

RAPPORT DE SYNTHESE À DESTINATION DU GPFMAS - PORT DE ROUEN

# Suivi de la zone d'immersion dans le fleuve / volet poissons

Campagnes des années 2019 à 2022

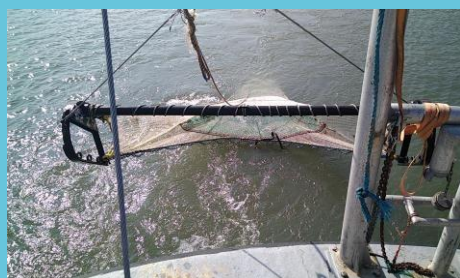
Éléments complémentaires au projet SARTRE du programme scientifique Seine Aval

Projet Seine-Aval 6

**SARTRE**

« Seine-Amont : Réseaux trophiques estuariens »

**ANNEXE IV**



CELLULE DE SUIVI  
DU LITTORAL NORMAND

## RAPPORT DE SYNTHÈSE À DESTINATION DU GPFMAS - PORT DE ROUEN

# Suivi de la zone d'immersion dans le fleuve / volet poissons

**Campagnes des années 2019 à 2022**

**Éléments complémentaires au projet SARTRE du programme scientifique Seine Aval**

Par

Sylvain DUHAMEL (sylvain.duhamel@csln.fr)

Pour

GPFMAS / DT Rouen

Avec la collaboration de :

Aymeric BILLON : Prélèvements

Emma BONHOMME : Prélèvements

Aimy DESODT : Prélèvements

Elodie MORVAN : Prélèvements, laboratoire

Matia PAVKOVIC : Prélèvements

Ismène PERREIN : Prélèvements, laboratoire

Mélissa REY : Prélèvements, laboratoire, saisie des données

**Version provisoire de janvier 2023**

*Remerciements au patron et à l'équipage du « VILLE DE PARIS » et à celui du chalutier « FLIPPER » pour la préparation, la mise en œuvre du matériel de prélèvements, leur accueil et la réalisation des campagnes de prélèvements en mer.*

# SOMMAIRE

<b>1. CONTEXTE ET OBJECTIFS.....</b>	<b>5</b>
1.1 Contexte .....	5
1.2 Etat des connaissances et Objectifs.....	5
1.2.1 Ce que permet ce suivi.....	6
1.2.2 Ce qu'il ne permet pas.....	6
<b>2. MATERIEL ET METHODES.....</b>	<b>7</b>
2.1 Rappel sur le plan d'échantillonnage.....	7
2.2 Engin de prélèvement et moyen nautique.....	8
2.3 Paramètres hydrologiques .....	8
2.4 Traitement des échantillons .....	8
2.5 Traitement statistique des données .....	9
2.5.1 Tests non paramétriques .....	9
2.5.1.1 Comparaison de deux échantillons .....	Erreur ! Signet non défini.
2.5.1.2 Comparaison de k échantillons .....	Erreur ! Signet non défini.
2.5.2 Classification Ascendante Hiérarchique.....	9
2.5.3 L'analyse factorielle des correspondances .....	9
2.5.4 L'analyse en composante principale .....	10
<b>3. RESULTATS .....</b>	<b>11</b>
3.1 Conditions d'échantillonnage .....	11
3.2 Paysage aquatique .....	12
3.3 Assemblage d'espèces .....	15
3.3.1 Richesse et patrimonialité .....	15
3.3.2 Composition de l'assemblage d'espèces.....	15
3.3.2.1 Cortège piscicole .....	15
3.3.2.2 Faune associée .....	16
3.4 Organisation spatiotemporelle des assemblages .....	16
3.4.1 Prépondérance des variations saisonnières .....	17
3.4.2 Cinétique interannuelle .....	19
3.4.3 Variabilité spatiale.....	20
3.4.3.1 Richesse.....	20
3.4.3.2 Abondances numériques .....	20
3.5 Liens entre LE paysage aquatique et l'abondance de la faune.....	21
3.6 Relativisation à l'échelle de la masse d'eau .....	23
3.6.1 Le suivi DCE « poissons » .....	23
3.6.2 Positionnement de la zone d'étude sur le continuum longitudinal .....	23
3.6.2.1 Les assemblages d'espèces .....	23
3.6.2.2 Richesse taxonomique .....	25
3.6.3 Résultats du suivi DCE dans l'estuaire médian (HT02).....	27
3.6.3.1 Peuplement piscicole.....	27
3.6.3.2 Faune associée .....	27
3.6.4 Analyse comparée des deux suivis.....	28
3.6.4.1 Conditions hydrologiques .....	28

3.6.4.2	Richesse et abondances.....	28
3.6.4.3	<b>Structures démographiques des populations piscicoles .....</b>	<b>30</b>
<b>4.</b>	<b>DISCUSSION-CONCLUSIONS .....</b>	<b>33</b>
4.1.1	Les volumes de sédiments clapés .....	33
4.1.2	Variabilité des conditions d'échantillonnage .....	33
4.1.2.1	Régime hydro-climatique .....	33
4.1.2.2	Position transversale du trait de chalut : colonne d'eau et bathymétrie .....	34
4.1.3	Comparaison des suivis « DCE » vs « zone d'immersion » .....	36
4.1.3.1	Organisation spatiale .....	36
4.1.3.2	Organisation saisonnière et cinétique thermique .....	36
4.1.3.3	Evolution temporelle .....	36
4.1.4	Effet des clapages .....	37
4.1.5	Perspectives .....	38
	<b>BIBLIOGRAPHIE .....</b>	<b>39</b>



# 1. Contexte et objectifs

## 1.1 CONTEXTE

L'estuaire de la Seine est le siège de trafics maritime et fluvial liés aux navires de commerce qui assurent les importations et les exportations de marchandises à destination ou en provenance du Port de Rouen.

Pour permettre à ce trafic d'être acheminé dans des conditions satisfaisantes de sécurité, le Port de Rouen est en charge de l'entretien d'un chenal de navigation s'étendant de l'embouchure de la Seine jusqu'à Rouen. Compte tenu de l'importante sédimentation survenant dans l'estuaire de la Seine, cet entretien implique chaque année le dragage d'en moyenne 5 Mm<sup>3</sup> de sédiments sur l'ensemble du chenal de navigation du port de Rouen afin de maintenir les tirants d'eau et de garantir la sécurité de la navigation. Sur ce volume moyen, environ 350 000 m<sup>3</sup> sont dragués dans le secteur « estuaire amont » situé au-delà de la pénétration des eaux marines (de Vieux-Port à Rouen, hors influence de la salinité).

Les opérations de dragage d'entretien de l'estuaire amont ont été autorisées par l'arrêté inter-préfectoral du 25 novembre 2013 autorisant au titre de l'article L-214-3 du code de l'Environnement les dragages d'entretien de l'estuaire amont de la Seine entre Rouen et Vieux-Port.

Cet arrêté prévoit notamment, en cas d'indisponibilité de moyen de refoulement d'une drague ou d'une installation de transit, la possibilité d'un clapage en Seine à proximité du feu de navigation dite de la « pâture aux rats » pour un volume moyen annuel estimé à 10 000 m<sup>3</sup>.

Le Grand Port Maritime de Rouen (GPMR) souhaite réaliser une expérimentation afin de permettre l'immersion de 100 000 m<sup>3</sup> de sédiments par an sur le secteur de la pâture aux rats (en aval de Duclair) ainsi qu'au niveau des points kilométriques adjacents.

Différents suivis sont mis en place tels que le suivi du panache turbide, de la bathymétrie, du plancton ou des populations piscicoles. Cette proposition se rapporte au dernier volet de ce suivi environnemental, à savoir celui de l'ichtyofaune et contribue à la caractérisation de l'état initial sur la fonctionnalité du chenal eu égard à cette ensemble faunistique.

## 1.2 ETAT DES CONNAISSANCES ET OBJECTIFS

Les poissons, comme de nombreux organismes vivants, intègrent les conditions environnementales dans lesquelles se jouent chaque phase de leur cycle de vie. A l'aval des grands fleuves, la banalisation des habitats aquatiques par les multiples aménagements est un fait qui caractérise la plupart des estuaires européens (Cattrijsse et al., 2002). Dans l'estuaire de la Seine, la pression humaine est continue sur les habitats depuis plus d'un siècle, qui se traduit aujourd'hui surtout par une artificialisation des berges (endiguement), une réduction drastique des petits fonds et des surfaces intertidales (> 75%) et une pression permanente sur les fonds (dragages par DAM depuis le milieu du XX<sup>ème</sup> siècle) dont les effets sur le compartiment biologique sont encore très mal connus.

Depuis 2000, la Directive Cadre Européenne sur l'eau oblige les états membres de l'UE à assurer le suivi de la qualité et de l'état écologique des masses d'eau (continentales et côtières), y compris dans les estuaires (considérés à part entière en tant que masses d'eau de transition). L'ichtyofaune est l'un des éléments de qualité intégré à ce dispositif de surveillance, pour lequel un protocole de pêche spécifique a été élaboré à l'échelon national (Lepage & Girardin, 2005). Ce protocole est appliqué

chaque année depuis 2010 dans l'estuaire de la Seine à raison de deux campagnes de pêche par an, qui permet aujourd'hui de connaître les espèces présentes sur le fond, les stades auxquelles elles sont présentes, mais aussi d'avoir une idée de l'évolution des populations au cours du temps.

A cette connaissance s'ajoutent celles acquises dans le cadre du programme Seine Aval notamment au sein du projet ICHTYO (Duhamel, 2012), dans le cadre de THALASSOTOK (Rochard et al., 2012) ou encore de DEFHFIS (Lesourd et al., 2012), qui permettent aujourd'hui de disposer d'éléments plus complets sur l'usage des différents habitats de l'estuaire, y compris ceux des eaux douces tidales. Au final, ces travaux plus ciblés permettent également *in fine*, de mieux cerner les limites inhérentes à l'application du protocole « DCE » tant en matière de recensement d'espèces, que de prise en compte des différents types d'habitats.

Les éléments acquis montrent que dans cette portion du fleuve, les flux de poissons sont essentiellement longitudinaux puisque la capacité d'accueil et de rétention des berges est largement réduite par l'endiguement tandis que les déplacements latéraux sont le plus souvent entravés par des obstacles (GIP SA, Boittin et al., 2012). De fait les clapages envisagés dans le chenal s'exercent sur la principale fonctionnalité écologique encore possible au sein de ce système corseté : les déplacements tidaux et migrations vers l'amont ou vers l'aval.

Quoi qu'il en soit, l'ensemble de ces éléments permettent de définir à la fois les objectifs et les limites d'un suivi de l'ichtyofaune qui reprend la méthodologie « DCE » :

### 1.2.1 Ce que permet ce suivi :

- Le plan d'échantillonnage complète de façon intéressante celui du suivi DCE, et permet d'établir un zoom (quelques kilomètres) à l'intérieur de la masse d'eau douce comprise entre Vieux Port et La Bouille (65 kilomètres). Le calage temporel de ce suivi sur le protocole national DCE permet aussi de minimiser les écarts entre les observations issues de différentes sources ;
- Le croisement de ces deux échelles spatiales d'observation est nécessaire pour resituer les observations faites localement à l'intérieur d'une réflexion plus globale sur la fonctionnalité de cette portion endiguée du fleuve eu égard à l'ichtyofaune ;
- La phase d'état initiale est mise à profit pour déceler - en intégrant une vision à multiple échelle - les espèces potentiellement les plus impactées par les futurs clapages.

### 1.2.2 Ce qu'il ne permet pas

- Les suivis dédiés à ce genre d'activité n'abordent généralement pas les mortalités induites, trop complexes à évaluer avec précision.
- Les effets à court terme consécutifs aux clapages ne sont pas appréhendés dans le suivi poissons de la zone d'immersion qui, rappelons-le est ciblé sur seulement deux fenêtres temporelles d'observation : le printemps et l'automne.
- Le protocole DCE ne s'intéresse qu'aux espèces vivants sur le fond ou à proximité du fond, soit dans le cas présent à peine 5% de la totalité de la colonne d'eau. En conséquence les résultats sous évaluent forcément non seulement la biodiversité fonctionnelle locale, mais également les impacts possibles des clapages puisque ce que l'on observe au fond ne peut en aucun cas être extrapolés à l'ensemble de la colonne d'eau (pourtant entièrement impactée).



## 2. Matériel et méthodes

### 2.1 RAPPEL SUR LE PLAN D'ÉCHANTILLONNAGE

Le principe de l'étude est de faire des observations conjointes sur le site d'immersion et sur les deux sites adjacents en amont et en aval, suivis depuis 2006 dans le cadre de la DCE appliquée aux masses d'eau de transition. Les stations suivies dans le cadre de la DCE sont colorées en rouge sur la Figure 1, auxquelles s'ajoutent 4 stations colorées en jaune.

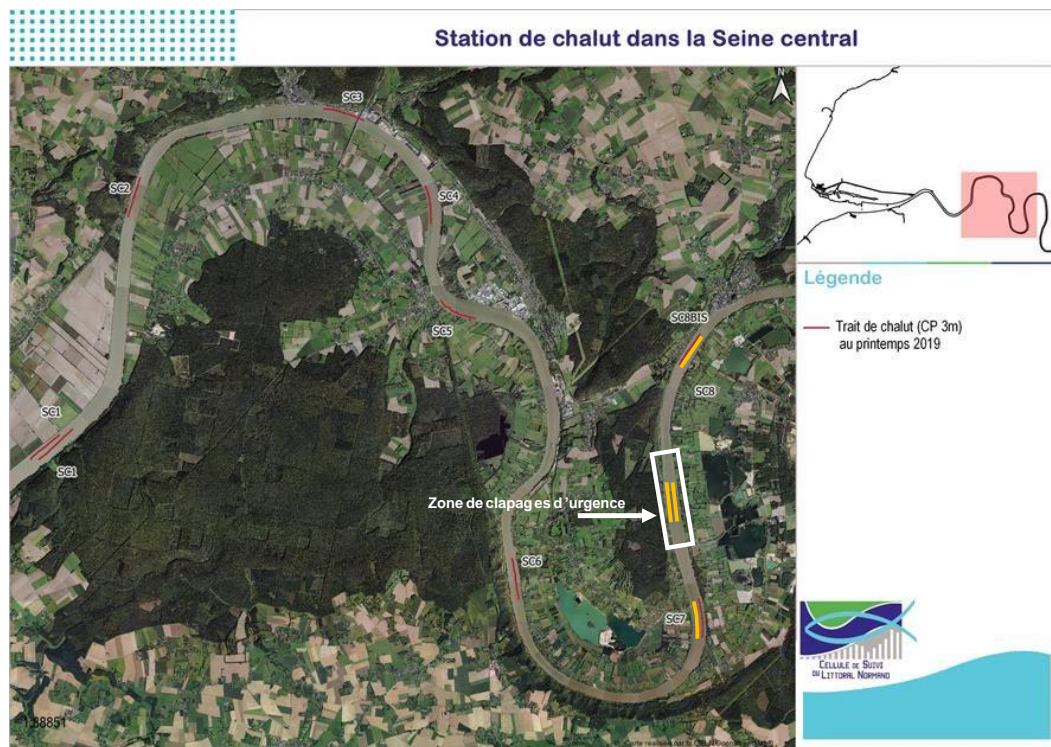
La chronologie des traits de chalut vise à la réalisation de 6 à 8 traits validés, selon l'ordre suivant :

Condition de flot : → 4 traits dont 2 sur la zone de clapage et 2 de part et d'autre

Condition de jusant : → 4 traits dont 2 sur la zone de clapage et 2 de part et d'autre.

Le protocole de pêche respecte la norme AFNOR XP T90-701 (2011) concernant l'échantillonnage au chalut à perche des communautés de poissons dans les estuaires.

Figure 1 : Plan d'échantillonnage théorique au chalut à perche de 3m pour le suivi « poissons » du site d'immersion dans le fleuve



La profondeur de la colonne d'eau au moment du trait de chalut est renseignée à partir du sondeur en passerelle en début et fin de trait. Les traits ont une durée de 15 minutes (approximativement 1000m à 2 nœuds de vitesse) et leur position géographique est notée également en début et fin de trait à partir du GPS embarqué. La traîne est systématiquement enregistrée sur tablette ou ordinateur.

Le protocole DCE n'autorise qu'une interruption de traîne. Cette règle n'a pu être respectée en raison des nombreuses sources de croche et des multiples avaries dans le chalut.

Le protocole adopté prévoit la possibilité de faire varier l'échantillonnage sur les stations « témoins », en condition de flot, pleine mer ou jusant.

## 2.2 ENGIN DE PRELEVEMENT ET MOYEN NAUTIQUE

L'engin de prélèvement est un chalut à perche de 3m d'ouverture horizontale présentant un maillage dans la poche de 10mm de côté de maille.

La première campagne a été réalisée à partir du *Celtic Warrior of Blyth* en octobre 2019, puis en 2020 et 2021 à bord de la vedette rapide *Ville de Paris* appartenant tous deux à la société STO Logistique. En 2022, les prélèvements ont lieu à bord du chalutier « Flipper » sous le commandement de Stanislas SWIATEK. Les caractéristiques de ces navires sont présentées dans le tableau ci-dessous :

Tableau 1 : Caractéristiques des moyens nautiques utilisés lors du suivi et période d'utilisation

NOM	TYPE	IMMATRICUL°	LONGUEUR	PUISSANCE	Période
<b><i>Celtic Warrior of Blyth</i></b>	Catamaran	909080	14,5	2 x 261 kW	2019
<b><i>Ville de Paris</i></b>	Vedette	DP 494385	17,6	2 x 205 kW	2020 et 2021
<b><i>Flipper</i></b>	Chalutier	LH 303508	9,2m	87 Kw	2022

## 2.3 PARAMETRES HYDROLOGIQUES

Les principales caractéristiques hydrologiques (conductivité, température, turbidité et l'oxygène dissout) sont mesurées au fond avant chaque trait de chalut à l'aide d'une sonde multiparamètres (YSI). La conductivité est exprimée en  $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$  température est exprimée en °C, la salinité n'a pas d'unité, la turbidité est exprimée en NTU (Nephelometric Turbidity Unit) et l'oxygène est mesuré en mg/l et en % de saturation dans le milieu.

## 2.4 TRAITEMENT DES ECHANTILLONS

Pour chaque trait réalisé, le poids total de l'échantillon est renseigné. Afin de limiter la mortalité, un maximum de captures est traité à bord (identification, mesure, pesée). Seules les plus petites espèces, ou celles soumises à analyses, sont ramenées au laboratoire.

Tous les poissons capturés sont identifiés jusqu'à l'espèce. En cas de doute, d'espèce particulièrement inattendue ou de taille trop faible, un échantillon est conservé pour détermination ultérieure au laboratoire. Les poissons sont mesurés (mesure sur la longueur totale ou de la longueur à la fourche, au mm inférieur près). En cas d'effectif supérieur à 30 individus, pour une espèce dans un trait, seul un échantillon (30 poissons pris au hasard) représentatif des tailles de l'ensemble du trait est mesuré, les individus surnuméraires étant uniquement comptés pour obtenir l'effectif global. En cas de très gros échantillon, un sous échantillonnage est réalisé pour estimer l'effectif total de l'échantillon. Le poids total par espèce et par échantillon est noté.

Les mollusques et crustacés de la macrofaune benthique sont également dénombrés et pesés. L'opération est réalisée sur le terrain dans la mesure du possible avec un complément d'analyse au laboratoire. Dans le cas où le volume capturé est trop important, un sous échantillon représentatif est collecté sur la totalité de la pêche (faune + divers associé à la pêche).



## 2.5 TRAITEMENT STATISTIQUE DES DONNEES

### 2.5.1 Tests non paramétriques

Pour les CPUE, un test non paramétrique de Kruskal-Wallis est réalisé dans le cas de la comparaison de  $k$  échantillons. Il est suivi de la méthode de comparaison par paire de Conover et Imann correspondant à un test de student réalisé sur les rangs. Lors de la comparaison de deux échantillons, c'est le test de Mann-Whitney qui est employé. Tous les tests sont analysés au seuil  $\alpha = 5\%$ .

### 2.5.2 Classification Ascendante Hiérarchique

La CAH est un outil d'analyse exploratoire des données, dont le but ici est d'évaluer la variabilité hydrologique du paysage aquatique échantillonné et d'établir un classement par groupes d'échantillons possédant des caractéristiques hydrologiques communes en considérant que le degré de similarité entre 2 échantillons est maximum s'ils appartiennent au même groupe (ou cluster). La représentation graphique de cette méthode est un arbre nommé « dendrogramme hiérarchique ». Dans ce dendrogramme, l'axe horizontal correspond à la distance de liaison. Ainsi, pour chaque nœud observé (où un nouveau cluster est formé) un critère de distance est mis en évidence pour les éléments respectifs qui ont été reliés entre eux dans un cluster. Le succès de cette analyse est d'interpréter les groupes d'après les variables utilisées. La méthode de classification de l'arbre utilise la dissimilarité entre les objets lors de la formation des ramifications de l'arbre. Parmi la variété des approches disponibles pour quantifier la dissimilarité, nous avons choisi de considérer la distance euclidienne, qui correspond à la distance géométrique entre les variables dans l'espace multidimensionnel. De plus, un lien ou une règle globale est nécessaire pour déterminer si deux groupes sont suffisamment similaires pour être reliés entre eux. La règle globale choisie dans cette étude est la méthode de Ward (Vega et al., 1998). Cette méthode utilise une analyse de la variance pour évaluer les distances entre les clusters. Toutefois, la compréhension de ses dissimilarités peut seulement être expliquée en réalisant en parallèle une ACP qui permet de rendre compte de la distribution des variables explicatives des bassins versants sur la composante principale.

