



Contrat de progrès territorial du Marais de Brouage

Suivis Piscicoles 2021-2022

Rapport final d'étude



Table des matières

Introduction	3
1 Matériels et Méthodes	4
1.1 Protocole d'échantillonnage.....	4
1.2 Méthode de pêche	4
1.3 Stations étudiées	7
1.4 Période d'échantillonnage.....	14
1.5 Informations relevées sur le terrain	16
2 Résultats et analyses	23
2.1 Les caractéristiques abiotiques des stations de pêche	23
2.1.1 Les conditions météorologiques.....	23
2.1.2 Les hauteurs d'eau et de vase et la teneur en eau et en matière organique.....	28
2.1.3 Paramètres physico-chimiques.....	35
2.2 Présentation générale du peuplement piscicole de Brouage	41
2.2.1 Les espèces capturées lors du suivi de 2021 et de 2022.....	41
2.2.2 Caractérisation du peuplement piscicole des deux années de suivi (2021 et 2022)	45
2.2.3 Effectifs et biomasses des individus capturés.....	49
2.2.4 Capture Par Unité d'Effort (effectif/verveux/heure)	52
2.2.5 Biomasse Par Unité d'Effort (gramme/verveux/heure)	55
2.2.6 Richesse spécifique.....	57
2.2.7 Détermination des indices de diversité	59
2.3 Tendances globales du suivi	63
2.3.1 Comparaisons des peuplements par Unité Hydraulique Cohérente.....	63
2.3.2 Comparaisons des peuplements des réseaux secondaires et tertiaires	67
2.3.3 Comparaison des peuplements par campagne (Printemps et Automne)	71
2.3.4 Relations avec les facteurs environnementaux	74
2.3.5 Etude des traits écologiques.....	77
2.4 Focus sur l'Anguille européenne (<i>Anguilla anguilla</i>)	81
2.4.1 Description et enjeux de l'espèce.....	81
2.4.2 Capture et Biomasse Par Unité d'Effort (CPUE/BPUE)	82
2.4.3 Classes de tailles	85
2.4.4 Argenture	88
2.4.5 Paramètres environnementaux	89
3 Bilan des deux années de suivi (2021 et 2022).....	90
3.1 Retour d'expérience sur le protocole	90
3.1.1 Pertinence du dispositif de capture	90

3.1.2	Intérêt des réplias	90
3.1.3	Capture accidentelles	91
3.1.4	Mesures physico-chimiques	91
3.2	Tendances générales du suivi	91
3.2.1	Caractérisation du peuplement piscicole du marais	91
3.2.2	Différences entre la campagne de 2021 et de 2022	92
3.2.3	Différences du peuplement entre UHC.....	93
3.2.4	Différences entre réseau secondaire et tertiaire	93
3.2.5	Différence entre les campagnes de printemps et d'automne	94
3.2.6	L'anguille au sein du marais de Brouage.....	94
3.2.7	Perspectives.....	95
	Conclusion.....	96
	Bibliographie	97
	Liste des figures.....	99
	Liste des tableaux.....	102

Introduction

Le marais de Brouage constitue une zone humide d'environ 11 000 ha avec un réseau hydraulique de plus de 200km de linéaires. Cette abondance de canaux représente un potentiel fort pour la faune piscicole, maillon essentiel de la chaîne alimentaire en marais pour de nombreuses espèces d'intérêt communautaire (avifaune, loutre et vison d'Europe).

L'amélioration du fonctionnement hydraulique du marais de Brouage constitue l'un des axes majeurs du premier contrat de progrès territorial signé en 2019 pour une durée de trois ans. Un effort de restauration est attendu sur les ouvrages comme sur les réseaux hydrauliques afin de retrouver un fonctionnement étagé du marais permettant une distribution efficace de l'eau dans chaque grand casier du marais, appelé également unité hydraulique cohérente (UHC). Pour mener à bien cette évolution du fonctionnement hydraulique du marais, les actions du contrat sont, dans un premier temps, concentrées sur quatre UHC pilotes (Broue, Grand Garçon, Marennes et Reux Nord) et se concrétisent par des travaux d'entretien des réseaux, l'évolution de la gestion hydraulique et la restauration d'ouvrages hydrauliques. Des indicateurs biologiques sont positionnés dans ces quatre UHC pilotes, afin de suivre l'évolution de la biodiversité et notamment l'évolution des espèces ou groupes d'espèces caractéristiques du marais de Brouage comme l'avifaune, les odonates, la végétation, les poissons, les amphibiens et les tortues.

Le peuplement piscicole reflète la qualité globale du réseau, et constitue ainsi un indicateur de la fonctionnalité du milieu et de la continuité écologique entre les différents compartiments de cette zone du marais. Les marais jouent un rôle majeur pour de nombreuses espèces patrimoniales de poissons ; l'amélioration des connaissances ichtyologiques permettra d'estimer la contribution de ces milieux à l'équilibre, la richesse et la diversité des peuplements piscicoles.

Cependant, cette faune piscicole est très mal connue dans les zones de marais et le projet vise à préciser les populations présentes. Parmi les indicateurs qui seront mis en place dans le cadre du contrat de progrès territorial, il a été décidé d'étudier l'indicateur biologique « poisson ».

Ainsi, la Fédération de la Charente-Maritime pour la Pêche et la Protection du Milieu Aquatique (FDAAPPMA17) et le Centre pour l'Aquaculture, la Pêche et l'Environnement de Nouvelle-Aquitaine (CAPENA) ont été missionnés par le Syndicat Mixte Charente Aval (SMCA) pour réaliser des inventaires piscicoles dans le marais de Brouage en 2021 et 2022. Les deux premières sessions se sont déroulées au printemps 2021 (juin-juillet) et à l'automne 2021 (septembre-octobre). Les deux dernières sessions se sont déroulées au printemps 2022 (juin-juillet) et à l'automne 2022 (septembre-octobre). L'objectif de ces analyses est d'avoir une connaissance approfondie du peuplement piscicole du marais de Brouage avec le recul de deux années de suivi. La partie relative à l'impact du curage sur les peuplements est traitée dans un autre rapport.

1 Matériels et Méthodes

1.1 Protocole d'échantillonnage

Le suivi s'est déroulé sur 26 stations à partir de la relève successive de pièges passifs appelés « verveux ». Ces stations ont été suivies sur deux années consécutives, **2021** et **2022**, avec deux saisons de captures, une au **printemps** et une à l'**automne**. Les principaux objectifs étant d'améliorer la connaissance générale du marais ainsi que d'étudier l'effet du curage. Ainsi, pour chaque station, trois répliques (3 poses/relèves), ont été réalisés pour augmenter la probabilité de capture de chaque espèce afin d'obtenir la plus grande précision possible sur les résultats de pêches.

1.2 Méthode de pêche

La méthode de pêche par verveux est précisée par le Cahier des Charges (CCTP) du SMCA. En effet, l'importante conductivité en marais de Brouage rend impossible les inventaires de pêche à l'électricité. Certains secteurs du marais ont une conductivité importante qui nécessiterait un appareil spécifique très peu utilisé à ce jour hormis par des organismes de recherche comme l'INRAE (ex-INRA/IRSTEA). Par ailleurs, étant donné l'objectif, il apparaît que le coût/efficacité d'inventaires à l'aide d'engins passifs tels que le verveux est adapté.

Les pêches prévues sont du type « pêche d'inventaire » et le matériel sélectionné permet de réaliser des pêches complètes sur l'intégralité de la largeur du canal. Le verveux est placé au centre du canal et son ouverture est positionnée dans l'axe du canal, ailes déployées sur chaque rive. Chaque aile est fixée à la berge, de manière à placer le verveux en barrage total au canal. L'ouverture est située face à l'écoulement de l'eau. Si le canal ne présente pas de courant ou d'écoulement habituel, l'ouverture du verveux est orientée du côté où le marais a le plus de connexion entre les canaux.



Figure 1. Photos de verveux de maille 6mm à 2 ailes

Le verveux utilisé est constitué d'un maillage homogène de 6mm, afin de maximiser la capture d'une large gamme de classes de tailles (notamment les juvéniles). Chaque engin est posé en fin d'après-midi / début de soirée puis relevé le lendemain soit l'équivalent d'environ 12h de pêche. 2 modèles de tailles différentes (avec un filet (senne) soit de 1.40m soit de 0.80 m) ont été disposés en fonction de la profondeur d'eau et de la largeur du canal.

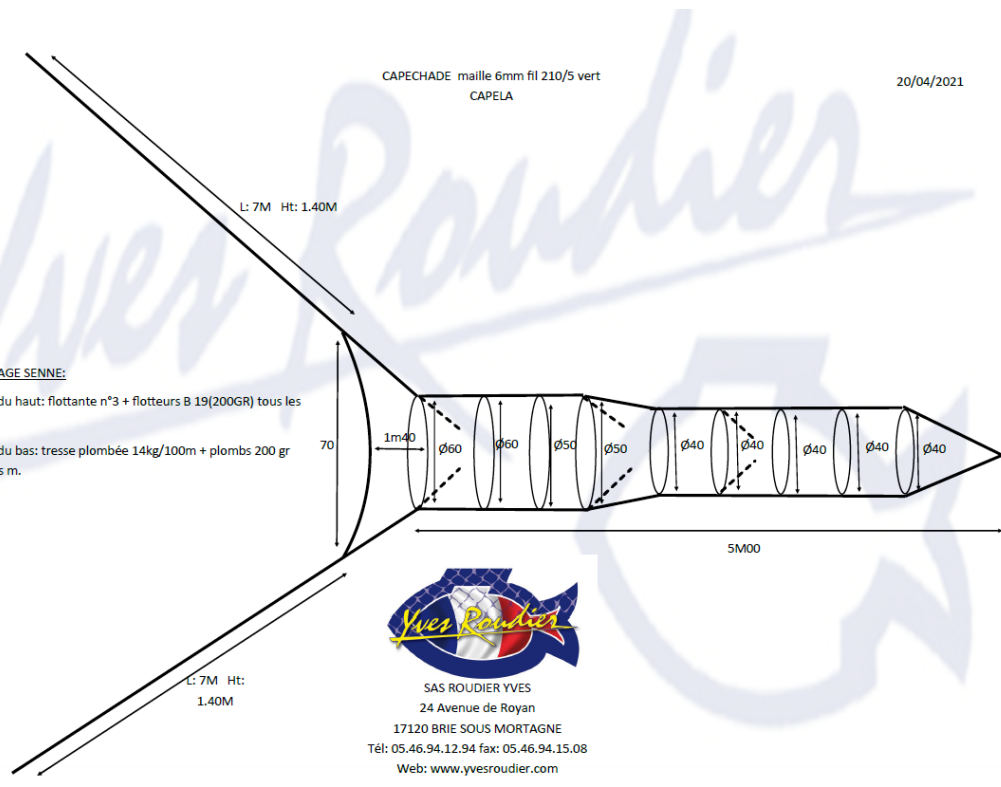


Figure 2. Plan du verveux choisi (modèle filet haut de 1.40m)

Les stations sont systématiquement échantillonnées par deux agents durant 3 jours consécutifs. L'objectif de ce protocole est d'augmenter la probabilité de capturer de l'ensemble des espèces présentes dans le milieu afin d'obtenir des données plus robustes (détection de nouvelles espèces par effet d'épuisement du milieu).

Précaution mise en place pour les espèces protégées

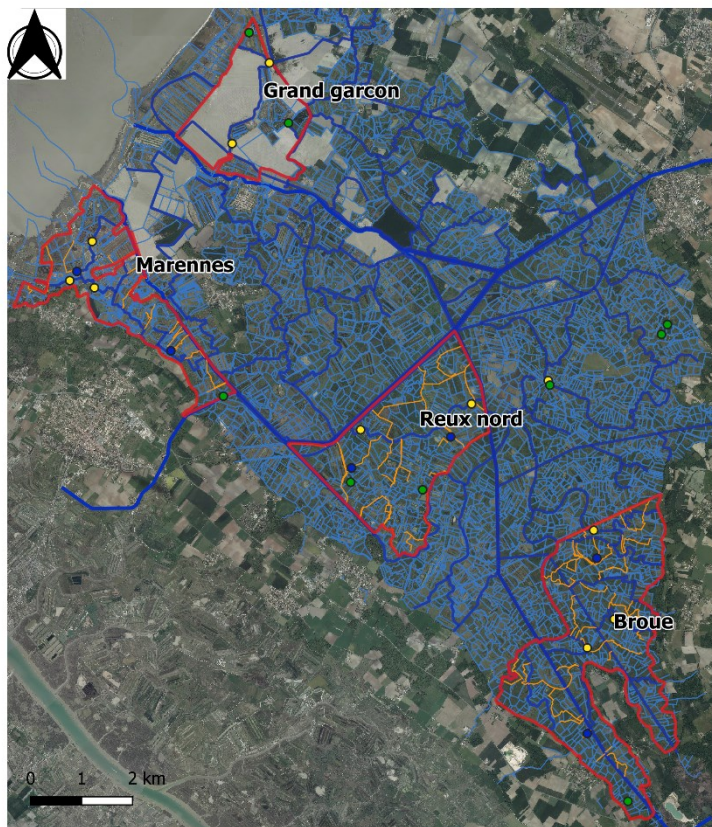
Plusieurs espèces protégées sont également présentes dans le marais, comme la Cistude d'Europe (*Emys orbicularis*), le vison européen (*Mustela lutreola*) et la loutre (*Lutra lutra*). Afin de limiter le risque de noyades, le temps de disposition du verveux a été réduit à 12h de pose. L'extrémité des verveux sont toujours émergées à l'aide de flotteurs et de piquets afin d'éviter la noyade d'individus capturés. La relève le lendemain matin permet de libérer les individus piégés.

1.3 Stations étudiées

Chaque station a été sélectionnée selon plusieurs critères : d'abord, sa localisation dans le réseau secondaire ou tertiaire. Ce choix permet d'avoir une image des populations de chacun de ces types de canaux, selon leur largeur, leur longueur et leur conductivité, les réseaux secondaires étant des axes de circulation plus importants, car plus longs et connectés au réseau primaire. Un autre critère important a été la répartition géographique de ces stations au sein de leur UHC respective. Enfin, le dernier critère choisi pour sélectionner les stations fut l'accessibilités aux sites.

Il est nécessaire de noter que ce choix a été fait en fonction des informations dont disposait le SMCA, certains canaux étant de fait assez différent de la définition d'un réseau secondaire (large et profond) ou d'un tertiaire (étroit et peu profond).

Des travaux de curage ont été programmés en juillet-Octobre 2021 et 2022, sur certaines UHC définies. Les inventaires sont faits dans chacune de ces stations, dans chaque UHC pilote. Seules 4 stations se font hors UHC, les stations témoins.



Carte présentant l'ensemble des stations de suivis pour les inventaires piscicoles 2021-2022 du marais de Brouage

Légende

Réseau Hydrographique Brouage

- Réseau Primaire
- Réseau Secondaire
- Réseau Tertiaire
- Réseau Tertiaire curé en 2021-2022

Contour des UHC

- Unité Hydraulique Cohérente

Stations de suivi 2021-2022

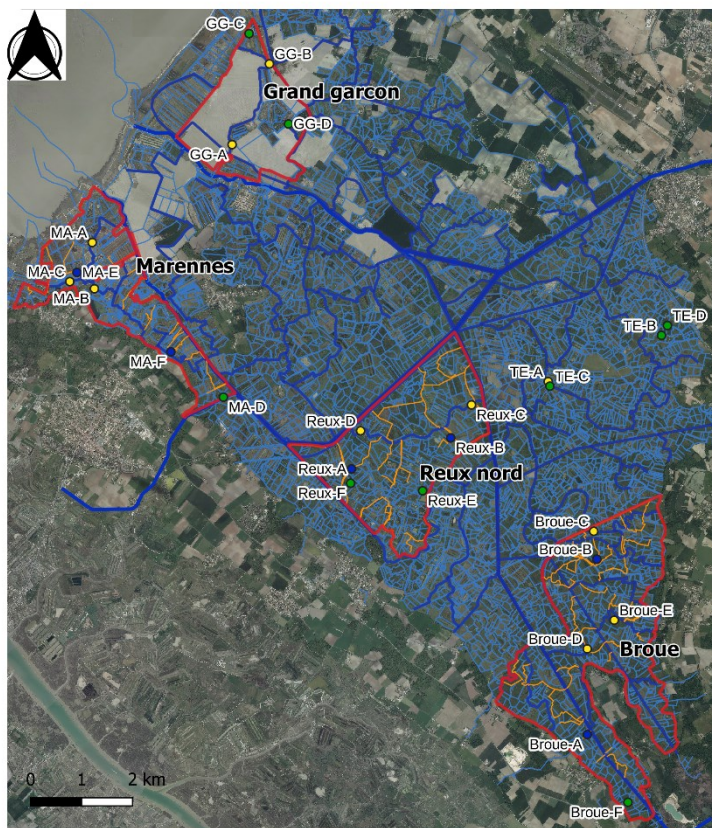
- Evaluation du curage
- Suivi réseau secondaire
- Suivi réseau tertiaire



Réalisation : FDAAPPMA 17, Novembre 2022

Données : les contributeurs d'OpenStreetMap ; SMCA ; FDAAPPMA17

Figure 3. Carte des stations d'inventaires réparties dans les différents UHC



Carte présentant l'ensemble des stations de suivis pour les inventaires piscicoles 2021-2022 du marais de Brouage

Légende

Réseau Hydrographique Brouage

- Réseau Primaire
- Réseau Secondaire
- Réseau Tertiaire
- Réseau Tertiaire curé en 2021-2022

Contour des UHC

- Unité Hydraulique Cohérente

Stations de suivi 2021-2022

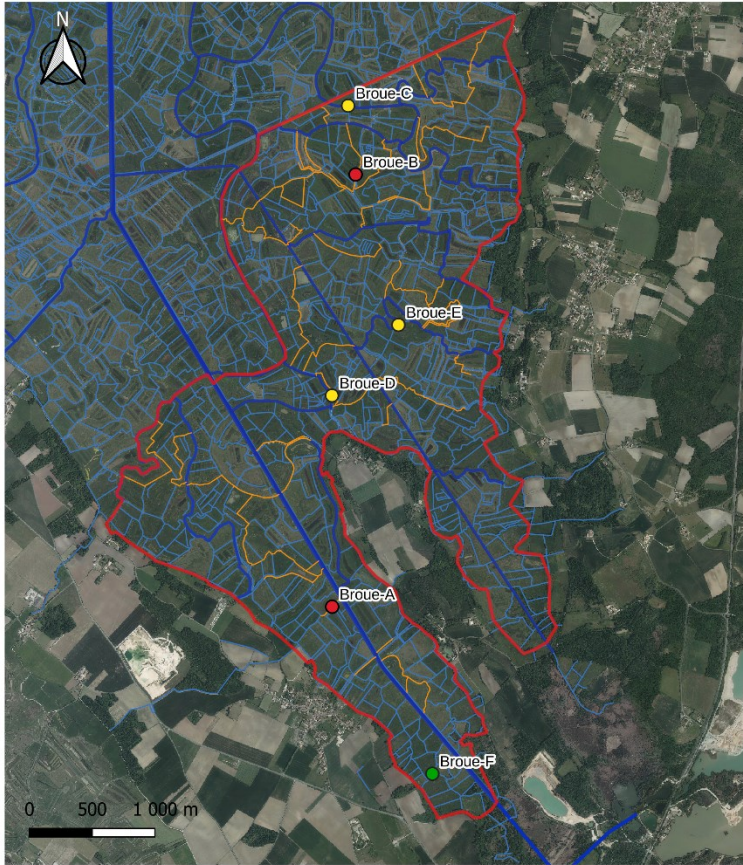
- Evaluation du curage
- Suivi réseau secondaire
- Suivi réseau tertiaire



Réalisation : FDAAPPMA 17, Novembre 2022

Données : les contributeurs d'OpenStreetMap ; SMCA ; FDAAPPMA17

Figure 4. Carte des stations d'inventaires avec leurs dénominations



Stations de suivi pour les inventaires piscicole 2021-2022 au marais de Brouage

- UHC Broue -

Légende

Réseau Hydrographique Brouage

- Réseau Primaire
- Réseau Secondaire
- Réseau Tertiaire
- Réseau Tertiaire curé en 2021-2022

Contour des UHC

- Unité Hydraulique Cohérente

Stations de suivi 2021-2022

- Evaluation du curage
- Suivi réseau secondaire
- Suivi réseau tertiaire

CAPE/NA
Expertise et Application



Réalisation :
FDAAPPMA 17, Novembre 2022

Données :
BD ortho V2; SMCA ; FDAAPPMA17

Figure 5. Carte de l'UHC Broue et de ses stations échantillonnées



Figure 6. Station Broue-D sur le secteur de Broue au printemps 2022

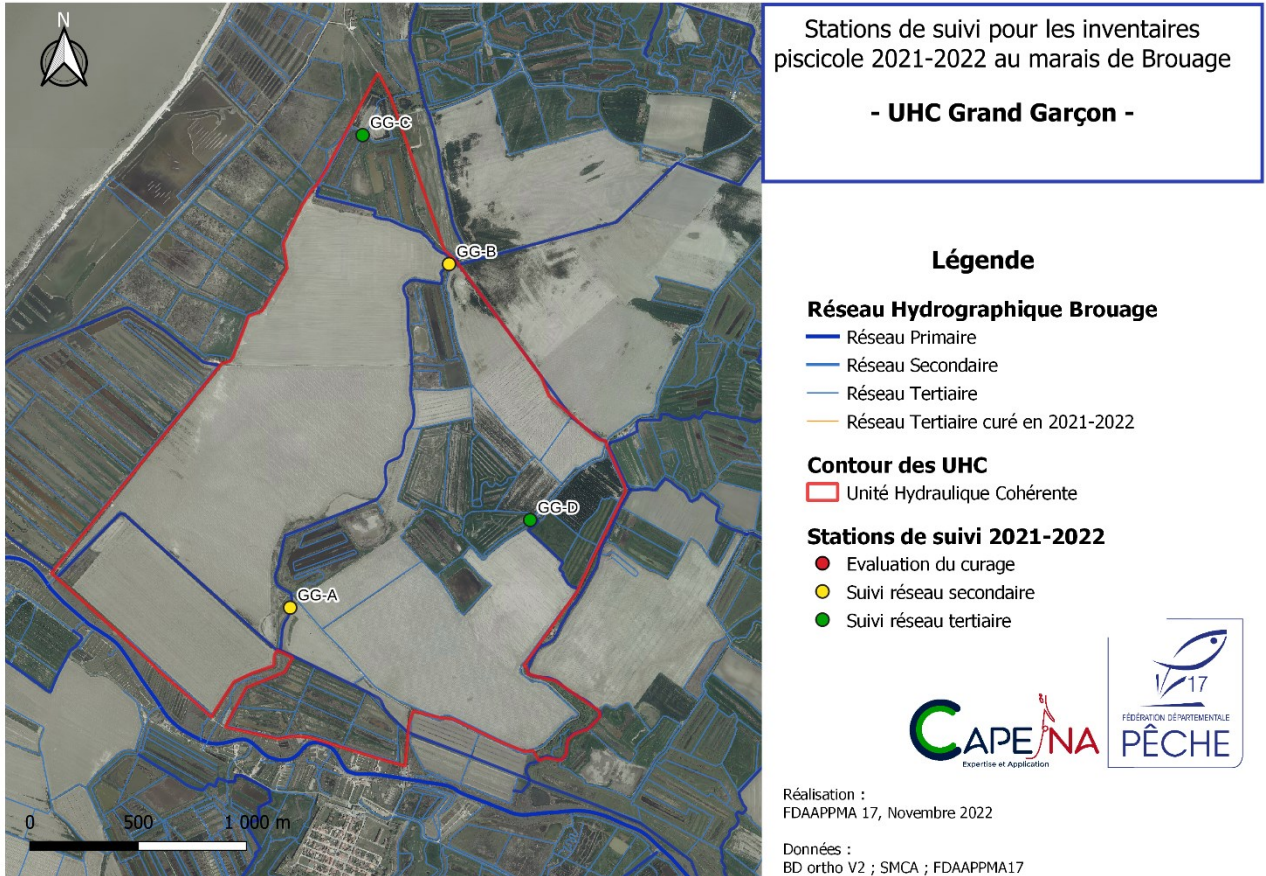


Figure 7. Carte de l'UHC Grand Garçon et de ses stations échantillonnées



Figure 8. Station GG-D sur le secteur de Grand Garçon au printemps 2021

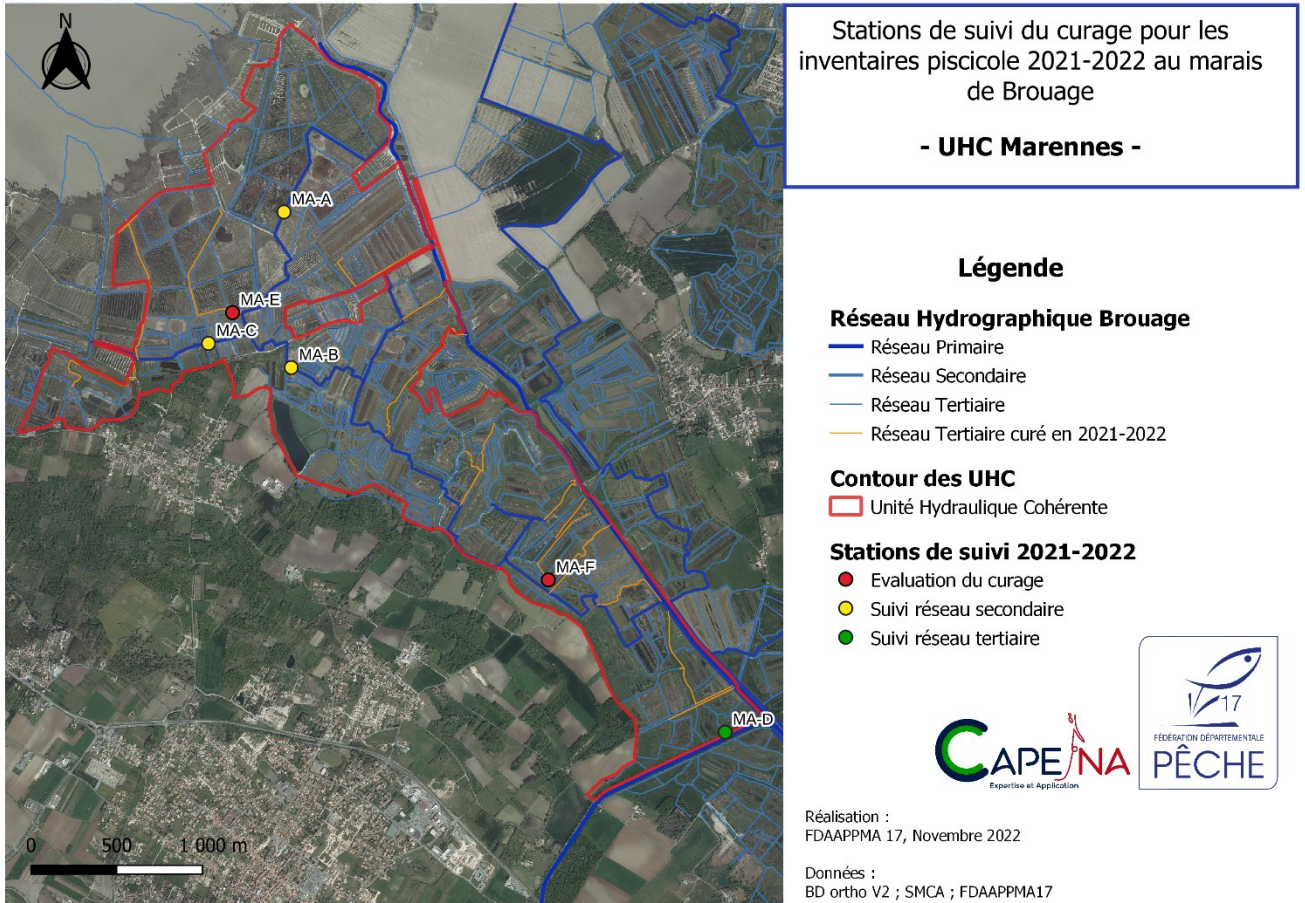


Figure 9. Carte de l'UHC Marennes et de ses stations échantillonnées



Figure 10. Station MA-E sur le secteur de Marennes au printemps 2021

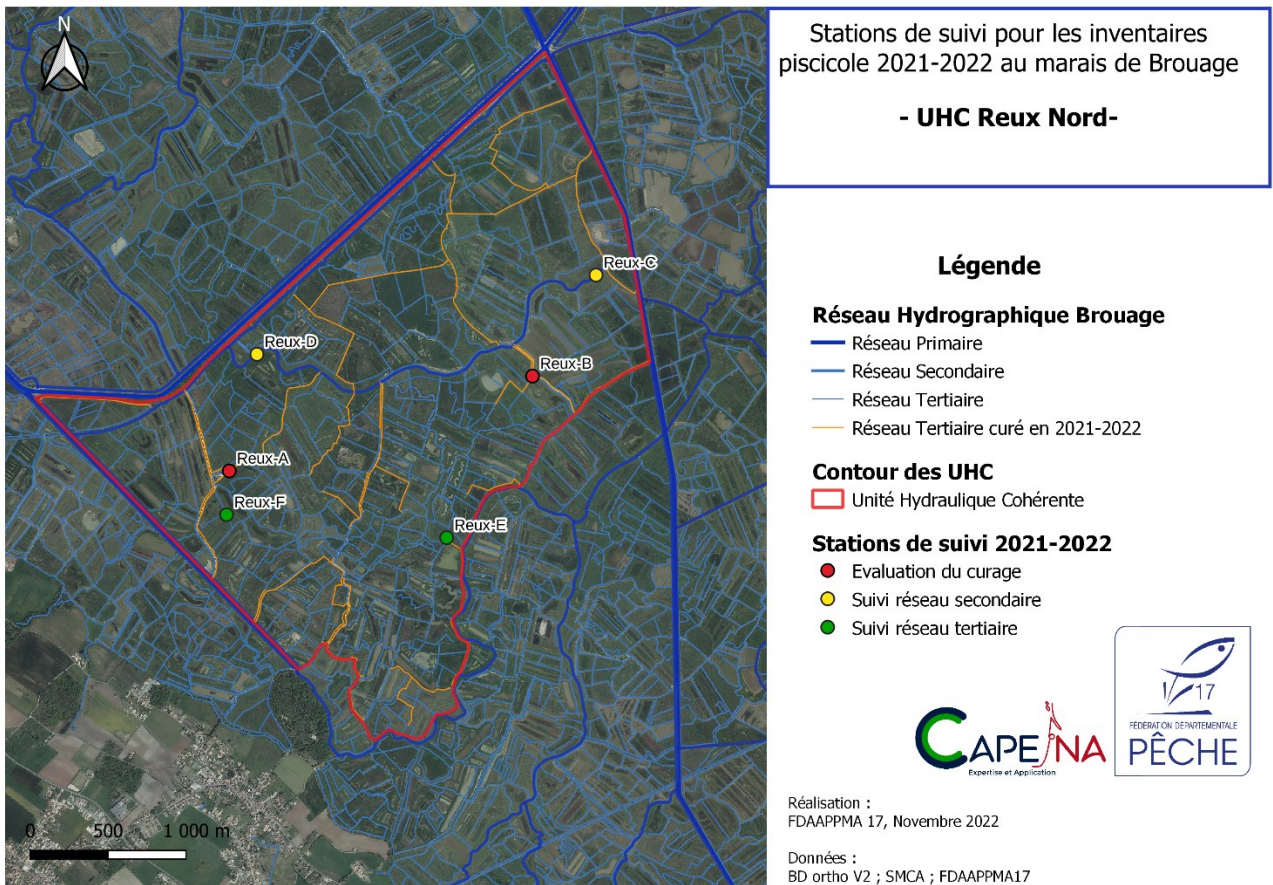
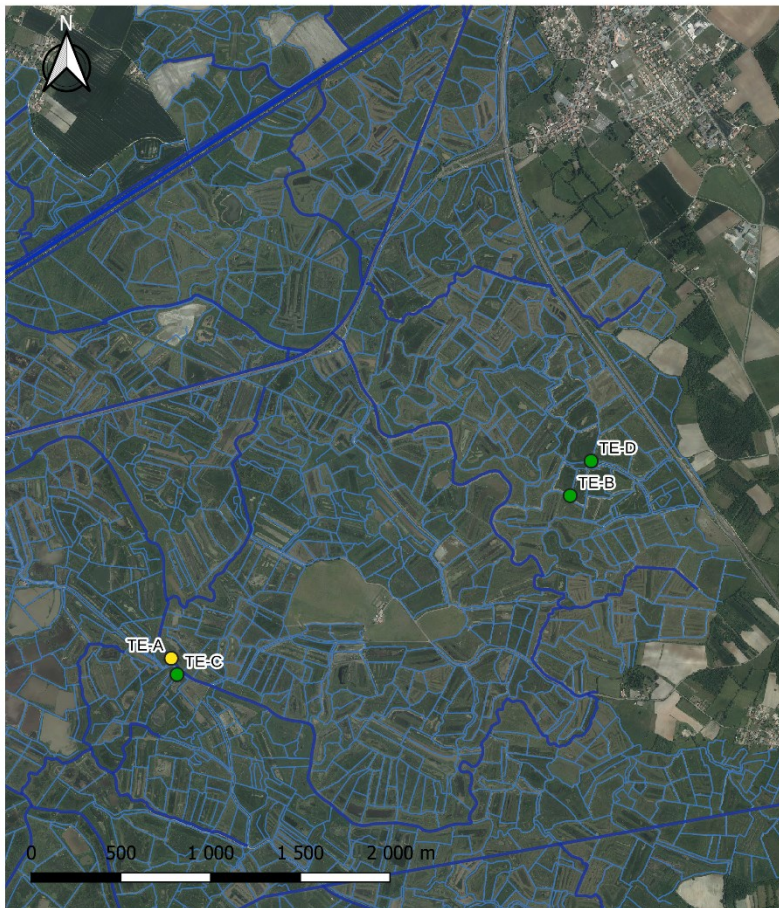


