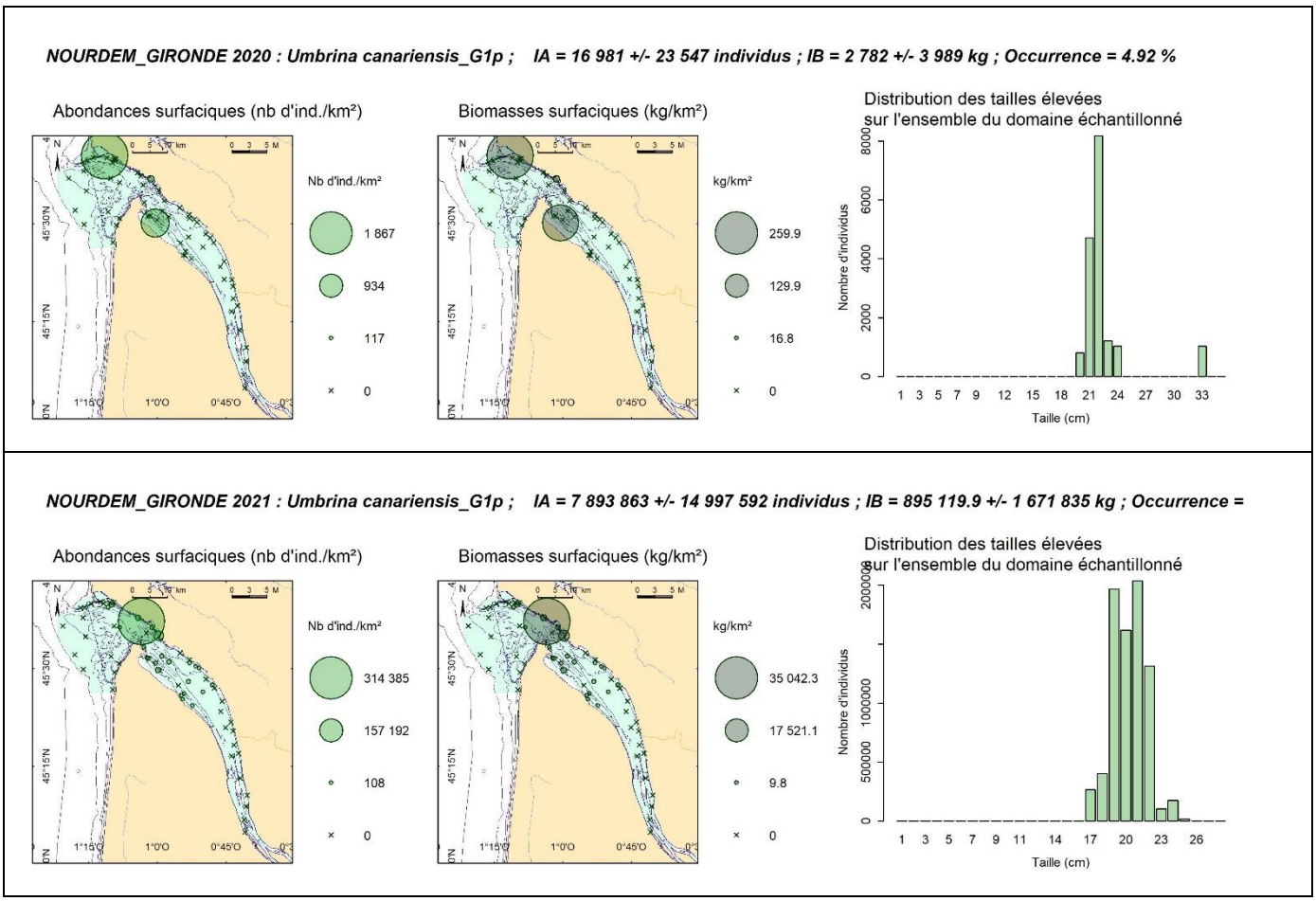


Figure 188 : Les ombrines bronze des groupes 1 et plus en estuaire de Gironde *: densités surfaciques (en nombre d'individus* ***par km²*** *; script RSUFI), biomasses surfaciques (en kg/km²) et distributions des tailles élevées à l'ensemble du domaine* ***échantillonné des ombrines bronze des groupes 1 et plus obtenues dans le cadre des campagnes NourDem Gironde entre 2019 et 2021.***

4.3.15 Le gobie buhotte Pomatoschistus minutus en estuaire de la Gironde

Le gobie buhotte *Pomatoschistus minutus* en estuaire de la Gironde a présenté 24,4 % d'occurrence moyenne de capture, un indice moyen d'abondance de ≈ 542 000 individus (indice annuel maximal en 2019 avec ≈ 1,05 millions d'individus ; différences interannuelles non significatives) et un indice moyen de biomasse de 684 kg sur la période 2019-2021 (Tableau 27).

Les gobies buhottes n'ont été mesurés qu'au cours de la campagne 2019, et la Figure 189 ne porte donc que sur cette année. Les tailles ont été comprises entre 3 et 8 cm. Cette figure montre également que la quasi-totalité de l'estuaire est colonisée par l'espèce : il n'y a que sur les traits les plus amont d'une part, et sur les traits les plus aval d'autre part, qu'on enregistre aucune capture. Au sein de l'estuaire, les bordures et les parties centrales sont colonisées. Tout comme en Loire, l'espèce apparait bien inféodée à l'estuaire de la Gironde dans sa globalité.

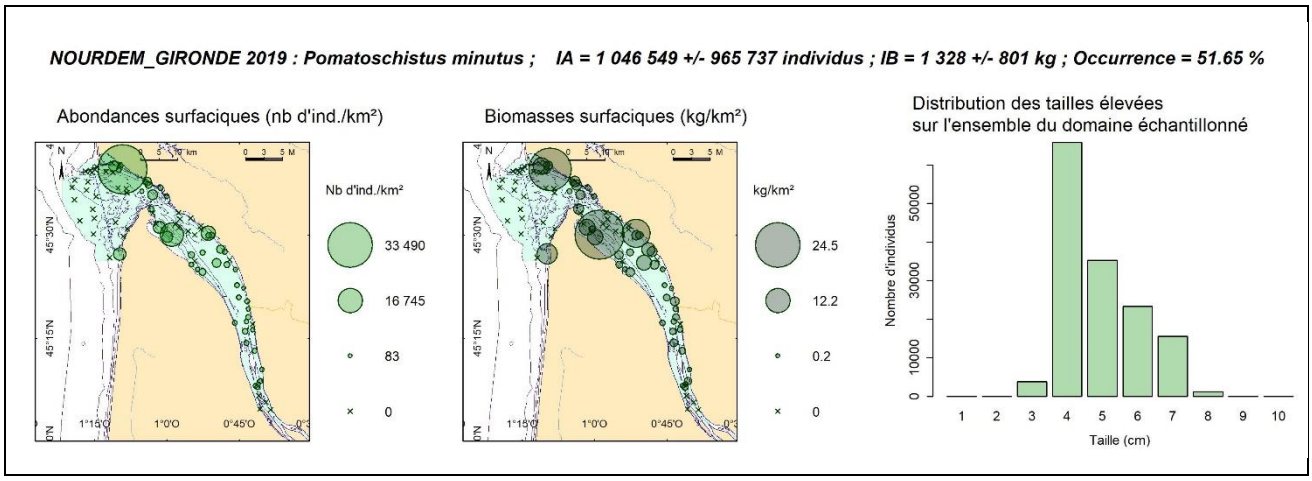


Figure 189 : Les gobies buhottes Pomatoschistus minutus en estuaire de Gironde : densités surfaciques (en nombre** d'individus par km² **; script RSUFI), biomasses surfaciques (en kg/km²) et distributions des tailles élevées à** l'ensemble du domaine échantillonné **gobies buhottes Pomatoschistus minutus obtenues dans le cadre des campagnes NourDem Gironde en 2019

4.3.16 L'étrille lisse Liocarcinus vernalis en estuaire de Gironde

L'étrille lisse *Liocarcinus vernalis* en estuaire de Gironde a présenté une occurrence moyenne de capture de 24,3 % sur les trois campagnes menées entre 2019 et 2021, pour un indice moyen d'abondance de ≈ 138 000 individus et un indice moyen de biomasse de 1,36 tonnes (Tableau 27).

Les indices (RSUFI et RSTRATI) de l'année 2019 (Figure 190) sont significativement supérieurs à ceux de 2021 (de l'ordre de 290 000 individus *vs* ≈ 25 000).

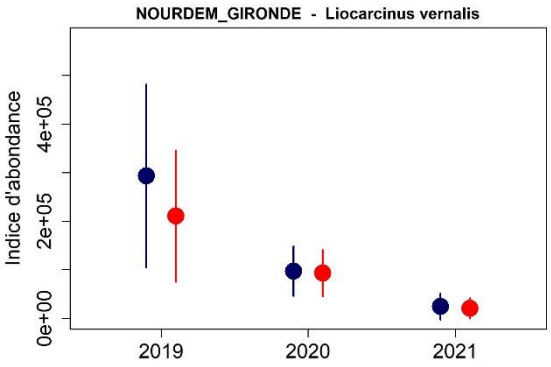
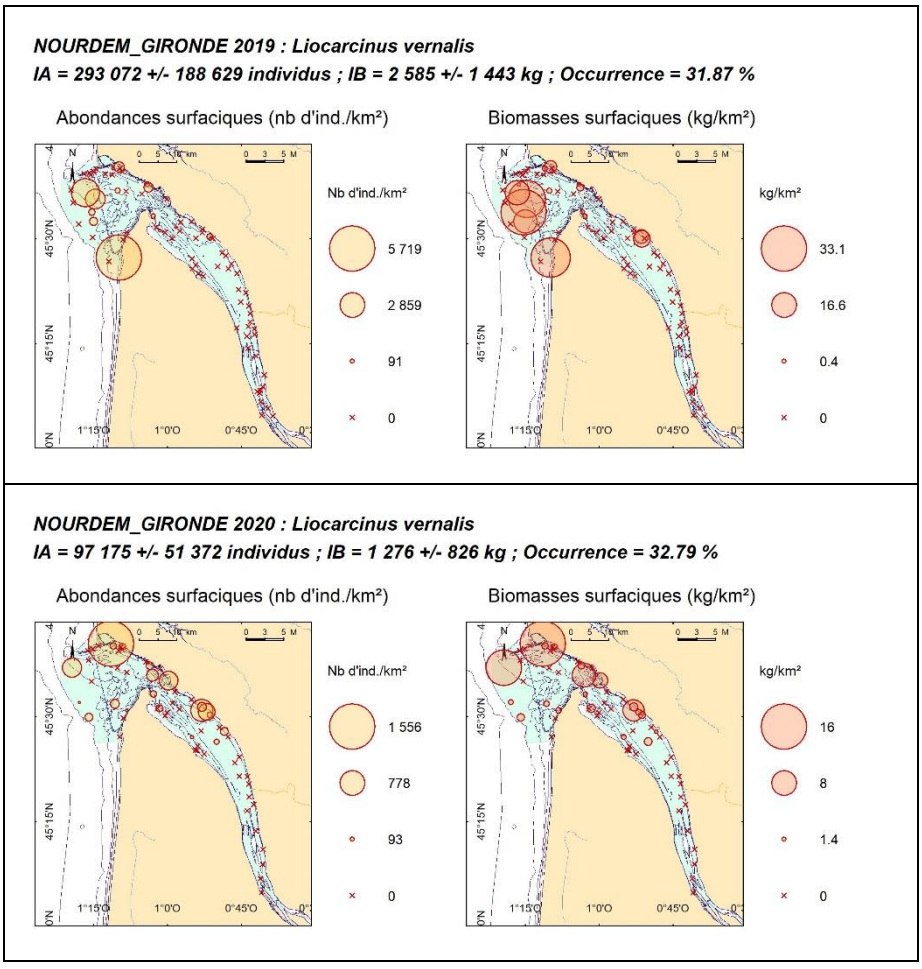


Figure 190 : Les étrilles lisses Liocarcinus vernalis en estuaire de Gironde** : indices d'abondance (IA, en nombre d'individus) et fourchettes d'encadrement au seuil d'erreur de 5% de ces indices, **calculés à partir des données de capture des campagnes NourDem Gironde entre 2019 et 2021. En bleu, indices RSUFI ; en rouge indices RSTRATI.

La Figure 191 montre que les étrilles lisses se capturent sur la moitié aval du domaine échantillonné, y compris sur les traits les plus profonds. Par contre, aucune capture n'a été enregistrée sur la moitié la plus amont du domaine. Le poids individuel moyen s'est élevé à environ 10 grammes.



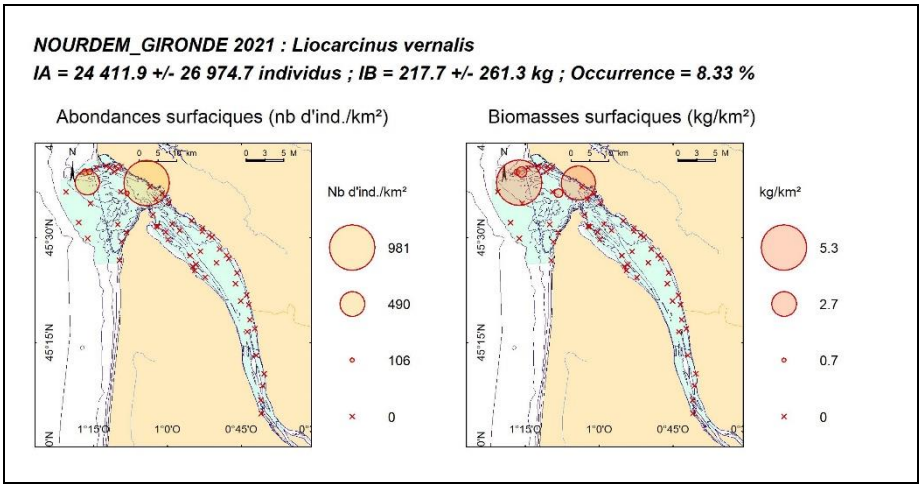


Figure 191 : Les étrilles lisses Liocarcinus vernalis en estuaire de Gironde : densités surfaciques *(en nombre d'individus par km²* ***; script RSUFI) et biomasses surfaciques (en kg/km²) des étrilles lisses Liocarcinus vernalis obtenues dans le cadre des campagnes NourDem Gironde entre 2019 et 2021.***

4.3.17 Le gobie à grandes écailles Lesueurigobius friesii en estuaire de Gironde

Le gobie à grandes écailles a présenté une occurrence moyenne de capture de 23,7 % sur la période 2019-2021 en estuaire de Gironde, un indice moyen d'abondance de ≈ 460 000 individus et un indice moyen de biomasse de 627 kg (Tableau 27). Tout comme les autres gobies, son abondance est vraisemblablement sous-estimée au moyen du chalut NourDem, et ce sont plus les variations interannuelles d'abondance qu'il faut examiner. La Figure 192 montre qu'il y a eu une baisse significative des effectifs en 2021 par rapport aux deux autres années (indices RSTRATI).

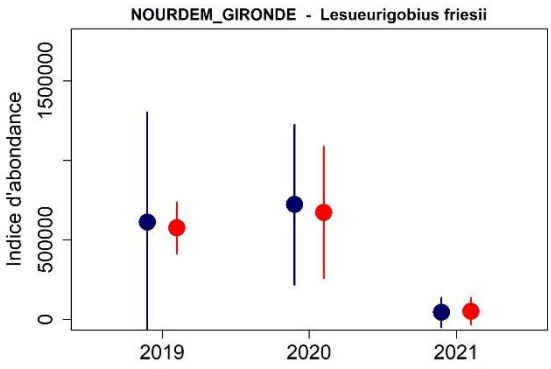


Figure 192 : Les gobies à grandes écailles en estuaire de Gironde : *indices d'abondance (IA, en nombre d'individus) et fourchettes d'encadrement au seuil d'erreur de 5% de ces indices, calculés à partir* ***des données de capture des campagnes NourDem Gironde entre 2019 et 2021. En bleu, indices RSUFI ; en rouge indices RSTRATI.***

Les gobies à grandes écailles n'ont fait l'objet de mensurations individuelles qu'en 2019 (Figure 193) : les tailles ont été comprises entre 3 et 7 cm. La figure montre également que les captures ont été enregistrées à la fois dans la partie centrale de l'estuaire, et tout à l'amont.

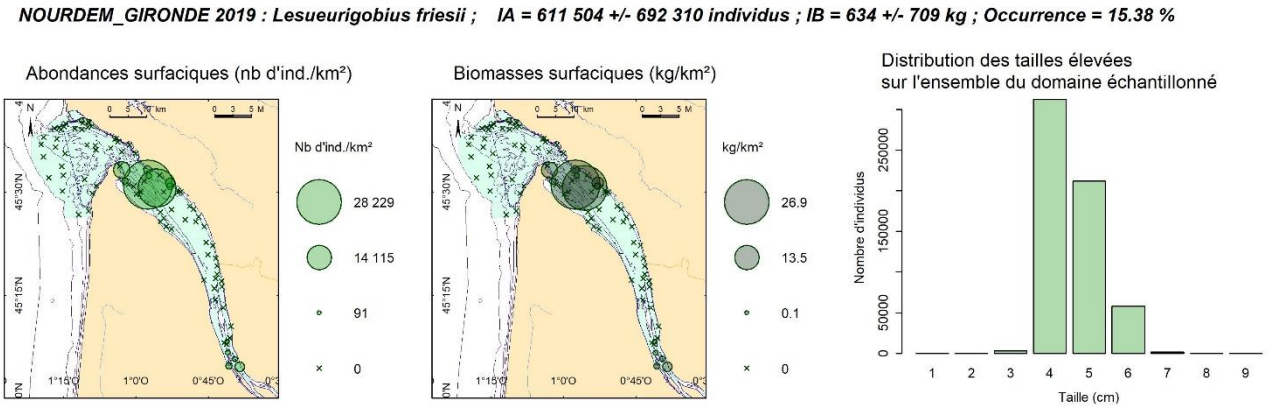


Figure 193 : Les gobies à grandes écailles en estuaire de Gironde *: densités surfaciques (en nombre d'individus par km² **;** script RSUFI), biomasses surfaciques (en kg/km²) et distributions des tailles élevées à l'ensemble du domaine échantillonné* ***des gobies à grandes écailles Lesueurigobius friesii obtenues dans le cadre des campagnes NourDem Gironde en 2019.***

4.3.18 Le sprat Sprattus sprattus en estuaire de Gironde

Le sprat *Sprattus sprattus* a présenté une occurrence moyenne de capture en estuaire de Gironde sur la période 2019-2021 de 23,5 %, et un indice moyen d'abondance de ≈ 770 000 individus pour un indice moyen de biomasse de 4 tonnes (poids individuel moyen de l'ordre de 5,2 grammes ; Tableau 27).

Les indices annuels d'abondance apparaissent en baisse sur la période (Figure 194), mais sans que les différences soient significatives.

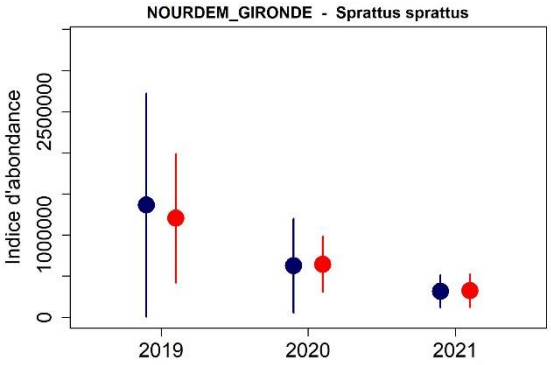
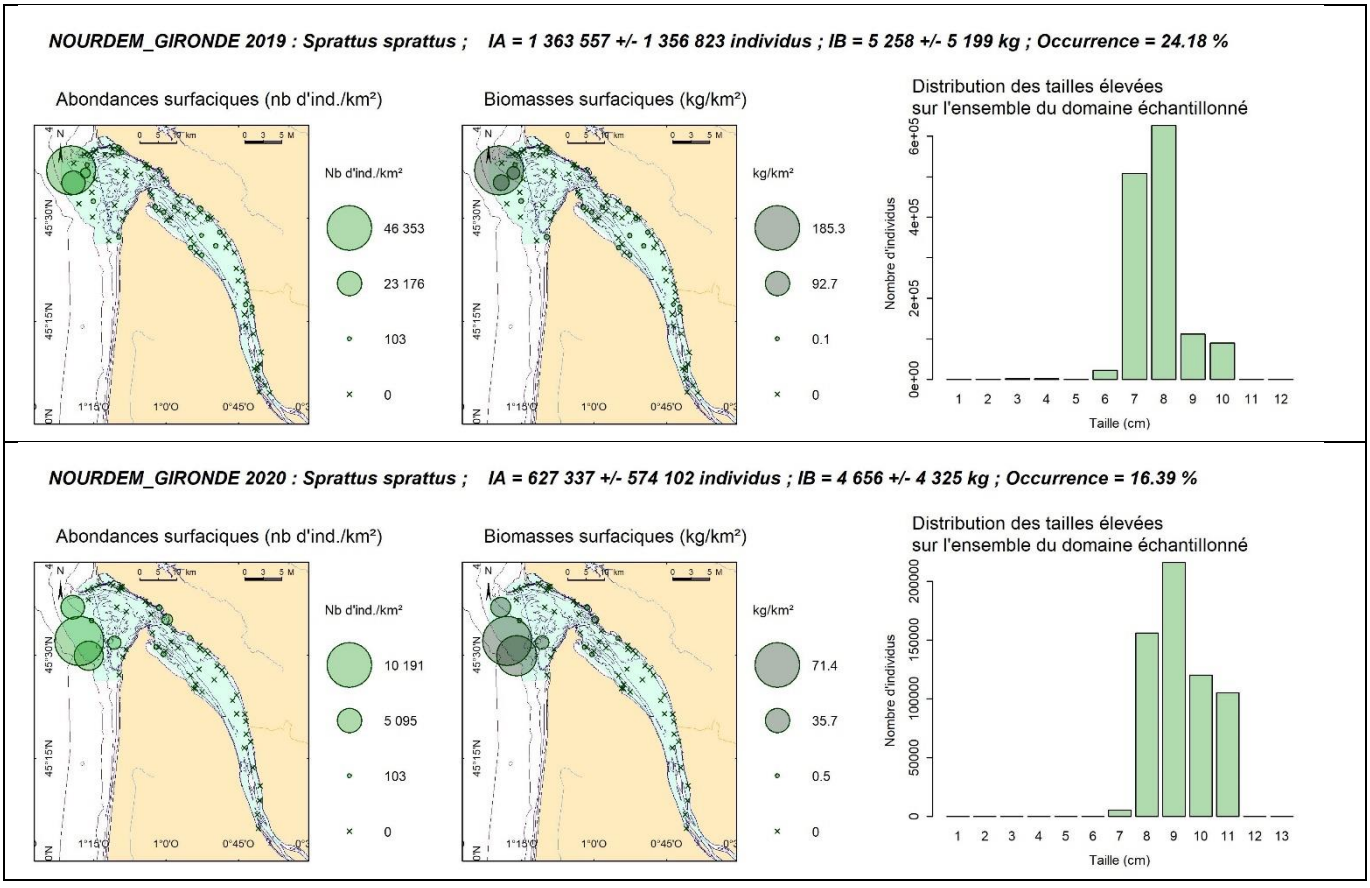


Figure 194 : Les sprats Sprattus sprattus en estuaire de Gironde : indices** d'abondance (IA, en nombre d'individus) et fourchettes d'encadrement **au** seuil d'erreur de 5% de ces indices, calculés à partir des données de **capture des campagnes NourDem Gironde entre 2019 et 2021. En bleu, indices RSUFI ; en rouge indices RSTRATI.

Le sprat est un petit pélagique qui n'est pas pleinement inféodé à l'estuaire : il parcourt plutôt la zone côtière à la belle période, et pénètre dans les estuaires, dont l'estuaire de la Gironde ; en bancs parfois très denses. Dans le cadre de NourDem, les captures sont principalement observées sur l'aval du domaine échantillonné, mais une bonne partie de l'estuaire est fréquenté, et il n'y a guère que sur les traits de l'extrême amont que l'espèce n'est jamais échantillonnée. Ceci est conforme à ce que nous observons en Loire, moins en Seine où des captures très amont ont déjà été enregistrées. Les tailles sont comprises entre 6 et 11 cm.



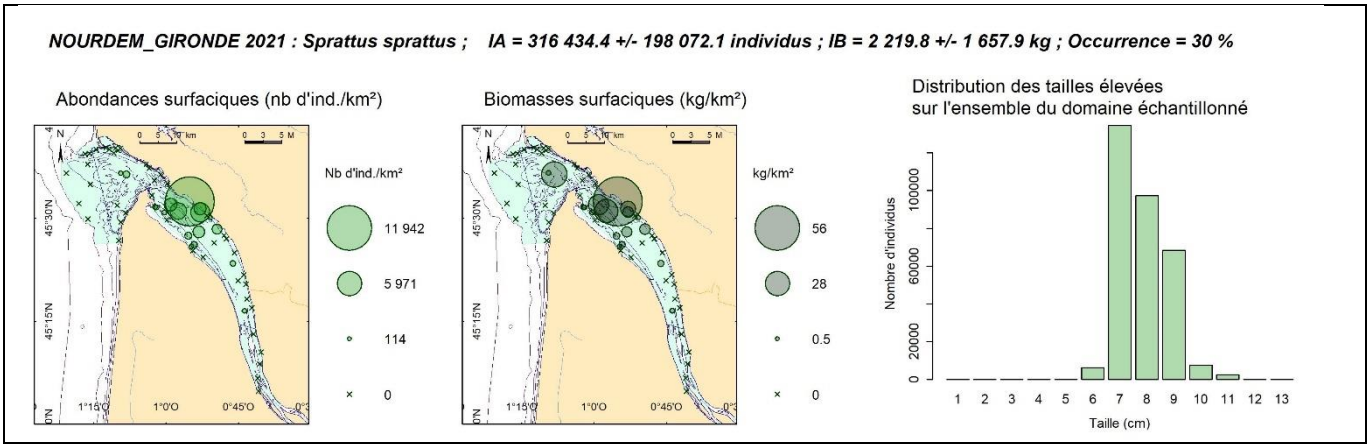


Figure 195 : Les sprats Sprattus sprattus en estuaire de Gironde *: densités surfaciques (en nombre d'individus par km² **;** script RSUFI), biomasses surfaciques (en kg/km²) et distributions des tailles élevées à l'ensemble du domaine échantillonné* ***des sprats Sprattus sprattus obtenues dans le cadre des campagnes NourDem Gironde entre 2019 et 2021.***

4.3.19 L'anguille commune Anguilla anguilla en estuaire de Gironde

L'anguille commune *Anguilla anguilla* a présenté une occurrence moyenne de capture de 23,3 % lors des campagnes NourDem en estuaire de Gironde entre 2019 et 2021. Son indice moyen d'abondance s'est élevé à près de 61 000 individus pour un indice moyen de biomasse de 20,2 tonnes (Tableau 27 ; poids individuel moyen de 332 grammes).

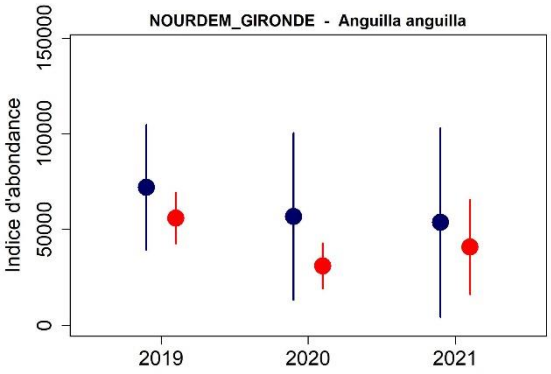
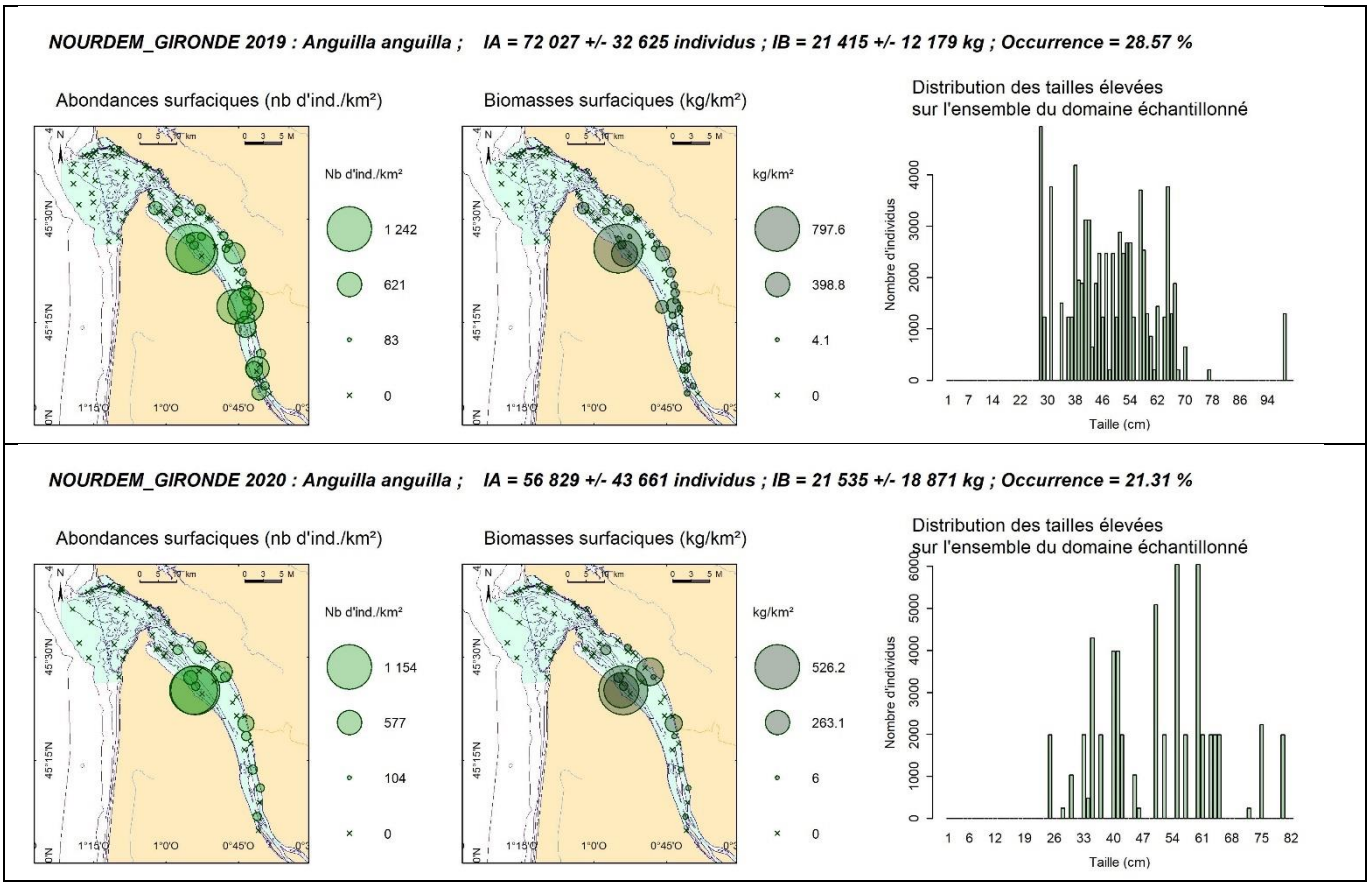


Figure 196 : Les anguilles Anguilla anguilla en estuaire de Gironde : *indices d'abondance (IA, en nombre d'individus) et fourchettes d'encadrement au seuil d'erreur de 5% de ce****s indices, calculés à partir des données de capture des campagnes NourDem Gironde entre 2019 et 2021. En bleu, indices RSUFI ; en rouge indices RSTRATI.***

Les indices annuels d'abondance apparaissent globalement stables sur la période, de l'ordre de 50 à 70 000 individus (Figure 196). Comme en Seine et Loire, ce migrateur anadrome est échantillonné sur l'intégralité de la partie amont de l'estuaire, plus précisément sur les traits de l'estuaire interne, mais pas sur ceux de la zone externe (Figure 198). Les tailles de capture sont comprises entre 23 et 98 cm, sans que des valeurs modales (ou des séparations nettes entre groupes d'âge) apparaissent.



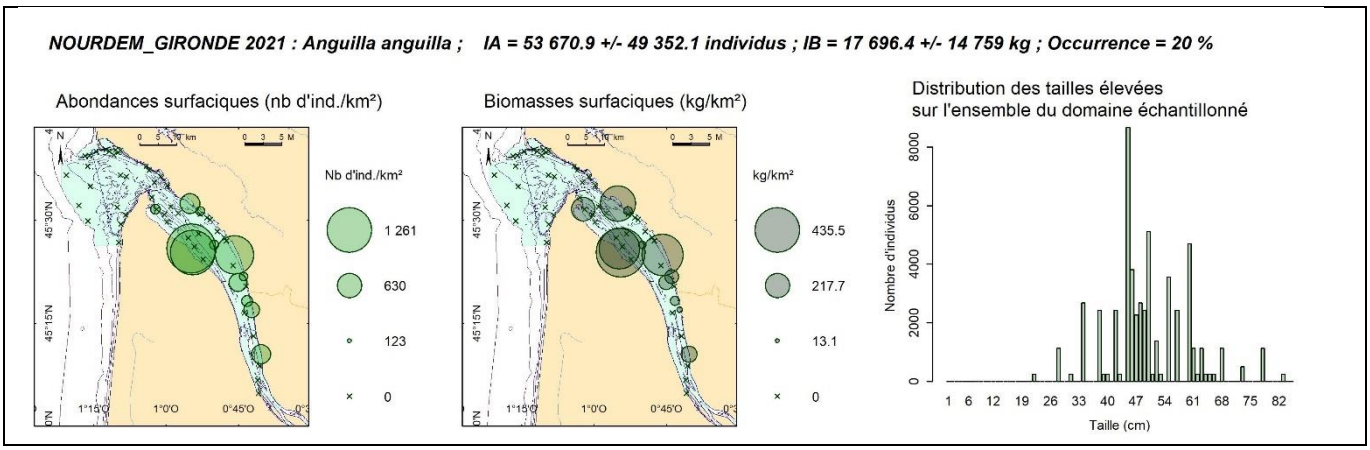


Figure 197 : Les anguilles Anguilla anguilla en estuaire de Gironde *: densités surfaciques (en nombre d'individus par km²* ***; script RSUFI), biomasses*** *surfaciques (en kg/km²) et distributions des tailles élevées à l'ensemble du domaine échantillonné* ***des anguilles Anguilla anguilla obtenues dans le cadre des campagnes NourDem Gironde entre 2019 et 2021.***

La synthèse des captures moyennes par traits (en nombre d'individus et en biomasse) sur la période 2019-2021 est donnée par la Figure 198.

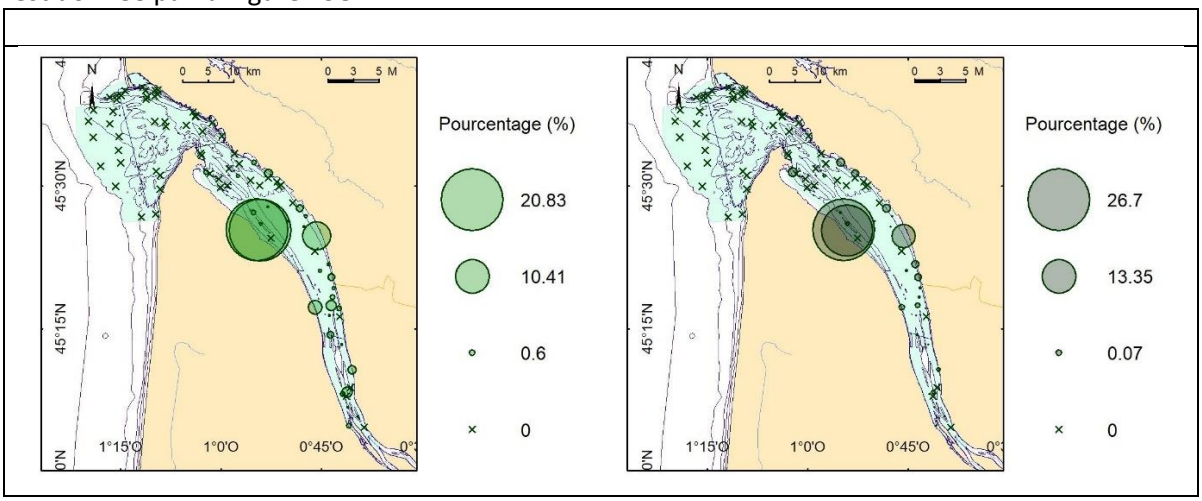


Figure 198 : Les anguilles communes en estuaire de Gironde : moyennes, sur la période 2019-2021, des captures *par traits (exprimées en pourcentage du nombre total moyen d'individus capturés* ***; à gauche) et des biomasses moyennes par traits (à droites) des anguilles communes Anguilla anguilla en estuaire de Gironde ; données NourDem (2019-2021).***

4.3.20 La raie bouclée Raja clavata en estuaire de Gironde

Comme en Seine et en Loire, la raie bouclée *Raja clavata* peut être considérée comme une des espèces majeures du peuplement de l'estuaire de la Gironde : son occurrence moyenne de capture sur la période 2019-2021 s'est élevée à 20,1 %, son indice moyen d'abondance à un peu plus de 40 000 individus, et son indice moyen de biomasse à 53,3 tonnes (Tableau 27 ; poids individuel moyen de l'ordre de 1,3 kg).

Les indices annuels d'abondance apparaissent légèrement orientés à la baisse, mais sans que des différences significatives puissent être mises en évidence (Figure 199).

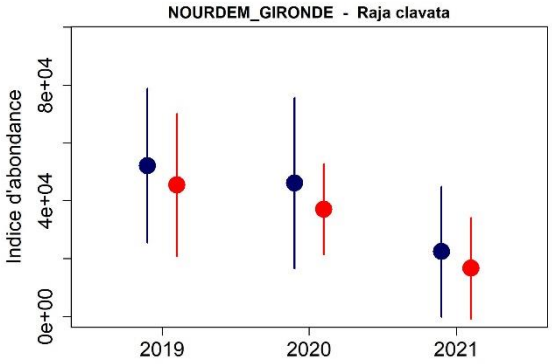
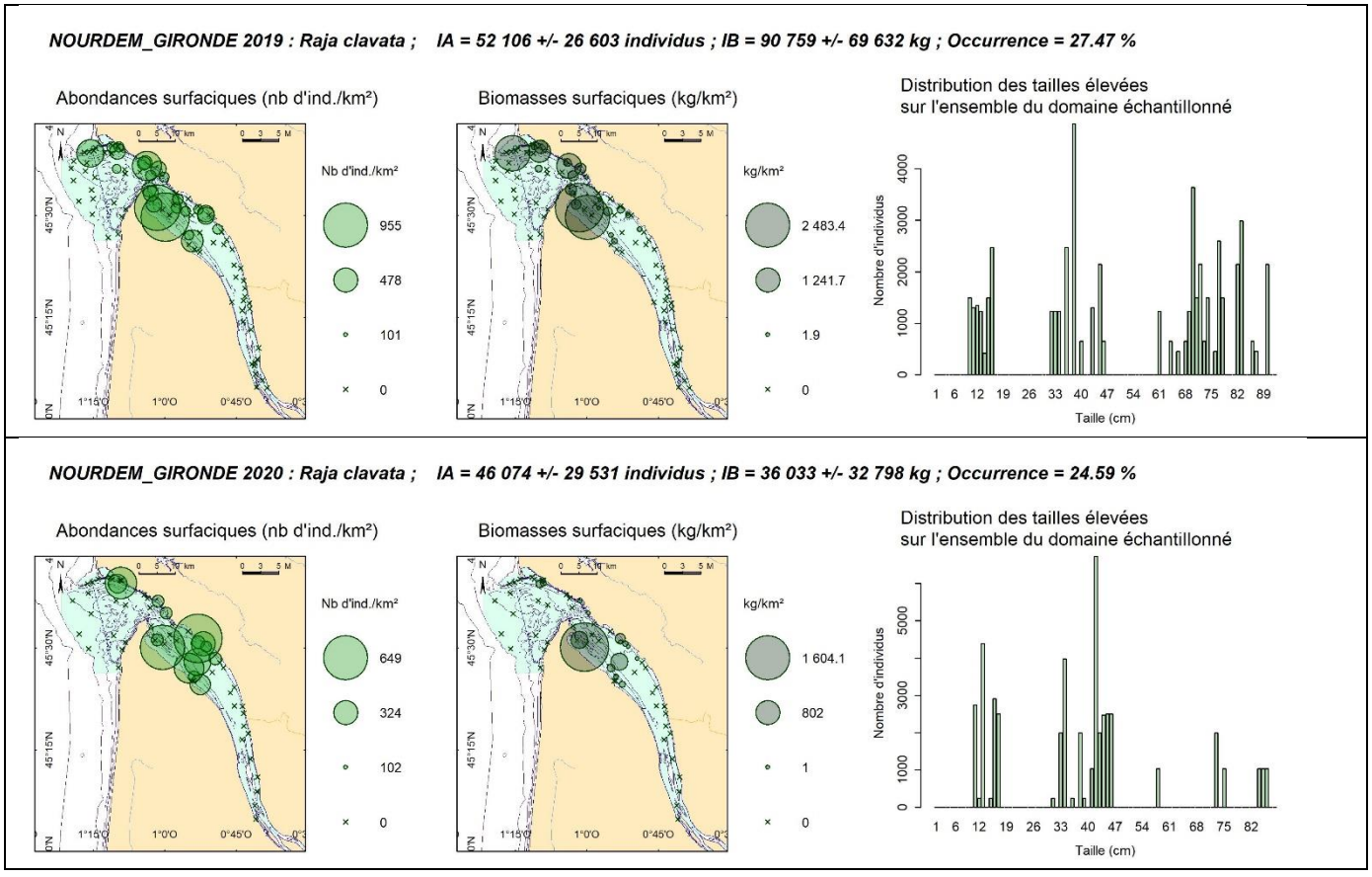


Figure 199 : Les raies bouclées Raja clavata en estuaire de Gironde : *indices d'abondance (IA, en nombre d'individus) et fourchettes d'encadrement au seuil d'erreur de 5% de ces indices, calculés à partir* ***des données de capture des campagnes NourDem Gironde entre 2019 et 2021. En bleu, indices RSUFI ; en rouge indices RSTRATI.***

Les captures sont enregistrées plutôt sur l'aval du domaine, à la fois dans la partie externe à l'estuaire et dans l'aval de la partie interne, tant sur les traits en bordure que ceux du centre. La plage de tailles de capture est étendue, de 9 cm (ce qui correspond à la taille à l'éclosion) à 89 cm.



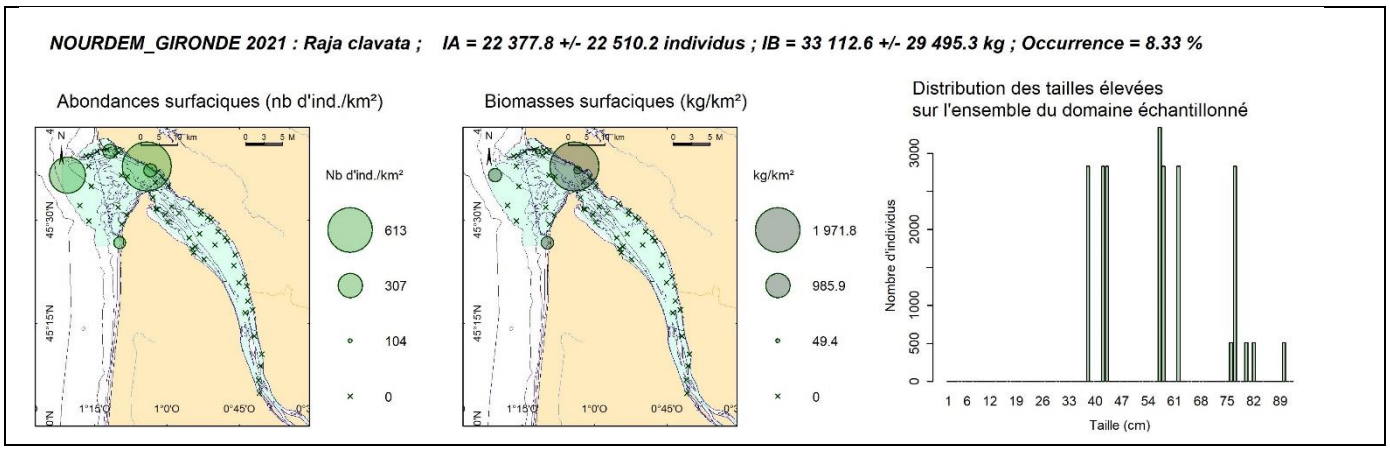


Figure 200 : Les raies bouclées Raja clavata en estuaire de Gironde *: densités surfaciques (en nombre d'individus par km² **;** script RSUFI), biomasses surfaciques (en kg/km²) et distributions des tailles élevées à l'ensemble du domaine échantillonné* ***des raies bouclées Raja clavata obtenues dans le cadre des campagnes NourDem Gironde entre 2019 et 2021.***

4.3.21 Le crabe vert Carcinus maenas en estuaire de Gironde

Les crabes verts *Carcinus maenas* sont nettement moins occurrents en estuaire de Gironde que dans les deux autres estuaires suivis, leur occurrence moyenne de capture sur la période 2019-2021 n'ayant été que de 19,47% (Tableau 27). Leur indice moyen d'abondance a été d'environ 235 000 individus pour un indice moyen de biomasse de ≈ 6,3 tonnes (Tableau 27).

Les indices d'abondance annuels sont en augmentation (selon le script RSTRATI ; le script RSUFI ne conclut pas à des différences significatives), l'indice maximal étant obtenu en 2021 (≈ 600 000 individus +/- 650 000 selon RSUFI ; Figure 201).