### 2.5.3 L'analyse factorielle des correspondances

Les méthodes d'analyse factorielle des correspondances (AFC) tout comme celles d'analyse en composantes principales (ACP), s'utilisent pour décrire et hiérarchiser les relations statistiques qui peuvent exister entre des individus placés en ligne et des variables placées en colonnes dans un tableau rectangulaire de données. L'une et l'autre de ces deux méthodes considèrent le tableau de données comme un nuage de points dans un espace mathématique ayant autant de dimensions qu'il y a de colonnes dans le tableau de données ; elles cherchent à le projeter sur des axes ou des plans (appelés factoriels) de façon que l'on puisse en visualiser et étudier au mieux la forme et donc rechercher globalement des corrélations. La spécificité de l'AFC est qu'elle considère en même temps un nuage de point représentant les lignes (individus) et un autre représentant les colonnes (variables). Les logiciels d'AFC fournissent donc en sortie une ou plusieurs figures de plans factoriels sur lesquels sont positionnés à la fois les individus et les variables. Le premier axe d'inertie ( $F_1$ ) oppose les points, c'est-à-dire les lignes du tableau ayant les plus grandes distances ou « différences ». La première valeur propre d'inertie, (associée à ce premier axe) mesure la quantité d'information présente le long de cet axe, c'est-à-dire dans cette opposition. On analyse ainsi les différents axes, en reconstituant progressivement la totalité des données.

## 2.5.4 L'analyse en composante principale

L'ACP est une technique statistique qui peut être utilisée pour examiner la variabilité de données quantitatives. Elle est fréquemment appliquée aux données environnementales, où les ensembles de données peuvent être importants et difficiles à interpréter, et où les inter-relations complexes entre les variables sont difficiles à identifier et visualiser (Reid et al., 2009). En terme simple, l'ACP est une technique de réduction des données, de sorte que de nouvelles variables (dimensions principales) sont calculées à partir de combinaisons linéaires des variables originales. La première dimension principale, compte pour la plus grande variabilité dans les données et fournit la plus grande quantité d'informations pour une description morphologique des bassins. Il peut y avoir également un nombre infini de nouveaux facteurs, avec chacun représentant moins de variabilité des données que le précédent (Webster, 2001). La relation entre une dimension et les variables d'origine est décrite par le pourcentage de la variance portée par une dimension (Ghimire, 2014). Pour effectuer l'ACP, les valeurs des variables ont été centrées et normalisées, indépendamment de leur distribution originelle et de leur unité de mesure, afin d'avoir une moyenne de zéro et une variance unitaire. De plus, une matrice de corrélation des variables d'entrée a également été utilisée pour déterminer quels paramètres physiographiques sont discriminants sur la réponse sédimentaire des bassins Hauts-Normands.

## 3. Résultats

### 3.1 CONDITIONS D'ÉCHANTILLONNAGE

La position des stations a été déterminée a priori en se basant sur les informations bathymétriques préalables et transmises par la GPFMAS-DT Rouen. Deux zones s'avèrent en effet d'emblée impropres au chalutage de part et d'autre de la zone de clapage, qui sont évitées.

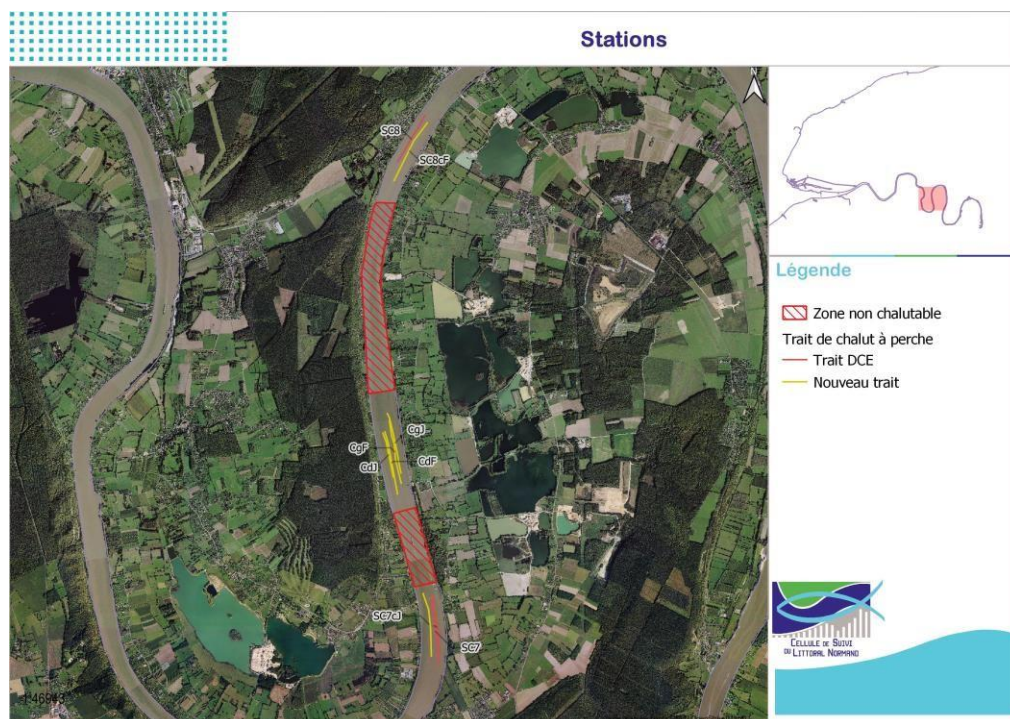


Figure 2 : Représentation cartographique des stations de pêche échantillonnées au chalut à perche pour le suivi du site d'immersion de sédiments de dragages dit de la « pâture aux rats » à l'aval de Duclair. Les stations de suivi DCE de part et d'autre du site sont figurées en rouge. Les stations ajoutées pour ce suivi sont figurées en jaune.

Tableau 2 : Dates, conditions de marée et nombre de traits de chalut pour les pêches de suivi des années 2019 à 2022

DATE	Moyen nautique	P.M. locale	B.M. locale	COEFFICIENT	Nb traits validés	Conditions de marée
22/10/2019	Celtic Warrior	08 :14	15 :21	40	9	5 x Flot 4 x Jusant
01/06/2020	Ville de Paris	10 :29	18 :17	57	9	4 x Flot 5 x Jusant
13/10/2020	Ville de Paris	11 :38	19 :20	51	6	3 x Flot 3 x Jusant
03/06/2021	Ville de Paris	09 :13	16 :31	47	7	4 x Flot 3 x Jusant
16/09/2021	Ville de Paris	10 :15	17 :51	43	9	4 x Flot 5 x Jusant
10/06/2022	Flipper	10 :51	18 :23	51	9	5 x Flot 4 x Jusant
05/10/2022	Flipper	10 :15	17 :10	42	8	4 x Flot 4 x Jusant

Le plan d'échantillonnage tient compte des conditions de marée du jour. C'est pourquoi les dates de pêche sont sélectionnées selon le coefficient de marée d'une part (morte eau) et par la nécessité de réaliser tous les traits de jour d'autre part.

Le suivi actuel englobe 57 traits de chalut (Tableau 3), dont 28 sur la zone de clapage, 14 en amont (SC8) et 15 en aval (SC7). Les difficultés récurrentes pour l'échantillonnage de la station SC7<sub>chenal</sub> (plusieurs chaluts complètement détruits) ont conduit à changer la position de cette traine en 2021 et à la décaler vers le centre du chenal d'environ 50m. Le nombre de traits effectués au flot est de 29 et celui en condition de jusant est de 28.

Tableau 3 : Chronologie et positions géographiques des traits de chalut pour chacune des 2 campagnes de 2022

Année Mois	2019		2020		2021		2022		Total
	Octobre	Jun	Octobre	Jun	Sept.	Jun	Octobre		
CLAP-RD Flot	1	1	1	1	1	1	1	7	
CLAP-RD Jusant	1	1	1	1	1	1	1	7	
CLAP-RG Flot	1	1	1	1	1	1	1	7	
CLAP-RG Jusant	1	1	1	1	1	1	1	7	
SC7c Flot						1	1	2	
SC7c Jusant	1	1				1		4	
SC7 Flot	1		1			1		4	
SC7 Jusant	1	1	1	1			1	5	
SC8c Flot	1	1			1			3	
SC8c Jusant		1				1	1	3	
SC8 Flot	1	1			1	1	1	6	
SC8 Jusant						1		2	
Total général	9	9	6	7	9	9	8	57	



Figure 3 : Illustrations photographiques du contenu de quelques traits de chalut. La présence de blocs de tuf calcaire est récurrente sur la station SC8 (à gauche). Au niveau du site d'immersion, ici un aperçu de la variabilité entre flot et jusant sur la station « clapage rive gauche ».

## 3.2 PAYSAGE AQUATIQUE

Les traits de chalut intègrent la variabilité bathymétrique qui existe entre le milieu du chenal et les berges. Ce paramètre est toutefois sans variation significative entre les 7 campagnes de pêche.

En revanche la distance de chalutage a varié significativement (KW,  $p < 0,0001$ ) entre les valeurs maximales d'automne 2022 ( $1002 \pm 67$  m) et les minimales pour la campagne de printemps 2021 ( $690 \pm 92$ m).



Les conditions hydrologiques de température, conductivité, teneur en oxygène et turbidité (Figure 4) varient elles aussi entre les campagnes (KW,  $p < 0,0001$ ) :

Les températures les plus élevées (20,2 à 20,9 °C) correspondent aux campagnes de printemps 2020, automne 2021 et printemps 2022. Les valeurs automnales ( $17,2 \pm 2,4$  °C) sont cependant plus faibles (MW,  $p = 0,004$ ) que celles de printemps ( $19,8 \pm 0,8$  °C).

La turbidité la plus élevée est observée en automne 2022 ( $54 \pm 32$  NTU), la moyenne la plus faible correspondant à la campagne de printemps de cette même année ( $9 \pm 3$  NTU). Ce paramètre varie également de façon saisonnière (MW,  $p < 0,0001$ ) avec des valeurs globalement plus faibles au printemps ( $12,2 \pm 7$  NTU) qu'en automne ( $32 \pm 25$ ).

Le phénomène est inversé pour la conductivité dont les valeurs printanières ( $589 \pm 21$   $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ ) sont supérieures (MW,  $p < 0,0001$ ) à celles d'automne ( $527 \pm 37$   $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ ). Une tendance similaire s'observe pour les teneurs en oxygène, plus élevées au printemps qu'en automne (MW,  $p = 0,003$ ), mais qui à cette saison, restent tout à fait correctes pour l'ichtyofaune (aucune valeur  $< 70\%$ ).

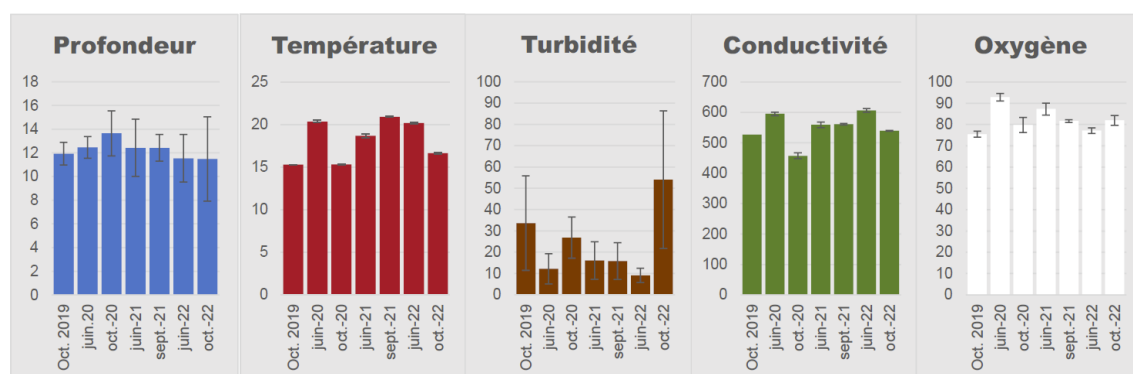


Figure 4 : Variabilité par campagne de la profondeur de la colonne d'eau et des paramètres hydrologiques mesurés au fond (température de l'eau, turbidité, conductivité et teneur en oxygène dissout)

L'analyse spatiale de ces paramètres révèle en revanche qu'à l'exception de la profondeur de la colonne d'eau au moment du chalutage, les quatre autres paramètres ont des valeurs qui ne varient pas significativement entre les 6 stations. Autrement dit, quel que soit le descripteur hydrologique, les valeurs relevées au cours de la journée ne varient pas significativement au sein de la zone d'étude. S'agissant des variations de colonne d'eau (KW,  $p < 0,0001$ ), les deux stations les plus profondes sont SC8<sub>chenal</sub> et Clap RD (respectivement  $13,4 \pm 1,4$  m et  $13,8 \pm 1$  m). Les deux moins profondes sont SC8 et Clap RG (respectivement  $10,9 \pm 1$  et  $10,3 \pm 2$  m).

Tableau 4 : Valeurs moyennes par station des différentes variables mesurées au cours des 7 campagnes de suivi au chalut à perche pour la période 2019-2022. Les valeurs min et max sont données à droite de chaque cellule

	SC7 ch		SC7		Clap D		Clap G		SC8 ch		SC8	
Distance du trait	887	733	883	558	901	620	882	657	879	518	763	618
		1004		1172		1059		1065		1107		965
Profondeur	12,4	10,9	12,9	11,7	13,8	12,6	10,3	5,1	13,4	12,3	11,0	9,1
		13,6		13,9		17,0		13,0		16,0		12,2
Température	18,9	15	17,9	15	18,4	15	18,4	15	18,7	15	19,2	15
		21		21		21		21		21		21
Turbidité	41	8	23	6	27	8	18,6	3	14,4	6	16,9	5
		112		40		91		60		24		48
Conductivité	577	539	546	466	561	445	555	454	566	539	577	543
		602		602		611		607		589		618
Coefficient de marée	50,3	40	48,1	40	48,9	40	48,9	40	49,5	40	49,1	40
		62		62		62		62		62		62
Oxygène dissout	80	74	82	76	82	75	83	76	85	74	83	74
		93		93		94		94		95		91

La variabilité du paysage aquatique est synthétisée selon une représentation graphique qui agence les observations selon les deux premiers plans factoriels de l'ACP (Figure 5).

L'ordonnement s'opère en premier lieu selon l'axe 1 de cette représentation, qui regroupe 45% de la variabilité totale. Il est principalement associé à la température de l'eau (scores positifs), à sa conductivité et dans une moindre mesure à la turbidité (score négatif). Les observations de printemps s'opposent à celles d'automne selon cet axe et l'on retrouve les observations de septembre 2021 en valeur positive sur l'axe 1, en lien avec la température élevée qui caractérise cette campagne. Le second axe est nettement moins structurant (21% de la variabilité totale), avec la profondeur de la colonne d'eau pour principale variable contributrice (score positif) et l'opposition selon cet axe de la majeure partie des observations Clap RD et Clap RG. La variabilité temporelle est globalement plus importante que la variabilité spatiale.

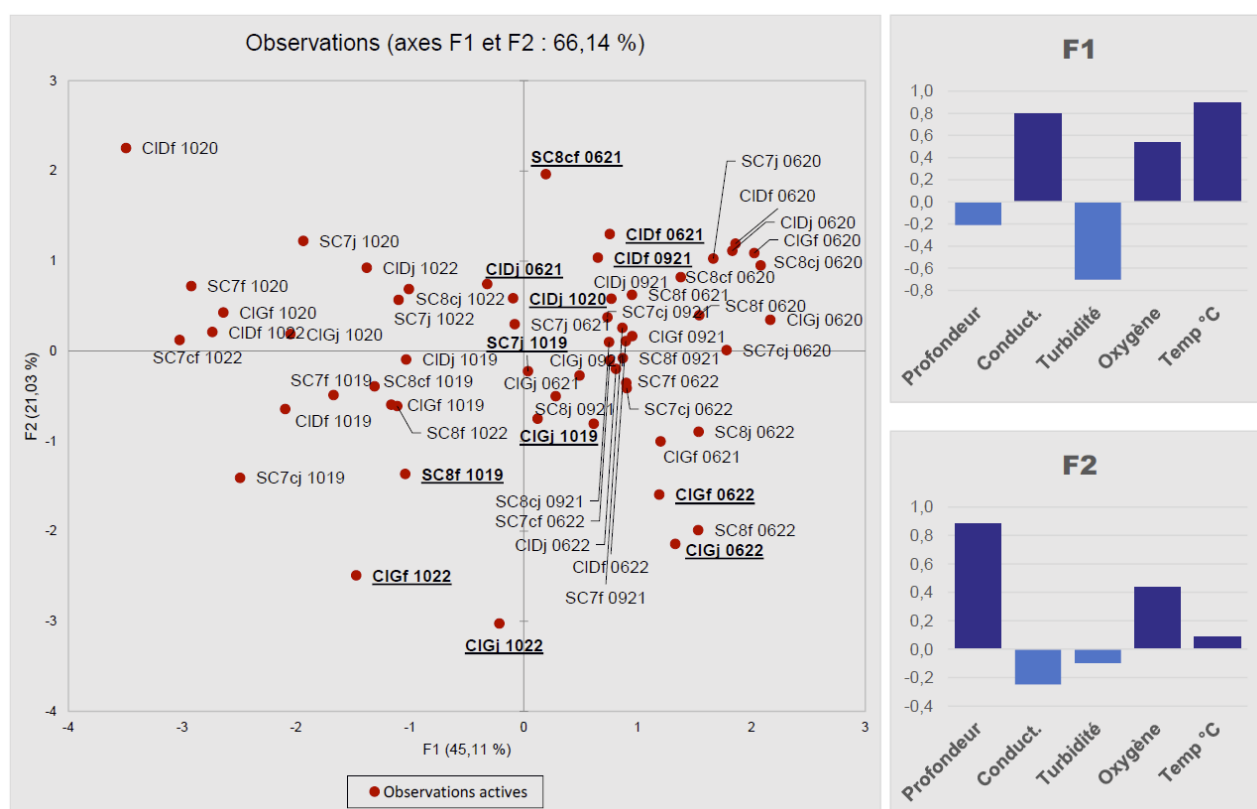


Figure 5 : Représentation des observations au sein des axes 1 et 2 de l'ACP sur les caractéristiques hydrologiques (température, salinité, turbidité, oxygène dissout) et profondeur de la colonne d'eau échantillonnée lors des 7 campagnes de suivi de l'ichtyofaune pour la période 2019-2022. CID = Clapage rive droite ; CIG = Clapage rive gauche ; Codage chiffré des campagnes selon le mois et l'année. Les conditions de marée sont indiquées en minuscule f = flot et j = jusant. Les observations soulignées sont celles qui contribuent le plus à l'axe 2



### 3.3 ASSEMBLAGE D'ESPECES

#### 3.3.1 Richesse et patrimonialité

Le cortège se compose d'une dizaine d'espèces de poissons. Parmi celles-ci, trois d'entre elles ont un intérêt patrimonial avéré : l'anguille, l'éperlan et le flet (Tableau 5).

Tableau 5 : Statut UICN des espèces constantes recensées sur le site d'immersion de HAROPA-Port de Rouen en aval de Duclair. CR = Danger critique d'extinction, NT = Pourrait être menacée si des mesures spécifiques de conservation n'étaient pas prises, LC = Préoccupation mineure, DD = données insuffisantes, non évaluée

Espèce	Catégorie	Classement sur les listes rouges
<i>Anguilla anguilla</i>	CR CR CR CR	Monde : Liste rouge mondiale UICN (2014) Europe : Liste rouge européenne UICN (2010) France : Liste rouge des poissons d'eau douce de France (2019) Normandie : Liste rouge des poissons d'eau douce (2013)
<i>Osmerus eperlanus</i>	LC LC NT EN	Monde : Liste rouge mondiale UICN (2011) Europe : Liste rouge européenne UICN (2011) France : Liste rouge des poissons d'eau douce de France (2019) Normandie : Liste rouge des poissons d'eau douce (2013)
<i>Platichthys flesus</i>	LC LC DD NT	Monde : Liste rouge mondiale UICN (2010) Europe : Liste rouge européenne UICN (2010) France : Liste rouge des poissons d'eau douce de France (2019) Normandie : Liste rouge des poissons d'eau douce (2013)

#### 3.3.2 Composition de l'assemblage d'espèces

##### 3.3.2.1 Cortège piscicole

Ces trois espèces amphihalines sont les plus fréquentes sur la zone d'étude (Figure 6). Le flet est constant ( $F_o > 75\%$ ), tandis que l'anguille et l'éperlan y sont communs ( $50\% < F_o < 75\%$ ). Les espèces occasionnelles sont le gobie tacheté et le gobie à tâche noire. Hormis ce dernier, les autres poissons d'eau douce sont rares à exceptionnels : sandre, brème gardon et rotengle. A noter la présence sporadique de poissons euryhalins caractéristiques de l'embouchure (gobie buhotte et bar).