Figure 11. Carte de l'UHC Reux nord et de ses stations échantillonnées



Figure 12. Stations Reux-F sur le secteur Reux nord au printemps 2022



Stations de suivi pour les inventaires piscicole 2021-2022 au marais de Brouage
- Hors UHC -

Légende

Réseau Hydrographique Brouage

- Réseau Primaire
- Réseau Secondaire
- Réseau Tertiaire
- Réseau Tertiaire curé en 2021-2022

Contour des UHC

- Unité Hydraulique Cohérente

Stations de suivi 2021-2022

- Evaluation du curage
- Suivi réseau secondaire
- Suivi réseau tertiaire



Réalisation :
 FDAAPPMA 17, Novembre 2022

Données :
 BD ortho V2 ; SMCA ; FDAAPPMA17

Figure 13. Carte du secteur hors UHC et de ses stations échantillonnées



Figure 14. Station TE-A sur zone secteur hors UHC

1.4 Période d'échantillonnage

Le suivi des stations a été réparti entre la FDAAPPMA17 et CAPENA. Les périodes d'échantillonnage ont été quasiment les mêmes en 2021 et 2022. Du 7 Juin au 22 juillet 2021 et du 23 mai au 7 Juillet 2022 pour les sessions printanières, et du 13 septembre au 14 Octobre 2021 et du 13 Septembre au 7 Octobre 2022 pour les sessions automnales. La session printemps correspond, entre autres, à une remontée des températures, une augmentation de la prédation de certaines espèces ainsi que la reproduction d'autres espèces. La session d'automne permet d'observer le devenir de ces juvéniles et d'avoir des informations complémentaires sur le comportement des poissons.

Ces deux sessions ont pour objectif d'acquérir des données pour avoir une vision représentative des populations piscicoles du marais de Brouage, des espèces présentes et de leur abondance.

Tableau 1. Période d'échantillonnage au printemps et à l'automne 2021 et 2022

Inventaires				
Année	Saison	Semaine	Secteur	Nombre de points
2021	Printemps	Du 7 au 10 juin	Grand Garçon	4
		Du 14 au 16 juin	Broue, Marennes	7
		Du 21 au 24 juin	Broue, Marennes et Témoin (hors UHC)	7
		Du 28 juin au 1er juillet	Reux nord, Marennes	7
		Du 5 au 8 juillet	Reux nord	3
		Du 19 au 22 juillet	Témoin (hors UHC)	2
	Automne	Du 13 au 16 septembre	Broue	3
		Du 27 au 30 septembre	Broue, Reux nord et Marennes	7
		Du 4 au 7 octobre	Reux nord	2
		Du 11 au 14 octobre	Témoin (hors UHC)	4
2022	Printemps	Du 23 au 25 mai	Grand Garçon	7
		Du 30 mai au 3 juin	Marennes	7
		Du 07 au 10 juin	Broue, Marennes	7
		Du 13 au 16 juin	Broue	3
		Du 20 au 23 juin	Reux nord, Témoin (hors UHC)	5
		Du 27 au 30 Juin	Reux nord	3
	Du 04 au 07 Juillet	Témoin (hors UHC)	2	
	Automne	Du 19 au 22 Septembre	Broue, Grand Garçon	6
			Reux nord	1
		Du 26 au 29 Septembre	Reux nord	3
		Du 03 au 06 Octobre	Marennes	4
Du 10 au 13 Octobre		Témoin (Hors UHC)	2	

1.5 Informations relevées sur le terrain

Mesures biométriques des captures



Figure 15 : Biométrie sur le terrain

Chaque espèce capturée a été identifiée, mesurée et pesée individuellement. Pour l'anguille, l'état sanitaire (pathologie externe selon le code pathologique existant (Beaulaton *et al.*, 2009 et Girard *et al.*, 2007)) et l'argenture ont été notés. Pour les crevettes et poissons en grand nombre (gambusie, épinouche), des échantillons de 30 individus ont été réalisés (mesures individuelles des trente individus puis poids total du lot)

Cas particulier de la capture d'espèces animales susceptibles de provoquer des déséquilibres biologiques : lors des inventaires, la FDAAPPMA 17 et CAPENA se sont engagés à détruire tout spécimen d'espèce animale susceptible de provoquer des déséquilibres biologiques capturé dont la liste est fixée à l'Article R432-5 du Code de l'Environnement. Les espèces ciblées sont notamment le poisson chat (*Ameiurus melas*), la perche soleil (*Lepomis gibbosus*) et l'écrevisse de Louisiane (*Procambarus clarkii*).

Analyse des résultats des captures de poissons :

Sur chaque station et UHC, la richesse spécifique et la diversité spécifique ont été analysés. **La richesse spécifique** correspond au nombre d'espèces différentes observés dans une capture, une station ou une UHC. La **diversité spécifique** correspond au nombre d'espèces différentes et à la répartition des individus en fonction des espèces.

L'indice utilisé pour déterminer la diversité spécifique est **l'indice de Shannon (H')**. Il se détermine par le calcul suivant :

$$H' = - \sum p_i * \log_2 (p_i)$$

Avec p_i : proportion d'une espèce i par rapport au nombre total d'individu de toutes les espèces (N) soit $p_i = n_i/N$.

Plus la valeur de l'indice H' sera proche de 0, plus le peuplement sera pauvre et homogène et inversement, plus la valeur sera éloignée de 0 et plus le peuplement sera hétérogène.

Pour compléter l'interprétation de cet indice, **l'indice d'équitabilité de Piélou** a également été calculé. Cet indice permet de déterminer si les abondances de chaque espèce sur un site donné sont identiques. L'indice d'équitabilité est calculé de manière suivante :

$$E = H' / H_{max}$$

Avec $H_{max} = \log(\text{nombre total d'espèce sur un milieu donné})$ qui détermine un peuplement hétérogène avec la même abondance pour toutes les espèces possibles.

Cet indice d'équitabilité est compris entre 0 et 1. Plus il tend vers 0, plus le peuplement est déséquilibré avec une espèce dominante. A l'inverse, plus il tend vers 1 et plus le peuplement est équilibré en se rapprochant de la valeur théorique absolue H_{max} .

De plus, des **Captures totales par Unité d'Effort (CPUE)** ont été réalisés pour chaque pêche. Elles correspondent aux nombres de poissons par espèce capturés en un temps donné (nombre d'heure de pose du verveux) et pour une pose d'un verveux.

De la même manière, les biomasses des poissons capturés ont été analysés en calculant les **Biomasses Par Unité d'Effort (BPUE)**. Il s'agit de la biomasse totale de poissons par espèces capturés en un temps donné (nombre d'heure de pose du verveux) et pour une pose d'un verveux.

Des **analyses de gammes de taille** des individus ont aussi été analysés.

Les **traits écologiques** des espèces capturées ont également été analysés en fonction du type de réseau (secondaire et tertiaire). Quatre traits ont été sélectionnés (habitat, habitat de reproduction, régime alimentaire, fréquence de reproduction). Les proportions pour chaque critère de chaque trait écologique ont été déterminé en fonction des effectifs des individus représentant chaque critère. Les traits écologiques ont été obtenu sur le site *Freshwater ecology*.

Les cartes ont été créées sous le logiciel **QGIS** à l'aide des couches OpenStreetMap, BD Carthage.et celles fournit par le SMCA.

Traitement statistique :

Afin d'étudier les différences entre les UHC, les types de réseau ou les campagnes, différents tests statistiques ont été réalisés à l'aide du logiciel RStudio.

Des tests de Mann-Whitney, de Kruskal-Wallis, des Student et de Chi2 ont été réalisés sur le logiciel RStudio. Il s'agit de tests statistiques, paramétriques ou non, qui permettent de tester l'hypothèse selon laquelle les distributions de chacun des deux groupes de données sont proches. Un seuil de signification de 0,05 indique un risque de 5 % de conclure à tort qu'une différence existe. Si la valeur de la p-value est inférieure ou égale à ce seuil de signification, l'hypothèse nulle est rejetée, indiquant alors que les distributions de chacun des deux groupes sont différentes.

Description de la station

Sur les stations d'échantillonnage, différentes informations ont été relevées (Annexes 1 à 26). **La hauteur d'eau et l'épaisseur de vase molle** (hauteur de vase) sont déterminées avec une canne graduée sur chaque station. Trois mesures sont prises pour avoir une moyenne par station. L'épaisseur de vase molle est mesurée sur la règle graduée, correspondant à la mesure d'enfoncement de la tige dans le sol. La canne est enfoncée jusqu'à toucher le sédiment dur, le bri (*sédiment bleu-gris de colmatage sablo-argileux déposé durant la transgression flandrienne le long du littoral atlantique français (Gouleau et Feuillet-Girard, 1996)*).

La **température de l'eau** ainsi que la **salinité** (teneur en sel), **l'oxygène** (saturation en oxygène dissous en %) **et le pH** ont été mesurées à l'aide d'appareils spécifiques.



Figure 16: mesures des paramètres physico-chimiques

Le débit n'a pas été mesuré car il était nul sur toutes les stations. Contrairement à un cours d'eau, dans les canaux du marais de Brouage, il n'y a pas d'écoulement visible et mesurable la plupart du temps.

La **turbidité de l'eau** a été mesurée à l'aide d'un disque de Secchi. Elle révèle la présence abondante ou non de matières en suspension pouvant être du phytoplancton ou des sédiments en suspension.



Figure 17 : disque de Secchi

Une **description de l'environnement** a aussi été effectuée (végétation aquatique et rivulaire, ombrage). La végétation est une caractéristique importante de l'habitat, qui peut fortement influencer de nombreux paramètres dont la présence d'espèces piscicoles.

Les **conditions météorologiques** (pluviométrie, température de l'air) ont été récupérées via la station Météo France du Château d'Oléron.

Enfin, des **prélèvements de vase** ont été effectués sur toutes les stations au printemps 2021 et 2022 pour connaître, sur les 2 premiers centimètres, la **teneur en eau de la vase** ainsi que la **teneur en matière organique**. Ces paramètres fournissent des informations sur la qualité de la vase. Ils sont comparés avec les valeurs prises en 2022.

Les paramètres mesurés sont listés dans le tableau ci-dessous.

Tableau 2 : Liste des paramètres mesurés

Thématique	Paramètre
Physico-chimie	Oxygène (mg/L)
	Salinité (ppt)
	Conductivité ($\mu\text{S}/\text{cm}$)
	Température ($^{\circ}\text{C}$)
	Turbidité (Secchi) (cm)
	pH
Conditions météo	Couverture nuageuse et précipitations
	Vent dans l'axe ou non
Végétation et occupation du sol	Classe de pentes des berges
	Type de végétation (aquatique et rivulaire)
	Classe d'ombrage
	Parcelle proche
Quantité d'eau et de vase	Largeur du chenal en eau (m)
	Hauteur d'eau (cm)
	Hauteur de vase (cm)
	Date du dernier curage
Hydraulique	Distance au réseau secondaire (m)
	Distance au réseau primaire (m)
	Présence d'ouvrages
	Orientation de l'ouverture du verveux

Précision sur les prélèvements de vase et leur analyse

Teneur en eau de la vase

Les prélèvements de vase ont été réalisés sur toutes les stations à l'aide d'un carottier. Le 1^{er} et le 2^{ème} cm de vase de la carotte prélevés ont été pesés.



Figure 18 : Prélèvements des 1^{er} et 2^{ème} cm de vase dans la carotte

Les échantillons sont pesés en laboratoire (poids humide), passés en étuve à 60°C durant 48 heures puis pesés de nouveau (poids sec). La différence de poids donne la teneur en eau de la vase (% eau).

$$\% \text{ eau} = ((\text{poids de vase humide} - \text{poids de vase sèche}) \times 100) / \text{poids de vase sèche}$$



Figure 19 : Echantillons pesés à la balance de précision



Figure 20 : Echantillons placés en étuve

La teneur en eau des premiers centimètres du sédiment est révélatrice de la viscosité du sédiment. Plus la teneur sera élevée et plus le sédiment sera liquide et constitué de vase noire anoxique (pauvre en oxygène).

Teneur en matière organique

Les échantillons sont broyés au pilon puis disposés dans des creusets à raison de 3 creusets par échantillon (3 répliques). Ces creusets sont pesés à l'aide d'une balance de précision puis passés au four à calcination (Nabertherm) à 450°C durant 4 heures.

La teneur en matière organique est déterminée grâce à la méthode de perte au feu. Les matières sèches obtenues correspondent à des cendres, la matière organique étant détruite par calcination.

$$\% \text{ matière organique} = (\text{poids avant calcination} - \text{poids terre calcinée}) / \text{poids avant calcination} * 100$$

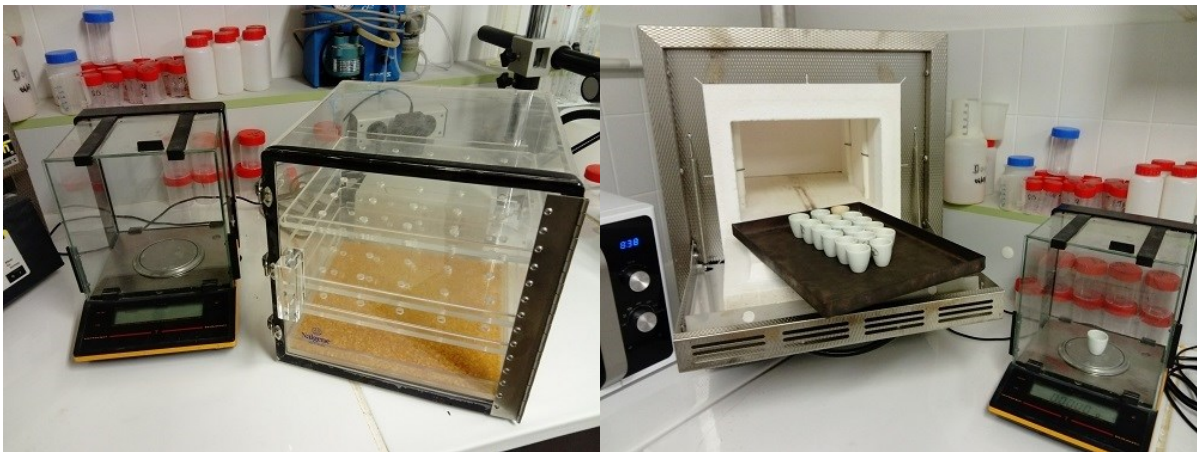


Figure 21 : Dessiccateur et four

La teneur en matière organique détritique dans le sédiment superficiel favorise le développement de la méiofaune, notamment les copépodes, ainsi que la macrofaune et le développement des polychètes (Hussenot *et al.*, 1992).

La teneur en matière organique du sédiment et la richesse en macrobenthos permettent d'apprécier la production potentielle d'un bassin (Hussenot, 1987). Trois types de sédiments ont été définis en fonction de la teneur en matière organique (à l'origine pour des élevages de crevettes impériales (*Marsupenaeus japonicus*) en claires) :

- Type 1 : Entre 5 et 9 %

Il s'agit de bassins relativement pauvres en matière organique pouvant être la conséquence d'un curage récent ou d'assecs fréquents. La productivité naturelle y est faible.

- Type 2 : Entre 9 à 12 %

Ceci caractérise des bassins ayant acquis un bon équilibre. *Ces sédiments sont considérés comme de bonne qualité pour démarrer un élevage de crevettes impériales et espérer un développement rapide de production benthique (méiofaune et macrofaune).*

- Type 3 : Entre 12 à 20 %

Ce sont généralement des sédiments très réduits, résultats d'apports organiques excessifs provenant soit d'amas de macrophytes décomposés, soit d'excès d'apports d'aliments (dans le cadre d'un élevage aquacole).

2 Résultats et analyses

2.1 Les caractéristiques abiotiques des stations de pêche

2.1.1 Les conditions météorologiques

CAPENA dispose des données de la station Météo France du Château d'Oléron située sur le site même de la ferme aquacole de CAPENA, Prise de Terdoux. Cette station météorologique est proche du marais de Brouage et peut donc être utilisée pour représenter les indices météorologiques du marais. Les données disponibles sont celles de la **pluviométrie quotidienne** et des **températures de l'air journalières (mini, maxi et moyenne)**. Les données, de mai à octobre, sont rassemblées dans le graphique de la Figure 22 pour 2021 et la Figure 23 pour 2022.

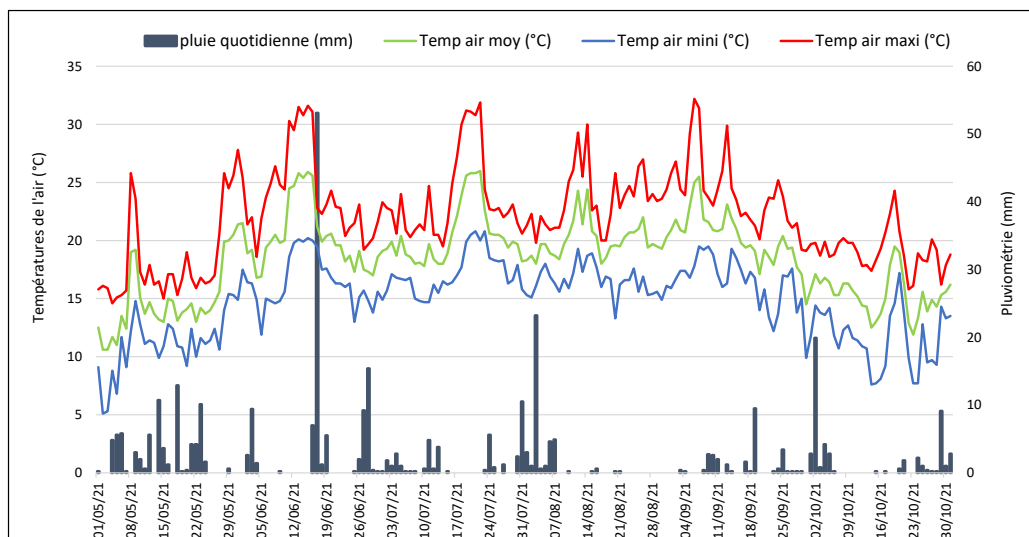


Figure 22 : Pluviométrie et températures de l'air au Château d'Oléron de mai à octobre 2021

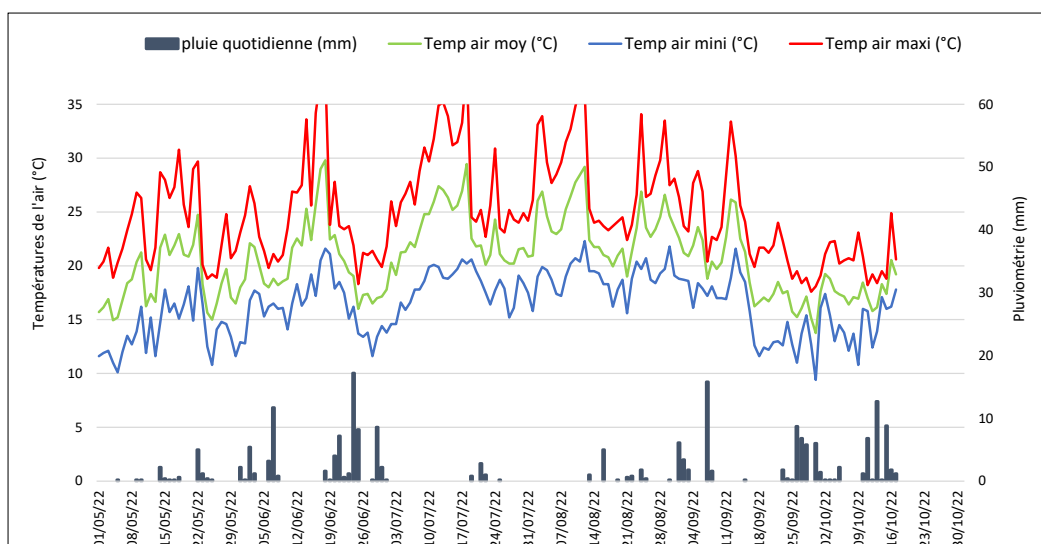


Figure 23 : Pluviométrie et températures de l'air au Château d'Oléron de mai à octobre 2022

Les axes des graphiques ont été mis à la même échelle pour comparer les variations de pluviométrie et de températures de l'air. La pluviométrie est beaucoup plus faible en 2022 sur la période du 1^{er} mai au 17 octobre, avec 320 mm cumulé sur 2021 contre 198 mm sur 2022. Concernant la température moyenne sur cette même période elle était de 18,8°C en 2021 contre 20,7°C en 2022. La température est montée jusqu'à 38,7°C le 18 juillet 2022.

Sur la Figure 24, la température de l'air et la pluviométrie ont été représentés sur une plus longue période en commençant dès le 1^{er} janvier 2022.

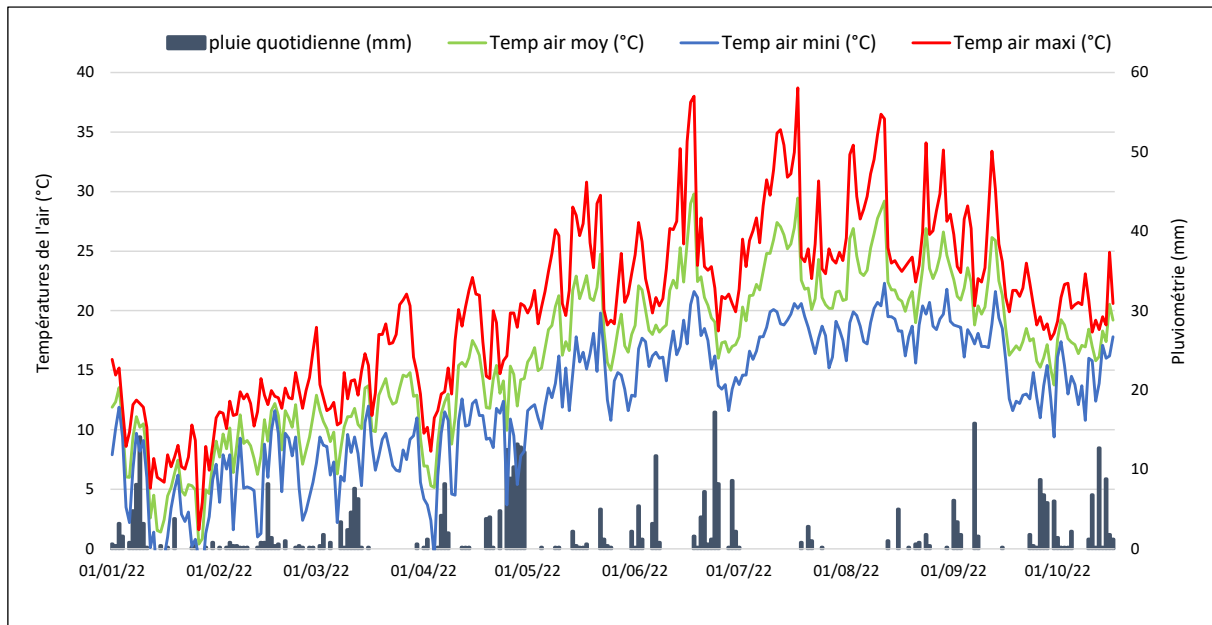


Figure 24 : Pluviométrie et températures de l'air au Château d'Oléron de janvier à octobre 2022

L'été 2022 a été très sec et de nombreux canaux du marais de Brouage ont été assécs. Un passage sur le marais le 6 septembre 2022 a permis de mesurer les niveaux d'eau des stations à pêcher pour la session d'automne 2022 et il s'avère que certaines stations étaient asséchées ou avec un niveau d'eau trop faible pour être pêché (< 10 cm), les stations Broue-E, Broue-F, TE-C et TE-D.



Figure 25 : Station TE-C (à gauche) le 06/09/22 et TE-D (à droite) le 11/10/22



Figure 26 : Station Broue E (à gauche) et Broue F (à droite) le 06/09/22

Il est possible d'observer sur les photos des stations TE-D et Broue-F que le fond est craquelé. Il a dû sécher durant l'été puis une fine épaisseur d'eau a dû provenir probablement de petites pluies.

Pour la station Broue-F, il restait un fond d'eau (12 cm) le 06/09/22 mais sur quelques flaques sans connexion avec le reste du canal.

Des observations des canaux hors stations ont aussi été faites sur le trajet de la journée du 6/09/22 (Figure 27).