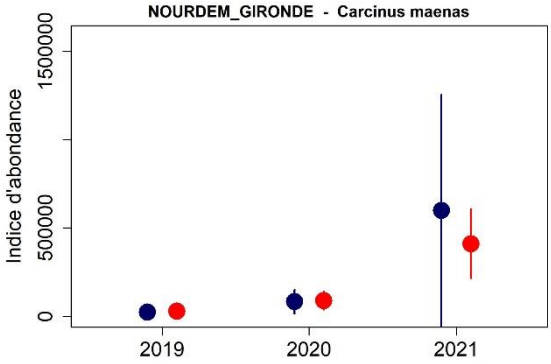
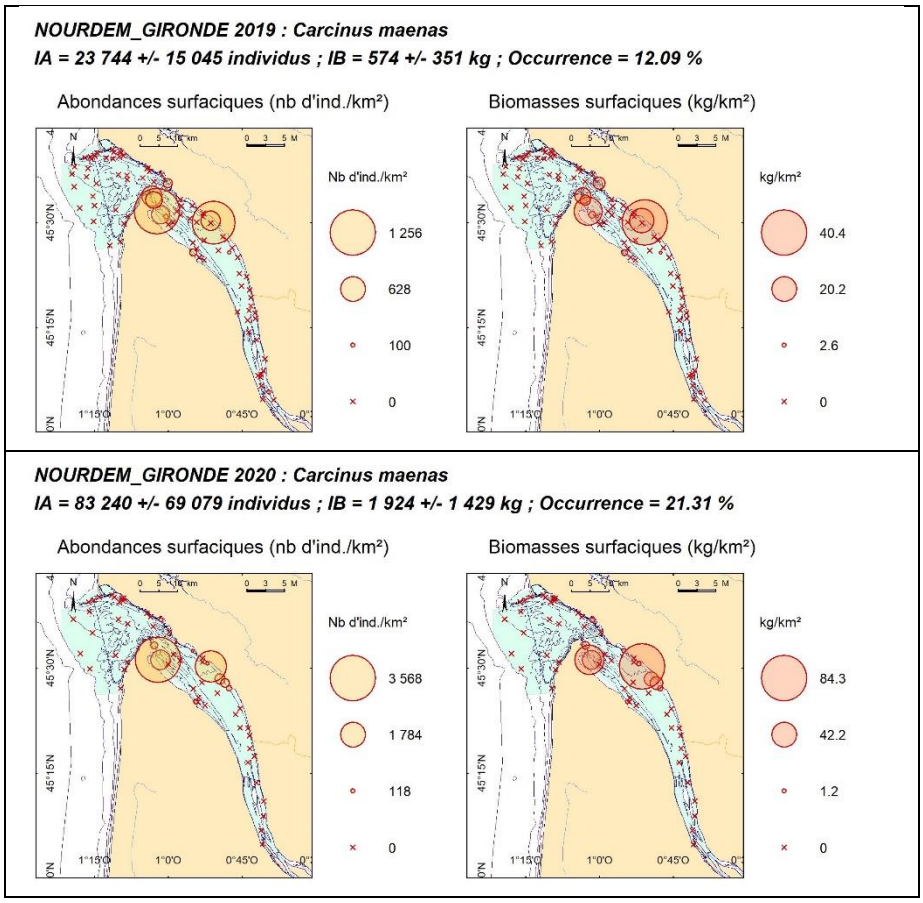


Figure 201 : Les crabes verts Carcinus maenas en estuaire de Gironde** : indices d'abondance (IA, en nombre d'individus) et fourchettes d'encadrement au seuil d'err**eur de 5% de ces indices, calculés à partir des données de capture des campagnes NourDem Gironde entre 2019 et 2021. En bleu, indices RSUFI ; en rouge indices RSTRATI.

Les crabes verts sont principalement capturés sur l'aval de la partie interne de l'estuaire. Le poids moyen individuel est de 26,7 grammes.



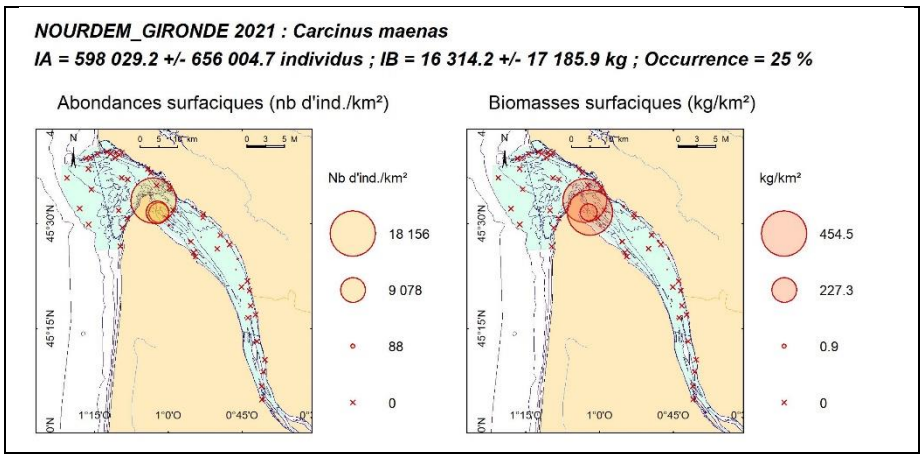


Figure 202 : Les crabes verts Carcinus maenas en estuaire de Gironde : densités surfaciques *(en nombre d'individus par km²* ***; script RSUFI) et biomasses surfaciques (en kg/km²) des crabes verts Carcinus maenas obtenues dans le cadre des campagnes NourDem Gironde entre 2019 et 2021.***

4.3.22 Le mulet porc Liza ramada en estuaire de Gironde

Le mulet porc *Liza ramada* a présenté une occurrence moyenne de capture sur la période 2019-2021 légèrement inférieure au seuil de 20% (18,71 %), mais son importance en Loire, et son abondance localement, nous ont conduit à le retenir parmi les espèces socle du peuplement de l'estuaire de Gironde. Son indice moyen d'abondance s'est en effet élevé à un peu plus de 100 000 individus pour un indice moyen de biomasse de l'ordre de 26,5 tonnes (Tableau 27 ; poids individuel moyen de 260 grammes).

L'indice d'abondance le plus élevé a été enregistré en 2019, mais sans qu'une différence significative interannuelle soit mise en évidence selon le script RSUFI. La différence est par contre significative entre 2019 et 2021 selon RSTRATI (Figure 203).

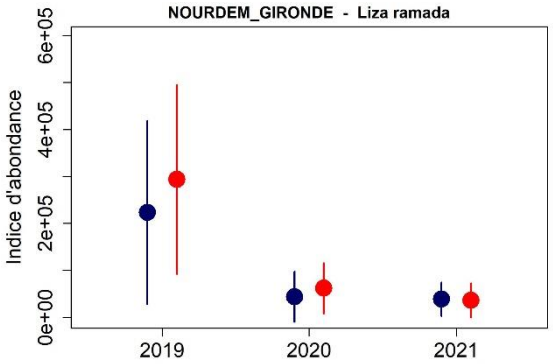
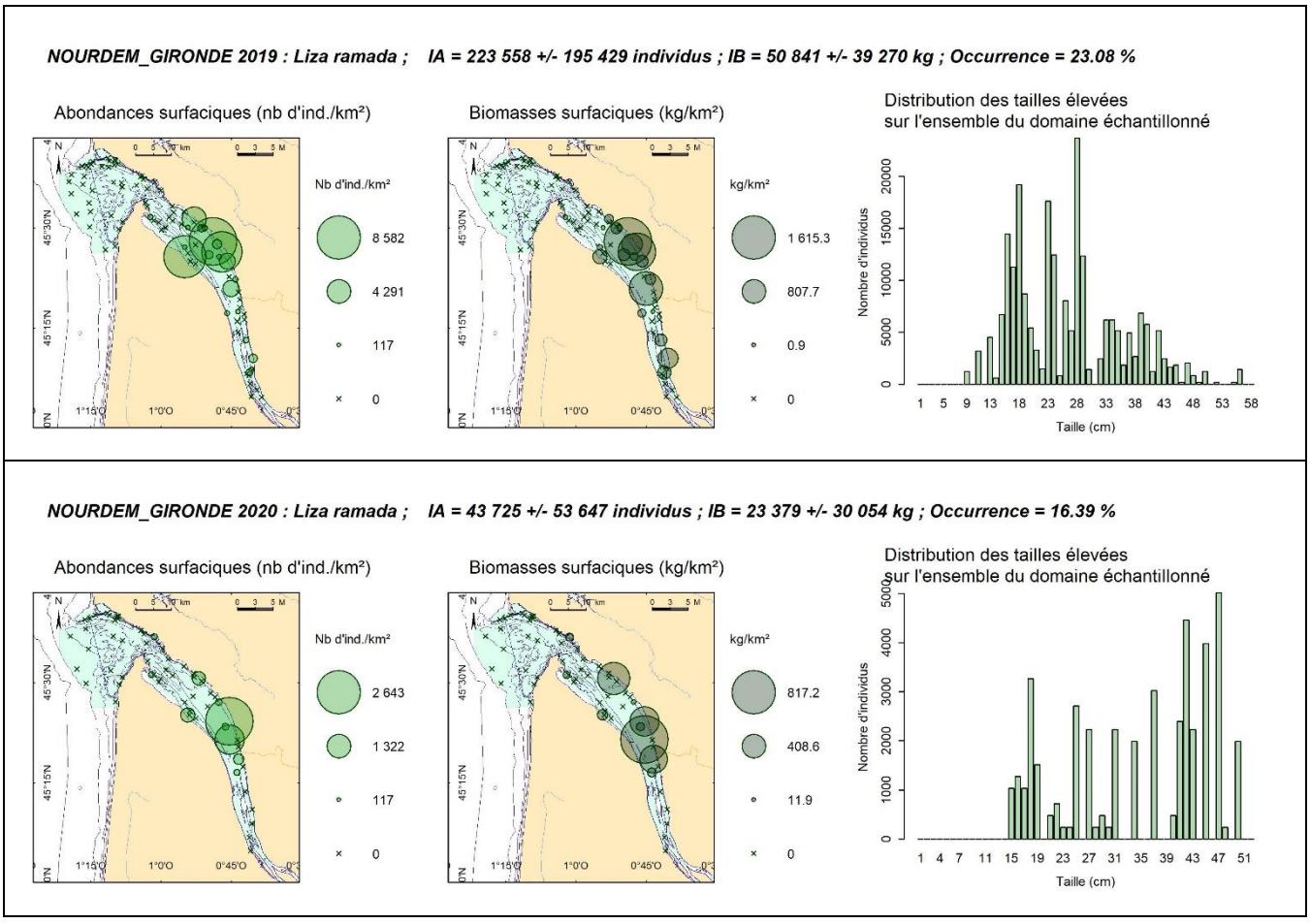


Figure 203 : Les mulets porcs Liza ramada en estuaire de Gironde** : indices d'abondance (IA, en nombre d'individus) et fourchettes d'encadrement au seuil d'erreur de 5% de ces indices, **calculés à partir des données de capture des campagnes NourDem Gironde entre 2019 et 2021. En bleu, indices RSUFI ; en rouge indices RSTRATI.

Les captures ont essentiellement été enregistrées sur les parties centrale et amont du domaine en 2019 et 2020, alors qu'elles l'ont été sur l'intégralité du domaine en 2021. Les tailles de capture se sont échelonnées entre 9 et 56 cm



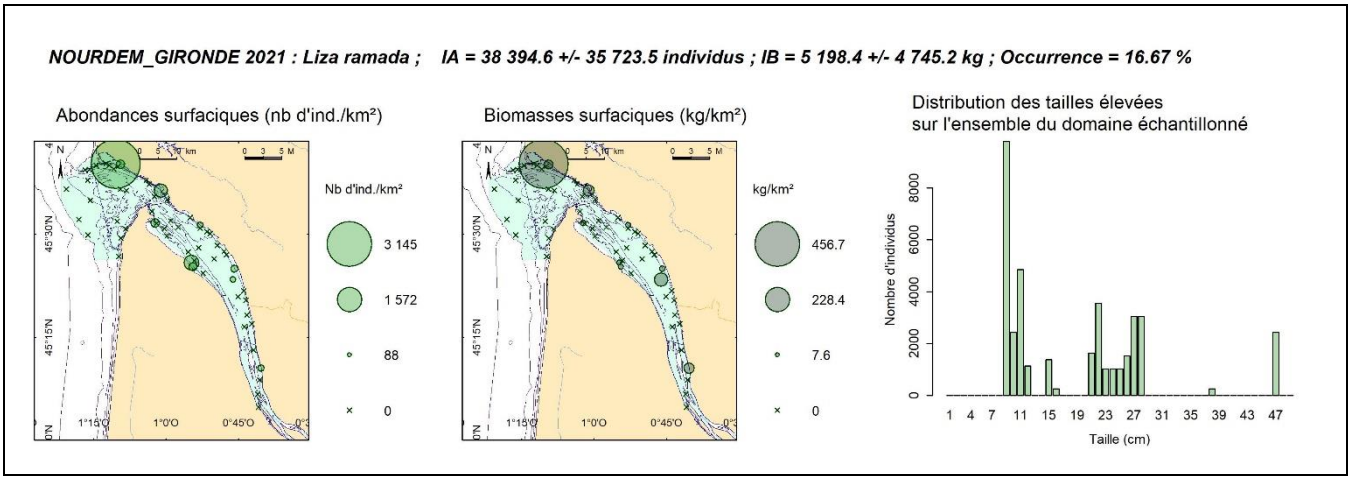


Figure 204 : Les mulets porcs Liza ramada en estuaire de Gironde *: densités surfaciques (en nombre d'individus par km² **;** script RSUFI), biomasses surfaciques (en kg/km²) et distributions des tailles élevées à l'ensemble du domaine échantillonné* ***des mulets porcs Liza ramada obtenues dans le cadre des campagnes NourDem Gironde entre 2019 et 2021.***

Ces 19 premières espèces constituent la base du peuplement de l'estuaire de Gironde à la période où sont menées les campagnes NourDem, et tel qu'on peut le décrire en application du protocole NourDem. Quatre des cinq espèces présentées dans les paragraphes ci-après sont également retenues comme à suivre en priorité car, en tant que grands migrateurs amphihalins, elles constituent des espèces sentinelles de la qualité des eaux, et deux d'entre elles, le saumon atlantique et l'esturgeon d'Europe, font l'objet de projets de repeuplement (la cinquième espèce, l'oscietre, fait l'objet d'élevage commercial, et est ici citée bien que n'étant pas une espèce autochtone).

Il convient en préambule de bien rappeler que pour les espèces dont les occurrences de capture et les captures sont faibles, les indices d'abondance produits (quelle que soit la méthode de calcul) sont très peu fibales, inutilisables. Pour ces espèces « rares », les campagnes permettent uniquement de produire au mieux les 3 informations suivantes :

- « présence/absence » de l'espèce,
- « tailles de capture » (avec parfois la possibilité de séparer juvéniles et adultes),
- et éventuellement « secteurs préférentiels de capture »

4.3.23 La grande alose Alosa alosa

Bien que n'étant pas classée parmi les espèces socle, la grande alose *Alosa alosa* est occurrente en estuaire de Gironde, avec une capture moyenne au cours de 15,82 % des traits sur la période 2019-2021 (23ème rang d'occurrence moyenne). Son indice moyen d'abondance s'est élevé à de près de 38 000 individus et son indice moyen de biomasse à 878 kg (Tableau 27 ; poids moyen individuel de l'ordre de 23 grammes).

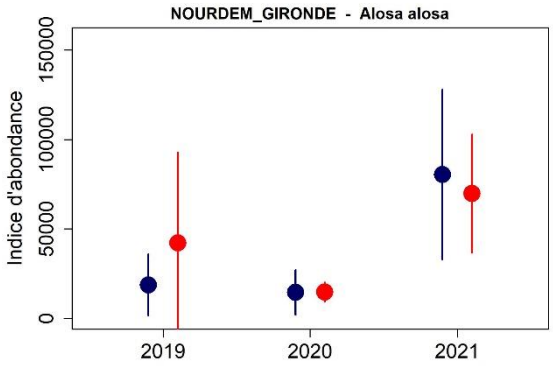
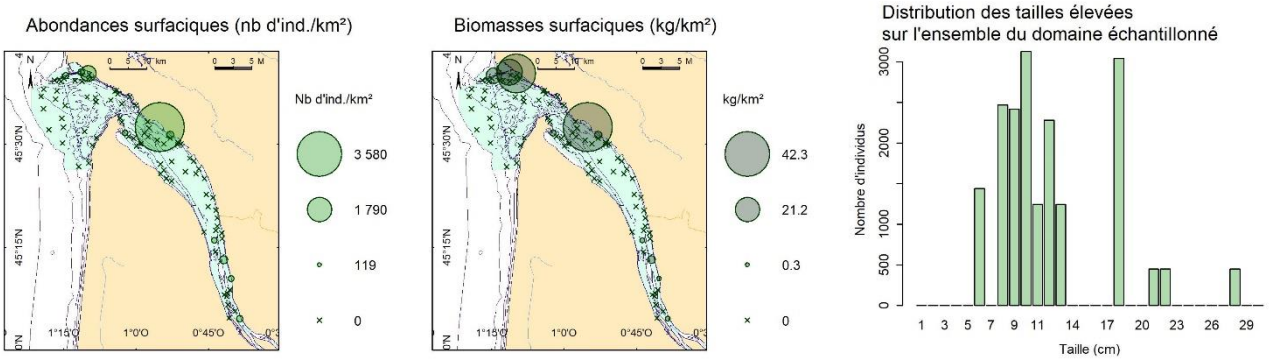


Figure 205 : Les grandes aloses Alosa alosa ***en estuaire de Gironde*** *: indices d'abondance (IA, en nombre d'individus) et fourchettes d'encadrement au seuil d'erreur de 5% de ces* ***indices, calculés à partir des données de capture des campagnes NourDem Gironde entre 2019 et 2021. En bleu, indices RSUFI ; en rouge indices RSTRATI.***

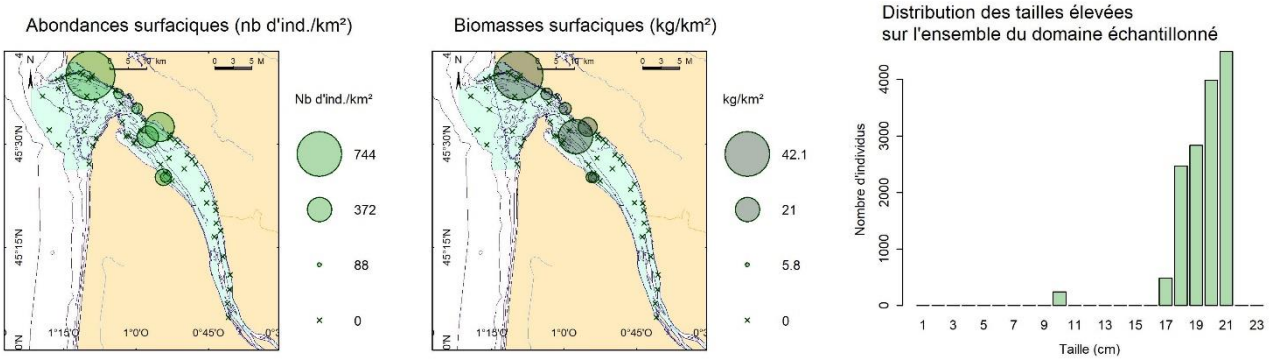
Les indices d'abondance annuels ne présentent pas de tendance nette sur la période. L'indice maximal est enregistré en 2021, avec un peu plus de 80 000 +/- ≈ 48 000 individus (Figure 205).

Les grandes aloses sont capturées sur l'intégralité du domaine échantillonné en Gironde, à l'exception des quelques traits les plus au large (strate « aval sud »). Les tailles de capture sont comprises entre 6 et 29 cm, avec une majorité de très jeunes individus en 2019, que l'on retrouve, ayant grandi, en 2020 (Figure 206).

NOURDEM_GIRONDE 2019 : Alosa alosa ; IA = 18 650 +/- 17 164 individus ; IB = 405 +/- 321 kg ; Occurrence = 10.99 %



NOURDEM_GIRONDE 2020 : Alosa alosa ; IA = 14 494 +/- 12 629 individus ; IB = 992 +/- 1 059 kg ; Occurrence = 11.48 %



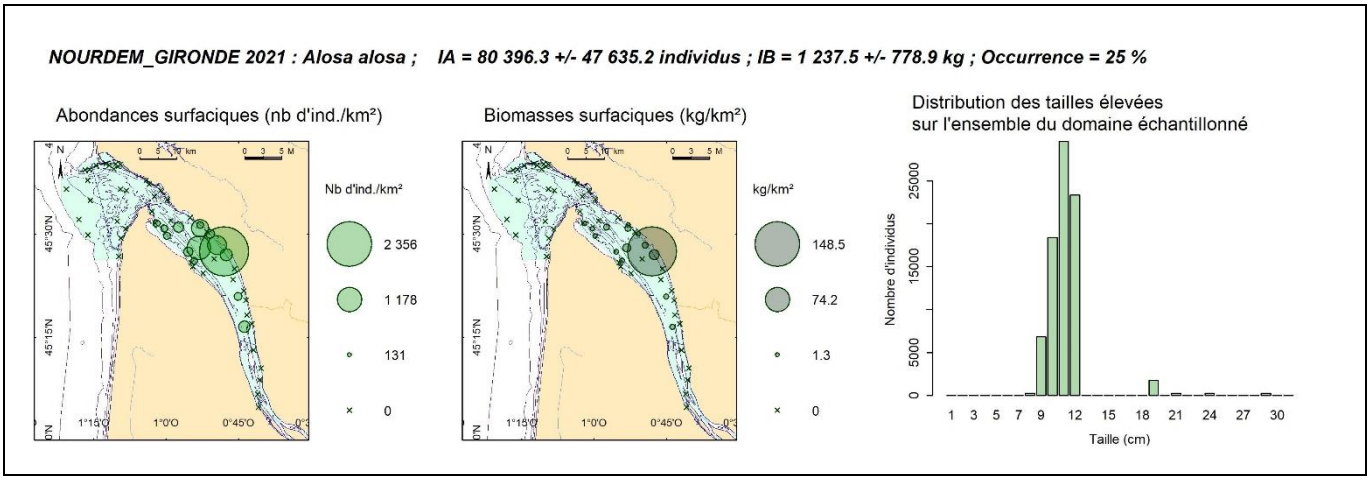


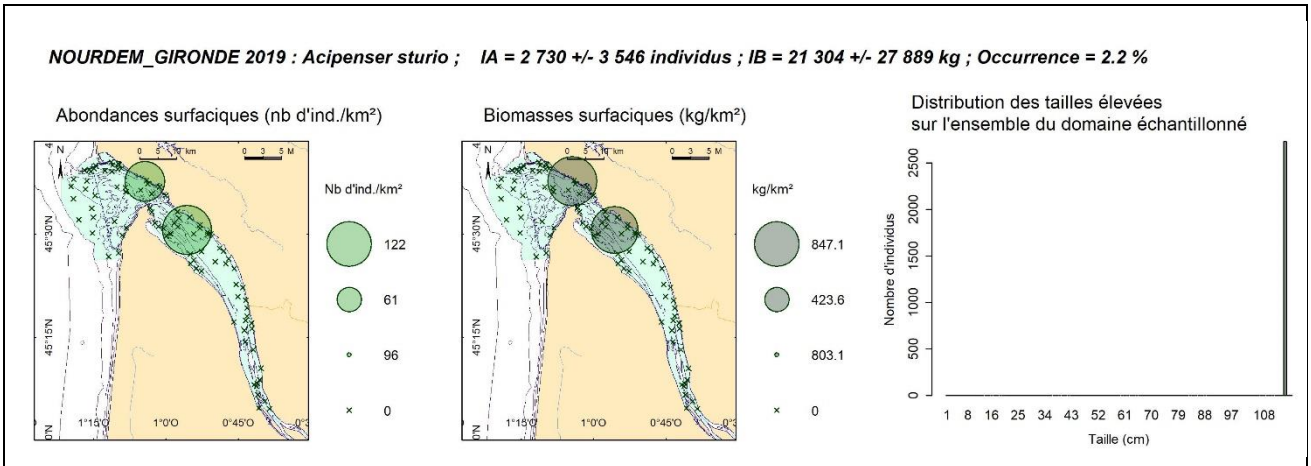
Figure 206 : Les grandes aloses Alosa alosa en estuaire de Gironde** : densités surfaciques (en nombre d'individus **par km²** ; script RSUFI), biomasses surfaciques (en kg/km²) et distributions des tailles élevées à l'ensemble du **domaine échantillonné des grandes aloses Alosa alosa obtenues dans le cadre des campagnes NourDem Gironde entre 2019 et 2021.

4.3.24 L'esturgeon d'Europe Acipenser sturio en estuaire de la Gironde

L'esturgeon d'Europe *Acipenser sturio* est présent en estuaire de la Gironde où il fait l'objet de mesures de gestion et d'un programme de repeuplement après avoir disparu. Nous en avons capturé 2 en 2019, et 7 en 2021. L'occurrence moyenne de capture n'a donc été que de 1,29 % (Tableau 27) et ces 9 captures ne permettent pas de produire des indices d'abondance annuels fiables.

Les captures ont été enregistrée sur 3 traits (Figure 207), tous situés dans la partie aval de l'estuaire :

- en 2019, 1 individu de 115 cm sur le trait n°710 (strate « aval nord ») et 1 individu de 115 cm également, sur le trait n°85 de la strate « centre estuaire » ; poids total 15,4 kg
- en 2021, 7 individus sur le trait n°620 de la strate « aval nord » ; tailles de 142, 142, 147, 149, 155, 157 et 162 cm pour un poids total de 150 kg.



Pas de capture d'esturgeon d'Europe en 2020

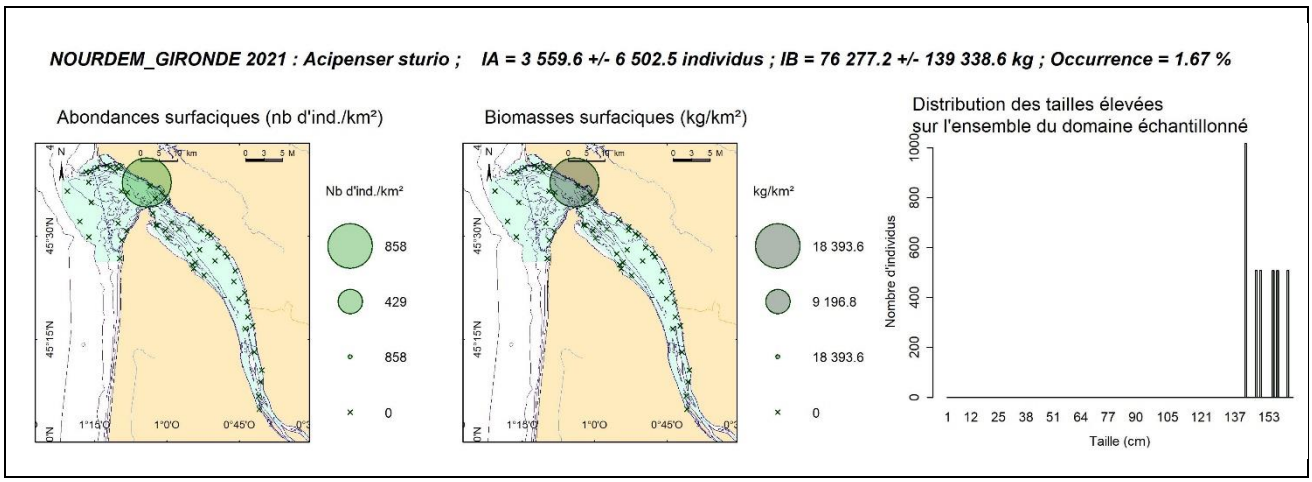
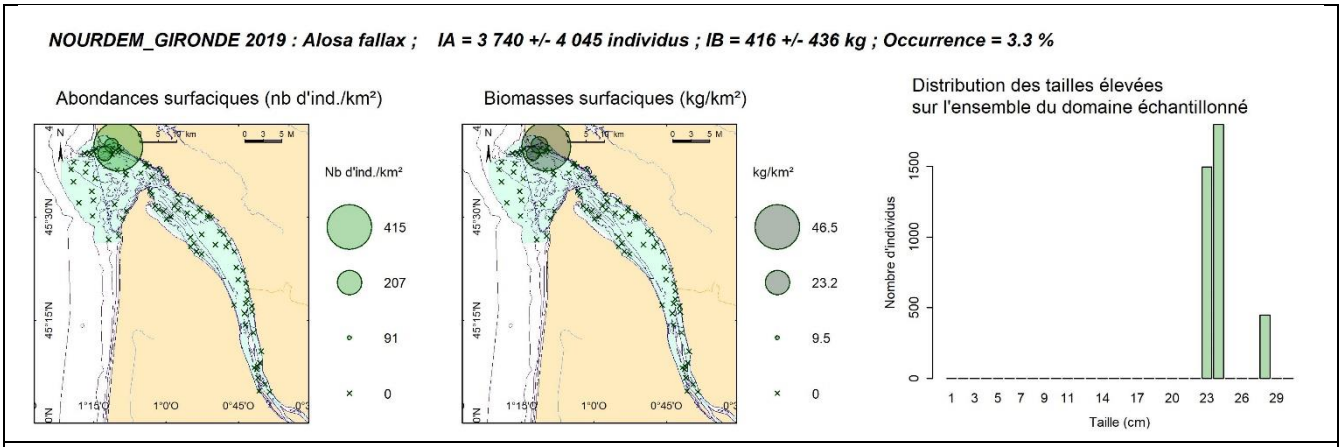


Figure 207** : Les esturgeons d'Europe A**cipenser sturio en estuaire de Gironde : densités surfaciques (en nombre** d'individus par km² **; script RSUFI), biomasses surfaciques (en kg/km²) et distributions des tailles élevées à** l'ensemble du domaine échantillonné des esturgeons d'Europe Acipenser stu**rio obtenues dans le cadre des campagnes NourDem Gironde entre 2019 et 2021.

4.3.25 L'alose feinte Alosa fallax en estuaire de Gironde

L'alose feinte *Alosa fallax* est beaucoup moins occurrente en estuaire de Gironde que la grande alose : sur la période 2019-2021, cette occurrence ne s'est élevée qu'à 1,1 % (Tableau 27). Au total, seuls 6 individus ont été capturés, tous en 2019, sur 3 traits différents mais situés dans le même secteur du nord de l'embouchure de l'estuaire (traits n° 630, 650 et 840). L'indice d'abondance déterminé à partir de si peu de captures ne peut être considéré comme fiable. Les tailles de capture sont comprises entre 23 et 28 cm. (Figure 208).



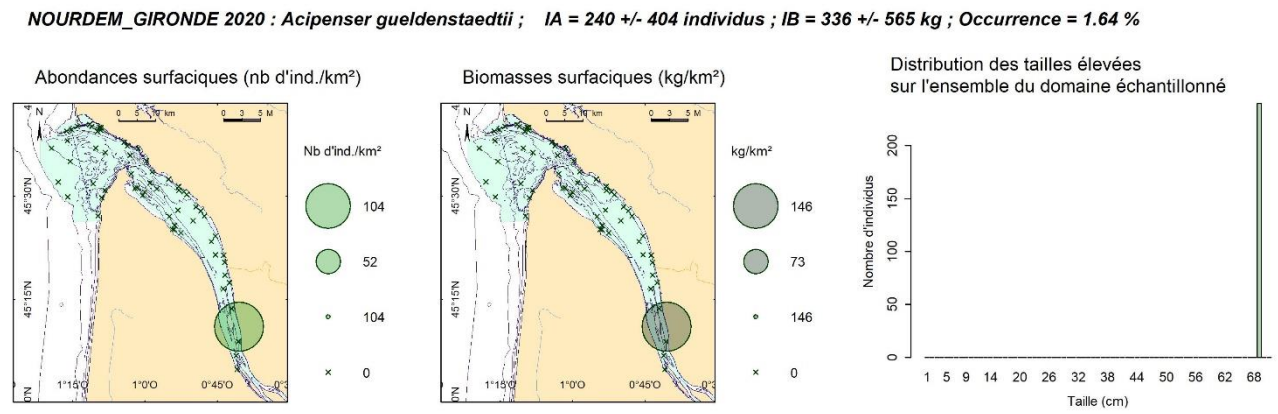
Pas de capture d'alose feinte en 2020
Pas de capture d'alose feinte en 2021

Figure 208** : L'alose feinte Alosa fallax en estuaire de Gironde : densités surfaciques (en nombre d'individus par km² **; script** RSUFI), biomasses surfaciques (en kg/km²) et distributions des tailles élevées à l'ensemble du domaine échantillonné de l'alose feinte Alos**a fallax obtenues dans le cadre des campagnes NourDem Gironde entre 2019 et 2021.

4.3.26 L'ocièt̀re Acipenser gueldenstaedtii en estuaire de Gironde

L'osciètre *Acipenser gueldenstaedtii* (également appelé esturgeon du Danube, ou esturgeon diamant) n'est pas une espèce autochtone de l'estuaire de la Gironde. Un individu, échappé d'un élevage commercial lors de la crue de mai 2020, a été capturé la même année sur le trait n° 410 (partie amont de la strate « centre estuaire » ; Figure 209). Il mesurait 69 cm et pesait 1,4 kg. Cette capture peut être considérée comme anecdotique car elle est purement accidentelle : il n'y a pas à proprement parler de population d'osciètre en estuaire de Gironde.

Pas de capture d'osciètre en 2019



Pas de capture d'osciètre en 2021

Figure 209 *: L'osciètre* ***Acipenser gueldenstaedtii en estuaire de Gironde*** *: densités surfaciques (en nombre d'individus par* ***km²*** *; script RSUFI), biomasses surfaciques (en kg/km²) et distributions des tailles élevées à l'ensemble du domaine échantillonné de l'osciètre* ***Acipenser gueldenstaedtii obtenues dans le cadre des campagnes NourDem Gironde entre 2019 et 2021.***

4.3.27 Le saumon atlantique Salmo salar en estuaire de la Gironde

Une seule capture de saumon atlantique *Salmo salar* a été enregistrée en Gironde (campagne de 2020). Ce jeune individu (« smolt ») mesurait 30 cm et il a été capturé sur le trait n°700 situé l'embouchure de l'estuaire (strate « aval sud » ; Figure 210[21]).

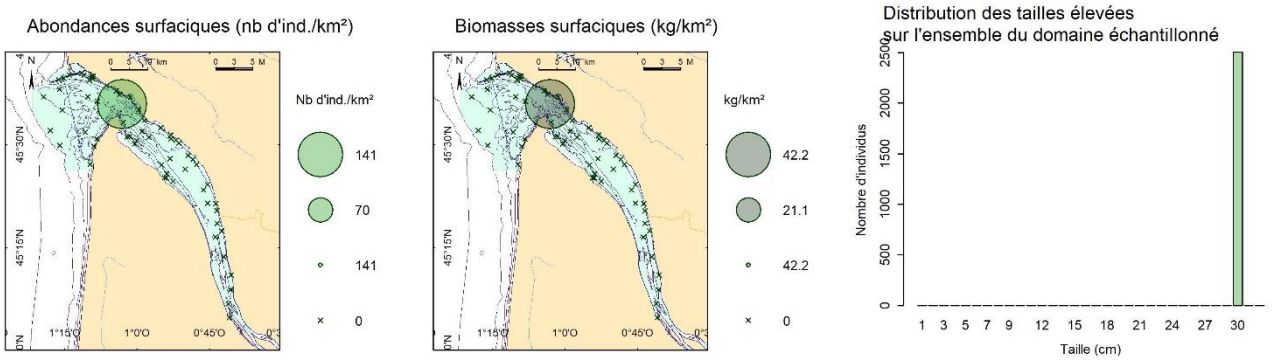
Cette espèce, emblématique, et dont les stocks ont connu des diminutions drastiques, fait l'objet de projets de recherche, de préservation (entretien des frayères, amélioration/création de passes à poissons sur les barrages, gestion des captures) et de réimplantation (production de juvéniles ; voir par exemple, le site web de l'association « Migado »). *Salmo salar*, se reproduisant et connaissant ses premiers stades de développement le plus souvent sur les parties amont des fleuves/rivières (les « têtes de bassins versants »), est une espèce sentinelle du bon état écologique des eaux douces, et ses captures, même si elles sont très peu nombreuses[22], méritent d'être signalées dans le cadre des campagnes NourDem.

[21] Cette capture amène à un indice global d'abondance sur l'ensemble du domaine de l'ordre de 2500 individus, mais avec une très forte incertitude (+/- 6729 individus). Les indices d'abondance, quand ils reposent sur d'aussi faibles captures, n'ont que peu de sens et sont à considérer avec précautions.

[22] La période de nos campagnes ne correspond pas à la pleine période de dévalaison des smolts (descente depuis la rivière vers la mer, avec une période « d'adaptation » en estuaire), qui se situe plutôt, sous nos latitudes, entre mars et mai.

Pas de capture de saumon atlantique en 2019

NOURDEM_GIRONDE 2020 : Salmo salar ; IA = 2 503 +/- 6 729 individus ; IB = 751 +/- 2 019 kg ; Occurrence = 1.64 %



Pas de capture de saumon atlantique en 2021

Figure 210 : Le saumon atlantique Salmo salar en estuaire de Gironde** : densités surfaciques (en nombre d'individus par **km²** ; script RSUFI), biomasses surfaciques (en kg/km²) et distributions des tailles élevées à l'ensemble du do**maine échantillonné des saumons atlantiques Salmo salar obtenues dans le cadre des campagnes NourDem Gironde entre 2019 et 2021.

5 Test/développements de traitements géostatiques pour la production d'indices d'abondance et de cartographies de répartition

Les résultats présentés dans les paragraphes qui précèdent reposent, pour la production des indices d'abondance et de biomasse, sur des stratifications des domaines échantillonnés :

- mono stratification fixe via le script RSUFI : l'outil réalise l'intégralité des calculs de production d'indices d'abondance en utilisant une unique stratification, identique pour toutes les espèces et pour toutes les années, ce qui, dans les secteurs estuariens très changeants, et avec des espèces utilisant différents habitats, peut ne pas être parfaitement adapté,
- post-stratification en fonction des données captures via l'outil RSTRATI. Ce script de post-stratification produit autant de stratifications qu'il y a d'espèces (ou groupes d'âge) chaque année, et retient celle qui permet d'obtenir la minimisation de la variance associée à l'indice d'abondance produit. Ce second script a été développé dans le cadre du présent projet, et appliqué à l'ensemble des données récoltées. Il donne des résultats très comparables à ceux produits par RSUFI (*a priori* plus précis), car dans l'immense majorité des cas, synchrones, ce qui est un gage de la qualité ou de la fiabilité des indices produits (par exemple, une année de forte abondance au sein d'une série, déterminée au moyen de l'un des scripts, l'est également au moyen de l'autre).

Mais si l'on peut considérer que les scripts RSUFI et RSTRATI donnent satisfaction (Cf. l'ensemble des paragraphes qui précédent et présentent les peuplements des trois estuaires), il a paru intéressant de tester et développer un script reposant sur des méthodes géostatiques car, d'un point de vue théorique, ce sont bien ces méthodes et outils qui apparaissent les plus adaptés à notre double objectif de produire des indices d'abondance dans des espaces aussi changeant que des zones estuariennes, et des cartographies de présence préférentielle des différentes espèces (ou groupes d'âge des différentes espèces).

Les travaux menés sur le développement de ce troisième outil de traitement des données de capture, et reposant sur les méthodes géostatistiques, sont présentés en détail dans l'article de rang A intitulé « Estimating abundance indices of juvenile fish in estuaries using Geostatistics : an example of European sea bass (*Dicentrarchus labrax*) », et publié dans le journal « Estuarine, Coastal and Shelf Science » (Annexe 9).

Nous en présentons ici les résultats principaux.

5.1 Indices d'abondance géostatistiques pour les bars d'âge 2 en Loire entre 2016 et 2018

Les estimations d'abondance des bars du groupe d'âge 2 en Loire sont égales en moyenne à 115.1 x 10^3, 18.7 x 10^3 and 42.3 x 10^3 pour les années 2016, 2017 et 2018 respectivement (Figure 211). Les coefficients de variations sont beaucoup plus importants avec les méthodes géostatistiques et particulièrement avec le krigeage transitif. En effet, les méthodes d'échantillonnage aléatoire (RSUFI) conduisent à des CV de seulement 17 %, 18,5 % et 17,8 % pour les trois années 2016, 2017 et 2018 respectivement, tandis que la meilleure approche géostatistique estime des CVs de 33,5 %, 40,5 % et 46,1 %. Cependant, pour chaque campagne, les méthodes géostatistiques ont eu une précision sensiblement meilleure que la technique d'échantillonnage aléatoire stratifié au vu de l'indice de validation croisée ; la racine de l'erreur quadratique moyenne (abréviation en anglais RMSE ; Figure 1). En effet, pour chaque année, la RMSE la plus faible est obtenue par krigeage transitif ou krigeage avec dérive externe (Figure 211). En particulier, le krigeage avec dérive externe a donné les meilleurs résultats pour les années 2016 et 2017, correspondant aux campagnes où nous avons trouvé une relation significative entre la densité de bars d'âge 2 et la salinité. Sur le jeu de données de 2018, le krigeage avec dérive externe n'améliore pas beaucoup le krigeage ordinaire (Figure 211). Le modèle de dérive associé trouve une relation significative entre la densité de poissons et la profondeur (cf. Annexe 9), avec un R-carré de 0,02 seulement. Le krigeage ordinaire produit des scores plus faibles que l'échantillonnage

aléatoire stratifié en 2016 et 2017, et dans les deux cas, l'utilisation de la dérive externe a considérablement amélioré la précision de la prédiction.

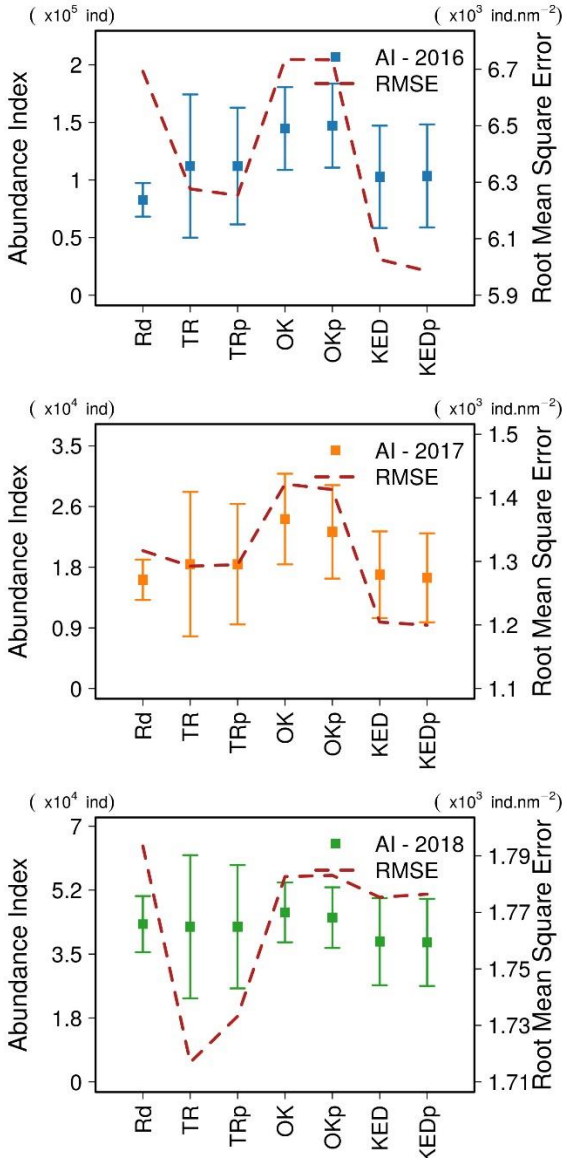


Figure 211 : *Estimation des indices d'**abondance** et des intervalles de confiance associés pour les bars d'âge 2 pour **les campagnes NourDem Loire en 2016, 2017 et 2018 par chaque méthode géostatistique testée (Rd = script RSUFI ; TR signifie krigeage transitif, OK signifie krigeage ordinaire et KED signifie krigeage avec une dérive externe**. L'indice **« p »** indique si l'estimation est faite dans un espace géographique projeté selon l'axe principal de la Loire)**. La précision associée est illustrée par des lignes rouges pointillées représentant la racine de l'erreur quadratique moyenne (abréviation en anglais RMSE) obtenue par validation croisée.***

Les méthodes géostatistiques permettent de produire des cartes de distribution utiles pour décrire les zones fonctionnelles que sont les nourriceries (Figure 212). Les cartes produites illustrent la variabilité interannuelle des densités de juvéniles de bars d'âge 2. Les densités de poissons les plus élevées sont observées dans la partie amont de l'estuaire en 2016 et 2017 alors qu'en 2018 elles étaient relativement en aval. Les approches transitives produisent des cartes relativement lisses avec de larges zones de densités moyennes, tandis que le krigeage intrinsèque produit des cartes plus contrastées, révélant des hotspots dont la localisation diffère d'une année sur l'autre. L'utilisation de la dérive externe (salinité pour 2016 et 2017, et profondeur pour 2018) induit des différences importantes dans les cartes de densité, notamment en ajoutant des informations externes telles que l'emplacement du canal de navigation (par exemple en 2018) et en

accentuant le gradient des densités le long du lit de la rivière avec la plus forte densité en amont (par exemple en 2016 et 2017).

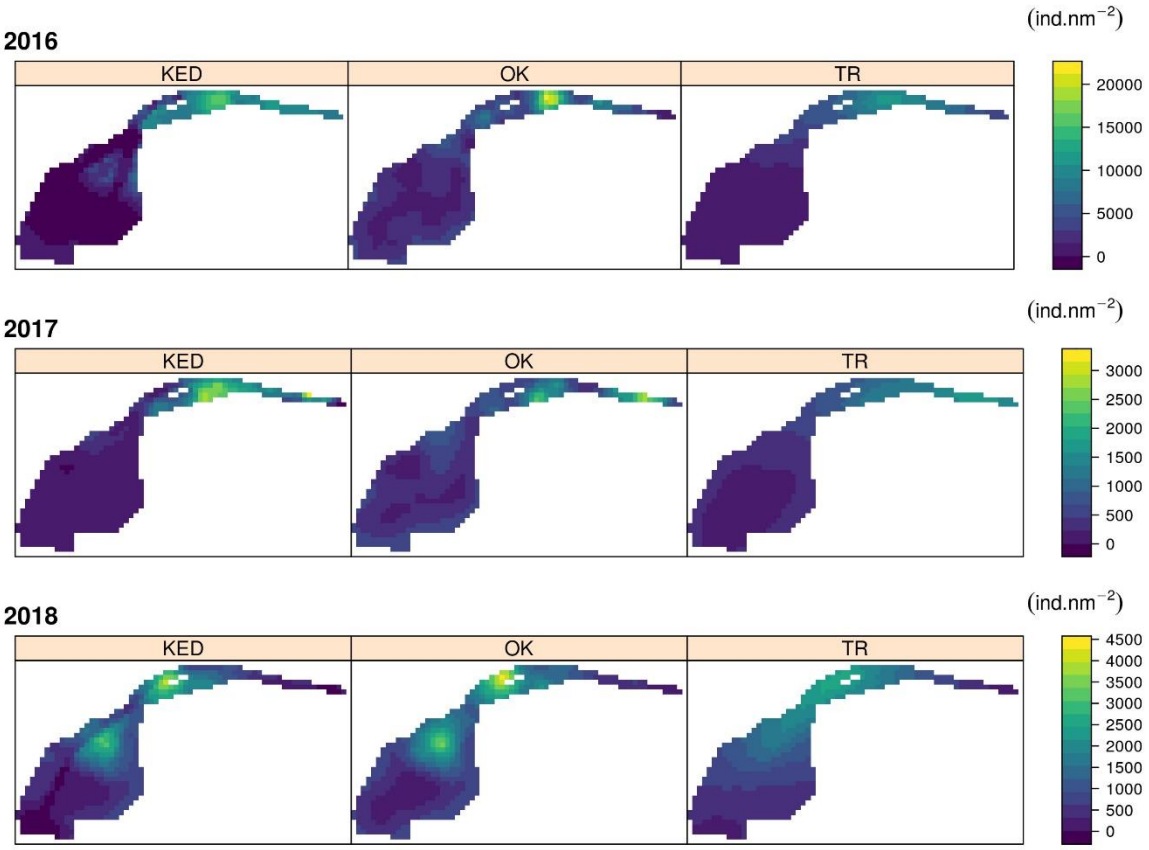


Figure 212 : Cartes krigées des densités de** bars d'âge 2 **pour les campagnes Nourdem Loire en 2016, 2017 et 2018 obtenues par chaque méthode géostatistique testée. TR signifie krigeage transitif, OK signifie krigeage ordinaire et KED signifie krigeage avec une dérive externe.