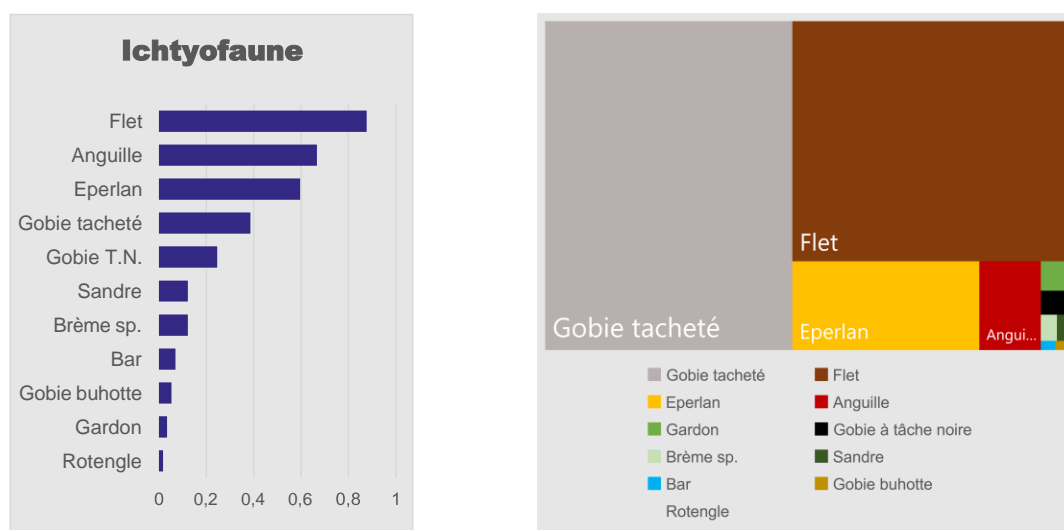


Figure 6 : Présentation du cortège piscicole selon le taux d'occurrence des espèces (à gauche) et selon leur niveau moyen d'abondance au sein de l'assemblage (à droite)

L'organisation des abondances numériques est en revanche nettement plus contrastée, avec une large dominance du gobie tacheté (47 %), suivi du flet (39 %). Les contributions de l'éperlan et de l'anguille sont modestes (respectivement 9 % et 3 %).

Exprimées en valeur absolue, les CPUE numériques piscicoles sont en moyenne de  $549 \pm 2456 \text{ ind. ha}^{-1}$ . Avec  $130 \text{ ind. ha}^{-1}$ , la médiane est nettement plus faible. Malgré sa position au 1<sup>er</sup> rang, la CPUE de gobie tacheté ( $260 \pm 1734 \text{ ind. ha}^{-1}$ ) est très fluctuante. Les CPUE respectives du flet et de l'éperlan sont de  $213 \pm 723 \text{ ind. ha}^{-1}$  et de  $52 \pm 123 \text{ ind. ha}^{-1}$ .

La moyenne des CPUE pondérales est de  $42 \pm 289 \text{ kg. ha}^{-1}$ . Cette valeur peut sembler considérable mais elle découle en fait d'une seule observation en octobre 2020 ( $2231 \text{ kg. ha}^{-1}$ ). La médiane pondère les résultats précédents avec seulement de  $2,4 \text{ kg. ha}^{-1}$ . Le 1<sup>er</sup> rang est occupé par le flet ( $38 \pm 287 \text{ kg. ha}^{-1}$ ), suivi de l'anguille ( $2,6 \pm 4 \text{ kg. ha}^{-1}$ ) et de l'éperlan ( $0,3 \pm 0,6 \text{ kg. ha}^{-1}$ ).

### 3.3.2.2 Faune associée

Avec seulement 5 taxons, la macrofaune associée aux captures de poissons sont peu diversifiée. Il s'agit de la crevette blanche *Palaemon longirostris*, de la corbicule (mollusque bivalve), du crabe chinois *Eriocheir sinensis*, de l'écrevisse américaine *Orconectes limosus* et de la dreissene (Figure 7). Le niveau d'occurrence de ces espèces est remarquablement faible et ne dépasse qu'à peine 50% pour la crevette blanche. En revanche cette crevette représente à elle seule 99 % des CPUE numériques et 88 % des CPUE pondérales.

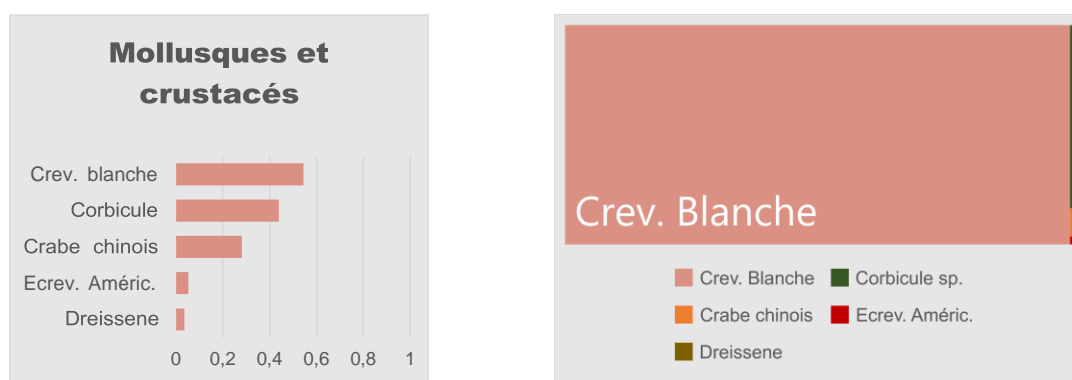


Figure 7 : Présentation des espèces associées aux captures de poissons selon leur taux d'occurrence (à gauche) et selon leur niveau moyen d'abondance au sein de l'assemblage (à droite)

## 3.4 ORGANISATION SPATIOTEMPORELLE DES ASSEMBLAGES

Les données normalisées des CPUE numériques peuvent être représentées de façon synthétique sur les deux premiers axes d'une AFC (Figure 8).

Cette analyse explique 60 % de la variance totale, dont la majeure partie se rapporte au 1<sup>er</sup> axe (44%). La classification effectuée sur le même jeu de données aboutit à deux groupes qui séparent les observations d'automne (groupe A, en valeur positives sur l'axe 1 de l'AFC) et celles de printemps (groupe B, en valeur négatives sur l'axe 1 de l'AFC). Les deux espèces qui contribuent le plus à l'axe 1 sont la crevette blanche et le gobie tacheté (principal représentant des poissons résidents). Ce sont les deux espèces dont les CPUE varient le plus entre les deux saisons (Figure 9), avec des CPUE pouvant être totalement nulles au printemps (cas du gobie tacheté).

Les espèces qui contribuent le plus à l'axe 2 sont la corbicule et l'éperlan. Cet axe est plus difficile à interpréter mais on remarque une contribution élevée à cet axe de certaines observations sur les stations les moins profondes (Clap RG et SC8).

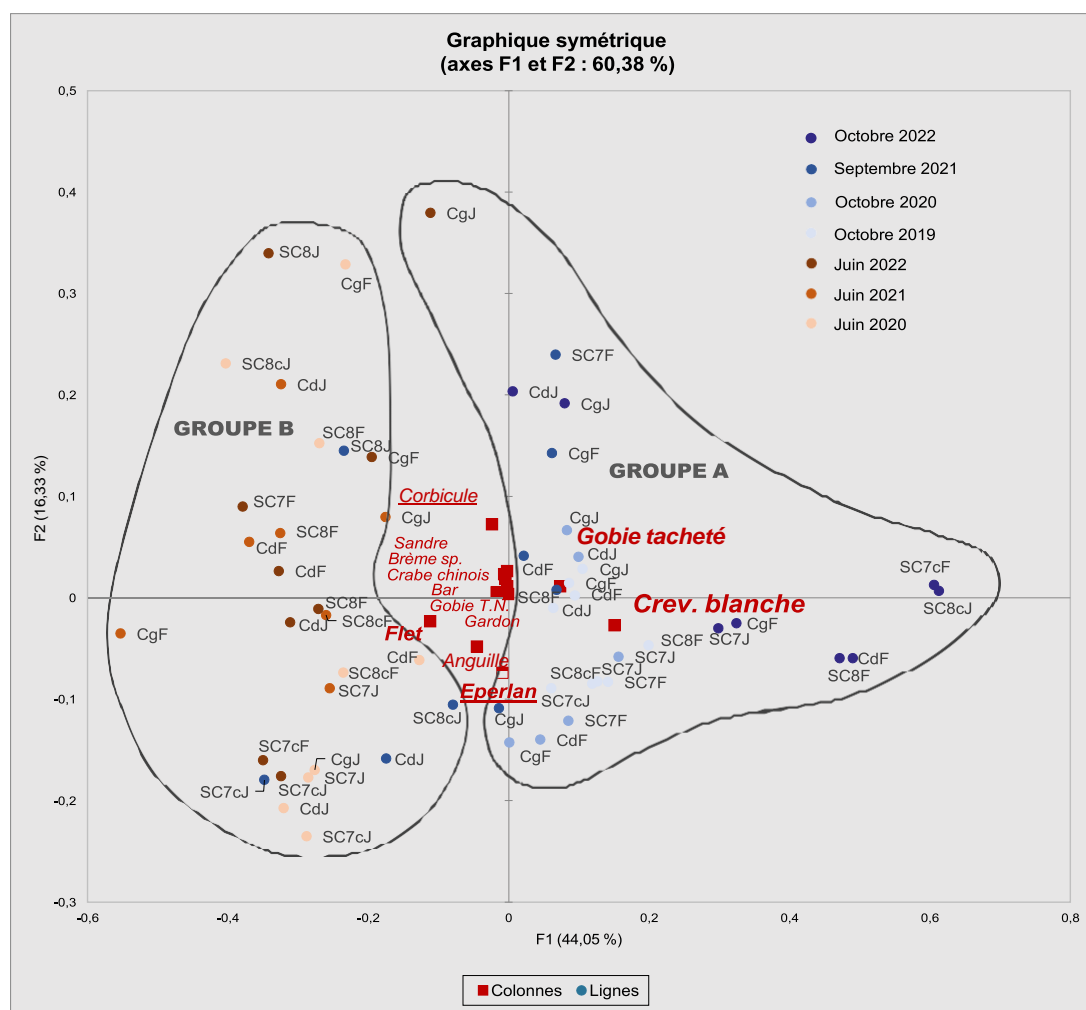


Figure 8 : Illustration de l'ordination sur les deux premiers axes d'une AFC basée sur les 57 observations de CPUE numériques normalisées des 11 taxons observés sur la zone d'étude. Les campagnes sont symbolisées par des couleurs distinctes. C = station clapage, d = rive droite, g = rive gauche, J = jusant, F = flot.

### 3.4.1 Prépondérance des variations saisonnières

Les écarts saisonniers se rapportent en premier lieu au gobie tacheté et à la crevette blanche, espèces presque absentes au printemps, mais qui peuvent devenir dominantes en automne, avec une CPUE moyenne à cette saison de  $462 \pm 2310$  ind.ha<sup>-1</sup> pour le gobie tacheté et de  $2839 \pm 7628$  ind.ha<sup>-1</sup> pour la crevette blanche.

Dans l'ensemble, le classement par guildes révèle des CPUE significativement différentes dans chacun des deux groupes de la CAH pour les résidents estuariens (KW,  $p < 0,0001$ ) et pour les poissons diadromes (KW,  $p < 0,0001$ ), mais pas pour les poissons d'eau douce ni ceux d'origine marine.

Les CPUE totales des poissons, de l'ensemble des crustacés et celles de la crevette blanche varient aussi entre les deux groupes de la CAH (KW,  $p = 0,014$  pour l'ensemble des poissons et  $p < 0,0001$  pour les crustacés et la crevette blanche).

Au final, l'effet le plus récurrent sur la variabilité des CPUE numériques, mais aussi sur celle de la richesse piscicole se rapporte à la date de pêche qui, suivant le cas met en exergue les différences entre années ou celles entre les mois, ou le couple mois-année. A noter que la différence entre les mois n'est pas significative pour l'ensemble de l'ichtyofaune, alors qu'elle l'est pour les deux groupes issus de la CAH (Tableau 6).

Dans l'ensemble, l'état de la marée joue un rôle très secondaire sur les fluctuations temporelles de richesse et d'abondance numérique, avec des différences significatives seulement pour l'éperlan ( $\alpha = 5\%$ ) et pour l'abondance totale de l'ichtyofaune (pour  $\alpha = 10\%$ ).

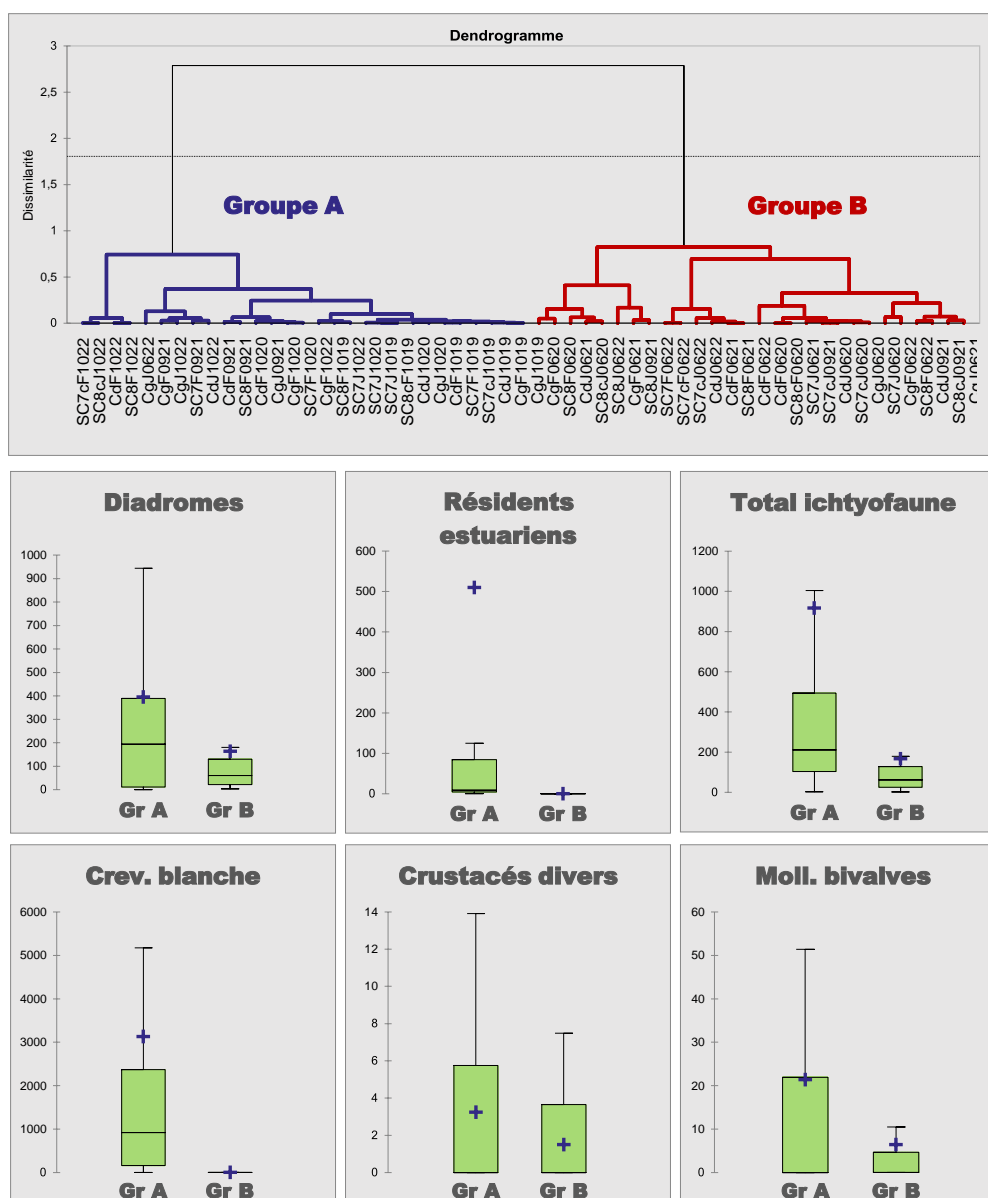


Figure 9 : Classification ascendante hiérarchique (CAH) sur les CPUE numériques normalisées des 57 observations faites au cours de la période 2019-2022 sur la zone de suivi à partir du chalut à perche

Tableau 6 : Récapitulatif des tests de Kruskal-Wallis calculés sur les variables temporelles de date, mois et état de la marée respectivement pour la richesse taxonomique, l'abondance numérique des poissons et celle des crustacés. Les taxons absents de ce tableau font l'objet de tests non significatifs. En souligné les tests significatifs pour  $\alpha = 10\%$

Variable	Test KW / Date		Test KW / Mois		Test KW / Etat marée	
	p	Comp. Multiples	p	Comp. Multiples	p	Comp. Multiples
<i>Anguilla anguilla</i>	<b>0,006</b>	[juin21=oct22] ≤ autres	0,55	NS	0,44	NS
<i>Dicentrarchus labrax</i>	<b>0,035</b>		<b>0,003</b>	sept > autres	0,35	NS
<i>Osmerus eperlanus</i>	<b>&lt;0,0001</b>	2022=2021 ≤ autres	<b>0,007</b>	juin ≤ autres	<b>0,048</b>	Flot < Jusant
<i>Palaemon longirostris</i>	<b>&lt;0,0001</b>	Printemps < Automne	<b>&lt;0,0001</b>	juin < sept < oct	0,93	NS
<i>Platichthys flesus</i>	<b>&lt;0,0001</b>	2022 ≤ Autres	0,42	NS	0,33	NS
<i>Pomatoschistus microps</i>	<b>&lt;0,0001</b>	Printemps ≤ Automne	<b>&lt;0,0001</b>	[juin=sept] < oct	0,58	NS
<i>Pomatoschistus minutus</i>	<b>0,011</b>	oct 2019 > autres	0,10	NS	0,07	NS
Nb SP fish	<b>0,008</b>	juin21=juin22 ≤ autres	<b>0,010</b>	juin ≤ autres	0,28	NS
CPUE Fish	<b>0,001</b>	2022 ≤ autres	0,10	NS	<u>0,057</u>	Flot < Jusant
CPUE CRU	<b>&lt;0,0001</b>	Printemps ≤ Automne	<b>&lt;0,0001</b>	juin < sept < oct	0,67	NS

### 3.4.2 Cinétique interannuelle

Les tests les plus pertinents pour l'étude des séries chronologiques ne sont pas applicables à cause du nombre encore trop faible de données (au moins 10 dates pour le test de Mann-Kendall).

Les principales espèces de poissons relatent toutes des évolutions à la baisse depuis le début de ce suivi (Figure 10). Les courbes distinguent nettement les valeurs élevées observées en 2019 et 2020 en automne par rapport à celles qui suivent à la même saison. Malgré un moindre nombre de campagne au printemps, la trajectoire est similaire dès lors que l'espèce n'est pas absente à cette saison (i.e. gobie tacheté). En automne, les résultats restent cependant sous tendus à une seule campagne pour laquelle les CPUE ont atteint des valeurs record soit lors de la 1<sup>ère</sup> campagne en 2019 (i.e. éperlan et anguille), soit lors de la seconde en juin 2020 (i.e. gobie et flet).

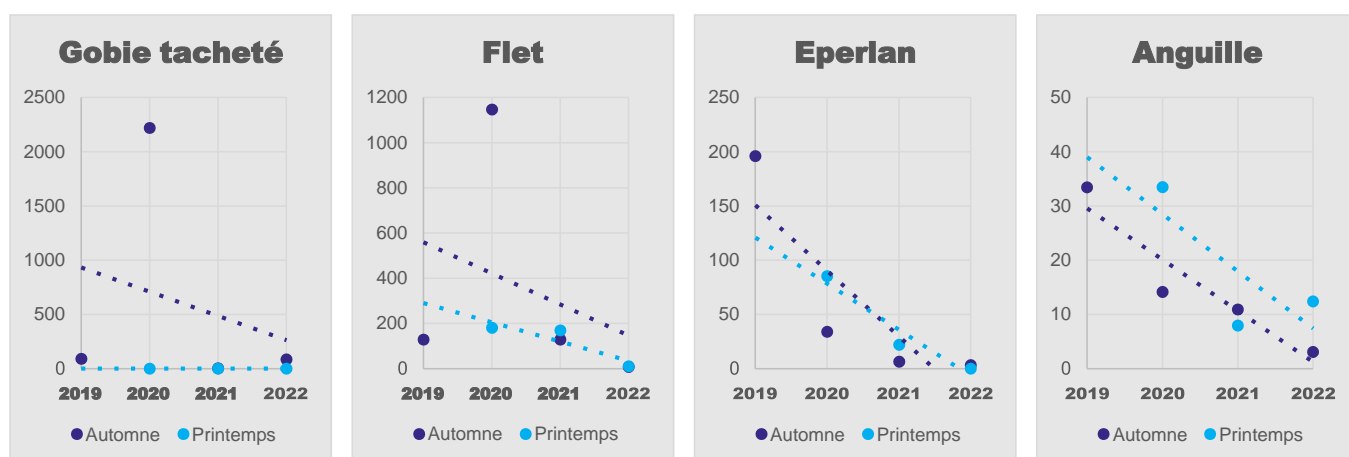


Figure 10 : Evolution interannuelle par saison des valeurs moyennes des CPUE numériques ( $\text{ind.ha}^{-1}$ ) pour les principales espèces de poissons

L'évolution des CPUE de crevette blanche est remarquablement similaire à celle du gobie tacheté avec une absence quasi générale au printemps et une courbe automnale caractérisée par une valeur maximale en octobre 2020, suivie par un niveau relativement médiocre en 2021 et 2022 (Figure 11). Le crabe chinois révèle des évolutions inversées suivant la saison, avec une baisse en automne, mais des CPUE plutôt en augmentation au printemps.