Figure 27 : Canaux assecs ou avec très peu d'eau sur le secteur central du marais de Brouage (le 06/09/22)

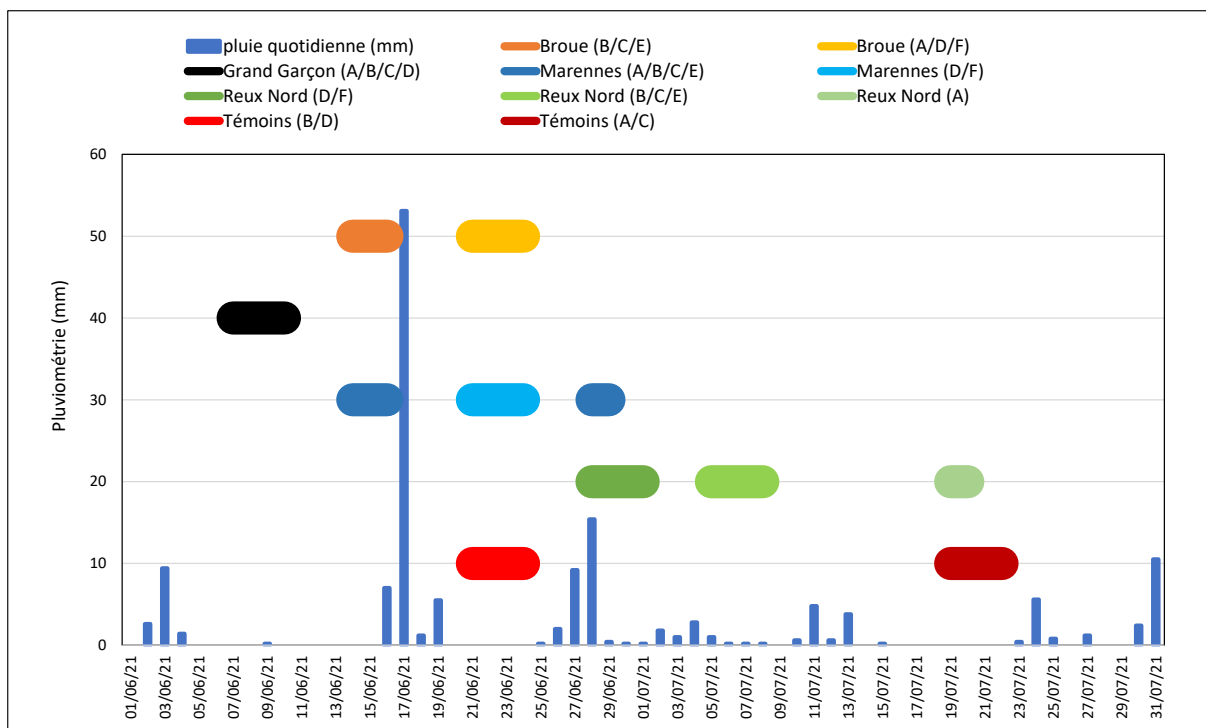


Figure 28. Pluviométrie et périodes de pêches sur les stations en juin et juillet 2021

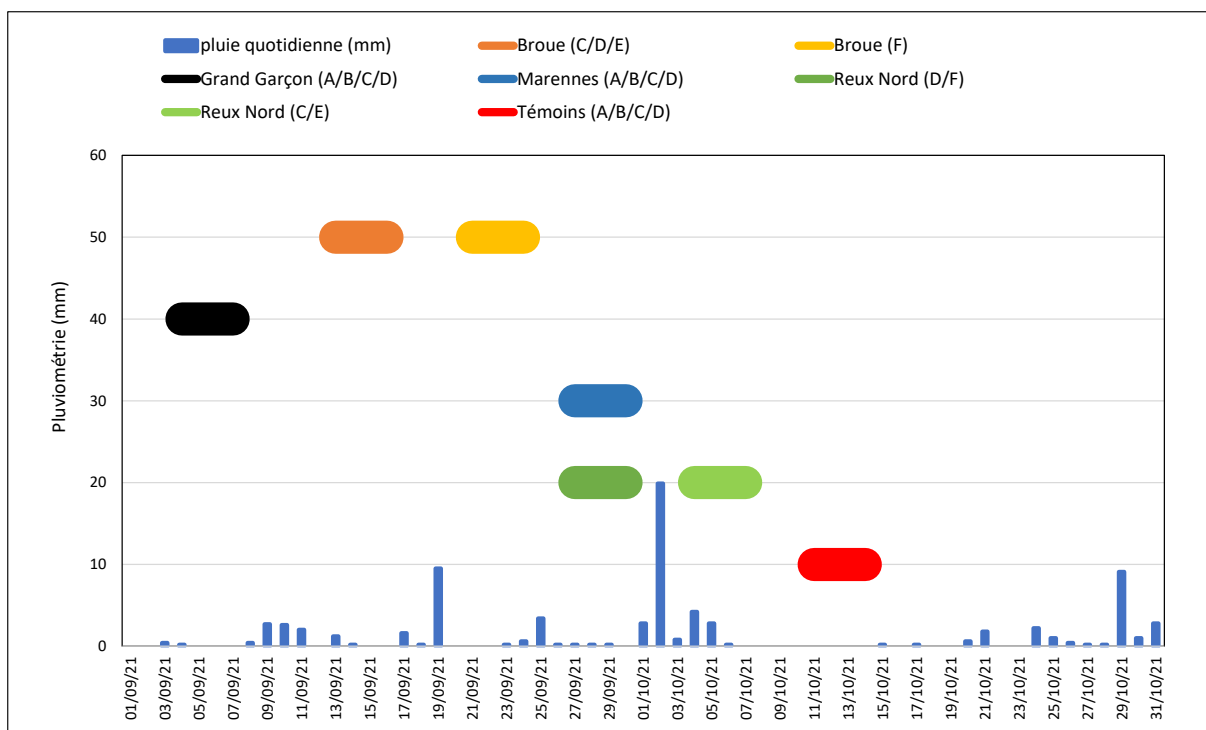


Figure 29. Pluviométrie et périodes de pêches sur les stations en septembre et octobre 2021

La Figure 29 met en évidence les périodes de pose/relève des verveux sur les différentes stations en fonction du temps et de la pluviométrie. En 2021, au printemps, le soir du 16 juin, une alerte orange pour orage était annoncée. Il a donc été décidé de ne pas poser les verveux pour éviter des mortalités de poissons.

Comme pour 2021, les opérations de pêche en 2022 ont été réalisées au printemps, entre mai et juin, et à l'automne, entre septembre et octobre. Les figures suivantes précèdent les périodes de pêche avec la pluviométrie.

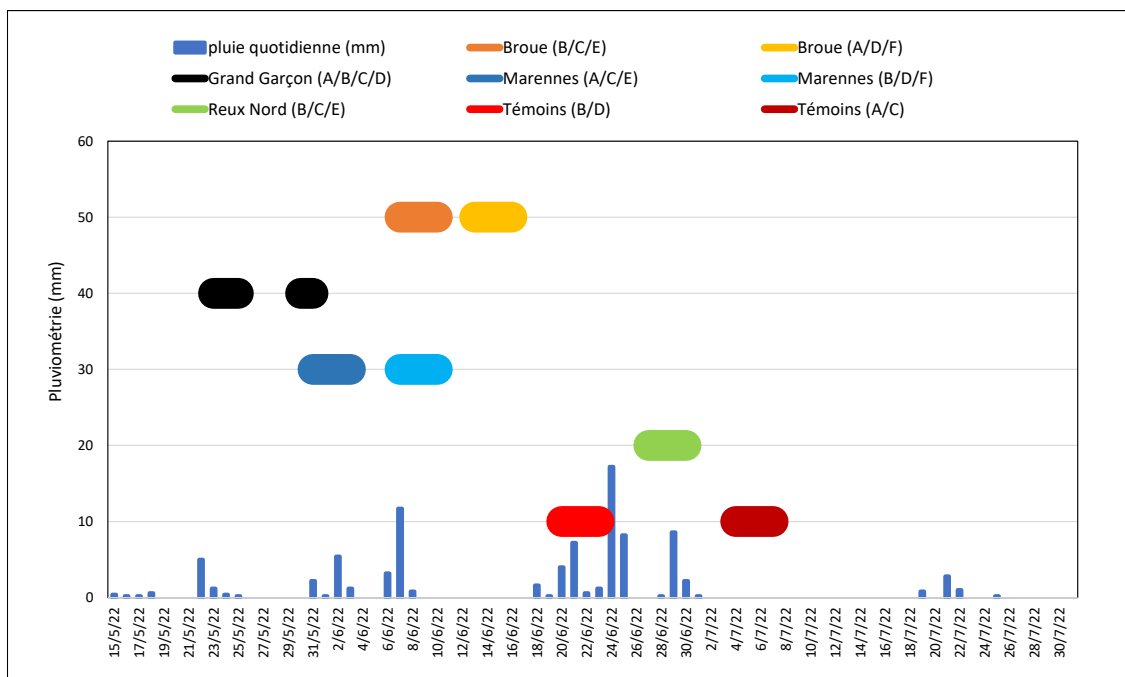


Figure 30: Pluviométrie et périodes de pêches sur les stations entre mai et juillet 2022

En 2021 les pêches s'étaient étalées de juin à fin juillet et les dernières stations ont été faites trop tardivement ce qui était délicat pour la tenue des poissons avec les températures élevées. Il a donc été décidé d'avancer la période de pêche pour 2022. Cela a été fait avec un début dès le 23 mai et une fin le 7 juillet, contrairement au 22 juillet en 2021.

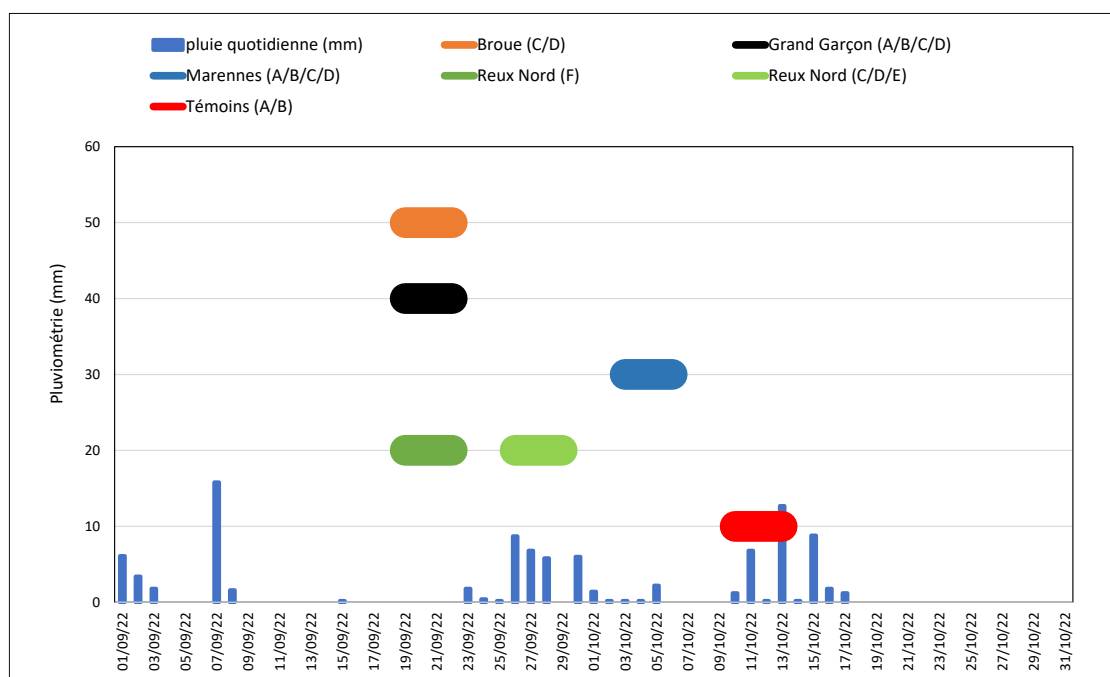


Figure 31 : Pluviométrie et périodes de pêches sur les stations en septembre et octobre 2022

Pour l'automne 2022, la période s'est étalée entre le 19 septembre et le 13 octobre

2.1.2 Les hauteurs d'eau et de vase et la teneur en eau et en matière organique

Les hauteurs d'eau

La hauteur d'eau peut déterminer, en partie, le potentiel d'accueil des poissons. Plus elle est importante et plus les poissons peuvent se réfugier en profondeur lorsque les températures sont trop élevées ou trop basses. Si elle est trop faible (<20 cm), les températures peuvent monter très vite (>25°C) et entraîner des mortalités de poissons ou d'invertébrés ainsi que la décomposition des algues.

Contrairement au printemps 2021 où la différence entre les réseaux secondaires et tertiaires étaient bien marquées avec plus d'eau dans le réseau secondaire, lors du printemps 2022 cette différence est moins flagrante et l'écart type est plus grand. Ceci peut être expliqué par le fait que certains canaux du secteur tertiaire de l'étude ont été curés (été 2021) et ont donc une hauteur d'eau plus importante.

La moyenne des hauteurs d'eau est plus importante dans le réseau secondaire, pour la plupart des secteurs, malgré un écart-type important. Ceci, peut être expliqué par le fait que le réseau tertiaire est composé de canaux envasés avec une circulation d'eau moins importante qu'en réseau secondaire. Cependant, la différence globale n'est pas significative (Test de Student de Type 1 unilatéral égal à 0,053).

Il faut préciser que la station TE-B, bien que située sur le réseau tertiaire selon le SMCA, ressemble plutôt à une station de type secondaire car elle a une largeur importante (8,5 m) et se situe sur le « ruisson des Bossillons » et à proximité du canal « Le Grand St Fort » (classé réseau secondaire).

Comparaison des hauteurs d'eau sur les 2 campagnes et pour chaque année

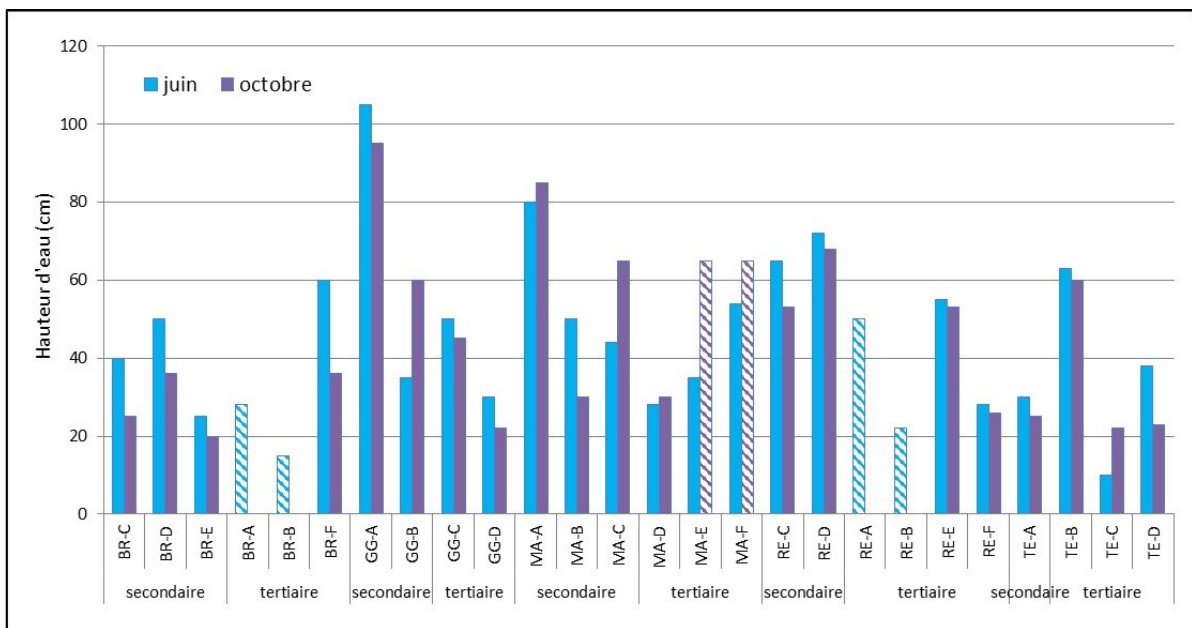


Figure 32. Hauteurs d'eau sur les stations au printemps et à l'automne par type de réseau en 2021 (en hachuré : stations curées à l'été 2021)

En 2021, une différence est observée entre les 2 périodes mais pas toujours dans le même sens. Cette différence est observable sur le graphique suivant qui précise le gain ou la perte en hauteur d'eau sur chaque station (Figure 33).

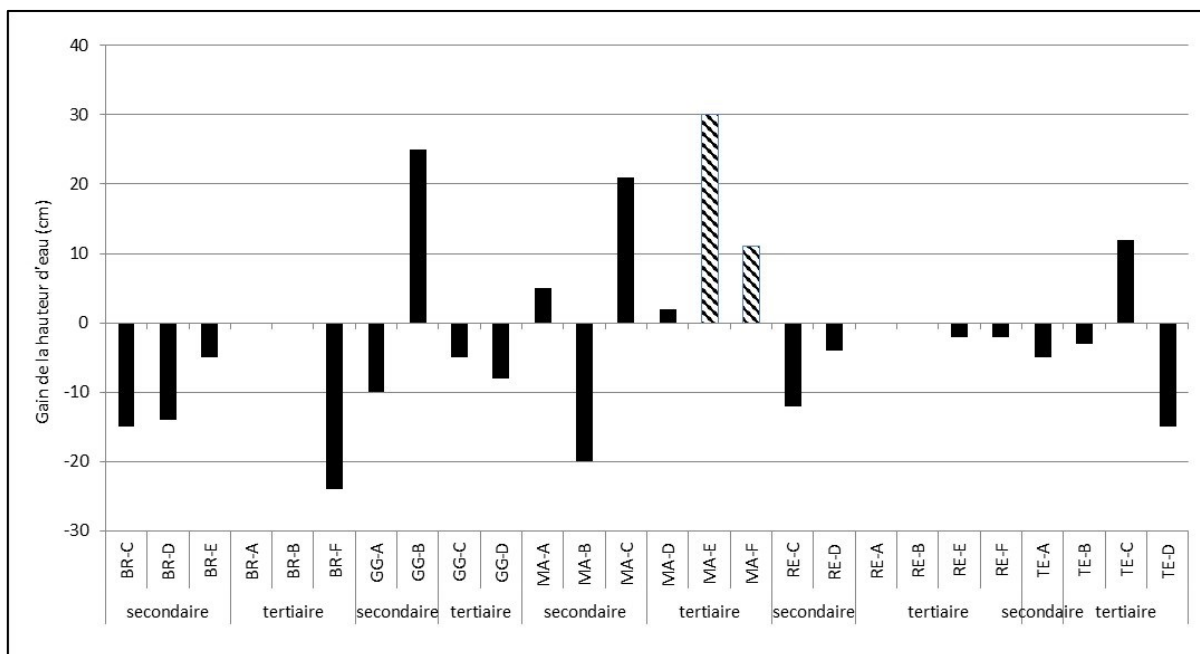


Figure 33. Gain ou perte de hauteur d'eau sur les stations entre les 2 campagnes de suivi en 2021 (en hachuré : stations curées à l'été 2021)

Pour 2022, la même comparaison a été réalisée. Les valeurs sont systématiquement plus basses en automne qu'au printemps, sauf pour TE-A (qui a été curé en été 2022) et MA-F.

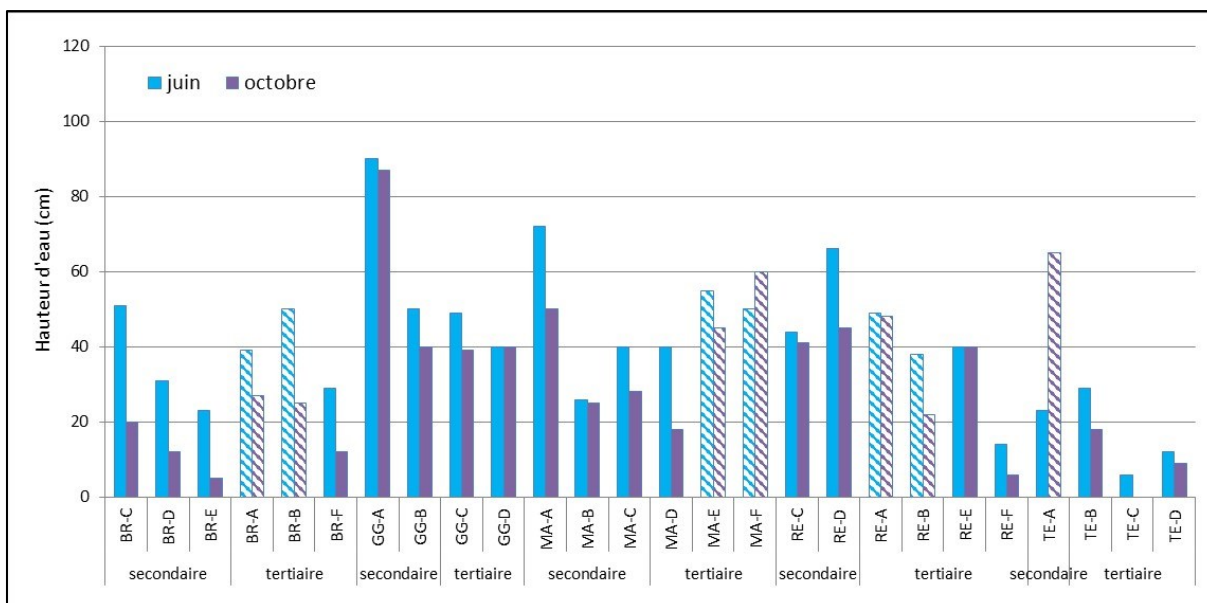


Figure 34. Hauteurs d'eau sur les stations au printemps et à l'automne par type de réseau en 2022 (en hachuré : stations curées à l'été 2021 et TE-A à l'été 2022)

Le graphique suivant précise le gain ou la perte en hauteur d'eau sur chaque station (Figure 34).

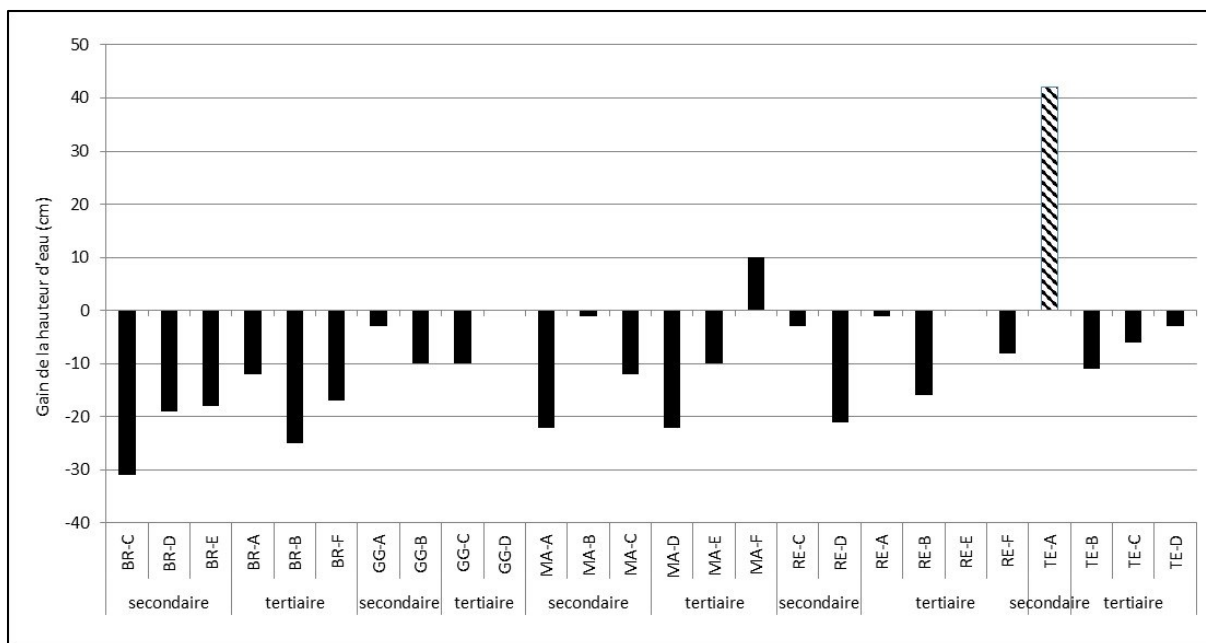


Figure 35. Gain ou perte de hauteur d'eau sur les stations entre les 2 campagnes de suivi en 2022 (hachuré : TEA curé à l'été 2022)

Les chutes de hauteur d'eau sont dues à la forte sécheresse de l'été et du début d'automne 2022 (sauf pour TE-A qui a été curé entre juillet et septembre 2022).

Les hauteurs de vase

Les hauteurs de vase (ou épaisseurs de vase molle) ont été mesurées à chaque session, en 2021 et 2022. Chaque année, les valeurs au printemps et en automne étaient similaires. Seuls les valeurs de printemps de chaque année sont représentées dans ce rapport.

Les épaisseurs de vase molle sont plus importantes dans les stations du réseau secondaire, pour la plupart des secteurs, malgré un écart-type important. Cependant, la différence globale n'est pas significative (Test de Student de Type 1 unilatéral égal à 0,114). Seuls l'UHC Broue et le secteur Témoin présentent une différence significative.

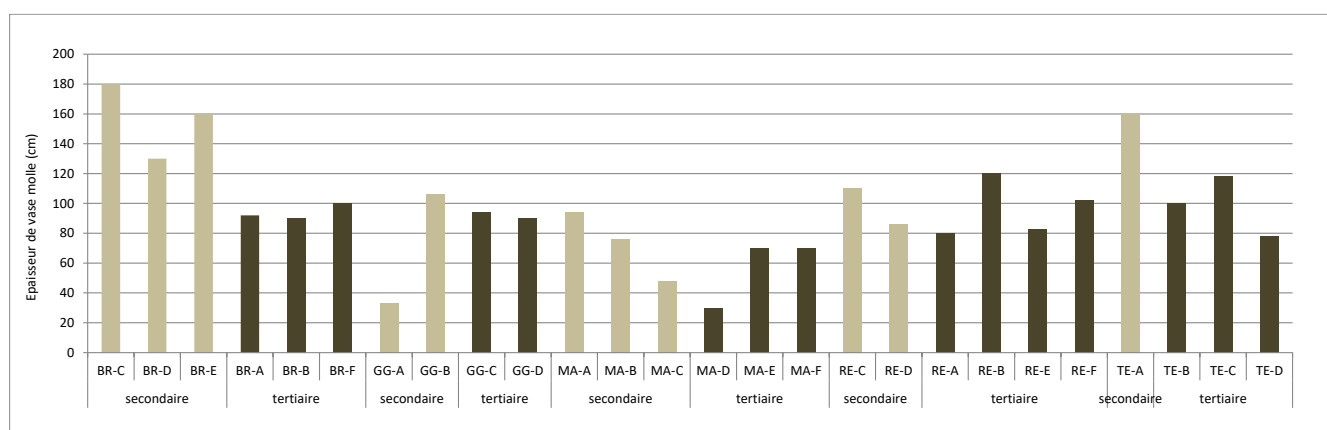


Figure 36 : Hauteurs de vase sur les stations par type de réseau (secondaire en gris clair et tertiaire en gris foncé) au printemps 2021

En 2022, les épaisseurs de vase molle (hauteurs de vase) sont variables selon les secteurs mais il n’y a pas de différence significative entre le réseau secondaire et le tertiaire (Test de Student unilatéral de type 1).

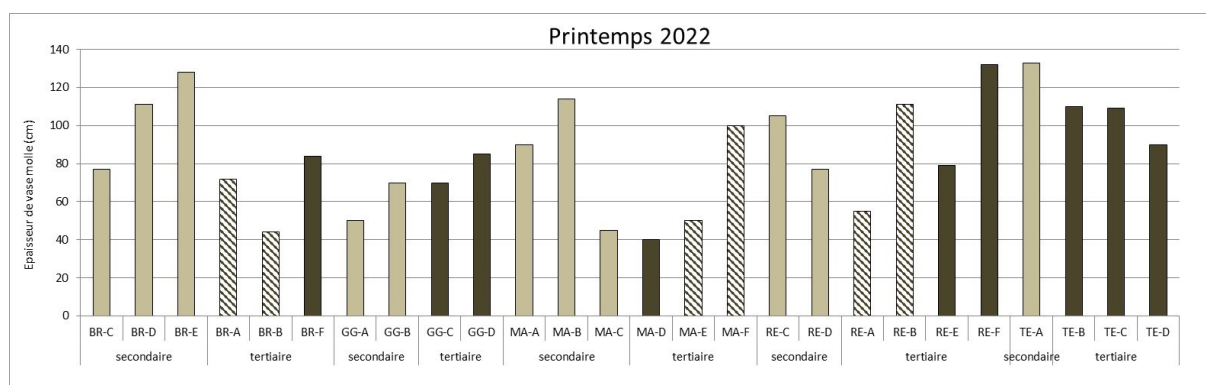


Figure 37: Hauteurs de vase sur les stations par type de réseau au printemps 2022 (secondaire en gris clair et tertiaire en gris foncé, stations curées été 2021 en hachuré)

L'épaisseur de vase n'a pas changé entre juin et octobre sauf pour la station TE-A qui a été curé en été 2022 et la station TE-C qui était assec à l'automne et avec une vase dure (impossibilité de planter la canne pour voir l'épaisseur de vase).

Teneur en eau de la vase

Les moyennes des hauteurs de vase ont été calculées par secteur en séparant les stations des réseaux secondaires et tertiaires.

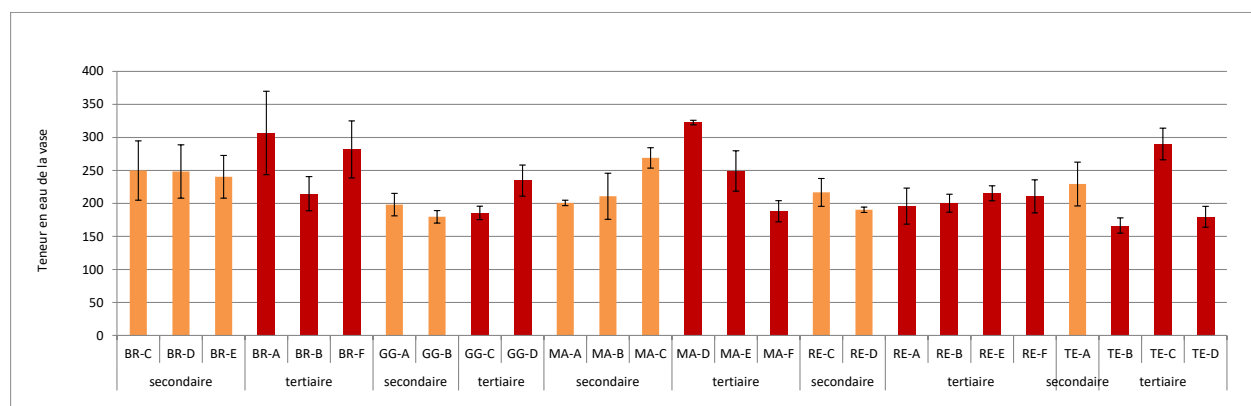


Figure 38: Teneur en eau par station au printemps par type de réseau (secondaire (orange) et tertiaire (rouge foncé) en 2021

Les teneurs en eau de la vase apparaissent plus importantes en réseau tertiaire qu'en réseau secondaire mais la différence globale n'est pas significative (test de Student de type 1 unilatéral). Il n'existe pas non plus de différence lorsque les témoins sont écartés de l'analyse.

Comme en 2021, en comparant avec les valeurs obtenues en fossés à poissons de la Seudre, il est constaté que les teneurs en eau de la vase en marais de Brouage en 2022 sont inférieures à celles observées sur les fossés de la Seudre.

Les teneurs en eau ont été faites en mai et septembre 2022. Cependant, en septembre certaines stations ont été assecs où avec une mince couche d'eau sur une vase qui avait séché durant l'été. La vase sèche n'a pas été prélevé car elle ne reflétait pas la situation de la station en eau.