En conclusion, les méthodes géostatistiques ont de meilleures capacités prédictives que l'estimateur aléatoire stratifié, cependant leurs CVs sont plus élevés. En ignorant la répartition spatio-temporelle des points d'échantillonnage et/ou des liens avec des covariables environnementales, l'estimateur aléatoire stratifié sous-estime les différentes incertitudes et conduit à des intervalles de confiance trop optimistes. L'utilisation d'indices d'abondance calculés par géostatistique pour un modèle d'évaluation apparait comme une approche conservative, dont les incertitudes élevées plus réalistes permettraient de trouver un compromis d'ajustement plus robuste entre différents indices de campagne (i.e. estuaires).

5.2 Indices d'abondance géostatistiques pour tous les groupes d'âge du bar sur les 3 estuaires

Dans cette section, nous présentons les résultats obtenus en appliquant l'approche transitive pour estimer l'abondance de bars tous âges confondus à partir de l'ensemble des séries NourDem (Loire 2016-2021, Seine 2017-2021 et Gironde 2019-2021). Les autres méthodes géostatistiques, telles que développées dans l'article de Roy et al. (2022), n'ont pas pu être calculées, car elles ne permettaient pas d'estimer une série complète d'indices d'abondance de bars tous âges confondus. En effet, elles nécessitent des covariables

environnementales (salinité, profondeur, température), qui n'ont pas pu être mesurées notamment en Loire et Seine en 2019 à cause d'une sonde défectueuse.

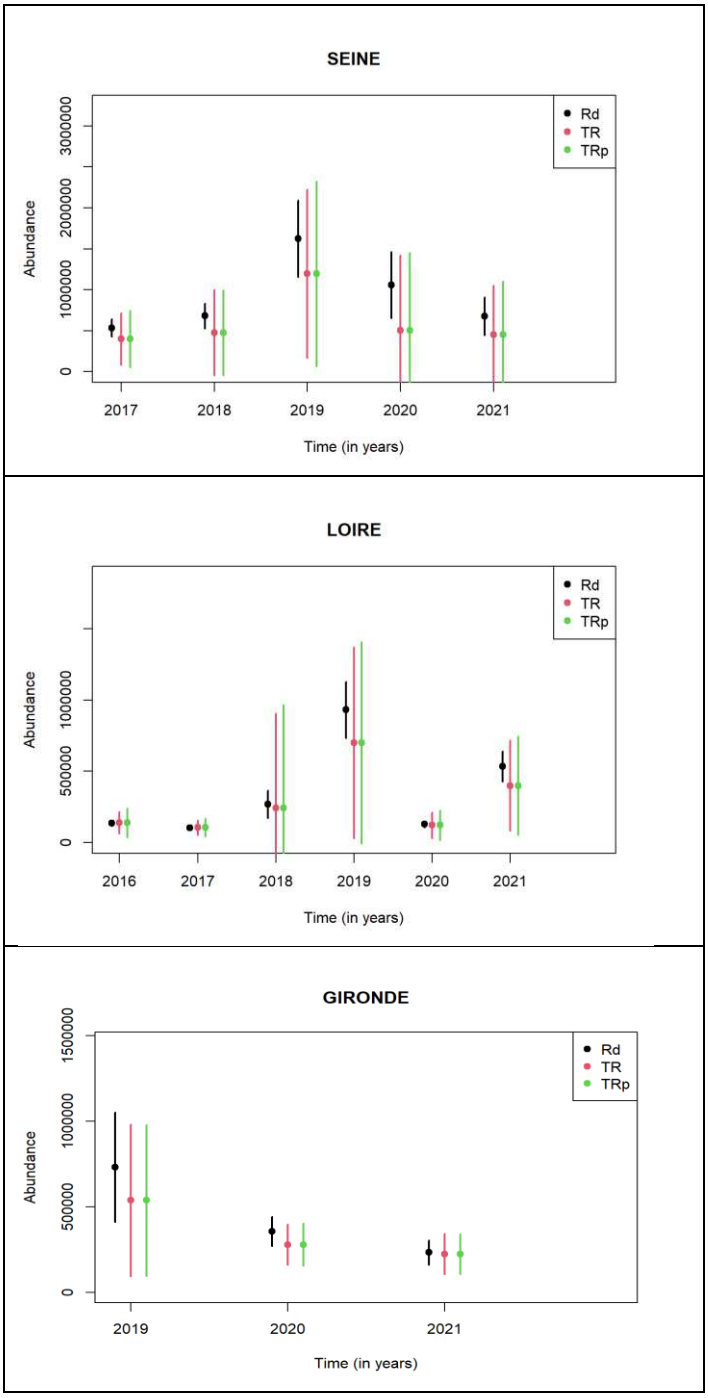


Figure 213 : *Estimation des indices d'**abondance et des intervalles de confiance associés pour les bars tous âges confondus pour les campagnes NourDem Seine (2017-2021 ; en haut), NourDem Loire (2016-2021 ; au centre) et NourDem Gironde (2019-2021 ; en bas) ; Rd signifie aléatoire stratifié (=RSUFI), TR signifie krigeage transitif, TRp signifie krigeage transitif avec** projection selon l'axe de**s chenaux des estuaires).***

Au vu des résultats présentés en Figure 213, nous pouvons formuler les mêmes conclusions que dans la section précédente. Les incertitudes associées aux indices d'abondances obtenues par méthodes transitives présentent des valeurs plus grandes que celles obtenues par l'estimateur aléatoire stratifié. Un léger biais existe entre les 2 estimateurs, qui apparait plus prononcé lorsque les abondances sont élevées. Néanmoins

leur intervalle de confiance se superposent, illustrant que ce biais n'est pas significatif. Il existe très peu de différence entre les indices d'abondance par approche transitive classique et projetée (projection par rapport à l'axe de l'estuaire).

En Loire, l'abondance en bars tous âges confondus est relativement faible en 2016, 2017 et 2020, et plus élevée en 2018, 2019 et 2021 (Figure 213). En Seine, l'abondance augmente de 2017 à 2019, puis diminue de 2019 à 2021. En Gironde, l'abondance en 2019 est forte, puis elle diminue jusqu'en 2021. D'un point de vue global, 2019 est une année dont l'abondance est forte dans les 3 estuaires.

En conclusion, les méthodes transitives ont des intervalles de confiance plus élevés. En ignorant la répartition spatiale des points d'échantillonnage, l'estimateur aléatoire stratifié sous-estime les différentes incertitudes et conduit à des intervalles de confiance trop optimistes. L'utilisation d'indices d'abondance calculés par des méthodes transitives pour un modèle d'évaluation apparait comme une approche conservative, dont les incertitudes élevées plus réalistes permettraient de trouver un compromis d'ajustement plus robuste entre différents indices de campagne (i.e. estuaires).

6 La qualité des estuaires en tant que nourricerie

Dans cette partie du projet, notre objectif est d'aborder la notion de qualité des nourriceries, afin de compléter les données purement quantitatives issues des campagne NourDem. En effet, la fonction de nourricerie, qui décrit leur contribution au recrutement d'individus dans les stocks, résulte des effets joints entre la densité des individus et leur taux de survie qui lui-même dépend de leur croissance. Comme les mesures de survie de juvéniles *in situ* ne sont pas encore possibles, nous nous sommes concentrés sur la mesure de paramètres morphométriques afin d'estimer les différences entre sites dans les paramètres de croissance et de condition corporelle. En raison de contraintes d'échantillonnage (peu de variation d'âge), nous n'avons pu réaliser les comparaisons de courbes de croissance que pour le bar européen.

6.1 Différences de croissance des juvéniles de bar entre nourriceries et années

Nous avons comparé les paramètres des courbes de croissance des juvéniles de bar issus des campagnes NourDem dans les estuaires de Gironde (2019-2020), Loire (2017-2020) et Seine (2017-2020). Nous avons choisi d'utiliser les données des campagnes précédant la mise en place du projet NourDem 2019-2021 afin d'avoir une vision plus globale de cette question (ces analyses seront complétées par les données issues des campagnes de 2021 et 2022 à l'avenir). Nous avons comparé 4 modèles qui partitionnent la variance des tailles en fonction de l'âge uniquement (modèle 0), de l'âge et des années (modèle 1, qui permet de déterminer si les paramètres de croissance diffèrent entre années), de l'âge et des nourriceries (modèle 2, qui permet de déterminer si les paramètres de croissance diffèrent entre nourriceries), et de l'âge, des années et des nourriceries (modèle 3, ce qui permet de déterminer si les paramètres de croissance différent entre années et nourriceries).

Le meilleur de ces modèles s'est avéré être le modèle 3, car présentant la vraisemblance logarithmique la plus haute et la valeur d'AIC la plus basse (cette dernière permet de pénaliser les modèles en fonction du nombre de paramètres estimés ; Tableau 29). Les trois autres modèles présentant des vraisemblances logarithmiques bien plus faibles, nous pouvons conclure qu'il y a bien des différences importantes de croissance des juvéniles de bar européens entre nourriceries et entre années. La Figure 214 présente les courbes de croissance issues du modèle 3 qui montrent clairement que les juvéniles de bar ont une croissance plus forte en Loire (sur leurs quatre premières années) qu'en Seine et en Gironde. De plus, les paramètres L_∞, t_0, et K peuvent changer assez fortement d'une année à l'autre (par ex. la croissance des poissons en 2020 était clairement moins forte que durant les années précédentes et la forme de la croissance varie fortement d'une année à l'autre) mais ces différences entre années n'ont pas vraiment d'influence sur le fait que la croissance du bar est plus élevée en Loire.

Tableau 29 : Synthèse de la performance des 4 modèles de croissance des juvéniles de bar européens. Les paramètres *du modèle de von Bertalanffy ont été estimés sur l'ensemble du jeu de données (modèle 0), au sein de chaque année* ***(modèle 1), au sein de chaque nourricerie (modèle 2) et au sein de chaque année et chaque nourricerie (modèle 3).*** *Pour chaque modèle, le logarithme de la vraisemblance, le nombre de paramètres estimés (k) et les valeurs d'AIC sont* ***présentées (le meilleur modèle est celui ayant la plus forte valeur de vraisemblance et le plus faible AIC).***

Modèle	Paramètres	Co-facteurs	log-vraisemblance	k	AIC
Modèle 3	L_∞, t_0, K	Année*Nourriceries	-2299.183	30	4658.366
Modèle 1	L_∞, t_0, K	Année	-2414.311	12	4852.622
Modèle 2	L_∞, t_0, K	Nourricerie	-2578.304	9	5174.608
Modèle 0	L_∞, t_0, K		-2650.707	3	5307.414

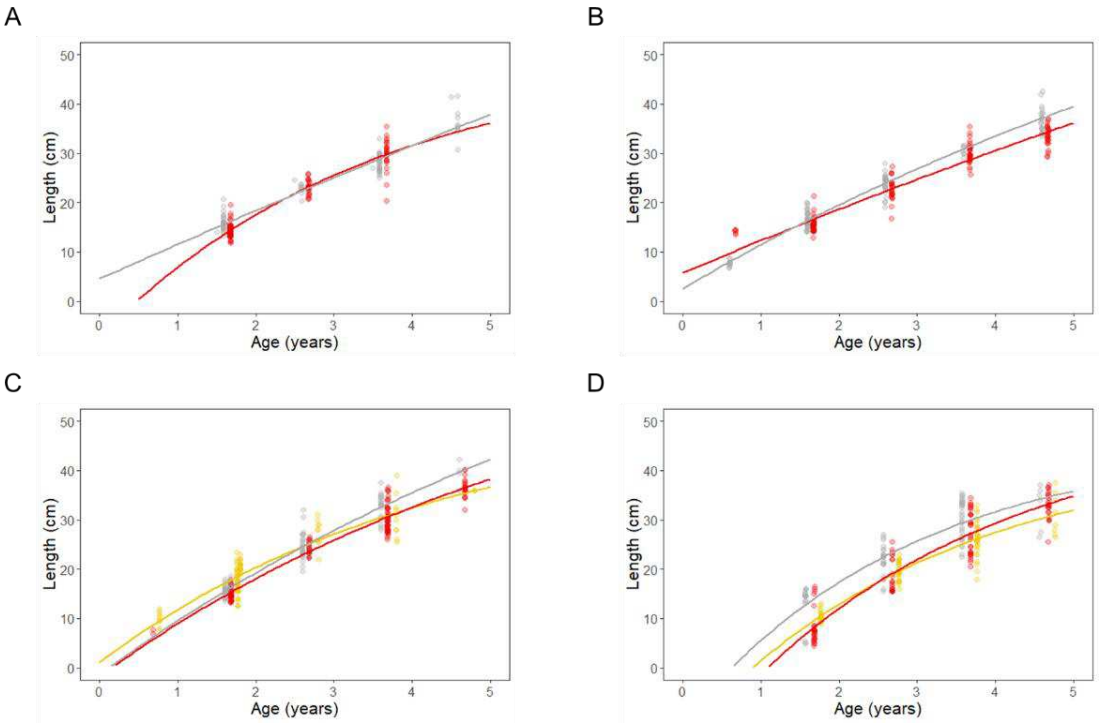


Figure 214 : Courbes de croissance des juvéniles de bar en 2017 (A), 2018 (B), 2019 (C), et 2020 (D) en Gironde (courbes jaune), Loire (courbe grise), et en Seine (courbes rouges).

6.2 Différences de condition corporelle entre nourriceries et années pour le bar, l'éperlan, le merlan et le sprat

Pour le bar, nous avons trouvé des différences importantes de condition corporelle entre nourriceries et entre années (Tableau 30 et Figure 215). En particulier, les poissons échantillonnés en Seine ont présenté une condition corporelle supérieure à celles des poissons échantillonnés en Gironde et en Loire (avec peu de différence de condition corporelle entre ces deux nourriceries). Ces différences étaient plus ou moins fortes en fonction des années, la condition corporelle des poissons de Seine n'étant supérieure à celle des poissons des autres nourriceries qu'en 2018 et 2020.

Tableau 30 : Synthèse des différences de condition corporelle entre nourriceries et années *par analyse de variance pour le bar, l'éperlan, le merlan et le sprat. Abréviations : 'df',* ***degrés de liberté*** *; 'F', valeur de F ; 'P' P****-valeur.***

Espèce	Paramètres	df	F	P
Bar	Nourricerie	2	10.30	<0.01
	Année	1	14.42	<0.01
	Nourricerie/Année	2	3.56	0.03
Eperlan	Nourricerie	1	18.31	<0.01
	Année	1	81.39	<0.01
Merlan	Nourricerie	2	9.16	<0.01
	Année	1	0.16	0.69
Sprat	Nourricerie	2	63.26	<0.01
	Année	1	9.44	<0.01

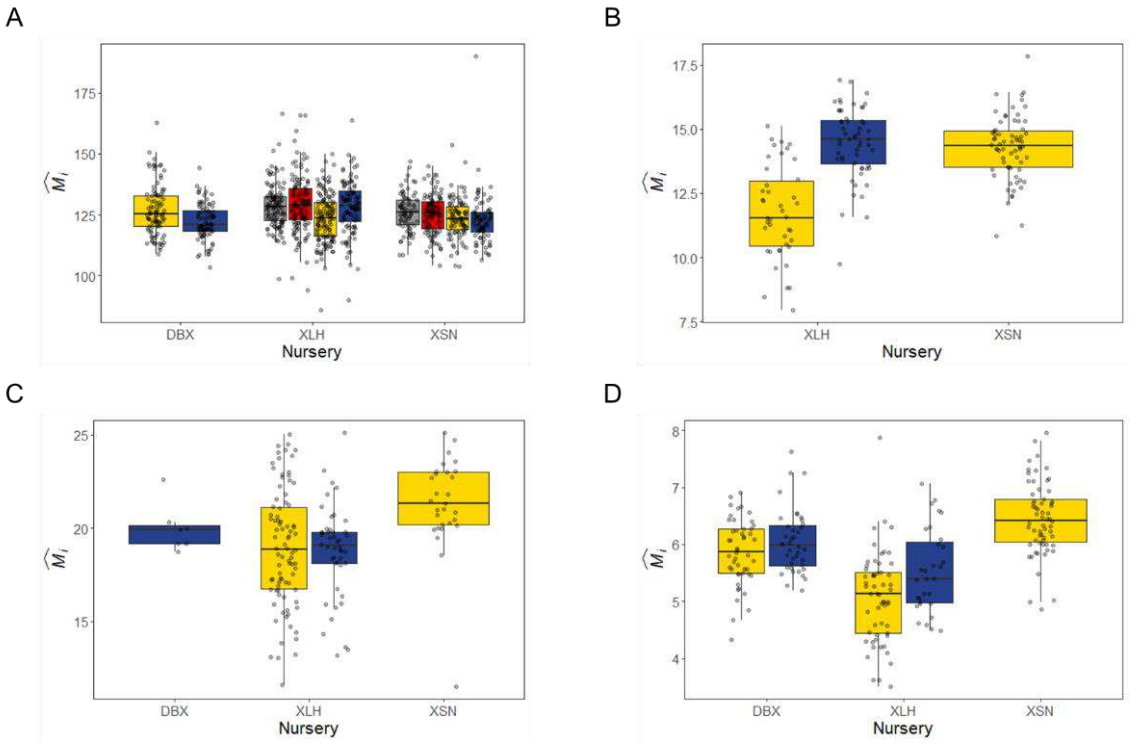


Figure 215 : Différences de condition corporelle entre nourriceries et entre années pour le bar européen** (A), l'éperlan (B), le merlan (C) et le sprat (D). Les couleurs correspondent aux années 2017 (gris), 2018 **(rouge), 2019 (jaune) et 2020 (bleu). Abréviations des nourriceries : Gironde (DBX), Loire (XSN), Seine (XLH).

Pour l'éperlan, le merlan et le sprat, les poissons échantillonnés en Loire étaient globalement en meilleure condition corporelle que dans les deux autres estuaires. En Seine, les éperlans et les sprats échantillonnés en 2020 étaient en meilleure condition corporelle qu'en 2019 (en Gironde il n'y a pas d'éperlan, peu de merlan et il n'y avait pas de différence notable de condition corporelle entre année chez le sprat).

Ainsi dans leur ensemble ces données montrent qu'il peut y avoir d'importante différences dans la capacité des poissons à extraire de l'énergie de leur environnement et que la Loire semble être un environnement globalement plus favorable aux éperlans, merlans et sprats alors que pour le bar, les poissons en Seine sont plus gros pour une taille donnée qu'en Loire et en Gironde. Comme les bars de Seine ont une croissance plus faible que ceux de Loire, il est possible que des contraintes environnementales les induisent à former des réserves énergétiques assez tôt dans l'année (et donc grandir moins vite) par rapport aux juvéniles de Loire.

6.3 Différence de stress chronique entre nourriceries et leur effet sur la croissance

Les niveaux de cortisol contenus dans les écailles apparaissent principalement expliqués par l'âge des individus, l'année d'échantillonnage et les différences entre les nourriceries (Figure 216).

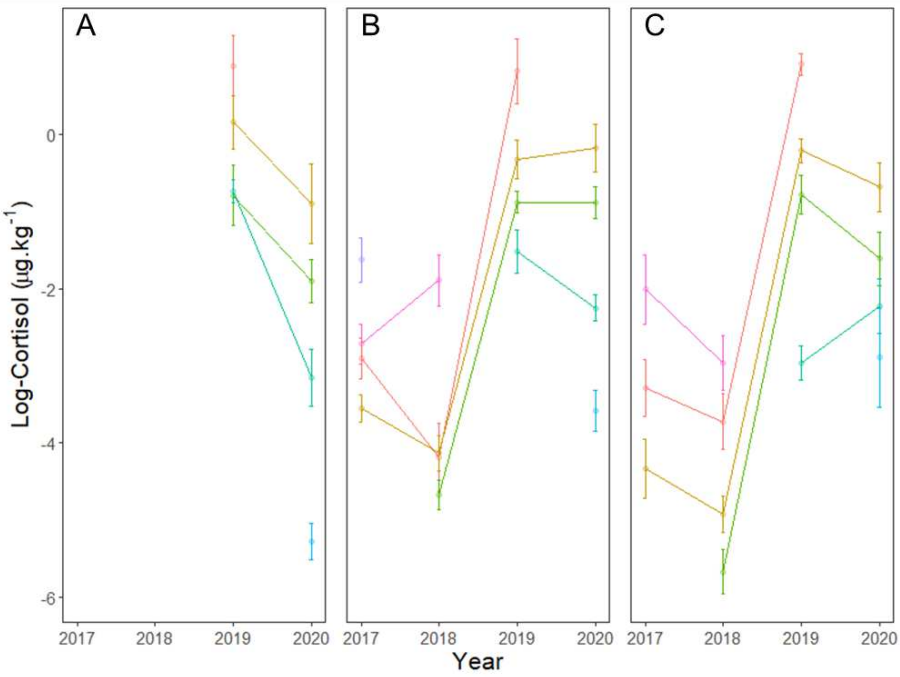


Figure 216 : Changements des niveaux de cortisol contenus dans les écailles de juvéniles de bar européen échantillonnés dans les trois nourriceries : Gironde (A), Loire (B), et Seine (C). Les points représentent les moyennes des concentrations de cortisol pour chaque âge dans chaque nourricerie (les barres verticales correspondent à leur erreur standard). Les lignes relient les âges consécutifs de chaque cohorte qui sont également représentés par des couleurs différentes.

L'année d'échantillonnage est le facteur expliquant le mieux les variations de cortisol contenu dans les écailles de bar, ses niveaux étant faibles en 2017 et 2018 mais sensiblement plus élevés en 2019 et restant élevés en 2020 (un effet cohérent pour tous les âges et toutes les nourriceries). Même si les juvéniles de bar n'ont pas été échantillonnés en Gironde en 2017 et 2018, les niveaux de cortisol particulièrement élevés dans tous les âges mesurés en 2019 et 2020 dans cette nourricerie soutiennent l'idée que les juvéniles de bar ont répondu à un facteur de stress à très large échelle. Il est peu probable que la pollution ou les variations de contaminants chimiques aient conduit à une telle augmentation à grande échelle du cortisol car chaque nourricerie a un profil de contamination spécifique (cf. ci-dessous). Par exemple, la Gironde est caractérisée par des niveaux élevés de cadmium, de DDT et de dieldrine (Claisse, 1989 ; Lanceleur et al., 2011), la Loire par des niveaux élevés de plomb et de vanadium (Claisse, 1989 ; Couture et al., 2010), et la Seine par des niveaux élevés d'argent et de biphényles polychlorés (Chiffoleau, Auger, Roux, Rozuel, & Santini, 2005). Comme ces contaminants proviennent de sources différentes (apports naturels ou activités industrielles passées/présentes), il est peu probable qu'ils aient augmenté simultanément dans les trois estuaires. Deuxièmement, comme le cortisol joue un rôle de médiateur dans l'acclimatation des poissons à la salinité, il est possible que les changements de débit des rivières puissent influencer les niveaux de cortisol contenus dans les écailles. Ceci est cependant peu probable car les juvéniles de bar peuvent rapidement ajuster le niveau de salinité de leur habitat par leurs déplacements dans l'estuaire, un ajustement comportemental qu'ils entreprennent avec les marées et les principales inondations en France pendant la période de notre étude ont eu lieu en mai-juin 2016 et février 2018 ; ces crues auraient donc dû influencer les niveaux de cortisol des poissons échantillonnés en été 2017 et 2018, or les poissons échantillonnés durant ces années présentaient des niveaux de cortisol plus faibles que ceux prélevés en 2019 et 2020. Il est donc plus probable que la température soit impliquée dans l'augmentation à grande échelle du cortisol des écailles des juvéniles de bar. En effet, deux vagues de chaleur ont eu lieu en juillet-août 2018 (d'intensité intermédiaire, mais de longue durée) et deux vagues de chaleur très intenses ont eu lieu en juin et juillet 2019. Ces épisodes caniculaires ont pu induire des réponses de stress qui n'ont pas été détectées en été 2018 et 2019 en raison du temps nécessaire aux écailles pour incorporer le cortisol et peuvent expliquer la forte augmentation du cortisol des écailles entre 2018 et 2019 et le niveau élevé chez les poissons échantillonnés en 2020. Il a déjà été démontré

expérimentalement que le cortisol des écailles peut refléter de manière fiable un stress thermique chronique (Goikoetxea et al., 2021) et que les poissons exposés à une augmentation progressive des températures ont aussi une augmentation de cortisol dans leurs écailles (Hanke et al., 2019). Bien que seule une série temporelle plus longue nous permettra de quantifier la contribution relative de multiples facteurs de stress potentiels à la variance du cortisol d'écailles dans la nature, ces résultats suggèrent que la température pourrait être un facteur de stress majeur pour les bars juvéniles et probablement d'autres espèces de poissons juvéniles vivant dans les estuaires.

Le second facteur le plus important expliquant la variance des niveaux de cortisol chez les juvéniles de bar était leur âge : le cortisol augmente d'une classe d'âge à une autre de manière congruente entre nourriceries et cohortes. Ce résultat peut s'expliquer par deux processus concomitants : une accumulation d'événements stressants avec l'âge et l'adaptation progressive des poissons à l'eau de mer. Le cortisol s'incorpore progressivement dans les écailles en croissance et de nombreuses études ont montré que le cortisol des écailles reflète l'histoire à moyen et long termes des niveaux de stress des individus (Carbajal et al., 2019 ; Samaras et al., 2021). Les estuaires sont considérés comme des zones naturellement stressantes en raison des fortes variations de leurs caractéristiques environnementales par rapport aux zones côtières et marines voisines. Les espèces vivant dans ces habitats sont cependant bien adaptées à ces variations et de multiples études expérimentales ont montré que les réponses au stress des poissons peuvent diminuer à mesure qu'ils vieillissent et s'habituent aux facteurs de stress auxquels ils sont exposés (Barton, 2002 ; Barton & Schreck, 1987 ; Maule & Schreck, 1991). Par conséquent, l'augmentation du cortisol en écailles avec l'âge chez les juvéniles de bar suggère que les poissons plus âgés (qui changent progressivement d'habitat vers l'embouchure des estuaires) ne s'acclimatent pas vraiment aux facteurs de stress et que ces changements d'habitats peuvent aller de pair avec la rencontre de nouveaux facteurs de stress et/ou une augmentation de la variabilité de l'habitat. De plus, les juvéniles de bar se déplacent progressivement vers l'embouchure des estuaires en vieillissant et le cortisol est bien connu pour son rôle central dans l'acclimatation des poissons téléostéens à une salinité croissante (McCormick, 2001). En effet, le cortisol permet d'augmenter la sécrétion d'ions par les branchies en stimulant la prolifération et la croissance des cellules chlorurées des branchies (McCormick, 2001). Il est difficile de dissocier les deux processus dans un système naturel, mais ces résultats montrent bien l'importance de prendre en compte l'effet de l'âge sur la variance du cortisol mesuré dans les écailles.

Enfin, nous avons trouvé une différence dans les niveaux de cortisol des écailles entre les nourriceries, les juvéniles de bar échantillonnés en Gironde ayant un niveau de cortisol plus élevé que ceux échantillonnés en Seine (les poissons échantillonnés en Loire ayant des niveaux intermédiaires). Cet effet est cohérent avec d'autres études montrant que la productivité et la qualité des nourriceries peuvent différer considérablement (Amara, Meziane, Gilliers, Hermel, & Laffargue, 2007 ; Courrat et al., 2009 ; Hughes et al., 2015 ; Vasconcelos et al., 2007). Une étude précédente a également montré que les niveaux de cortisol pouvaient différer considérablement entre les sites d'échantillonnage à une échelle relativement petite (Hanke et al., 2020). Ce résultat est cohérent avec les analyses précédentes ayant montrées que les juvéniles de bar en Gironde ont une croissance et une condition corporelle plus faibles. La Gironde présentant des niveaux particulièrement élevés de Cadmium et de deux contaminants organiques (DDTs et dieldrine ; Claisse, 1989 ; Deshpande, Dockum, & Draxler, 2015 ; Gerig et al., 2016 ; Lanceleur et al., 2011 ; Vorkamp, Svendsen, Ronsholdt, & Larsen, 2012), il est possible que ces contaminants modifient de multiples processus physiologiques et donc la croissance et/ou la condition corporelle des poissons. D'autres études sont donc clairement nécessaires pour déterminer si la Gironde est effectivement un estuaire dans lequel les juvéniles sont exposés à davantage de facteurs de stress et pour identifier les facteurs les plus critiques qui sous-tendent les niveaux de stress chronique plus élevés des poissons.

Ces différences de cortisol entre les âges et les années ont eu une forte influence sur la relation entre la croissance des individus et leur niveau de cortisol. En effet, il n'y a eu qu'un seul effet significatif sur les 8

classes d'âge-années en 2017 et 2018 (Figure 217) suggérant que durant ces années, les juvéniles de bar avaient des niveaux de stress probablement trop faibles pour induire un effet négatif sur la croissance et la condition corporelle. A l'inverse, l'effet du cortisol (qui reflète les facteurs de stress) sur la croissance des juvéniles de bar était évident en 2019 et 2020 avec une forme non-linéaire : les poissons avec une croissance élevée présentent des concentrations de cortisol plus élevées, mais les poissons ayant un niveau de cortisol très élevé ont un arrêt de croissance voire même une légère diminution (Figure 217). Il est possible que durant ces années particulièrement chaudes, le métabolisme énergétique des juvéniles de bar ait été accéléré, entraînant une croissance plus rapide mais aussi un stress plus important. Il est également possible que la relation positive entre la croissance des poissons et le cortisol soit associée à l'activité des poissons, car les comportements d'exploration élevés, la dispersion et, plus généralement, le mouvement ou les relations hiérarchiques (dominance) entraînent une augmentation des niveaux de glucocorticoïdes (Culbert et al., 2021 ; Greenberg et al., 2002). Le plateau de cette relation reflète probablement les effets négatifs de niveaux de stress trop élevés, conformément à l'idée qu'il existe un niveau optimal de réponse au stress et que les poissons présentant des niveaux de stress chroniques élevés ont une croissance plus faible (Korte, Koolhaas, Wingfield, & McEwen, 2005 ; McEwen & Wingfield, 2003). Le fait de trouver des relations non-linéaires significatives entre le cortisol et la croissance uniquement dans les années où le niveau global de cortisol était élevé est un bon exemple de la dépendance de l'année, du site et de l'âge dans la relation entre les niveaux de stress et les traits d'histoire de vie (Bonier et al., 2009).

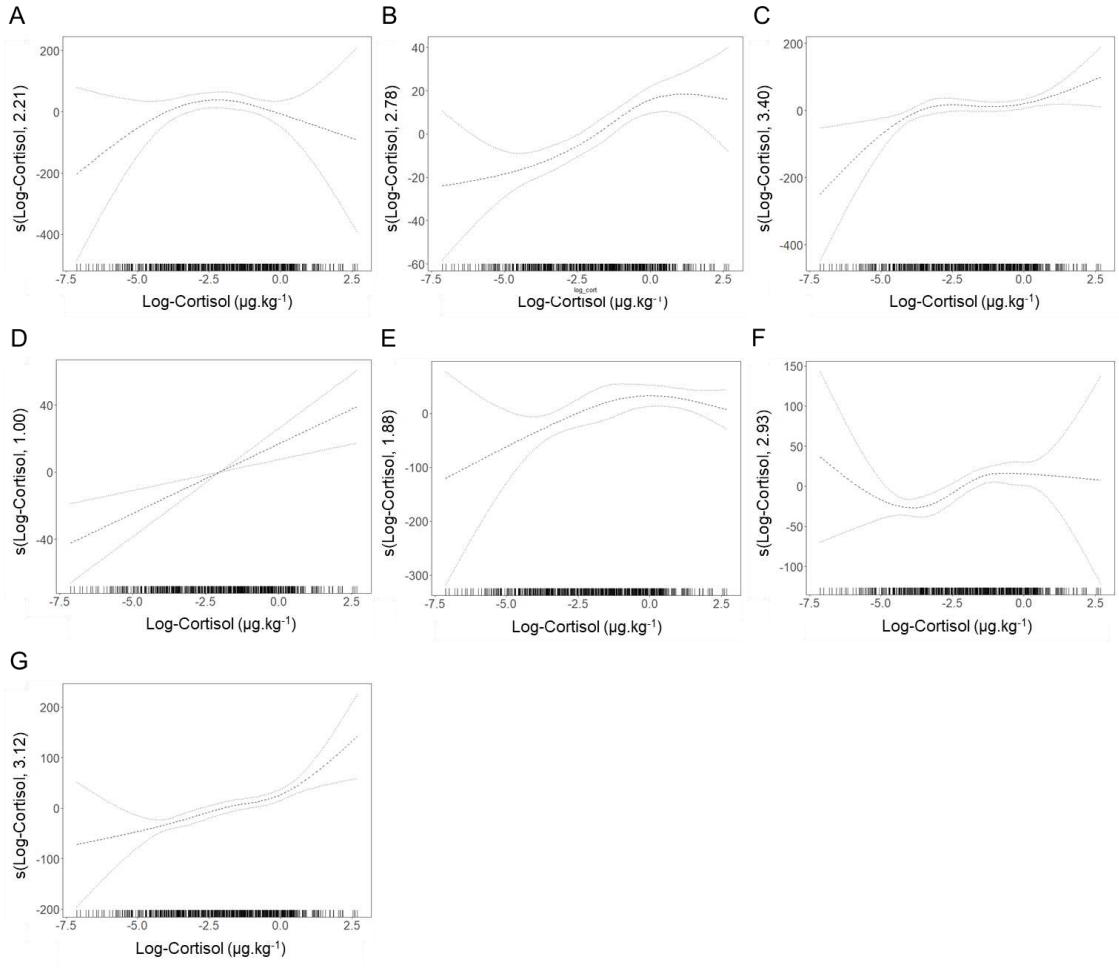


Figure 217 : Effets non-linéaires entre les concentrations de cortisol contenu dans les écailles (log-transformées) et la croissance des juvéniles de bar européen. Les courbes ont été estimées dans toutes les nourriceries pour chaque âge et chaque année et sont représentées avec leurs intervalles de confiance à 95%. Les panneaux présentent les combinaisons âge-année avec des effets significatifs : âge 4+ en 2017 (A), âge 1 en 2019 (B), âge 2 en 2019 (C), âge 3 en 2019 (D), âge 4+ en 2019 (E), âge 2 en 2020 (F), âge 3 en 2020 (G). Les barres au bas du graphique indiquent la présence d'un échantillon.

6.4 Différence de contamination chimique entre nourriceries et leur effet sur la croissance et la condition corporelle

Les contaminants chimiques sont une des causes les plus importantes de la dégradation continue des nourriceries côtières et estuariennes car, à forte concentration, ils induisent la mise en place de mécanismes de défense réduisant la quantité d'énergie allouée aux traits de l'histoire de vie (croissance, survie, reproduction). Il est donc important de mesurer leurs effets pour mieux comprendre leurs conséquences potentielles au niveau des populations. Cependant, les effets des contaminants chimiques ont principalement été estimés expérimentalement et donc avec des résultats difficilement transférables aux populations naturelle ou bien *in situ,* mais sur un nombre limité de contaminants ou de congénères qui ne reflètent pas la grande variété de contaminants chimiques auxquels les juvéniles de poissons sont exposés. Pour aborder cette question, nous avons donc mesuré les concentrations de 14 éléments traces métalliques (ETMs) et de contaminants organiques bioaccumulatifs (COs) dans les tissus de juvéniles de bars européens du groupe 1(≈ âgés d'1 an) provenant des trois estuaires.

Les différentes concentrations d'ETMs mesurées dans ces échantillons étaient globalement cohérentes avec les contaminations documentées des estuaires de Gironde, Loire et Seine. Par exemple, nous avons trouvés des valeurs élevées d'Ag en Seine, de Pb en Loire et de Cd en Gironde, ce qui correspond tout à fait aux études antérieures axées sur les mollusques et les sédiments (Chiffoleau et al., 2005 ; Claisse, 1989 ; Couture et al., 2010 ; Claisse, 1989 ; Lanceleur et al., 2011). Des différences similaires ont également été rapportées dans les niveaux trophiques supérieurs tels que les poissons plats (Kerambrun et al., 2013) et les bars adultes échantillonnés à proximité de ces estuaires (Schnitzler et al., 2011). Ces profils de contamination résultent des activités industrielles passées et/ou présentes qui ont contaminé les estuaires avec ces éléments mais également de certains apports naturels. De plus, la raffinerie de Donges en Loire est une source connue des contaminations en Vanadium dans cet estuaire (Schlesinger et al., 2017). En l'absence de sources de contamination métallique bien documentées, les autres différences entre nourriceries et/ou les années pour As, Fe, Hg, Mn, Mo, Zn et les Terres Rares sont plus difficiles à interpréter.

Pour les COs, les PCBs étaient de loin prédominants dans toutes les nourriceries. Malgré leur interdiction il y a plus de 30 ans, les PCBs restent des polluants organiques persistants majeurs dans les zones côtières françaises et notamment dans l'estuaire de la Seine, dont le bassin versant comprend d'importantes activités industrielles (Tappin et Millward, 2015). Des valeurs élevées de PCBs ont également été trouvées dans d'autres poissons ou crustacés de la Seine (Bodin et al., 2007 ; Schnitzler et al., 2011) mais les concentrations de PCBs que nous avons trouvées dans les juvéniles de bar sont inférieures à celles rapportées dans diverses espèces de poissons des côtes françaises (Tapie, 2006). Cela peut être dû à des différences écologiques entre les espèces (par exemple benthique *vs* démersale), et/ou à la diminution progressive des concentrations de PCBs dans l'environnement (Dendievel et al., 2020). Tous les congénères de PCBs étaient fortement corrélés et les congénères prédominants étaient les plus bioaccumulatifs et persistants (CB-153, CB-138 et CB-180), ce qui indique que ces profils reflètent les apports passés avec des sources similaires dans toutes les nourriceries (les profils sont cohérents avec ceux rapportés dans les bars des estuaires de la côte atlantique ; Schnitzler et al., 2011). Les COs présentaient des profils de contamination spécifiques à chaque nourricerie, un résultat cohérent avec les ETMs et d'autres études montrant la spécificité des contaminations des COs (Deshpande et al., 2015 ; Gerig et al., 2016 ; Vorkamp et al., 2012). En particulier, les juvéniles de bar échantillonnés en Gironde présentaient des niveaux élevés de DDTs et de dieldrine, indiquant qu'ils étaient plus exposés aux pesticides que les juvéniles des autres nourriceries. La dieldrine a contribué de manière substantielle à la concentration totale d'OCPs en Gironde mais il n'est pas clair si la dieldrine provient de la dégradation de l'aldrine (non détectée dans ces échantillons), ou de son utilisation directe en agriculture (interdite en France depuis 1972) ou dans la lutte contre les parasites (autorisée jusqu'en 1992). La demi-vie estimée de la dieldrine dans les sols tempérés est inférieure à 5 ans (Ritter et al., 1998) et à 10 ans dans les poissons (Carlson et al., 2010) mais la découverte récente de résidus de ce pesticide interdit dans des légumes de Gironde (préfecture de Gironde, 2016) laisse penser qu'il existe probablement des apports contemporains. Malgré son élimination progressive en 2002 et son inclusion dans la convention de Stockholm (2009), les concentrations de PFOS étaient comparables à celles mesurées dans d'autres espèces de poissons estuariens en Europe (Zafeiraki et

al., 2019), ce qui suggère une forte persistance de ce CO et/ou une utilisation contemporaine de composés précurseurs du PFOS (Benskin et al., 2013). Nous avons constaté que les concentrations de PFOS étaient en moyenne 1,7 fois supérieures à la norme de qualité environnementale de l'UE (c'est-à-dire 9,1 ng g-1 de poids humide). Les PFCA à longue chaîne, moins étudiés, étaient également présents dans tous les échantillons.

Nous avons synthétisé ces informations par le biais de deux analyses en composante principales (ACP), la première n'utilisant que les concentrations d'ETMs (mesurées à l'échelle individuelle) et la seconde comprenant les COs ainsi que les ETMs non-essentiels (qui ne peuvent avoir que des effets négatifs sur les poissons, mesurés à l'échelle de pools de 5 individus). Nous avons extrait deux axes de la première ACP (PC1 et PC2) et avons constaté que les juvéniles de bar présentant des valeurs du premier axe élevées (PC1, c'est-à-dire des concentrations élevées d'Ag, As, Co, Cu, Mo et Zn) avaient une croissance plus faible (un effet particulièrement fort en Gironde et en Seine ; Figure 218 A) et une condition corporelle plus faible (Figure 218 B), indiquant très clairement que ces ETMs induisent des contraintes physiologiques majeures chez cette espèce. Nous n'avons trouvé aucun effet de la PC2 (c'est-à-dire des niveaux élevés de Fe, Pb, V et ETR) sur la croissance mais encore une fois un effet très négatif sur la condition corporelle (Figure 218 C). Comme la condition corporelle est plus sensible aux variations environnementales, ce résultat suggère que ces ETMs ont exercé des contraintes physiologiques plus faibles sur les juvéniles de bar, soit en raison de mécanismes de régulation/détoxication plus efficaces (Wang et Rainbow, 2010), soit en raison de leur concentrations plus faibles dans l'environnement, diminuant leur toxicité.

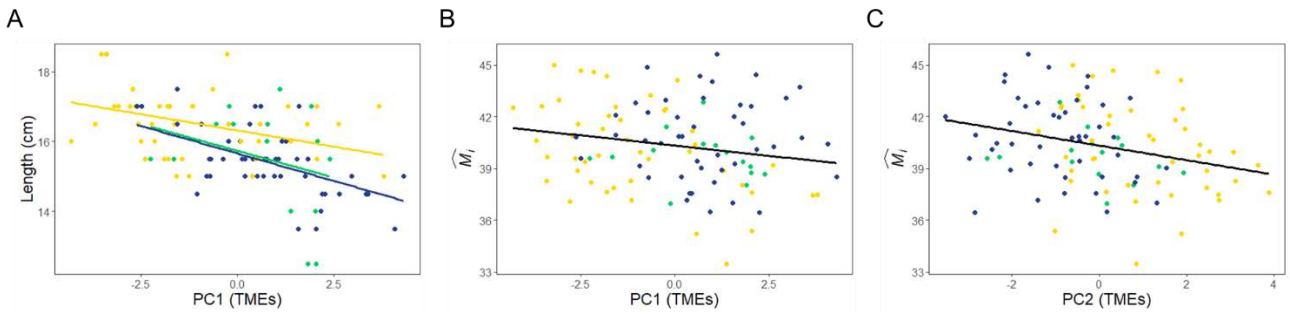


Figure 218 : Effets des axes issus des analyses de composantes principales (PC) des éléments traces métalliques (ETM) sur la taille des juvéniles de bar (A), et la condition corporelle (B et C). Les nourriceries de Gironde, Loire et Seine sont représentées respectivement par des points verts, jaunes et bleus (en l'absence de différence entre les nourriceries, la droite des valeurs prédites est représentée en noir).

Dans l'ACP incluant les COs et les ETMs non essentiels, les poissons à forte croissance présentaient des valeurs de PC2 plus élevées (c'est-à-dire des concentrations élevées de dieldrine, ΣDDT, ΣPCB et Σvlc-PFCA ; Figure 218 A). Ces COs ne devraient pas avoir d'effet positif sur la croissance mais ce résultat peut refléter les besoins en ressources plus élevés des poissons à forte croissance. Ces besoins impliquent une augmentation de la quantité de COs ingérés, mais à des niveaux qui ne sont probablement pas encore néfastes sur la croissance. Comme les COs associés à la PC2 sont principalement lipophiles, ils peuvent être plus difficiles à excréter et donc plus concentrés chez les grands poissons. Comme pour les ETMs, nous avons constaté que les mesures de condition corporelle étaient systématiquement plus affectées par les COs, car les axes PC1 (associé à des concentrations élevées de PFOS, PFNA et ETM non essentiels) et PC2 étaient tous deux négativement liées à l'indice de condition corporelle qui nous avons utilisé (Figure 218 graphes B et C). Ceci suggère à nouveau que la présence de COs induit des coûts énergétiques qui pourraient conduire à un déclin de la condition corporelle. Deux espèces de poissons provenant d'une baie polluée au Brésil présentaient également une condition corporelle inférieure par rapport aux sites de référence, une observation liée aux niveaux de PFAS (Hauser-Davis et al., 2021). Si les effets directs des PFAS sur la croissance des poissons se produisent généralement dans les expériences en laboratoire à des concentrations supérieures aux niveaux environnementaux (Ankley et al., 2021), les PFAS pourraient avoir un effet plus important sur la condition physique en perturbant les voies métaboliques (Lee et al., 2020).