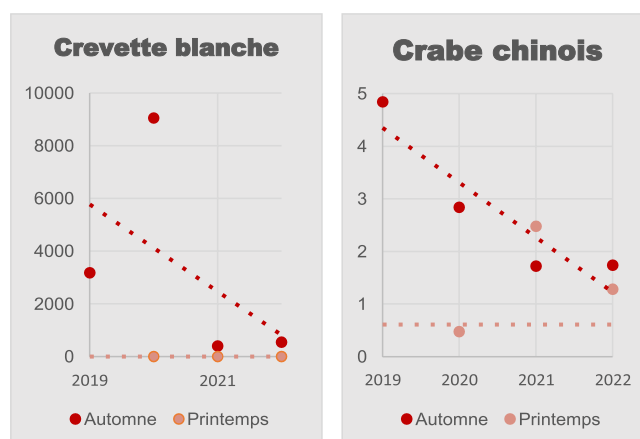


Figure 11 : Evolution interannuelle par saison des valeurs moyennes des CPUE numériques ( $\text{ind.ha}^{-1}$ ) pour les principales espèces de crustacés

### 3.4.3 Variabilité spatiale

#### 3.4.3.1 Richesse

La richesse taxonomique piscicole varie significativement entre les stations (Tableau 7). Les valeurs oscillent fortement entre les campagnes, avec nombre de cas où une seule espèce est recensée par trait, voir aucun poisson pour la première fois en 2022. Les comparaisons multiples par paires appliquées au jeu de données ne distinguent aucun groupement. Les moyennes les plus élevées correspondent aux stations *Clapage RG* et *SC7* (Figure 12). L'allure du boxplot de ces deux stations reflète un niveau de fluctuation nettement plus élevé sur la station *Clapage RG* (1 à 6 taxons) et remarquablement faible sur la station *SC7*.

La richesse piscicole est positivement corrélée à celle de l'ensemble des captures (poissons + faune associée,  $p_{\text{Spearman}} < 0,0001$ ) et à la richesse de la faune associée ( $p_{\text{Spearman}} = 0,006$ ).

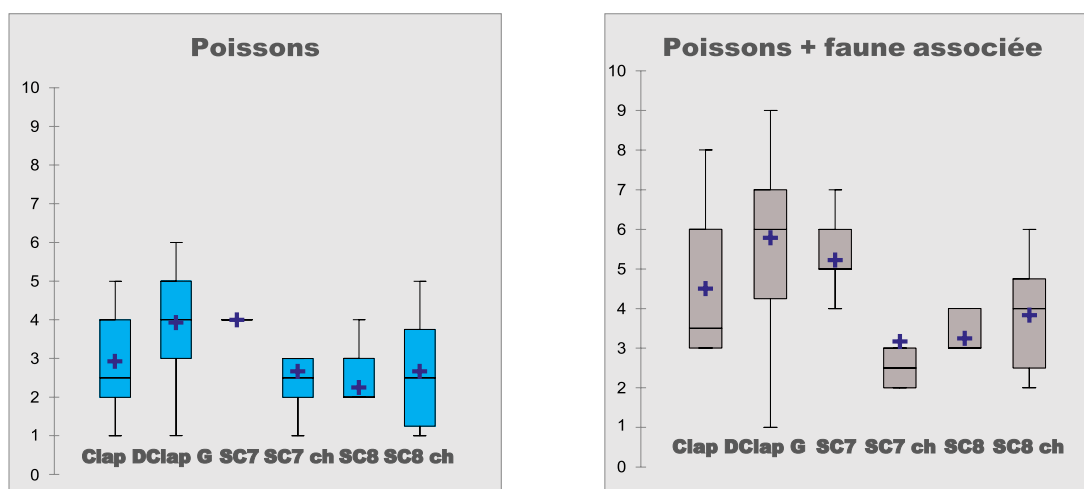


Figure 12 : représentation en boxplot de la variabilité de la richesse taxonomique par station distinctement pour les poissons (à gauche) et pour l'ensemble des captures (à droite)

#### 3.4.3.2 Abondances numériques

Les CPUE numériques de l'ichtyofaune varient significativement entre les stations, mais pas celles qui se rapportent aux crustacés (Figure 13 et Tableau 7). La station *Clapage RG* s'individualise à nouveau avec la moyenne de CPUE la plus élevée pour les poissons ( $1701 \pm 4893 \text{ ind.ha}^{-1}$ ) et pour l'ensemble des captures englobant la faune associée (moyenne atteignant  $5730 \pm 16244 \text{ ind.ha}^{-1}$ ). Les stations les plus pauvres en poissons sont situées à Duclair, à savoir sur *SC8* et *SC8<sub>chenal</sub>* ( $< 100 \text{ ind.ha}^{-1}$ ).

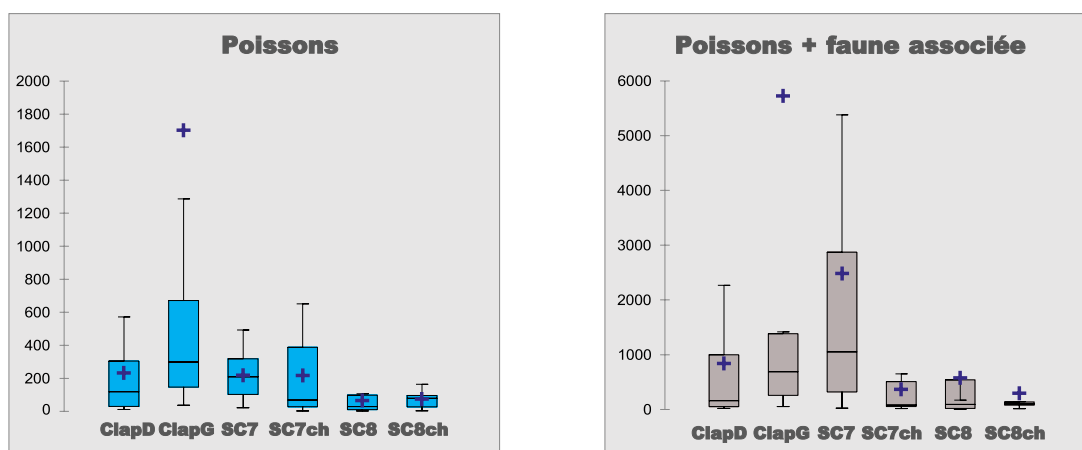


Figure 13 : représentation en boxplot de la variabilité des CPUE numériques par station ( $\text{ind.ha}^{-1}$ ) distinctement pour les poissons (à gauche) et pour l'ensemble des captures (à droite)



Tableau 7 : Récapitulatif des tests de Kruskal-Wallis calculés sur les variables spatiales pour les stations, le secteur (i.e. clapage vs hors clapage) et 3 classes de profondeur respectivement pour la richesse taxonomique, l'abondance numérique des poissons et celle des crustacés. Les taxons absents de ce tableau font l'objet de tests non significatifs. Les comparaisons multiples par paire aboutissent dans certains cas à l'impossibilité de distinguer différents groupes (cellule vide)

Variable	Test KW / Station		Test KW / Zone		Test KW / Profondeur	
	p	Comp. Multiples	p	Comp. Multiples	p	Comp. Multiples
<i>Anguilla anguilla</i>	0,08	NS	0,14	NS	<b>0,047</b>	NS
<i>Brème sp.</i>	0,25	NS	<b>0,038</b>	Clapage > Hors clapage	<b>0,008</b>	[5-10[ > [10-15[
<i>Corbicule sp.</i>	0,11	NS	<b>0,005</b>	Clapage > Hors clapage	0,47	NS
<i>Neogobius melanostomus</i>	<b>0,030</b>		0,67	NS	0,63	NS
<i>Osmerus eperlanus</i>	0,18	NS	0,77	NS	<b>0,046</b>	
<i>Platichthys flesus</i>	0,10	NS	<b>0,013</b>	Clapage > Hors clapage	0,18	NS
<i>Rutilus rutilus</i>	0,28	NS	0,15	NS	<b>0,0002</b>	[5-10[ > [10-15[ > [15-20
<i>Stizostedion lucioperca</i>	0,32	NS	0,20	NS	<b>0,011</b>	[5-10[ > [10-15[
Nb SP fish	<b>0,026</b>		0,28	NS	0,49	NS
CPUE Fish	<b>0,011</b>	Clapage RG ≥ Autres	<b>0,014</b>	Clapage > Hors clapage	0,82	NS
CPUE CRU	0,39	NS	0,37	NS	0,77	NS

Les stations les plus proches des clapages ont des CPUE piscicoles significativement supérieures à celles qui en sont éloignées. Cette différence est validée également pour le flet, la brème et la corbicule. Ce constat n'est toutefois pas vérifié en ce qui concerne la richesse taxonomique piscicole ni l'abondance numérique des crustacés (Tableau 7). La profondeur de la colonne d'eau s'avère sans effet sur la richesse et les CPUE des poissons, ni sur celles des crustacés. L'abondance de la brème, de l'éperlan, du gardon et du sandre varient toutefois significativement selon cette variable environnementale, avec des valeurs généralement plus élevées pour les plus faibles profondeurs.

### 3.5 LIENS ENTRE LE PAYSAGE AQUATIQUE ET L'ABONDANCE DE LA FAUNE

L'ACP réalisée sur le paysage aquatique (Cf Figure 6) est renouvelée en incorporant cette fois les abondances de la faune aquatique en tant que variables supplémentaires. L'état de la marée (flot ou jusant) a été ajouté en tant que descripteur de l'environnement aquatique (Figure 14, Tableau 8).

La contribution des variables aux deux premiers axes est sensiblement identique à celle abordée dans la description du paysage aquatique. La marée montante et la pleine mer (flot beaucoup plus court que le jusant et montée rapide du niveau d'eau) est logiquement corrélée à l'augmentation de la profondeur sur l'axe 2.

L'ordonnement des abondances faunistiques suggère les observations suivantes :

- Les abondances des espèces dominantes, à savoir celles du gobie tacheté, de l'éperlan et de la crevette blanche sont négativement corrélées à la température de l'eau. En revanche, ces espèces s'avèrent peu sensibles à la baisse de teneur en oxygène qui de toute façon, reste à un niveau correct avec une faible amplitude de variation durant toute la durée du suivi ;
- Aucune espèce ne voit son niveau d'abondance positivement corrélé à la profondeur et deux poissons d'eau douce, à savoir le gardon et le sandre ont des CPUE numériques significativement plus élevées sur les traits les moins profonds ;
- Certaines espèces comme l'anguille, le bar ou encore le rotengle ont des abondances qui ne semblent influencées par aucune des variables prises en compte. Cette absence de lien se rapporte, 1) au caractère peu fréquent des observations en trop faible nombre pour aboutir à une quelconque tendance, 2) au comportement particulier de l'anguille, généralement moins abondante voire absente dès lors que le chalut n'a pas croché sur le fond ou trainé sur une zone plus riche en abris (i.e. blocs de tuf, de tourbe ou autre).

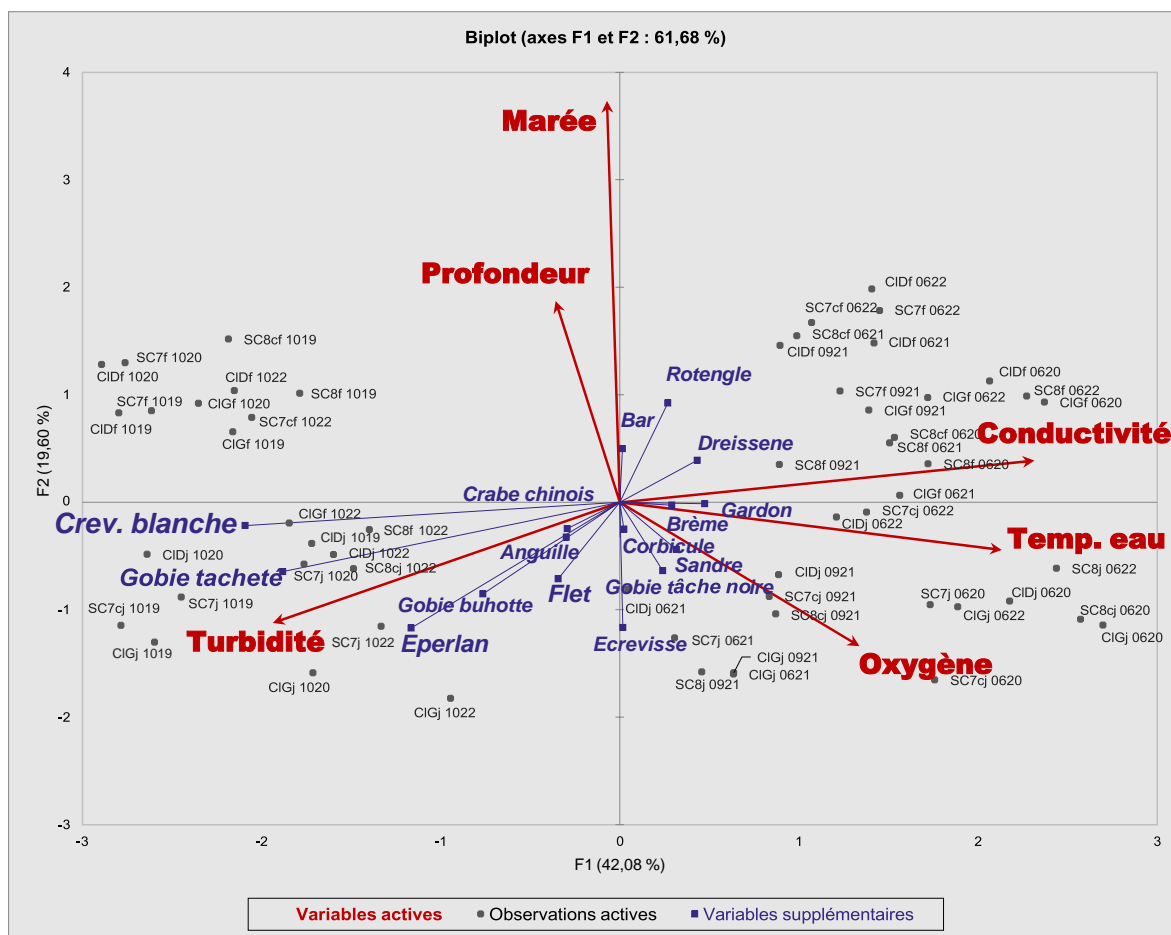


Figure 14 : Représentation selon les plans factoriels 1 et 2 de l'ACP réalisées sur les descripteurs de variabilité de l'environnement aquatique pour l'ensemble des 57 observations de la période 2019-2022. Marée codée 1 = flot, 0 = jusant.

Tableau 8 : Matrice de corrélations ( $r$  de Spearman,  $n = 57$ ) établie entre les descripteurs spatio-temporels et les CPUE numériques par observation. Les espèces secondaires de la faune associée ne sont pas incluses (aucune corrélation significative)

Variables	Profondeur	Conduct.	Turbidité	Oxygène	Temp °C	Marée
Profondeur	<b>1</b>	-0,146	0,086	0,059	-0,101	0,146
Conduct.	-0,146	<b>1</b>	<b>-0,656</b>	<b>0,308</b>	<b>0,749</b>	0,032
Turbidité(NTU)	0,086	<b>-0,656</b>	<b>1</b>	-0,196	<b>-0,536</b>	-0,116
Oxygène	0,059	<b>0,308</b>	-0,196	<b>1</b>	<b>0,455</b>	-0,163
Temp °C	-0,101	<b>0,749</b>	<b>-0,536</b>	<b>0,455</b>	<b>1</b>	-0,093
Marée	0,146	0,032	-0,116	-0,163	-0,093	<b>1</b>
<i>Anguille</i>	-0,103	-0,098	0,025	-0,151	-0,173	-0,102
<i>Brème sp.</i>	-0,189	0,169	-0,218	-0,198	0,061	-0,067
<i>Bar</i>	0,072	-0,074	-0,038	-0,068	0,223	0,125
<i>Gobie à tâche noire</i>	-0,116	-0,012	-0,104	<b>0,274</b>	-0,064	-0,093
<i>Eperlan</i>	0,039	<b>-0,522</b>	<b>0,401</b>	-0,083	<b>-0,404</b>	<b>-0,265</b>
<i>Flet</i>	-0,023	<b>-0,324</b>	0,075	0,090	-0,087	-0,130
<i>Gobie tacheté</i>	-0,124	<b>-0,706</b>	<b>0,483</b>	<b>-0,361</b>	<b>-0,648</b>	-0,073
<i>Gobie buhotte</i>	-0,125	-0,258	0,188	<b>-0,272</b>	<b>-0,311</b>	-0,240
<i>Gardon</i>	<b>-0,284</b>	<b>0,285</b>	-0,185	-0,158	0,094	-0,007
<i>Rotengle</i>	0,024	0,175	-0,187	-0,187	0,029	0,131
<i>Sandre</i>	<b>-0,261</b>	0,100	-0,156	-0,074	0,260	-0,060
<i>Crevette blanche</i>	0,012	<b>-0,838</b>	<b>0,539</b>	<b>-0,419</b>	<b>-0,625</b>	0,012

Les valeurs en gras sont différentes de 0 à un niveau de signification  $\alpha=0,05$

## 3.6 RELATIVISATION A L'ECHELLE DE LA MASSE D'EAU

### 3.6.1 Le suivi DCE « poissons »

L'estuaire de la Seine comprend trois masses d'eau de transition (MET) entre la mer et le 1<sup>er</sup> barrage à Poses. Le plan d'échantillonnage DCE est basé depuis 2010 sur 59 traits de chalut dont 11 dans la zone « Seine central » comprise entre Aizier et Rouen (**Erreur ! Source du renvoi introuvable.**). Depuis le début de cette décennie, les 59 traits sont suivis tous les ans au printemps et en automne par la Cellule de Suivi du Littoral Normand<sup>1</sup> en respectant rigoureusement le protocole national mis au point par l'IRSTEA (norme AFNOR). La prise en compte de ce suivi est destinée ici à replacer les résultats obtenus sur la zone d'immersion dans un contexte géographique et fonctionnel plus vaste. Dans ce but, la zone de suivi de l'immersion est tout d'abord positionnée eu égard aux évolutions de richesse taxonomique et d'abondance à l'échelle de l'ensemble de l'estuaire. Les données de ce suivi sont ensuite recontextualisées au sein de l'estuaire médian.

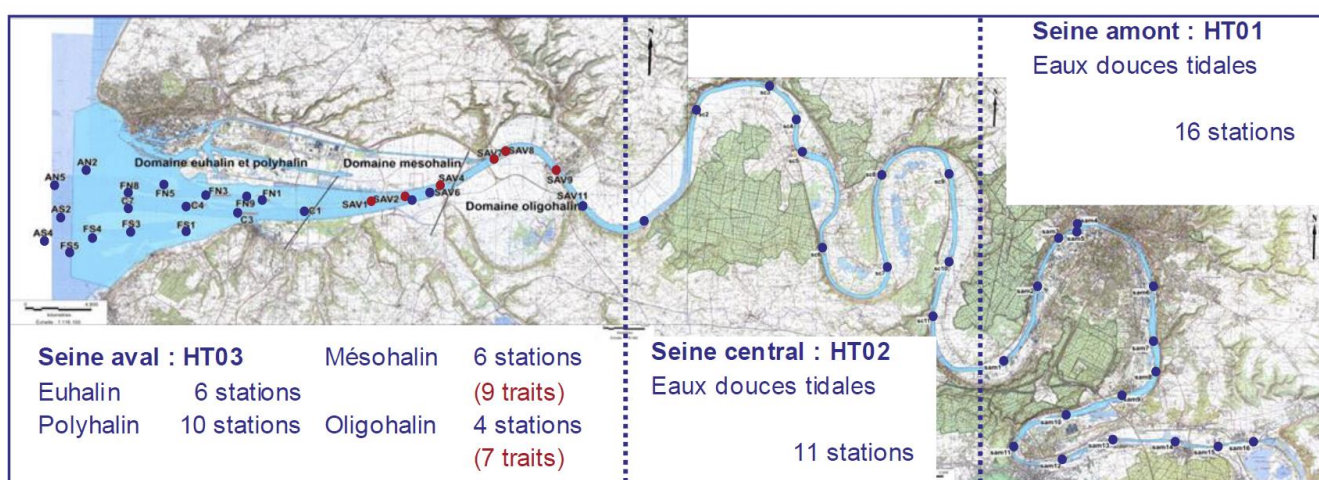


Figure 15 : Localisation des stations de pêche suivies par la CSLN depuis 2010 dans le cadre de la DCE appliquée aux masses d'eau de transition

### 3.6.2 Positionnement de la zone d'étude sur le continuum longitudinal

#### 3.6.2.1 Les assemblages d'espèces

Quatre grands types d'assemblages ont été mis en évidence (Duhamel, 2012 ; Figure 16).