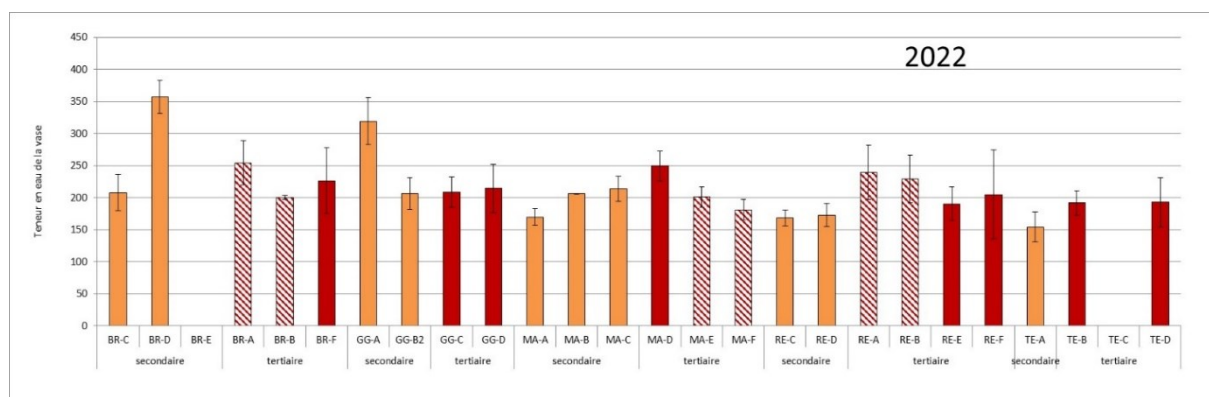


Figure 39 : Teneur en eau par station en 2022 par type de réseau : secondaire (orange) et tertiaire (rouge foncé) (stations curées en 2021 hachurées)

Teneur en matière organique (MO) de la vase

Les moyennes des teneurs en matière organique de vase ne sont pas significativement différentes entre le réseau secondaire et le tertiaire. Les valeurs sont toutes comprises entre 5 et 9% donc les stations sont considérées comme pauvre en matière organique selon le classement de Husenot (1987).

Lorsque les données de matière organique en 2021 et en 2022 sur toutes les stations sont comparées, peu de différence entre les 2 années sont observées avec une moyenne respective de 8,3 en 2021 et 8,4 en 2022.

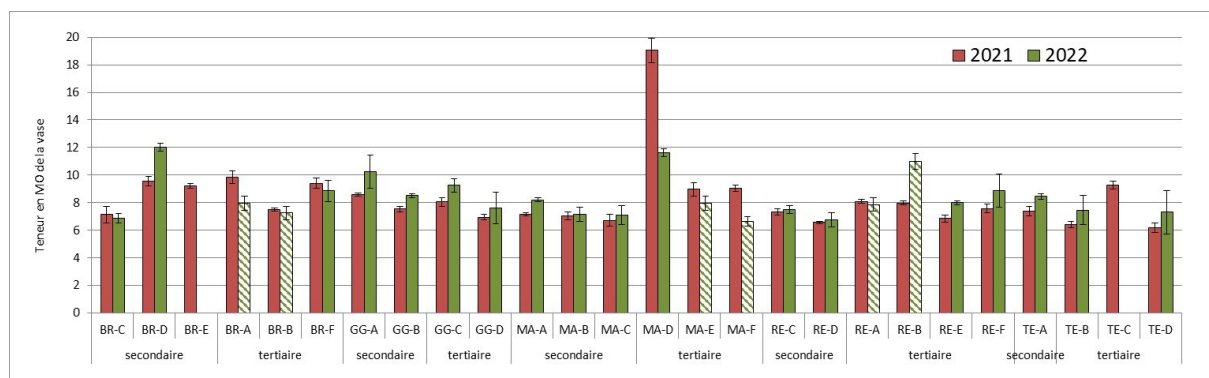


Figure 40 : Teneur en matière organique de la vase par station en 2021 et 2022 par type de réseau (en hachurée : stations curées en été 2021)

De même, entre les stations, il n'y a pas de variation forte, excepté pour les stations Broue-D, GG-A, MA-D et Reux-B qui ont des teneurs supérieures à 10. Ces stations sont d'ailleurs soit de type secondaires (Broue-E et GG-A) soit tertiaires (MA-D et Reux-B), il n'y a donc pas un secteur plus riche que l'autre. L'explication de cette forte teneur en matière organique peut s'expliquer par la décomposition importante de végétaux notamment. En effet, par exemple sur le site MA-D, des arbustes sont situés juste au-dessus de la station et une véritable litière en décomposition est observée au fond de l'eau ce qui entraîne une très forte concentration en matière organique. De plus, des lentilles observées avaient été observées en 2021 (pic de MO).



Figure 41 : Station MA-D

Zoom sur les stations curées :

Les détails de ces résultats sont disponibles dans le rapport spécifique dédié au curage sur les fossés de Brouage 2021-2022.

Sur les stations curées, les hauteurs d'eau et de vase avant et après curages ont variées entre les deux années de suivis. Les hauteurs d'eau sont, dans l'ensemble, plus élevées après curage, **avec en moyenne 17 cm de hauteur d'eau gagné.**

Les épaisseurs de vase ont bien diminué à la suite du curage, de 32% en moyenne sur l'ensemble des stations, **soit 33 cm de vase enlevée en moyenne.**

Pour la **teneur en eau**, elle est inférieure après curage sur la plupart des stations (5 sur 7). Elle a diminué en moyenne de 18. Pour les stations Reux-A et Reux-B qui vont vu leur valeur augmentée, il est possible que ce soit du au curage en eau et remise en suspension, et donc au fond, d'une quantité plus importante de sédiment.

Pour la **teneur en matière organique**, elle est, de même, inférieure après curage sur la plupart des stations (5 sur 7). Cependant elle a peu diminué en moyenne, de l'ordre de 0,2. De la même manière, pour les stations Reux-B et TE-A qui vont vu leur valeur augmentée, il est possible que ce soit du au curage en eau et remise en suspension.

Exemple de suivi sur un canal curé : Broue B :



Figure 42: Station Broue B au printemps 2021



Figure 43: Boue de curage sur la bosse sur station Broue B le 24/09/21



Figure 44: Station Broue B en juin 2022

Reux B :



Figure 45: Station Reux B au printemps 2021



Figure 46: Station Reux B au printemps 2022

Aucunes photos des boues de curage sur la station MA-F ne sont disponibles.

2.1.3 Paramètres physico-chimiques

Températures de l'eau

Les données moyennes de température de l'eau relevées à la pose (soir) et la relève (matin) des verveux ont été représentées dans les graphiques ci-dessous. La moyenne a été calculé sur les 3 valeurs prises sur les sites (une chaque jour).

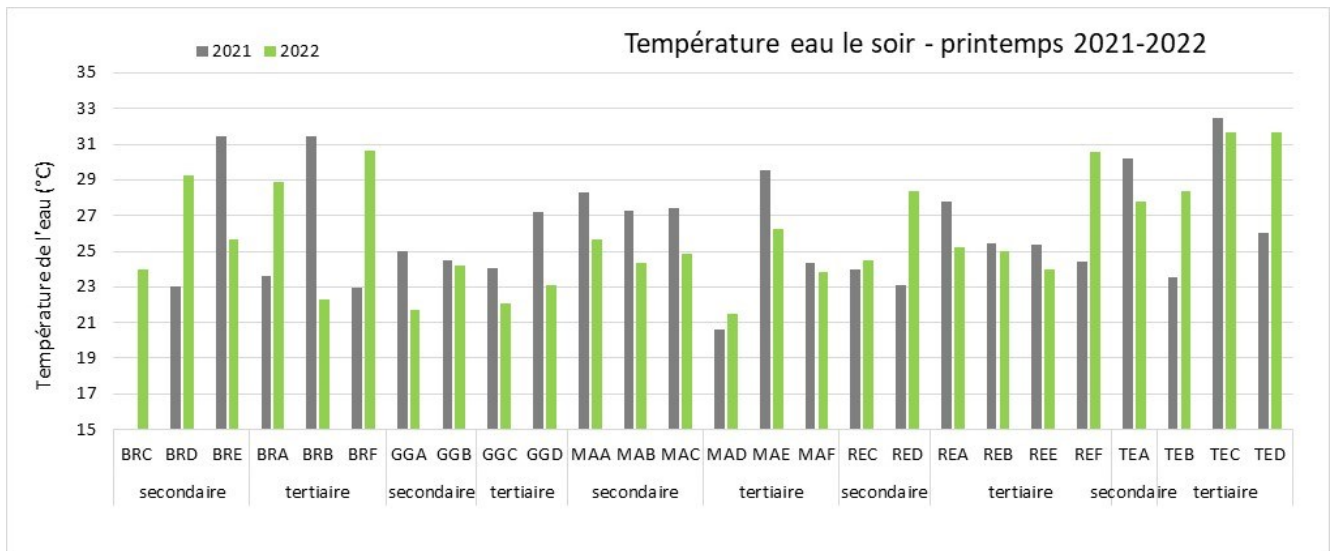


Figure 47. Température moyenne de l'eau le soir au printemps 2021 et 2022

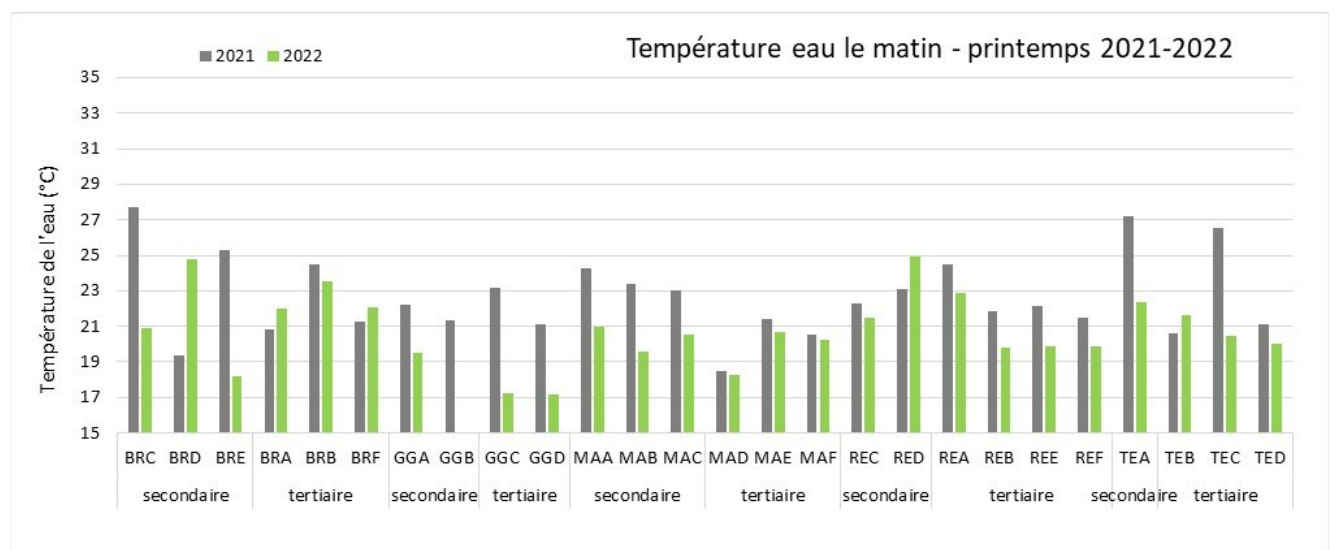


Figure 48. Température moyenne de l'eau le matin au printemps 2021 et 2022

Les températures ont parfois dépassé les 25°C, notamment en 2022 et surtout le soir, après l'accumulation de la chaleur de la journée. Cette température peut être considéré comme un seuil au-dessus duquel la vie aquatique commence à être problématique pour la plupart des poissons au stade adulte (Tissot et Souchon, 2010), bien que chaque poisson ait sa propre gamme de température optimale en fonction de son stade de développement.

En effet, lorsque la température augmente, la consommation en oxygène des poissons augmente mais paradoxalement la disponibilité de l'oxygène diminue dans l'eau du fait de la limitation de la solubilité des gaz avec la température. Aussi, l'élévation de la température entraîne une augmentation du taux d'ammoniac dans l'eau, toxique pour les poissons, de surcroît sur la teneur en matière organique du milieu est importante. Enfin, les températures élevées favorisent la prolifération des bactéries, virus ou parasites qui peuvent impacter la croissance voire la survie des poissons.

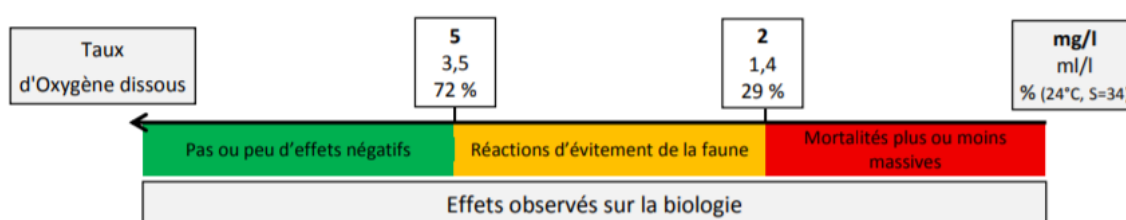
Lorsque les températures sont supérieures à 30°C, il est considéré qu'il s'agit d'un seuil souvent léthal pour de nombreux poissons ou en zone dite « de résistance » (Tissot et Souchon, 2010). Par exemple, pour l'anguille, la température au stade adulte est optimale entre 22 et 23°C et létale entre 33 et 38°C

(Taverny *et al.*, 2009). Ces températures ont été observées le soir sur le secteur de Broue (Broue-B, Broue-E et Broue-F) et le secteur des Témoins (TE-C et TE-D), sur des stations en zone tertiaire, avec faible hauteur d'eau.

Oxygène

A chaque pose et relèvement des verveux, la concentration en oxygène a été relevée. Pour chaque campagne, la moyenne des mesures à la pose a été calculée et représentée dans les figures suivantes. La valeur à la pose des verveux a été choisie pour les analyses car elle correspond davantage à la période où les poissons vont se déplacer, soit en fin de journée. La valeur du matin correspond à un moment où la plupart des poissons ont déjà pénétrés dans le verveux.

L'écart au 100% renseigne sur l'équilibre entre la consommation et la production d'oxygène (FICHE PARAMETRE – Paramètre hydrologique / OXYGENE DISSOUS – IFREMER 2017).



Aminot et Kérouel, 2004. Hydrologie des écosystèmes marins Paramètres et analyses. Partie 2/Chap. III/Parag. 3.3

Figure 49. Echelle théorique des effets observés par la diminution de la concentration en oxygène sur la faune piscicole (Aminot & Kérouel, 2004)

Au-dessus de 72% (5mg/L), la concentration en oxygène est considérée comme bonne et sans impact sur la faune piscicole. En dessous de 29% (1.4mg/L), la plupart des espèces sont en risque total d'anoxie mortelle (Figure 49).

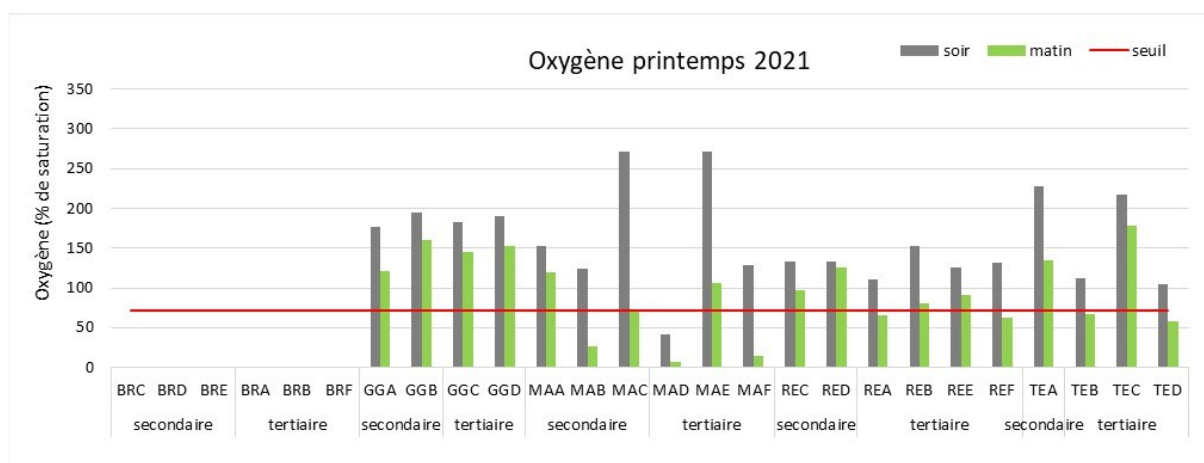


Figure 50: Concentration moyenne en oxygène de l'eau lors de la pose (soir) et la relève (matin) des verveux au printemps 2021 sur chaque station (avec la ligne rouge à 72% d'oxygène)

Au printemps 2021, les concentrations moyennes (sur 3 jours) en oxygène dissous le soir sont bonnes avec des valeurs supérieures à 100%.

A l'automne les valeurs étaient assez similaires.

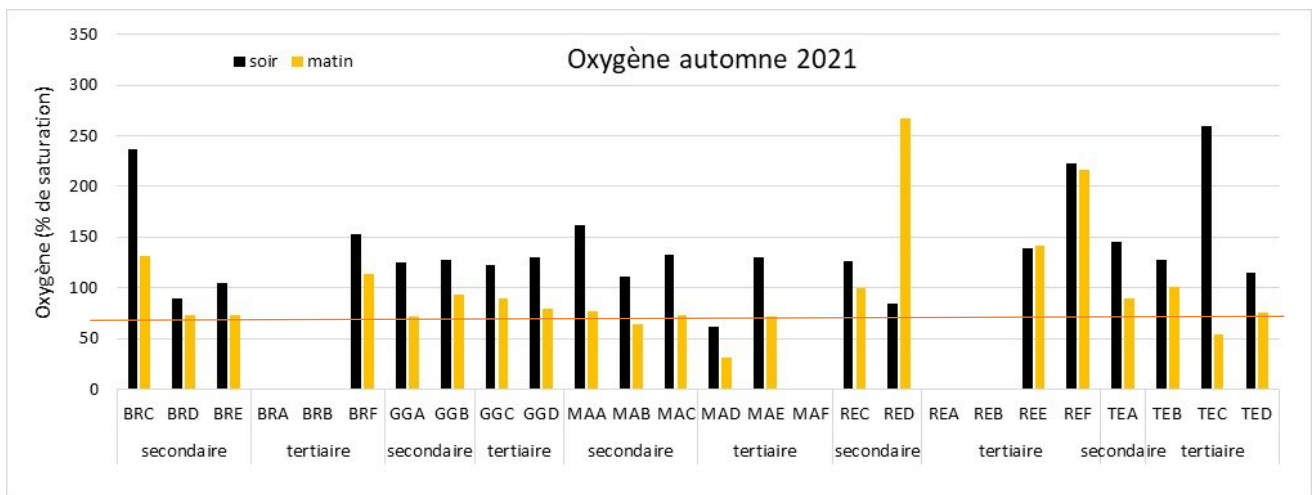


Figure 51: Concentration moyenne en oxygène de l'eau lors de la pose (soir) et la relève (matin) des verveux à l'automne 2021 sur chaque station (avec la ligne rouge à 72% d'oxygène)

Au printemps comme à l'automne, les mesures faites le soir sont plus importantes que celles du matin étant donné que les plantes aquatiques et le phytoplancton produisent de l'oxygène toute la journée (photosynthèse). A l'inverse les valeurs du matin sont les plus basses car elles font suite à la consommation de l'oxygène par les plantes et phytoplancton la nuit. Les différences sont visibles sur le graphique.

Les fortes concentrations observées, par exemple sur les stations MA-C et MA-E le soir au printemps 2021, proviennent de blooms phytoplanctoniques (productions massives) qui engendrent des concentrations en oxygène très fortes.

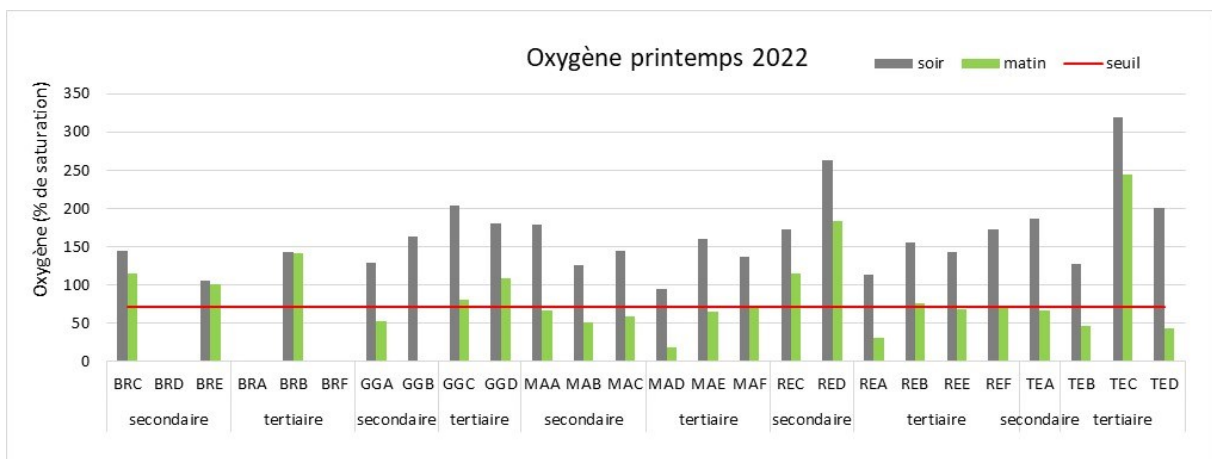


Figure 52: Concentration moyenne en oxygène de l'eau lors de la pose (soir) et la relève (matin) des verveux au printemps 2022 sur chaque station (avec la ligne rouge à 72% d'oxygène)

Pour l'automne 2021 et 2022, des stations n'ont pas de valeurs car certaines n'ont pas été suivies comme les stations du suivi curage par exemple (BRA, BRB, MAE, MAF, REA, REB). Pour les autres stations sans données, cela provient de problème technique comme l'appareil de mesure défectueux.

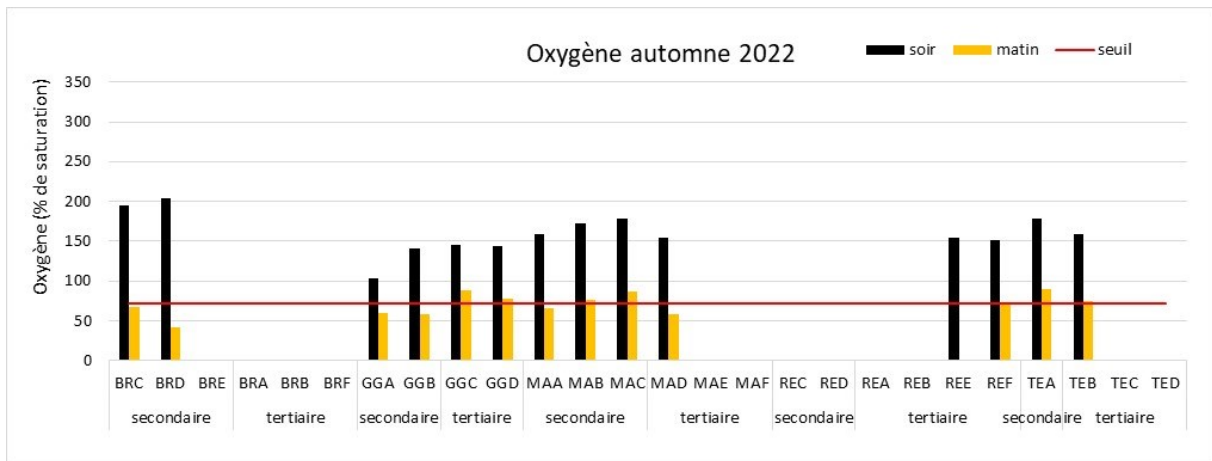


Figure 53: Concentration moyenne en oxygène de l'eau lors de la pose (soir) et la relève (matin) des verveux à l'automne 2022 sur chaque station (avec la ligne rouge à 72% d'oxygène)

Salinité/conductivité :

De même la salinité et la conductivité ont été mesurée à chaque pose et relève des verveux. La moyenne a été faite sur les différentes poses au printemps puis à l'automne.

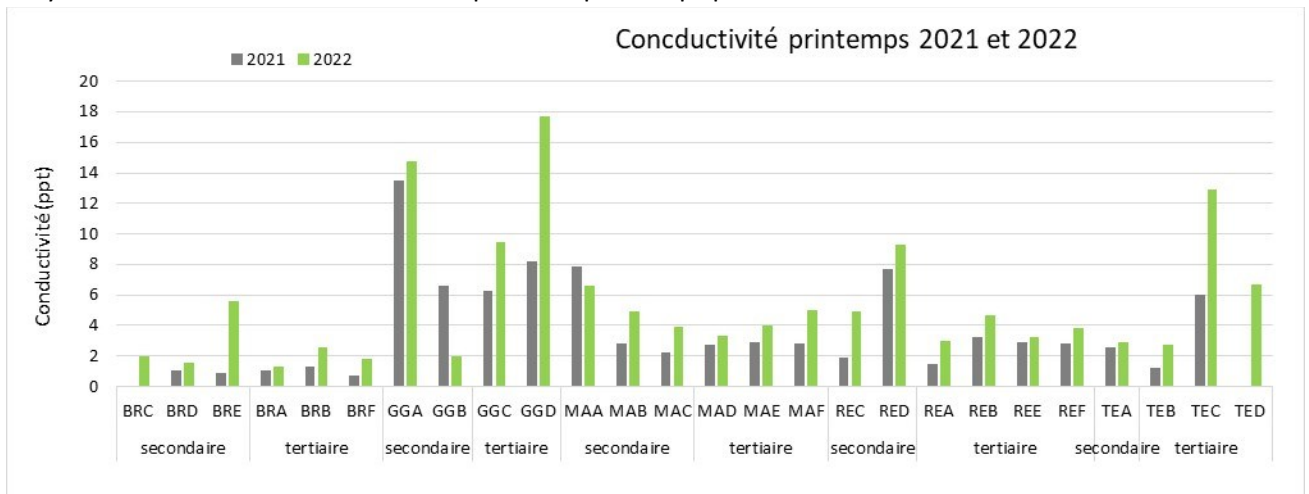


Figure 54: Conductivité de l'eau (ppt) le soir au printemps en 2021 et 2022

Les valeurs sont assez élevées sur le secteur du Grand Garçon, stations proches du littoral. **Les valeurs sont dans l'ensemble plus élevées en 2022 probablement dû au faible précipitation qui ont entraîné une concentration du sel sur les stations.**

Les valeurs les plus hautes ont été observées sur la station GG-A, la plus proche du littoral avec une connexion au Havre de Brouage et la station GG-D. De plus, des valeurs supérieures à 2-3 g/L ont été observées sur les secteurs de Reux Nord et Broue, notamment à l'automne. Elles sont le signe d'un niveau d'envasement du site avec probablement un relargage à partir des sédiments en période estivale entraînant des augmentations de la conductivité (Rigaud C. in FMA (2013)).

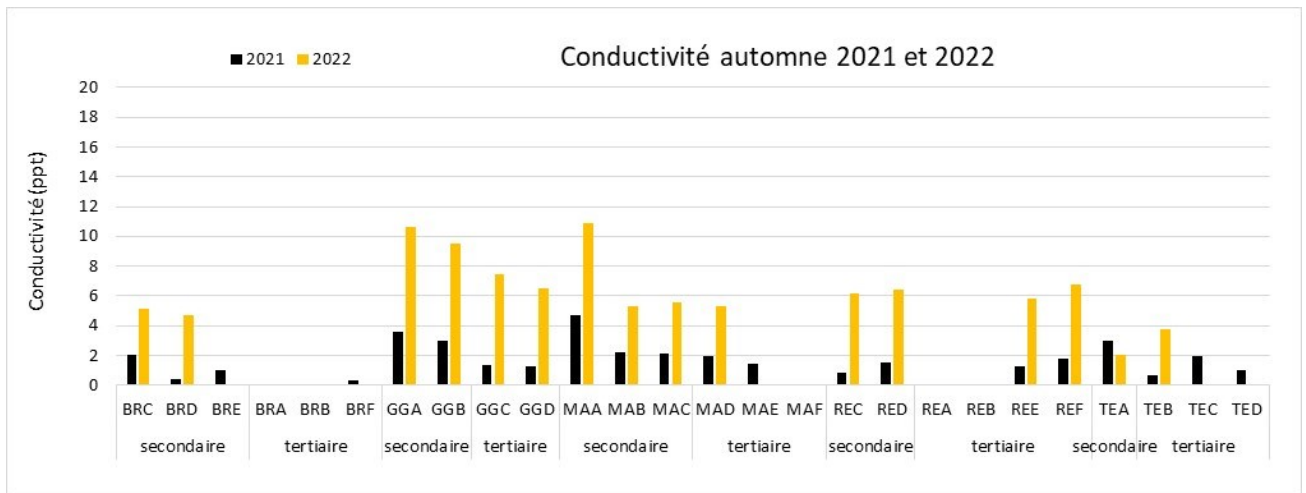


Figure 55: Conductivité de l'eau (ppt) le soir à l'automne en 2021 et 2022

Au début de l'automne, les valeurs sont encore une fois plus élevées en 2022 qu'en 2021 suite à la sécheresse de l'été 2022.

2.2 Présentation générale du peuplement piscicole de Brouage

2.2.1 Les espèces capturées lors du suivi de 2021 et de 2022

Sur l'ensemble du suivi, **dix-neuf espèces piscicoles** et **cinq espèces de crustacés** ont été capturées (Tableau 3). L'anguille européenne (*Anguilla anguilla*) est la seule espèce capturée dans le marais qui est classée en danger critique d'extinction d'après la liste rouge nationale de l'UICN (UICN, 2019). Le brochet (*Esox sp.*), également détecté sur le marais de Brouage, est classé « vulnérable » sur la liste rouge nationale.

Les espèces piscicoles capturées dans le marais de Brouage sont diversifiées en terme de biotypologie. L'anguille européenne et le mulot porc sont des espèces migratrices. Une seule espèce capturée occupe les milieux estuariens, le gobie. Les seize autres espèces sont toutes inféodées aux milieux d'eau douces. Quatre carnassiers emblématiques des eaux douces ont été capturés : le brochet, le black-bass, le sandre et la perche commune.