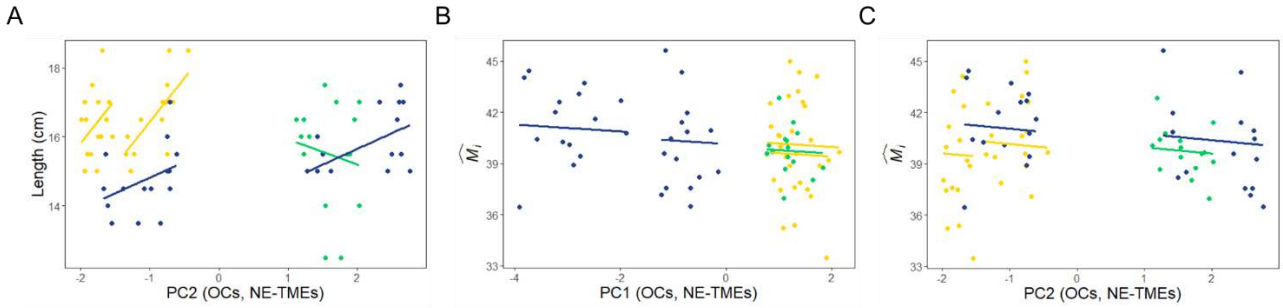


Figure 219 : Effet des composantes principales extraites à partir des concentrations des contaminants organiques et des éléments traces métalliques non essentiels (COs, NE-ETMs) sur la taille de juvéniles de bar** d'âge 1 **(A) et leur condition corporelle (B et C). Les nourriceries de Gironde, Loire et Seine sont représentées par des points verts, jaunes et bleus respectivement (en l'absence de différence entre nourriceries, la droite des valeurs prédites est représentée en noir).

Ainsi nous avons trouvé que certains ETMs et COs avaient des effets négatifs importants sur la croissance et la condition corporelle des juvéniles de bars. La présence de COs persistants, qui ont été interdits parfois depuis plusieurs décennies, est inquiétante car elle suggère une détérioration durable des estuaires et une exposition chronique des poissons utilisant ces zones comme nourricerie. Étant donné que la bioaccumulation et la biodilution peuvent toutes deux se produire, il est désormais essentiel de quantifier les changements de concentration et de nocivité de ces contaminants chez les juvéniles plus âgés et chez les adultes reproducteurs, afin de mieux comprendre leurs conséquences à long terme pour les individus en termes de survie et de succès reproductif, et donc de comprendre leurs conséquences au niveau de la population. Il est également important de poursuivre la mesure des niveaux de contamination chez les juvéniles de façon à évaluer s'ils baissent ou si des utilisations de molécules pourtant proscrites perdurent sur les bassins versants. Ces deux axes de suivi (bars juvéniles et adultes) seront empruntés en 2022 dans le cadre des campagnes NourDem qui sont programmées.

6.5 Conclusion sur la qualité des estuaires en tant que nourriceries :

Mesurer la qualité de l'habitat d'une espèce est une tâche complexe, nécessitant d'intégrer des données variées, issues de méthodes de collecte très différentes, et nécessitant pour certaines une haute technicité (dosages chimiques complexes) Les données acquises dans le cadre du présent projet nous ont permis de commencer à aborder pleinement cette question uniquement sur l'espèce bar au sein des trois nourriceries estuariennes. Les principales conclusions sont :

- que c'est dans l'estuaire de la Loire que la croissance des juvéniles de bar apparait la plus rapide,
- mais que c'est en Seine que leur condition corporelle apparait (de peu) la plus élevée,
- et que c'est en Gironde que la concentration de cortisol dans les écailles est la plus élevée.

Le projet a également permis de formuler l'hypothèse d'un impact des canicules sur la croissance des juvéniles de bars (à valider à l'avenir), et de montrer que la concentration en contaminants chimiques, et plus précisément en éléments traces métalliques, a un effet négatif, à la fois sur la croissance des juvéniles de bars (ce qui apparait plus particulièrement en Gironde et en Seine), ainsi que sur leur condition corporelle (l'effet apparait commun aux trois estuaires).

Ces premiers résultats suggèrent que l'estuaire de la Loire serait *a priori* le plus favorable pour la croissance des juvéniles de bar (alors que c'est celui qui en héberge le moins (≈ 270 000), un peu moins en moyenne qu'en Gironde (≈ 325 000) et de l'ordre de 3,6 fois moins qu'en Seine (≈ 970 000)). Néanmoins, il est important de noter qu'il s'agit là de résultats préliminaires, ne portant que sur une courte période, alors que croissances et conditions corporelles connaissent apparemment d'importantes variations interannuelles et sont régies de manière très complexe par un très grand nombre de paramètres différents. De ce fait, seule la poursuite d'une collecte pérenne de données standardisées sur plusieurs années pourra permettre de mieux décrire et qualifier la fonction nourricerie dans les trois estuaires, et commencer à comprendre l'impact réel des contaminants, des conditions de milieu, de débit, de température, des phénomènes météorologiques anormaux/extrêmes, des biocœnoses locales, des compétiteurs, des disponibilité en proies … sur les croissances, fitness et survies des juvéniles d'espèces utilisant les estuaires comme nourriceries.

7 Les supports de communications et la mise à disposition des données

Le projet NourDem 2019-2021, bénéficiant du triple soutien financier du fonds européen FEAMP, du Ministère de l'Agriculture et de l'Alimentation français, et de France Filière Pêche, se doit :

- D'informer le grand public du rôle joué par ces partenaires financiers dans la réalisation du projet,
- De publier sur internet l'ensemble des informations permettant de valoriser les opérations en cours,
- D'apposer sur le lieu de réalisation du projet des affiches, « de format minimal A3, visibles par le public et mettant en lumière le soutien financier… »,
- Et de mettre à disposition du grand public, des professionnels concernés et du monde de la recherche en général les données brutes collectées et les principaux rapports/publications produits au cours ou à l'issue du projet.

Afin de répondre à ces obligations, une affiche et un site web ont été créés début 2020, et l'ensemble des données produites par le projet (et les campagnes NourDem précédentes) ont été transférées dans la base halieutique nationale « Harmonie » afin de les sanctuariser et de les rendre téléchargeables.

7.1 L'affiche

L'affiche ci-dessous (Figure 220) présente le projet, ses objectifs et ses partenaires. Elle a été validée lors du comité de pilotage de Mars 2019 pour être apposée chez tous les partenaires (DIRM-MEMN, laboratoires de l'Ifremer de Brest, Boulogne et Nantes participant au projet, CNPMEM, CRPM de Normandie, COREPEM et CRPMEM de Nouvelle Aquitaine).

Elle est téléchargeable depuis le site Web du projet pour être imprimée en A3.



Figure 220 : affiche du projet NourDem 2019-2021.

7.2 Le site web

Le site web est consultable à l'adresse https://wwz.ifremer.fr/NourDem

Il est ouvert au grand public et comprend aujourd'hui 3 grandes rubriques :

- présentation générale du projet, de ses objectifs et de son partenariat,

- les campagnes de chalutage annuelles et une présentation succincte du protocole appliqué,
- une synthèse des campagnes réalisées et des captures enregistrées, avec une page dédiée aux campagnes, une seconde aux captures, et une troisième aux indices d'abondance produits.

Comme la prolongation du projet en 2022 dans le cadre d'un cofinancement FEAMP/DPMA(Ministère en charge de la Pêche)/FFP et Ifremer, avec renouvellement de la collaboration opérationnelle entre le CNPMEM et l'Ifremer (plus contribution des 3 CRPM), a été actée début 2022, le site web sera maintenu et étoffé.

A l'issue du présent projet (avril 2022), seront rajoutés :

- Un lien permettant le téléchargement du présent rapport final,
- Et une rubrique présentant l'avancement des travaux d'évaluation de la qualité des estuaires en tant que nourricerie, et les objectifs de cette action au cours des années 2022/2023.

7.3 La sauvegarde des données dans Harmonie et leur mise à disposition

L'une des missions du SIH (Système d'Informations Halieutiques) est de développer et maintenir la base nationale des données halieutiques officielles françaises « Harmonie », et de permettre la diffusion des données qu'elle contient, en attribuant des droits d'accès variables selon les données elles-mêmes (toutes ne sont pas publiques) et les demandeurs.

Certaines données sont en effet individuelles et confidentielles, et leur accès est strictement encadré.

A contrario, les données acquises dans le cadre des projets NourDem et Bargip Nourriceries depuis 2016, l'ont été via des financements pour tout ou partie publics, et sont, *de facto*, des données qualifiées de « publiques ». Il est donc obligatoire de les sanctuariser dans la banque nationale Harmonie, et de permettre leur téléchargement à qui en fait la demande.

Pour ce faire, le SIH met à disposition via son site Web (https://sih.ifremer.fr/Donnees) un catalogue des données disponibles d'une part, et, pour les personnes extérieures à l'Ifremer, un formulaire Web de demande de données. Par ailleurs chaque campagne dispose aujourd'hui d'un DOI, et ses principales caractéristiques sont décrites à l'adresse suivante : https://campagnes.flotteoceanographique.fr/search

Toutes les données « NourDem » acquises en Loire et en Seine entre 2017 et 2020, ainsi que celles acquises en Gironde en 2019 et 2020 (plus celles de Bargip Nourriceries acquises en Loire en 2016) ont été transférées vers Harmonie (fin 2021 pour les dernières données acquises).

Les jeux de données transférables contiennent les « exports génériques » produits par l'interface de saisie « Allegro Campagne » de l'Ifremer (i.e. toutes les données de captures enregistrées à l'occasion de chacun des traits, ainsi que les coordonnées exactes des traits, leur durée…), et le rappel des obligations de citation des partenaires du projet en cas d'utilisation de tout ou partie desdites données.

Ainsi, il est demandé à tout utilisateur des données NourDem de citer littéralement : « Les données ont été acquises dans le cadre du projet NourDem 2019-2021. Ce projet a été financé par l'Union Européenne (fonds FEAMP 40), le Ministère en charge de la Pêche et sa Direction des Pêches Maritimes et de l'Aquaculture (DPMA ; coordination globale du projet assurée par la DIRM MEMN) et France Filière Pêche. Le projet a été coordonné par l'Ifremer et le Comité National des Pêches Maritimes et Elevages Marins. Les Comité Régionaux des Pêches Maritimes et Elevages Marins de Normandie (CRPMN), des Pays de la Loire (COREPEM) et de Nouvelle Aquitaine (CRPMEMNA) ont également participé à ce projet ».

Seront également transférables à qui en fera la demande auprès de la coordination du projet :

- les données de profondeur, salinité et température acquises au cours de chacun des traits (données acquises via la sonde multiparamètres positionnée sur le chalut),
- les fichiers « shape » des limites des domaines et des stratifications retenues pour le traitement via les scripts RSUFFI et RSTRATI,

8 Conclusions

Les principales conclusions que l'on peut tirer à l'issue de ces trois années de suivi portent sur la finalisation du protocole, sur la production de données fiables, leur sanctuarisation et leur mise à disposition, sur le développement de scripts de traitement des données pour la production d'indices d'abondance et de cartographies de répartition des espèces/groupes d'âge, sur la caractérisation des peuplements des trois estuaires, sur l'évaluation de leur qualité en tant que nourriceries, et enfin sur la production de supports d'information/communication.

8.1 La finalisation du protocole de suivi des trois estuaires

Malgré la crise sanitaire, le projet NourDem a pu respecter son calendrier prévisionnel entre 2019 et 2021. Les 9 campagnes (3 par estuaire) se sont déroulées aux dates prévues et de façon nominale. L'ensemble des traits prévus par le protocole dans les estuaires de Seine et de Loire ont pu être réalisés, et 91 traines différentes ont été cartographiées dans l'estuaire de la Gironde en 2019, puis 61 retenues pour être rééchantillonnées en 2020 et 2021.

L'analyse des courbes d'accumulation spécifique montre que :

- Globalement, l'effort d'échantillonnage dans les estuaires de Seine et de Loire (72 à 75 traits pour des surfaces comprises entre 140 et 190 km²) peut être considéré comme satisfaisant pour appréhender la diversité faunistique (macrofaune pélagique, démersale, bentho-démersale et benthique épigée). L'examen strate par strate montre cependant la nécessité de rajouter de l'ordre de 3 traits dans les strates les plus aval de ces deux estuaires ; ce rajout est envisageable en maintenant la durée des campagnes à 8 jours mais en ne doublant plus l'intégralité des traits sur les strates directement amont à ces deux strates comme c'est le cas actuellement,
- l'effort d'échantillonnage apparait insuffisant pour bien appréhender la macrofaune sur deux strates de l'estuaire de la Gironde (« aval nord » et « bordure estuaire sud »), avec la nécessité d'y rajouter de l'ordre de 3 à 4 traits par strate. Ceci nécessite au total une journée supplémentaire d'échantillonnage : il faudrait donc prévoir 9 jours par campagne sur cet estuaire de 863 km² de façon à augmenter le ratio d'échantillonnage (surface balayée par le chalut par rapport à la surface du domaine) qui n'est aujourd'hui que de 0,05 %, soit entre 7 et 10 fois inférieur à ceux déployés dans les deux autres estuaires (Cf. Tableau 7).

Moyennant ces légers réaménagements, l'effort d'échantillonnage prévu dans les trois estuaires par le protocole devrait pouvoir être considéré comme satisfaisant. Il conviendra de bien veiller à conserver les dates des campagnes et leur positionnement par rapport au cycle des marées, ainsi que les nombres de traits, leur durée, les vitesses de traction... afin que l'état zéro produit dans le présent rapport puisse bien servir de base aux suivis futurs, et aux évaluations des évolutions des trois écosystèmes.

Il conviendra également d'améliorer notre capacité à distinguer les groupes d'âge chez les espèces utilisant les estuaires comme nourricerie. Le projet a en effet confirmé que plusieurs de ces espèces colonisent des espaces différents en fonction de leur âge : c'est le cas du bar européen, de la sole commune, du flet commun… dont les plus jeunes juvéniles sont circonscrits aux secteurs les plus côtiers, les plus amont et les moins profonds des estuaires. Les habitats préférentiels des très jeunes individus de ces espèces se situent même le plus souvent sur, ou en bordure immédiate, de la zone de balancement des marées, information d'importance pour les décideurs locaux, en charge de la gestion et de l'aménagement des trois estuaires. Ces différences d'habitats préférentiels peuvent aussi générer de fortes variations de capturabilité/vulnérabilité entre les groupes d'âge, méritant d'être prises en compte dans les modèles d'évaluation de l'état des stocks : du fait de la vulnérabilité très faible de certains groupes d'âge (mauvais échantillonnage au chalut), les indices d'abondance produits sont peu, voire très peu fiables, et ne doivent pas être pris en compte dans les modèles précités. Dans le cadre du présent projet, nombre de séparations de groupes d'âge ont été réalisées « à dire d'expert », i.e. uniquement à partir des distributions des tailles de capture. Les séparations de cohortes apparaissent parfois de manière évidente, les plus grands individus nés une année N étant d'une taille nettement inférieure à celle des plus petits nés l'année N-1. Il n'en demeure pas moins qu'il faudra à l'avenir

plus recourir à des déterminations d'âge reposant sur l'examen de pièces calcifiées (otolithes, écailles), condition *sine qua non* pour l'obtention de résultats plus fiables, et surtout permettant de discriminer un plus grand nombre de groupes d'âge. Il faudrait en particulier réussir à distinguer une classe d'âge supplémentaire par rapport à ce que nous avons réalisé dans le cadre du présent projet, *a minima* chez les juvéniles de bar (il faudrait pouvoir distinguer les G0-G1-G2-G3 et G4+ ; augmentation du nombre de lectures d'écailles dans la tranche de taille 20-45 cm) et chez les juvéniles de soles (G0, G1, G2 et G3+ ; lectures d'otolithes dans la tranche de tailles 18-35 cm) afin de pouvoir produire des indices d'abondance sur les plus grands juvéniles, juste avant qu'ils atteignent les tailles minimales de capture et donc qu'ils soient recrutés sur les pêcheries. Ces indices d'abondance, produits sur les plus grandes classes d'âge de juvéniles, seront *a priori* les plus fiables, car leurs habitats préférentiels les rendent pleinement échantillonnables au moyen du chalut NourDem. Cette nécessité de production d'indices d'abondance sur les juvéniles les plus âgés doit amener à inscrire au protocole une augmentation des prélèvements d'écailles et d'otolithes (*a minima* 5 individus par cm sur les plages de longueurs précitées).

8.2 La production de données fiables, leur sanctuarisation et leur mise à disposition

La production de données fiables, permettant de dresser fin 2021 un état des lieux des peuplements piscicoles et macro-fauniques, englobant l'ensemble des espèces benthiques, démersales et pélagiques, à l'échelle des trois estuaires majeurs de la façade occidentale française, constituait l'un des tous premiers objectifs du projet.

Pour ce faire, les protocoles définis ont été scrupuleusement respectés à toutes les étapes du projet, depuis la mise en œuvre du chalut, en passant par la réalisation des prélèvements en vue des analyses morphométriques et des dosages chimiques, et le suivi métrologique des sondes par le laboratoire agréé du centre Ifremer de Brest, jusqu'au contrôle qualité des données via l'outil « Tutti Controller » avant leur bancarisation sous Harmonie (Cf. Paragraphe 7.3)

Cette démarche qualité sera à appliquer à l'ensemble du process de production des données et connaissances dans le cadre de la pérennisation des campagnes, si l'on veut pouvoir suivre sur le long terme l'évolution de ces trois écosystèmes, et notamment de leurs principales nourriceries, qui sont sous pressions anthropiques directes (drainage des trois bassins versants qui représentent ensemble ≈ 52 % de la surface du territoire métropolitain et hébergent également de l'ordre de 52 % de la population française[23]), et qui sont/seront les premiers à souffrir du réchauffement climatique.

8.3 Le développement de scripts de traitement des données : indices d'abondance et cartes de répartition

Outre la production de données fiables, le projet a également permis de tester et comparer différentes méthodes de traitement des données afin de produire des indices d'abondance et de biomasse :

- mono-stratification des domaines : script RSUFI, déjà développé par l'Ifremer depuis une dizaine d'années, et qui a servi de référence,
- post-stratification des domaines en fonction des données de capture : développement du script RSTRATI,

[23] Le bassin versant de la Seine s'étend sur 94 500 km² (≈ 17,4 % de la superficie de la France), héberge 18,3 millions d'habitants (≈ 27% de la population française), et ≈ 40% de l'industrie nationale et ≈ 20 % des productions agricoles ; Cf site WEB http://www.eau-seine-normandie.fr/agence-de-leau/le-bassin-de-la-seine ;

Le bassin versant de la Loire s'étend sur 117 000 km² (21,5 % de la superficie de la France métropolitaine) et compte ≈ 11,5 millions d'habitants, soit de l'ordre de 17 % de la population totale française (Cf. https://sdage-sage.eau-loire-bretagne.fr/files/live/mounts/midas/Donnees-et-documents/PUBLI_EDL2019-HD.pdf

Le bassin versant de la Gironde (Garonne + Dordogne) s'étend sur environ 70 000 km² (soit ≈ 13 % de la superficie de la métropole) et héberge de l'ordre de 5,4 millions d'habitant (soit environ 8 % de la population nationale ; Cf. site WEB https://eau-grandsudouest.fr/agence-eau/bassins-territoires/bassin-versant-garonne

- méthodes géostatistiques, aujourd'hui testées et développées sur le bar européen, mais transposables à l'avenir sur toutes les autres espèces échantillonnées.

Les scripts de post-stratification et de géostatistiques sont aujourd'hui pleinement fonctionnels, et pourront être dorénavant utilisés en routine, pour la synthèse des données NourDem, mais aussi pour celle des données de toutes les autres campagnes halieutiques qui le souhaiteront.

Les résultats obtenus au moyen de ces trois méthodes peuvent différer (valeurs des indices d'abondance ainsi que des fourchettes d'encadrement), mais les écarts sont le plus souvent minimes, et, plus important, les évolutions interannuelles d'abondance qu'ils permettent de déterminer apparaissent quasi systématiquement synchrones. Cette concordance est un gage de la qualité des conclusions qu'ils permettent de tirer.

Ces trois outils seront présentés aux Groupes de Travail ad hoc du CIEM (notamment aux deux GT qui traitent du bar en Manche-Mer du Nord d'une part, et dans le golfe de Gascogne d'autre part), qui trancheront quant au choix de la ou des méthodes à utiliser à l'avenir en routine.

Des scripts pour la réalisation de synthèses cartographiques ont également été développés et utilisés pour présenter nos résultats : densités surfaciques annuelles de capture, en abondance ou en biomasse, et moyennes pluriannuelles de captures par traits. Les routines sont aujourd'hui en place, et utilisables pour les futures campagnes NourDem ou tout autre campagne qui le souhaiterait.

Ces cartographies et ces indices permettent de dresser un état zéro, à la fin 2021, des peuplements de la macrofaune benthique, démersale et pélagique, des trois estuaires tels qu'on peut les appréhender au moyen d'un chalut GOV moderne, et spécialement développé pour l'échantillonnage en zones estuariennes et côtières[24].

Deux prochaines étapes de développements restent à envisager :

- Les scripts et chaines de traitement des données étant aujourd'hui validés, l'automatisation d'une partie des synthèses devient envisageable, ce qui permettrait de simplifier/raccourcir les opérations de rapportage,
- Le test/développement de modèles statistiques, qui permettraient potentiellement d'identifier et de quantifier les influences respectives des paramètres du milieu jouant un rôle sur les distributions spatiales observées (*a minima* les paramètres température, salinité et profondeur dont les données sont déjà disponibles). Ces modèles permettraient de passer du stade descriptif (notre situation actuelle) à une meilleure qualification des habitats des différentes espèces majeures, et notamment des nourriceries. Ces développements étaient envisagés dans le cadre du présent projet, mais n'ont, pour l'instant, pas donné les résultats escomptés du fait d'une disponibilité encore trop faible de données. Un nouvel essai sera conduit dans le cadre du projet NourDem FEAMP 2022, en intégrant les nouvelles données qui seront produites.

8.4 La caractérisation des peuplements des trois estuaires

Les données acquises depuis 2016 en Loire, 2017 en Seine et 2019 en Gironde permettent d'établir un état zéro des peuplements de ces trois estuaires à la fin 2021.

Le plus petit domaine échantillonné est celui de l'estuaire de la Loire (140 Km² ; Tableau 31), mais il est aussi le plus riche en termes de diversité faunistique (127 espèces différentes), suivi de l'estuaire de la Seine (110 espèces pour 193 km²) puis de l'estuaire de la Gironde (107 espèces pour 863 km²).

En termes de biomasse moyenne, c'est le domaine échantillonné en estuaire de Gironde qui se classe en première position avec 2064 tonnes, suivi de celui de l'estuaire de la Seine (1090 tonnes) et enfin celui de

[24] En rappelant que les résultats produits ne sont valides que pour les périodes auxquelles les campagnes sont conduites car les peuplements de ces domaines estuariens connaissent des variations interannuelles (natalité, mortalités, migrations...).

l'estuaire de la Loire (348 tonnes) [25]. La biomasse élevée en estuaire de Gironde trouve son origine dans l'abondance en espèces démersales (maigre, bar moucheté, bar européen et ombrine bronze notamment) alors qu'en Seine, le peuplement est dominé par les espèces pélagiques (sprat et hareng principalement) qui constituent 68 % de l'abondance et 50 % de la biomasse des espèces socle (i.e. espèces capturées dans plus de 20% des traits en moyenne). Ces deux espèces forment des bancs denses, plus ou moins abondants sur la partie externe de l'estuaire selon les années, et qui sont à l'origine de la baisse de l'indice de diversité Delta. Elles ont également indéniablement un impact sur les chaines alimentaires de l'écosystème, en tant que consommateurs de zooplancton (dont des œufs et larves d'autres espèces inféodées à l'estuaire), et en tant qu'espèces fourrages, consommées par tous les prédateurs supérieurs. En Loire, la biomasse est bien répartie entre espèces pélagiques, démersales, bentho-démersales et benthiques même si en abondance, ce sont les espèces pélagiques qui dominent (55 % en moyenne de l'abondance des espèces socle).

Tableau 31 : catégorisation des espèces socle des peuplements (occurrence moyenne de capture > 20% depuis le début des suivis) des estuaires de la Seine, de la Loire et de la Gironde

	Seine		Loire		Gironde	
surface du domaine (km²)	193		140		863	
Nombre d'espèces	110		127		107	
Indice d'abondance moyen (IA Moy, en nombre d'individus)	85 379 066		19 707 308		58 368 458	
Indice de biomasse moyen (IB Moy, en kg)	1 090 280		348 244		2 064 563	
Indice moyen de diversité Delta	0,77		0,92		0,87	
Nombre d'espèces socle	21		21		19	
IA moy des espèces socle (en nombre et en % par rapport à IA Moy total)	79 170 431	92,7	18 207 078	92,4	43 558 293	74,6
IB moy des espèces socle (en kg et en % par rapport à IA Moy total)	970 746	89,0	293 046	84,1	1 446 559	70,1
IA Moy des espèces socle pélagiques (nombre - % par rapport à IA Moy socle)	54 338 934	68,6	10 040 705	55,1	29 560 997	67,9
IB Moy des espèces socle pélagiques (kg - % par rapport IB Moy socle)	485 157	50,0	82 550	28,2	245 343	17,0
IA Moy des espèces socle démersales (nombre - % par rapport à IA Moy socle)	5 112 322	6,5	2 169 825	11,9	8 338 577	19,1
IB Moy des espèces socle démersales (kg - % par rapport à IB Moy socle)	147 982	15,2	74 891	25,6	1 090 367	75,4
IA Moy des espèces socle bentho-démersales (nombre - % par rapport à IA Moy socle)	1 878 753	2,4	874 817	4,8	1 418 691	3,3
IB Moy des espèces socle bentho-démersales (kg - % par rapport à IB Moy socle)	123 193	12,7	79 976	27,3	99 277	6,9
IA Moy des espèces socle benthiques (nombre - % par rapport à IA Moy socle)	17 840 422	22,5	5 121 733	28,1	4 240 028	9,7
IB Moy des espèces socle benthiques (kg - % par rapport à IB Moy socle)	214 414	22,1	55 629	19,0	11 572	0,8
NB : les espèces retenues comme constituant le socle des peuplements sont celles dont l'occurrence moyenne de capture est > 20 %						
les soles, plies, flets, gobiidés, anguilles… sont classés parmi les espèces bentho-démersales						
Les crabes, crevettes, gastéropodes, bivalves… sont classés parmi les espèces benthiques						

Une conclusion importante de ces premières années de suivi est que les trois peuplements sont dominés par le couple espèces pélagiques et démersales qui représentent de 66 à 78 % de l'abondance et de 50 à 93% de la biomasse, ce qui conforte dans le choix du chalut NourDem avec sa Grande Ouverture Verticale pour réaliser ce type d'échantillonnages multi spécifiques.

Une autre conclusion est que quel que soit l'estuaire, les peuplements sont constitués d'une vingtaine d'espèces socle environ seulement (« espèce socle » = occurrence moyenne de capture > 20%).

9 de ces espèces sont communes aux trois estuaires et y présentent des occurrences de capture systématiquement supérieures à 20% (Tableau 32). Ces espèces fréquentes et constantes sont, par ordre alphabétique, le petit calmar ***Alloteuthis sp.,*** l'anguille commune ***Anguilla anguilla***, le crabe vert ***Carcinus maenas***, la crevette grise ***Crangon crangon***, le bar européen ***Dicentrarchus labrax***, le gobie buhotte ***Pomatoschistus minutus***, la sole commune ***Solea solea***, le sprat ***Sprattus sprattus*** et le chinchard **Trachurus sp.**

7 espèces présentent des occurrence moyenne de capture supérieures à 20% au sein de deux estuaires, et moindre dans le troisième. Il s'agit néanmoins d'espèces que l'on peut qualifier de communes, caractéristiques des estuaires/zones côtières des façades Manche-Atlantique. Il s'agit de l'anchois commun ***Engraulis encrasicolus***, de l'étrille lisse ***Liocarcinus vernalis***, du merlan ***Merlangius merlangus***, de l'éperlan ***Osmerus eperlanus***, de la crevette blanche ***Palaemon longirostris***, du flet commun ***Platichthys flesus*** et de la raie bouclée ***Raja clavata***.

[25] Il faut noter que si l'on raisonne en densité de biomasse, le classement n'est plus le même : c'est la Seine qui apparait être l'estuaire le plus riche/productif, avec 5,62 tonnes/km², suivi de l'estuaire de la Loire (2,49 tonnes/km²), et enfin l'estuaire de la Gironde (2,39 tonnes/km²).

Enfin, 4 espèces, occurrentes dans certains estuaires, moins dans d'autres, méritent d'être rajoutées à cette liste des espèces principales échantillonnées au sein des trois estuaires. Il s'agit du mulet porc **Liza ramada**, de la plie commune ***Pleuronectes platessa***, du maquereau commun ***Scomber scombrus*** et du tacaud commun ***Trisopterus luscus***.

Parmi les 20 espèces précitées, on peut considérer que 11 utilisent les estuaires en tant que nourriceries préférentielle : anguille commune, crabe vert, crevette grise, bar européen, gobie buhotte, sole commune, éperlan, crevette blanche, flet, mulet porc et plie commune.

Tableau 32 : NourDem 2016-2021 : les 9 espèces présentant des occurrences annuelles moyennes supérieures à 20% dans les trois estuaires de la Seine, de la Loire et de la Gironde (A), les 7 espèces présentant une occurrence moyenne annuelle de capture supérieure ou proche de 20% dans deux des trois estuaires (B) et les 4 espèces présentant des occurrences moyennes élevées dans deux des trois estuaires, également à prendre en compte (C). Les couleurs distinguent les espèces en fonction de leur mode de vie : espèces principalement benthiques, bentho-démersales, démersales ou pélagiques.

		A		
		Occ. (%)	IA (nbre)	IB (kg)
Seine	Alloteuthis	51,62	1 631 951	8 176
Loire		36,61	970 768	3 897
Gironde	(pélagique)	39,24	1 170 007	4 333
Seine	Anguilla anguilla	23,43	18 074	5 537
Loire		22,27	7 189	2 089
Gironde	(bentho-démersale)	23,29	60 842	20 215
Seine	Carcinus maenas	80,07	8 306 144	39 530
Loire		58,52	1 386 382	34 078
Gironde	(benthique)	19,47	235 004	6 271
Seine	Crangon crangon	39,25	8 383 565	7 510
Loire		46,21	2 443 122	2 461
Gironde	(benthique)	42,17	1 142 797	1 263
Seine	Dicentrarchus labrax	77,80	970 325	116 964
Loire		89,12	269 838	40 902
Gironde	(démersales)	38,48	325 127	32 943
Seine	Pomatoschistus minutus	19,89	117 346	175
Loire		33,67	176 888	351
Gironde	(bentho-démersale)	24,44	542 336	684
Seine	Solea solea	66,62	503 762	29 502
Loire		79,41	380 440	17 371
Gironde	(bentho-démersale)	53,87	316 323	24 449
Seine	Sprattus sprattus	55,82	39 459 460	290 271
Loire		58,26	3 704 855	14 532
Gironde	(pélagique)	23,52	769 109	4 045
Seine	Trachurus sp.	29,14	207 291	43 688
Loire		34,08	569 378	14 673
Gironde	(pélagique)	47,00	10 225 558	99 575

		B		
		Occ. (%)	IA (nbre)	IB (kg)
Seine	Engraulis encrasicolus	4,05	9 499	208
Loire		73,64	3 463 235	28 362
Gironde	(pélagique)	42,24	16 642 682	106 464
Seine	Liocarcinus vernalis	28,50	915 238	7 468
Loire		9,22	268 753	2 764
Gironde	(benthique)	24,33	138 220	1 360
Seine	Merlangius merlangus	59,81	4 141 997	30 956
Loire		47,89	445 375	3 589
Gironde	(démersale)	1,09	5 840	321
Seine	Osmerus eperlanus	46,06	1 665 169	24 609
Loire		37,73	259 850	1 040
Gironde	(pélagique)	0,00	0	0
Seine	Palaemon longirostris	6,00	40 703	71
Loire		25,32	520 365	550
Gironde	(benthique)	39,03	2 724 007	2 678
Seine	Platichthys flesus	69,48	308 913	32 140
Loire		57,45	210 441	31 101
Gironde	(bentho-démersale)	8,83	15 364	3 677
Seine	Raja clavata	24,90	54 653	5 362
Loire		0,00	0	0
Gironde	(bentho-démersale)	20,13	40 186	53 302

		C		
		Occ. (%)	IA (nbre)	IB (kg)
Seine	Liza ramada	7,87	45 155	2 715
Loire		34,63	65 511	18 678
Gironde	(démersale)	18,71	101 893	26 473
Seine	Pleuronectes platessa	36,27	171 770	20 687
Loire		18,66	33 990	1 019
Gironde	(bentho-démersale)	2,73	1 248	13
Seine	Scomber scombrus	25,39	208 209	42 204
Loire		16,17	29 562	2 771
Gironde	(pélagique)	9,93	174 419	14 779
Seine	Trisopterus luscus	18,84	127 781	1 667
Loire		54,85	1 389 101	11 722
Gironde	(démersales)	7,86	349 565	9 362

Légende
espèce pélagique
espèce démerale
espèce bentho-démersale
espèce benthique

Enfin, sur ces 20 espèces, 4 sont benthiques (les 4 crustacés : crabe vert ***Carcinus maenas***, crevette grise ***Crangon crangon***, crevette blanche ***Palaemon longiristris*** et étrille lisse ***Liocarcinus vernalis***), 6 sont bentho-démersales (les 4 « poissons plats » : sole commune ***Solea solea***, flet commun ***Platichthys flesus***, raie bouclée ***Raja clavata*** et plie commune ***Pleuronectes platessa***, ainsi que le gobie buhotte ***Pomatoschistus minutus*** et l'anguille commune ***Anguilla anguilla***), 4 sont démersales (bar européen ***Dicentrarchus labrax***, merlan ***Merlangius merlangus***, mulet porc ***Liza ramada*** et tacaud commun ***Trisopterus luscus***) et 6 sont pélagiques (calmar ***Alloteuthis sp.***, sprat ***Sprattus sprattus***, chinchard ***Trachurus sp.***, anchois commun ***Engraulis encrasicolus***, éperlan d'Europe ***Osmerus eperlanus***, et maquereau commun ***Scomber scombrus***).

Aux espèces précitées, à suivre en priorité, il convient d'ajouter les grands migrateurs amphihalins qui, bien que nettement moins occurrents, sont des espèces sentinelles de la qualité des eaux, pour certaines en danger d'extinction localement, et pour d'autres faisant l'objet de programmes de suivi, et/ou de préservation/gestion, voire de ré-implantation. Ces espèces sont (Tableau 33) la grande Alose ***Alosa alosa***, l'Alose feinte ***alosa fallax***, la lamproie fluviatile ***Lampreta fluviatilis***, la lamproie marine ***Petromizon maritimus***, le saumon Atlantique ***Salmo salar***, la truite de mer ***Salmo trutta*** et l'esturgeon d'Europe ***Acipenser sturio***. L'oscietre ***Acipenser gueldenstaedtii*** a également été capturé en Gironde, mais il s'agissait d'un unique spécimen échappé d'une ferme aquacole et cette capture d'une espèce non autochtone, et ne faisant pas partie d'un programme de ré-implantation doit plutôt être considérée comme anecdotique.

Enfin certaines espèces ne sont présentes en abondance et/ou avec une forte occurrence que dans un estuaire sur les trois, comme par exemple les araignées de mer ***Maja brachydactyla*** ou les méduses rayonnées ***Chrysaora hysoscella*** en Seine, ou le congre ***Conger conger*** et l'athérine ***Atherina presbyter*** en Loire, ou enfin

le maigre ***Argyrosomus regius***, le bar moucheté ***Dicentrarchus punctatus***) et l'ombrine bronze ***Umbrina canariensis*** en Gironde. Les importance locales de ces différentes espèces impliquent de les suivre avec attention. Pour ce qui concerne le maigre et le bar moucheté, peu présents en Loire, et totalement absents en Seine, la poursuite des campagnes NourDem permettra de suivre leur potentielle remontée vers le nord dans le cadre du réchauffement climatique.

Tableau 33 : occurrences moyennes de capture des migrateurs amphihalins des estuaires de Seine, Loire et Gironde échantillonnés dans le cadre des campagnes NourDem depuis que les campagnes sont réalisées (en % du nombre *de traits au cours desquels l'espèce est capturée par rapport au nombre total de trait)**. En violet, espèces pélagiques ; en vert espèces démersales et en bleu, espèces bentho-démersales.***

		Occ. (%)
Seine	Alosa alosa	1,17
Loire	Alosa alosa	3,74
Gironde	Alosa alosa	15,82
Seine	Alosa fallax	2,45
Loire	Alosa fallax	15,64
Gironde	Alosa fallax	1,10
Gironde	Acipenser sturio	1,29
Gironde	Acipenser gueldenstaedtii	0,55
Seine	Lampreta fluviatilis	2,01
Seine	Petromyzon marinus	0,27
Seine	Salmo salar	0,54
Loire	Salmo salar	1,09
Gironde	Salmo salar	0,55
Seine	Salmo trutta	0,56

NB** : les anguilles communes et les éperlans d'Europe sont également des migrateurs **amphihalins. Ils ne figurent pas dans le présent tableau car leurs occurrences moyennes de capture les classent parmi les espèces les plus occurrentes dans les trois estuaires, traitées dans le tableau précédent.

En ce qui concerne les tendances évolutives des indices d'abondance depuis le début des suivis, nous ne disposons pas encore d'assez de recul pour pouvoir les déterminer par le calcul. Nous pouvons néanmoins proposer une première évaluation, à dire d'expert, pour les espèces principales. Ces estimations/évaluations pour les périodes comprises entre 2017 et 2021 en Seine, 2016 et 2021 en Loire, et entre 2019 et 2021 en Gironde, sont présentées par le Tableau 34 . Ce tableau distingue, au moyen d'un code couleur du type de ceux utilisés dans le cadre de la DCE, les espèces qui présentent sur la période du suivi, une augmentation significative de leur indice d'abondance (bleu), une augmentation non significative (vert), un maintien (jaune), une baisse non significative (orange), et enfin une baisse significative (rouge).

Il convient de bien avoir à l'esprit qu'il s'agit là de résultats tout à fait provisoires/préliminaires du fait du peu de recul acquis : 6 ans en Loire, 5 ans et Seine et 3 ans en Gironde. Ces séries courtes de données font que l'interprétation de l'évolution est très dépendante des indices d'abondance obtenus lors de la première année et de la dernière année du suivi, et que les tendances véritables, profondes, ne pourront être décelées que dans quelques années.

Pour l'instant, nous pouvons nous contenter de constater que quel que soit le site, ce serait plutôt le jaune qui domine (constance dans les indices d'abondance). Estuaire par estuaire, les conclusions préliminaires seraient :

En Seine, les effectifs du grondin perlon ***Chelidonichthys lucerna*** seraient en hausse significative. Ceux des araignées de mer ***Maja brachydactyla***, du flet commun ***Platichthys flesus*** et des soles communes ***Solea solea*** des groupes 2 et + seraient en hausse, mais non significative statistiquement. Les effectifs du maquereau commun ***Scomber scombrus***, mais aussi de l'anguille commune ***Anguilla anguilla*** et de l'éperlan d'Europe ***Osmerus eperlanus*** (groupe 0 uniquement) seraient en baisse, mais de manière non significative. Aucune espèce ne présenterait de baisse significative de ses indices d'abondance au sein de cet estuaire sur la période.

En Loire, cinq espèces présenteraient des hausses significatives de leurs indices d'abondance sur la période 2016-2021. Il s'agit du crabe vert ***Carcinus maenas***, de la crevette grise C***rangon crangon***, de l'anchois

commun ***Engraulis encrasicolus***, des éperlans d'Europe ***Osmerus eperlanus*** du groupe 0 et des soles communes ***Solea solea*** des groupes 1 et 2+. Deux espèces présenteraient des tendances *a priori* à la hausse, mais sans que celles-ci soient significatives : le bar moucheté ***Dicentrarchus punctatus*** (mais les captures sont encore très faibles, et les indices d'abondance sont donc peu fiables), et le tacaud commun ***Trisopterus luscus***. Les autres espèces majeures peuplant cet estuaire ne présenteraient pas de tendance évolutive discernable.

Tableau 34 : tendances évolutives des** indices d'abondance (script RSUFI) des **espèces majeures des peuplements de** l'estuaire de la Loire (données NourDem et **Bargip Nourriceries 2016-2021), de la Seine (données NourDem 2017-2021) et de la Gironde (données NourDem 2019-2021). Résultats provisoires.

Seine 2017-2021 (provisoire)	Loire 2016-2021 (provisoire)	Gironde 2019-2021 (provisoire)
Alloteuthis sp.	Alloteuthis	Alloteuthis
Anguilla anguilla	Anguilla anguilla	Anguilla anguilla
	Argyrosomus regius_G1	Argyrosomus regius_G0
	Argyrosomus regius_G1	Argyrosomus regius_G1
	Argyrosomus regius_G2p	Argyrosomus regius_G2p
Asterias rubens	Asterias rubens	Asterias rubens
Atherina presbyter	Atherina presbyter	Atherina presbyter
Callionymus lyra	Callionymus lyra	Callionymus lyra
Carcinus maenas	Carcinus maenas	Carcinus maenas
Chelidonichthys lucerna	Chelidonichthys lucerna	Chelidonichthys lucerna
Clupea harengus	Clupea harengus	
Conger conger	Conger conger	Conger conger
Crangon crangon	Crangon crangon	Crangon crangon
Dicentrarchus labrax_G0	Dicentrarchus labrax_G0	Dicentrarchus labrax_G0
Dicentrarchus labrax_G1	Dicentrarchus labrax_G1	Dicentrarchus labrax_G1p
Dicentrarchus labrax_G2	Dicentrarchus labrax_G2	
Dicentrarchus labrax_G3p	Dicentrarchus labrax_G3p	
	Dicentrarchus punctatus	Dicentrarchus punctatus_G0
		Dicentrarchus punctatus_G1
		Dicentrarchus punctatus_G2p
Echiichthys vipera	Echiichthys vipera	Echiichthys vipera
Engraulis encrasicolus	Engraulis encrasicolus	Engraulis encrasicolus
Liocarcinus vernalis	Liocarcinus vernalis	Liocarcinus vernalis
Liza ramada	Liza ramada	Liza ramada
Loligo vulgaris	Loligo vulgaris	Loligo vulgaris
Maja brachydactyla	Maja brachydactyla	Maja brachydactyla
Merlangius merlangus_G0	Merlangius merlangus_G0	Merlangius merlangus
Merlangius merlangus_G1p	Merlangius merlangus_G1p	
Osmerus eperlanus_G0	Osmerus eperlanus_G0	
Osmerus eperlanus_G1p	Osmerus eperlanus_G1p	
Palaemon longirostris	Palaemon longirostris	Palaemon longirostris
Platichthys flesus	Platichthys flesus G0	Platichthys flesus
	Platichthys flesus G1+	
Pleuronectes platessa	Pleuronectes platessa	Pleuronectes platessa
Pomatoschistus minutus	Pomatoschistus minutus	Pomatoschistus minutus
Raja clavata		Raja clavata
Sardina pilchardus_G0	Sardina pilchardus_G0	Sardina pilchardus
Sardina pilchardus_G1p	Sardina pilchardus_G1p	
Scomber scombrus	Scomber scombrus	Scomber scombrus
Solea solea_G0	Solea solea_G0	Solea solea_G0
Solea solea_G1	Solea solea_G1	Solea solea_G1p
Solea solea_G2p	Solea solea_G2p	
Sprattus sprattus	Sprattus sprattus	Sprattus sprattus
Trachurus trachurus	Trachurus trachurus	Trachurus trachurus
Trisopterus luscus	Trisopterus luscus	Trisopterus luscus
		Umbrina canariensis_G0
		Umbrina canariensis_G1p

En bleu** : Indices d'abondance annuels en **augmentation significative sur la période

En vert : évolution des indices** d'abondance annuels orientée à la hausse, **mais sans différences significatives

***En jaune** : pas d'évolution **des indices** d'abondances annuels*

En orange : évolution des indices** d'abondance annuels orientée à la baisse, **mais sans différences significatives

En rouge** : indices d'abondance annuels en **baisse significative sur la période

En blanc : captures insuffisantes pour conclure

***G0** = groupe d'âge 0*

G1p = groupes d'âge 1 et plus.

En Gironde, ce premier bilan ne repose que sur trois années, et est donc le moins fiable des trois, le plus susceptible évoluer très rapidement à l'avenir. Cinq espèces présenteraient des baisses d'abondance significatives sur la période 2019-2021 : les maigres ***Argyrosomus regius*** du groupe 0, les crevettes grises ***Crangon crangon***, les étrilles lisses ***Liocarcinus vernalis***, les soles communes ***Solea solea*** du groupe 0 et les ombrines bronze ***Umbrina canariensis*** du groupe 0. Six espèces présenteraient des indices d'abondance *a*

priori orientés à la baisse, mais sans que les différences soient significatives : le congre commun ***Conger conger***, le bar européen ***Dicentrarchus labrax*** (individus du groupe 0 uniquement), le mulet porc ***Liza ramada***, la raie bouclée ***Raja clavata***, les soles communes ***Solea solea*** des groupes 1 et + et le sprat ***Sprattus sprattus.*** Quatre espèces sembleraient à la hausse (différences non significatives sur la période) : les crabes verts ***Carcinus maenas***, les bars mouchetés ***Dicentrarchus punctatus*** du groupe 1, les sardines communes ***Sardina pilchardus*** et les ombrines bronze ***Umbrina canariensis*** des groupes 1 et plus. Pour les autres espèces majeures du peuplement de cet estuaire, nous ne discernons pas de tendance évolutive.

8.5 La qualité des estuaires en tant que nourriceries

Le projet a permis de montrer, à partir de travaux principalement menés sur le bar européen, que c'est dans l'estuaire de la Loire que les croissances maximales sont rencontrées, mais que c'est en estuaire de Seine que les indices de condition corporelle sont les plus élevés. C'est dans l'estuaire de la Gironde que les concentrations en cortisol (hormone de stress) dosées dans les écailles de bar ont été les plus élevées.

Les baisses de croissance observées de manière synchrone dans les trois estuaires lors des étés 2019 et 2020 ont amené à formuler l'hypothèse que ce sont les épisodes de canicule qui ont impacté la croissance des juvéniles de bar.

Enfin, les premières analyses de métaux trace (ETMs) et de contaminants organiques (COs) ont été réalisées (toujours chez l'espèce bar européen) et ont permis de montrer que certains de ces polluants génèrent, à certaines doses, des diminutions de croissance et des baisses de la condition corporelle des juvéniles. Les analyses ont également confirmé la présence de molécules (COs) pourtant interdites depuis de nombreuses années (décennies même), et dont le suivi reste nécessaire du fait de leur toxicité et de leur demie-vie longue. Le projet NourDem 2022 prévoit la poursuite de ces analyses, afin de mieux cerner les impacts potentiels, notamment en évaluant les niveaux de contamination chez des bars plus âgés.