- **Assemblage marin (A1)** : Il est constitué d'une large majorité d'espèces d'origine marine, depuis la Baie de Seine jusqu'aux abords du Pont de Normandie.
- **Assemblage d'eau douce** : A l'opposé, le pôle amont est caractérisé par les poissons d'eau douce (B2), avec une forte affinité pour les berges et les habitats connexes en amont de Rouen.
- **Assemblage estuarien à éperlan** : A l'interface entre ces deux assemblages apicaux, se situe un troisième (A2), depuis les eaux méso-halines jusque dans les eaux douces. Dans le lit mineur, c'est le secteur d'abondance maximale de l'éperlan, qui se superpose globalement à la zone de turbidité maximale (MTZ). Il remarquablement homogène au niveau des berges, avec pour espèces les plus récurrentes le bar, le mulot porc, l'épinoche et le gobie tacheté.
- **Assemblage intermédiaire à amphihalins** : Le quatrième groupement singularise le chenal dans la partie aval des eaux douces tidales (B1). On peut le qualifier d'*intermédiaire*, dans la mesure où l'on y observe des espèces de chacune des guildes d'usage, excepté les poissons d'origine marine. Hormis en berge, les poissons d'eau douce sont quasiment absents.

<sup>1</sup> Les données et les rapports de ce suivi sont disponibles à l'Agence de l'Eau Seine-Normandie qui pilote cette opération (Contact : Yann Joncourt)

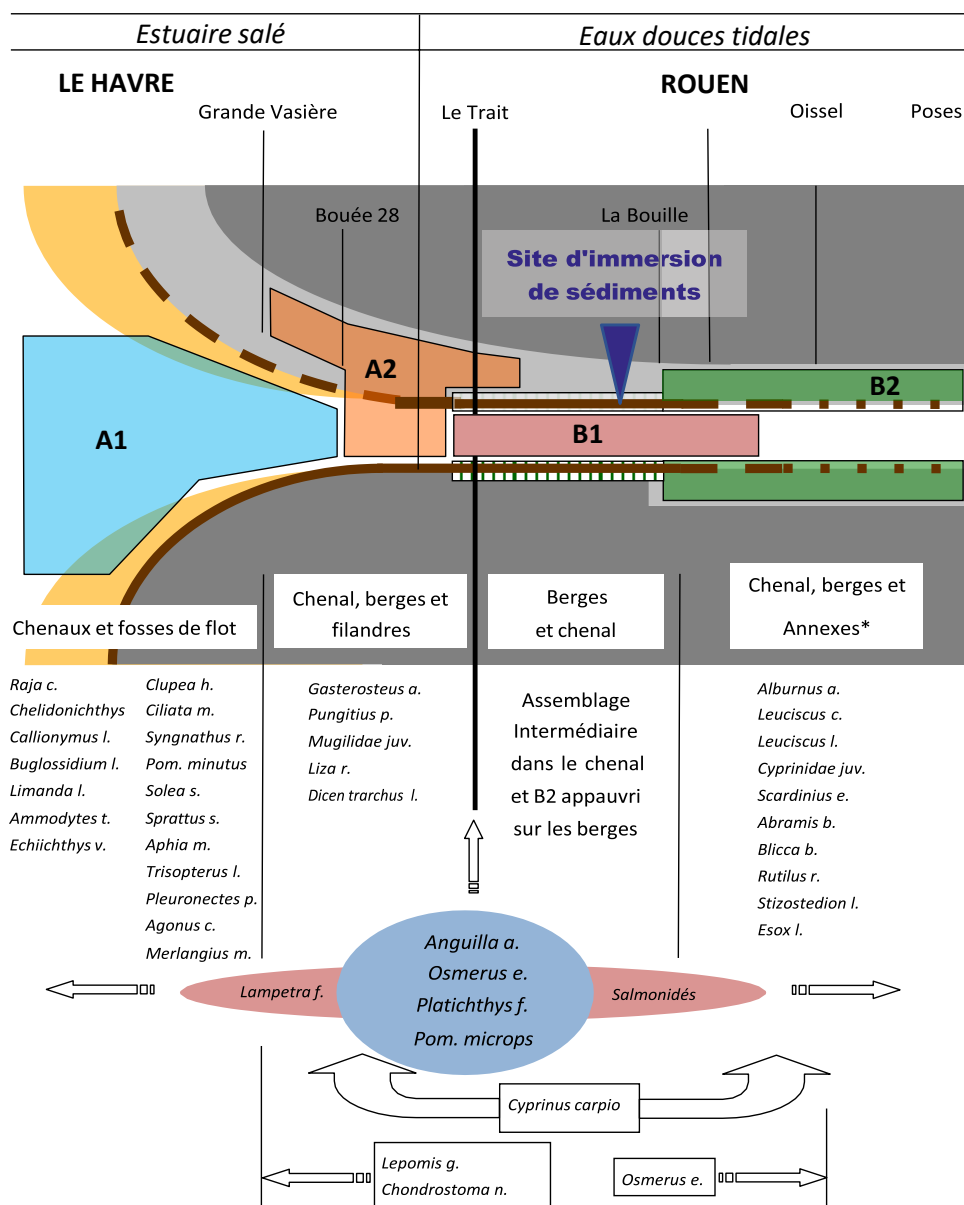


Figure 16 : Illustration synthétique des grands types d'assemblages d'espèces de poissons distingués sur la base de leur fréquence d'occurrence par station entre 2002 et 2005 à partir de différentes techniques de pêche et positionnement de chaque assemblage au sein des grands types d'habitats longitudinaux et transversaux. Les espèces présentées sont caractéristiques de chaque groupement de stations, mais n'en constituent pas la liste exhaustive. La position des stations est peu structurante pour les espèces estuariennes et amphihalines présentes sur toute l'aire d'étude. \* = Bassins portuaires, bras secondaires, bras morts et confluences. in Duhamel, 2012.

La particularité de l'hydrosystème réside dans l'ampleur de la compression latérale des habitats au cours des deux derniers siècles, décelable surtout en aval de Rouen jusqu'à la mer. Les aménagements successifs, par leur effet de corsetage des masses d'eau, ont engendré un étirement progressif selon l'axe longitudinal et un glissement de la zone estuarienne vers la mer. Ce processus s'accompagne d'une « descente de matrice » des édifices biologiques, mise en lumière par l'organisation actuelle de l'ichtyofaune. Dans la zone centrale fortement endiguée, les poissons d'eau douce ne disposent plus des habitats latéraux lors des écophases migratoires vers les eaux riches en nourriture de la zone salée. A l'homogénéisation du courant dans le chenal s'ajoute la disparition des zones d'eau calme et de la mosaïque des habitats rivulaires, coïncidant avec une chute brutale de richesse et d'abondance des poissons d'eau douce en aval de Rouen (Duhamel et al., 2006)

A l'aval de l'estuaire, les connaissances acquises sur les habitats latéraux (Duhamel et al. 2021) témoignent de leurs fonctionnalités en tant que zones de transit et de frayère pour certains poissons d'eau douce (*Cyprinus carpio*). Cette guilda d'usage est toutefois confrontée à une double rupture de connexion des habitats, tant sur le plan longitudinal que transversal puisque la libre circulation avec les zones humides adjacentes n'est pas assurée.

Les poissons estuariens, à l'instar de nombreux estuaires sont très peu diversifiés. Dans l'estuaire aval, les plans d'eau de la plaine alluviale semblent être indispensables à l'accomplissement du cycle de vie (*Gasterosteus aculeatus*) avec de flux saisonniers importants dans les chenaux de marée. Dans la partie aval des eaux douces tidales, la zone de balancement de marée le long des berges fait l'objet de fortes concentrations de gobies (*Pomatoschistus microps*).

Parmi la guilda des migrateurs anadromes, la destruction des frayères de l'aloise feinte, situées autrefois dans la région rouennaise, constitue la principale cause probable de l'absence de juvéniles. De même pour l'éperlan, les migrations de reproduction avaient lieu jusqu'à Elbeuf durant la première partie du XX<sup>ème</sup> siècle, alors qu'aujourd'hui l'espèce devient rare en amont de Duclair (Gouneau, 2006).

### 3.6.2.2 Richesse taxonomique

La richesse piscicole de l'estuaire de la Seine se compose de 76 taxons recensés depuis 2010 dans le cadre de la surveillance DCE, soit l'estuaire le plus riche de la façade normande, en lien avec la taille de ce système sans commune mesure avec les autres nettement plus petits (Duhamel et al., 2021).

L'évolution longitudinale relate l'existence de 3 grands secteurs (Figure 17) :

Avec un cumul d'environ 25 espèces par station, le 1<sup>er</sup> secteur correspondant à l'embouchure euhaline et polyhaline est la plus diversifiée et sans évolution jusqu'au pont de Normandie. A partir de cette limite, l'endiguement du fleuve et l'absence de vastes habitats latéraux influence considérablement l'hydrologie et la richesse piscicole diminue en lien avec la salinité, caractérisant le gradient halin et le second secteur. Le 3<sup>ème</sup> secteur correspond aux eaux douces tidales généralement les moins diversifiées, mais qui comporte des augmentations locales à la faveur de conditions hydromorphologiques particulières.

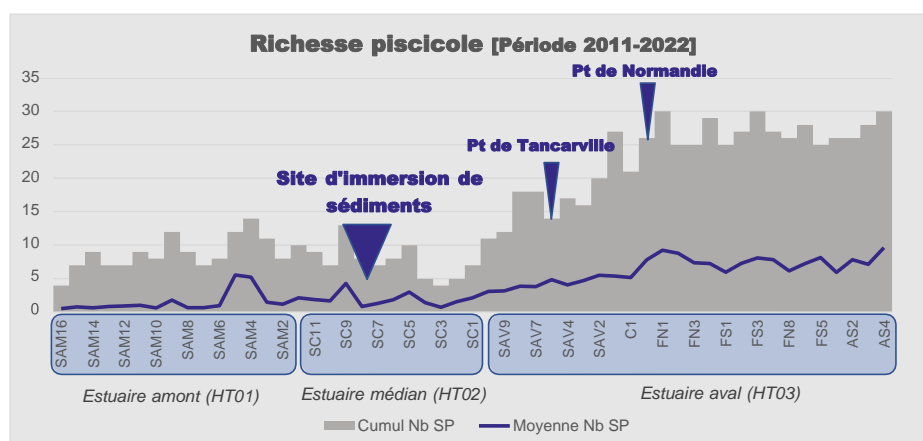


Figure 17 : Evolution longitudinale de la richesse piscicole cumulée (barres) et moyenne (courbe) pour les douze années de suivi DCE de 2011 à 2022 et positionnement de la zone d'étude

Le profil en abondance numériques (CPUE par hectare) est partiellement différent (Figure 18) :

- Le secteur 1 fait lui aussi l'objet d'une certaine stabilité des abondances, aux environs de 200 à 300 ind.ha<sup>-1</sup>. En revanche la baisse de salinité à l'amont du pont de Normandie se traduit cette fois par une augmentation d'abondance, qui atteint un niveau maximal en amont du pont de Tancarville, soit en domaine méso-holigohalin et jusqu'à 700 ind.ha<sup>-1</sup>.



- Le secteur 2 révèle un moindre niveau d'abondance, avec des valeurs souvent inférieures à 100 ind.ha<sup>-1</sup>. Les augmentations locales se rapportent aux stations les moins profondes, notamment en amont immédiat de Duclair sur les petits fonds envasés (site de la vasière de la Fontaine sud en rive gauche).
- Le secteur 3 s'individualise avec le taux de vacuité des traits le plus élevé mais le niveau d'abondance le plus faible (< 10 ind.ha<sup>-1</sup> sur une large majorité des traits). L'augmentation locale correspond aux bassin Rouen-Quevilly et au bassin St Gervais.

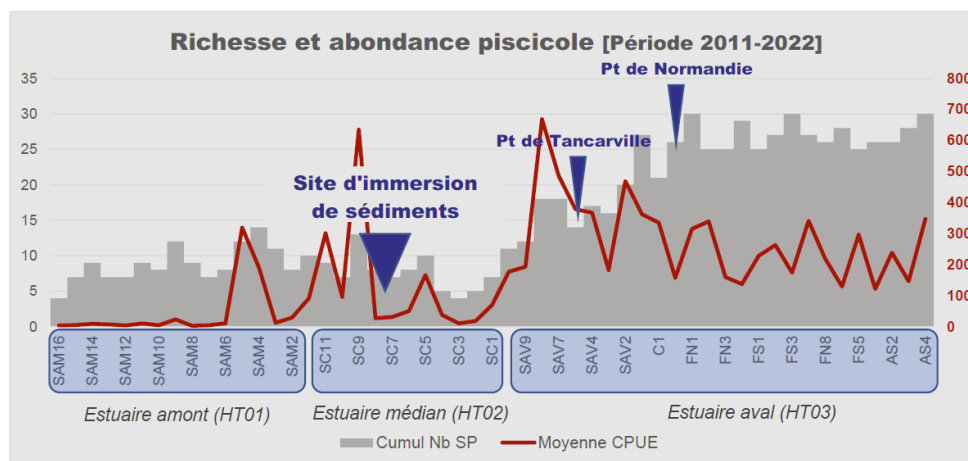


Figure 18 : Evolution longitudinale de la richesse piscicole cumulée (barres) et de la moyenne des CPUE numériques (courbe) pour les douze années de suivi DCE de 2011 à 2022 et positionnement de la zone d'étude

Les profils de deux espèces typiquement estuariennes et dont la nourriture dépend largement du zooplancton, à savoir l'éperlan *O. eperlanus* et la crevette blanche *P. longirostris* apportent des compléments à ces tendances générales (Figure 19) :

- Le barycentre d'abondance de l'éperlan se superpose globalement à celui du bouchon vaseux qui oscille de part et d'autre du pont de Tancarville ;
- Les deux espèces pénètrent dans les eaux douces tidales, avec une limite vers l'amont qui se situe au niveau de La Bouille juste en val de Rouen. Dans ce secteur, les dernières années sont marquées par l'apparition d'abondances exceptionnellement élevées qui restent inexplicables, mais qui pourraient traduire une différenciation accrue entre les deux masses d'eau les plus internes.

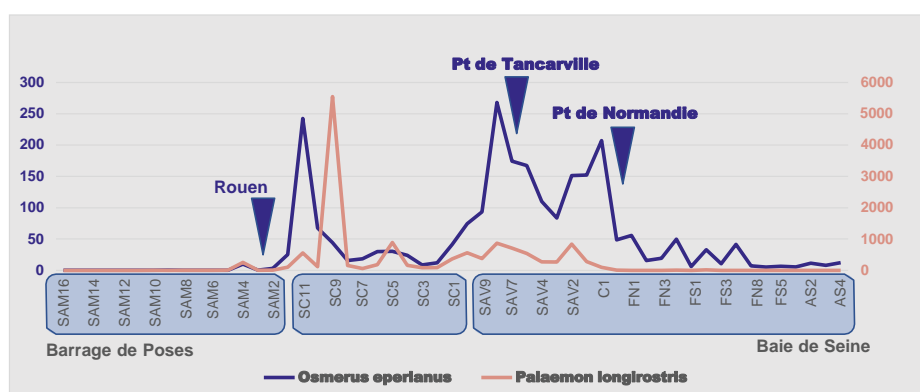


Figure 19 : Evolution longitudinale de la moyenne des CPUE numériques de l'éperlan (bleu) et de la crevette blanche (orange) pour les douze années de suivi DCE de 2011 à 2022 et positionnement de la zone d'étude



### 3.6.3 Résultats du suivi DCE dans l'estuaire médian (HT02)

#### 3.6.3.1 Peuplement piscicole

En se basant sur les 77 observations faites dans cette masse d'eau entre octobre 2019 et octobre 2022, le classement en occurrence du cortège piscicole (Figure 20) abouti à un résultat similaire à celui observé sur la zone de suivi des immersions de sédiments (Cf Figure 6). Bien que le classement diffère, notamment par un niveau d'occurrence du flet nettement plus élevé sur la zone de suivi, on y retrouve les mêmes espèces non seulement les plus fréquentes mais aussi les plus abondantes. Cela tend à démontrer l'homogénéité globale du peuplement du chenal de la Seine et corrélativement, confirme que les observations faites dans cette étude se rattachent bien au peuplement intermédiaire à amphihalins.

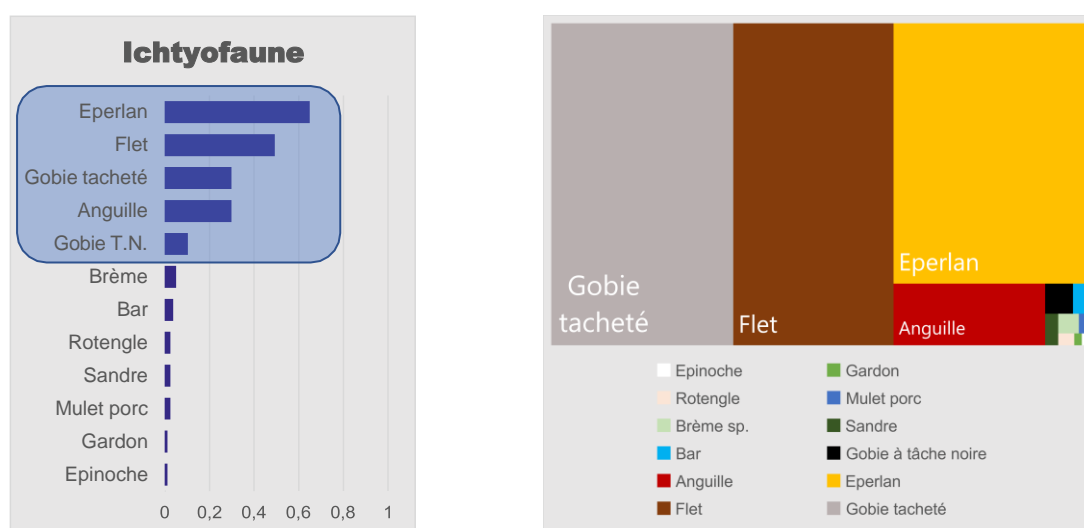


Figure 20 : Présentation du cortège piscicole de l'ensemble de la masse d'eau HT02 pour la période octobre 2019 à octobre 2022 selon le taux d'occurrence des espèces (à gauche) et selon leur niveau moyen d'abondance au sein de l'assemblage (à droite)

#### 3.6.3.2 Faune associée

De même, la composition de la faune associées aux captures de poissons sur la zone de suivi est tout à fait conforme à celle que l'on observe à l'échelle de l'ensemble de la masse d'eau (Figure 21). La crevette blanche est largement dominante tandis que les autres espèces sont marginales tant en termes d'occurrence que d'abondance.



Figure 21 : Présentation de la faune associée aux pêches dans l'ensemble de la masse d'eau HT02 pour la période octobre 2019 à octobre 2022 selon le taux d'occurrence des espèces (à gauche) et selon leur niveau moyen d'abondance au sein de l'assemblage (à droite)

### 3.6.4 Analyse comparée des deux suivis

#### 3.6.4.1 Conditions hydrologiques

A l'exception de la turbidité (MW,  $p = 0,004$ ), les conditions hydrologiques ne diffèrent pas selon l'origine des données. Cette différence au sujet de la turbidité se rapporte au gradient d'augmentation vers l'aval de cette masse d'eau, gradient qui n'existe pas sur la zone de suivi des immersions.

En revanche la profondeur diffère significativement entre les stations (KW,  $p < 0,0001$ ). Les profondeurs pour la zone de suivi se situe globalement dans la gamme de profondeurs des stations de suivi DCE (Figure 22).

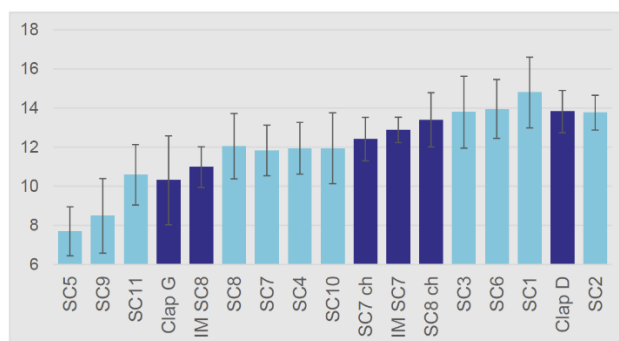


Figure 22 : Classement des stations de suivi DCE (bleu clair) et de celles de la zone de suivi des immersions (bleu foncé) selon la profondeur de la colonne d'eau au moment des pêches

#### 3.6.4.2 Richesse et abondances

##### Profils longitudinaux

La richesse piscicole diffère entre les deux suivis et s'avère plus élevée dans le cadre du suivi des immersion (MW,  $p < 0,0001$ , Figure 23). Les stations les plus riches du suivi DCE correspondent aux deux stations les moins profondes SC5 et SC9.

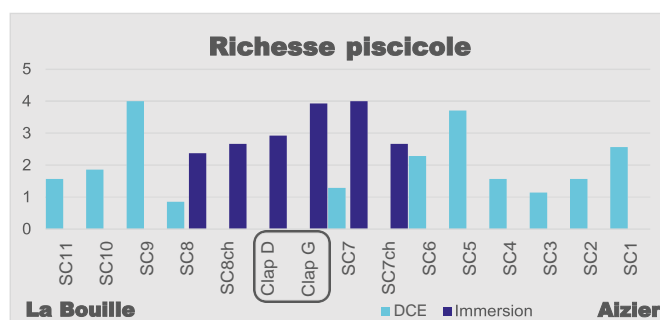


Figure 23 : Evolution longitudinale d'amont en aval entre octobre 2019 et octobre 2022 des valeurs moyennes de richesse piscicole issues du suivi DCE de la MET HT02 (bleu clair) et du suivi des immersions de sédiments (bleu foncé)

L'abondance piscicole diffère entre les deux suivis et s'avère plus élevée pour la zone de suivi des immersions de sédiments (MW,  $p < 0,0001$ , Figure 24). Les stations les plus peuplées du suivi DCE correspondent aux deux stations les moins profondes SC5 et SC9. L'attractivité de ces deux stations semble se vérifier également pour les crustacés (crevette blanche) mais pour ce groupe d'espèces, les CPUE ne diffèrent pas entre les deux surveillances.