La bibliographie existante sur le marais de Brouage était faible du fait du peu d'études réalisées sur celui-ci. Cependant, en 2004, une étude interne à la fédération de pêche a été réalisée sur les sites de la Grande Tenaille et du Grand Fousil à l'aide d'un autre type de piège passif, les « nasses trappes » (FDAAPPMA17, 2006). Cette étude avait relevé treize espèces piscicoles différentes : anguille européenne, brème, carassin, carpe commune, épinoche, gambusie, gardon, perche soleil, perche commune, poisson chat, rotengle, sandre et tanche. Toutes ces espèces ont été relevées en 2021 et/ou en 2022 à l'exception d'une seule : la **tanche**.

Parmi les crustacés, cinq espèces de crevettes ont été capturées. Il s'agit toutes d'espèces estuariennes pouvant coloniser des milieux plus ou moins salés. Seule la crevette européenne (*Atyaephyra desmarestii*) est capable de coloniser des milieux exclusivement doux. Cependant, certains individus n'ont pu être déterminés au niveau de l'espèce au vu de la difficulté d'échantillonnage parfois rencontrée. Ces individus ont alors été catégorisés en « *Palaemon .sp* ». Une espèce de crabe a également été capturée en 2021 sur l'UHC Grand Garçon. Après vérification sur photographie auprès de l'université de La Rochelle, il s'agirait de *Dyspanopeus sayi*, espèce marine introduite provenant du continent Nord-Américain (comm. pers Bénédicte Dubillot). Aucun autre individu de cette espèce n'a été échantillonné durant la suite du suivi en 2022.

Quatre espèces exotiques envahissantes ont été recensées dans le peuplement du marais de Brouage : trois espèces piscicoles, le poisson-chat (*Ameiurus melas*), la perche soleil (*Lepomis gibbosus*), le pseudorasbora (*Pseudorasbora parva*) et un crustacé, l'écrevisse de Louisiane (*Procambarus clarkii*). Ces espèces exotiques envahissantes (EEE) sont des espèces qui ont été introduites volontairement ou involontairement dans les écosystèmes locaux. De par leurs capacités à s'adapter à des conditions de vies extrêmes (faible concentration d'oxygène, faible hauteur d'eau), cela en fait des espèces susceptibles de provoquer des déséquilibres biologiques au sein des peuplements piscicoles.

Tableau 3. Liste des espèces de poissons et de crustacés capturés au marais de Brouage sur l'ensemble du suivi

Groupe faunistique	Biotypologie	Trigramme	Espèce	Statut de conservation UICN
Poissons	Migrateurs amphihalins	ANG	Anguille européenne (<i>Anguilla anguilla</i>)	CR
		MUP	Mulet porc (<i>Liz ramada</i>)	LC
	Espèces marines / estuariennes	GOB	Gobie sp.	
	Espèces dulçaquicoles	BBG	Black-bass à grande bouche	NA
		BRE	Brème sp. (bordelière et commune)	LC
		BRO	Brochet sp. (<i>Esox sp.</i>)	VU
		CAS	Carassin sp. (commun et argenté)	NA
		CCO	Carpe commune (<i>Cyprinus carpio</i>)	LC
		CMI	Carpe miroir (<i>Cyprinus carpio</i>)	LC
		EPI	Epinoche (<i>Gasterosteus aculeatus</i>)	LC
		GAH	Gambusie (<i>Gambusia hoolbroki</i>)	NA
		GAR	Gardon (<i>Rutilus rutilus</i>)	LC
		PER	Perche commune (<i>Perca fluviatilis</i>)	LC
		PES	Perche soleil (<i>Lepomis gibbosus</i>)	NA
		PCH	Poisson chat (<i>Ameiurus melas</i>)	NA
		PSR	Pseudorasbora (<i>Pseudorasbora parva</i>)	NA
		ROT	Rotengle (<i>Scardinius erythrophthalmus</i>)	LC
SAN	Sandre (<i>Sander lucioperca</i>)	NA		
SIL	Silure glane (<i>Silurus glanis</i>)	NA		
Crustacés	Espèces dulçaquicoles	PCC	Ecrevisse de Louisiane (<i>Procambarus clarki</i>)	
	Espèces Dulçaquicoles / estuariennes	CREe	Crevette européenne (<i>Atyaephyra desmarestii</i>)	
	Espèces estuariennes	CREg	Crevette grise (<i>Crangon crangon</i>)	
		CREm	Crevette des marais (<i>Palaemon varians</i>)	
		CREb	Crevette bouquet (<i>Palaemon serratus</i>)	
		CREbl	Crevette blanche (<i>Palaemon longirostris</i>)	
CRA	<i>Dyspanopeus sayi</i>			

Plusieurs photos d'espèces piscicoles capturées sur le marais de Brouage :



Figure 56. Sandre (*Sander lucioperca*)



Figure 57. Anguille européenne (*Anguilla anguilla*)



Figure 58. Carpe commune (*Cyprinus carpio*)

En détaillant le suivi en fonction des années, la liste des espèces piscicoles capturées n'est pas identique entre la campagne de 2021 et celle de 2022.

Tableau 4. Liste des espèces piscicoles détectées sur le marais de Brouage en 2021 et en 2022

Espèce piscicole	Capturé	
	2021	2022
Anguille européenne	Présent	Présent
Black-bass à grande bouche	Présent	Absent
Brème sp.	Présent	Présent
Brochet sp.	Présent	Absent
Carassin sp.	Présent	Présent
Carpe commune	Présent	Présent
Carpe miroir	Présent	Présent
Epinoche	Présent	Présent
Gambusie	Présent	Présent
Gardon	Présent	Présent
Gobie sp.	Présent	Absent
Mulet porc	Présent	Présent
Perche commune	Présent	Présent
Perche soleil	Présent	Présent
Poisson chat	Présent	Présent
Pseudorasbora	Présent	Présent
Rotengle	Présent	Présent
Sandre	Présent	Présent
Silure	Présent	Présent

En 2021, dix-neuf espèces ont été détectées tout le long du suivi (Tableau 4). A contrario, seule seize espèces ont été détectées durant la campagne de 2022. Sur ces seize espèces, aucune nouvelle espèce n'a été capturée par rapport à 2021. Les trois espèces qui n'ont pas été capturées au cours de la campagne de 2022 sont :

- **Le Brochet** (*Esox sp.*) : espèce patrimoniale de Charente-Maritime, il avait été détecté deux fois en 2021, sur deux stations différentes de l'UHC Broue (Broue-A et Broue-D). L'UHC Broue étant l'UHC la plus reculée à l'intérieur du marais, l'hypothèse d'une faible salinité sur ces milieux explique sa présence. Les conditions hydrologiques de 2022 expliquent son absence. En effet, cette espèce est exigeante. Les conditions de l'année 2022, n'ont pas permis de maintenir des conditions d'accueil correctes pour cette espèce.
- **Le Black-bass à grande bouche** (*Micropterus salmoides*) : Carnassier des lacs et des étangs, il peut occasionnellement occuper les canaux et les cours d'eaux lenticules. En 2021, il avait été rarement capturé (trois individus capturés au total) sur une unique station dans l'UHC Broue (Broue-D). Les raisons de son absence sont les mêmes que celles explicitées pour le brochet.
- **Le Gobie** (*Gobie sp.*) : Deux individus d'une espèce de gobie non identifiée avaient été capturés en 2021 sur la station Reux-D (UHC « Reux Nord »). La salinité de cette station étant comprise entre 2 et 3ppt (Salinité Reux-D = 2,56ppt), les conditions de vie sont acceptables pour les gobies estuariens, spécifiquement ceux pouvant être poly-halin à oligo-halin en fonction des milieux (GIP. 2018).

2.2.2 Caractérisation du peuplement piscicole des deux années de suivi (2021 et 2022)

Afin de déterminer le peuplement piscicole du marais de Brouage, le taux d'occurrence a été calculé pour chaque espèce capturée. Ce taux correspond au nombre de stations où l'espèce est capturée au moins une fois sur le nombre de stations totales (nombre d'apparition / nombre total de stations). Ensuite, ce taux est utilisé afin de catégoriser la fréquence d'apparition de l'espèce sur l'ensemble du marais. Le critère d'occurrence permet d'indiquer si, au sein du peuplement, l'espèce est :

- **constante** ($50\% < X \leq 100\%$)
- **commune** ($25\% < X \leq 50\%$)
- **occasionnelle** ($13\% < X \leq 25\%$)
- **rare** ($0\% < X \leq 13\%$)

Les espèces présentes sur plus de 50% des stations sont considérées en tant qu'espèces principales du peuplement piscicole du marais (Tableau 5).

Tableau 5. Taux d'occurrence des espèces capturées au printemps et en automne sur les deux années de suivis

Groupe faunistique	Espèces	Occurrence		
		Nombre stations	Pourcentage	Qualité
Ichtyofaune	Anguille européenne	26/26	100%	Constante
	Carpe commune	26/26	100%	Constante
	Gambusie	26/26	100%	Constante
	Poisson chat	24/26	92,31%	Constante
	Carassin sp.	23/26	88,47%	Constante
	Sandre	20/26	76,93%	Constante
	Brème sp.	18/26	69,24%	Constante
	Perche soleil	16/26	61,54%	Constante
	Épinoche	14/26	53,85%	Constante
	Pseudorasbora	13/26	50%	Commune
	Rotengle	10/26	38,47%	Commune
	Carpe miroir	8/26	30,77%	Commune
	Gardon	7/26	26,93%	Commune
	Mulet porc	3/26	11,54%	Rare
	Brochet	2/26	7,70%	Rare
	Perche commune	2/26	7,70%	Rare
	Silure	2/26	7,70%	Rare
	Black-bass à grande bouche	1/26	3,85%	Rare
Gobie sp.	1/26	3,85%	Rare	
Crustacés	Ecrevisse de Louisiane	25/26	96,16%	Constante
	Crevettes (toutes espèces confondus)	23/26	88,47%	Constante
	Crabe	3/26	11,54%	Rare

Sur les deux années de suivi, le peuplement piscicole principal est constitué de :

- L'anguille européenne (100%)
- La carpe commune (100%)
- La gambusie (100%)
- Le poisson chat (92,31%)
- Le carassin (commun et argenté) (88,47%)
- Le sandre (76,93%)
- La perche soleil (61,54%)
- L'épinoche (53,85%)

Par ailleurs, du côté des crustacés, l'écrevisse de Louisiane et les crevettes ont des taux d'occurrences élevés, 96.16% et 88.47% respectivement, démontrant leur forte présence au sein du marais. Dans cette étude, l'ensemble des espèces de crevettes inventorié, quel que soit leur espèce, a été rassemblé, ce qui représente un total de cinq espèces (crevette blanche, crevette des marais, crevette grise, crevette bouquet et crevette européenne).

Les captures accessoires

En plus des groupes faunistiques présentés ci-dessus, des captures accessoires de reptiles, de cnidaires, de mammifères (ragondins) et d'amphibiens ont eu lieu :

- 13 cistudes d'Europe (*Emys Orbicularis*) ont été capturées sur l'ensemble du suivi, unique espèce de tortue d'eau douce native de France. Elles ont été retrouvées en bonne santé dans les verveux puis remises à l'eau. Les données collectées ont été communiquées (photos/mesures/point GPS) au SMCA et à la LPO.



Figure 59 : Cistude d'Europe

- En automne, plusieurs méduses ont été retrouvées dans les verveux au niveau de la station Reux-D. Les photographies prises sur le terrain ont permis d'identifier la famille de cette méduse qui appartient à la famille des hydrires à thèques. Une demande d'identification a été envoyée à l'Université de La Rochelle afin d'avoir des précisions.

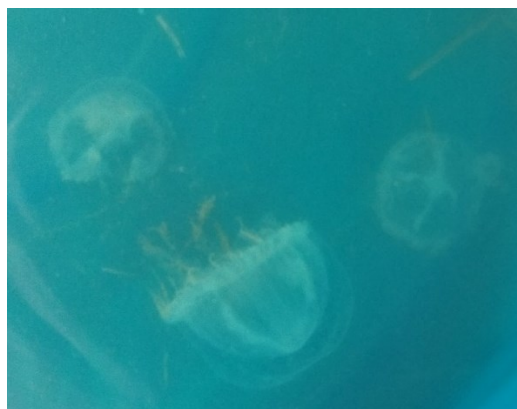


Figure 60 : Photographie des cnidaires capturés sur la station Reux-D

- Quatre ragondins ont été retrouvés dans les filets (un mort dans le verveux, un vivant et relâché et deux en train de s'enfuir du verveux).
- Des grenouilles vertes ainsi que des têtards ont aussi été capturés accidentellement, dans les zones plus stagnantes avec peu de hauteur d'eau.

L'analyse du peuplement a également été réalisée en distinguant la campagne de 2021 et celle de 2022.

Tableau 6. Différence de qualité du peuplement entre 2021 et 2022

Groupe faunistique	Espèce	Qualité (2021)	Qualité (2022)
Ichtyofaune	Anguille européenne	Constante	Constante
	Carpe commune	Constante	Constante
	Gambusie	Constante	Constante
	Poisson chat	Constante	Constante
	Carassin sp.	Constante	Constante
	Brème sp.	Constante	Commune
	Épinoche	Commune	Constante
	Perche soleil	Commune	Constante
	Sandre	Commune	Commune
	Pseudorasbora	Commune	Commune
	Rotengle	Commune	Commune
	Carpe miroir	Occasionnelle	Occasionnelle
	Gardon	Rare	Occasionnelle
	Mulet porc	Rare	Rare
	Silure	Rare	Rare
	Perche commune	Rare	Rare
	Brochet	Rare	Absent
	Black-bass à grande bouche	Rare	Absent
Gobie	Rare	Absent	
Crustacés	Ecrevisse de Louisiane	Constante	Constante
	Crevettes (toutes espèces confondues)	Constante	Constante
	Crabe	Rare	Absent

Seules trois espèces du peuplement principal changent de statut en fonction de l'année de suivi. En effet, la brème, considérée comme « constante » en 2021, est considérée comme « commune » suite à une fréquence d'apparition plus faible en 2022. À l'inverse, l'épinoche et la perche soleil, sont nouvellement classées « constante » selon le suivi de 2022.

2.2.3 Effectifs et biomasses des individus capturés

Sur l'ensemble des stations et sur les quatre campagnes, 28 107 poissons et 20 186 crustacés ont été capturés. La majorité des captures de poissons a été faite en 2021 avec 18 067 individus contre 10 040 en 2022. Concernant les crustacés, 9 117 ont été capturés en 2021 contre 11 067 individus en 2022.

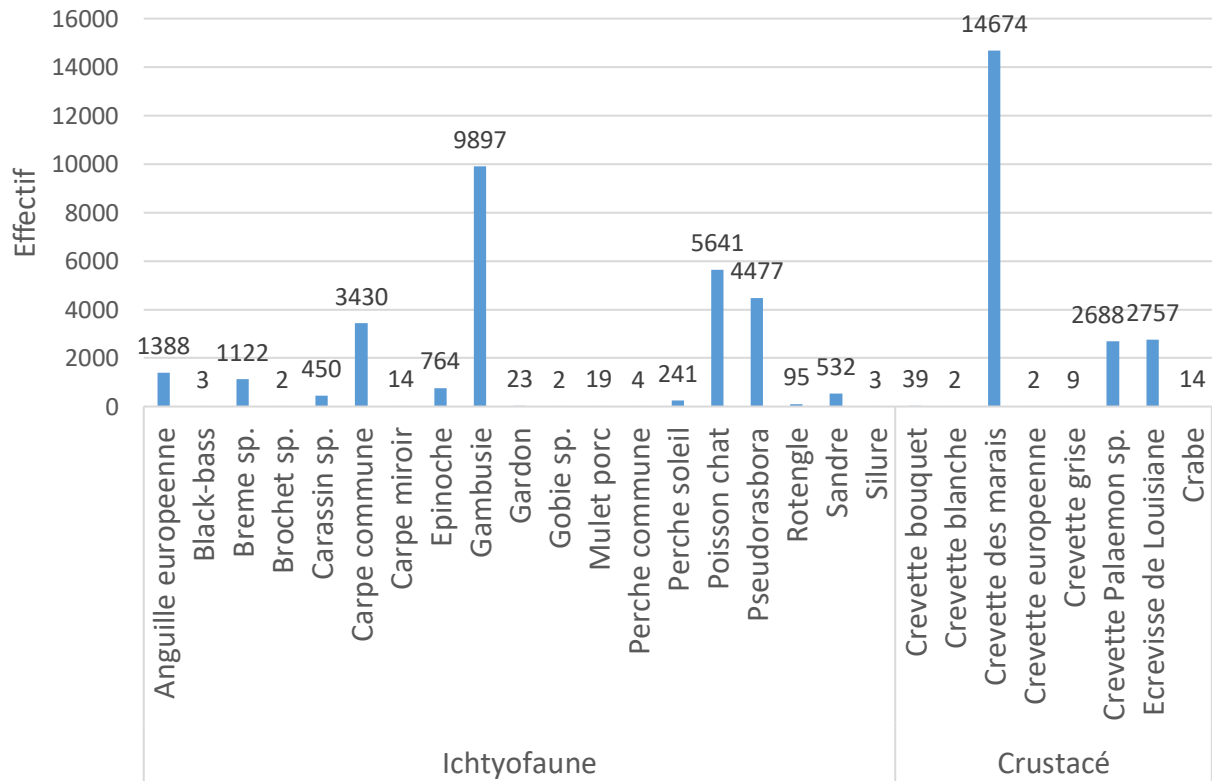


Figure 61. Effectifs totaux capturés sur l'ensemble du suivi (2021 et 2022)

La répartition de l'abondance relative de chaque espèce piscicole peut s'exprimer par le graphique ci-dessous.

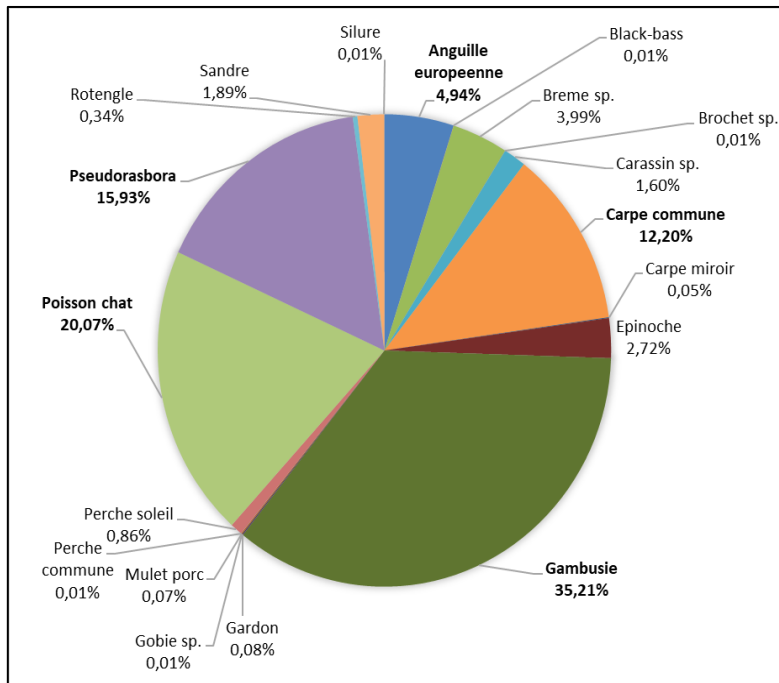


Figure 62. Proportion des effectifs capturés par espèce sur les deux années de suivi

Les espèces les plus abondantes lors des captures sont, par ordre décroissant, **la gambusie** (9897 individus ; 35,21%), **le poisson chat** (5641 individus ; 20,07%), **le pseudorasbora** (4477 individus ; 15,93%) **la carpe commune** (3430 individus ; 12,20%) et **l'anguille européenne** (1388 individus ; 4,94%). Les captures les plus rares sont **la perche commune** (4 individus ; 0,02%), **le silure** (3 individus ; 0,01%), **le black-bass** (2 individus ; 0,01%), **le gobie** (2 individus ; 0,01%) et **le brochet** (2 individus ; 0,01%).

Quatre des cinq espèces les plus abondantes font partie des espèces dites « constantes » dans le peuplement principal déterminé précédemment (l'anguille européenne, la gambusie, le poisson-chat et la carpe commune). La dernière espèce, le pseudorasbora, fait partie des espèces dites « communes » au sein du peuplement piscicole. En effet, le pseudorasbora reste une espèce très localisée sur certains secteurs uniquement (notamment l'UHC Reux nord).

Concernant les biomasses des individus, le suivi a permis de capturer 684kg de poissons et 34kg de crustacés.

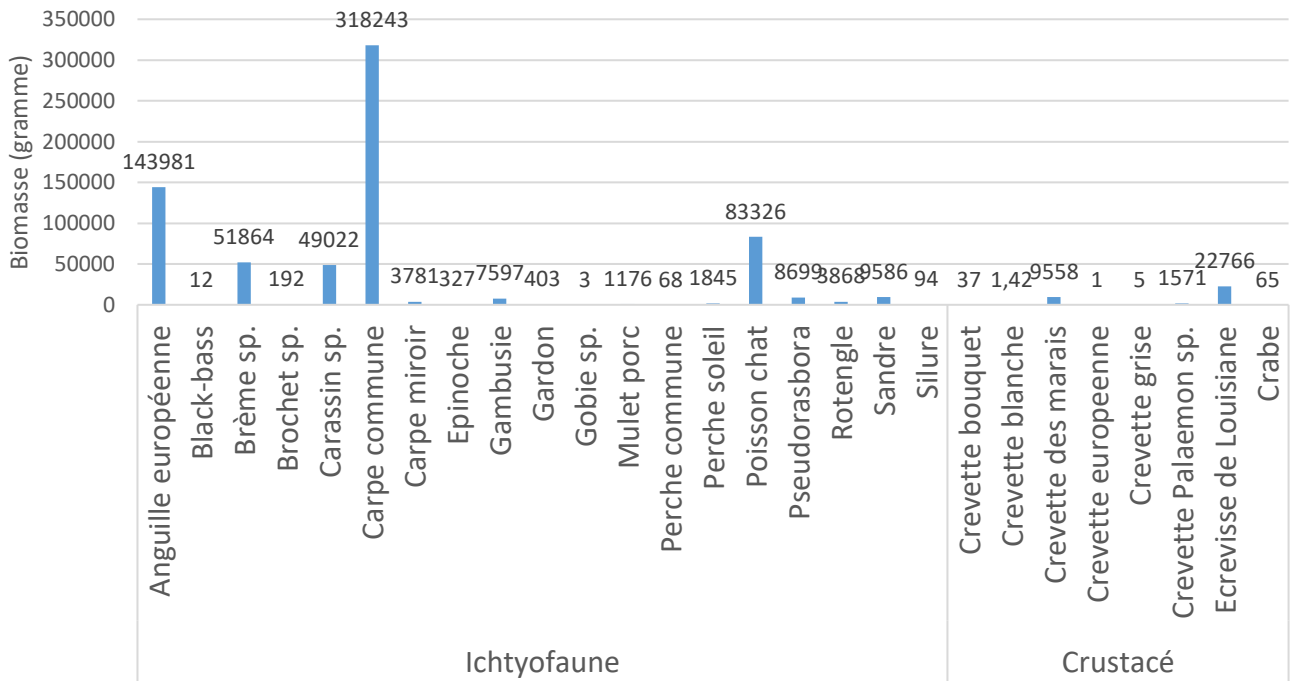


Figure 63. Biomasse totale des individus capturés par espèce sur les deux années de suivis

Les espèces ayant les biomasses les plus importantes lors des captures sont, par ordre décroissant, **la carpe commune** (318,3kg ; 46.52%), **l'anguille européenne** (143,9kg ; 21.05%), **la brème** (51,9kg ; 7.58%), **le carassin** (49,1kg ; 7.17%) et **le poisson chat** (83,4kg ; 12.18%) (Figure 64).. Deux de ces espèces ne font pas partie des plus présente en termes d'effectif, comme vu précédemment : le carassin et la brème, ces résultats sont communs puisque ces espèces sont connues pour pouvoir atteindre de forte biomasse au cours de leur croissance. Elles contribuent donc grandement aux biomasses observées.

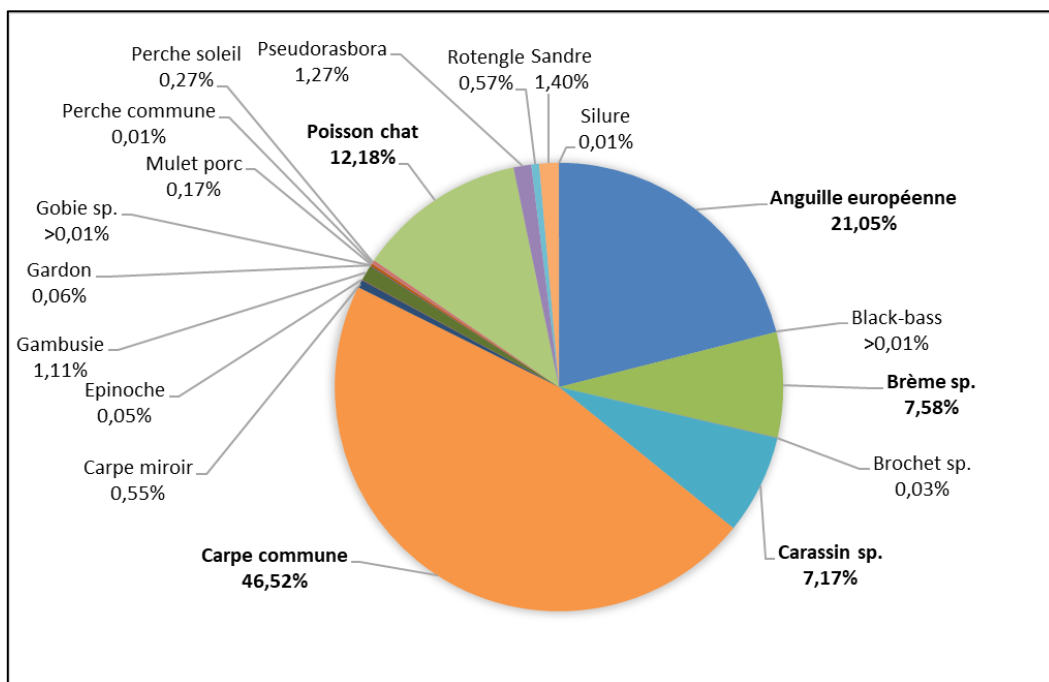


Figure 64. Proportion des biomasses capturées par espèces de poissons sur les deux années de suivi

2.2.4 Capture Par Unité d'Effort (effectif/verveux/heure)

Les **Captures Par Unité d'Effort (CPUE)** sont une méthode pour comparer efficacement les peuplements piscicoles entre les stations. Il s'agit de la métrique la plus équivalente à l'abondance relative lors de l'étude de communautés piscicoles. Elle est déterminée par le nombre de poissons capturés et par le nombre d'heures de pêche effectives (soit le nombre d'heures où le verveux est posé dans l'eau).

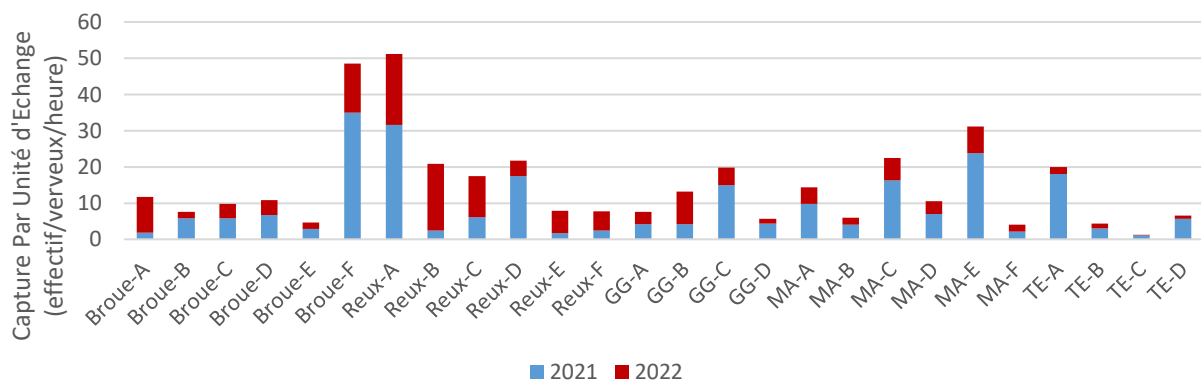


Figure 65. Capture Par Unité d'Effort cumulé des poissons par station (effectif/verveux/heure)

Sur les deux années de suivi cumulées, les valeurs de CPUE sont très variables entre les stations (Figure 65). Ces résultats mettent en évidence la forte hétérogénéité des stations au sein du marais de Brouage. Elles varient de 1,29 à 51,18 poissons capturés par heure en moyenne.

La station possédant la plus faible valeur de CPUE est :

- **TE-C** : avec plus d'un poisson par heure en moyenne (CPUE = 1.28), cette station du secteur témoins hors-UHC est beaucoup plus faible que les autres. C'est une station du réseau tertiaire, très envasée et avec une hauteur d'eau très faible (de 6 à 22 cm en fonction de la campagne) sur les deux années de suivi. Les captures sont majoritairement des carpes communes et des gambusies.

Les stations possédant les deux plus fortes valeurs de CPUE sont :

- **Reux-A** : avec plus de 51 poissons capturés par heure en moyenne sur cette station (CPUE = 51.17). Station du réseau tertiaire.
- **Broue-F** : plus de 48 poissons par heure sont capturés sur cette station du réseau tertiaire. La majorité des captures sont faites en 2021 (CPUE = 34.92). Les captures ayant été divisées par quasiment 3 en 2022 (CPUE = 13.60)

En détaillant l'analyse en fonction des années de campagne, il est possible d'observer des différences au sein de chaque station, les valeurs ont donc été distinguées dans le graphique suivant.