8.6 Les supports de communication

Conformément à la contractualisation passée, le projet a :

- Synthétisé ses principaux résultats via le présent rapport final,
- Développé un site web de présentation des principaux résultats et de mise à disposition du rapport final,
- Produit une synthèse « 4 pages », utilisable par les partenaires,
- Produit la « Fiche Projet » FFP,
- Produit une affiche A3 de présentation du projet et des partenariats (téléchargeable sur le site Web),

8.7 Perspectives

La poursuite du projet en 2022 a été contractualisée en début d'année entre les mêmes partenaires, dans le cadre du FEAMP et avec la poursuite de l'accompagnement financier par France Filière Pêche. Les trois estuaires seront à nouveau échantillonnés, dans le respect du protocole arrêté, avec rajout de quelques traits sur les strates jusqu'à présent en léger sous-échantillonnage en Seine et Loire. Les données seront sauvegardées dans Harmonie fin 2022, et synthétisées au moyen des outils RSUFI, RSTRATI et géostatistiques en vue de la rédaction du rapport final qui sera remis aux partenaires réunis au sein du Comité de Pilotage fin mars 2023. Des tests de synthèses au moyen de modèles statistiques seront également réalisés pour la production des indices d'abondance. Un important effort sera conduit en matière d'analyses chimiques (cortisol, éléments traces métalliques, composés organiques) afin de progresser dans la connaissance sur les niveaux de comtamination au sein des trois estuaires et dans la hiérarchisation des impacts.

Enfin, les données du projet 2019-2021, et les synthèses réalisées, seront présentées aux membres des groupes de travail du CIEM (notamment ceux en charge du suivi des stocks de bar) dès que possible en vue de leur intégration dans les évaluations.

9 Références

Aerts, J., Metz, J. R., Ampe, B., Decostere, A., Flik, G., & De Saeger, S. (2015). Scales tell a story on the stress history of fish. PLoS ONE, 10(4), 1–17. doi: 10.1371/journal.pone.0123411

Amara, R., Meziane, T., Gilliers, C., Hermel, G., & Laffargue, P. (2007). Growth and condition indices in juvenile sole Solea solea measured to assess the quality of essential fish habitat. Marine Ecology Progress Series, 351, 201–208. doi: 10.3354/meps07154

Ankley, G. T., Cureton, P., Hoke, R. A., Houde, M., Kumar, A., Kurias, J., & Lanno, R. (2021). Assessing the Ecological Risks of Per - and Polyfluoroalkyl Substances: Current State-of-the Science and a Proposed Path Forward. Environmental Toxicology and Chemistry, 40(3), 564–605. doi: 10.1002/etc.4869

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.

Barton, B. A. (2002). Stress in fishes: A diversity of responses with particular reference to changes in circulating corticosteroids. Integrative and Comparative Biology, 42(3), 517–525. doi: 10.1093/icb/42.3.517

Barton, B. A., & Schreck, C. B. (1987). Influence of Acclimation Temperature on Interrenal and Carbohydrate Stress Responses in Juvenile Chinook Salmon (Oncorhynchus tshawytsca). Aquaculture, 62, 299–310.

Barton, B. A., Morgan, J. D., & Vijayan, M. M. (2002). Physiological and condition-related indicators of environmental stress in fish. In S. M. Adams (Ed.), Biological indicators of aquatic ecosystem stress (pp. 111–148). American Fisheries Society.

Batts Luke, Minto Cóilín, Gerritsen Hans, Brophy Deirdre, 2019. Estimating growth parameters and growth variability from length frequency data using hierarchical mixture models, *ICES Journal of Marine Science*, Volume 76, Issue 7, Pages 2150–2163. Téléchargeable : https://doi.org/10.1093/icesjms/fsz103

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.

Bodin, N., Caisey, X., Abarnou, A., Loizeau, V., Latrouite, D., Le Guellec, A. M., & Guillou, M. (2007). Polychlorinated biphenyl contamination of the spider crab (Maja brachydactyla): Influence of physiological and ecological processes. Environmental Toxicology and Chemistry, 26(3), 454–461. doi: 10.1897/06-076R.1

Bonier, F., Martin, P. R., Moore, I. T., & Wingfield, J. C. (2009). Do baseline glucocorticoids predict fitness? Trends in Ecology and Evolution, 24(11), 634–642. doi: 10.1016/j.tree.2009.04.013

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.

Carbajal, A., Tallo-Parra, O., Monclús, L., Vinyoles, D., Solé, M., Lacorte, S., & Lopez-Bejar, M. (2019). Variation in scale cortisol concentrations of a wild freshwater fish: Habitat quality or seasonal influences? General and Comparative Endocrinology, 275(January), 44–50. doi: 10.1016/j.ygcen.2019.01.015

Carlson, D. L., De Vault, D. S., & Swackhamer, D. L. (2010). On the rate of decline of persistent organic contaminants in lake trout (Salvelinus namaycush) from the great lakes, 1970-2003. Environmental Science and Technology, 44(6), 2004–2010. doi: 10.1021/es903191u

Chassery and Melkemi, 1991. Diagramme de Voronoï appliqué à la segmentation d'images et à la détection d'évènements en imagerie multi-sources, Traitement du Signal, vol.8, issue.3, pp.155-64.

Chavent M., Kuentz-Simonet V., Labenne A. et Saracco J., 2020. ClustGeo : an R package for hierarchical clustering with spatial constraints. Computional Statistics, Springer Verlag 33 (4), pp 1-24. 10.1007 /s00180-018-0791-1. HAL-01664018. Téléchargeable : https://doi.org/10.1007/s00180-018-0791-1

Chiffoleau, J. F., Auger, D., Roux, N., Rozuel, E., & Santini, A. (2005). Distribution of silver in mussels and oysters along the French coasts: Data from the national monitoring program. Marine Pollution Bulletin, 50(12), 1719–1723. doi: 10.1016/j.marpolbul.2005.08.024

Claisse, D. (1989). Chemical contamination of French coasts. Marine Pollution Bulletin, 20(10), 523–528. doi: 10.1016/0025-326x(89)90141-0

Courrat, A., Lobry, J., Nicolas, D., Laffargue, P., Amara, R., Lepage, M., … Le Pape, O. (2009). Anthropogenic disturbance on nursery function of estuarine areas for marine species. Estuarine, Coastal and Shelf Science, 81(2), 179–190. doi: 10.1016/j.ecss.2008.10.017

Couture, R. M., Chiffoleau, J. F., Auger, D., Claisse, D., Gobeil, C., & Cossa, D. (2010). Seasonal and decadal variations in lead sources to Eastern North Atlantic mussels. Environmental Science and Technology, 44(4), 1211–1216. doi: 10.1021/es902352z

Cressie Noel A. C., 1993. Statistics for Spatial Data. Revised edition. New York. J. Wiley & Sons.

Culbert, B. M., Ligocki, I. Y., Salena, M. G., Wong, M. Y. L., Hamilton, I. M., Aubin-Horth, N., … Balshine, S. (2021). Rank- and sex-specific differences in the neuroendocrine regulation of glucocorticoids in a wild group-living fish. Hormones and Behavior, 136, 105079. doi: 10.1016/j.yhbeh.2021.105079

Dendievel, A. M., Mourier, B., Coynel, A., Evrard, O., Labadie, P., Ayrault, S., … Desmet, M. (2020). Spatio-temporal assessment of the polychlorinated biphenyl (PCB) sediment contamination in four major French river corridors (1945-2018). Earth System Science Data, 12(2), 1153–1170. doi: 10.5194/essd-12-1153-2020

Deshpande, A. D., Dockum, B. W., & Draxler, A. F. J. (2015). Contaminant bioaccumulation dynamics in young-of-the-year bluefish subpopulations in New York Bight with a special reference to the condition and nursery area fidelity subsequent to recruitment. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 73(1), 35–52. doi: 10.1139/cjfas-2015-0369

Drogou M., Le Goff R., Lebigre C., Le Rû L., Martin S., Le Roy D., et Berthelé O., 2018. NourDem Douarnenez : bilan des campagnes d'avril et d'octobre 2018. Rapport PNMI-Ifremer RST-RBE /LBH 2018.73p. Téléchargeable Archimer : https://archimer.ifremer.fr/doc/00485/59682/62756.pdf

Drogou M., Le Goff R., Le Roy D., Martin S., Le Rû L., Bouché L., Roy A., Berthelé O. et Lebigre Ch., 2019. NourDem Loire Seine : bilan des campagnes 2018. Rapport. Ifremer, DPMA, CNPMEM, COREPEM et CRPM Normandie RST-RBE STH 2019.104p. Téléchargeable : https://archimer.ifremer.fr/doc/00487/59889/

FAO, 2010. Cephalopods of the world ; an annoted and illustrated catalogue of cephalopod species known to date. Vol2 Myopsid en Oegopsid Squids. Jereb P. and Roper C.F.E. FAO Species Catalogue for fisheries purpose N°4, Vol2. FIR/Cat.4/2. 605p + annexes. Téléchargeable : https://www.fao.org/3/i1920e/i1920e.pdf

Gerig, B. S., Chaloner, D. T., Janetski, D. J., Rediske, R. R., O'Kefe, J. P., Moerke, A. H., & Lamberti, G. A. (2016). Congener Patterns of Persistent Organic Pollutants Establish the Extent of Contaminant Biotransport by Pacific Salmon in the Great Lakes. Environmental Science and Technology, 50(2), 554–563. doi: 10.1021/acs.est.5b05091

Goikoetxea, A., Sadoul, B., Blondeau-Bidet, E., Aerts, J., Blanc, M. O., Parrinello, H., … Geffroy, B. (2021). Genetic pathways underpinning hormonal stress responses in fish exposed to short- and long-term warm ocean temperatures. Ecological Indicators, 120. doi: 10.1016/j.ecolind.2020.106937

Greenberg, N., Carr, J. A., & Summers, C. H. (2002). Causes and Consequences of Stress. Integrative and Comparative Biology, 42, 508–516.

Grosslein M.D. et A. Laurec, 1982. Etudes par chalutage démersal, planification, conduite des opérations et analyse des résultats. Doc.FAO–COPACE/PACE, Séries 81/82 : 27 p. Téléchargeable http://www.fao.org/3/p7841f/P7841F02.htm

Hanke, I., Ampe, B., Kunzmann, A., Gärdes, A., & Aerts, J. (2019). Thermal stress response of juvenile milkfish (Chanos chanos) quantified by ontogenetic and regenerated scale cortisol. Aquaculture, 500(September 2018), 24–30. doi: 10.1016/j.aquaculture.2018.09.016

Hauser-Davis, R. A., Bordon, I. C., Kannan, K., Moreira, I., & Quinete, N. (2021). Perfluoroalkyl substances associations with morphometric health indices in three fish species from differentially contaminated water bodies in Southeastern Brazil: PFAS associations to morphometric fish health indices. Environmental Technology and Innovation, 21, 101198. doi: 10.1016/j.eti.2020.101198

Hughes, B. B., Levey, M. D., Fountain, M. C., Carlisle, A. B., Chavez, F. P., & Gleason, M. G. (2015). Climate mediates hypoxic stress on fish diversity and nursery function at the land–sea interface. Proceedings of the National Academy of Sciences, 112(26), 201505815. doi: 10.1073/pnas.1505815112

Huret Martin, Lebigre Christophe, Iriendo Mikel, Montes, Iratxe et Estonba Andone, 2020. Genetic population structure of anchovy (*Engraulis encrasicolus*) in Northwestern Europe and variability in the seasonal distribution of the stocks. Fisheries research 229 105619. 14p. Téléchargeable : https://doi.org/10.1016/j.fishres.2020.105619

ICES 2018 : ICES Advice on fishing opportunities, catch and effort. Bay of Biscay and the Iberian Coast Ecoregion. Published 31 October 2018.

ICES 2018 : ICES Advice on fishing opportunities, catch .and effort. Celtic Seas and Greater North Sea ecoregions. Published 29 June 2018.

Kerambrun, E., Henry, F., Cornille, V., Courcot, L., & Amara, R. (2013). A combined measurement of metal bioaccumulation and condition indices in juvenile European flounder, Platichthys flesus, from European estuaries. Chemosphere, 91(4), 498–505. doi: 10.1016/j.chemosphere.2012.12.010

Korte, S. M., Koolhaas, J. M., Wingfield, J. C., & McEwen, B. S. (2005). The Darwinian concept of stress: benefits of allostasis and costs of allostatic load and the trade-offs in health and disease. Neuroscience and Biobehavioral Reviews, 29(1), 3–38. doi: 10.1016/j.neubiorev.2004.08.009

Lanceleur, L., Schäfer, J., Chiffoleau, J. F., Blanc, G., Auger, D., Renault, S., … Audry, S. (2011). Long-term records of cadmium and silver contamination in sediments and oysters from the Gironde fluvial-estuarine continuum - Evidence of changing silver sources. Chemosphere, 85(8), 1299–1305. doi: 10.1016/j.chemosphere.2011.07.036

Lee, J. W., Choi, K., Park, K., Seong, C., Yu, S. Do, & Kim, P. (2020). Adverse effects of perfluoroalkyl acids on fish and other aquatic organisms: A review. Science of the Total Environment, 707, 135334. doi: 10.1016/j.scitotenv.2019.135334

Le Goff R., Villanueva M.C., Drogou M., de Pontual H., Woillez M., Berthelé O., Le Roy D., Le Rû L., Garren F., Martin S., Caroff N., Bouché L., Rostiaux E., Ignacio Cifre R., Vincent B., Morandeau F., Cornou A.S., Bissery Cl., Lebigre Ch., Trenkel V., et Talidec C. ; Mars 2017a. Rapport Bargip Nourriceries. Ifremer,DPMA, FFP, CNPMEM RST-RBE/STH/LBH/2017-001 ; 163 p. Téléchargeable : http://archimer.ifremer.fr/doc/00379/48987/).

Le Goff R., Drogou M., Le Rû L., Garren F., Martin S., Le Roy D., Bouché L. et Berthelé O., 2017b. NourDem Loire : bilan de la campagne 2017. Rapport Ifremer, CNPMEM, FFP et COREPEM RST-RBE/STH 2017-002. 53 p. Téléchargeable : https://doi.org/10.13155/52544

Le Goff R., Drogou M., Le Rû L., Garren F., Martin S., Bouché L., Le Roy D., et Berthelé O., 2017. NourDem Seine : bilan de la campagne 2017c. Rapport Ifremer, CRPMEM de Normandie, CRPMEM de Hauts de France, OP CME, OP Normandie, OP COBRENORD, FROM Nord et OP Pêcheurs de Bretagne : RST-RBE/STH/LBH 2017 001. 42 p. téléchargeable : https://doi.org/10.13155/52262

Le Goff R., Drogou M., Martin S., Le Rû L., Cornou A.S., Berthelé O., Lebigre Ch., Le Roy D., Huet J., Garren F., Edin L., Delaunay D., Marhic C. Laspougeas Cl., Besnier A, Buanic M, Prat J.A., Coz R., Schweyer O. 2021. NourDem PNMI Douarnenez : rapport d'activité 2021. RST-RBE/STH 2021 – 2. 72p. Téléchargeable Archimer : https://archimer.ifremer.fr/doc/00742/85361/

Le Moan, A., Gagnaire, P.-A., Bonhomme, F., 2016. Parallel genetic divergence among coastal–marine ecotype pairs of European anchovy explained by differential introgression after secondary contact. Mol. Ecol. 25, 3187–3202. https://doi.org/10.1111/mec.13627

Lobry J. et Castelnaud G., 2015 : surveillance halieutique de l'estuaire de la Gironde. Suivi des captures 2014 ; Etude de la faune circulante 2014. Rapport IRSTEA-EDF CNPE du Blayais - Etude n°188, pp 93-95.

Matula, D. W. and Sokal R. R., 1980. Properties of Gabriel graphs relevant to geographic variation research and the clustering of points in the plane. Geographic Analysis, 12(3), pp. 205-222.

Maule, A. G., & Schreck, C. B. (1991). Stress and cortisol treatment changed affinity and number of glucocorticoid receptors in leukocytes and gill of Coho Salmon. General and Comparative Endocrinology, 93, 83–93.

McCormick, S. D. (2001). Endocrine control of osmoregulation in teleost fish. American Zoologist, 41(4), 781–794. doi: 10.1668/0003-1569(2001)041[0781:ecooit]2.0.co;2

McEwen, B. S., & Wingfield, J. C. (2003). The concept of allostasis in biology and biomedicine. Hormones and Behavior, 43(1), 2–15. doi: 10.1016/S0018-506X(02)00024-7

Montes, I., Zarraonaindia, I., Iriondo, M., Grant, W.S., Manzano, C., Cotano, U., Conklin, D., Irigoien, X., Estonba, A., 2016. Transcriptome analysis deciphers evolutionary mechanisms underlying genetic differentiation between coastal and offshore anchovy populations in the Bay of Biscay. Mar. Biol. 163, 205. Téléchargeable : https://doi.org/10.1007/s00227-016-2979-7.

Morin Jocelyne, Le Pape Olivier, Amara R, Mahe Kelig, Gilliers C (2006). Identification des habitats de nourriceries de poissons à partir d'indicateurs faunistiques. Qualité de ces habitats pour les juvéniles de soles en estuaire de Seine

Munschy, C., Vigneau, E., Bely, N., Héas-Moisan, K., Olivier, N., Pollono, C., ... Bodin, N. (2020). Legacy and emerging organic contaminants: Levels and profiles in top predator fish from the western Indian Ocean in relation to their trophic ecology. Environmental Research, 188(May), 109761. doi: 10.1016/j.envres.2020.109761

Ogle, D.H., P. Wheeler, and A. Dinno (2018). FSA: Fisheries Stock Analysis. R package version 0.8.22, https://github.com/droglenc/FSA.

Peig, J., & Green, A. J. (2009). New perspectives for estimating body condition from mass/length data: The scaled mass index as an alternative method. Oikos, 118(12), 1883–1891. doi: 10.1111/j.1600-0706.2009.17643.x

Quéméner, L. (2002) Le maigre commun (Argyrosomus regius). Biologie, pêche, marché et potentiel aquacole. 30 p. Editions Ifremer, Plouzané, France

Quero Jean-Claude, Vayne Jean-Jacques (1993). Nouvel indice sur les pérégrinations du maigre. *Annales de la Société des Sciences Naturelles de la Charente-Maritime*, 8(2), 127-128. Open Access version : https://archimer.ifremer.fr/doc/00000/3684/

Riou Ph., 2000 : Etude des nourriceries cotieres et estuariennes de sole (solea solea) et de plie (pleuronectes platessa) en manche est. Importance ecologique de l'estuaire de seine.

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.

Quéro J.C., Vayne J.J., 1993. – Nouvel indice sur les pérégrinations du maigre. Ann. Soc. Sci. nat. Charente-Maritime., 8(2) :127-128.

Quiterie SOURGET et Gérard BIAIS, 2009. Ecologie, biologie et exploitation du maigre du golfe de Gascogne. SMIDDEST-IFREMER-CNRS Réf. IFREMER : 08/5210013/F Réf. CNRS : 78990 et avenant 782031. 69p. Téléchargeable : http://www.smiddest.fr/media/12412.pdf

Ritter, L., Solomon, K.R., Forget, J., Stemeroff, M., O'Leary, C. (1998) Persistent organic pollutants. Prepared for the International Programme on Chemical Safety (IPCS) within the framework of the Inter-Organization Programme for the Sound Management of Chemicals (IOMC). United Nations Environment Program (UNEP), Montreal.

Samaras, A., Dimitroglou, A., Kollias, S., Skouradakis, G., Papadakis, I. E., & Pavlidis, M. (2021). Cortisol concentration in scales is a valid indicator for the assessment of chronic stress in European sea bass, Dicentrarchus labrax L. Aquaculture, 545(July), 737257. doi: 10.1016/j.aquaculture.2021.737257

Schlesinger, W. H., Klein, E. M., & Vengosh, A. (2017). Global biogeochemical cycle of vanadium. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 114(52), E11092–E11100. doi: 10.1073/pnas.1715500114

Schnitzler, J. G., Thomé, J. P., Lepage, M., & Das, K. (2011). Organochlorine pesticides, polychlorinated biphenyls and trace elements in wild European sea bass (Dicentrarchus labrax) off European estuaries. Science of the Total Environment, 409(19), 3680–3686. doi: 10.1016/j.scitotenv.2011.06.018

Stockholm convention (2009) Convention on persistent organic pollutants (POPS) - Texts and Annexes, United Nations Environment programme (UNEP).

Tapie, N. (2006) Contamination des écosystèmes aquatiques par les PCB et PBDE : application à l'estuaire de la Gironde. PhD thesis. Université Bordeaux I, Ecole Doctorale des Sciences Chimiques. pp. 276.

Tappin, A. D., & Millward, G. E. (2015). The English Channel: Contamination status of its transitional and coastal waters. Marine Pollution Bulletin, 95(2), 529–550. doi: 10.1016/j.marpolbul.2014.12.012

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.

UICN, 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 p

Vasconcelos, R. P., Reis-Santos, P., Fonseca, V., Maia, A., Ruano, M., França, S., … Cabral, H. (2007). Assessing anthropogenic pressures on estuarine fish nurseries along the Portuguese coast: A multi-metric index and conceptual approach. Science of the Total Environment, 374(2–3), 199–215. doi: 10.1016/j.scitotenv.2006.12.048

Verin Y., Vaz S., Coppin F., 2012. Rapport États biologiques ; Caractéristiques biologiques – biocénoses ; Populations ichtyologiques. Ifremer, Boulogne-sur-Mer. 12 p.

Vorkamp, K., Svendsen, T. C., Ronsholdt, B., & Larsen, M. M. (2012). Different organochlorine contaminant profiles in groups of flounders (Platichthys flesus) from sampling locations around Denmark. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 69(1), 13–23. doi: 10.1139/F2011-141

Wang, W. X., & Rainbow, P. S. (2010). Significance of metallothioneins in metal accumulation kinetics in marine animals. Comparative Biochemistry and Physiology - C Toxicology and Pharmacology, 152(1), 1–8. doi: 10.1016/j.cbpc.2010.02.015

Zafeiraki, E., Gebbink, W. A., Hoogenboom, R. L. A. P., Kotterman, M., Kwadijk, C., Dassenakis, E., & van Leeuwen, S. P. J. (2019). Occurrence of perfluoroalkyl substances (PFASs) in a large number of wild and farmed aquatic animals collected in the Netherlands. Chemosphere, 232(2019), 415–423. doi: 10.1016/j.chemosphere.2019.05.200

Zarraonaindia, I., Iriondo, M., Albaina, A., Pardo, M.A., Manzano, C., Grant, W.S., Irigoien, X., Estonba, A., 2012. Multiple SNP markers reveal fine-scale population and deep phylogeographic structure in European anchovy (*Engraulis encrasicolus* L.). PLoS One 7, e42201. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0042201.

10 Annexes

10.1 Annexe 1. Surface balayée par le chalut.

La connaissance de la surface balayée par le chalut au cours d'un trait est indispensable pour pouvoir déterminer des densités surfaciques (nombre d'individus d'une espèce par unité de surface), puis élever ces densités surfaciques à la totalité de l'aire du domaine échantillonné, soit directement, soit dans un premier temps à l'échelle de strates qui ont été définies. L'aire balayée par un chalut à panneaux est une source de biais dans les calculs des indices d'abondance car l'écartement des pointes d'ailes peur être moins constant que celui que l'on obtient avec un chalut à perche.

Pour minimiser les variations éventuelles d'écartement des pointes d'ailes inférieures du chalut, les protocoles d'échantillonnage scientifique fixent à la fois les longueur des funes et les vitesses de traction par rapport à la masse d'eau de façon à maintenir une pression la plus constante possible sur les panneaux, et donc la force d'écartement qu'ils produisent.

Pour NourDem, le protocole prévoit de filer de l'ordre de 120 m de funes et de tracter à régime moteur constant, régime permettant d'obtenir une vitesse surface de 3,5 nœuds. Malgré ces deux précautions, la nature des fonds (plus ou moins meubles), ainsi que la profondeur, agissent sur l'inclinaison des panneaux, et donc sur la force d'écartement produite, ce qui est susceptible de générer une diminution de l'écartement des panneaux, et donc de l'ouverture du chalut.

Afin d'évaluer les variations, et de régler au mieux l'ouverture du chalut, un système complet de mesure de l'écartement des panneaux et de hauteur de la corde de dos (ouverture verticale du chalut) a été acquis dans le cadre du projet. Ce système, de marque « Marport », est identique à ceux utilisés sur les navires océanographiques de GENAVIR pour les autres campagnes halieutiques que mène l'Ifremer, et comprend :

- deux capteurs de panneaux,
- un « netsonde » (capteur de hauteur de corde de dos),
- une paravane de réception,
- et un PC d'affichage et d'enregistrement en continu des données produites (écartement et angulations latérale et longitudinale des panneaux, ouverture verticale).

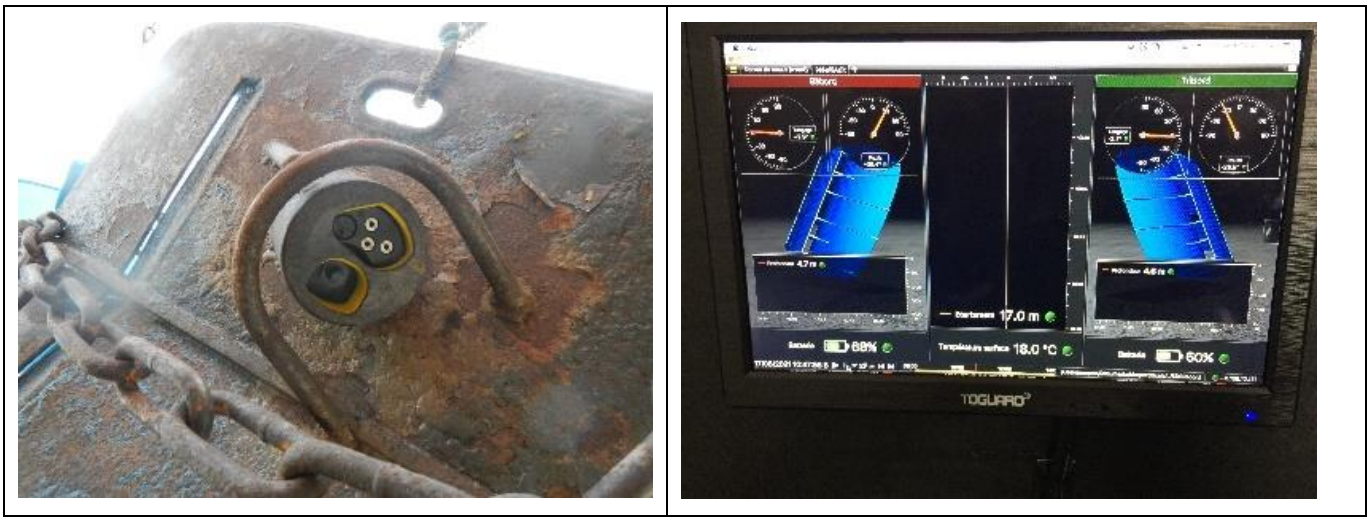


Figure 221** : capteur de mesure de l'écartement entre les panneaux (gauche), et écran de contrôle p**ermettant de vérifier au cours du trait les angulations des panneaux et leur écartement (droite).

Le chalut a été conçu pour être parfaitement dans ses lignes avec une ouverture horizontale de 7 m entre ses pointes d'ailes inférieures. Avec le gréement actuel qui mesure 26 m (20 m d'entremises basses plus 6 mètres de bras/émerillons/triangle/chaines de réglage), l'écartement optimal entre les panneaux est de 17,5 m. Le système de mesure acquis permet d'adapter la longueur des funes à la largeur du portique du navire, à

la profondeur de chalutage et à la nature des fonds, en recherchant à atteindre l'objectif de 17,5 m entre les panneaux. L'expérience acquise montre que la longueur optimale des funes est de 120 avec des adaptations possibles allant jusqu'à de +5/- 25 m.

Le système Marport est utilisé en continu au cours des traits. Les données produites permettent, soit de valider le trait en l'état, soit de régler la longueur de funes pour tendre vers 17,5 m entre les panneaux et de valider le trait, soit d'interrompre le trait et de l'annuler pour le recommencer si l'écartement des panneaux est trop éloigné de l'objectif de 17,5 m (le protocole tolère des valeurs comprises entre 16 et 19 m).

Des capteurs d'écartement des pointes d'ailes inférieures ont également été loués au cours de deux campagne en 2021 afin d'être testés (la campagne NourDem Loire de 2021 plus une campagne parallèle menée avec le parc Naturel Marin d'Iroise et l'Office Français pour la Biodiversité en baie de Douarnenez). Ces capteurs se sont malheureusement révélés trop lourds et encombrants, c'est-à-dire peu adaptés à la taille de notre petit chalut (ce qui était pressenti, d'où la location plutôt que l'achat). Ces capteurs n'ont fourni que très peu de données, aucune au cours des traits les moins profonds (<8 m), et de manière souvent intermittente pour les profondeurs comprises entre 8 et 15 m. Les quelques données acquises ont permis de produire un abaque reliant les écartements des panneaux aux écartements des pointes d'ailes (Figure 221), mais la dispersion est très importante (coefficients de corrélation très faibles, de ≈ 0,21 en baie de Douarnenez et ≈ 0,013 en Loire). Elle est imputable à la difficulté pour les capteurs de pointes d'ailes à se stabiliser et transmettre leurs données par petits fonds, plutôt qu'à d'éventuelles fluctuations des écartements. Cette difficulté est également rencontrée au cours des autres campagnes menées par l'Ifremer à bord des navires océanographiques (GENAVIR) dès lors qu'ils chalutent par fonds de moins de 15 m. Ces deux abaques, très peu précis, semblent cependant confirmer que l'écartement moyen au cours de la campagne de Douarnenez a été de 17,5/18 m entre les panneaux, (longueur des funes maintenue à 120 m au cours de cette campagne, sans réglage, de façon à disposer d'un jeu de données exploitable) ce qui a permis d'obtenir une ouverture horizontale moyenne de l'ordre de 7,60m. Une ouverture inférieure, de 17,5m entre les panneaux, a été obtenue en Loire, ce qui a permis d'obtenir un écartement des pointes d'ailes de 7m en moyenne, ce qui était l'objectif visé.

Pour ce qui est de la hauteur de la corde de dos, le système Marport dont nous disposons ne permet pas d'enregistrement, mais uniquement des lectures en continu au cours du trait. Ces lectures confirment également que l'ouverture verticale reste très majoritairement comprise entre 2,0 et 2,20 m (les valeurs extrêmes au cours de traits validés s'échelonnent de 1,80 à 2,40 m au maximum), ouvertures comparables avec celles constatées avec les capteurs d'une autre marque utilisés (location) lors de la mise au point du chalut (Le Goff, Villanueva, Drogou et al, 2017a). A noter que ces données d'ouverture verticale ne sont pas utilisées pour le moment car les indices d'abondance produits ne reposent pas sur les volumes filtrés par le chalut au cours des traits. Seules sont utilisées les surfaces balayées par le chalut. Pour ce faire, les heures et positions de filage/virage de tous les traits sont enregistrées dans le système de navigation du projet qui comprend un PC doté du logiciel de navigation (« MaxSea »). Il permet le calcul des longueurs exactes de chaque trait, ce qui, multiplié par la largeur entre les pointes d'ailes, permet de calculer les surfaces balayées par le chalut.

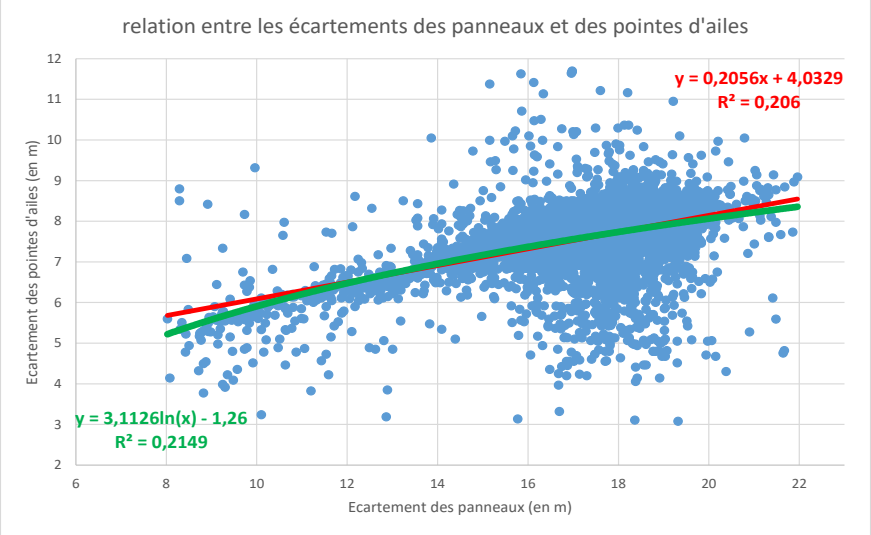
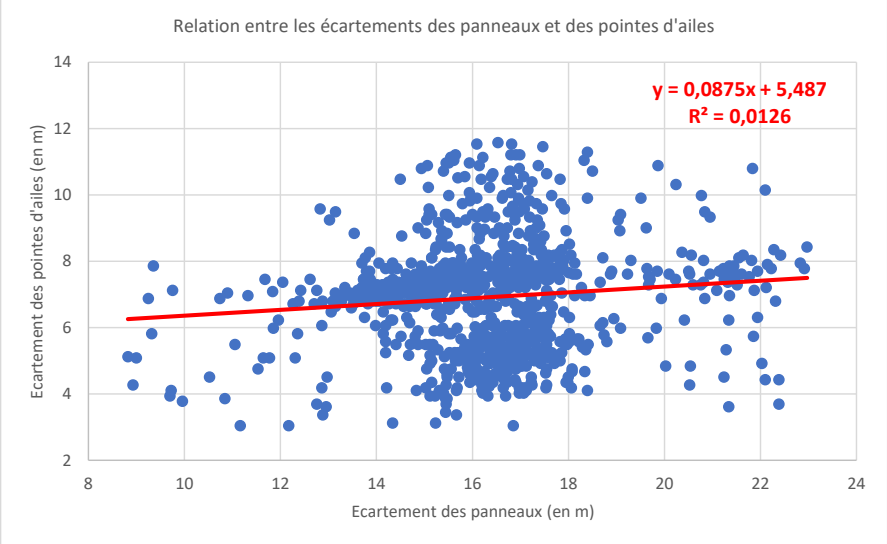
Douarnenez 2021	
Loire 2021	

Figure 222 : *enregistrements des écartements des pointes d'ailes inférieures en fonction des écartements des* ***panneaux du chalut Ifremer NourDem*** *à l'occasion des campagnes NourDem Douarnenez 202****I (haut) et NourDem 2019-2021/campagne Loire 2021. Les enregistrements sont très bruités, notamment par petits fonds, et les abaques produits peu exploitables.***

10.2 Annexe 2 : Séparation des classes d'âge

Les tableaux suivants présentent les séparations des classes d'âge réalisées pour certaines espèces présentant potentiellement des habitats différents selon leur âge et/ou à fort intérêt commercial ou patrimonial. Ils fournissent la probabilité d'appartenir à un groupe d'âge en fonction de la classe de taille des individus.

Les espèces pour lesquelles nous n'avons pas réalisé de séparation de cohorte sont indiquées « NO_GROUP » dans les tableaux.

Ces séparations sont réalisées à dire d'expert, par examen des distributions des tailles de capture et par analogie avec les distributions observées les années précédentes, ainsi que sur les autres sites. De ce fait, certaines espèces, non capturées sur un site, peuvent apparaitre dans les tableaux, mais ne seront pas prises en compte lors des traitements permettant la production des indices d'abondance.

Chez le bar, cette séparation repose à la fois sur l'analyse des distributions des tailles de capture et sur des lectures d'âge réalisées sur des écailles : les écailles de cette espèce présentent en effet des anneaux de croissance annuels, ce qui permet de conforter la séparation des différentes cohortes (5 dénombrements d'anneaux de croissance annuels par classe de taille de 1 cm).

Ces tableaux sont utilisés pour produire les indices d'abondance spécifiques. Ils ne sont valides que pour leur estuaire d'origine, et que pour l'année et la période de la campagne. Ils sont donc à réviser annuellement, en fonction des distributions de tailles constatées lors des campagnes de l'année N-1 et/ou des données obtenues par lecture de pièces calcifiées disponibles.

Seine 2017 (fin juillet/début août)

Seine 2017	TAILLE	GROUPE	PROBA_GROUPE
Abramis brama	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Agonus cataphractus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Alloteuthis	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Alosa alosa	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Alosa fallax	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Amblyraja radiata	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Ameiurus melas	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Ammodytes tobianus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Anguilla anguilla	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Aphia minuta	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Argyrosomus regius	[0,23)	G0	1
Argyrosomus regius	[23,42)	G1	1
Argyrosomus regius	[42,43)	G1	0.5
Argyrosomus regius	[42,43)	G2+	0.5
Argyrosomus regius	[43,Inf)	G2+	1
Arnoglossus laterna	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Atherina presbyter	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Aurelia	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Aurelia aurita	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Barbus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Belone belone	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Boops boops	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Buccinum undatum	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Buglossidium luteum	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Callionymus lyra	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Cancer pagurus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Cerastoderma edule	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Chelidonichthys cuculus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Chelidonichthys lucerna	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Chelon labrosus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Chrysaora hysoscella	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Ciliata mustela	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Clupea harengus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Conger conger	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Crangon crangon	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Crassostrea gigas	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Cyprinus carpio carpio	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Dicentrarchus labrax	[0,11)	G0	1
Dicentrarchus labrax	[11,12)	G0	0.5
Dicentrarchus labrax	[11,12)	G1	0.5
Dicentrarchus labrax	[12,20)	G1	1
Dicentrarchus labrax	[20,21)	G1	0.5
Dicentrarchus labrax	[20,21)	G2	0.5
Dicentrarchus labrax	[21,26)	G2	1
Dicentrarchus labrax	[26,27)	G2	0.75
Dicentrarchus labrax	[26,27)	G3+	0.25
Dicentrarchus labrax	[27,28)	G2	0.5
Dicentrarchus labrax	[27,28)	G3+	0.5
Dicentrarchus labrax	[28,29)	G2	0.25
Dicentrarchus labrax	[28,29)	G3+	0.75
Dicentrarchus labrax	[29,Inf)	G3+	1
Echiichthys vipera	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Enchelyopus cimbrius	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Engraulis encrasicolus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Eriocheir sinensis	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Eutrigla gurnardus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Gasterosteus aculeatus aculeatus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Gobius paganellus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Hyperoplus immaculatus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Hyperoplus lanceolatus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Lampetra fluviatilis	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Lesueurigobius friesii	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Leuciscus leuciscus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Leucoraja fullonica	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Limanda limanda	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Liza aurata	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Liza ramada	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Loligo vulgaris	[0,Inf)	NO_GROUP	1

Seine 2017	TAILLE	GROUPE	PROBA_GROUPE
Magallana	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Maja brachydactyla	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Merlangius merlangus	[0,19)	G0	1
Merlangius merlangus	[19,Inf)	G1+	1
Merluccius merluccius	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Mugil cephalus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Mullus surmuletus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Mustelus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Myoxocephalus scorpius	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Necora puber	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Osmerus eperlanus	[0,10)	G0	1
Osmerus eperlanus	[10,11)	G0	0.75
Osmerus eperlanus	[10,11)	G1+	0.25
Osmerus eperlanus	[11,12)	G0	0.25
Osmerus eperlanus	[11,12)	G1+	0.75
Osmerus eperlanus	[12,Inf)	G1+	1
Pagellus erythrinus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Palaemon	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Palaemon longirostris	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Palaemon serratus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Pecten maximus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Pegusa lascaris	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Petromyzon marinus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Platichthys flesus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Pleuronectes platessa	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Pollachius pollachius	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Pomatoschistus minutus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Raja brachyura	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Raja clavata	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Raja microocellata	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Raja montagui	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Raja undulata	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Ruditapes	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Salmo salar	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Salmo trutta	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Sander lucioperca	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Sardina pilchardus	[0,12)	G0	1
Sardina pilchardus	[12,12.5)	G0	0.5
Sardina pilchardus	[12,12.5)	G1+	0.5
Sardina pilchardus	[12.5,Inf)	G1+	1
Scardinius erythrophthalmus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Scomber scombrus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Scophthalmus maximus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Scophthalmus rhombus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Sepia elegans	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Sepia officinalis	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Sepiola	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Silurus glanis	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Solea solea	[0,13)	G0	1
Solea solea	[13,20)	G1	1
Solea solea	[20,21)	G1	0.75
Solea solea	[20,21)	G2+	0.25
Solea solea	[21,22)	G1	0.5
Solea solea	[21,22)	G2+	0.5
Solea solea	[22,23)	G1	0.25
Solea solea	[22,23)	G2+	0.75
Solea solea	[23,Inf)	G2+	1
Sparus aurata	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Spondyliosoma cantharus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Sprattus sprattus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Symphodus cinereus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Syngnathus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Syngnathus acus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Torpedo marmorata	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Trachurus mediterraneus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Trachurus trachurus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Trisopterus luscus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Trisopterus minutus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Venus verrucosa	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Zeus faber	[0,Inf)	NO_GROUP	1

Seine 2018 (fin juillet/début août)

Seine 2018	TAILLE	GROUPE	PROBA_GROUPE
Abramis brama	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Agonus cataphractus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Alloteuthis	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Alosa alosa	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Alosa fallax	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Amblyraja radiata	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Ameiurus melas	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Ammodytes tobianus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Anguilla anguilla	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Aphia minuta	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Argyrosomus regius	[0,23)	G0	1
Argyrosomus regius	[23,42)	G1	1
Argyrosomus regius	[42,43)	G1	0.5
Argyrosomus regius	[42,43)	G2+	0.5
Argyrosomus regius	[43,Inf)	G2+	1
Arnoglossus laterna	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Atherina presbyter	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Aurelia	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Aurelia aurita	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Barbus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Belone belone	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Boops boops	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Buccinum undatum	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Buglossidium luteum	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Callionymus lyra	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Cancer pagurus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Cerastoderma edule	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Chelidonichthys cuculus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Chelidonichthys lucerna	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Chelon labrosus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Chrysaora hysoscella	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Ciliata mustela	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Clupea harengus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Conger conger	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Crangon crangon	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Crassostrea gigas	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Cyprinus carpio carpio	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Dicentrarchus labrax	[0,11)	G0	1
Dicentrarchus labrax	[11,12)	G0	0.5
Dicentrarchus labrax	[11,12)	G1	0.5
Dicentrarchus labrax	[12,20)	G1	1
Dicentrarchus labrax	[20,21)	G1	0.5
Dicentrarchus labrax	[20,21)	G2	0.5
Dicentrarchus labrax	[21,26)	G2	1
Dicentrarchus labrax	[26,27)	G2	0.75
Dicentrarchus labrax	[26,27)	G3+	0.25
Dicentrarchus labrax	[27,28)	G2	0.5
Dicentrarchus labrax	[27,28)	G3+	0.5
Dicentrarchus labrax	[28,29)	G2	0.25
Dicentrarchus labrax	[28,29)	G3+	0.75
Dicentrarchus labrax	[29,Inf)	G3+	1
Echiichthys vipera	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Enchelyopus cimbrius	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Engraulis encrasicolus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Eriocheir sinensis	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Eutrigla gurnardus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Gasterosteus aculeatus aculeatus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Gobius paganellus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Hyperoplus immaculatus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Hyperoplus lanceolatus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Lampetra fluviatilis	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Lesueurigobius friesii	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Leuciscus leuciscus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Leucoraja fullonica	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Limanda limanda	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Liza aurata	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Liza ramada	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Loligo vulgaris	[0,Inf)	NO_GROUP	1

Seine 2018	TAILLE	GROUPE	PROBA_GROUPE
Magallana	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Maja brachydactyla	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Merlangius merlangus	[0,19)	G0	1
Merlangius merlangus	[19,Inf)	G1+	1
Merluccius merluccius	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Mugil cephalus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Mullus surmuletus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Mustelus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Myoxocephalus scorpius	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Necora puber	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Osmerus eperlanus	[0,10)	G0	1
Osmerus eperlanus	[10,11)	G0	0.75
Osmerus eperlanus	[10,11)	G1+	0.25
Osmerus eperlanus	[11,12)	G0	0.25
Osmerus eperlanus	[11,12)	G1+	0.75
Osmerus eperlanus	[12,Inf)	G1+	1
Pagellus erythrinus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Palaemon	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Palaemon longirostris	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Palaemon serratus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Pecten maximus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Pegusa lascaris	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Petromyzon marinus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Platichthys flesus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Pleuronectes platessa	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Pollachius pollachius	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Pomatoschistus minutus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Raja brachyura	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Raja clavata	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Raja microocellata	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Raja montagui	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Raja undulata	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Ruditapes	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Salmo salar	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Salmo trutta	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Sander lucioperca	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Sardina pilchardus	[0,12)	G0	1
Sardina pilchardus	[12,12.5)	G0	0.5
Sardina pilchardus	[12,12.5)	G1+	0.5
Sardina pilchardus	[12.5,Inf)	G1+	1
Scardinius erythrophthalmus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Scomber scombrus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Scophthalmus maximus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Scophthalmus rhombus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Sepia elegans	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Sepia officinalis	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Sepiola	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Silurus glanis	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Solea solea	[0,13)	G0	1
Solea solea	[13,20)	G1	1
Solea solea	[20,21)	G1	0.9
Solea solea	[20,21)	G2+	0.1
Solea solea	[21,22)	G1	0.75
Solea solea	[21,22)	G2+	0.25
Solea solea	[22,23)	G1	0.5
Solea solea	[22,23)	G2+	0.5
Solea solea	[23,Inf)	G2+	1
Sparus aurata	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Spondyliosoma cantharus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Sprattus sprattus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Symphodus cinereus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Syngnathus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Syngnathus acus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Torpedo marmorata	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Trachurus mediterraneus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Trachurus trachurus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Trisopterus luscus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Trisopterus minutus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Venus verrucosa	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Zeus faber	[0,Inf)	NO_GROUP	1