Dans les deux cas, la station qui s'individualise eu égard à son niveau d'abondance encore jamais atteint à l'échelle de cette masse d'eau est la station afférente aux clapages en rive gauche.

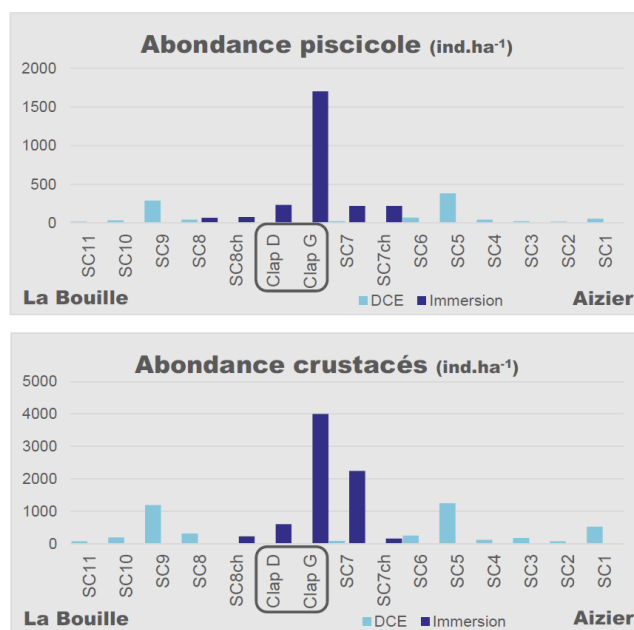


Figure 24 : Evolution longitudinale d'amont en aval entre octobre 2019 et octobre 2022 des valeurs moyennes d'abondance piscicole et de l'abondance des crustacés décapodes (en bas) issues du suivi DCE de la MET HT02 (bleu clair) et du suivi des immersions de sédiments (bleu foncé)

### Cinétique temporelle

Les CPUE moyennes de l'ensemble de l'ichtyofaune ne sont pas l'objet de corrélation (Spearman) entre les deux dispositifs (Figure 25). Il en est de même pour l'anguille et le flet, pour lesquelles on remarque que les tendances d'évolution ne sont dans certains cas pas similaires.

Les CPUE de l'éperlan évoluent en revanche de la même façon sur la zone d'étude et à l'échelle de l'ensemble de la masse d'eau (corrélation de Spearman,  $p = 0,034$  sur la moyenne et  $p = 0,012$  sur la médiane). La corrélation est également significative pour le gobie tacheté (Spearman,  $p = 0,038$  sur la moyenne et sur la médiane). Pour ce dernier, la saisonnalité de l'espèce renforce la co-évolution des valeurs entre les deux suivis.

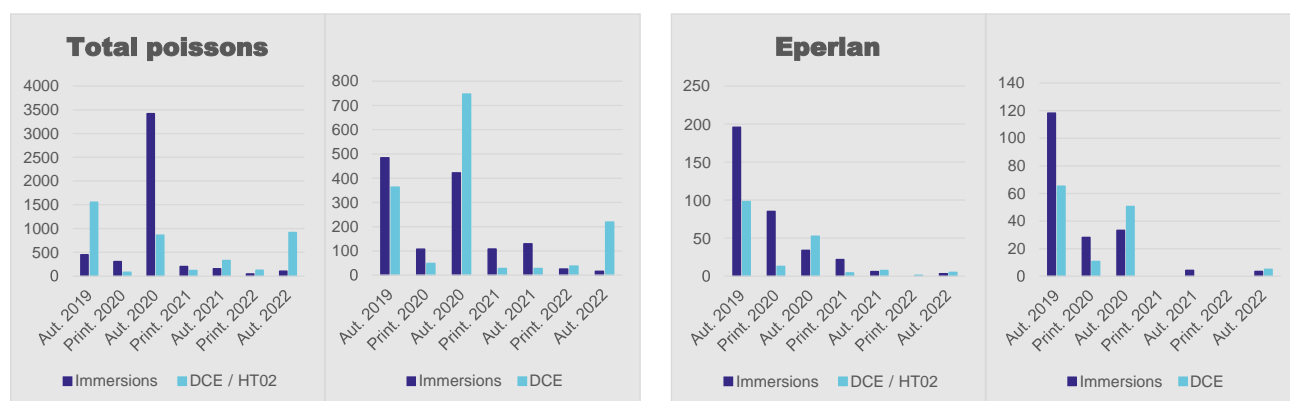


Figure 25 : Evolution par campagnes des moyennes (à gauche) et des médianes (à droite) pour les CPUE numériques le l'ensemble de l'ichtyofaune (à gauche) et de celle de l'éperlan (à droite).

### Relations avec l'environnement

L'analyse des données d'abondance piscicole résultant du suivi DCE a jusqu'ici révélé successivement :

- L'absence d'effet de la distance longitudinale à l'estuaire aval ;

- Une corrélation négative des CPUE avec la profondeur de la colonne d'eau enregistrée au moment de la pêche ;
- L'importance des conditions locales de courantologie et de substrat sur les assemblages d'espèces de poissons et de crustacés.

La comparaison des deux jeux de données depuis octobre 2019 tend à confirmer les constats faits jusqu'à présent à savoir :

- Des CPUE numériques plus élevées sur la zone de suivi des immersions de sédiments comparativement à celles à l'échelle de l'ensemble de la MET (Cf Figure 25) ;
- **Quel que soit le jeu de données, l'importance des conditions locales à l'échelle du trait de chalut et de ses caractéristiques hydromorphologiques, notamment en matière de bathymétrie** (Tableau 9).
- L'état de la marée s'avère être un facteur non négligeable pour certaines espèces, notamment pour la crevette blanche, mais n'a pas d'effet sur l'ensemble des captures de poissons.

*Tableau 9 : Résultats des tests de Kruskal-Wallis sur l'ensemble combiné des données de ce suivi et de celles du suivi DCE dans l'estuaire médian entre octobre 2019 et octobre 2022. Les espèces pour lesquelles les deux tests ne montrent pas de différence ne sont pas incluses dans le tableau*

Variable	Test KW / Prof. (N = 134)		Test KW / Marée (N = 134)	
	p	Comp. Multiples	p	Comp. Multiples
Brème sp.	<b>0,009</b>	[5-10[ > [10-15[ > [15-20[	0,32	NS
Corbicule	<u>0,082</u>	(NS)		NS
Crev. Blanche	0,22	NS	<b>0,032</b>	Jusant > Flot
Gobie tacheté	<b>0,021</b>	[5-10[ ≥ Autres	0,34	NS
Nb SP poissons	<b>0,014</b>		0,11	NS
CPUE poissons	<b>0,013</b>	[5-10[ ≥ Autres	0,11	NS
CPUE crustacés	0,09	NS	<b>0,008</b>	Jusant > Flot

*En souligné les différences significatives pour  $\alpha = 10\%$*

### 3.6.4.3 Structures démographiques des populations piscicoles

Les tailles des poissons, pour être interprétables, doivent intégrer les connaissances associées au cycle de vie des principales espèces qui colonisent l'estuaire. On peut rappeler brièvement quelques traits majeurs :

- Les flets pondent en mer et les larves colonisent les estuaires en fin d'hiver – début de printemps.
- L'éperlan se reproduit en eau douce également en fin d'hiver. Les juvéniles se développent au niveau du bouchon vaseux, là où la nourriture est la plus abondante.
- Les civelles remontent le fleuve en provenance de la mer et colonisent les habitats disponibles y compris sur les affluents et les annexes latérales des plaines alluviales. On remarque généralement une augmentation de la taille moyenne vers l'amont de l'estuaire, ce qui laisse supposer qu'il existe également en Seine un front de colonisation par les anguillettes (Lt < 300 mm).

S'agissant du flet, l'estuaire médian constitue vraisemblablement un habitat temporaire à part entière, à l'intérieur duquel les jeunes de moins d'un an (taille < 100 mm) séjournent jusqu'au 1<sup>er</sup> hiver. En revanche les flets de plus d'un an y sont rares en comparaison avec la zone de l'embouchure (HT03 ; Figure 26).

L'année 2022 se démarque sur la zone d'étude par la taille modale la plus élevée au printemps, mais la plus faible en automne, ce qui pourrait laisser supposer un moindre temps de résidence en 2022 des jeunes flets en condition estivale, et un reliquat en automne d'individus retardataires en lien probable avec un étalement des pontes. Ce type d'évolution n'est pas observée à l'échelle de

l'ensemble de la masse d'eau ni au niveau de l'embouchure où la taille moyenne des flets G0 est remarquablement stable (37 à 41 mm au printemps et 80 à 82 mm en automne).

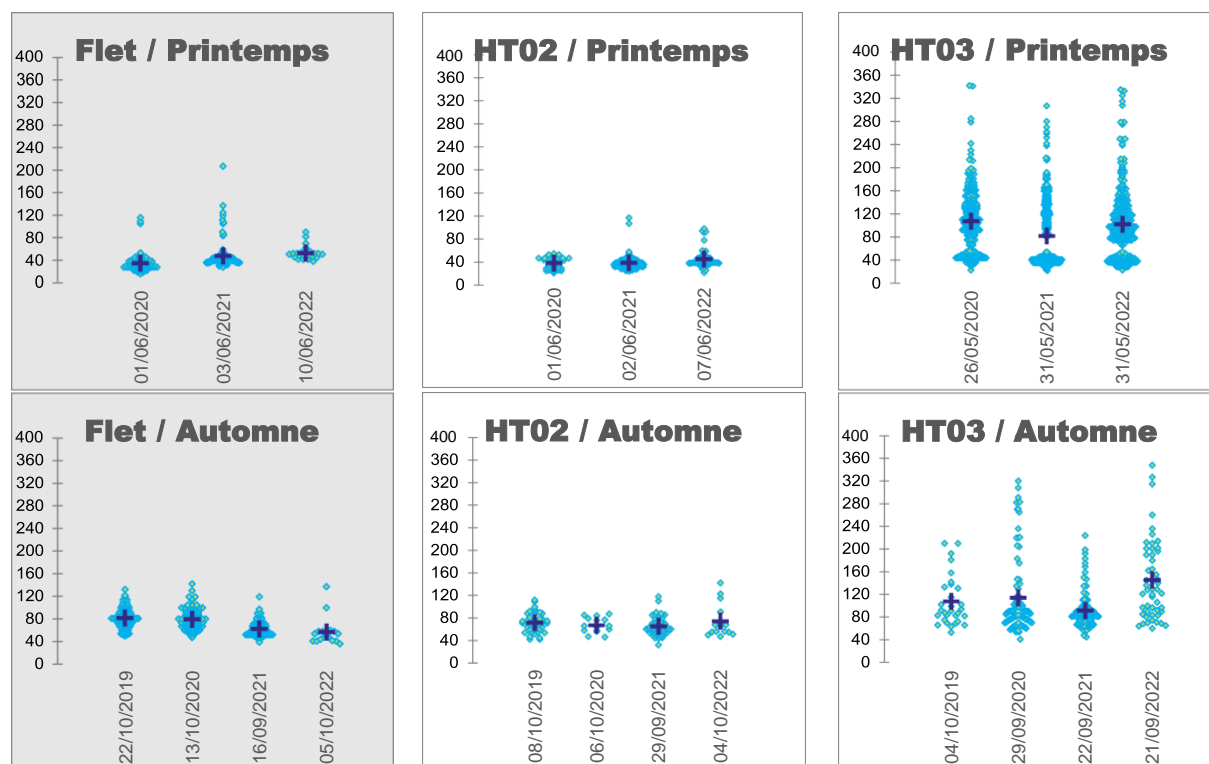


Figure 26 : Structure démographique du flet dans la zone de suivi (trame grisée) et dans les masses d'eau de l'estuaire médian (HT02, au centre) et de l'estuaire aval (HT03, à droite)

Les structures de population d'éperlan sont plus contrastées (Figur). La situation printanière fait l'objet de deux schémas :

- Faible colonisation de l'embouchure en 2020 par les G0 (taille modale voisine de 40 mm), mais cette classe d'âge prédomine sur la zone d'étude ;
- Absence en 2021 et 2022 des G0 sur la zone d'étude alors qu'ils sont bien implantés dans l'embouchure.

En automne, la taille modale des individus G0 avoisine 80mm dans les trois cas de figure considérés. Les années 2021 et 2022 se démarquent à nouveau par de moindres effectifs non seulement sur la zone d'étude mais aussi sur l'ensemble de l'estuaire médian (i.e. HT02). Cette diminution concerne également les éperlans d'un an (i.e. taille modale d'environ 150mm).

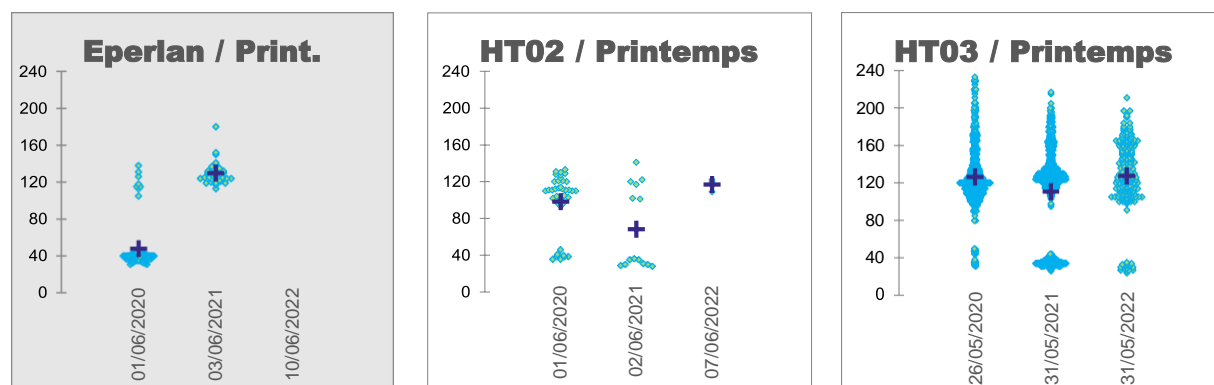


Figure 27 : Structure démographique de l'éperlan dans la zone de suivi (trame grisée) et dans les masses d'eau de l'estuaire médian (HT02, au centre) et de l'estuaire aval (HT03, à droite)

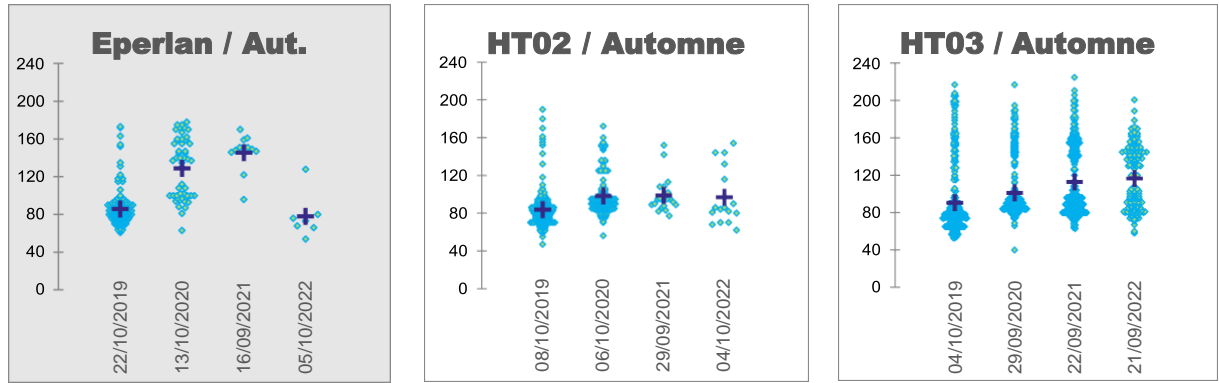


Figure 27 (suite)

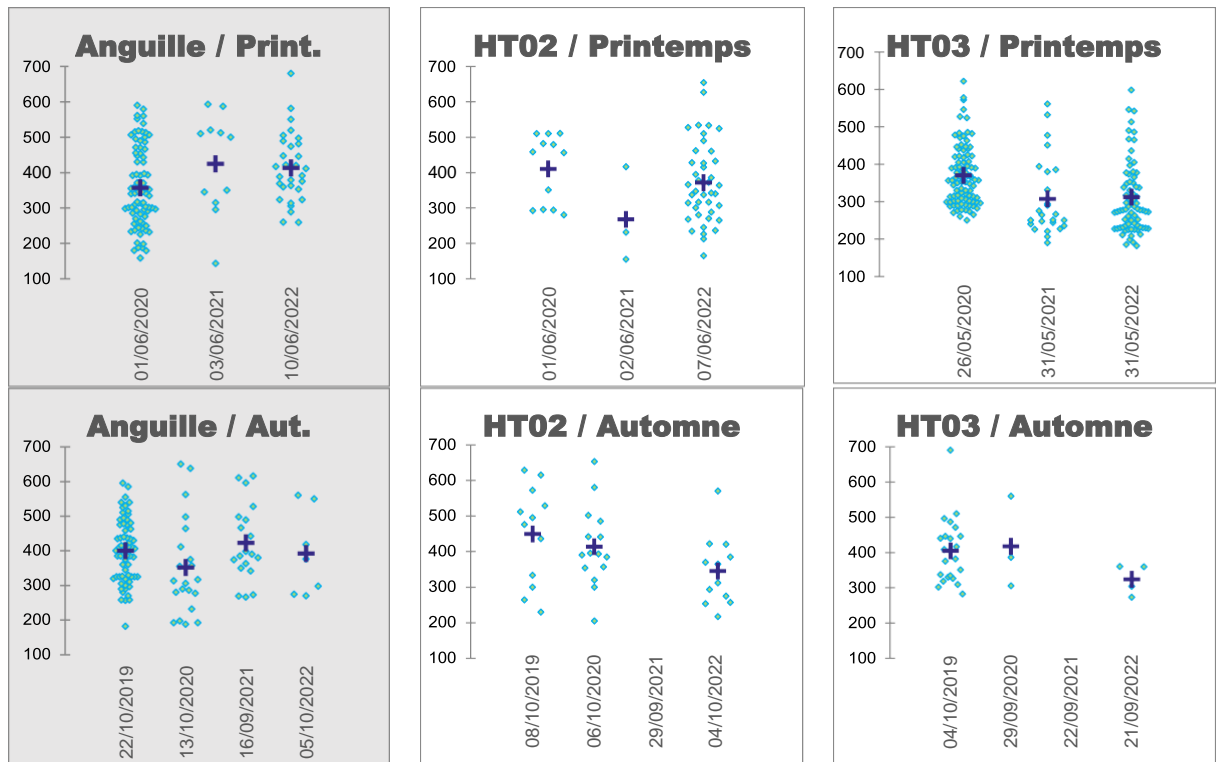


Figure 28 : Structure démographique de l'anguille dans la zone de suivi (trame grisée) et dans les masses d'eau de l'estuaire médian (HT02, au centre) et de l'estuaire aval (HT03, à droite)



## 4. Discussion-conclusions

### 4.1.1 Les volumes de sédiments clapés

Le suivi piscicole associé aux immersions de sédiments a démarré en octobre 2019, soit un an après le début des immersions. On ne peut donc considérer la première campagne de pêche comme un état initial, notion qui disparaît par conséquent du suivi piscicole. Les volumes clapés totalisent plus de 300 000 m<sup>3</sup> à la fin 2022, soit environ 100 000m<sup>3</sup> par an pour les années 2019 à 2021. Ils ont été particulièrement faibles au 1<sup>er</sup> semestre 2022 puisque la drague était en réparation (Figure 29).

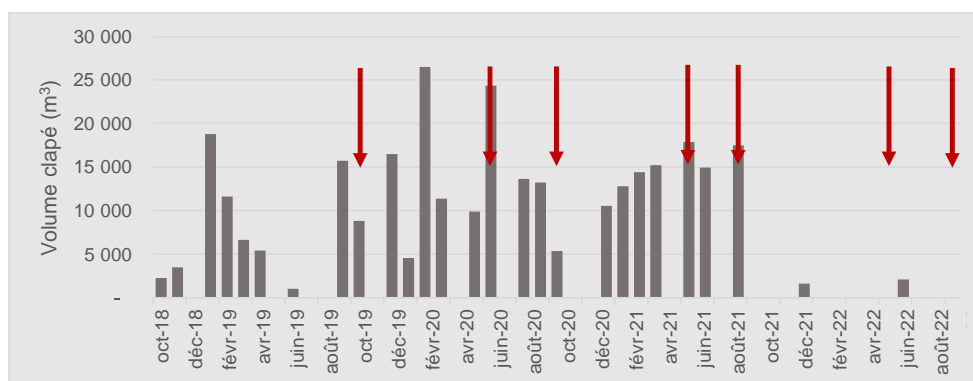


Figure 29 : Volumes de sédiments clapés sur le site de la Pâturage aux Rats en aval de Duclair entre 2018 et 2022. Les flèches rouges indiquent les dates de pêche

### 4.1.2 Variabilité des conditions d'échantillonnage

La variabilité des résultats de pêche intègre de multiples facteurs liés aussi bien à une singularité de chaque trait de chalut sur le fond (i.e. conditions locales), mais également à un historique de la masse d'eau à l'échelle de la journée ou de plusieurs semaines avant les prélèvements.