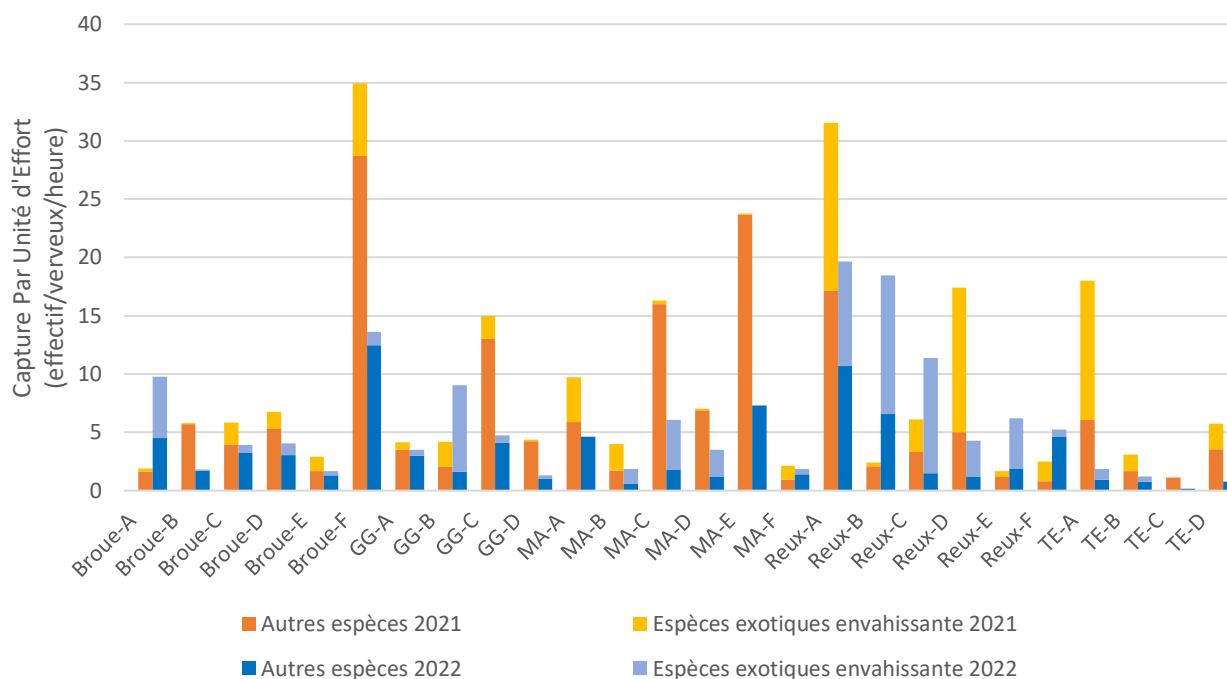


Figure 66. Capture Par Unité d'Effort des poissons par station en 2021 et en 2022

La Figure 66 met en évidence une variabilité de capture entre les deux années de suivi, indépendamment de la saison. Seulement six stations ont vu leur taux de capture augmentés en 2022 (Broue-A, GG-C, Reux-B, Reux-C, Reux-E et Reux-F). Quatre de ces stations appartiennent à l'UHC Reux Nord. A l'inverse, vingt stations présentent une diminution des valeurs de CPUE sur les deux années de suivis.

Quel que soit l'année de suivi, **TE-C** présente de loin la CPUE la plus faible parmi toutes les stations. Avec un poisson par heure en 2021 (CPUE = 1.13) et moins d'un poisson par heure en 2022 (CPUE = 0.15), TE-C est située en secteur hors-UHC et en réseau tertiaire. Elle est caractérisée par une très faible hauteur d'eau en moyenne et une forte hauteur de vase. La lame d'eau est insuffisante pour le développement de la faune piscicole. En 2022, les conditions météorologiques défavorables (hauteur d'eau = 7cm), ont pour conséquence la capture uniquement d'espèces de petites tailles puisque ce sont les seules pouvant survivre dans ce type de milieux.

Concernant les stations où sont retrouvées les plus fortes valeurs de CPUE, elles diffèrent entre 2021 et 2022 :

- **Broue-F** en 2021 : Près de 35 poissons par heure en moyenne ont été capturés sur cette station en 2021 (CPUE = 34.92). Une hauteur d'eau correcte chaque saison (60cm et 36cm pour le printemps et l'automne respectivement) permet l'installation de nombreux poissons dans ce canal. Le peuplement est majoritairement constitué de gambusie (CPUE = 28.33) et de poisson-chat (CPUE = 5.52) avec une domination de l'un ou de l'autre dans le peuplement en fonction de la saison (96% des captures de gambusies au printemps / 91% des captures de poisson-chat en automne).
- **Reux-A** en 2022 : Avec plus de 19 poissons capturés par heure, il s'agit de la plus forte valeur de CPUE du suivi en 2022 (CPUE = 19.63). Les espèces exotiques envahissantes représentent une part importante des captures (46% des captures). Le peuplement de la station est

majoritairement constitué de carpes communes (CPUE = 8.75) et de pseudorasboras (CPUE = 8.47). Il s'agit d'une des stations du réseau tertiaire qui a été curée en 2021. Par conséquent, la hauteur de vase était plus basse par rapport à d'autres stations non curées (56 cm) et la hauteur d'eau plus élevée (49cm). Cependant, la station était déjà une station avec une forte valeur de CPUE en 2021 (CPUE = 31.54).

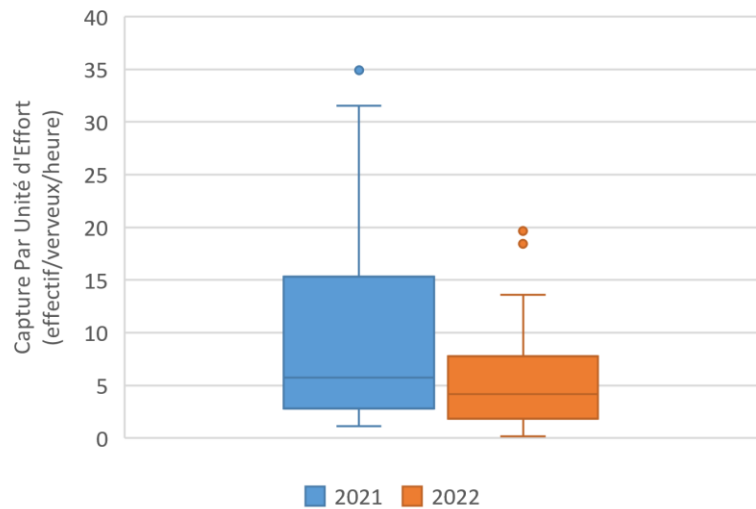


Figure 67. Capture Par Unité d'Effort totale en fonction de l'année de suivi

Malgré des conditions météorologiques plus chaudes en 2022, l'analyse comparative entre les campagnes de 2021 et de 2022 ne montrent pas de différences significatives entre les valeurs de CPUE de 2021 et celles de 2022 (Kw = 414, $p = 0.17$; Figure 67).

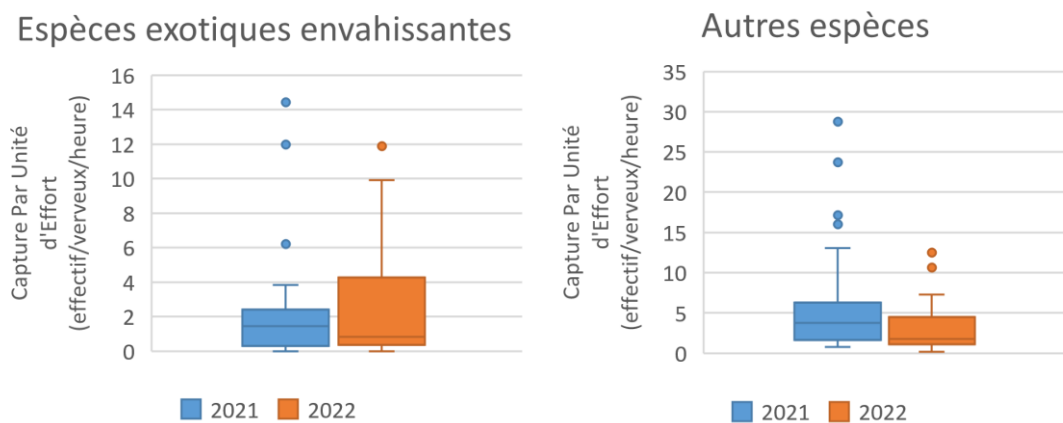


Figure 68. Capture Par Unité d'Effort des espèces exotiques envahissantes et des autres espèces en fonction de l'année de suivi

Cependant, lorsque les CPUE sont distinguées entre les espèces autochtones et les espèces EEE, les résultats sont différents (Figure 68). En effet, **les captures d'espèces autochtones ont significativement diminué entre 2021 et 2022** (Kw = 455, $p = 0.03$) alors qu'aucune différence significative n'a été observée pour les EEE (Kw = 414, $p = 0.17$), bien que les captures soient plus

hétérogènes en 2022. Ces résultats montrent le caractère très tolérant des espèces exotiques envahissantes moins sensibles à des conditions de vies extrêmes que les espèces autochtones.

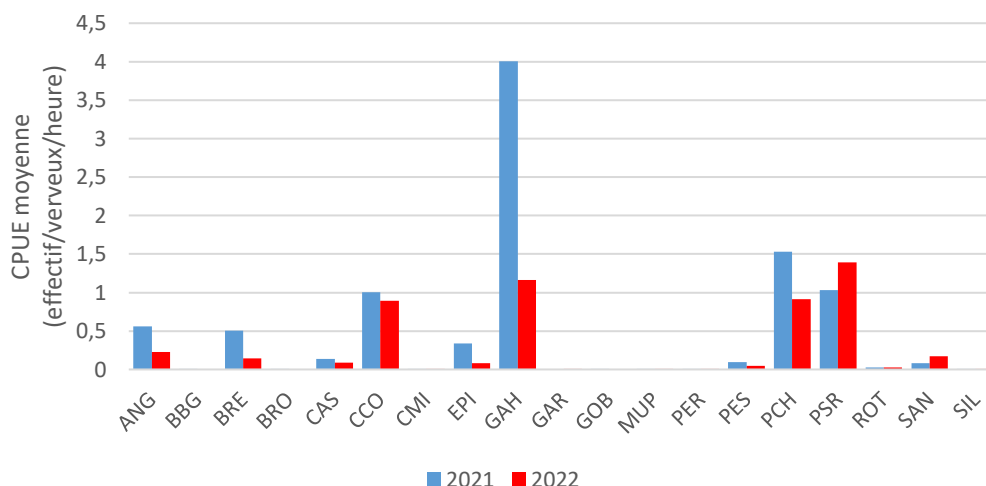


Figure 69. CPUE moyenne des espèces en fonction de l'année de suivi

En comparant les CPUE spécifiques entre les deux années de suivis, il est possible d'observer plusieurs tendances (Figure 69). La quasi-totalité des CPUE a diminué entre 2021 et 2022. Les CPUE des gambusies, des poissons chat, des anguilles, des brèmes et des épinoches ont nettement diminué entre les deux années de captures. Cependant, seule la diminution des captures d'anguilles est significativement confirmée statistiquement ($K_s = 1066$, $p = 0.04$).

A contrario, deux espèces ont vu leurs CPUE augmentées, le sandre et le pseudorasbora, (seule EEE manifestant cette tendance). Ces augmentations ne sont pas significatives selon des tests de Mann-Whitney ($K_s = 701.5$, $p = 0.18$ pour le sandre / $K_s = 956$, $p = 0.29$ pour le pseudorasbora).

2.2.5 Biomasse Par Unité d'Effort (gramme/verveux/heure)

Les **Biomasses Par Unité d'Effort (BPUE)** traduisent le poids des poissons capturés par heure en moyenne.

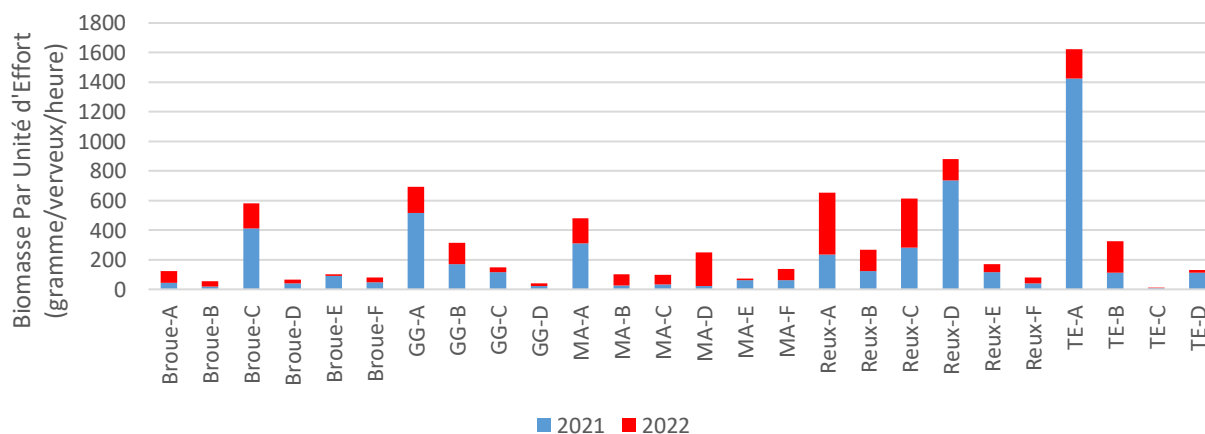


Figure 70. Biomasse Par Unité d'Effort des poissons par station et par année

De la même façon que les CPUE, les Biomasses Par Unité d'Effort sont très hétérogènes en fonction des stations (Figure 70). Les biomasses varient de 8,49g à 1,63kg de poissons capturés par heure en moyenne.

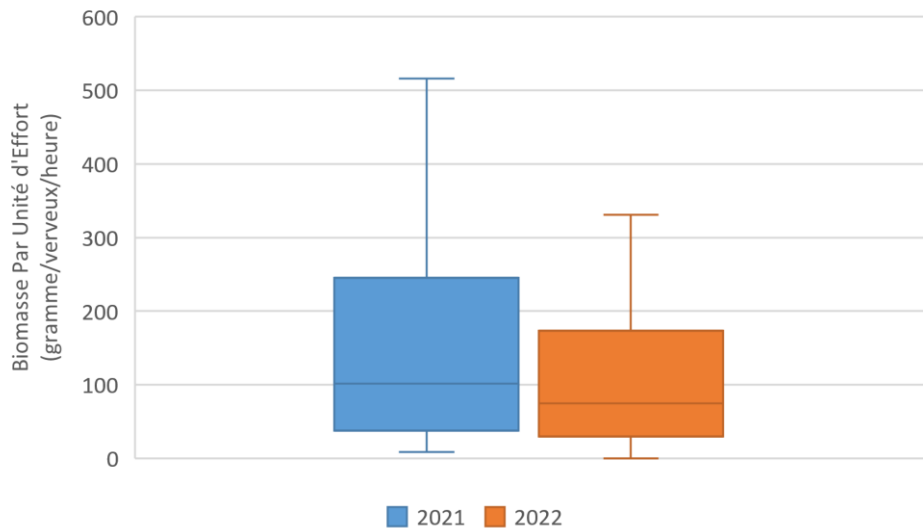


Figure 71. BPUE totale en fonction de l'année de suivie

L'année 2022 a été marquée par une sécheresse exceptionnelle et un déficit d'eau important. Ainsi comme attendu, les biomasses des poissons capturés sont plus élevées en moyenne en 2021 qu'en 2022 (Figure 71) mais aucune différence statistique significative n'a été observée entre les deux années de suivis ($Kw = 371$, $p = 0.56$).

En distinguant les espèces exotiques envahissantes des espèces autochtones, les mêmes conclusions peuvent être observées avec une absence de différence significative entre les deux années de suivi ($Kw = 359.5$, $p = 0.71$ pour les EEE ; $Kw = 378$, $p = 0.48$ pour les autres espèces).

Pour autant, il est possible d'observer des variations au sein des stations (Figure 72).

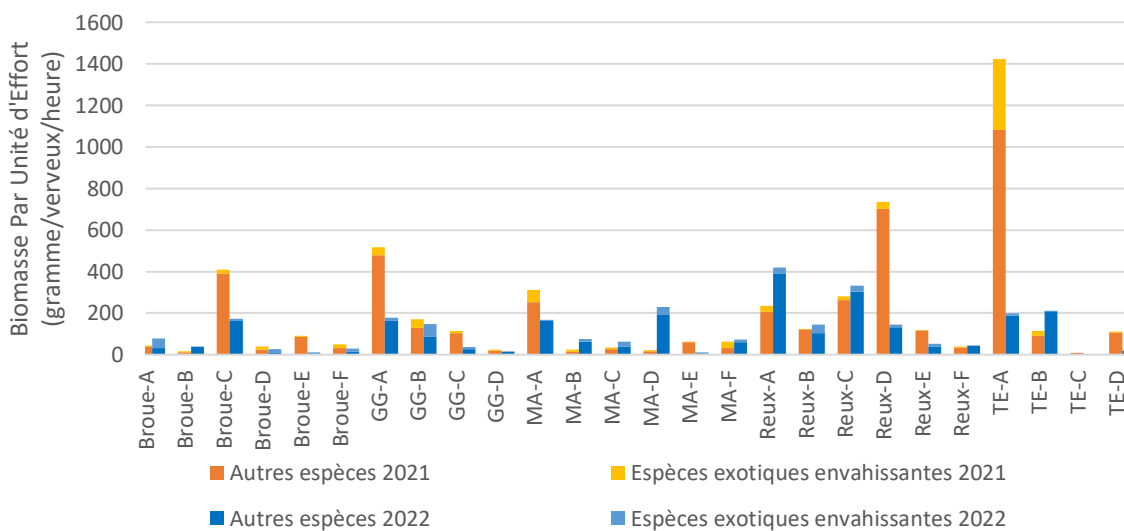


Figure 72. Biomasse Par Unité d'Effort des poissons par station en 2021 et en 2022

En effet, les quatre stations où les valeurs de BPUE étaient les plus fortes en 2021 ont toutes diminué. Par exemple, la biomasse moyenne par unité d'effort de la station TE-A est passée de 1,5kg à 198,2g entre 2021 et 2022, cette diminution s'exprime majoritairement par une baisse de la biomasse moyenne d'espèces autochtones : carpes, carassins et anguilles spécifiquement (1,42kg de carpes capturées en 2021 contre 289g en 2022 par exemple).

Concernant la station présentant les plus faibles BPUE en 2021 et 2022 est :

- **TE-C** : Avec une biomasse moyenne de moins d'un gramme par heure, TE-C est la station avec le plus faible BPUE. Les raisons sont les mêmes qu'expliquée précédemment pour la richesse spécifique et les CPUE, avec la présence de peu d'individus, majoritairement des gambusies, et de faibles poids individuels.

Les stations présentant les plus fortes valeurs de BPUE sont :

- **TE-A en 2021** : Avec 1,424kg de poissons par heure en moyenne (BPUE = 1,5kg), cette station est éloignée du réseau primaire (2760m) avec une hauteur d'eau moyenne (30cm). Cette forte biomasse est expliquée par une présence majoritaire de la carpe commune au printemps (pour la reproduction) et du poisson-chat en automne.
- **Reux-A en 2022** : Avec une biomasse moyenne de 420 grammes par heure. Il s'agit de la plus forte valeur de BPUE sur l'ensemble de la campagne de 2022 (BPUE = 420,11). Les résultats précédents relatifs aux CPUE montraient déjà que cette station était celle avec le plus fort taux de capture par heure. Bien que les captures d'EEE soient fortes, ce ne sont pas ces espèces qui constituent la majorité de la biomasse : il s'agit des carpes communes (BPUE = 225,35), des carassins (BPUE = 66,17) et des anguilles (BPUE = 65,12). La hauteur d'eau assez importante couplée la faible hauteur de vase et la largeur du canal sont des paramètres favorables à l'exploitation des habitats par des individus de grandes tailles.

2.2.6 Richesse spécifique

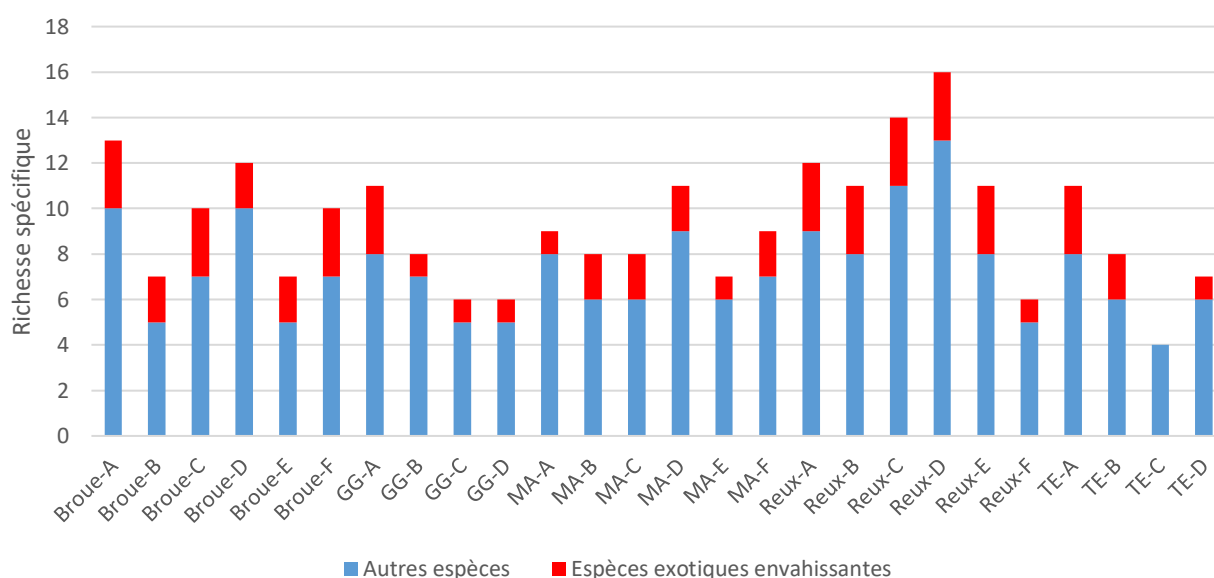


Figure 73. Richesse spécifique en poissons par stations sur l'ensemble du suivi (2021 et 2022)

La richesse spécifique est hétérogène entre les stations (Figure 73). Elle varie entre 4 et 16 espèces en fonction des stations. Les espèces exotiques envahissantes (perche soleil, poisson chat et

pseudorasbora) sont détectées toutes les trois ensembles sur dix stations du suivi (dont quatre de l'UHC Reux Nord)

La station ayant la plus faible richesse spécifique est TE-C avec quatre espèces autochtones capturées : l'anguille européenne, le carassin, la carpe commune et la gambusie. Aucune EEE n'a été détectée sur cette station en 2021 et en 2022.

La station ayant la plus forte richesse spécifique est Reux-D avec seize espèces piscicoles détectées (sur les dix-neuf au total) sur les deux années de suivi. En plus des trois EEE détectées sur cette station, quatre espèces « rares » ont également été capturées (gobie *sp.*, mulot porc, perche commune et silure).

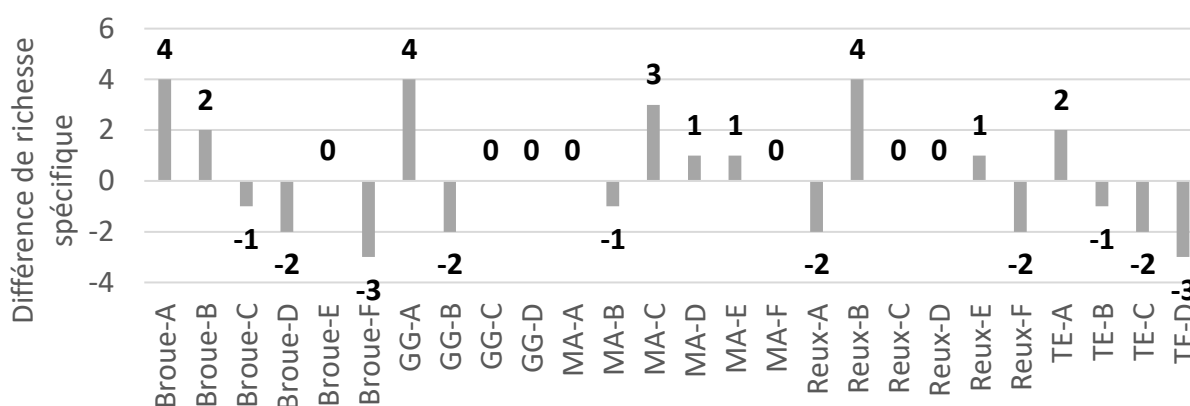


Figure 74. Différence de richesse spécifique des espèces piscicoles entre les deux années de suivi

L'analyse des différences de richesses spécifiques montre une augmentation celle-ci sur neuf stations entre 2021 et 2022 (Figure 74). Les augmentations varient d'une à quatre espèces en plus en fonction des stations.

A l'inverse, dix stations présentent une diminution de richesse spécifique entre les deux années de suivi. Aucune différence significative n'a été observé entre les richesses spécifiques des deux années de suivi selon un test de Mann-Whitney ($W = 332.5$; $p = 0.93$). Quatre des six stations curées en 2021 présentent une augmentation de leur richesse spécifique après curage : Broue-A, Broue-B, MA-E et Reux-B.

Les trois stations présentant la plus grande augmentation d'espèces capturées sont réparties de la manière suivante :

- **Broue-A** : Une des stations curées en 2021. Elle voit l'apparition de cinq nouvelles espèces (Brème, Carassin, Carpe miroir et Epinoche) dont une envahissante (pseudorasbora). Elle voit cependant la disparition du brochet, détecté en 2021.
- **GG-A** : L'apparition de l'épinoche et du silure est constatée ainsi que deux espèces envahissantes, la perche soleil et le pseudorasbora.
- **Reux-B** : Une autre des stations curées en 2021. Deux espèces évoluant dans des milieux moins vaseux sont apparues (rotengle, sandre) ainsi que deux espèces envahissantes, la perche soleil et le poisson chat.

Concernant les stations présentant les plus fortes baisses de richesse spécifique :

- **Broue-F** : Cette station est celle où la diminution de richesse spécifique est la plus importante. En effet, elle passe de neuf espèces piscicoles en 2021 à six en 2022. Quatre espèces

autochtones ne réapparaissent pas sur cette station (Brème, Carpe commune, Gardon, Rotengle), alors que du côté des EEE, le pseudorasbora est détecté pour la première fois en 2022 en plus des deux autres espèces déjà présentes.

- **TE-D** : Sur cette station, trois espèces piscicoles ne sont pas capturées en 2022, la Brème, le Carassin et le Sandre.

La fréquence d'apparition par station de chaque espèce entre 2021 et 2022 a été analysée.

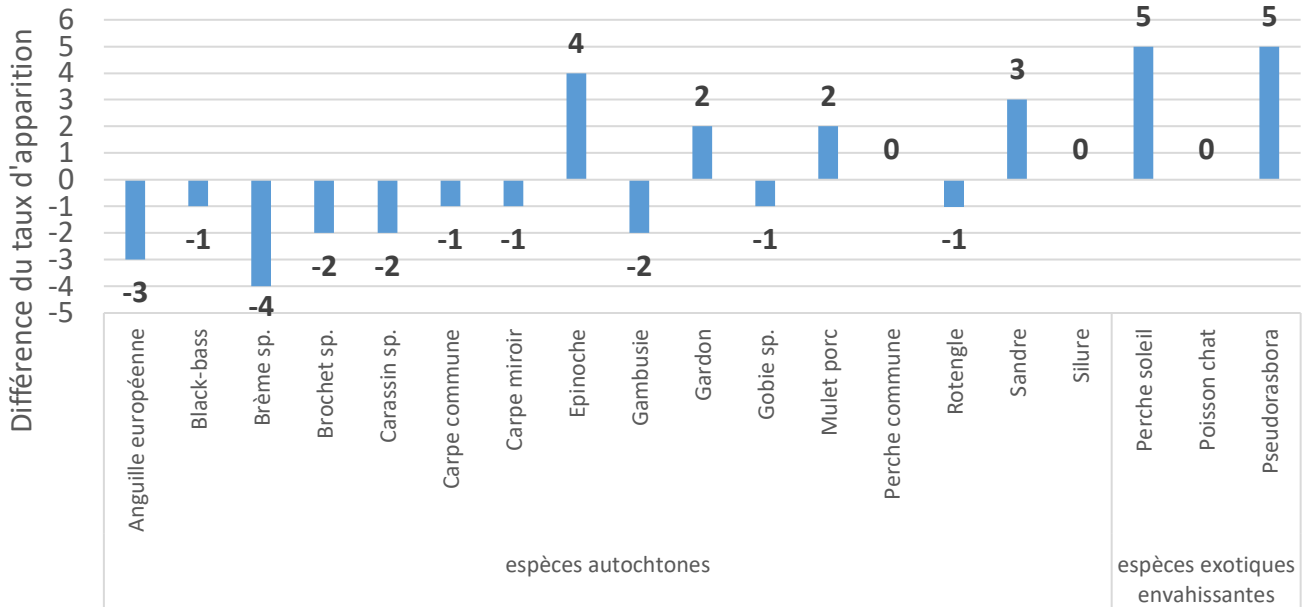


Figure 75. Différence du taux d'apparition par station des espèces piscicoles entre 2021 et 2022

Dix espèces piscicoles ont vu leur taux d'apparition par station diminuer, cela peut varier entre une et quatre stations maximum (Figure 75). Il s'agit exclusivement d'espèces autochtones.

Trois espèces ont vu leur taux d'apparition inchangé entre les deux années de suivi (la perche commune, le poisson-chat et le silure).

Enfin, **six espèces ont vu leur taux d'apparition augmenter en 2022**. Parmi ces espèces, deux sont considérées comme envahissantes (la perche soleil et le pseudorasbora). Le **pseudorasbora**, qui était retrouvé principalement dans l'UHC « Reux Nord » en 2021, a été détecté sur plusieurs nouvelles stations appartenant à d'autres UHC en 2022 (Broue, Marennes et secteur hors UHC). Il est à noter l'augmentation du taux d'apparition du **gardon**, du **sandre** et de l'**épinoche** (soit des espèces pionnières et/ou colonisatrices d'habitats moins vaseux ou moins lenticules).

2.2.7 Détermination des indices de diversité

L'analyse du peuplement piscicole du marais en 2022 s'est accompagné par le calcul d'un indice de diversité, l'indice de Shannon (H').