Seine 2019 (fin juillet/début août

Seine 2019	TAILLE	GROUPE	PROBA_GROUPE
Abramis brama	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Agonus cataphractus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Alloteuthis	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Alosa alosa	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Alosa fallax	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Amblyraja radiata	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Ameiurus melas	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Ammodytes tobianus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Anguilla anguilla	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Aphia minuta	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Argyrosomus regius	[0,23)	G0	1
Argyrosomus regius	[23,42)	G1	1
Argyrosomus regius	[42,43)	G1	0.5
Argyrosomus regius	[42,43)	G2+	0.5
Argyrosomus regius	[43,Inf)	G2+	1
Arnoglossus laterna	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Atherina presbyter	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Aurelia	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Aurelia aurita	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Barbus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Belone belone	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Boops boops	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Buccinum undatum	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Buglossidium luteum	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Callionymus lyra	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Cancer pagurus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Cerastoderma edule	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Chelidonichthys cuculus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Chelidonichthys lucerna	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Chelon labrosus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Chrysaora hysoscella	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Ciliata mustela	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Clupea harengus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Conger conger	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Crangon crangon	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Crassostrea gigas	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Cyprinus carpio carpio	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Dicentrarchus labrax	[0,12)	G0	1
Dicentrarchus labrax	[12,13)	G0	0.5
Dicentrarchus labrax	[12,13)	G1	0.5
Dicentrarchus labrax	[13,20)	G1	1
Dicentrarchus labrax	[20,21)	G1	0.5
Dicentrarchus labrax	[20,21)	G2	0.5
Dicentrarchus labrax	[21,26)	G2	1
Dicentrarchus labrax	[26,27)	G2	0.75
Dicentrarchus labrax	[26,27)	G3+	0.25
Dicentrarchus labrax	[27,28)	G2	0.5
Dicentrarchus labrax	[27,28)	G3+	0.5
Dicentrarchus labrax	[28,29)	G2	0.25
Dicentrarchus labrax	[28,29)	G3+	0.75
Dicentrarchus labrax	[29,Inf)	G3+	1
Echiichthys vipera	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Enchelyopus cimbrius	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Engraulis encrasicolus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Eriocheir sinensis	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Eutrigla gurnardus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Gasterosteus aculeatus aculeatus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Gobius paganellus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Hyperoplus immaculatus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Hyperoplus lanceolatus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Lampetra fluviatilis	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Lesueurigobius friesii	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Leuciscus leuciscus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Leucoraja fullonica	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Limanda limanda	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Liza aurata	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Liza ramada	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Loligo vulgaris	[0,Inf)	NO_GROUP	1

Seine 2019	TAILLE	GROUPE	PROBA_GROUPE
Magallana	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Maja brachydactyla	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Merlangius merlangus	[0,19)	G0	1
Merlangius merlangus	[19,Inf)	G1+	1
Merluccius merluccius	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Mugil cephalus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Mullus surmuletus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Mustelus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Myoxocephalus scorpius	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Necora puber	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Osmerus eperlanus	[0,10)	G0	1
Osmerus eperlanus	[10,11)	G0	0.75
Osmerus eperlanus	[10,11)	G1+	0.25
Osmerus eperlanus	[11,12)	G0	0.25
Osmerus eperlanus	[11,12)	G1+	0.75
Osmerus eperlanus	[12,Inf)	G1+	1
Pagellus erythrinus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Palaemon	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Palaemon longirostris	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Palaemon serratus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Pecten maximus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Pegusa lascaris	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Petromyzon marinus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Platichthys flesus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Pleuronectes platessa	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Pollachius pollachius	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Pomatoschistus minutus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Raja brachyura	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Raja clavata	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Raja microocellata	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Raja montagui	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Raja undulata	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Ruditapes	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Salmo salar	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Salmo trutta	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Sander lucioperca	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Sardina pilchardus	[0,12)	G0	1
Sardina pilchardus	[12,12.5)	G0	0.5
Sardina pilchardus	[12,12.5)	G1+	0.5
Sardina pilchardus	[12.5,Inf)	G1+	1
Scardinius erythrophthalmus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Scomber scombrus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Scophthalmus maximus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Scophthalmus rhombus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Sepia elegans	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Sepia officinalis	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Sepiola	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Silurus glanis	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Solea solea	[0,13)	G0	1
Solea solea	[13,14)	G0	0.5
Solea solea	[13,14)	G1	0.5
Solea solea	[14,22)	G1	1
Solea solea	[22,23)	G1	0.5
Solea solea	[22,23)	G2+	0.5
Solea solea	[23,Inf)	G2+	1
Sparus aurata	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Spondyliosoma cantharus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Sprattus sprattus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Symphodus cinereus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Syngnathus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Syngnathus acus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Torpedo marmorata	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Trachurus mediterraneus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Trachurus trachurus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Trisopterus luscus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Trisopterus minutus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Venus verrucosa	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Zeus faber	[0,Inf)	NO_GROUP	1

Seine 2020 (fin juillet/début août)

Seine 2020	TAILLE	GROUPE	PROBA_GROUPE
Abramis brama	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Agonus cataphractus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Alloteuthis	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Alosa alosa	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Alosa fallax	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Amblyraja radiata	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Ameiurus melas	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Ammodytes tobianus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Anguilla anguilla	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Aphia minuta	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Argyrosomus regius	[0,23)	G0	1
Argyrosomus regius	[23,42)	G1	1
Argyrosomus regius	[42,43)	G1	0.5
Argyrosomus regius	[42,43)	G2+	0.5
Argyrosomus regius	[43,Inf)	G2+	1
Arnoglossus laterna	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Atherina presbyter	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Aurelia	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Aurelia aurita	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Barbus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Belone belone	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Boops boops	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Buccinum undatum	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Buglossidium luteum	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Callionymus lyra	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Cancer pagurus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Cerastoderma edule	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Chelidonichthys cuculus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Chelidonichthys lucerna	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Chelon labrosus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Chrysaora hysoscella	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Ciliata mustela	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Clupea harengus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Conger conger	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Crangon crangon	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Crassostrea gigas	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Cyprinus carpio carpio	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Dicentrarchus labrax	[0,11)	G0	1
Dicentrarchus labrax	[11,19)	G1	1
Dicentrarchus labrax	[19,25)	G2	1
Dicentrarchus labrax	[25,26)	G2	0.5
Dicentrarchus labrax	[25,26)	G3+	0.5
Dicentrarchus labrax	[26,27)	G2	0.1
Dicentrarchus labrax	[26,27)	G3+	0.9
Dicentrarchus labrax	[27,Inf)	G3+	1
Echiichthys vipera	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Enchelyopus cimbrius	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Engraulis encrasicolus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Eriocheir sinensis	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Eutrigla gurnardus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Gasterosteus aculeatus aculeatus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Gobius paganellus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Hyperoplus immaculatus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Hyperoplus lanceolatus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Lampetra fluviatilis	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Lesueurigobius friesii	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Leuciscus leuciscus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Leucoraja fullonica	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Limanda limanda	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Liza aurata	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Liza ramada	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Loligo vulgaris	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Magallana	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Maja brachydactyla	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Merlangius merlangus	[0,19)	G0	1
Merlangius merlangus	[19,Inf)	G1+	1
Merluccius merluccius	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Mugil cephalus	[0,Inf)	NO_GROUP	1

Seine 2020	TAILLE	GROUPE	PROBA_GROUPE
Mullus surmuletus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Mustelus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Myoxocephalus scorpius	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Necora puber	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Osmerus eperlanus	[0,10)	G0	1
Osmerus eperlanus	[10,11)	G0	0.75
Osmerus eperlanus	[10,11)	G1+	0.25
Osmerus eperlanus	[11,12)	G0	0.25
Osmerus eperlanus	[11,12)	G1+	0.75
Osmerus eperlanus	[12,Inf)	G1+	1
Pagellus erythrinus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Palaemon	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Palaemon longirostris	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Palaemon serratus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Pecten maximus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Pegusa lascaris	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Petromyzon marinus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Platichthys flesus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Pleuronectes platessa	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Pollachius pollachius	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Pomatoschistus minutus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Raja brachyura	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Raja clavata	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Raja microocellata	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Raja montagui	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Raja undulata	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Ruditapes	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Salmo salar	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Salmo trutta	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Sander lucioperca	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Sardina pilchardus	[0,12)	G0	1
Sardina pilchardus	[12,12.5)	G0	0.5
Sardina pilchardus	[12,12.5)	G1+	0.5
Sardina pilchardus	[12.5,Inf)	G1+	1
Scardinius erythrophthalmus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Scomber scombrus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Scophthalmus maximus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Scophthalmus rhombus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Sepia elegans	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Sepia officinalis	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Sepiola	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Silurus glanis	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Solea solea	[0,13)	G0	1
Solea solea	[13,14)	G0	0.5
Solea solea	[13,14)	G1	0.5
Solea solea	[14,22)	G1	1
Solea solea	[22,23)	G1	0.5
Solea solea	[22,23)	G2+	0.5
Solea solea	[23,Inf)	G2+	1
Sparus aurata	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Spondyliosoma cantharus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Sprattus sprattus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Symphodus cinereus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Syngnathus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Syngnathus acus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Torpedo marmorata	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Trachurus mediterraneus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Trachurus trachurus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Trisopterus luscus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Trisopterus minutus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Venus verrucosa	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Zeus faber	[0,Inf)	NO_GROUP	1

Seine 2021 (fin juillet/début août)

Seine 2021	TAILLE	GROUPE	PROBA_GROUPE
Abramis brama	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Agonus cataphractus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Alloteuthis	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Alosa alosa	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Alosa fallax	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Amblyraja radiata	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Ameiurus melas	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Ammodytes tobianus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Anguilla anguilla	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Aphia minuta	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Argyrosomus regius	[0,19)	G0	1
Argyrosomus regius	[19,40)	G1	1
Argyrosomus regius	[40,41)	G1	0.5
Argyrosomus regius	[40,41)	G2+	0.5
Argyrosomus regius	[41,Inf)	G2+	1
Arnoglossus laterna	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Atherina presbyter	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Aurelia	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Aurelia aurita	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Barbus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Belone belone	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Boops boops	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Buccinum undatum	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Buglossidium luteum	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Callionymus lyra	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Cancer pagurus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Cerastoderma edule	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Chelidonichthys cuculus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Chelidonichthys lucerna	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Chelon labrosus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Chrysaora hysoscella	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Ciliata mustela	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Clupea harengus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Conger conger	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Crangon crangon	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Crassostrea gigas	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Cyprinus carpio carpio	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Dicentrarchus labrax	[0,11)	G0	1
Dicentrarchus labrax	[11,19)	G1	1
Dicentrarchus labrax	[19,25)	G2	1
Dicentrarchus labrax	[25,26)	G2	0.5
Dicentrarchus labrax	[25,26)	G3+	0.5
Dicentrarchus labrax	[26,27)	G2	0.1
Dicentrarchus labrax	[26,27)	G3+	0.9
Dicentrarchus labrax	[27,Inf)	G3+	1
Echiichthys vipera	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Enchelyopus cimbrius	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Engraulis encrasicolus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Eriocheir sinensis	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Eutrigla gurnardus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Gasterosteus aculeatus aculeatus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Gobius paganellus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Hyperoplus immaculatus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Hyperoplus lanceolatus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Lampetra fluviatilis	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Lesueurigobius friesii	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Leuciscus leuciscus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Leucoraja fullonica	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Limanda limanda	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Liza aurata	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Liza ramada	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Loligo vulgaris	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Magallana	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Maja brachydactyla	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Merlangius merlangus	[0,19)	G0	1
Merlangius merlangus	[19,Inf)	G1+	1
Merluccius merluccius	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Mugil cephalus	[0,Inf)	NO_GROUP	1

Seine 2021	TAILLE	GROUPE	PROBA_GROUPE
Mullus surmuletus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Mustelus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Myoxocephalus scorpius	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Necora puber	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Osmerus eperlanus	[0,10)	G0	1
Osmerus eperlanus	[10,11)	G0	0.75
Osmerus eperlanus	[10,11)	G1+	0.25
Osmerus eperlanus	[11,12)	G0	0.25
Osmerus eperlanus	[11,12)	G1+	0.75
Osmerus eperlanus	[12,Inf)	G1+	1
Pagellus erythrinus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Palaemon	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Palaemon longirostris	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Palaemon serratus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Pecten maximus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Pegusa lascaris	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Petromyzon marinus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Platichthys flesus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Pleuronectes platessa	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Pollachius pollachius	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Pomatoschistus minutus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Raja brachyura	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Raja clavata	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Raja microocellata	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Raja montagui	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Raja undulata	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Ruditapes	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Salmo salar	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Salmo trutta	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Sander lucioperca	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Sardina pilchardus	[0,12)	G0	1
Sardina pilchardus	[12,12.5)	G0	0.5
Sardina pilchardus	[12,12.5)	G1+	0.5
Sardina pilchardus	[12.5,Inf)	G1+	1
Scardinius erythrophthalmus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Scomber scombrus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Scophthalmus maximus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Scophthalmus rhombus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Sepia elegans	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Sepia officinalis	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Sepiola	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Silurus glanis	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Solea solea	[0,13)	G0	1
Solea solea	[13,21)	G1	1
Solea solea	[21,22)	G1	0.5
Solea solea	[21,22)	G1	0.5
Solea solea	[22,Inf)	G2+	1
Sparus aurata	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Spondyliosoma cantharus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Sprattus sprattus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Symphodus cinereus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Syngnathus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Syngnathus acus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Torpedo marmorata	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Trachurus mediterraneus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Trachurus trachurus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Trisopterus luscus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Trisopterus minutus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Venus verrucosa	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Zeus faber	[0,Inf)	NO_GROUP	1

Loire 2016 (fin juin/début juillet)

Loire 2016	TAILLE	GROUPE	PROBA_GROUPE
Abramis brama	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Alloteuthis	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Alosa alosa	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Alosa fallax	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Amblyraja radiata	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Ameiurus melas	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Ammodytes tobianus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Anguilla anguilla	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Aphia minuta	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Argyrosomus regius	[0,23)	G0	1
Argyrosomus regius	[23,42)	G1	1
Argyrosomus regius	[42,43)	G1	0.5
Argyrosomus regius	[42,43)	G2+	0.5
Argyrosomus regius	[43,Inf)	G2+	1
Arnoglossus laterna	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Atherina presbyter	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Aurelia aurita	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Barbus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Belone belone	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Boops boops	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Callionymus lyra	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Cerastoderma edule	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Chelidonichthys cuculus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Chelidonichthys lucerna	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Chelon labrosus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Chrysaora hysoscella	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Conger conger	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Crangon crangon	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Crassostrea gigas	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Cyprinus carpio carpio	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Dicentrarchus labrax	[0,10)	G0	1
Dicentrarchus labrax	[10,11)	G0	0.5
Dicentrarchus labrax	[10,11)	G1	0.5
Dicentrarchus labrax	[11,15)	G1	1
Dicentrarchus labrax	[15,16)	G1	0.5
Dicentrarchus labrax	[15,16)	G2	0.5
Dicentrarchus labrax	[16,17)	G1	0.1
Dicentrarchus labrax	[16,17)	G2	0.9
Dicentrarchus labrax	[17,23)	G2	1
Dicentrarchus labrax	[23,24)	G2	0.75
Dicentrarchus labrax	[23,24)	G3+	0.25
Dicentrarchus labrax	[24,25)	G2	0.4
Dicentrarchus labrax	[24,25)	G3+	0.6
Dicentrarchus labrax	[25,26)	G2	0.1
Dicentrarchus labrax	[25,26)	G3+	0.9
Dicentrarchus labrax	[26,Inf)	G3+	1
Dicentrarchus punctatus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Echiichthys vipera	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Engraulis encrasicolus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Eutrigla gurnardus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Gasterosteus aculeatus aculeatus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Gobius paganellus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Hyperoplus immaculatus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Hyperoplus lanceolatus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Lesueurigobius friesii	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Leuciscus leuciscus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Leucoraja fullonica	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Liza aurata	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Liza ramada	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Loligo vulgaris	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Magallana	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Maja brachydactyla	[0,Inf)	NO_GROUP	1

Loire 2016	TAILLE	GROUPE	PROBA_GROUPE
Merlangius merlangus	[0,16)	G0	1
Merlangius merlangus	[16,17)	G0	0.9
Merlangius merlangus	[16,17)	G1+	0.1
Merlangius merlangus	[17,18)	G0	0.3
Merlangius merlangus	[17,18)	G1+	0.7
Merlangius merlangus	[18,Inf)	G1+	1
Merluccius merluccius	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Mugil cephalus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Mullus surmuletus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Necora puber	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Osmerus eperlanus	[0,11)	G0	1
Osmerus eperlanus	[11,12)	G0	0.75
Osmerus eperlanus	[11,12)	G1+	0.25
Osmerus eperlanus	[12,13)	G0	0.25
Osmerus eperlanus	[12,13)	G1+	0.75
Osmerus eperlanus	[13,Inf)	G1+	1
Pagellus erythrinus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Palaemon longirostris	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Palaemon serratus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Pegusa lascaris	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Platichthys flesus	[0,10)	G0	1
Platichthys flesus	[10,11)	G0	0.75
Platichthys flesus	[10,11)	G1+	0.25
Platichthys flesus	[11,12)	G0	0.25
Platichthys flesus	[11,12)	G1+	0.75
Platichthys flesus	[12,Inf)	G1+	1
Pleuronectes platessa	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Pollachius pollachius	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Pomatoschistus minutus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Raja brachyura	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Raja microocellata	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Raja undulata	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Ruditapes	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Salmo salar	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Sander lucioperca	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Sardina pilchardus	[0,12)	G0	1
Sardina pilchardus	[12,12.5)	G0	0.5
Sardina pilchardus	[12,12.5)	G1+	0.5
Sardina pilchardus	[12.5,Inf)	G1+	1
Scardinius erythrophthalmus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Scomber scombrus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Scophthalmus maximus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Scophthalmus rhombus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Sepia officinalis	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Sepiola	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Silurus glanis	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Solea solea	[0,10)	G0	1
Solea solea	[10,20)	G1	1
Solea solea	[20,21)	G1	0.9
Solea solea	[20,21)	G2+	0.1
Solea solea	[21,22)	G1	0.5
Solea solea	[21,22)	G2+	0.5
Solea solea	[22,23)	G1	0.2
Solea solea	[22,23)	G2+	0.8
Solea solea	[23,Inf)	G2+	1
Spondyliosoma cantharus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Sprattus sprattus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Symphodus cinereus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Syngnathus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Torpedo marmorata	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Trachurus mediterraneus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Trachurus trachurus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Trisopterus luscus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Trisopterus minutus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Venus verrucosa	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Zeus faber	[0,Inf)	NO_GROUP	1

Loire 2017 (fin juin/début juillet)

Loire 2017	TAILLE	GROUPE	PROBA_GROUPE
Abramis brama	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Alloteuthis	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Alosa alosa	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Alosa fallax	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Amblyraja radiata	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Ameiurus melas	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Ammodytes tobianus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Anguilla anguilla	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Aphia minuta	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Argyrosomus regius	[0,23)	G0	1
Argyrosomus regius	[23,42)	G1	1
Argyrosomus regius	[42,43)	G1	0.5
Argyrosomus regius	[42,43)	G2+	0.5
Argyrosomus regius	[43,Inf)	G2+	1
Arnoglossus laterna	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Atherina presbyter	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Aurelia aurita	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Barbus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Belone belone	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Boops boops	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Callionymus lyra	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Cerastoderma edule	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Chelidonichthys cuculus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Chelidonichthys lucerna	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Chelon labrosus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Chrysaora hysoscella	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Conger conger	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Crangon crangon	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Crassostrea gigas	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Cyprinus carpio carpio	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Dicentrarchus labrax	[0,10)	G0	1
Dicentrarchus labrax	[10,11)	G0	0.5
Dicentrarchus labrax	[10,11)	G1	0.5
Dicentrarchus labrax	[11,19)	G1	1
Dicentrarchus labrax	[19,20)	G1	0.5
Dicentrarchus labrax	[19,20)	G2	0.5
Dicentrarchus labrax	[20,21)	G1	0.1
Dicentrarchus labrax	[20,21)	G2	0.9
Dicentrarchus labrax	[21,24)	G2	1
Dicentrarchus labrax	[24,25)	G2	0.75
Dicentrarchus labrax	[24,25)	G3+	0.25
Dicentrarchus labrax	[25,26)	G2	0.4
Dicentrarchus labrax	[25,26)	G3+	0.6
Dicentrarchus labrax	[26,27)	G2	0.1
Dicentrarchus labrax	[26,27)	G3+	0.9
Dicentrarchus labrax	[27,Inf)	G3+	1
Dicentrarchus punctatus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Echiichthys vipera	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Engraulis encrasicolus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Eutrigla gurnardus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Gasterosteus aculeatus aculeatus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Gobius paganellus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Hyperoplus immaculatus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Hyperoplus lanceolatus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Lesueurigobius friesii	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Leuciscus leuciscus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Leucoraja fullonica	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Liza aurata	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Liza ramada	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Loligo vulgaris	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Magallana	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Maja brachydactyla	[0,Inf)	NO_GROUP	1

Loire 2017	TAILLE	GROUPE	PROBA_GROUPE
Merlangius merlangus	[0,16)	G0	1
Merlangius merlangus	[16,17)	G0	0.9
Merlangius merlangus	[16,17)	G1+	0.1
Merlangius merlangus	[17,18)	G0	0.3
Merlangius merlangus	[17,18)	G1+	0.7
Merlangius merlangus	[18,Inf)	G1+	1
Merluccius merluccius	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Mugil cephalus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Mullus surmuletus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Necora puber	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Osmerus eperlanus	[0,11)	G0	1
Osmerus eperlanus	[11,12)	G0	0.75
Osmerus eperlanus	[11,12)	G1+	0.25
Osmerus eperlanus	[12,13)	G0	0.25
Osmerus eperlanus	[12,13)	G1+	0.75
Osmerus eperlanus	[13,Inf)	G1+	1
Pagellus erythrinus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Palaemon longirostris	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Palaemon serratus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Pegusa lascaris	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Platichthys flesus	[0,10)	G0	1
Platichthys flesus	[10,11)	G0	0.75
Platichthys flesus	[10,11)	G1+	0.25
Platichthys flesus	[11,12)	G0	0.25
Platichthys flesus	[11,12)	G1+	0.75
Platichthys flesus	[12,Inf)	G1+	1
Pleuronectes platessa	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Pollachius pollachius	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Pomatoschistus minutus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Raja brachyura	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Raja microocellata	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Raja undulata	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Ruditapes	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Salmo salar	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Sander lucioperca	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Sardina pilchardus	[0,12)	G0	1
Sardina pilchardus	[12,12.5)	G0	0.5
Sardina pilchardus	[12,12.5)	G1+	0.5
Sardina pilchardus	[12.5,Inf)	G1+	1
Scardinius erythrophthalmus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Scomber scombrus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Scophthalmus maximus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Scophthalmus rhombus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Sepia officinalis	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Sepiola	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Silurus glanis	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Solea solea	[0,11)	G0	1
Solea solea	[11,20)	G1	1
Solea solea	[20,21)	G1	0.9
Solea solea	[20,21)	G2+	0.1
Solea solea	[21,22)	G1	0.5
Solea solea	[21,22)	G2+	0.5
Solea solea	[22,23)	G1	0.2
Solea solea	[22,23)	G2+	0.8
Solea solea	[23,Inf)	G2+	1
Spondyliosoma cantharus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Sprattus sprattus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Symphodus cinereus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Syngnathus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Torpedo marmorata	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Trachurus mediterraneus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Trachurus trachurus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Trisopterus luscus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Trisopterus minutus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Venus verrucosa	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Zeus faber	[0,Inf)	NO_GROUP	1

Loire 2018 (fin juin/début juillet)

Loire 2018	TAILLE	GROUPE	PROBA_GROUPE
Abramis brama	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Alloteuthis	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Alosa alosa	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Alosa fallax	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Amblyraja radiata	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Ameiurus melas	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Ammodytes tobianus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Anguilla anguilla	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Aphia minuta	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Argyrosomus regius	[0,23)	G0	1
Argyrosomus regius	[23,42)	G1	1
Argyrosomus regius	[42,43)	G1	0.5
Argyrosomus regius	[42,43)	G2+	0.5
Argyrosomus regius	[43,Inf)	G2+	1
Arnoglossus laterna	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Atherina presbyter	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Aurelia aurita	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Barbus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Belone belone	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Boops boops	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Callionymus lyra	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Cerastoderma edule	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Chelidonichthys cuculus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Chelidonichthys lucerna	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Chelon labrosus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Chrysaora hysoscella	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Conger conger	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Crangon crangon	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Crassostrea gigas	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Cyprinus carpio carpio	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Dicentrarchus labrax	[0,10)	G0	1
Dicentrarchus labrax	[10,11)	G0	0.5
Dicentrarchus labrax	[10,11)	G1	0.5
Dicentrarchus labrax	[11,19)	G1	1
Dicentrarchus labrax	[19,20)	G1	0.5
Dicentrarchus labrax	[19,20)	G2	0.5
Dicentrarchus labrax	[20,21)	G1	0.1
Dicentrarchus labrax	[20,21)	G2	0.9
Dicentrarchus labrax	[21,28)	G2	1
Dicentrarchus labrax	[28,29)	G2	0.75
Dicentrarchus labrax	[28,29)	G3+	0.25
Dicentrarchus labrax	[29,30)	G2	0.25
Dicentrarchus labrax	[29,30)	G3+	0.75
Dicentrarchus labrax	[30,Inf)	G3+	1
Dicentrarchus punctatus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Echiichthys vipera	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Engraulis encrasicolus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Eutrigla gurnardus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Gasterosteus aculeatus aculeatus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Gobius paganellus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Hyperoplus immaculatus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Hyperoplus lanceolatus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Lesueurigobius friesii	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Leuciscus leuciscus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Leucoraja fullonica	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Liza aurata	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Liza ramada	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Loligo vulgaris	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Magallana	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Maja brachydactyla	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Merlangius merlangus	[0,16)	G0	1
Merlangius merlangus	[16,17)	G0	0.9
Merlangius merlangus	[16,17)	G1+	0.1
Merlangius merlangus	[17,18)	G0	0.3
Merlangius merlangus	[17,18)	G1+	0.7
Merlangius merlangus	[18,Inf)	G1+	1

Loire 2018	TAILLE	GROUPE	PROBA_GROUPE
Merluccius merluccius	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Mugil cephalus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Mullus surmuletus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Necora puber	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Osmerus eperlanus	[0,11)	G0	1
Osmerus eperlanus	[11,12)	G0	0.75
Osmerus eperlanus	[11,12)	G1+	0.25
Osmerus eperlanus	[12,13)	G0	0.25
Osmerus eperlanus	[12,13)	G1+	0.75
Osmerus eperlanus	[13,Inf)	G1+	1
Pagellus erythrinus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Palaemon longirostris	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Palaemon serratus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Pegusa lascaris	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Platichthys flesus	[0,10)	G0	1
Platichthys flesus	[10,11)	G0	0.75
Platichthys flesus	[10,11)	G1+	0.25
Platichthys flesus	[11,12)	G0	0.25
Platichthys flesus	[11,12)	G1+	0.75
Platichthys flesus	[12,Inf)	G1+	1
Pleuronectes platessa	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Pollachius pollachius	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Pomatoschistus minutus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Raja brachyura	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Raja microocellata	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Raja undulata	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Ruditapes	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Salmo salar	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Sander lucioperca	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Sardina pilchardus	[0,12)	G0	1
Sardina pilchardus	[12,12.5)	G0	0.5
Sardina pilchardus	[12,12.5)	G1+	0.5
Sardina pilchardus	[12.5,Inf)	G1+	1
Scardinius erythrophthalmus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Scomber scombrus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Scophthalmus maximus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Scophthalmus rhombus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Sepia officinalis	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Sepiola	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Silurus glanis	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Solea solea	[0,11)	G0	1
Solea solea	[11,23)	G1	1
Solea solea	[23,Inf)	G2+	1
Spondyliosoma cantharus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Sprattus sprattus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Symphodus cinereus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Syngnathus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Torpedo marmorata	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Trachurus mediterraneus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Trachurus trachurus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Trisopterus luscus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Trisopterus minutus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Venus verrucosa	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Zeus faber	[0,Inf)	NO_GROUP	1

Loire 2019 (fin juin/début juillet)

Loire 2019	TAILLE	GROUPE	PROBA_GROUPE
Abramis brama	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Alloteuthis	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Alosa alosa	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Alosa fallax	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Amblyraja radiata	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Ameiurus melas	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Ammodytes tobianus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Anguilla anguilla	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Aphia minuta	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Argyrosomus regius	[0,23)	G0	1
Argyrosomus regius	[23,42)	G1	1
Argyrosomus regius	[42,43)	G1	0.5
Argyrosomus regius	[42,43)	G2+	0.5
Argyrosomus regius	[43,Inf)	G2+	1
Arnoglossus laterna	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Atherina presbyter	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Aurelia aurita	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Barbus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Belone belone	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Boops boops	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Callionymus lyra	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Cerastoderma edule	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Chelidonichthys cuculus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Chelidonichthys lucerna	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Chelon labrosus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Chrysaora hysoscella	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Conger conger	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Crangon crangon	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Crassostrea gigas	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Cyprinus carpio carpio	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Dicentrarchus labrax	[0,10)	G0	1
Dicentrarchus labrax	[10,11)	G0	0.5
Dicentrarchus labrax	[10,11)	G1	0.5
Dicentrarchus labrax	[11,20)	G1	1
Dicentrarchus labrax	[20,21)	G1	0.5
Dicentrarchus labrax	[20,21)	G2	0.5
Dicentrarchus labrax	[21,28)	G2	1
Dicentrarchus labrax	[28,29)	G2	0.75
Dicentrarchus labrax	[28,29)	G3+	0.25
Dicentrarchus labrax	[29,30)	G2	0.25
Dicentrarchus labrax	[29,30)	G3+	0.75
Dicentrarchus labrax	[30,Inf)	G3+	1
Dicentrarchus punctatus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Echiichthys vipera	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Engraulis encrasicolus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Eutrigla gurnardus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Gasterosteus aculeatus aculeatus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Gobius paganellus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Hyperoplus immaculatus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Hyperoplus lanceolatus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Lesueurigobius friesii	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Leuciscus leuciscus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Leucoraja fullonica	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Liza aurata	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Liza ramada	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Loligo vulgaris	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Magallana	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Maja brachydactyla	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Merlangius merlangus	[0,16)	G0	1
Merlangius merlangus	[16,17)	G0	0.9
Merlangius merlangus	[16,17)	G1+	0.1
Merlangius merlangus	[17,18)	G0	0.3
Merlangius merlangus	[17,18)	G1+	0.7
Merlangius merlangus	[18,Inf)	G1+	1

Loire 2019	TAILLE	GROUPE	PROBA_GROUPE
Merluccius merluccius	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Mugil cephalus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Mullus surmuletus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Necora puber	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Osmerus eperlanus	[0,11)	G0	1
Osmerus eperlanus	[11,12)	G0	0.75
Osmerus eperlanus	[11,12)	G1+	0.25
Osmerus eperlanus	[12,13)	G0	0.25
Osmerus eperlanus	[12,13)	G1+	0.75
Osmerus eperlanus	[13,Inf)	G1+	1
Pagellus erythrinus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Palaemon longirostris	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Palaemon serratus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Pegusa lascaris	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Platichthys flesus	[0,10)	G0	1
Platichthys flesus	[10,11)	G0	0.75
Platichthys flesus	[10,11)	G1+	0.25
Platichthys flesus	[11,12)	G0	0.25
Platichthys flesus	[11,12)	G1+	0.75
Platichthys flesus	[12,Inf)	G1+	1
Pleuronectes platessa	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Pollachius pollachius	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Pomatoschistus minutus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Raja brachyura	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Raja microocellata	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Raja undulata	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Ruditapes	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Salmo salar	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Sander lucioperca	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Sardina pilchardus	[0,12)	G0	1
Sardina pilchardus	[12,12.5)	G0	0.5
Sardina pilchardus	[12,12.5)	G1+	0.5
Sardina pilchardus	[12.5,Inf)	G1+	1
Scardinius erythrophthalmus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Scomber scombrus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Scophthalmus maximus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Scophthalmus rhombus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Sepia officinalis	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Sepiola	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Silurus glanis	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Solea solea	[0,11)	G0	1
Solea solea	[11,23)	G1	1
Solea solea	[23,Inf)	G2+	1
Spondyliosoma cantharus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Sprattus sprattus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Symphodus cinereus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Syngnathus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Torpedo marmorata	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Trachurus mediterraneus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Trachurus trachurus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Trisopterus luscus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Trisopterus minutus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Venus verrucosa	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Zeus faber	[0,Inf)	NO_GROUP	1

Loire 2020 (fin juin/début juillet)

Loire 2020	TAILLE	GROUPE	PROBA_GROUPE
Abramis brama	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Alloteuthis	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Alosa alosa	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Alosa fallax	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Amblyraja radiata	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Ameiurus melas	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Ammodytes tobianus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Anguilla anguilla	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Aphia minuta	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Argyrosomus regius	[0,23)	G0	1
Argyrosomus regius	[23,42)	G1	1
Argyrosomus regius	[42,43)	G1	0.5
Argyrosomus regius	[42,43)	G2+	0.5
Argyrosomus regius	[43,Inf)	G2+	1
Arnoglossus laterna	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Atherina presbyter	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Aurelia aurita	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Barbus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Belone belone	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Boops boops	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Callionymus lyra	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Cerastoderma edule	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Chelidonichthys cuculus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Chelidonichthys lucerna	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Chelon labrosus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Chrysaora hysoscella	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Conger conger	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Crangon crangon	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Crassostrea gigas	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Cyprinus carpio carpio	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Dicentrarchus labrax	[0,10)	G0	1
Dicentrarchus labrax	[10,11)	G0	0.5
Dicentrarchus labrax	[10,11)	G1	0.5
Dicentrarchus labrax	[11,18)	G1	1
Dicentrarchus labrax	[18,19)	G1	0.75
Dicentrarchus labrax	[18,19)	G2	0.25
Dicentrarchus labrax	[19,20)	G1	0.25
Dicentrarchus labrax	[19,20)	G2	0.75
Dicentrarchus labrax	[20,25)	G2	1
Dicentrarchus labrax	[25,26)	G2	0.75
Dicentrarchus labrax	[25,26)	G3+	0.25
Dicentrarchus labrax	[26,27)	G2	0.5
Dicentrarchus labrax	[26,27)	G3+	0.5
Dicentrarchus labrax	[27,28)	G2	0.25
Dicentrarchus labrax	[27,28)	G3+	0.75
Dicentrarchus labrax	[28,Inf)	G3+	1
Dicentrarchus punctatus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Echiichthys vipera	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Engraulis encrasicolus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Eutrigla gurnardus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Gasterosteus aculeatus aculeatus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Gobius paganellus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Hyperoplus immaculatus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Hyperoplus lanceolatus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Lesueurigobius friesii	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Leuciscus leuciscus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Leucoraja fullonica	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Liza aurata	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Liza ramada	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Loligo vulgaris	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Magallana	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Maja brachydactyla	[0,Inf)	NO_GROUP	1

Loire 2020	TAILLE	GROUPE	PROBA_GROUPE
Merlangius merlangus	[0,16)	G0	1
Merlangius merlangus	[16,17)	G0	0.9
Merlangius merlangus	[16,17)	G1+	0.1
Merlangius merlangus	[17,18)	G0	0.3
Merlangius merlangus	[17,18)	G1+	0.7
Merlangius merlangus	[18,Inf)	G1+	1
Merluccius merluccius	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Mugil cephalus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Mullus surmuletus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Necora puber	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Osmerus eperlanus	[0,11)	G0	1
Osmerus eperlanus	[11,12)	G0	0.75
Osmerus eperlanus	[11,12)	G1+	0.25
Osmerus eperlanus	[12,13)	G0	0.25
Osmerus eperlanus	[12,13)	G1+	0.75
Osmerus eperlanus	[13,Inf)	G1+	1
Pagellus erythrinus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Palaemon longirostris	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Palaemon serratus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Pegusa lascaris	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Platichthys flesus	[0,10)	G0	1
Platichthys flesus	[10,11)	G0	0.75
Platichthys flesus	[10,11)	G1+	0.25
Platichthys flesus	[11,12)	G0	0.25
Platichthys flesus	[11,12)	G1+	0.75
Platichthys flesus	[12,Inf)	G1+	1
Pleuronectes platessa	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Pollachius pollachius	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Pomatoschistus minutus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Raja brachyura	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Raja microocellata	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Raja undulata	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Ruditapes	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Salmo salar	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Sander lucioperca	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Sardina pilchardus	[0,12)	G0	1
Sardina pilchardus	[12,12.5)	G0	0.5
Sardina pilchardus	[12,12.5)	G1+	0.5
Sardina pilchardus	[12.5,Inf)	G1+	1
Scardinius erythrophthalmus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Scomber scombrus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Scophthalmus maximus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Scophthalmus rhombus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Sepia officinalis	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Sepiola	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Silurus glanis	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Solea solea	[0,11)	G0	1
Solea solea	[11,22)	G1	1
Solea solea	[22,Inf)	G2+	1
Spondyliosoma cantharus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Sprattus sprattus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Symphodus cinereus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Syngnathus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Torpedo marmorata	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Trachurus mediterraneus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Trachurus trachurus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Trisopterus luscus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Trisopterus minutus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Venus verrucosa	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Zeus faber	[0,Inf)	NO_GROUP	1

Loire 2021 (fin juin/début juillet)

Loire 2021	TAILLE	GROUPE	PROBA_GROUPE
Abramis brama	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Alloteuthis	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Alosa alosa	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Alosa fallax	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Amblyraja radiata	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Ameiurus melas	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Ammodytes tobianus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Anguilla anguilla	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Aphia minuta	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Argyrosomus regius	[0,23)	G0	1
Argyrosomus regius	[23,42)	G1	1
Argyrosomus regius	[42,43)	G1	0.5
Argyrosomus regius	[42,43)	G2+	0.5
Argyrosomus regius	[43,Inf)	G2+	1
Arnoglossus laterna	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Atherina presbyter	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Aurelia aurita	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Barbus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Belone belone	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Boops boops	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Callionymus lyra	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Cerastoderma edule	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Chelidonichthys cuculus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Chelidonichthys lucerna	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Chelon labrosus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Chrysaora hysoscella	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Conger conger	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Crangon crangon	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Crassostrea gigas	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Cyprinus carpio carpio	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Dicentrarchus labrax	[0,11)	G0	1
Dicentrarchus labrax	[11,18)	G1	1
Dicentrarchus labrax	[18,19)	G1	0.5
Dicentrarchus labrax	[18,19)	G2	0.5
Dicentrarchus labrax	[19,24)	G2	1
Dicentrarchus labrax	[24,25)	G2	0.8
Dicentrarchus labrax	[24,25)	G3+	0.2
Dicentrarchus labrax	[25,26)	G2	0.5
Dicentrarchus labrax	[25,26)	G3+	0.5
Dicentrarchus labrax	[26,27)	G2	0.05
Dicentrarchus labrax	[26,27)	G3+	0.95
Dicentrarchus labrax	[27,Inf)	G3+	1
Dicentrarchus punctatus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Echiichthys vipera	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Engraulis encrasicolus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Eutrigla gurnardus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Gasterosteus aculeatus aculeatus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Gobius paganellus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Hyperoplus immaculatus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Hyperoplus lanceolatus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Lesueurigobius friesii	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Leuciscus leuciscus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Leucoraja fullonica	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Liza aurata	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Liza ramada	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Loligo vulgaris	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Magallana	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Maja brachydactyla	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Merlangius merlangus	[0,16)	G0	1
Merlangius merlangus	[16,17)	G0	0.9
Merlangius merlangus	[16,17)	G1+	0.1
Merlangius merlangus	[17,18)	G0	0.3
Merlangius merlangus	[17,18)	G1+	0.7
Merlangius merlangus	[18,Inf)	G1+	1

Loire 2021	TAILLE	GROUPE	PROBA_GROUPE
Merluccius merluccius	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Mugil cephalus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Mullus surmuletus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Necora puber	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Osmerus eperlanus	[0,11)	G0	1
Osmerus eperlanus	[11,12)	G0	0.75
Osmerus eperlanus	[11,12)	G1+	0.25
Osmerus eperlanus	[12,13)	G0	0.25
Osmerus eperlanus	[12,13)	G1+	0.75
Osmerus eperlanus	[13,Inf)	G1+	1
Pagellus erythrinus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Palaemon longirostris	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Palaemon serratus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Pegusa lascaris	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Platichthys flesus	[0,10)	G0	1
Platichthys flesus	[10,Inf)	G1+	1
Pleuronectes platessa	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Pollachius pollachius	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Pomatoschistus minutus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Raja brachyura	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Raja microocellata	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Raja undulata	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Ruditapes	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Salmo salar	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Sander lucioperca	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Sardina pilchardus	[0,12)	G0	1
Sardina pilchardus	[12,12.5)	G0	0.5
Sardina pilchardus	[12,12.5)	G1+	0.5
Sardina pilchardus	[12.5,Inf)	G1+	1
Scardinius erythrophthalmus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Scomber scombrus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Scophthalmus maximus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Scophthalmus rhombus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Sepia officinalis	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Sepiola	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Silurus glanis	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Solea solea	[0,10)	G0	1
Solea solea	[10,21)	G1	1
Solea solea	[21,22)	G1	0.9
Solea solea	[21,22)	G2+	0.1
Solea solea	[22,23)	G1	0.5
Solea solea	[22,23)	G2+	0.5
Solea solea	[23,24)	G1	0.1
Solea solea	[23,24)	G2+	0.9
Solea solea	[24,Inf)	G2+	1
Spondyliosoma cantharus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Sprattus sprattus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Symphodus cinereus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Syngnathus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Torpedo marmorata	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Trachurus mediterraneus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Trachurus trachurus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Trisopterus luscus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Trisopterus minutus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Venus verrucosa	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Zeus faber	[0,Inf)	NO_GROUP	1

Gironde 2019 (fin août/début septembre)

Gironde 2019	TAILLE	GROUPE	PROBA_GROUPE
Abramis brama	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Acipenser	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Acipenser gueldenstaedtii	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Agonus cataphractus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Alloteuthis	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Alosa alosa	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Alosa fallax	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Amblyraja radiata	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Ameiurus melas	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Ammodytes tobianus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Anguilla anguilla	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Aphia minuta	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Argyrosomus regius	[0,23)	G0	1
Argyrosomus regius	[23,42)	G1	1
Argyrosomus regius	[42,43)	G1	0.5
Argyrosomus regius	[42,43)	G2+	0.5
Argyrosomus regius	[43,Inf)	G2+	1
Arnoglossus imperialis	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Arnoglossus laterna	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Atherina presbyter	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Aurelia	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Aurelia aurita	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Barbus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Belone belone	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Boops boops	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Buccinum undatum	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Buglossidium luteum	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Callionymus lyra	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Cancer pagurus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Cerastoderma edule	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Chelidonichthys cuculus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Chelidonichthys lucerna	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Chelon labrosus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Chrysaora hysoscella	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Ciliata mustela	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Clupea harengus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Conger conger	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Crangon crangon	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Crassostrea gigas	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Cyprinus carpio carpio	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Dasyatis pastinaca	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Dicentrarchus labrax	[0,12)	G0	1
Dicentrarchus labrax	[12,13)	G0	0.9
Dicentrarchus labrax	[12,13)	G1+	0.1
Dicentrarchus labrax	[13,14)	G0	0.5
Dicentrarchus labrax	[13,14)	G1+	0.5
Dicentrarchus labrax	[14,15)	G0	0.1
Dicentrarchus labrax	[14,15)	G1+	0.9
Dicentrarchus labrax	[15,Inf)	G1+	1
Dicentrarchus punctatus	[0,13)	G0	1
Dicentrarchus punctatus	[13,21)	G1	1
Dicentrarchus punctatus	[21,22)	G1	0.5
Dicentrarchus punctatus	[21,22)	G2+	0.5
Dicentrarchus punctatus	[22,Inf)	G2+	1
Dicologlossa cuneata	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Echiichthys vipera	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Enchelyopus cimbrius	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Engraulis encrasicolus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Eriocheir sinensis	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Eutrigla gurnardus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Gasterosteus aculeatus aculeatus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Gobius paganellus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Hippocampus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Hippocampus hippocampus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Hyperoplus immaculatus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Hyperoplus lanceolatus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Lampetra fluviatilis	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Lesueurigobius friesii	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Leuciscus leuciscus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Leucoraja fullonica	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Limanda limanda	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Liza aurata	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Liza ramada	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Loligo vulgaris	[0,Inf)	NO_GROUP	1

Gironde 2019	TAILLE	GROUPE	PROBA_GROUPE
Magallana	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Maja brachydactyla	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Merlangius merlangus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Merluccius merluccius	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Mugil cephalus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Mullus surmuletus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Mustelus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Myoxocephalus scorpius	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Necora puber	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Osmerus eperlanus	[0,10)	G0	1
Osmerus eperlanus	[10,11)	G0	0.75
Osmerus eperlanus	[10,11)	G1+	0.25
Osmerus eperlanus	[11,12)	G0	0.25
Osmerus eperlanus	[11,12)	G1+	0.75
Osmerus eperlanus	[12,Inf)	G1+	1
Ostrea edulis	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Pagellus erythrinus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Palaemon	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Palaemon longirostris	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Palaemon serratus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Pecten maximus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Pegusa lascaris	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Petromyzon marinus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Platichthys flesus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Pleuronectes platessa	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Pollachius pollachius	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Pomatoschistus minutus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Raja brachyura	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Raja clavata	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Raja microocellata	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Raja montagui	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Raja undulata	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Ruditapes	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Salmo salar	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Salmo trutta	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Sander lucioperca	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Sarda sarda	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Sardina pilchardus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Scardinius erythrophthalmus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Scomber colias	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Scomber scombrus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Scophthalmus maximus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Scophthalmus rhombus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Sepia elegans	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Sepia officinalis	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Sepiola	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Silurus glanis	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Solea senegalensis	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Solea solea	[0,15)	G0	1
Solea solea	[15,16)	G0	0.9
Solea solea	[15,16)	G1+	0.1
Solea solea	[16,17)	G0	0.5
Solea solea	[16,17)	G1+	0.5
Solea solea	[17,18)	G0	0.25
Solea solea	[17,18)	G1+	0.75
Solea solea	[18,19)	G0	0.1
Solea solea	[18,19)	G1+	0.9
Solea solea	[19,Inf)	G1+	1
Sparus aurata	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Spondyliosoma cantharus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Sprattus sprattus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Symphodus cinereus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Syngnathus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Syngnathus acus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Torpedo marmorata	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Trachinus draco	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Trachurus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Trachurus mediterraneus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Trachurus trachurus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Trisopterus luscus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Trisopterus minutus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Umbrina canariensis	[0,14)	G0	1
Umbrina canariensis	[14,Inf)	G1+	1
Venus verrucosa	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Zeus faber	[0,Inf)	NO_GROUP	1

Gironde 2020 (fin août/début septembre)