#### 4.1.2.1 Régime hydro-climatique

##### *Le débit de la Seine*

La période de suivi n'intègre pas d'effet de crue printanière, avec des apports d'eau fluviale particulièrement faibles à cette saison pour les trois années. En revanche l'année 2021 s'individualise des autres pour ce qui est du débit estival, exceptionnellement élevé au cours de la seconde quinzaine de juillet (Figure 30).

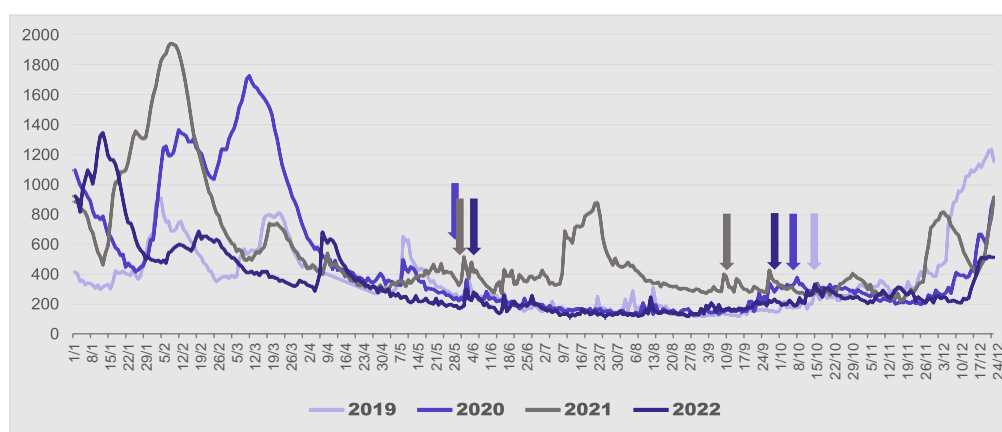


Figure 30 : Courbes de débit journalier de la Seine pour les années 2019 à 2022. Les flèches indiquent les dates de pêche. Source Hydroportail

L'année 2022 quant à elle, fait l'objet à cette saison des plus faibles débits depuis 30 ans observés en juillet-août 2022 sur la Seine (à Vernon) :  $142\text{m}^3.\text{s}^{-1}$  contre  $131\text{m}^3.\text{s}^{-1}$  en 1992. En automne, les quatre années de l'étude relatent des conditions de débit relativement semblables caractéristiques, avec un étiage toujours inférieur à  $400\text{m}^3.\text{s}^{-1}$

### La température de l'eau

Les conditions thermiques ont un effet important sur le métabolisme des poissons qui, pour rappel sont ectothermes. C'est-à-dire qu'ils ne produisent pas de chaleur comme les mammifères par exemple. Au-delà d'une certaine température et s'ils ne peuvent fuir vers d'autres habitats, les poissons rencontrent des conditions qui peuvent devenir léthales quelle que soit leur stade de développement, larvaire, juvénile ou adulte. Ainsi pour les jeunes flets de moins d'un an, la gamme de température tolérée s'étend de 2 à 25°C (Fonds et al, 1992 ; van der Veer et al., 2022). Au-delà de cette température, les flets subissent un tel stress que leur croissance s'arrête. La température optimale de croissance pour les flets en cours de 1<sup>ère</sup> année de vie est de 18°C, soit une température inférieure aux conditions souvent rencontrées dans le fleuve en été. L'année 2022 a été particulièrement défavorable, puisque la température de l'eau à Rouen a dépassé les 23°C durant 51 jours, soit le double des années précédentes. Le maximum a été atteint le 19 juillet, avec un pic à presque 26°C (Figure 31). Le réchauffement printanier a également fait l'objet de fluctuations, les écarts les plus importants se rapportant aux situations de 2021 (plutôt frais) et de 2022 (pics précoces et exceptionnellement élevés ; Figure 31).

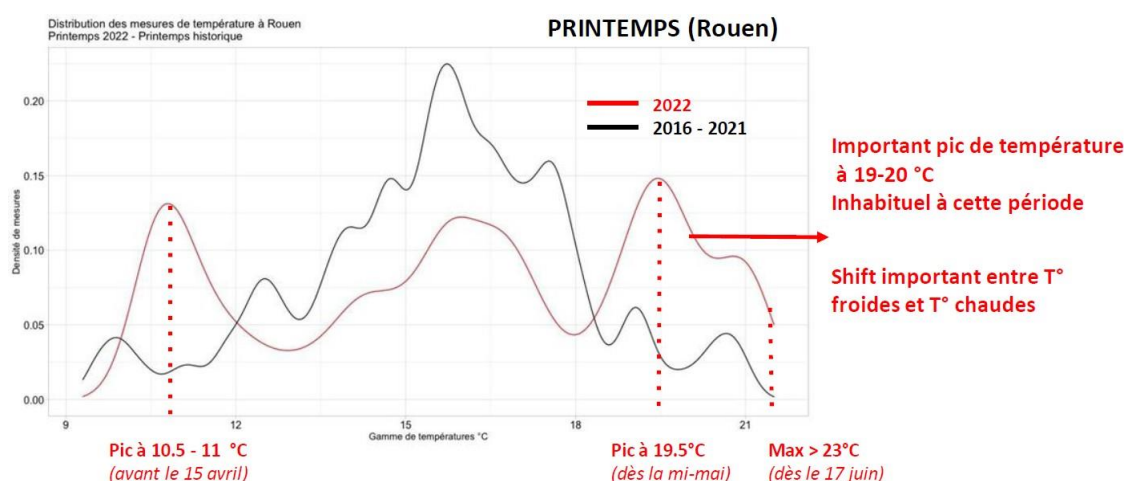


Figure 31 : Distribution des valeurs de température de l'eau de la Seine à Rouen. Comparaison de l'année 2022 avec la période de référence 2016-2021. Source GIPSA

#### 4.1.2.2 Position transversale du trait de chalut : colonne d'eau et bathymétrie

Ce suivi a été démarré avec des moyens nautiques non spécialisés dans le domaine de la pêche. Il a par ailleurs fait l'objet d'une collaboration avec 3 patrons différents et à bord de 3 bateaux différents. Il en résulte que le positionnement des traits sur le fond a varié de façon notable en fonction des habitudes de chaque patron (i.e. gestion des traits sur la table traçante), mais surtout de la multiplicité des croches qui a souvent nécessité de décaler la traîne pour assurer la validité du trait de chalut. En prenant l'exemple des traits de chalut les plus proches de la zone de clapage, force est de constater que le milieu du chenal n'a pas été échantillonné, mais que les fluctuations de distance à la berge sont quand même de plusieurs dizaines de mètres sur chacune des deux stations *Clapage RD* et *Clapage RG* (Figure 32).



Figure 32 : Positions des 28 traits de chalut à proximité de la zone de clapage des sédiments. Source GPFMAS DT-Rouen pour le fond de carte de la bathymétrie

Un profil réalisé approximativement au milieu des traits de chaque station permet d'avoir une meilleure estimation de cette variabilité, qui atteint presque 75 mètres en rive gauche (Figure 33). A cette source de variation s'ajoute celle de la bathymétrie, qui est faible à rive droite, mais qui atteint plus de 5 m en rive gauche (variabilité de la colonne d'eau de 8 m lors des pêches ; Cf tableau 4). Les premières pêches d'octobre 2019 et juin 2020 ont ciblé le pied de talus, mais celles de 2022 ont eu lieu nettement plus haut sur celui-ci. On remarque également que la station en rive droite est a priori plus assujettie aux clapages, de par son meilleur positionnement par rapport à l'axe de circulation des navires.

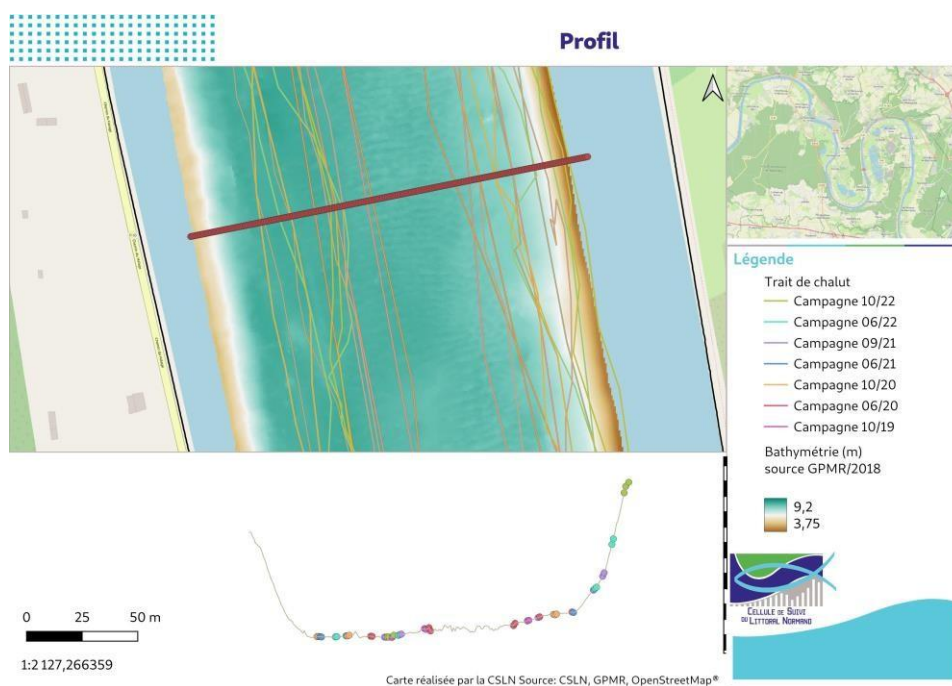


Figure 33 : Répartition des chalutages à proximité de la zone de clapage sur un profil transversal de la Seine entre 2019 et 2022

### 4.1.3 Comparaison des suivis « DCE » vs « zone d’immersion »

Il ne s’agit pas de discuter ici ou de chercher à expliquer les écarts d’abondance entre les deux suivis, mais plutôt d’en dégager la complémentarité pour la compréhension du fonctionnement de cette partie de l’estuaire sur le plan piscicole. De la même façon, on ne revient pas sur la pertinence du protocole, dont les lacunes ont été identifiées pour ce qui est du suivi des espèces pélagiques, mais aussi en matière de recensement d’espèces.

#### 4.1.3.1 Organisation spatiale

Aucun élément n’est apparu au cours de ce suivi susceptible de mettre en évidence une fonctionnalité particulière de cette portion du fleuve pour les poissons. La zone de Duclair est partie intégrante de la masse d’eau relativement homogène entre la limite de salure des eaux et La Bouille en aval de Rouen. Elle se caractérise par des flux permanents sur le plan piscicole, fortement favorisés (voir contraintes) par le courant alternatif de l’estuaire à marée. Les espèces prépondérantes sont d’ailleurs des espèces connues pour leur stratégies d’adaptation au courant de marée notamment (i.e. éperlan, flet).

On retrouve à cette échelle réduite, les 2 principaux constats fait à l’échelle de l’ensemble de la masse d’eau de transition HT02 du suivi DCE, à savoir des niveaux d’abondances fortement dépendant de la de la courantologie, de la morphologie et de la nature du fond :

- Le fond du chenal est généralement moins diversifié et moins peuplé que les berges,
- Richesse et abondance sont positivement corrélés à certaines caractéristiques hydromorphologiques des habitats en berge, avec l’existence de retour de courant, ou de zone calme générées par un relief particulier des fonds.

Ce suivi dégage néanmoins un élément nouveau, ne serait que par le niveau exceptionnel d’abondance qui caractérise la station « Clapage RG » :

Malgré des berges linéaires et apparemment homogènes telles que celles présente de part et d’autre du site de clapage, il semble y exister des microhabitats générés probablement par des disparités de courant et qui pourraient être à l’origine d’une augmentation considérable de capacité d’accueil (même temporaire).

#### 4.1.3.2 Organisation saisonnière et cinétique thermique

Les effectifs des principales espèces sont associés aux températures d’automne, dans l’ensemble plus fraîches que celles du printemps (à l’exception de 2021). Au printemps, les fluctuations de température sont généralement plus élevées, ce qui peut avoir des incidences notoires sur les captures puisque les poissons n’ont alors pas encore forcément atteint à cette saison une taille suffisante pour être retenus dans la poche du chalut.

La cinétique thermique estivale de 2022 a probablement eu une incidence sur l’évolution des effectifs et favorisé leur départ de l’estuaire fluvial vers la masse d’eau plus fraîche de l’embouchure (i.e. flet). Le réchauffement des eaux est également un facteur limitant pour l’éperlan, aujourd’hui disparu en Gironde consécutivement à l’augmentation de la température (Pronier et Rochard, 1998).

#### 4.1.3.3 Evolution temporelle

Depuis 2019, les abondances de l’ensemble de la faune piscicole n’évoluent pas de façon identique pour les deux suivis. On remarque toutefois que ce constat n’est pas forcément vérifié pour toutes les espèces et deux d’entre elles voient leur abondance diminuer pour chaque suivi, à savoir l’éperlan et le gobie tacheté. Outre les faibles apports d’eau douce, les 3 dernières années ont été marquées par des variations thermiques printanières ayant pu avoir des incidences autant sur les pontes (phénomène d’étalement pour le flet) que sur la survie des larves (décalage entre l’arrivée des larves et la quantité de plancton disponible pour l’éperlan par ex). Enfin, en 2022 le record estival de température a probablement induit d’important déplacements à la faveur d’habitats plus frais.



Cette évolution se doit d'être considérée également sur une période plus longue. Depuis 2010, la masse d'eau considérée fait l'objet d'une augmentation de la richesse piscicole et des effectifs depuis 2014, cette dernière concernant en particulier le flet et l'éperlan. Cette évolution pourrait correspondre à une certaine remontée vers l'amont des espèces et/ou une augmentation de leur temps de séjour sous l'effet conjoint de la diminution du débit de la Seine et du renforcement de l'effet de la marée, mais aussi du réchauffement climatique. On peut en effet imaginer que la marinisation constatée à l'embouchure se prolonge de façon dynamique dans les eaux fluviales. Il se pose également la question de savoir dans quelle mesure ces augmentations d'abondance peuvent être en relation ou non avec une évolution de la nourriture disponible dans la colonne d'eau (i.e. zooplancton ; Cf projet Seine Aval SARTRE).

#### 4.1.4 Effet des clapages

Ce suivi a montré que le fond du chenal n'est pas forcément dépourvu de faune piscicole. A ce titre, les clapages génèrent forcément des mortalités de poissons induits directement par la masse de sédiment qui tombe au fond en un temps restreint.

Mis à part ce fait, les conditions hydrologiques restent viables en périphérie de la zone de dépôt. Le positionnement des zones de chalutages permet cependant de se rendre compte que les traits de chalut n'ont pas eu lieu sur aux endroits où les fonds ont le plus évolué, mais plus en aval (Figure 34). La station « Clapage RD » qui est plus dans l'axe de la navigation, mais également en fond de chenal, a probablement subi des effets plus importants de cette activité que la station « Clapage RG ». A noter que l'on remarque sur la carte de différentiel bathymétrique d'étroites bandes en rive gauche ayant subi des dépôts de sédiments. Ces dépôts traduiraient bien l'existence de disparités courantologiques qui pourraient favoriser les concentrations de poissons sur des espaces très restreints.

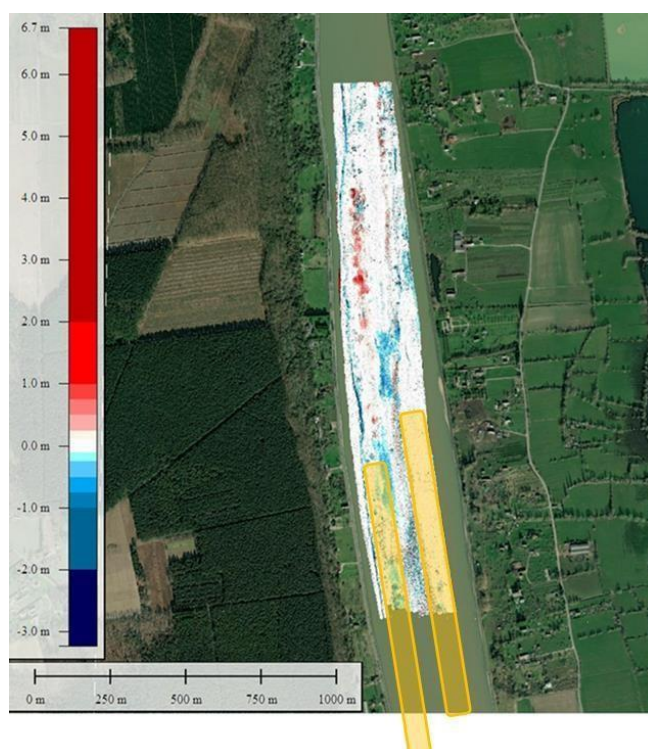


Figure 34 : Positionnement des zones de pêche par rapport à l'évolution bathymétrique des fonds sur la zone de clapage de sédiments de dragage

### 4.1.5 Perspectives

Le maintien des populations piscicoles suggère celui de la fonctionnalité des habitats. Bien qu'il soit difficile d'anticiper ce qui va se produire dans le contexte du changement climatique, mieux connaître les relations entre les espèces et les habitats est une démarche nécessaire pour envisager des mesures de gestion (i.e restauration des habitats latéraux).

C'est pourquoi il semble nécessaire de poursuivre ce suivi, qui apporte des éléments nouveaux et complémentaires à ceux déjà acquis dans le cadre de la surveillance « DCE ».

Il est possible dans ce but, d'envisager une stratégie de suivi destinée à mieux cerner la variabilité des abondances en rapport avec la morphologie des berges. Il conviendrait alors bien sûr de se doter également des moyens d'accroître la précision des traits sur une même station de pêche.



# Bibliographie

---

Basilico L., Damien, JP., Roussel JM., Poulet N. & Paillisson JM., 2013. Les invasions d'écrevisses exotiques – Impacts écologiques et pistes pour la gestion, Onema

Baffreau A., Pezy J.P., Rusig A.M., Mussio I., Dauvin J.C, 2018. Les espèces marines animales et végétales introduites en Normandie. 348pp.

Béguer M., 2009. Réponses d'une population aux forçages environnementaux et anthropiques : le suivi à long terme de la crevette *Palaemon longirostris* de l'estuaire de la Gironde (1979-2007). Thèse de doctorat Université de Bordeaux, 248 pp.

Boittin F., Dauvergne M., Rousselot J., Rozanska F., 2012. Diagnostic hydro-écologique et préconisations de gestion des réseaux hydrauliques de la boucle d'Anneville. Rapport Parc Naturel Régional des boucles de la Sien Normande 128 pp + annexes.

Cattrijsse A., Codling I., Conides A., Duhamel S., Gibson R.N., Hostens K., Mathieson S., Mc Lusky D.S., 2002. Estuarine development/habitat restoration and re-creation and their role in estuarine management for benefit for aquatic resources. In Elliott M. & K. Hemingway (Eds) *Fishes in estuaries. Blackwell science, Iowa, pp. 266-321.*

Duhamel S., 2022. DCEE : Suivi de l'ichtyofaune dans les masses d'eau de transition. Rapport de synthèse pluriannuelle – estuaires de Seine et de la Risle. 73 p.

Duhamel S., Balay P., Hanin C., Morvan E., Rey M., 2022. Suivi des populations de crevettes et des ressources halieutiques dans l'estuaire de la Seine. Rapport de synthèse étape D – année 2021. Rapport CSLN / HAROPA Le Havre, 215 p.

Duhamel S., Perrein I., Bonhomme E., Rey M., 2022. Suivi de la zone d'immersion dans le fleuve – volet poissons. Campagne de printemps et d'automne 2021 : 44 p.

Duhamel S., Morvan E., Rey M., 2022. Suivi de la zone d'immersion dans le fleuve – volet poissons. Campagne de printemps et d'automne 2022 : 35 p.

Duhamel S., Hanin C. et Rey M. 2021. Biodiversité piscicole des estuaires normands. Rapport CSLN / AESN. 185 p.