Pour rappel, plus la valeur de l'indice H' est proche de 0, plus le peuplement est homogène et inversement, plus la valeur est éloignée de 0 et plus le peuplement a une forte diversité spécifique. Concernant l'indice d'équitabilité, il est compris entre 0 et 1. Plus il tend vers 0, plus le peuplement est déséquilibré avec une espèce dominante et plus il tend vers 1 et plus le peuplement est équilibré entre les espèces.

Dans le cadre de cette analyse, la carpe miroir a été regroupée avec la carpe commune du fait de leur écologie très proche.

Les calculs des indices de Shannon pour les deux campagnes de printemps donnent les résultats suivants.

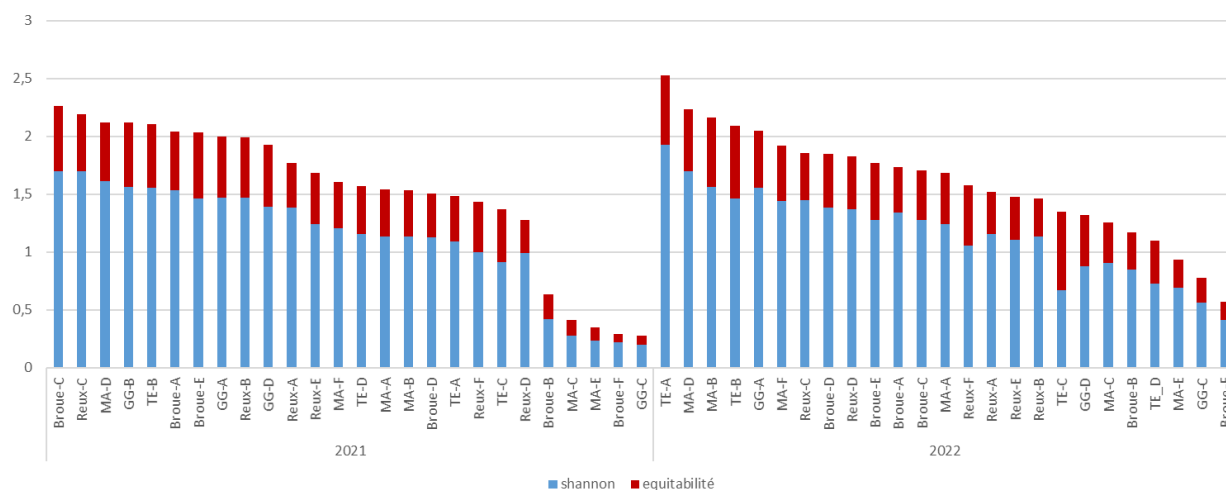


Figure 76. Indice de Shannon et équitabilité des stations échantillonnées au printemps 2021 et 2022

Les deux stations ayant les plus fortes valeurs de Shannon au printemps sont :

- **Broue-C** en 2021 : avec une richesse spécifique moyenne ($n = 8$), le peuplement est équilibré sur cette station ($E = 0.57$) avec des effectifs compris entre 20 et 40 individus pour plusieurs espèces (anguilles, carpes, gambusie).
- **TE-A** en 2022 : avec un indice de Shannon $H' = 1,93$. Cela peut s'expliquer par une richesse spécifique au-dessus de la moyenne annuelle (Richesse sp = 9) et une équitabilité au-dessus de 0,5 ($E = 0,61$) montrant ainsi des abondances homogènes entre les espèces capturées au sein de la station. En effet, cinq espèces ont des effectifs compris entre 10 et 20 individus expliquant ainsi le bon score de l'indice de Shannon.

Les deux stations ayant les diversités les plus faibles au printemps sont :

- **GG-C** en 2021 : Bien que la richesse spécifique de cette station soit faible ($n = 5$), le peuplement est très hétérogène avec une valeur d'équitabilité très faible ($E = 0.09$) ce qui explique la faible valeur de Shannon ($H' = 0.20$). En effet, le peuplement est surreprésenté par les gambusies ($n = 1334$) par rapport aux autres espèces capturées.
- **Broue-F** en 2022 : La valeur de diversité de cette station est la plus faible de 2022 ($H' = 0.42$). Six espèces ont été capturées sur cette station, cependant, la valeur d'équitabilité est faible ($E = 0,16$) car le peuplement n'est pas équilibré au sein de la station (91% des effectifs capturés sont des gambusies).

Concernant les suivis de la campagne d'automne, ils sont représentés dans la Figure 77

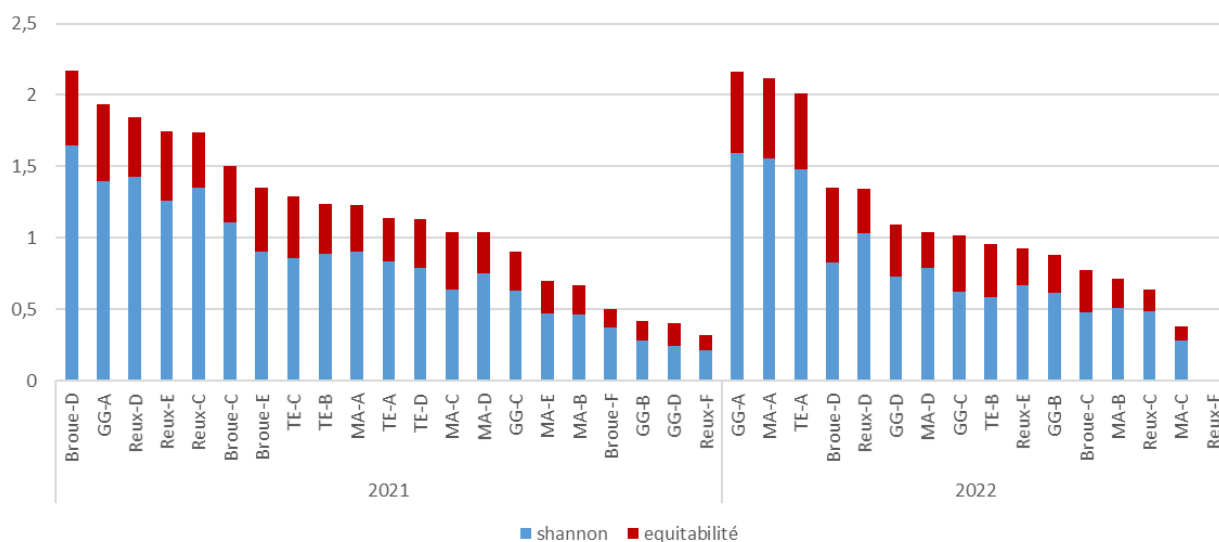


Figure 77. Indice de Shannon et équitabilité des stations échantillonnées à l'automne 2021 et 2022

Les stations ayant les plus fortes valeurs de Shannon sont :

- **Broue-D** en 2021 : Bien que les effectifs capturés soient faibles (entre 1 et 17 individus capturés par espèces), il s'agit de la station ayant la plus forte valeur de Shannon ($H' = 1.65$). Cela s'explique par la forte richesse spécifique sur cette station ($n = 9$) et les effectifs homogènes entre espèces comme mentionnés précédemment ($E = 0.53$).
- **GG-A** en 2022 : Avec un indice de Shannon de 1.60, cette valeur s'explique par une richesse moyenne et un peuplement homogène. Cette station ayant faiblement subi les conditions de sécheresse estivale (hauteur d'eau = 39cm), cela peut expliquer l'indice de Shannon.

Concernant les stations ayant les plus faibles diversités, elles sont identiques entre le suivi de 2021 et celui de 2022 :

- **Reux-F** en 2021 : L'indice de Shannon s'explique par la faible richesse spécifique ($n = 4$) et la surabondance du pseudorasbora sur cette station (96% du peuplement).
- **Reux-F** en 2022 : Il s'agit de la plus faible station car la valeur de Shannon est nulle ($H' = 0$). En effet, une seule espèce piscicole a été capturée sur cette période, le pseudorasbora, avec un effectif extrêmement faible ($n = 2$), ceci expliquant la faible valeur de l'indice de Shannon. Cela peut s'expliquer par une dégradation du milieu à cause de la sécheresse estivale (hauteur d'eau = 4 cm).

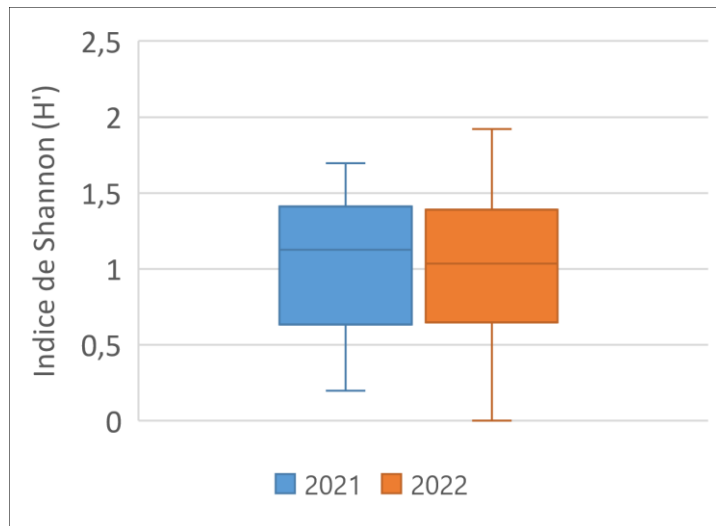


Figure 78. Indice de Shannon en fonction de l'année de suivi

En comparant les indices de diversité entre la campagne de 2021 et celle de 2022, les deux années de suivi ont des indices de Shannon identiques (H' moyen 2021 = 1,02 ; H' moyen 2022 = 1,02 ; Figure 78). Ainsi, aucune différence significative n'est observable selon un test de Mann-Whitney ($K_s = 868$, $p = 0.81$).

2.3 Tendances globales du suivi

2.3.1 Comparaisons des peuplements par Unité Hydraulique Cohérente

Les différentes métriques mesurées ont été analysées en fonction des quatre Unité Hydrauliques Cohérentes afin de distinguer d'éventuelles différences de peuplements entre elles.

2.3.1.1 Occurrence des espèces entre UHC

Le Tableau 7 décrit les occurrences de chaque espèce piscicole et de crustacé sur les différentes UHC et la zone témoin hors UHC sur l'ensemble des campagnes.

Tableau 7. Occurrence des espèces par Unité Hydraulique Cohérente

Espèces	Broue	Grand Garçon	Marennes	Reux Nord	Témoin
Anguille européenne	6/6	4/4	6/6	6/6	4/4
Black-bass	1/6	0/4	0/6	0/6	0/4
Brème sp.	5/6	4/4	2/6	5/6	3/6
Brochet	2/6	0/4	0/6	0/6	0/6
Carassin sp.	3/6	4/4	6/6	6/6	4/4
Carpe commune	6/6	4/4	6/6	6/6	4/4
Carpe miroir	3/6	0/4	0/6	4/6	1/4
Epinoche	3/6	2/4	6/6	3/6	0/4
Gambusie	6/6	4/4	6/6	6/6	4/4
Gardon	2/6	1/4	1/6	3/6	0/4
Gobie sp.	0/6	0/4	0/6	1/6	0/4
Mulet porc	0/6	0/4	1/6	2/6	0/4
Perche commune	0/6	0/4	1/6	1/6	0/4
Perche soleil	6/6	1/4	6/6	5/6	3/6
Poisson-chat	6/6	4/4	6/6	5/6	3/4
Pseudorasbora	3/6	1/4	1/6	6/6	2/4
Rotengle	3/6	0/4	1/6	5/6	1/4
Sandre	4/6	2/4	6/6	5/6	3/4
Silure	0/6	1/4	0/6	1/6	0/4
Ecrevisse de Louisiane	6/6	4/4	6/6	5/6	4/4
Crevettes	3/6	4/4	6/6	6/6	4/4
Crabes	0/6	3/4	0/6	0/6	0/4

L'occurrence de chaque espèce est sensiblement similaire en fonction des UHC. Les espèces dites « **constantes** » (voir p42) sont retrouvées sur toutes les UHC (ex : anguille, carpe, gambusie) et les espèces dites « **rares** » sont retrouvées sur une seule station maximum sur une ou deux UHC (ex : silure, perche commune).

Il est à noter la spécificité de certaines espèces :

- Le **pseudorasbora**, espèce exotique envahissante, est retrouvé sur l'ensemble des stations de l'UHC Reux Nord, ce qui n'est pas le cas sur les autres UHC et sur la zone témoin. Cette tendance est moins observable en 2022 où il est présent sur 5 autres stations hors de l'UHC Reux Nord. Ce constat indique que cette espèce est en phase de colonisation du marais.



Figure 79. *Pseudorasbora*

- L'**épinouche**, espèce pionnière, est présente sur toutes les stations de l'UHC Marennes, ce qui n'est pas le cas au sein des autres UHC.



Figure 80. *Epinoche*

- Le crabe *Dyspanopeus sayi* est présent uniquement sur l'UHC Grand Garçon, UHC ouverte directement sur l'océan par plusieurs ouvrages et dont les fortes concentrations en salinité lui sont favorables.



Figure 81. Crabe *Dyspanopeus sayi*

2.3.1.2 Richesse spécifique des UHC

Les richesses spécifiques ont été analysées en fonction des UHC.

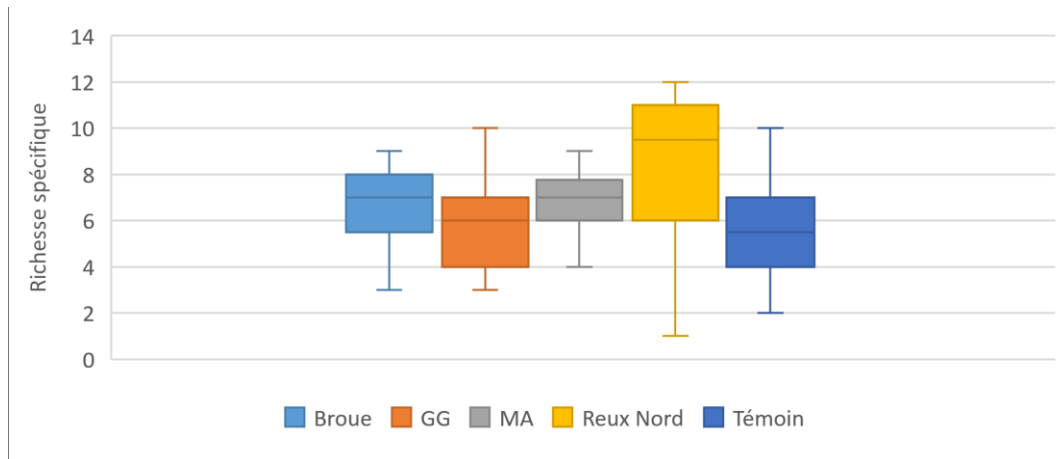


Figure 82. Richesse spécifique en fonction des Unité Hydrauliques Cohérentes

La Figure 82 ci-dessus met en évidence des richesses spécifiques différentes entre les UHC (KW = 13.31, $p > 0.001$), où une médiane plus élevée est observable sur le secteur Reux Nord.

Cette observation est confirmée statistiquement par un test de Nemenyi qui confirme une richesse plus élevée sur Reux Nord par rapport à l'UHC Grand Garçon et à la zone témoin mais aucune différence significative n'est constatée avec les UHC Broue et Marennes.

Il existe une variabilité interannuelle puisqu'une différence avait pu être détectée entre les UHC Reux Nord et Marennes sur la campagne de 2021 mais qui n'est pas retrouvée dans l'analyse globale. Cela est dû à l'apparition de cinq nouvelles espèces sur l'UHC Marennes en 2022

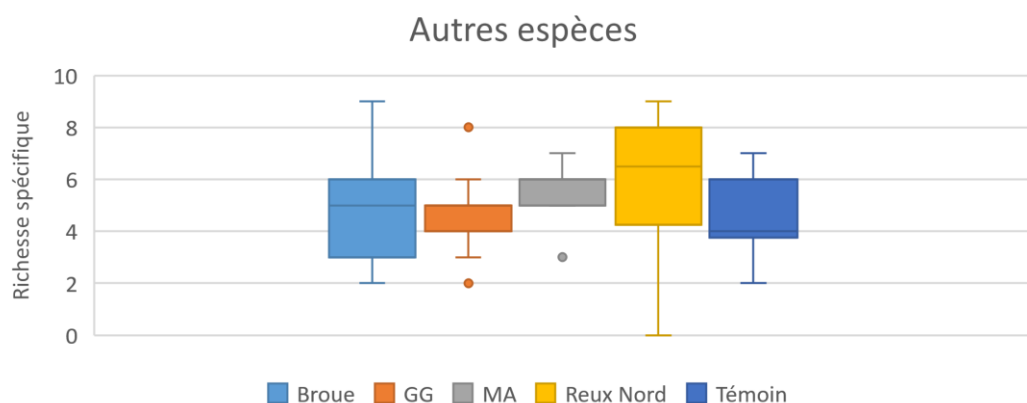


Figure 83. Richesse spécifiques des espèces autochtones en fonction des UHC

Lorsque les espèces exotiques sont séparées des autres espèces, il est possible d'observer des différences avec les tendances de la Figure 82 (Figure 83). En effet, le nombre d'espèces autochtones ne diffère significativement plus entre les UHC Reux Nord et Grand Garçon ($p = 0.07$) alors qu'une différence existe toujours entre Reux Nord et la zone Témoin.

2.3.1.3 Capture Par Unité d'Effort des UHC

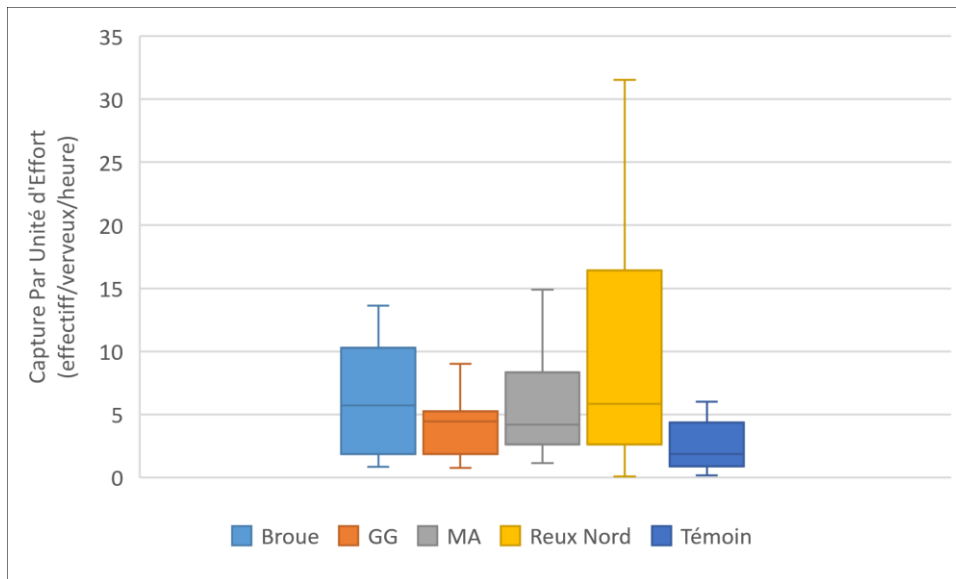


Figure 84. Capture Par Unité d'Effort en fonction des UHC

Concernant les CPUE, aucune différence significative n'est observable entre les UHC (KW = 8.47, $p = 0.07$). La large variabilité des captures au sein de chaque UHC ne permet pas d'établir une tendance claire.

Cependant, une différence de capture existe entre les espèces exotiques envahissantes des UHC Reux Nord et Marennes, où la valeur des CPUE est plus élevée sur l'UHC Reux Nord ($p = 0.03$; Figure 85).

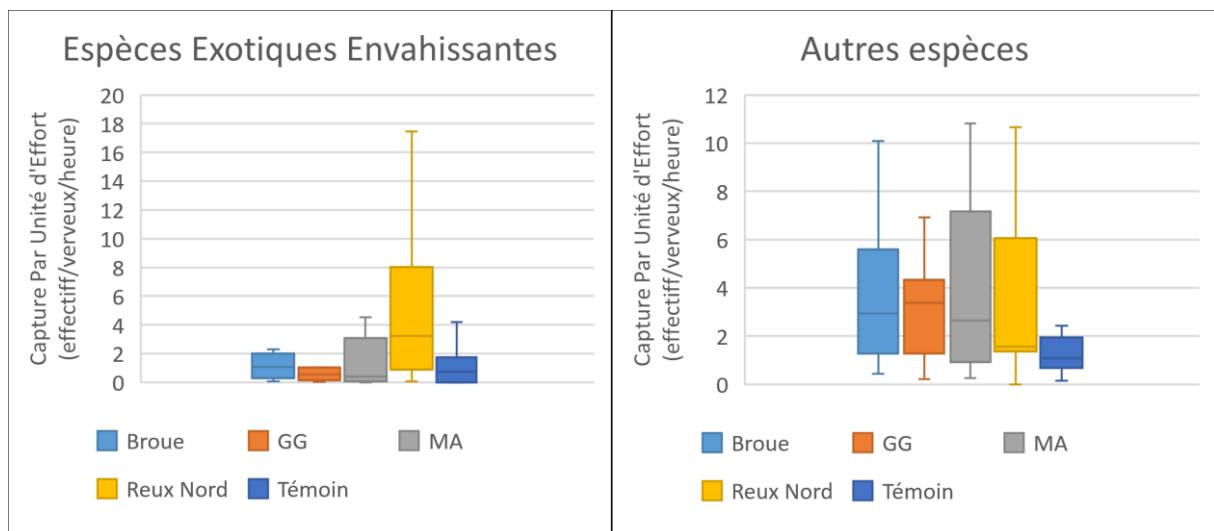


Figure 85. CPUE des espèces exotiques envahissantes et des espèces autochtones en fonction de l'UHC

2.3.1.4 Biomasse Par Unité d'Effort des UHC

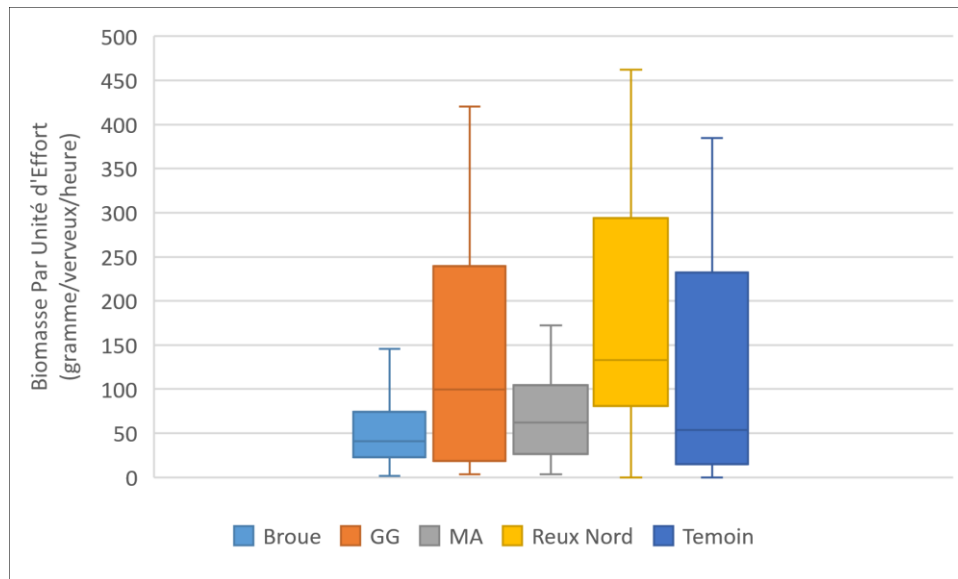


Figure 86. Biomasse Par Unité d'Effort en fonction des UHC

Les BPUE présentent des valeurs similaires entre les différentes UHC (Figure 86). Un test statistique de Mann-Whitney confirme cette tendance avec une p-value de 0.09. De plus, l'analyse des BPUE des espèces exotiques envahissantes et des espèces autochtones ne présente pas non plus de différence significative entre les UHC.

Cependant, d'autres tendances avaient été observées sur la campagne de 2021. En effet, Reux Nord semblait se différencier des autres UHC avec une biomasse plus élevée. La biomasse des poissons capturés de Reux Nord était plus élevée que celles des UHC Marennes et Broue ce qui n'est pas retrouvé sur l'analyse de l'ensemble des campagnes (2021 et 2022).

2.3.2 Comparaisons des peuplements des réseaux secondaires et tertiaires

Les réseaux secondaires et tertiaires de canaux ne possèdent pas les mêmes caractéristiques au sein d'un marais (largeur, profondeur, alimentation en eau, fréquence d'entretien, etc). Ces différences influent directement sur leurs caractéristiques d'habitats (hauteur d'eau et de vase, végétation, matière organique, température de l'eau). Ces caractéristiques peuvent grandement influencer sur la composition du peuplement piscicole. La partie suivante essaiera de détecter d'éventuelles différences entre les peuplements piscicoles en fonction de ce critère.

2.3.2.1 Richesse spécifique des réseaux secondaires et tertiaires

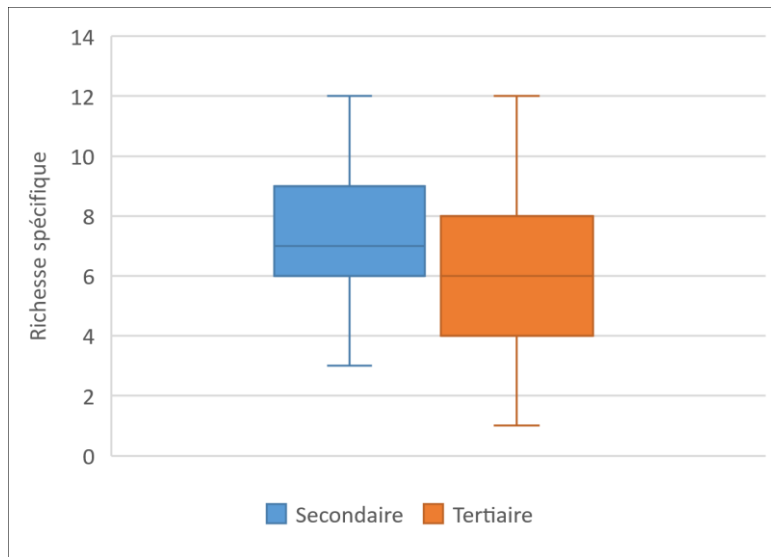


Figure 87. Richesse spécifique en fonction du type de réseau

L'analyse des richesses spécifiques ne présente pas de différences entre les deux types de réseau (Figure 87) les médianes sont équivalentes (7 espèces en secondaire et 6 en tertiaire). Cela est confirmé par un test statistique de Student ($T = 1.98$, $p = 0.06$).

2.3.2.2 Capture Par Unité d'Effort des réseaux secondaires et tertiaires

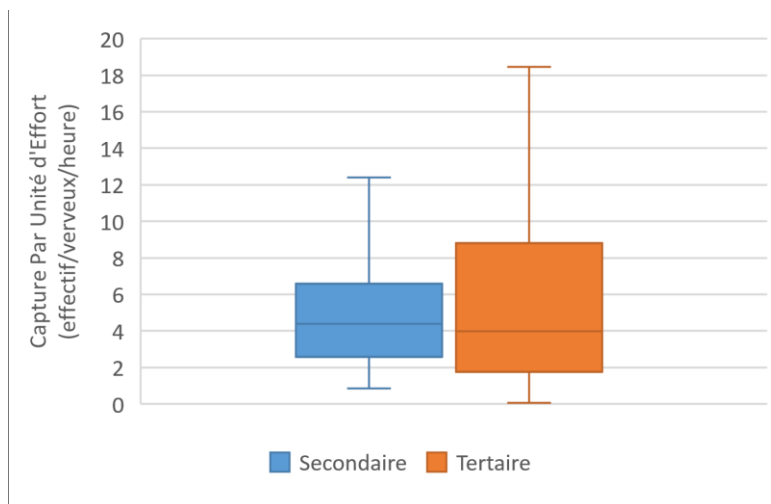


Figure 88. Capture Par Unité d'Effort en fonction du type de réseau

La figure ci-dessus présente les valeurs de CPUE en fonction du type de réseau. Bien que les valeurs du réseau secondaire soient plus homogènes que celles du réseau tertiaire, aucune différence statistique significative n'est observée entre les deux ($Ks = 1050$, $p = 0.38$).

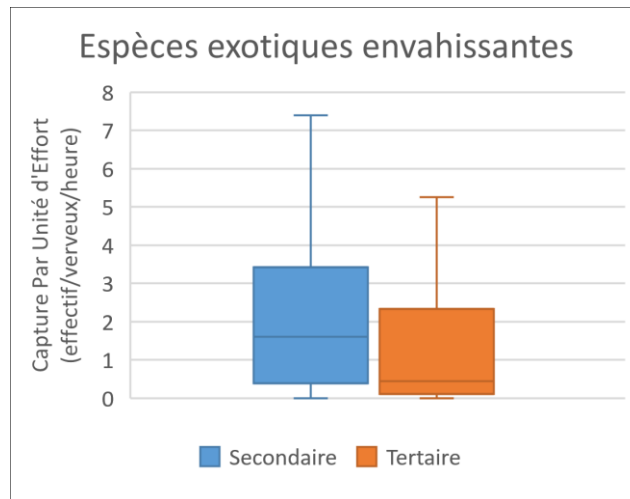


Figure 89. Capture Par Unité d'Effort des espèces exotiques envahissantes en fonction du type de réseau

L'analyse a également été réalisée en dissociant les espèces exotiques envahissantes des autres espèces. Les CPUE des espèces exotiques envahissantes sont significativement plus élevée en réseau secondaire que dans le tertiaire ($K_s = 1205.5$, $p = 0.02$; Figure 89). Cette tendance n'est pas retrouvée pour les espèces autochtones.

Cette information n'avait pas été relevée lors du suivi de 2021. En 2022, les canaux du réseau secondaire ayant été moins impactés par le manque d'eau que ceux du réseau tertiaire, les populations d'EEE ont pu migrer afin d'y trouver des « zones refuges ».