Gironde 2020	TAILLE	GROUPE	PROBA_GROUPE
Abramis brama	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Acipenser	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Acipenser gueldenstaedtii	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Agonus cataphractus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Alloteuthis	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Alosa alosa	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Alosa fallax	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Amblyraja radiata	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Ameiurus melas	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Ammodytes tobianus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Anguilla anguilla	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Aphia minuta	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Argyrosomus regius	[0,23)	G0	1
Argyrosomus regius	[23,42)	G1	1
Argyrosomus regius	[42,43)	G1	0.5
Argyrosomus regius	[42,43)	G2+	0.5
Argyrosomus regius	[43,Inf)	G2+	1
Arnoglossus imperialis	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Arnoglossus laterna	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Atherina presbyter	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Aurelia	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Aurelia aurita	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Barbus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Belone belone	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Boops boops	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Buccinum undatum	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Buglossidium luteum	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Callionymus lyra	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Cancer pagurus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Cerastoderma edule	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Chelidonichthys cuculus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Chelidonichthys lucerna	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Chelon labrosus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Chrysaora hysoscella	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Ciliata mustela	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Clupea harengus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Conger conger	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Crangon crangon	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Crassostrea gigas	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Cyprinus carpio carpio	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Dasyatis pastinaca	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Dicentrarchus labrax	[0,12)	G0	1
Dicentrarchus labrax	[12,13)	G0	0.9
Dicentrarchus labrax	[12,13)	G1+	0.1
Dicentrarchus labrax	[13,14)	G0	0.5
Dicentrarchus labrax	[13,14)	G1+	0.5
Dicentrarchus labrax	[14,15)	G0	0.1
Dicentrarchus labrax	[14,15)	G1+	0.9
Dicentrarchus labrax	[15,Inf)	G1+	1
Dicentrarchus punctatus	[0,13)	G0	1
Dicentrarchus punctatus	[13,21)	G1	1
Dicentrarchus punctatus	[21,22)	G1	0.5
Dicentrarchus punctatus	[21,22)	G2+	0.5
Dicentrarchus punctatus	[22,Inf)	G2+	1
Dicologlossa cuneata	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Echiichthys vipera	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Enchelyopus cimbrius	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Engraulis encrasicolus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Eriocheir sinensis	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Eutrigla gurnardus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Gasterosteus aculeatus aculeatus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Gobius paganellus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Hippocampus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Hippocampus hippocampus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Hyperoplus immaculatus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Hyperoplus lanceolatus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Lampetra fluviatilis	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Lesueurigobius friesii	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Leuciscus leuciscus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Leucoraja fullonica	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Limanda limanda	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Liza aurata	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Liza ramada	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Loligo vulgaris	[0,Inf)	NO_GROUP	1

Gironde 2020	TAILLE	GROUPE	PROBA_GROUPE
Magallana	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Maja brachydactyla	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Merlangius merlangus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Merluccius merluccius	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Mugil cephalus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Mullus surmuletus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Mustelus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Myoxocephalus scorpius	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Necora puber	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Osmerus eperlanus	[0,10)	G0	1
Osmerus eperlanus	[10,11)	G0	0.75
Osmerus eperlanus	[10,11)	G1+	0.25
Osmerus eperlanus	[11,12)	G0	0.25
Osmerus eperlanus	[11,12)	G1+	0.75
Osmerus eperlanus	[12,Inf)	G1+	1
Ostrea edulis	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Pagellus erythrinus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Palaemon	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Palaemon longirostris	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Palaemon serratus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Pecten maximus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Pegusa lascaris	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Petromyzon marinus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Platichthys flesus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Pleuronectes platessa	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Pollachius pollachius	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Pomatoschistus minutus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Raja brachyura	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Raja clavata	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Raja microocellata	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Raja montagui	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Raja undulata	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Ruditapes	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Salmo salar	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Salmo trutta	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Sander lucioperca	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Sarda sarda	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Sardina pilchardus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Scardinius erythrophthalmus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Scomber colias	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Scomber scombrus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Scophthalmus maximus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Scophthalmus rhombus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Sepia elegans	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Sepia officinalis	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Sepiola	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Silurus glanis	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Solea senegalensis	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Solea solea	[0,15)	G0	1
Solea solea	[15,16)	G0	0.9
Solea solea	[15,16)	G1+	0.1
Solea solea	[16,17)	G0	0.5
Solea solea	[16,17)	G1+	0.5
Solea solea	[17,18)	G0	0.25
Solea solea	[17,18)	G1+	0.75
Solea solea	[18,19)	G0	0.1
Solea solea	[18,19)	G1+	0.9
Solea solea	[19,Inf)	G1+	1
Sparus aurata	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Spondyliosoma cantharus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Sprattus sprattus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Symphodus cinereus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Syngnathus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Syngnathus acus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Torpedo marmorata	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Trachinus draco	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Trachurus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Trachurus mediterraneus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Trachurus trachurus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Trisopterus luscus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Trisopterus minutus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Umbrina canariensis	[0,14)	G0	1
Umbrina canariensis	[14,Inf)	G1+	1
Venus verrucosa	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Zeus faber	[0,Inf)	NO_GROUP	1

Gironde 2021 (fin août/début septembre)

Gironde 2021	TAILLE	GROUPE	PROBA_GROUPE
Abramis brama	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Acipenser	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Acipenser gueldenstaedtii	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Agonus cataphractus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Alloteuthis	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Alosa alosa	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Alosa fallax	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Amblyraja radiata	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Ameiurus melas	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Ammodytes tobianus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Anguilla anguilla	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Aphia minuta	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Aphrodita aculeata	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Argyrosomus regius	[0,19)	G0	1
Argyrosomus regius	[19,40)	G1	1
Argyrosomus regius	[40,41)	G1	0.5
Argyrosomus regius	[40,41)	G2+	0.5
Argyrosomus regius	[41,Inf)	G2+	1
Arnoglossus imperialis	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Arnoglossus laterna	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Asterias rubens	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Astropecten irregularis	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Atelecyclus undecimdentatus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Atherina presbyter	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Aurelia	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Aurelia aurita	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Barbus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Barbus barbus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Belone belone	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Boops boops	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Buccinum undatum	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Buglossidium luteum	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Callionymus lyra	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Cancer pagurus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Carcinus maenas	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Cerastoderma edule	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Chelidonichthys cuculus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Chelidonichthys lucerna	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Chelon labrosus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Chrysaora hysoscella	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Ciliata mustela	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Clupea harengus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Conger conger	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Crangon crangon	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Crassostrea gigas	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Cyprinus carpio carpio	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Dasyatis pastinaca	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Dicentrarchus labrax	[0,14)	G0	1
Dicentrarchus labrax	[14,Inf)	G1+	1
Dicentrarchus punctatus	[0,10)	G0	1
Dicentrarchus punctatus	[10,20)	G1	1
Dicentrarchus punctatus	[20,Inf)	G2+	1
Dicologlossa cuneata	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Echiichthys vipera	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Echinocardium cordatum	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Enchelyopus cimbrius	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Engraulis encrasicolus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Eriocheir sinensis	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Eutrigla gurnardus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Gasterosteus aculeatus aculeatus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Gobius paganellus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Hippocampus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Hippocampus hippocampus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Hyperoplus immaculatus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Hyperoplus lanceolatus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Lampetra fluviatilis	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Lesueurigobius friesii	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Leuciscus leuciscus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Leucoraja fullonica	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Limanda limanda	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Liocarcinus holsatus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Liocarcinus vernalis	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Liza aurata	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Liza ramada	[0,Inf)	NO_GROUP	1

Gironde 2021	TAILLE	GROUPE	PROBA_GROUPE
Loligo vulgaris	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Magallana	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Magallana gigas	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Maja brachydactyla	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Merlangius merlangus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Merluccius merluccius	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Mugil cephalus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Mullus surmuletus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Mustelus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Myoxocephalus scorpius	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Mytilus edulis	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Necora puber	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Osmerus eperlanus	[0,10)	G0	1
Osmerus eperlanus	[10,11)	G0	0.75
Osmerus eperlanus	[10,11)	G1+	0.25
Osmerus eperlanus	[11,12)	G0	0.25
Osmerus eperlanus	[11,12)	G1+	0.75
Osmerus eperlanus	[12,Inf)	G1+	1
Ostrea edulis	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Pagellus erythrinus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Pagurus bernhardus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Palaemon	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Palaemon longirostris	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Palaemon serratus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Pecten maximus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Pegusa lascaris	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Petromyzon marinus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Platichthys flesus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Pleurobrachia pileus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Pleuronectes platessa	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Pollachius pollachius	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Polybius	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Pomatoschistus minutus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Raja brachyura	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Raja clavata	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Raja microocellata	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Raja montagui	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Raja undulata	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Rhizostoma pulmo	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Ruditapes	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Salmo salar	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Salmo trutta	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Sander lucioperca	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Sarda sarda	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Sardina pilchardus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Scardinius erythrophthalmus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Scomber colias	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Scomber scombrus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Scophthalmus maximus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Scophthalmus rhombus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Sepia elegans	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Sepia officinalis	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Sepiola	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Silurus glanis	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Solea senegalensis	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Solea solea	[0,15)	G0	1
Solea solea	[15,16)	G0	0.1
Solea solea	[15,16)	G1+	0.9
Solea solea	[16,Inf)	G1+	1
Sparus aurata	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Spisula	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Spondyliosoma cantharus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Sprattus sprattus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Symphodus cinereus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Syngnathus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Syngnathus acus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Torpedo marmorata	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Trachinus draco	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Trachurus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Trachurus mediterraneus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Trachurus trachurus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Trisopterus luscus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Trisopterus minutus	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Umbrina canariensis	[0,14)	G0	1
Umbrina canariensis	[14,Inf)	G1+	1
Urticina	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Venus verrucosa	[0,Inf)	NO_GROUP	1
Zeus faber	[0,Inf)	NO_GROUP	1

10.3 Annexe 3 : étude de similarité des traits doublés

Etude similarite des traits : Bargip

Anne-Sophie Cornou

23 février 2018

Contexte : En 2016 et 2017 des campagnes dédiées à déterminer les zones de nourriceries de bar ont été menées dans le cadre du projet "Bargip". Il y a eu : trois campagnes en 2016 (mai, juin et septembre) dans l'estuaire de la Loire, deux campagnes en 2017, une en juillet dans l'estuaire de la Loire, et une en août dans l'estuaire de la Seine. Lors de ces campagnes, des traits ont été réalisés aux mêmes endroits pendant une même durée à 1 ou deux jours d'intervalles. Ces traits sont nommés couple. Sur ces 5 campagnes on dénombre 76 couples soit 152 traits. La campagne de mai 2016 ne contient aucun couple.

Objectif : Déterminer si les traits appartenants à un couple sont plus similaires que les autres traits de la même strate ? Cela revient à se poser la question est-ce que ces traits sont liés ou indépendants ? L'espèce d'étude est le bar.

ETAPE 1 : PREPARATION DES DONNEES

1.1) Recoder les traits

```
# ------------------------------------------------------------ #
# Cas1 : 3 campagnes de 2016
# NA
# ------------------------------------------------------------ #

# # ------------------------------------------------------------ #
# # Cas2 : Loire 2017   #
# # modifie le code_station pour qu'il soit commun a 2016
# # recuperer le dernier chiffre du code station
# OPERATION4$Id_Operation=substring(OPERATION4$Code_Station,3,3)
# #remplace le dernier 1 ou 2 par 0
# str_sub(OPERATION4$Code_Station,3,3)=0
#
# #idem sur catch
# CATCH$Id_Operation=substring(CATCH$Code_Station,3,3)
# str_sub(CATCH$Code_Station,3,3)=0
# # code station unique, mois fixe a 07
# # ------------------------------------------------------------ #

# # ------------------------------------------------------------ #
# # Cas3 : NourDem 2017   #
# # modifie le code_station pour qu'il soit commun a 2016
# # code station finissant par 1, id_op = 2
#  OPERATION5[which(substring(OPERATION5$Code_Station,3,3)==1),"Id_Operation"]=2
# # #remplace le dernier chiffre par 0
# str_sub(OPERATION5$Code_Station,3,3)=0
#
# #idem sur catch
# CATCH[which(substring(CATCH$Code_Station,3,3)==1),"Id_Operation"]=2
# str_sub(CATCH$Code_Station,3,3)=0
```

```
# ## code station unique, mois fixe a 08
# # ------------------------------------------------------------ #

# # creation d'un code station unique
# OPERATION3$New_Code_Station=paste(OPERATION3$Id_Operation,OPERATION3$Code_Station,
# substring(OPERATION3$DateDeb,4,5),sep="_")
# OPERATION4$New_Code_Station=paste(OPERATION4$Id_Operation,OPERATION4$Code_Station,"07",sep="_")
# OPERATION5$New_Code_Station=paste(OPERATION5$Id_Operation,OPERATION5$Code_Station,"08",sep="_")
# CATCHComplet=merge(CATCH,OPERATION[c("Code_Station","Id_Operation","New_Code_Station")],
# by=c("Code_Station","Id_Operation"),all.x=T)
# #remplace le Code_Station pas le nouveau
# OPERATIONComplet=OPERATION
# OPERATIONComplet$Code_Station=OPERATIONComplet$New_Code_Station
# CATCHComplet$Code_Station=CATCHComplet$New_Code_Station
# OPERATIONComplet=OPERATIONComplet[,-74]
# CATCHComplet=CATCHComplet[,-52]
#
# #remettre dans l'ordre les variables
# CATCHComplet=CATCHComplet[,c(3,4,5,1,2,6:51)]
# ------------------------------------------------------------ #
```

1.2) Elévation des traits

```
# Format_generique_Eleve=Elevation_Format_generique(CATCHComplet,OPERATIONComplet,
#                                                   SAMPLECATEGORY,Dossier_sortie)
# FormatEleve=Format_generique_Eleve[[1]]
#
# setwd(Dossier_sortie)
# write.table(Format_generique_Eleve[[1]],paste("Format_generique_Eleve_Bargip_NourDem_2017.csv"
#                                               ,sep=""),row.names=F,quote=F,sep=";")
```

1.3) Sauvegarde des fichiers pour créer un jeu de données unique

```
# Mai2016=FormatEleve
# #Juin2016=FormatEleve
# #Septembre2016=FormatEleve
# #Loire2017=FormatEleve
# #NourDem2017=FormatEleve
#
# Bargip=rbind(Mai2016,Juin2016,Septembre2016,Loire2017,NourDem2017)
# setwd(Dossier_donnees)
# save(Bargip,file="Bargip_2016_2017.Rdata")
```

1.4) Sélection sur l'espèce de l'étude le Bar : DICE_LAB

```
#BargipBar=Bargip[which(Bargip$Code_Espece_Campagne=="DICE-LAB"),]
```

```
#dim(BargipBar)
```

1.5) Sommer les Vracs et Hors-Vracs

```
# BargipBar$Couple=substring(BargipBar$Code_Station,3,8)
# BargipBar$Station=substring(BargipBar$Code_Station,3,5)
# BargipBar$Mois=substring(BargipBar$Code_Station,7,8)
# BargipBar$Id_Operation=substring(BargipBar$Code_Station,1,1)
#
# BargipBarSimp=BargipBar[,c(1,2,3,16,17,18,19,20,21,22)]
# BargipBarSimp=BargipBarSimp[,c(6:10,1:5)]
#
# Nb=aggregate(list(Nombre_eleve=BargipBarSimp[,9]),list(Annee=BargipBarSimp[,1],
# Couple=BargipBarSimp[,2],Station=BargipBarSimp[,3],Mois=BargipBarSimp[,4],
# Id_Operation=BargipBarSimp[,5],Code_Station=BargipBarSimp[,6],
# Code_Espece_Campagne=BargipBarSimp[,7],Nom_Scientifique=BargipBarSimp[,8]),sum,na.rm=T)
# Pds=aggregate(list(Poids_eleve=BargipBarSimp[,10]),list(Annee=BargipBarSimp[,1],
# Couple=BargipBarSimp[,2],Station=BargipBarSimp[,3],Mois=BargipBarSimp[,4],
# Id_Operation=BargipBarSimp[,5],Code_Station=BargipBarSimp[,6],
# Code_Espece_Campagne=BargipBarSimp[,7],Nom_Scientifique=BargipBarSimp[,8]),sum,na.rm=T)
#
# BargipBarSimp=merge(Nb,Pds)
```

1.6) Ajouter les strates

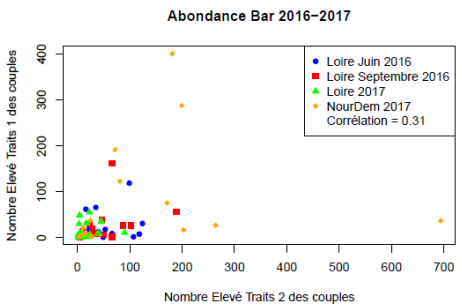
```
# # creer un seul operation
# OPERATION=rbind(OPERATION1,OPERATION2,OPERATION3,OPERATION4,OPERATION5)
# BargipBar=merge(BargipBarSimp,OPERATION[,c("New_Code_Station","Strate","Sous_Strate")],
# by.x="Code_Station",by.y="New_Code_Station",all.x=T)
#
# setwd(Dossier_donnees)
# save(BargipBar,file="Bargip_BAR_2016_2017.Rdata")
```

ETAPE 2 : ANALYSE DES DONNEES

Méthodes :
- Etude de la corrélation de l'abondance et de la biomasse du bar entre couples
- Distribution des ratios (Abondance ou biomasse du trait 1 du couple / Abondance ou biomasse du trait 2 du couple)
- Simulation de 1000 nouveaux couples suivant la proportion par strates des couples existants pour tester l'indépendance des traits d'un même couple.

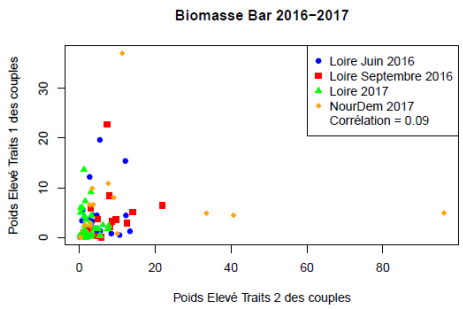
Résultats :

2.1) Abondance du bar



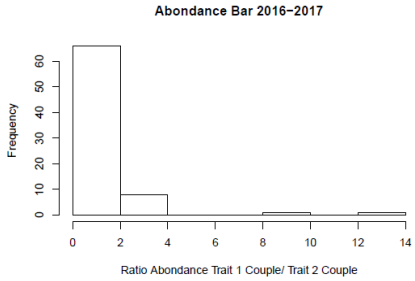
La corrélation de l'abondance du bar entre couple étant de 0.31, elle est faible et non significative. Il y a très peu de corrélation entre les traits d'un même couple au niveau de l'abondance du bar.

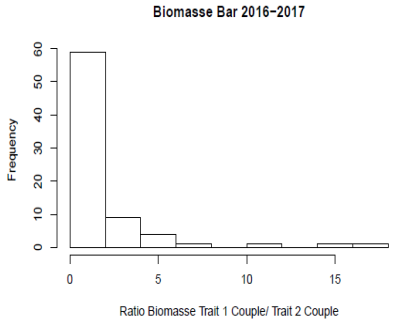
2.2) Biomasse du bar



La corrélation de la biomasse du bar entre couple étant de 0.09, elle est quasiment nulle. Il n'y a aucune corrélation entre les traits d'un même couple au niveau de la biomasse du bar.

2.3) Distribution des ratios Abondance puis Biomasse





2.4) Création de nouveaux couples

```
#conserve que les strates concernées
BargipBarRetirage=BargipBar[which(BargipBar$Strate %in% c("Estuaire amont","Estuaire aval",
                                                          "Estuaire central",
                                                          "Strate BARGIP - Estuaire de Loire",
                                                          "Strate NOURDEM - Seine Chenal",
                                                          "Strate NOURDEM - Seine Estuaire central nord
                                                          "Strate NOURDEM - Seine Estuaire central sud"

# strate Bargip supprimer 05
BargipBarRetirage$Mois=as.factor(as.character(BargipBarRetirage$Mois))
BargipBarRetirage=BargipBarRetirage[which(BargipBarRetirage$Mois %in% c("06","07","08","09")),]

# tirages
# tirer dans chaque strate le bon nombre de couples
BargipBarRetirage$STRATE_MOIS=paste(BargipBarRetirage$Strate,BargipBarRetirage$Mois,sep="_")
# referentiel
Proportion_Strates=read.table("D:/Campagne/Bargip/Etude_Similarite_Couple_trait/Proportion_Strates.csv"
                              ,header=T,sep=";",dec=".")
```

```
#Initialisation
variable="Nombre_eleve" #Poids_eleve
titre="Abondance"
NouveauxCouples=data.frame(c(rep("Estuaire amont_07",14),rep("Strate BARGIP - Estuaire de Loire_09",32)
                             rep("Strate BARGIP - Estuaire de Loire_06",44),
                             rep("Estuaire central_07",18),
                             rep("Strate NOURDEM - Seine Chenal_08",2),
                             rep("Estuaire aval_07",16),
                             rep("Strate NOURDEM - Seine Estuaire central nord_08",14),
                             rep("Strate NOURDEM - Seine Estuaire central sud_08",12)))

colnames(NouveauxCouples)="STRATE_MOIS"
dim(NouveauxCouples)
```

```
## [1] 152   1
```

```
for (t in 1:1000){

  #tirage aleatoire de 152 couples en respectant les proportions initiales.
  #Un trait peut etre retire plusieurs fois
  TotRes=data.frame()
  for (s in unique(BargipBarRetirage$STRATE_MOIS) ){
    #selection strates
    BargipBarRetirageStr=BargipBarRetirage[BargipBarRetirage$STRATE_MOIS==s,]
    Prop=Proportion_Strates[Proportion_Strates$STRATE_MOIS==s,"Nombres"]
    #tirage aleatoire
    res=sample(BargipBarRetirageStr[,variable], size=Prop, replace=TRUE)
    res=data.frame(res)
    #concatene les resultats pour obtenir les 152 couples
    TotRes=rbind(TotRes,res)
  }# fin du for pour 152 couples aleatoires

  colnames(TotRes)=paste("TotRes",t,sep="")
  NouveauxCouples=cbind(NouveauxCouples,TotRes)

}# fin du for pour les 1000 tirages des 152 couples aleatoires
```

2.5) Création de la distribution des corrélations entres couples pour H0

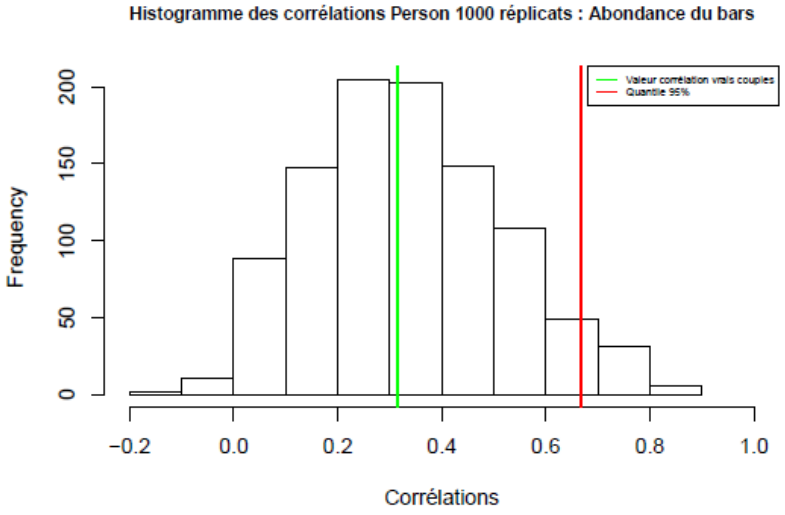
Hypothèses : H0 : traits vrais couples sont indépendants H1 : traits vrais couples sont dépendants

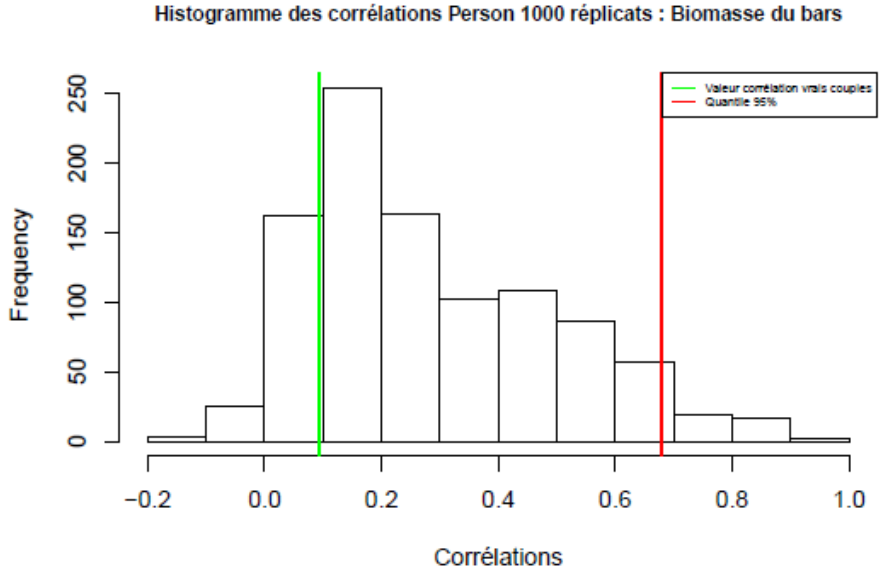
Affichage de la valeur de la corrélation des vraies couples en vert.

```
#distinguer Couple 1 et Couple 2, regle arbitraire les nombres impairs = 1, pairs = 2
Couple1=NouveauxCouples[seq(1,152,by=2),]
Couple2=NouveauxCouples[seq(2,152,by=2),]

#calcul des correlations
Cors=NULL
for (inc in 2:1001){
  RCor=cor(Couple1[,inc],Couple2[,inc],method ="pearson")
  Cors=c(Cors,RCor)
}
```

```r
#setwd(Dossier_sortie)
#png(paste("Correlation_",titre,"_Bar.png",sep=""), width=650, height=650)
hist(Cors,main=paste("Histogramme des corrélations Person 1000 réplicats : ",titre," du bars",sep="")
     ,freq=T,right=T,xlim=c(-0.2,1),xlab="Corrélations",cex.main=0.8)
#quantiles à 95% unilatéral
abline(v=quantile(Cors,0.95),col="red",lwd=2)
#vraie valeur
abline(v=VV,col="green",lwd=2)
legend("topright",c("Valeur corrélation vrais couples","Quantile 95%"),col=c("green","red"),cex=0.5,lty
```





Conclusion

La valeur de corrélation observée entre les vrais couples de traits se situe au milieu de la distribution des corrélations attendues sous l'hypothèse H0 d'indépendance pour les nombres et les biomasses. L'hypothèse H0 d'indépendance ne peut donc pas être rejeté. Par conséquence les traits doublés sont des observations à part entière et il ne convient pas de prendre leur moyenne. Pour le futur plan d'échantillonnage ceci signifie que des traits peuvent être doublés (voir triplés) si nécessaire pour avoir assez de traits. Par la suite ces traits doublés sont à traiter comme des traits indépendants.

10.4 Annexe 4 : Etude de sensibilité du script RSTRATI : nombre minimal de traits par strate

L'étude de sensibilité réalisée a consisté en un test des répercussions de la fixation du nombre minimal de traits par strate à 1, 2, 3, 5, 7 et enfin 9 traits. Le script RSTRATI a donc été lancée en utilisant ces 6 valeurs pour l'ensemble des zones, années, et espèces capturées, après avoir fixé arbitrairement à « H » = 10 le nombre maximal de strates possibles (dans un second temps, et de manière définitive, ce nombre maximal de strates a été fixé à 44 de façon à ne jamais brider le script ; Cf. annexe suivante)

La principale conclusion de cette étude de sensibilité est que les indices d'abondance et les écarts-types associés sont non seulement identiques, mais également les plus faibles pour n = 1 et n = 2, et ce quelles que soient les espèces, les zones et les années. Nous avons donc décidé de fixer à n = 2 la valeur du nombre minimal de traits par strate.

Les paragraphes qui suivent présentent certains des résultats ainsi obtenus, et permettent d'illustrer, d'expliciter ce choix.

A titre d'exemple, pour la brème *Abramis brama* lors de la campagne NourDem Loire de 2016 (Figure 223), on obtient les mêmes indices d'abondance et les mêmes écarts-types pour des nombres minimaux de traits par strate fixés à 1, 2, 3 et 5 (le script arrive alors à un découpage du domaine en 8 strates, avec un indice d'abondance IA de 47 728 individus et un écart-type SD de 22 026 ; Figure 223). Par contre, pour n = 7 et n = 9, le script conclu à un découpage optimal en 4 strates avec un IA de 46 364 individus et un SD de 23 145.

Les valeurs à retenir sont celles correspondant à l'écart-type minimal, soit un IA de 47 728 individus, qui est obtenu pour les 4 valeurs de n les plus faibles (n = 1, 2, 3 et 5).

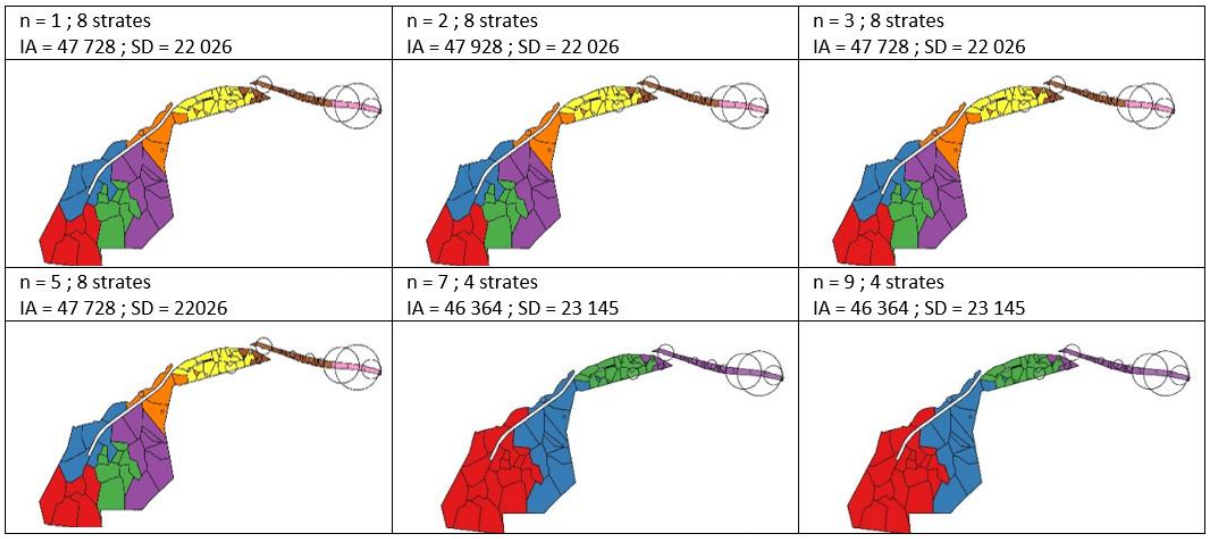


Figure 223 : étude de sensibilité du script de post-stratification automatisé RSTRATI du projet NourDem : indices** d'abondance (IA), écarts-types (SD), et stratifications obtenus pour la brème (Abramis brama) à l'occasion de **la campagne NourDem Loire de 2016 pour différentes valeurs du nombre minimal de traits « n » permettant de constituer une strate (n = 1, 2, 3, 5, 7 et 9).

Si l'on prend, toujours à titre d'exemple, l'athérine (*Atherina presbyter)* en Loire en 2020, les résultats (IA et SD) sont identiques pour n = 1, 2 et 3 d'une part, puis pour n = 5, 7 et 9 d'autre part (Figure 224). C'est pour n = 1, 2 et 3 que les écarts-types minimaux sont obtenus, et ce sont donc les valeurs correspondantes d'IA (107 970 individus) qui sont à retenir.

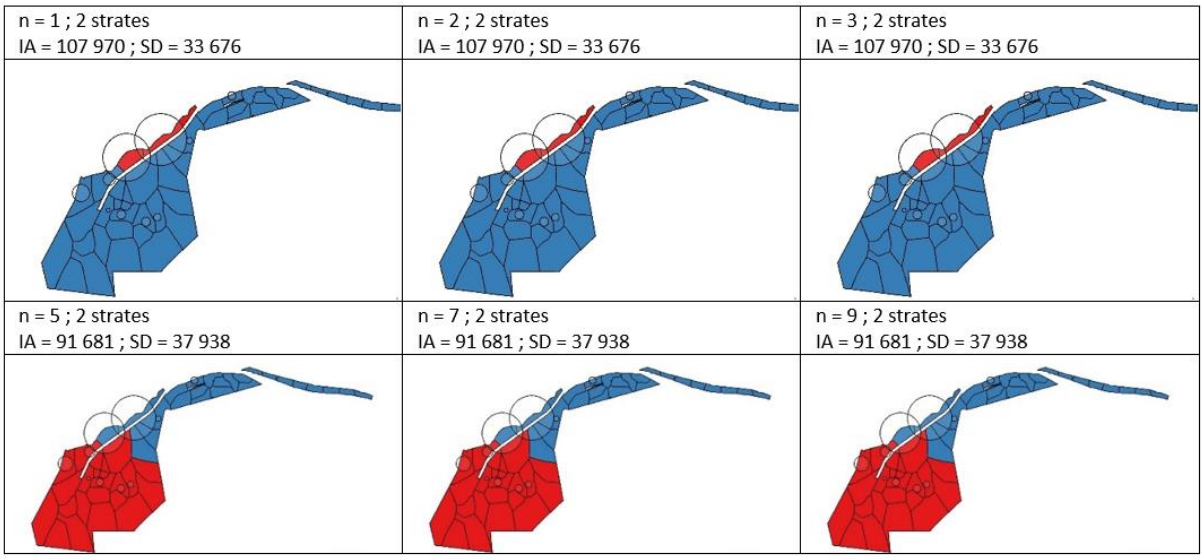


Figure 224 : étude de sensibilité du script de post-stratification automatisé RSTRATI du projet NourDem** : indices d'abondance **(IA), écarts-**types (SD) et stratifications obtenus pour l'athérine (Atherina presbyter) à l'occasion de la campagne NourDem **Loire de 2020 pour différentes valeurs du nombre minimal de traits « n » permettant de constituer une strate (n = 1, 2, 3, 5, 7 et 9).

Un dernier exemple peut être donné en Gironde en 2019 avec le merlu, *Merluccius merluccius (*Figure 225*).*

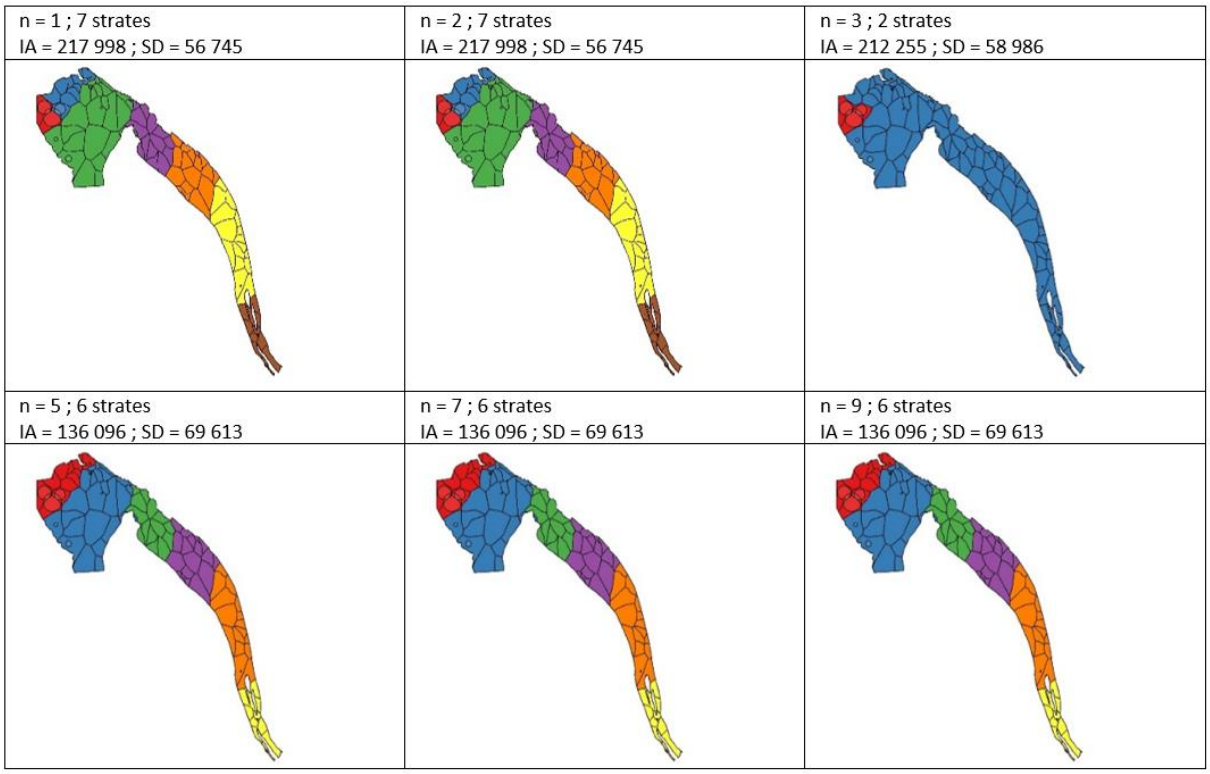


Figure 225 : étude de sensibilité du script de post-stratification automatisé RSTRATI du projet NourDem** : indices d'abondance **(IA), écarts-**types (SD) et stratifications obtenus pour le merlu (Merluccius merluccius) à l'occas**ion de la campagne NourDem Gironde de 2019 pour différentes valeurs du nombre minimal de traits « n » permettant de constituer une strate (n = 1, 2, 3, 5, 7 et 9).

Ici, c'est pour les valeurs n = 1 ou 2 que l'écart-type minimal est atteint (56 745), les valeurs obtenues pour les autres valeurs de n donnant des écarts-types supérieurs. L'indice d'abondance à retenir, au seuil de 5% d'erreur, est donc de 217 998 individus +/- 1,96 fois l'écart-type, soit 217 998 +/- 111 220 individus.

Dans ce dernier cas, comme dans les exemples précédents, c'est systématiquement avec un nombre minimal de traits pour constituer une strate, fixé à 1 ou 2 que l'on obtient les écarts-types les plus réduits, ce qui est l'objectif de toute stratification.

Le Tableau 35 montre les indices d'abondances et les écarts-types obtenus en Loire en 2017 (année et zone choisies à titre d'exemple) en ayant fait varier le nombre minimal de traits pour constituer une strate de 1 à 2, puis 3, 5, 7 et 9 (et avec un nombre maximal de strates H fixé à 10).

Tableau 35** : Indices d'abondance (IA) et écart-types (SD) obtenus lors de la campagne Loire 2017 (choisie à titre d'exemple) **en ayant fixé dans le** script de l'outil « Stratinette **» le nombre minimal de traits permettant de constituer une strate à 1, 2, 3, 5,** 7 et 9. Pour chacune des espèces échantillonnées à l'occasion de cette campagne, les écarts-**types minimaux obtenus sont figurés en vert. Les de**ux dernières lignes du tableau indiquent le nombre total d'écarts-**types minimaux enregistrés en fonction du nombre minimal de traits retenu pour constituer une strate.

ZONE	ANNEE	Nom_Scientifique	IAN1	IAN2	IAN3	IAN5	IAN7	IAN9	SDN1	SDN2	SDN3	SDN5	SDN7	SDN9
LOIRE	2017	Engraulis encrasicolus	2 084 344	2 084 344	1 185 087	1 185 087	1 185 087	1 185 087	307 125	307 125	335 303	335 303	335 303	335 303
LOIRE	2017	Sprattus sprattus	1 709 110	1 709 110	1 073 681	1 073 681	1 073 681	1 073 681	318 236	318 236	326 056	326 056	326 056	326 056
LOIRE	2017	Palaemon longirostris	782 821	782 821	782 821	782 821	782 821	841 390	291 215	291 215	291 215	291 215	291 215	355 633
LOIRE	2017	Crangon crangon	776 361	776 361	776 361	776 361	789 889	789 889	269 700	269 700	269 700	269 700	272 451	272 451
LOIRE	2017	Trisopterus luscus	592 191	592 191	592 191	645 136	645 136	645 136	110 408	110 408	110 408	138 766	138 766	138 766
LOIRE	2017	Alloteuthis	564 363	564 363	564 363	564 363	564 363	564 363	110 477	110 477	110 477	110 477	110 477	110 477
LOIRE	2017	Solea solea	398 143	398 143	400 289	400 289	400 520	400 520	152 542	152 542	158 757	158 757	158 759	158 759
LOIRE	2017	Sardina pilchardus	383 033	383 033	383 033	383 033	383 033	383 033	127 807	127 807	127 807	127 807	127 807	127 807
LOIRE	2017	Trachurus trachurus	281 974	281 974	281 974	281 974	281 974	281 974	140 410	140 410	140 410	140 410	140 410	140 410
LOIRE	2017	Merlangius merlangus	249 320	249 320	249 320	249 320	249 320	249 320	96 231	96 231	96 231	96 231	96 231	96 231
LOIRE	2017	Maja brachydactyla	179 977	179 977	179 977	63 037	63 037	63 037	19 485	19 485	19 485	34 755	34 755	34 755
LOIRE	2017	Atherina presbyter	176 361	176 361	218 181	218 181	218 181	218 181	91 049	91 049	103 090	103 090	103 090	103 090
LOIRE	2017	Liza ramada	154 802	154 802	154 802	163 141	232 269	232 269	47 503	47 503	47 503	70 112	112 964	112 964
LOIRE	2017	Platichthys flesus	149 731	149 731	151 720	155 610	155 610	156 021	40 264	40 264	42 214	46 605	46 605	47 318
LOIRE	2017	Osmerus eperlanus	148 884	148 884	148 884	149 702	149 702	154 301	32 393	32 393	32 393	32 492	32 492	34 111
LOIRE	2017	Dicentrarchus labrax	96 453	96 453	96 453	98 176	102 561	102 561	15 754	15 754	15 754	16 318	18 032	18 032
LOIRE	2017	Pomatoschistus minutus	88 549	88 549	88 549	88 549	88 549	88 549	22 595	22 595	22 595	22 595	22 595	22 595
LOIRE	2017	Carcinus maenas	80 349	80 349	80 349	80 349	75 663	75 663	23 303	23 303	23 303	23 303	23 614	23 614
LOIRE	2017	Scomber scombrus	39 567	39 567	39 567	39 567	39 567	39 567	13 075	13 075	13 075	13 075	13 075	13 075
LOIRE	2017	Asterias rubens	37 234	37 234	37 234	18 552	18 552	18 552	5 232	5 232	5 232	5 659	5 659	5 659
LOIRE	2017	Liocarcinus depurator	27 650	27 650	27 650	27 650	27 650	27 650	12 496	12 496	12 496	12 496	12 496	12 496
LOIRE	2017	Trachurus mediterraneus	15 553	15 553	15 553	15 553	15 553	15 553	9 600	9 600	9 600	9 600	9 600	9 600
LOIRE	2017	Aphia minuta	13 989	13 989	14 142	15 052	15 052	17 475	3 752	3 752	4 061	4 628	4 628	4 793
LOIRE	2017	Sepiola	13 617	13 617	13 617	17 236	17 236	17 236	7 869	7 869	7 869	11 259	11 259	11 259
LOIRE	2017	Atelecyclus undecimdentatus	12 179	12 179	12 179	12 179	12 179	12 179	6 267	6 267	6 267	6 267	6 267	6 267
LOIRE	2017	Anguilla anguilla	9 174	9 174	9 174	9 423	9 423	9 423	2 725	2 725	2 725	2 788	2 788	2 788
LOIRE	2017	Pleuronectes platessa	7 983	7 983	7 983	7 983	7 983	7 983	3 646	3 646	3 646	3 646	3 646	3 646
LOIRE	2017	Mytilus edulis	7 553	7 553	7 553	7 553	7 553	7 553	4 628	4 628	4 628	4 628	4 628	4 628
LOIRE	2017	Conger conger	4 940	4 940	4 940	4 940	4 940	4 940	1 322	1 322	1 322	1 322	1 322	1 322
LOIRE	2017	Alosa fallax	4 761	4 761	4 761	4 761	4 761	4 761	2 330	2 330	2 330	2 330	2 330	2 330
LOIRE	2017	Palaemon serratus	4 701	4 701	5 187	5 187	5 187	5 187	4 701	4 701	5 187	5 187	5 187	5 187
LOIRE	2017	Pagurus bernhardus	2 656	2 656	2 656	2 656	2 656	2 656	1 740	1 740	1 740	1 740	1 740	1 740
LOIRE	2017	Zeus faber	2 564	2 564	2 564	2 564	2 564	2 564	1 657	1 657	1 657	1 657	1 657	1 657
LOIRE	2017	Chelon labrosus	1 673	1 673	1 673	1 673	1 673	1 673	1 291	1 291	1 291	1 291	1 291	1 291
LOIRE	2017	Merluccius merluccius	1 643	1 643	1 643	1 643	1 643	1 643	1 643	1 643	1 643	1 643	1 643	1 643
LOIRE	2017	Callionymus lyra	1 606	1 606	1 606	1 606	1 606	1 606	1 302	1 302	1 302	1 302	1 302	1 302
LOIRE	2017	Dicentrarchus punctatus	1 481	1 481	1 481	1 671	1 671	1 671	630	630	630	636	636	636
LOIRE	2017	Abramis brama	1 475	1 475	1 479	1 658	1 658	1 658	701	701	866	1 150	1 150	1 150
LOIRE	2017	Scrobicularia plana	628	628	628	628	628	628	628	628	628	628	628	628
LOIRE	2017	Amblyraja radiata	608	608	608	608	608	608	373	373	373	373	373	373
LOIRE	2017	Symphodus cinereus	578	578	638	638	638	638	578	578	638	638	638	638
LOIRE	2017	Raja microocellata	518	518	518	518	518	518	518	518	518	518	518	518
LOIRE	2017	Sander lucioperca	409	409	409	448	448	448	409	409	409	448	448	448
LOIRE	2017	Argyrosomus regius	221	221	221	228	228	228	221	221	221	228	228	228
LOIRE	2017	Torpedo marmorata	186	186	186	186	186	186	186	186	186	186	186	186
LOIRE	2017	Philine aperta	173	173	173	173	173	173	173	173	173	173	173	173
LOIRE	2017	Cerastoderma edule	137	137	137	137	137	137	137	137	137	137	137	137
LOIRE	2017	Spondyliosoma cantharus	125	125	125	125	125	125	125	125	125	125	125	125
LOIRE	2017	Raja undulata	122	122	122	122	122	122	122	122	122	122	122	122
LOIRE	2017	Orconectes limosus	73	73	73	73	73	73	73	73	73	73	73	73
LOIRE	2017	Eutrigla gurnardus	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65
LOIRE	2017	Liza aurata	58	58	58	65	65	65	58	58	58	65	65	65
		Nombre d'espèces pour lesquelles l'écart-type est minimal							52	52	43	31	29	28
								en %	100,0	100,0	82,7	59,6	55,8	53,8

(Il faut noter qu'au cours de cette étude de sensibilité, le nombre maximal de strates H était fixé à 10, alors qu'il est aujourd'hui fixé à 44. Ceci n'a pas de répercussion sur la conclusion de la présente étude de sensibilité visant à fixer le nombre minimal optimal de traits par strate. Par contre, les indices figurant dans ce tableau ne sont pas à prendre en considération car ils différent de ceux, finaux, produits avec H = 44 strates).