Duhamel S. (coord.), Feunteun E., Cerisier S., Bacq N., De Roton G., Mayot S., Gouneau N., Lefrançois T., Berno A., Balay P., 2012. Projet ICHTYO : Structuration spatio-temporelle des assemblages d'espèces de poissons dans l'estuaire de la Seine. État actuel et incidences du paysage aquatique sur la fonctionnalité des habitats. *Projet Seine-Aval 4, 30 pp. + annexes*

Duhamel S. Gouneau N., Lefrançois T., Mayot S., Hanin C., Feunteun E., 2006. Le peuplement ichtyologique de l'estuaire amont de la Seine : étude spatio-temporelle dans les milieux profonds, *Programme Seine Aval / Thème I Rouen, 37p.*

Gouneau N., Duhamel S., Mayot S., Lefrançois T., 2005. L'Eperlan (*Osmerus eperlanus*) en estuaire de Seine : Etude de la répartition spatio-temporelle et de la croissance des jeunes stades de l'espèce dans l'estuaire d'eaux douces à polyhalines et bilan des connaissances actuelles sur son cycle biologique. *Rapport CSLHN / DIREN Hte Normandie, 36 pp.*

Fonds M. Cronie R., Vethaak A.D., van der Puyl P., 1992. Metabolism, food consumption and growth of plaice (*Pleuronectes platessa*) and flounder (*Platichthys flesus*) in relation to fish size and temperature. *Neth. J. Sea Res 29 : 127-143*

Keith P., Allardi J. (Coord.), 2011. Atlas des poissons d'eau douce de France. *Biotope Editions : 552 pp.*

Lepage M., Girardin M., 2005. Inventaire poisson dans les eaux de transition – protocole d'échantillonnage pour les districts de la façade Atlantique et Manche. *Rapport pour le Ministère de l'Environnement. Cemagref, Bordeaux, France, 28 p*

Lesourd S. (coord.), Bessineton C., Carpentier A., Chouquet B., Cuvilliez A., Duhamel S., Julve P., Lecarpentier T., Marion C., Morel F., 2012. Projet DEFHFIS : Dynamique des écosystèmes et fonctionnement hydromorphologique des filandres en Seine. *Projet Seine-Aval 4, 52p.*

Morin J., Duhamel S., De Roton G., 2011. Poissons, habitats & ressources halieutiques : cas de l'estuaire de la Seine. *Fascicule Seine Aval 2.5*, 76 p

Observatoire Biodiversité Haute-Normandie, 2013. Liste rouge des poissons d'eau douce de Haute-Normandie, 10 p.

[https://biodiversite.normandie.fr/sites/default/files/ID3.2\\_liste\\_rouge\\_poissons\\_OBHN\\_2013](https://biodiversite.normandie.fr/sites/default/files/ID3.2_liste_rouge_poissons_OBHN_2013).

Panfili J., Ximénès M.C., 1994. Evaluation de l'âge et de la croissance de l'anguille européenne (*Anguilla anguilla* L.) en milieu continental : méthodologies, validation, application en Méditerranée et comparaisons en Europe. *Bulletin Français de la Pêche et de la Pisciculture 335* : 43-66.

Pronier O., Rochard E., 1998. Working of a smelt (*Osmerus eperlanus*, Osmeriformes, Osmeridae) population located at the south limit of the species distribution area, influence of the temperature. *Bulletin Français de la Pêche et de la Pisciculture 350/351*: 479-497.

Rochard E. (coord.), Le Pichon C., Budzinski H., Cachot J., Duhamel S., 2012. Projet THALASSOTOK : Colonisation et utilisation des habitats estuariens par les poissons migrateurs thalassotoques. Approche comparative Seine-Gironde. *Projet Seine-Aval 4*, 117p.

UICN Comité français, 2019 Liste rouge des espèces menacés en France. Poissons d'eau douce de France métropolitaine – juillet 2019, 4p.

[https://uicn.fr/wp-content/uploads/2009/12/Liste\\_rouge\\_France\\_Poissons\\_d\\_eau\\_douce\\_de\\_metropole.pdf](https://uicn.fr/wp-content/uploads/2009/12/Liste_rouge_France_Poissons_d_eau_douce_de_metropole.pdf)

Van de Veer H.W., Tulp I., Witte J.I.J., Poiesz S.S.H., Bolle L.J., 2022. Changes in functioning of the largest coastal North Sea flatfish nursery, the Wadden Sea, over the past half century. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* Vol 693: 183-201. <https://doi.org/10.3354/meps14082>

## Liste des figures

Figure 1 : Plan d'échantillonnage théorique au chalut à perche de 3m pour le suivi « poissons » du site d'immersion dans le fleuve .....	7
Figure 2 : Représentation cartographique des stations de pêche échantillonnées au chalut à perche pour le suivi du site d'immersion de sédiments de dragages dit de la « pâture aux rats » à l'aval de Duclair. Les stations de suivi DCE de part et d'autre du site sont figurées en rouge. Les stations ajoutées pour ce suivi sont figurées en jaune .....	11
Figure 3 : Illustrations photographiques du contenu de quelques traits de chalut. La présence de blocs de tuf calcaire est récurrente sur la station SC8 (à gauche). Au niveau du site d'immersion, ici un aperçu de la variabilité entre flot et jusant sur la station « clapage rive gauche » .....	12
Figure 4 : Variabilité par campagne de la profondeur de la colonne d'eau et des paramètres hydrologiques mesurés au fond (température de l'eau, turbidité, conductivité et teneur en oxygène dissout) .....	13
Figure 5 : Représentation des observations au sein des axes 1 et 2 de l'ACP sur les caractéristiques hydrologiques (température, salinité, turbidité, oxygène dissout) et profondeur de la colonne d'eau échantillonnée lors des 7 campagnes de suivi de l'ichtyofaune pour la période 2019-2022. CID = Clapage rive droite ; CIG = Clapage rive gauche ; Codage chiffré des campagnes selon le mois et l'année. Les conditions de marée sont indiquées en minuscule f = flot et j = jusant. Les observations soulignées sont celles qui contribuent le plus à l'axe 2 .....	14
Figure 6 : Présentation du cortège piscicole selon le taux d'occurrence des espèces (à gauche) et selon leur niveau moyen d'abondance au sein de l'assemblage (à droite) .....	15
Figure 7 : Présentation des espèces associées aux captures de poissons selon leur taux d'occurrence (à gauche) et selon leur niveau moyen d'abondance au sein de l'assemblage (à droite) .....	16
Figure 8 : Illustration de l'ordination sur les deux premiers axes d'une AFC basée sur les 57 observations de CPUE numériques normalisées des 11 taxons observés sur la zone d'étude. Les campagnes sont symbolisées par des couleurs distinctes. C = station clapage. d = rive droite, g = rive gauche, J = jusant, F = flot .....	17
Figure 9 : Classification ascendante hiérarchique (CAH) sur les CPUE numériques normalisées des 57 observations faites au cours de la période 2019-2022 sur la zone de suivi à partir du chalut à perche .	18
Figure 10 : Evolution interannuelle par saison des valeurs moyennes des CPUE numériques (ind.ha <sup>-1</sup> ) pour les principales espèces de poissons .....	19
Figure 11 : Evolution interannuelle par saison des valeurs moyennes des CPUE numériques (ind.ha <sup>-1</sup> ) pour les principales espèces de crustacés .....	19
Figure 12 : représentation en boxplot de la variabilité de la richesse taxonomique par station distinctement pour les poissons (à gauche) et pour l'ensemble des captures (à droite) .....	20
Figure 13 : représentation en boxplot de la variabilité des CPUE numériques par station (ind.ha <sup>-1</sup> ) distinctement pour les poissons (à gauche) et pour l'ensemble des captures (à droite) .....	20
Figure 14 : Représentation selon les plans factoriels 1 et 2 de l'ACP réalisées sur les descripteurs de variabilité de l'environnement aquatique pour l'ensemble des 57 observations de la période 2019-2022. Marée codée 1 = flot, 0 = jusant .....	22
Figure 15 : Localisation des stations de pêche suivies par la CSLN depuis 2010 dans le cadre de la DCE appliquée aux masses d'eau de transition .....	23
Figure 16 : Illustration synthétique des grands types d'assemblages d'espèces de poissons distingués sur la base de leur fréquence d'occurrence par station entre 2002 et 2005 à partir de différentes techniques de pêche et positionnement de chaque assemblage au sein des grands types d'habitats longitudinaux et transversaux. Les espèces présentées sont caractéristiques de chaque groupement de stations, mais n'en constituent pas la liste exhaustive. La position des stations est peu structurante pour les espèces estuariennes et amphihalines présentes sur toute l'aire d'étude. * = Bassins portuaires, bras secondaires, bras morts et confluences. in Duhamel, 2012. ....	24

Figure 17 : Evolution longitudinale de la richesse piscicole cumulée (barres) et moyenne (courbe) pour les douze années de suivi DCE de 2011 à 2022 et positionnement de la zone d'étude .....	25
Figure 18 : Evolution longitudinale de la richesse piscicole cumulée (barres) et de la moyenne des CPUE numériques (courbe) pour les douze années de suivi DCE de 2011 à 2022 et positionnement de la zone d'étude .....	26
Figure 19 : Evolution longitudinale de la moyenne des CPUE numériques de l'éperlan (bleu) et de la crevette blanche (orange) pour les douze années de suivi DCE de 2011 à 2022 et positionnement de la zone d'étude .....	26
Figure 20 : Présentation du cortège piscicole de l'ensemble de la masse d'eau HT02 pour la période octobre 2019 à octobre 2022 selon le taux d'occurrence des espèces (à gauche) et selon leur niveau moyen d'abondance au sein de l'assemblage (à droite).....	27
Figure 21 : Présentation de la faune associée aux pêches dans l'ensemble de la masse d'eau HT02 pour la période octobre 2019 à octobre 2022 selon le taux d'occurrence des espèces (à gauche) et selon leur niveau moyen d'abondance au sein de l'assemblage (à droite) .....	27
Figure 22 : Classement des stations de suivi DCE (bleu clair) et de celles de la zone de suivi des immersions (bleu foncé) selon la profondeur de la colonne d'eau au moment des pêches.....	28
Figure 23 : Evolution longitudinale d'amont en aval entre octobre 2019 et octobre 2022 des valeurs moyennes de richesse piscicole issues du suivi DCE de la MET HT02 (bleu clair) et du suivi des immersions de sédiments (bleu foncé).....	28
Figure 24 : Evolution longitudinale d'amont en aval entre octobre 2019 et octobre 2022 des valeurs moyennes d'abondance piscicole et de l'abondance des crustacés décapodes (en bas) issues du suivi DCE de la MET HT02 (bleu clair) et du suivi des immersions de sédiments (bleu foncé).....	29
Figure 25 : Evolution par campagnes des moyennes (à gauche) et des médianes (à droite) pour les CPUE numériques le l'ensemble de l'ichtyofaune (à gauche) et de celle de l'éperlan (à droite).....	29
Figure 26 : Structure démographique du flet dans la zone de suivi (trame grisée) et dans les masses d'eau de l'estuaire médian (HT02, au centre) et de l'estuaire aval (HT03, à droite).....	31
Figure 27 : Structure démographique de l'éperlan dans la zone de suivi (trame grisée) et dans les masses d'eau de l'estuaire médian (HT02, au centre) et de l'estuaire aval (HT03, à droite).....	31
Figure 28 : Structure démographique de l'anguille dans la zone de suivi (trame grisée) et dans les masses d'eau de l'estuaire médian (HT02, au centre) et de l'estuaire aval (HT03, à droite).....	32
Figure 29 : Volumes de sédiments clapés sur le site de la Pâture aux Rats en aval de Duclair entre 2018 et 2022. Les flèches rouges indiquent les dates de pêche .....	33
Figure 30 : Courbes de débit journalier de la Seine pour les années 2019 à 2022. Les flèches indiquent les dates de pêche. Source Hydroportail .....	33
Figure 31 : Distribution des valeurs de température de l'eau de la Seine à Rouen. Comparaison de l'année 2022 avec la période de référence 2016-2021. Source GIPSA.....	34
Figure 32 : Positions des 28 traits de chalut à proximité de la zone de clapage des sédiments. Source GPFMAS DT-Rouen pour le fond de carte de la bathymétrie.....	35
Figure 33 : Répartition des chalutages à proximité de la zone de clapage sur un profil transversal de la Seine entre 2019 et 2022 .....	35
Figure 34 : Positionnement des zones de pêche par rapport à l'évolution bathymétrique des fonds sur la zone de clapage de sédiments de dragage .....	37

## Liste des tableaux

Tableau 1 : Caractéristiques des moyens nautiques utilisés lors du suivi et période d'utilisation.....	8
Tableau 2 : Dates, conditions de marée et nombre de traits de chalut pour les pêches de suivi des années 2019 à 2022.....	11
Tableau 3 : Chronologie et positions géographiques des traits de chalut pour chacune des 2 campagnes de 2022.....	12
Tableau 4 : Valeurs moyennes par station des différentes variables mesurées au cours des 7 campagnes de suivi au chalut à perche pour la période 2019-2022. Les valeurs min et max sont données à droite de chaque cellule.....	13
Tableau 5 : Statut UICN des espèces constantes recensées sur le site d'immersion de HAROPA-Port de Rouen en aval de Duclair. CR = Danger critique d'extinction, NT = Pourrait être menacée si des mesures spécifiques de conservation n'étaient pas prises, LC = Préoccupation mineure, DD = données insuffisantes, non évaluée.....	15
Tableau 6 : Récapitulatif des tests de Kruskal-Wallis calculés sur les variables temporelles de date, mois et état de la marée respectivement pour la richesse taxonomique, l'abondance numérique des poissons et celle des crustacés. Les taxons absents de ce tableau font l'objet de tests non significatifs. En souligné les tests significatifs pour $\alpha = 10\%$ .....	18
Tableau 7 : Récapitulatif des tests de Kruskal-Wallis calculés sur les variables spatiales pour les stations, le secteur (i.e. clapage vs hors clapage) et 3 classes de profondeur respectivement pour la richesse taxonomique, l'abondance numérique des poissons et celle des crustacés. Les taxons absents de ce tableau font l'objet de tests non significatifs. Les comparaisons multiples par paire aboutissent dans certains cas à l'impossibilité de distinguer différents groupes (cellule vide).....	21
Tableau 8 : Matrice de corrélations (r de Spearman, n = 57) établie entre les descripteurs spatio-temporels et les CPUE numériques par observation. Les espèces secondaires de la faune associée ne sont pas incluses (aucune corrélation significative).....	22
Tableau 9 : Résultats des tests de Kruskal-Wallis sur l'ensemble combiné des données de ce suivi et de celles du suivi DCE dans l'estuaire médian entre octobre 2019 et octobre 2022. Les espèces pour lesquelles les deux tests ne montrent pas de différence ne sont pas incluses dans le tableau.....	30



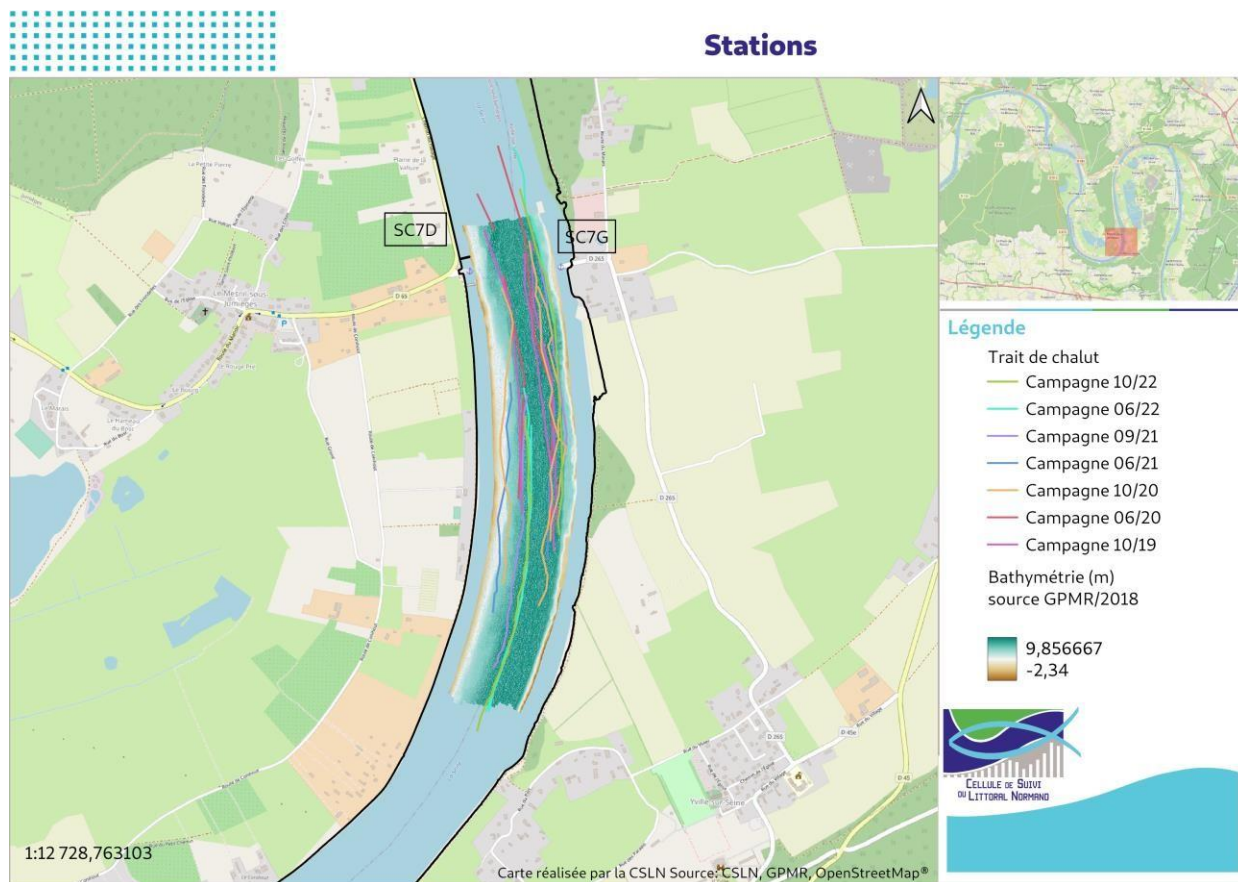


**ANNEXE**

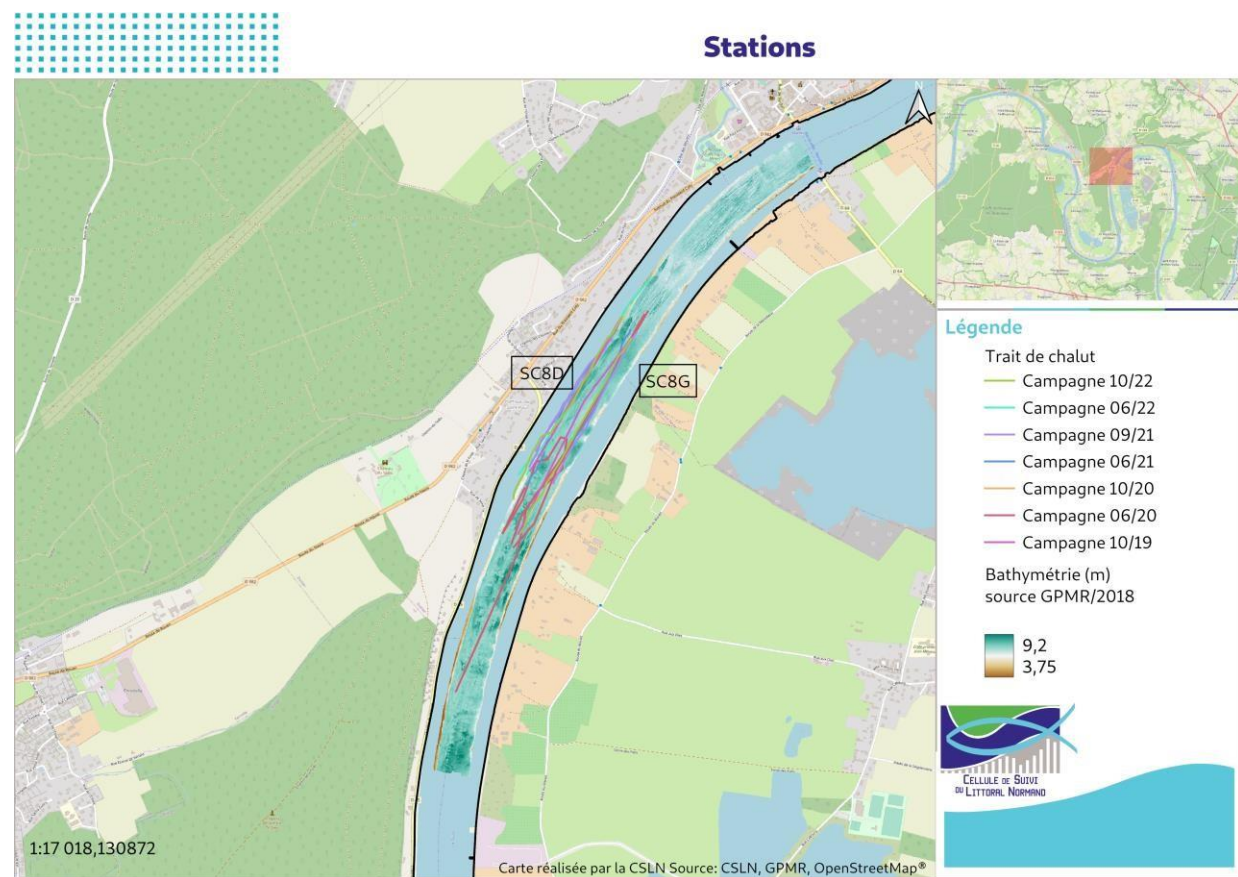
## Positions des traits de chalut

---

## Positions des traits de chalut sur les stations SC7 et SC7<sub>chenal</sub>



## Positions des traits sur les stations SC8 et SC8<sub>chenal</sub>





CELLULE DE SUIVI  
DU LITTORAL NORMAND

## **CSLN**

Association Loi 1901  
53 rue de Prony  
76600 LE HAVRE  
Tél. : 02 35 21 71 70  
E-mail : [csln@csln.fr](mailto:csln@csln.fr)