52 espèces différentes ont été échantillonnées à l'occasion de la campagne Loire 2017, et dans 100% des cas c'est avec n = 1 ou n = 2 que l'écart-type minimal a été obtenu. Un écart-type identique et un indice d'abondance identique ont été obtenus pour 43 espèces (82,7% des cas) avec n fixé à 3, pour 31 espèces (59,6%) avec n fixé à 5, pour 29 espèces avec n fixé à 7 (55,8% des cas) et enfin pour 28 espèces (53,8%) pour n fixé à 9.

Ce constat, réalisé à partir des données de la campagne Loire 2017, est en fait une constante : l'obtention d'un écart-type minimal associé aux indices d'abondance produits apparait systématiquement (100% des espèces) quelles que soient la zone ou l'année lorsque l'on fixe à 1 ou 2 le nombre minimal de traits pour constituer une strate ainsi que le résument le Tableau 36 et la Figure 226suivants. A partir de n = 3, les écarts-types associés aux indices d'abondance augmentent pour certaines espèces, ce qui est contraire au résultat recherché.

Tableau 36** : nombre d'espèces, et pourcentage par rapport au nombre total d'espèces capturées par campagne, pour lesquelles l'écart-type associé à l'indice d'abondance est minimal en fonction du nombre minimal de traits retenu pour **constituer une strate.

	Nombre minimal de traits par strate	1	2	3	5	7	9
Seine 2017	Nombre d'espèces	47	47	43	31	24	24
Seine 2017	% par rapport au nbre total d'espèces	100	100	91,5	66,0	51,1	51,1
Seine 2018	Nombre d'espèces	89	89	63	51	46	44
Seine 2018	% par rapport au nbre total d'espèces	100	100	70,8	57,3	51,7	49,4
Seine 2019	Nombre d'espèces	73	73	38	32	32	27
Seine 2019	% par rapport au nbre total d'espèces	100	100	52,1	43,8	43,8	37,0
Seine 2020	Nombre d'espèces	64	64	47	40	35	30
Seine 2020	% par rapport au nbre total d'espèces	100	100	73,4	62,5	54,7	46,9
Loire 2016	Nombre d'espèces	57	57	54	45	38	35
Loire 2016	% par rapport au nbre total d'espèces	100,0	100,0	94,7	78,9	66,7	61,4
Loire 2017	Nombre d'espèces	52	52	43	31	29	28
Loire 2017	% par rapport au nbre total d'espèces	100,0	100,0	82,7	59,6	55,8	53,8
Loire 2018	Nombre d'espèces	74	74	62	55	50	47
Loire 2018	% par rapport au nbre total d'espèces	100,0	100,0	83,8	74,3	67,6	63,5
Loire 2019	Nombre d'espèces	74	74	58	50	40	40
Loire 2019	% par rapport au nbre total d'espèces	100,0	100,0	78,4	67,6	54,1	54,1
Loire 2020	Nombre d'espèces	58	58	46	36	30	26
Loire 2020	% par rapport au nbre total d'espèces	100,0	100,0	79,3	62,1	51,7	44,8
Gironde 2019	Nombre d'espèces	96	96	87	83	60	42
Gironde 2019	% par rapport au nbre total d'espèces	100	100	90,6	86,5	62,5	43,8
Gironde 2020	Nombre d'espèces	79	79	68	50	34	34
Gironde 2020	% par rapport au nbre total d'espèces	100	100	86,1	63,3	43,0	43,0

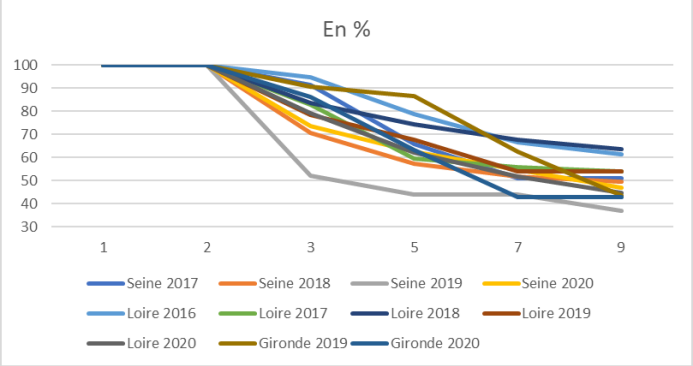


Figure 226** : pourcentage d'espèces (par rapport au nombre total d'espèces différentes échantillonnées lors de chacune des campagnes) pour lesquelles l'écart-type associé à l'indice d'abondance est minimal en fonction **du nombre minimal de traits retenu pour constituer une strate (1, 2, 3, 5, 7 ou 9).

L'écart-type minimal est donc obtenu pour toutes les campagnes et toutes les espèces pour un nombre de traits minimal constitutifs d'une strate fixé à 1 ou 2. Décision a donc été prise de retenir comme valeur minimale n = 2 traits par strate dans le script final.

10.5 Annexe 5 : Etude de sensibilité du script R-STRATI : nombre maximal de partitions des domaines.

Après avoir fixé à 2 le nombre minimal de traits devant constituer une strate à partir de résultats obtenus avec un nombre maximal potentiel de strates fixé à 10, une seconde série de traitements a été lancée en fixant à 44[26] le nouveau nombre maximal de strates potentielles.

Le constat a été que ce nombre de 44 states n'est jamais atteint par le script lors du traitement des 11 jeux de données testés (les 11 campagnes), le maximum constaté s'élevant à 36 strates (pour le traitement des maigres du groupe 0, des soles du groupe 1+ et des anguilles toutes classes d'âge confondues lors de la campagne Gironde 2019 ; Figure 227). Ceci s'explique par le fait qu'à partir d'un certain nombre de strates, le script n'arrive plus à créer de strate supplémentaire respectant les deux conditions impératives fixées :

- toute strate doit comprendre au moins deux traits,
- pour appartenir à une strate, un trait doit être contigu à au moins un trait de cette strate (i.e. respecte le graphique de Gabriel)

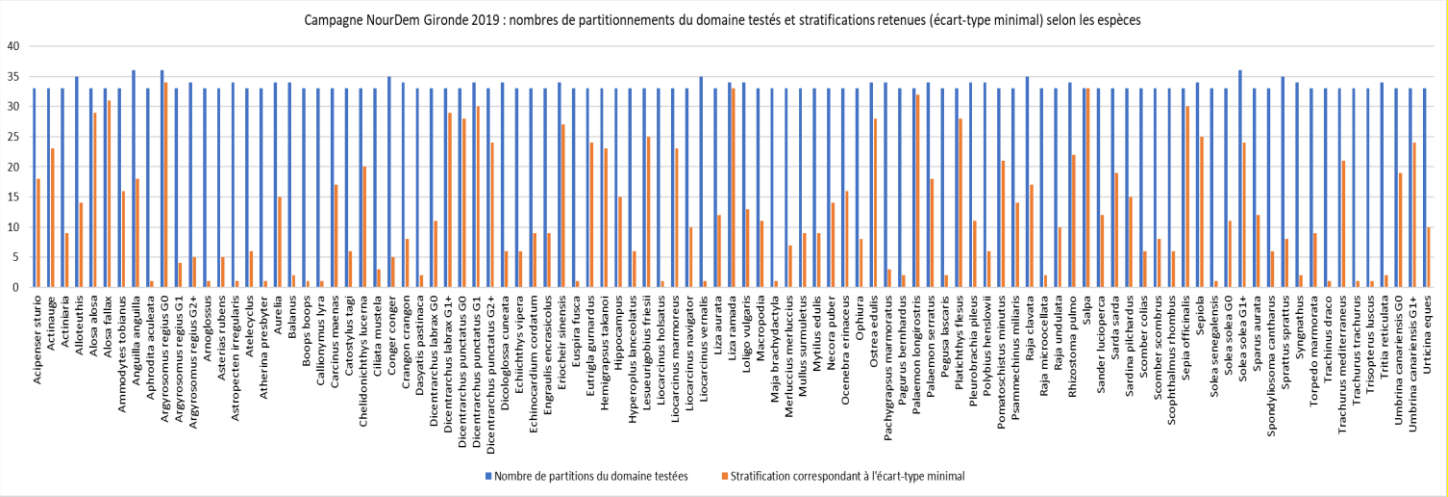


***Figure 227 : nombre de partitions différentes du domaine testées par le script RSTRATI pour chacune des espèces échantillonnées au cours de la campagne NourDem Gironde 2019, (en bleu) et stratifications ayant permis** d'obtenir les valeurs **minimales des écarts-**types associés aux indices d'abondance en fonction des espèces.*

Un second exemple peut être donné avec la campagne Loire 2016 (Figure 228). Dans cet exemple, le script arrive à produire et tester entre 19 et 28 partitionnements au maximum selon les espèces (moyenne 20,4), et les écarts-types minimaux sont atteints pour des nombres de strates compris entre 1 et 24 (moyenne 5,2).

[26] Nous avons retenu cette valeur de 44 car, dans le meilleur des cas, il pourrait être envisageable, dans certains secteurs, de réaliser 11 traits de chalut par jours en moyenne, soit 88 traits à l'issue d'une campagne de 8 jours de mer, ce qui correspond à la durée des campagnes NourDem. En fixant le nombre minimal de traits par strates à 2, ceci amène à potentiellement pouvoir créer, au maximum, 44 strates.

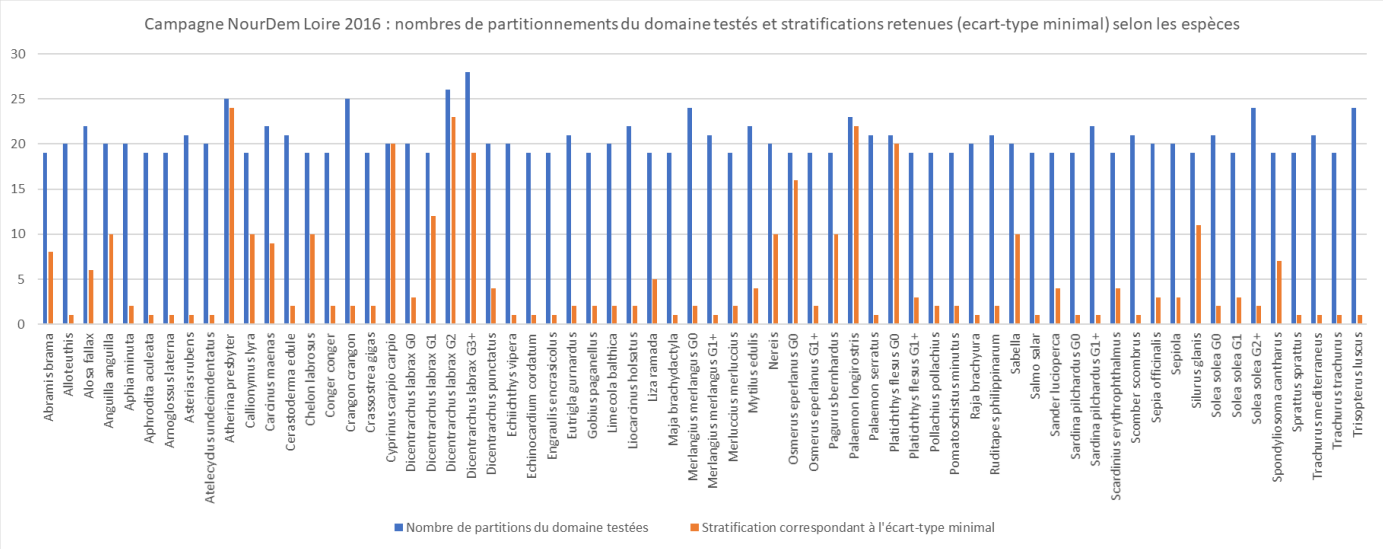


***Figure 228 : nombre de partitions différentes du domaine testées par le script RSTRATI pour chacune des espèces** échantillonnées au cours de la campagne NourDem Loire 2016, (en bleu) et stratifications ayant permis d'obtenir les **valeurs minimales des écarts-**types associés aux indices d'abondance en fonction des espèces.*

Les graphiques page suivante (Figure 229) présentent les fréquences cumulées des nombres de partitions des domaines (découpages en un nombre donné de strates) réellement testées par le script au cours du traitement des 11 jeux de données disponibles, et les fréquences cumulées des stratifications retenues car permettant d'obtenir la valeur minimale de l'écart-type de l'indice d'abondance. Ces graphiques confirment bien que le script n'atteint jamais une partition des domaines en 44 strates : selon les secteurs et années, les partitions maximales atteintes se situent entre 15 et 30 strates différentes pour la très grande majorité des espèces x groupes d'âge (hormis Gironde 2019, campagne « exceptionnelle » de 14 jours au cours de laquelle 92 traits avaient été réalisés). Les graphiques montrent également que les écarts-types minimaux, et donc les partitions optimales, sont systématiquement atteints avant ces partitions maximales pour l'ensemble des espèces.

Fixer à 44 le nombre maximal de strates à tester ne semble par conséquent pas générer de contraintes au niveau du script RSTRATI pour traiter les jeux de données des campagnes NourDem (qui comprennent moins de 88 traits en général) ; c'est cette valeur qui a donc été retenue dans le script.

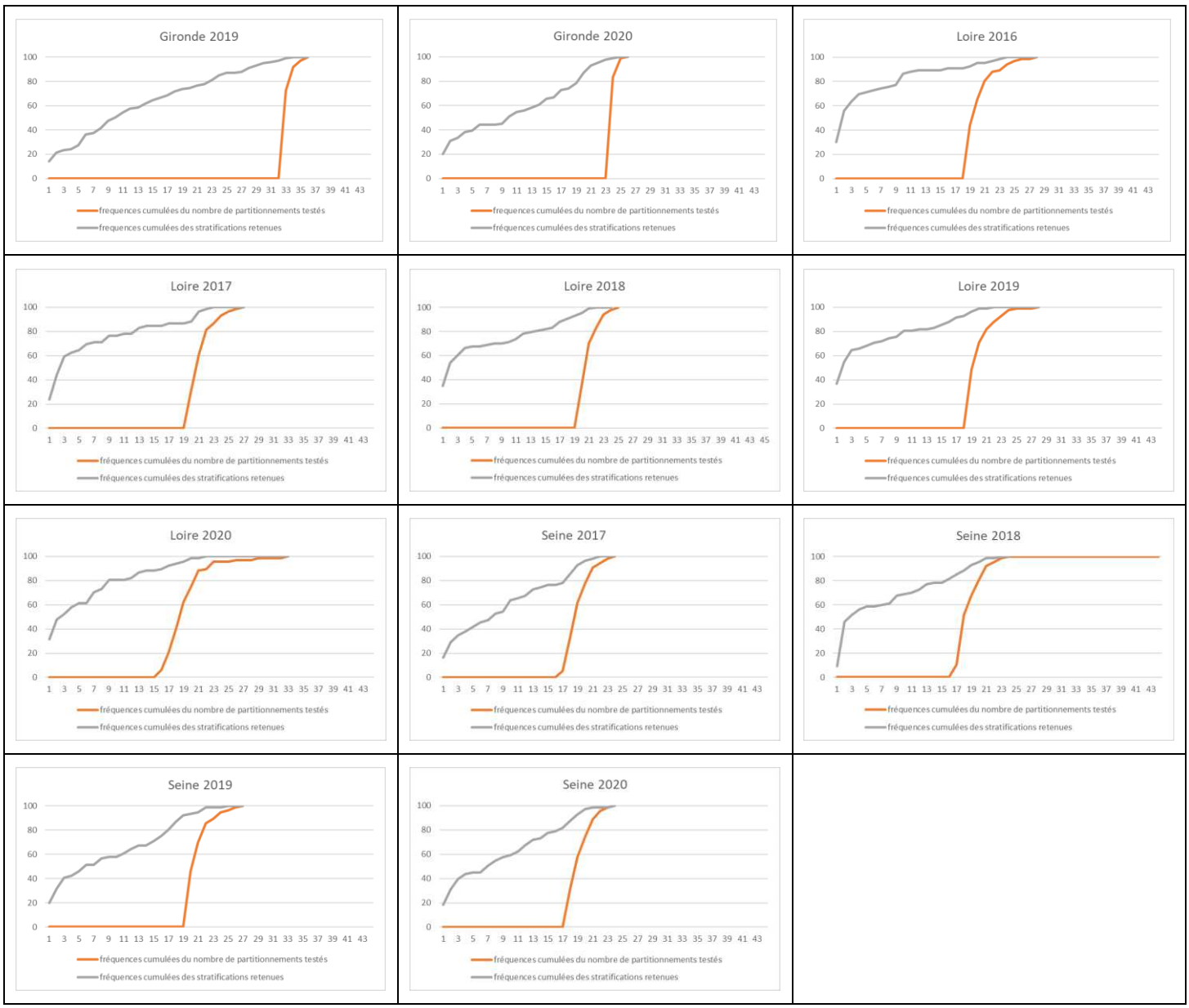


***Figure 229 : graphiques présentant les fréquences cumulées des nombres maximaux de partitionnements (au sens « création** d'un nombre donné de strates au sein du domaine **») testés réellement par le script RSTRATI au cours du traitement des données des 11 campagnes NourDem disponibles fin 2020, et fréquences cumulées des stratifications retenues (i.e. qui ont permis de produire les valeurs minimales des écarts-**types attachés aux indices d'abondance).*

10.6 Annexe 6 : Indices moyens d'abondance et de biomasse, et occurrences moyennes de captures, pour l'ensemble des espèces échantillonnées lors des suivi NourDem.

10.6.1 Estuaire de Seine entre 2017 et 2021

Seine 2017-2021	Indice d'abondance	Indice de biomasse	occurrence
ESPECES	moyen (nbr individus)	moyen (kg)	moyenne
Acanthocardia echinata	13 763	173	0,55
Agonus cataphractus	16 436	60	2,53
Alloteuthis sp.	1 631 951	8 176	51,62
Alosa alosa	789	123	1,17
Alosa fallax	1 710	317	2,45
Anguilla anguilla	18 048	5 532	23,15
Aphia minuta	54 096	119	9,90
Aphrodita aculeata	2 644	173	1,39
Asterias rubens	655 955	26 012	14,05
Atelecyclus	212	19	0,54
Atherina presbyter	1 349	16	1,37
Aurelia	44 918	1 144	8,94
Barnea candida	42	0	0,27
Belone belone	29	6	0,27
Buccinum undatum	2 149	72	1,38
Buglossidium luteum	27 823	272	4,96
Calliactis	224	7	1,43
Callionymus lyra	162 991	5 120	10,99
Cancer pagurus	1 180	240	1,38
Carcinus maenas	8 306 144	39 530	80,07
Cerastoderma edule	1 496 812	2 114	15,49
Chelidonichthys lucerna	25 748	3 285	22,45
Chelon labrosus	548	254	0,85
Chrysaora	109 121	4 859	27,51
Chrysaora hysoscella	202 828	16 491	58,57
Ciliata mustela	4 156	62	4,19
Clupea harengus	9 298 857	34 667	52,03
Conger conger	250	40	0,27
Crangon crangon	8 383 565	7 510	39,25
Crepidula fornicata	28 538	232	0,27
Cyanea lamarckii	501	124	1,10
Dicentrarchus labrax_G0	223 031	943	15,40
Dicentrarchus labrax_G1	340 495	13 056	36,46
Dicentrarchus labrax_G2	203 693	27 468	68,85
Dicentrarchus labrax_G3p	203 964	75 587	66,65
Donax	95 784	48	0,27
Echiichthys vipera	532 883	9 107	22,17
Echinocardium cordatum	69 055	1 219	3,57
Enchelyopus cimbrius	25	0	0,27
Engraulis encrasicolus	9 499	209	4,05
Eriocheir sinensis	2 171	220	3,05
Euspira fusca	9 600	52	3,30
Eutrigla gurnardus	5 348	306	2,46
Gasterosteus aculeatus aculeatus	259	0	0,84
Gracilechinus acutus	4 038	60	1,43
Hippocampus	87	2	0,27
Lampetra fluviatilis	499	58	2,01
Lesueurigobius friesii	79 977	137	6,00
Limanda limanda	84 164	3 215	8,98
Limecola balthica	170	0	0,27
Liocarcinus depurator	28 008	306	7,73
Liocarcinus holsatus	88 034	561	4,15
Liocarcinus sp.	149 980	1 637	6,03
Liocarcinus vernalis	915 238	7 468	28,50
Liza aurata	9 446	1 585	6,22
Liza ramada	45 155	2 715	7,87
Loligo vulgaris	21 907	48	4,33
Lutraria	224	8	1,43

Seine 2017-2021	Indice d'abondance	Indice de biomasse	occurrence
ESPECES	moyen (nbr individus)	moyen (kg)	moyenne
Macropodia	36 349	91	3,00
Mactra	9 621	126	1,90
Maja brachydactyla	235 475	159 906	7,79
Merlangius merlangus_G0	4 135 992	30 225	60,10
Merlangius merlangus_G1p	6 005	731	6,69
Mullus surmuletus	263 552	17 537	4,69
Mustelus	43	69	0,27
Mya truncata	202	4	0,27
Myoxocephalus scorpius	31	12	0,30
Mytilus edulis	952 389	29 922	3,94
Necora puber	381 742	24 660	9,71
Ophiothrix	2 667	7	0,60
Ophiura	619 785	450	13,19
Osmerus eperlanus_G0	746 066	1 503	25,23
Osmerus eperlanus_G1p	919 103	23 106	44,14
Pagurus bernhardus	88 279	303	1,36
Palaemon longirostris	40 703	72	6,00
Palaemon serratus	6 247	32	6,67
Pecten maximus	1 898	351	1,94
Pegusa lascaris	357	5	0,27
Petromyzon marinus	130	10	0,27
Philine aperta	6 044	50	2,86
Platichthys flesus	308 913	32 140	69,48
Pleuronectes platessa	171 771	20 687	36,27
Pollachius pollachius	498	21	1,70
Polybius henslowii	26	0	0,27
Pomatoschistus minutus	117 346	175	19,89
Portumnus latipes	364	4	0,60
Psammechinus miliaris	75	0	0,27
Raja brachyura	88	26	0,54
Raja clavata	54 076	5 337	24,62
Raja microocellata	42	9	0,27
Raja montagui	933	128	1,93
Raja undulata	449	105	2,86
Rhizostoma pulmo	1 387	2 395	1,64
Salmo salar	289	40	0,54
Salmo trutta	74	22	0,56
Sander lucioperca	26	0	0,30
Sardina pilchardus_G0	458	2	0,27
Sardina pilchardus_G1p	35 374	4 004	3,00
Scophthalmus maximus	3 147	426	8,89
Scophthalmus rhombus	2 471	337	7,46
Sepia elegans	755	2	1,36
Sepia officinalis	3 365	653	2,22
Sepiola	5 510	6	0,27
Solea solea_G0	72 152	249	14,16
Solea solea_G1	346 156	17 484	54,83
Solea solea_G2p	85 454	11 769	54,07
Sparus aurata	165	58	1,15
Spisula	125 286	48	3,01
Spondyliosoma cantharus	10 745	286	1,16
Sprattus sprattus	39 459 460	290 271	55,82
Syngnathus	1 400	89	1,63
Tellina	2 117 259	283	0,83
Trachurus trachurus	207 291	43 689	29,14
Trisopterus luscus	127 781	1 667	18,84
Trisopterus minutus	2 971	12	0,54
Tritia reticulata	75 909	168	3,32
Zeus faber	243	10	0,27

NB : les espèces sont classées par ordre alphabétique

10.6.2 Estuaire de Loire entre 2016 et 2021

Loire 2016-2021	Indice d'abondance	Indice de biomasse	occurrence
ESPECES	moyen (nbr individus)	moyen (kg)	moyenne
Abramis brama	10 720	418	8,80
Aequipecten opercularis	10 485	76	0,45
Alloteuthis	970 768	3 897	36,61
Alosa alosa	1 972	115	3,74
Alosa fallax	19 902	697	15,64
Amblyraja radiata	186	68	0,68
Ameiurus melas	10	0	0,22
Ammodytes tobianus	93	4	0,44
Anguilla anguilla	7 189	2 089	22,27
Aphia minuta	88 985	380	29,13
Aphrodita aculeata	2 762	173	1,11
Aplysia	1 600	33	0,22
Argyrosomus regius_G1	41	17	0,88
Argyrosomus regius_G2p	47	1 123	0,23
Arnoglossus	5 289	88	1,78
Asterias rubens	771 863	18 541	25,42
Astropecten irregularis	12 369	64	0,88
Atelecyclus	208 005	6 949	14,30
Atelecyclus undecimdentatus	21 012	1 064	3,07
Atherina presbyter	362 130	4 139	23,69
Aurelia	6 196	317	5,64
Barbus	35	1	0,22
Belone belone	47	9	0,22
Boops boops	43	9	0,22
Buccinum undatum	63 015	2 417	1,32
Calliactis	689	11	0,22
Callionymus lyra	57 655	1 003	8,60
Carcinus maenas	1 386 382	34 078	58,52
Cerastoderma edule	2 316	7	1,55
Chelidonichthys cuculus	47	14	0,22
Chelidonichthys lucerna	1 925	246	3,96
Chelon labrosus	3 662	2 273	2,64
Chrysaora	6 620	365	3,10
Chrysaora hysoscella	612	81	1,76
Clupea harengus	394	5	0,44
Conger conger	10 874	28 685	25,69
Crangon crangon	2 443 122	2 461	46,21
Crepidula fornicata	52 510	207	2,19
Cyprinus carpio carpio	212	400	2,06
Dicentrarchus labrax_G0	21 311	79	5,05
Dicentrarchus labrax_G1	129 907	5 544	38,11
Dicentrarchus labrax_G2	57 541	7 608	70,03
Dicentrarchus labrax_G3p	61 079	27 671	78,56
Dicentrarchus punctatus	2 885	993	10,18
Dicologlossa cuneata	191	11	0,44
Echiichthys vipera	220	3	0,67
Echinocardium cordatum	41 504	685	1,55
Engraulis encrasicolus	3 463 235	28 362	73,64
Ensis siliqua	198	2	0,22
Eriocheir sinensis	880	44	0,44
Euspira	759	4	1,33
Eutrigla gurnardus	1 089	24	0,89
Faxonius limosus	15	0	0,23
Gasterosteus aculeatus aculeatus	337	0	0,88
Gobius niger	394	8	0,22
Gobius paganellus	44	1	0,23
Gracilechinus acutus	455	3	0,44
Hippocampus hippocampus	228	1	0,22
Hyperoplus immaculatus	47	1	0,22
Hyperoplus lanceolatus	9 656	171	3,92
Inachus	235	0	0,22
Leuciscus leuciscus	94	0	0,66
Leucoraja fullonica	188	19	0,22
Limecola balthica	217 123	261	0,23
Liocarcinus depurator	12 282	155	2,48
Liocarcinus holsatus	10 217	294	3,77
Liocarcinus navigator	298	2	0,22
Liocarcinus vernalis	268 753	2 764	9,22
Liza aurata	478	184	0,88

Loire 2016-2021	Indice d'abondance	Indice de biomasse	occurrence
ESPECES	moyen (nbr individus)	moyen (kg)	moyenne
Liza ramada	65 511	18 678	34,63
Loligo vulgaris	3 490	21	0,65
Lutraria	394	55	0,22
Macropodia	454	2	0,44
Macropodia tenuirostris	46	0	0,22
Magallana gigas	801	31	1,11
Maja brachydactyla	45 595	10 926	10,56
Marthasterias glacialis	46	7	0,22
Merlangius merlangus_G0	443 662	3 401	47,66
Merlangius merlangus_G1p	1 713	189	2,25
Merluccius merluccius	7 918	1 165	3,37
Mugil cephalus	38	31	0,22
Mullus surmuletus	2 085	101	0,88
Mytilus edulis	23 707	184	3,59
Necora puber	5 220	197	0,87
Nereis	44	0	0,23
Ophiura	3 252	6	0,88
Osmerus eperlanus_G0	236 487	248	31,43
Osmerus eperlanus_G1p	23 363	792	22,79
Ostrea edulis	685	332	0,66
Pagellus erythrinus	99	4	0,22
Pagurus bernhardus	100 666	1 851	8,13
Palaemon longirostris	520 365	550	25,32
Palaemon serratus	2 664	5	2,24
Pegusa lascaris	418	39	1,54
Pelagia noctiluca	3 051	220	1,33
Philine aperta	100	1	0,23
Platichthys flesus_G0	61 319	182	21,27
Platichthys flesus_G1p	149 122	30 918	56,14
Pleuronectes platessa	33 990	1 019	18,66
Pomatoschistus minutus	176 888	351	33,67
Raja brachyura	91	6	0,45
Raja microocellata	1 144	377	3,29
Raja undulata	1 606	3 789	3,52
Rhizostoma pulmo	149	2 114	0,88
Ruditapes	246	2	0,66
Ruditapes decussatus	282	4	0,22
Ruditapes philippinarum	7 362	213	1,75
Sabella	44	1	0,23
Salmo salar	237	268	1,09
Sander lucioperca	7 235	63	5,05
Sardina pilchardus_G0	451 152	1 872	8,31
Sardina pilchardus_G1p	259 337	14 036	20,88
Scardinius erythrophthalmus	78	3	1,60
Scomber scombrus	29 562	2 771	16,17
Scophthalmus maximus	776	169	3,08
Scophthalmus rhombus	423	52	1,11
Scrobicularia plana	74 660	448	0,88
Sepia officinalis	4 351	1 140	6,38
Sepiola	5 918	15	3,38
Silurus glanis	127	533	2,28
Solea solea_G0	75 337	219	26,23
Solea solea_G1	271 692	10 582	74,09
Solea solea_G2p	33 412	6 570	47,85
Spatangus purpureus	10 491	75	0,66
Spisula	30 294	86	2,40
Spondyliosoma cantharus	913	248	2,43
Sprattus sprattus	3 704 855	14 532	58,26
Symphodus cinereus	140	5	0,23
Syngnathus	1 617	5	0,22
Syngnathus acus	546	2	0,22
Torpedo marmorata	2 046	1 875	5,50
Total général	140 949	2 490	9,92
Trachurus mediterraneus	7 730	539	4,08
Trachurus trachurus	569 378	14 673	34,08
Trisopterus luscus	1 389 101	11 722	54,85
Trisopterus minutus	6 461	14	0,67
Tritia reticulata	10 613	21	1,30
Venus casina	376	2	0,22
Venus verrucosa	1 010	9	0,22
Zeus faber	1 910	279	1,35

NB : les espèces sont classées par ordre alphabétique

10.6.3 Estuaire de Gironde entre 2019 et 2021

Gironde 2019-2021	Indice d'abondance	Indice de biomasse	occurrence
ESPECES	moyen (nbr individus)	moyen (kg)	moyenne
Acipenser gueldenstaedtii	80	112	0,55
Acipenser sturio	2 097	32 527	1,29
Actinauge	1 083	43	0,37
Actiniaria	10 881	98	0,91
Alloteuthis	1 170 007	4 333	39,24
Alosa alosa	37 847	878	15,82
Alosa fallax	1 247	139	1,10
Ammodytes tobianus	498	7	0,37
Anguilla anguilla	60 842	20 215	23,29
Aphia minuta	2 429	5	1,67
Aphrodita aculeata	10 494	260	0,92
Argyrosomus regius_G0	2 273 621	44 266	48,67
Argyrosomus regius_G1	1 969 615	649 846	60,20
Argyrosomus regius_G2p	13 974	19 583	9,19
Arnoglossus	1 495	19	0,73
Asterias rubens	297 418	3 471	12,27
Astropecten irregularis	42 618	601	4,60
Atelecyclus	51 089	1 529	9,31
Atelecyclus undecimdentatus	42 504	1 275	8,33
Atherina presbyter	148 698	1 222	1,47
Aurelia	371 672	41 819	14,98
Aurelia aurita	112 544	31 275	18,33
Balanus	55 142	119	0,73
Barbus barbus	2 429	486	1,67
Boops boops	126 231	12 959	12,87
Callionymus lyra	6 688	101	4,41
Carcinus maenas	235 004	6 271	19,47
Catostylus tagi	157 194	11 498	6,96
Cerastoderma edule	6 442 312	6 643	2,20
Chelidonichthys lucerna	59 851	3 648	13,25
Chelon labrosus	135	162	0,55
Chrysaora hysoscella	509	41	1,67
Ciliata mustela	1 291	17	1,28
Conger conger	16 599	12 108	14,65
Crangon crangon	1 142 797	1 263	42,17
Cyprinus carpio carpio	249	254	1,67
Dasyatis pastinaca	1 831	3 158	1,28
Dicentrarchus labrax_G0	58 941	625	14,65
Dicentrarchus labrax_G1p	266 186	32 318	35,92
Dicentrarchus punctatus_G0	660 272	1 284	19,76
Dicentrarchus punctatus_G1	251 423	5 919	25,54
Dicentrarchus punctatus_G2p	35 689	5 693	9,56
Dicologlossa cuneata	180 160	5 429	4,97
Echiichthys vipera	4 356	57	3,85
Echinocardium cordatum	115 398	1 939	3,85
Engraulis encrasicolus	16 642 682	106 464	42,24
Eriocheir sinensis	12 369	776	7,34
Euspira fusca	2 442	15	1,10
Eutrigla gurnardus	412	25	0,37
Hemigrapsus takanoi	217	1	0,37
Hippocampus	3 475	20	3,49
Hyperoplus lanceolatus	2 142	62	2,57
Lesueurigobius friesii	459 003	627	23,74
Liocarcinus holsatus	421 300	5 822	6,63
Liocarcinus marmoreus	217	4	0,37
Liocarcinus navigator	650	9	0,37
Liocarcinus vernalis	138 220	1 360	24,33
Liza aurata	11 768	3 347	5,89
Liza ramada	101 893	26 473	18,71

Gironde 2019-2021	Indice d'abondance	Indice de biomasse	occurrence
ESPECES	moyen (nbr individus)	moyen (kg)	moyenne
Loligo vulgaris	753 640	30 926	26,03
Macropodia	12 078	22	8,41
Magallana gigas	556 648	26 255	4,41
Maja brachydactyla	17 829	4 939	4,60
Merlangius merlangus	5 840	321	1,09
Merluccius merluccius	81 224	2 893	2,20
Mullus surmuletus	35 567	492	8,25
Mytilus edulis	2 822 847	6 575	4,02
Necora puber	150	1	0,37
Ocenebra erinaceus	1 083	4	0,37
Ophiura	83 710	109	4,21
Ostrea edulis	47 004	3 176	2,92
Pachygrapsus marmoratus	412	1	0,37
Pagurus bernhardus	9 884	116	2,94
Palaemon longirostris	2 724 007	2 678	39,03
Palaemon serratus	1 401	1	1,28
Pegusa lascaris	10 706	1 304	5,50
Platichthys flesus	15 364	3 677	8,83
Pleuronectes platessa	1 248	13	2,73
Polybius	22 669	468	6,67
Polybius henslowii	491 329	5 755	2,93
Pomatoschistus minutus	542 336	684	24,44
Psammechinus miliaris	1 548	29	1,47
Raja clavata	40 186	53 302	20,13
Raja microocellata	1 831	4 025	1,28
Raja undulata	5 606	8 696	2,38
Rhizostoma pulmo	1 204 948	323 574	12,25
Ruditapes	344	3	0,55
Salmo salar	834	250	0,55
Sander lucioperca	290	10	0,92
Sarda sarda	1 416	290	1,28
Sardina pilchardus	58 541	1 669	9,19
Scomber colias	498	169	0,37
Scomber scombrus	174 419	14 779	9,93
Scophthalmus maximus	1 779	1 298	1,10
Scophthalmus rhombus	1 118	79	2,95
Sepia officinalis	17 622	639	9,88
Sepiola	81 729	90	6,96
Silurus glanis	80	39	0,55
Solea senegalensis	4 446	407	1,48
Solea solea_G0	136 249	1 851	37,72
Solea solea_G1p	180 074	22 598	46,18
Sparus aurata	150	49	0,37
Spisula	1 829	13	1,65
Spondyliosoma cantharus	2 547	426	2,56
Sprattus sprattus	769 109	4 045	23,52
Syngnathus	1 120	6	1,65
Torpedo marmorata	1 186	525	1,46
Trachinus draco	20 113	1 511	3,14
Trachurus	2 807 224	25 684	23,25
Trachurus mediterraneus	2 643 427	9 673	9,30
Trachurus trachurus	4 774 908	64 218	25,00
Trisopterus luscus	349 565	9 362	7,86
Tritia reticulata	150	1	0,37
Umbrina canariensis_G0	40 083	131	11,67
Umbrina canariensis_G1p	2 666 882	304 228	20,10
Urticina	29 888	489	3,33
Urticina eques	12 558	1 332	0,37

NB : les espèces sont classées par ordre alphabétique

10.7 Annexe 7 : Résumé envoyé aux XIVe Journées de Géostatistique, MINES ParisTech à Fontainebleau, 19 - 20 septembre 2019.

Application de méthodes géostatistiques pour l'estimation d'indices d'abondances de poissons juvéniles en estuaire

Amédée Roy*[1], Mickaël Drogou[1], Christophe Lebigre[1], Ronan Le Goff[1], and Mathieu Woillez*[1]

[1]Unité de recherche Sciences et Technologies Halieutiques – Institut français de Recherche pour l'Exploitation de la Mer – France

Résumé

Les estuaires jouent un rôle fondamental dans le renouvellement des ressources halieutiques. Ce sont des zones d'études privilégiées pour dériver des indices d'abondance de juvéniles utile à l'évaluation des stocks de poissons. Cependant, si les méthodes géostatistiques ont été largement reconnues en halieutique pour estimer des abondances à partir de campagnes scientifiques hauturières, des difficultés peuvent intervenir lorsqu'elles sont appliquées en estuaire. En effet, les estuaires sont des écosystèmes complexes à la fois par leur morphologie (domaines irréguliers et non-convexes), par le fort gradient environnemental qui les caractérise (salinité, profondeur), et par leur aspect dynamique (courant de marées).
Différentes approches géostatistiques ont été explorées pour définir des indices d'abondances de juvéniles de poisson dans des domaines estuariens. Une métrique de distance adaptée a été testée. La non-stationnarité a été prise en compte via des approches transitives ou intrinsèques à dérivée externe. Enfin l'intégration d'effets dynamiques a été envisagée par modélisation spatio-temporelle.

Appliqué au cas des juvéniles de bar (*Dicentrarchus Labrax*) échantillonnés par chalutage de fond dans les estuaires de Loire et de Seine, ce travail a mis en lumière la difficulté de trouver une méthode d'estimation qui soit à la fois précise et robuste. En effet, les approches les plus simples (transitif) permettent de calculer des covariogrammes beaucoup plus généralement que des approches plus complexes (avec une dérivée externe ou spatio-temporel). Ces dernières ne permettent pas systématiquement d'observer les structures de corrélation spatiale des résidus mais prennent en compte des variables environnementales explicatives comme la profondeur et les vitesses de courant.
Ainsi afin d'utiliser les covariables environnementales pertinentes de manière systématique dans un modèle géostatistique, d'autres stratégies d'échantillonnage devraient être envisagées pour pallier aux difficultés liées à l'échantillonnage par chalutage en estuaire (tirant d'eau, horaires de marées).

*Intervenant

sciencesconf.org:geostat19:281771

10.8 Annexe 8 : Résumé envoyé au le 15ème colloque de l'association Française d'Halieutique, « Les systèmes halieutiques face aux crises », à l'Université de Bretagne Occidentale, Brest, 7 - 9 juillet 2021.

Estimation d'indices d'abondance de poissons juvéniles dans les estuaires à l'aide de la géostatistique : exemple du bar européen

Amédée Roy[1,2], Mickaël Drogou[1], Christophe Lebigre[1], Ronan Le Goff[1] et Mathieu Woillez[1]
[1]Ifremer, Sciences et Technologies Halieutiques, Laboratoire de Biologie Halieutique, Plouzané
[2]IRD, UMR MARBEC, Sète

Résumé:
Les estuaires ont un rôle fondamental pour le renouvellement des ressources halieutiques, car ce sont des nourriceries de nombreux juvéniles de poisson. Estimer leur abondance est une information clé pour les modèles d'évaluation de stock permettant d'anticiper les futurs recrutements et prévenir les crises liées à l'effondrement de la biomasse. Si les méthodes géostatistiques ont été largement utilisées en halieutique pour estimer des abondances à partir de campagnes scientifiques hauturières, elles sont difficiles à mettre en œuvre en estuaire de par la complexité de ces écosystèmes, caractérisés par leur morphologie (irrégulière et non-convexe), leurs gradients environnementaux (salinité, profondeur) et leur dynamique (marée). Ces caractéristiques questionnent la validité de l'hypothèse de stationnarité de second ordre, fondamentale à la théorie de la géostatistique intrinsèque, et c'est pourquoi nous avons testé la performance de différentes approches pour définir des indices d'abondance adaptés en estuaire.
Nous avons utilisé des données de densité de juvéniles de bar échantillonnés au chalut démersal en Loire lors des campagnes NourDem. Nous avons testé un espace métrique pour lequel la distance le long de l'estuaire est considérée. Nous avons pris en compte la non-stationnarité des densités avec une approche transitive et une approche intrinsèque à dérives externes spatio-temporelles tenant compte des effets des marées et des gradients environnementaux. Ces méthodes géostatistiques, en plus de produire des cartes de distribution, montrent de meilleures capacités prédictives que l'estimateur aléatoire stratifié (estimateur classique de référence), cependant leurs CVs sont plus élevés. En ignorant la répartition spatio-temporelle des points d'échantillonnage, l'estimateur aléatoire stratifié sous-estime les différentes incertitudes et conduit à des intervalles de confiance trop optimistes. L'utilisation d'indices d'abondance calculés par géostatistique dans un modèle d'évaluation apparait comme une approche conservative, dont les incertitudes permettraient de trouver un compromis d'ajustement plus robuste entre différents indices (i.e. estuaires) lors de l'estimation du recrutement.

Mots clés: *Dicentrarchus labrax*, krigeage transitif, krigeage ordinaire, krigeage en dérive externe, recrutement, dynamique de marées

10.9 Annexe 9 : Publication sur les méthodes géostatistiques

A.Roy, C. Lebigre, M. Drogou, M. Woillez, 2022. Estimating abundance indices of juvenile fish in estuaries using Geostatistics: An example of European sea bass (*Dicentrarchus labrax*). Esuarine, Coastal and Shelf Science.

Contents lists available at ScienceDirect

Estuarine, Coastal and Shelf Science

journal homepage: www.elsevier.com/locate/ecss



Estimating abundance indices of juvenile fish in estuaries using Geostatistics: An example of European sea bass (*Dicentrarchus labrax*)

Amédée Roy*, Christophe Lebigre, Mickaël Drogou, Mathieu Woillez

DECOD (Ecosystem Dynamics and Sustainability), IFREMER, INRAE, Institut Agro, Plouzané, France

ARTICLE INFO

Dataset link: https://forms.ifremer.fr/sih/demande-de-donnees-aupres-du-sih/

Keywords:
Pre-recruitment indices
Transitive kriging
Intrinsic kriging
Kriging with external drift
Tidal dynamics
Seabass

ABSTRACT

Estuaries play a fundamental role in the renewal of fisheries resources, as they hold nurseries for many juvenile fish species. Estimating juveniles' abundance in estuaries is therefore key to improve stock assessment models, anticipate future recruitment and prevent crises related to biomass collapse. While geostatistical methods have been widely used in fisheries science to estimate species' abundance during offshore scientific surveys, difficulties arise when using these methods in estuaries. Indeed, these ecosystems are characterized by their irregular and often non-convex morphology, their environmental gradients (salinity, depth), and their tidal dynamics which question the validity of the hypothesis of second-order stationarity, fundamental to the theory of intrinsic geostatistics. Therefore, we tested the performance of different geostatistical methods to account for the complexity of these ecosystems and quantify robust indices of abundance adapted to estuaries. We used density data of juvenile sea bass (*Dicentrarchus labrax*) sampled with demersal trawls in the Loire River collected over three consecutive years and tested a metric space for which the distance along the estuary is considered. We took into account the non-stationarity of densities with either a transitive approach or an intrinsic approach with spatio-temporal external drifts, which takes into account the effects of tides and environmental gradients. These geostatistical methods allowed us to produce densities distribution maps and had substantially greater predictive capabilities than the stratified random estimator (classical reference estimator). However, geostatistical methods consistently had larger CVs than the stratified random estimator because the latter ignores the spatio-temporal distribution of sampling points leading to uncertainties underestimates and hence overly optimistic confidence intervals. The use of geostatistically computed abundance indices in an assessment model appears to be a conservative approach, whose uncertainties would allow a more robust adjustment trade-off between different indices when estimating recruitment in estuaries.

1. Introduction

Estuaries are important areas for the early life history of many marine organisms: each year larval fishes are recruited into estuarine habitats in which they grow to juveniles' stages over several years before moving to adult habitats offshore (Boehlert and Mundy, 1988; Norcross and Shaw, 1984). Indeed, estuaries usually offer areas of shallow waters with high food availability, and low predation pressure (Blaber and Blaber, 1980). Thus, the role of these productive ecosystems as nurseries is an established ecological concept: a nursery being any habitat that makes a greater than average contribution to the recruitment of adults (Beck et al., 2001; Able, 2005). These areas are therefore particularly interesting for estimating indices of juvenile's abundance. Several studies have been dedicated to the estimation of abundance, growth, and mortality of larvae or juvenile fish in estuaries from scientific surveys providing crucial information for fisheries stock evaluation and management (Dege and Brown, 2004; Kelley, 2002; Scharf, 2000).

The determination of indices of abundance and associated uncertainties from fish surveys is however a classical challenge in fishery science. Among the existing methods for estimating indices, classical approaches are often based on random sampling theory such as the stratified random estimator (Cochran, 1977). This method generally calculate average catches in predetermined sampling stratum, and define the total abundance as the area-weighted sum of stratum abundances (Hankin and Reeves, 1988). However, the abundance indices estimated using this approach are produced without any assumptions about the spatial distribution of the population. To account for the spatial dependence of samples, geostatistical methods have therefore been used to estimate fish abundance since the early 1990s (Rivoirard

* Corresponding author.
E-mail addresses: amedee.roy@ifremer.fr (A. Roy), christophe.lebigre@ifremer.fr (C. Lebigre), mickael.drogou@ifremer.fr (M. Drogou), mathieu.woillez@ifremer.fr (M. Woillez).

https://doi.org/10.1016/j.ecss.2022.107799
Received 22 September 2021; Received in revised form 30 January 2022; Accepted 24 February 2022