2.3.2.3 Biomasse Par Unité d'Effort des réseaux secondaires et tertiaires

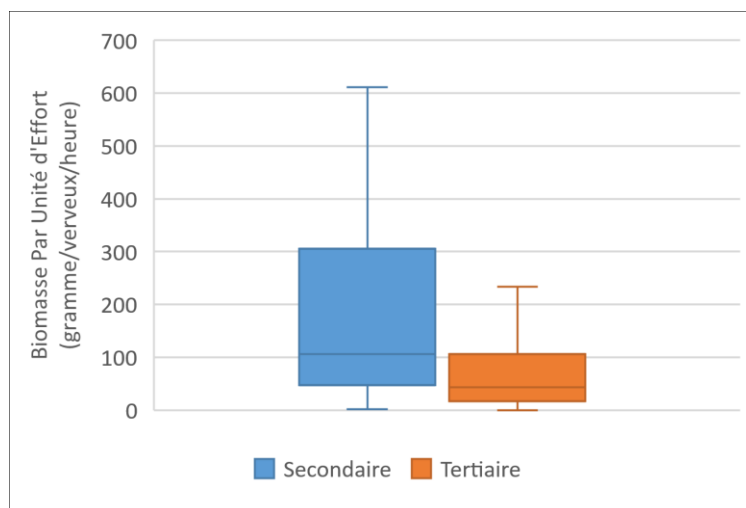


Figure 90. Biomasse Par Unité d'Effort en fonction du type de réseau

La Figure 90 met en évidence une différence significative entre la biomasse de poissons capturés dans le réseau secondaire et dans le réseau tertiaire ($K_s = 1327$, $p < 0.001$). La biomasse est donc plus forte dans le réseau secondaire.

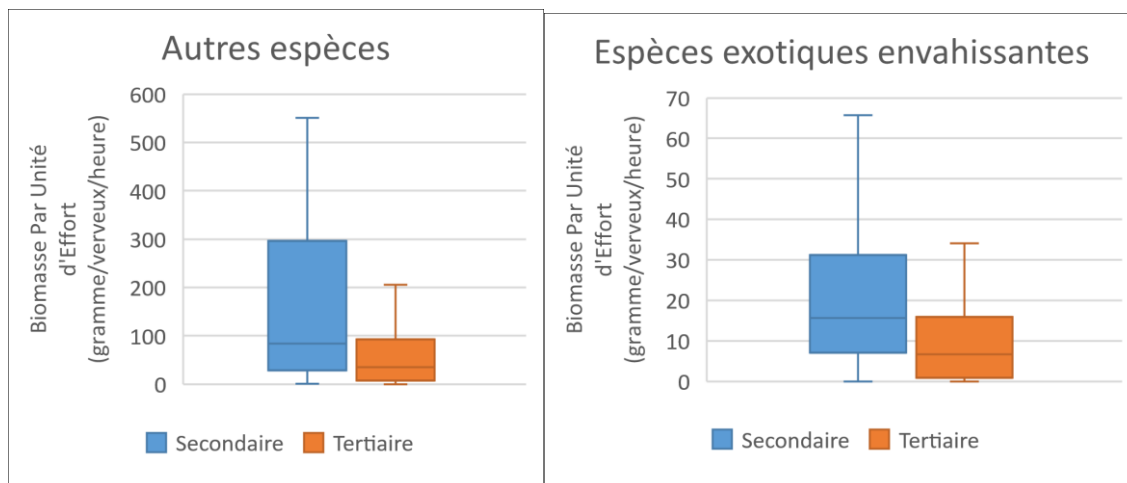


Figure 91. BPU des EEE et des espèces autochtones en fonction du type de réseau

Cette tendance est également retrouvée lorsque les espèces exotiques sont séparées de l'analyse ($K_s = 1287$, $p < 0.001$ pour les espèces natives ; $K_s = 1315.5$, $p = 0.001$ pour les EEE ; Figure 91). Les hauteurs d'eau et les largeurs de canaux étant plus importantes en réseau secondaire, les individus de grandes tailles y sont logiquement capturés en plus grand nombre dans ces milieux.

2.3.2.4 Indice de diversité des réseaux secondaires et tertiaires

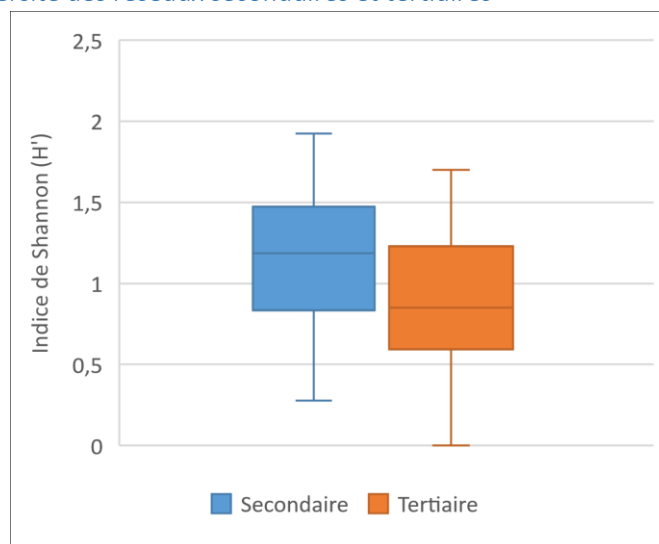


Figure 92. Indices de Shannon en fonction du type de réseau

Concernant les indices de diversité, les valeurs de Shannon sont également plus élevées en réseau secondaire, où une plus grande diversité du peuplement piscicole est présente ($T = 2.60$, $p = 0.02$; Figure 92). Puisque les indices de Shannon sont calculés en fonction des richesses spécifiques et des effectifs capturés, la richesse spécifique n'étant pas significativement différente entre les deux types de réseau (voir précédemment p67), ce sont donc les effectifs capturés qui sont responsables des scores supérieurs des indices en réseaux secondaires.

2.3.3 Comparaison des peuplements par campagne (Printemps et Automne)

La comparaison entre les deux saisons de campagnes (printemps et automne) fait suite à la demande selon le cahier des charges, de réaliser deux campagnes de pêche par année. Cela permet de répondre aux questions relatives aux variations du peuplement piscicole en fonction de la saisonnalité.

2.3.3.1 Richesse spécifique par campagne

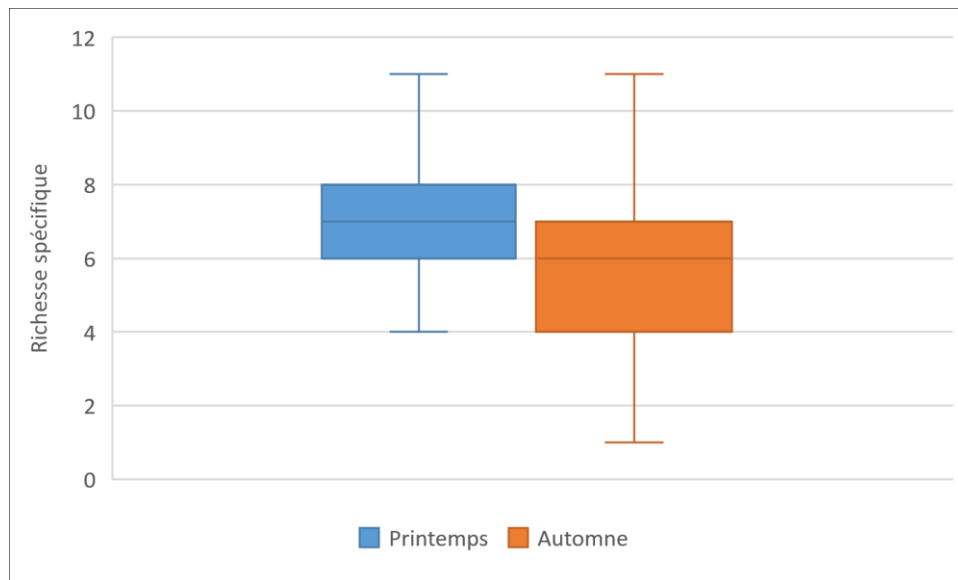


Figure 93. Richesse spécifique en fonction de la saison

La Figure 93 montre une différence significative de la richesse spécifique entre les campagnes de printemps et les campagnes d'automne ($K_s = 387.5$, $p < 0.001$). 50% des stations en automne ont des richesses inférieures ou égales à six espèces. La plus faible richesse spécifique a été détectée sur Reux-F en automne 2022 avec une seule espèce capturée.

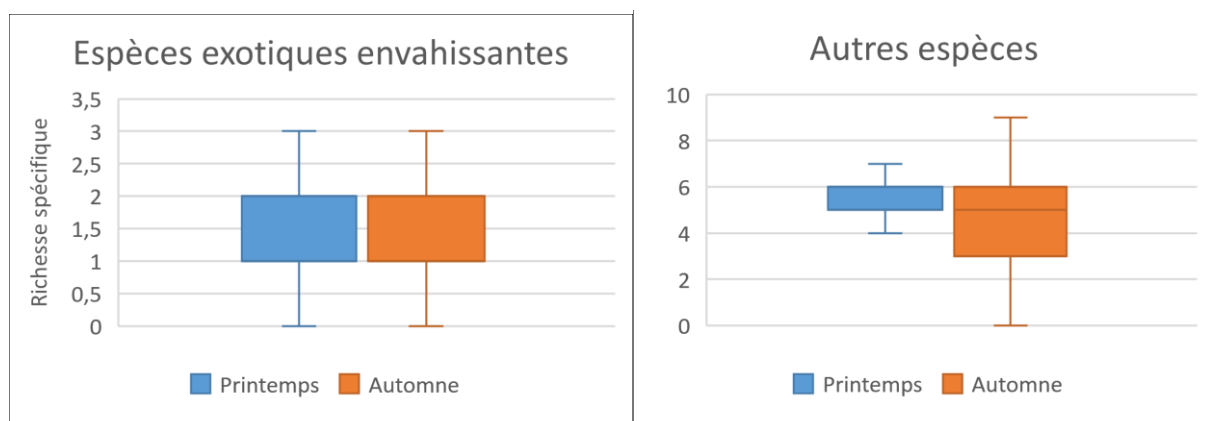


Figure 94. Richesse spécifique des EEE et des autres espèces en fonction de la saison

Les espèces autochtones sont plus impactées par le changement de saisonnalité que les espèces exotiques envahissantes. En effet, les trois EEE ne disparaissent pas entre le printemps et l'automne

contrairement aux espèces inféodées aux marais qui voient leur richesse significativement diminuée ($K_s = 377.5$, $p < 0.001$).

2.3.3.2 Capture Par Unité d'Effort par campagne

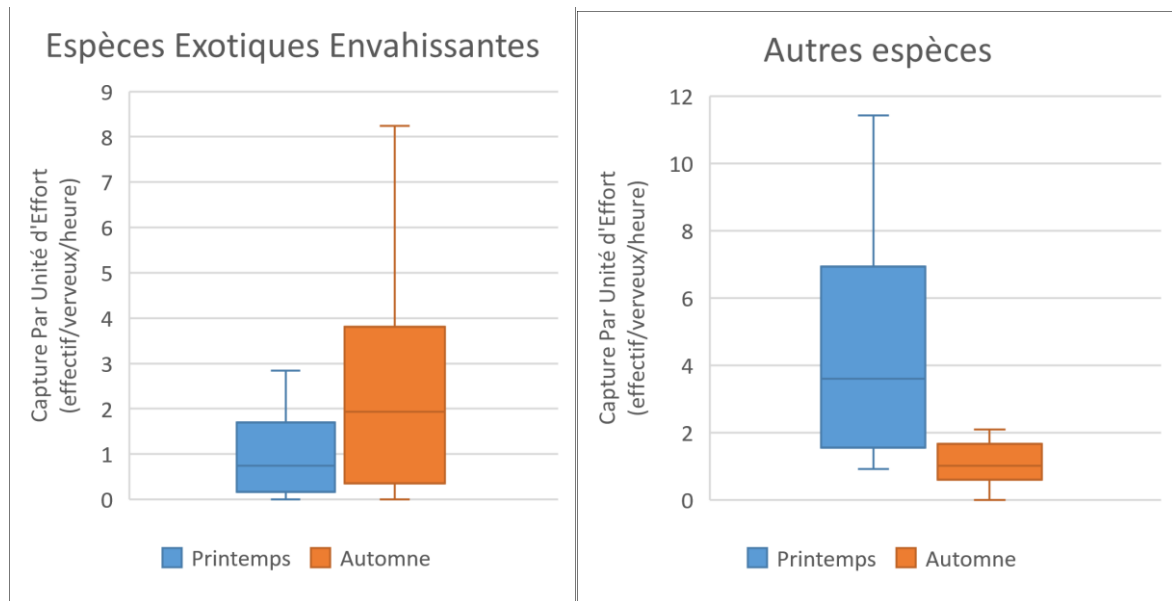


Figure 95. Capture Par Unité d'Effort des espèces exotiques envahissantes et des espèces autochtones en fonction de la saison

Les dynamiques de captures sont opposées entre les espèces autochtones et les espèces exotiques envahissantes entre les campagnes du printemps et d'automne (Figure 95). En effet, les CPUE des espèces autochtones diminuent significativement entre les campagnes de printemps et d'automne ($K_w = 187$, $p < 0.001$). A l'inverse, les CPUE des espèces exotiques envahissantes augmentent entre le printemps et l'automne pour autant cette augmentation n'est pas significative ($K_w = 748$, $p = 0.12$).

L'impact de la sécheresse sur les espèces exotiques envahissantes en 2022 a pu être plus conséquent que d'habitude puisqu'une augmentation des captures avait été statistiquement observée en 2021.

2.3.3.3 Biomasse Par Unité d'Effort par campagne

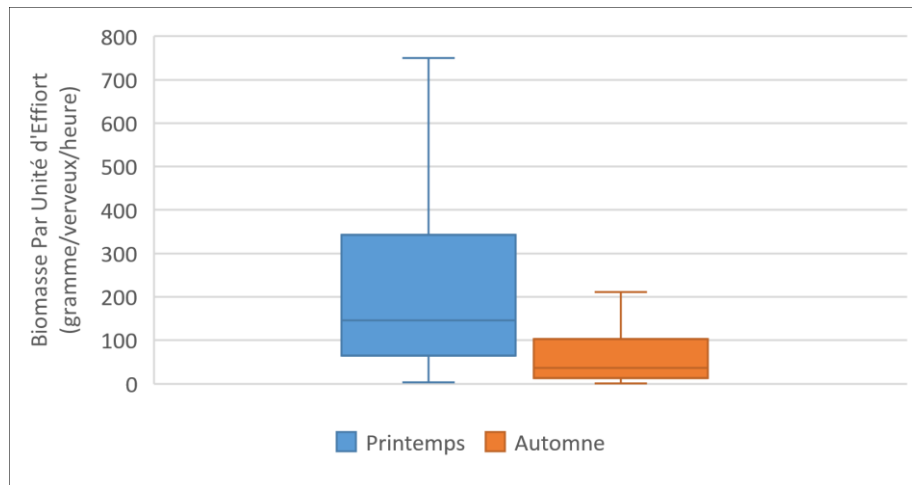


Figure 96. Biomasse Par Unité d'Effort en fonction de la campagne

Les Biomasses par Unité d'Effort sont plus faibles en automne qu'au printemps ($K_s = 310$, $p < 0.001$) comme le montre la figure ci-dessus (Figure 96).

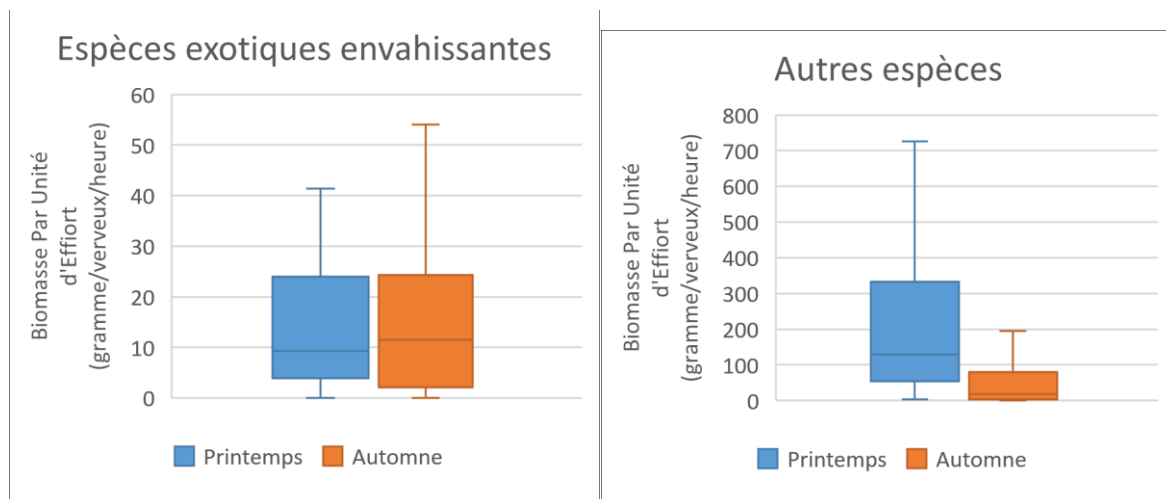


Figure 97. Biomasse Par Unité d'Effort des espèces exotiques envahissantes et autochtones en fonction de la saison

De la même manière que les CPUE, les BPUE des espèces autochtones sont significativement plus élevées au printemps qu'en automne ($K_s = 272$, $p < 0.001$) alors que ce pattern n'est pas retrouvé pour les espèces exotiques envahissantes ($K_s = 512$, $p = 0.21$; Figure 97).

2.3.3.4 Indice de diversité par campagne

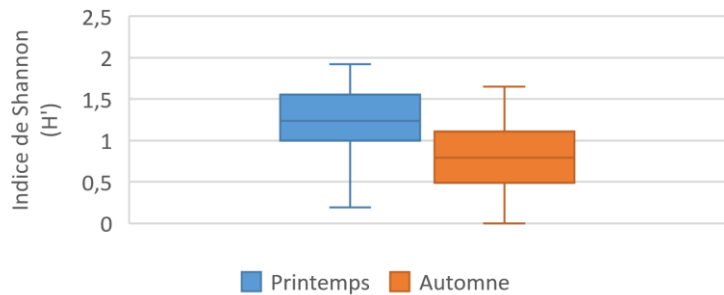


Figure 98. Indice de Shannon en fonction la saison

Il y a une différence de diversité entre les captures de printemps et celles d'automne (Figure 98). En effet, les indices de Shannon sont significativement plus élevés pour la campagne de printemps que pour celle d'automne ($K_s = 304$, $p < 0.001$). Cela s'explique par une richesse spécifique et des captures plus élevées au printemps.

2.3.4 Relations avec les facteurs environnementaux

Le suivi cherche également à prendre en compte les critères d'habitats dans l'étude du peuplement piscicole du marais de Brouage. Ainsi, deux critères d'habitats vont être étudiés en relation avec les résultats biologiques du suivi : la hauteur d'eau et le recouvrement de la végétation aquatique.

Les résultats biologiques étudiés sont les CPUE, les BPUE, les richesses spécifiques et les valeurs de Shannon de chaque station. Dans le cas des CPUE et des BPUE, en plus des résultats totaux, les espèces autochtones et les espèces exotiques envahissantes ont également été distinguées pour déterminer d'éventuelles différences entre les deux groupes.

2.3.4.1 Recouvrement des stations par la végétation aquatique

La surface de recouvrement de la végétation sur chaque station a été déterminée. Ce paramètre a été classé en quatre catégories : 0% de la surface recouverte par la végétation, moins de 30% de la surface, entre 30 et 60% de la surface, et plus de 60% de la surface. L'ensemble des stations pour chaque campagne (quatre campagnes) a été analysée.

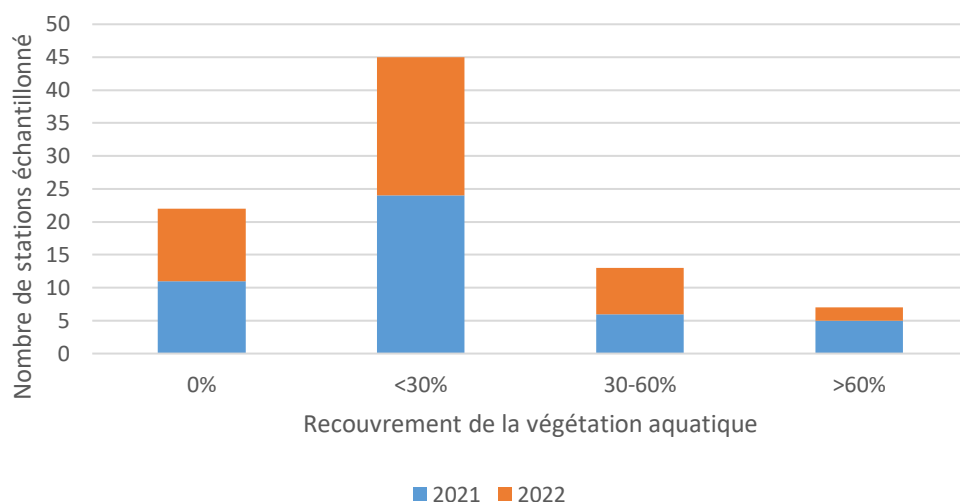


Figure 99. Nombre de stations échantillonnées en fonction du recouvrement en végétation aquatique

Le recouvrement est hétérogène au sein des différentes stations échantillonnées dans le marais de Brouage (Figure 99). La moitié des stations ont un recouvrement en végétation aquatique équivalent à moins de 30% de leurs surfaces (n = 45), aussi bien en 2021 (n = 24) qu'en 2022 (n = 21).

Sept espèces de plantes aquatiques ont été observées sur l'ensemble du suivi : la Jussie faux-pourpier (*Ludwigia peploides*), le Cornifle nageant (*Ceratophyllum demersum*), le Myriophylle du Brésil (*Myriophyllum aquaticum*), la Rupie maritime (*Ruppia maritima*), une espèce de Potamot (*Potamogeton sp.*), des lentilles d'eau et des algues filamenteuses. Leur fréquence d'apparition (en pourcentage) en fonction du taux de recouvrement est exprimée dans le tableau suivant.

Tableau 8. Fréquence d'apparition des espèces végétales aquatiques en fonction du taux de recouvrement de la végétation

Espèces	Recouvrement		
	<30%	30-60%	>60%
Jussie Faux pourpier	34%	24%	100%
Cornifle nageant	12%	8%	0%
Potamot sp.	5%	16%	0%
Lentilles d'eau	9%	24%	0%
Algues filamenteuse	7%	31%	15%
Myriophylle du Brésil	29%	24%	29%
Ruppie maritime	12%	0%	0%

Les sept espèces aquatiques sont présentes sur les stations ayant un recouvrement inférieur à 30% (Tableau 8). Pour les stations ayant un recouvrement compris entre 30 et 60%, seule la Ruppie maritime disparaît, les six autres étant toutes présentes. Pour les stations ayant un recouvrement de la végétation aquatique supérieur à 60%, seuls la Jussie, le myriophylle du Brésil et les algues filamenteuses sont présentes. De plus, la Jussie est présente sur toutes les stations ayant un recouvrement supérieur à 60%, cette espèce étant connue pour sa grande capacité à se propager dans les milieux aquatiques (Espèce Exotique Envahissante).

Les richesses spécifiques des stations ont été analysées en fonction du taux de recouvrement.

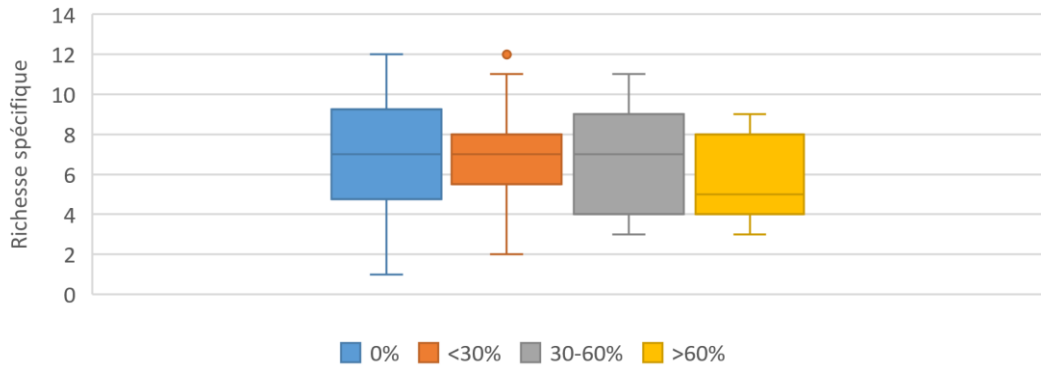


Figure 100. Richesses spécifiques des stations en fonction du recouvrement de la végétation aquatique

Il est possible d'observer une richesse spécifique plus faible en moyenne sur les stations ayant un recouvrement supérieur à 60% (richesse moyenne = 5.8 espèces) contrairement aux trois autres catégories qui ont des richesses spécifiques équivalentes (richesse moyenne = 6.7) (Figure 100). Cependant, cette observation n'est pas confirmée statistiquement par un test de Kruskal-Wallis ($Kw = 1.04$, $p = 0.80$). Sachant que les stations à plus de 60% de recouvrement sont toutes colonisées par la **jussie**, cela explique la diminution de la richesse spécifique. En effet, la jussie, à forte densité, est connue pour impacter le peuplement piscicole.

Les autres analyses statistiques n'ont amené à **aucune conclusion significative** entre le recouvrement et les différentes variables biologiques (CPUE, BPUE, Shannon).

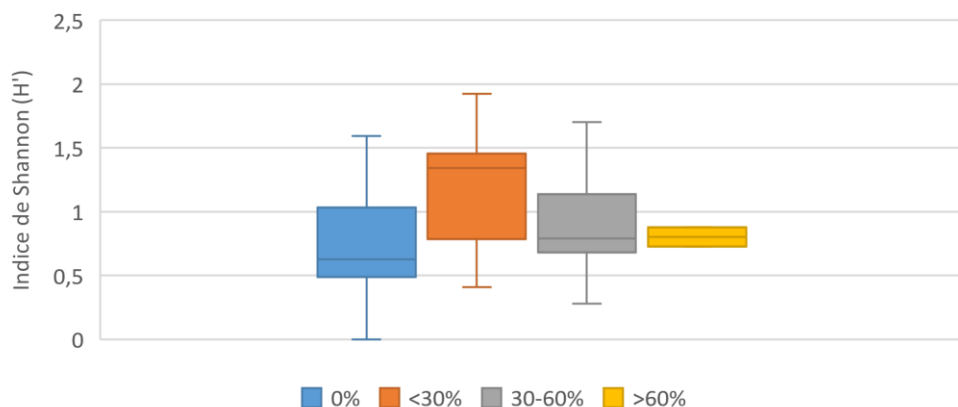


Figure 101. Indice de Shannon en fonction du recouvrement de la végétation aquatique des stations en 2022

Cependant, en 2022, une différence significative a été détectée entre les indices de Shannon des différentes stations et le recouvrement par la végétation aquatique (Figure 101). Un test de Kruskal-Wallis confirme cette différence ($Ks = 7.96$, $p = 0.01$), un test complémentaire de Nemenyi permet d'affiner cette analyse et déterminer une différence significative de diversité entre les stations n'ayant aucun recouvrement végétal et celle de moins de 30% ($p = 0.017$). Aucune différence n'est détectée entre les autres groupes.

Ce résultat peut s'expliquer par la différence de saisonnalité entre les différentes classes de recouvrement végétal. En effet, neuf des onze stations n'ayant aucun recouvrement végétal sont des stations inventoriées en automne. La campagne d'automne fut précédée par une forte sécheresse

estivale et la plupart des stations ont vu leur hauteur d'eau diminuée drastiquement défavorisant, de fait, les conditions de vie pour le peuplement piscicole.

2.3.4.2 Hauteur d'eau

La hauteur d'eau est une caractéristique d'habitat essentielle pour la réalisation du cycle de vie de la faune piscicole. Dans un cadre de la gestion de marais, ce paramètre est un enjeu majeur. Afin de déterminer sur quels aspects du peuplement piscicole il influe, des tests de corrélation ont été réalisés entre les descripteurs biologiques et la hauteur d'eau, ils sont résumés dans le tableau suivant :

Tableau 9. Corrélation entre les descripteurs biologiques et la hauteur d'eau

Descripteur biologique	Hauteur d'eau
CPUE Totale	Pas de corrélation ($p = 0.14$)
CPUE espèces autochtones	Pas de corrélation ($p = 0.17$)
CPUE EEE	Pas de corrélation ($p = 0.53$)
BPUE Totale	Pas de corrélation ($p = 0.53$)
BPUE espèces autochtones	Corrélation ($p = 0.03$)
BPUE EEE	Pas de corrélation ($p = 0.53$)
Richesse spécifique	Corrélation ($p < 0.001$)
Shannon (H')	Corrélation ($p < 0.001$)

Trois descripteurs biologiques sont significativement et positivement corrélés à la hauteur d'eau de chaque station : la biomasse des espèces autochtones, la richesse spécifique et l'indice de Shannon (Tableau 9).

Ainsi, plus la hauteur d'eau est importante, plus la biomasse d'espèces piscicoles autochtones, la richesse spécifique et la diversité du peuplement augmente.

2.3.5 Etude des traits écologiques

Afin d'avoir une idée plus précise de la réponse du peuplement piscicole du marais aux différentes conditions environnementales du marais, les traits écologiques du peuplement ont été étudiés. Un trait écologique est un paramètre mesuré au niveau de l'individu qui influe sur sa survie, sa croissance et sa capacité à se reproduire. Chaque trait sera différent en fonction des espèces puisqu'elles réagissent ou s'acclimatent différemment en fonction des conditions environnementales. L'objectif de

cette partie est de déterminer si les peuplements des réseaux secondaires et tertiaires sont différents en fonction des traits écologiques. Les traits écologiques utilisés pour cette étude sont :

- Son habitat
- Son régime alimentaire
- Son habitat de reproduction
- Sa fréquence de reproduction

Les caractéristiques de chaque espèce pour chaque trait sont renseignées en annexe (annexe 77)

- Habitat

Trois catégories d'individus sont caractérisées pour ce trait :

- Les individus **pélagiques** restant en pleine eau dans la colonne d'eau,
- Les individus **benthopélagiques** occupant aussi bien le fond du canal que la colonne d'eau,
- Les individus **benthiques** qui exploitent le fond des canaux.

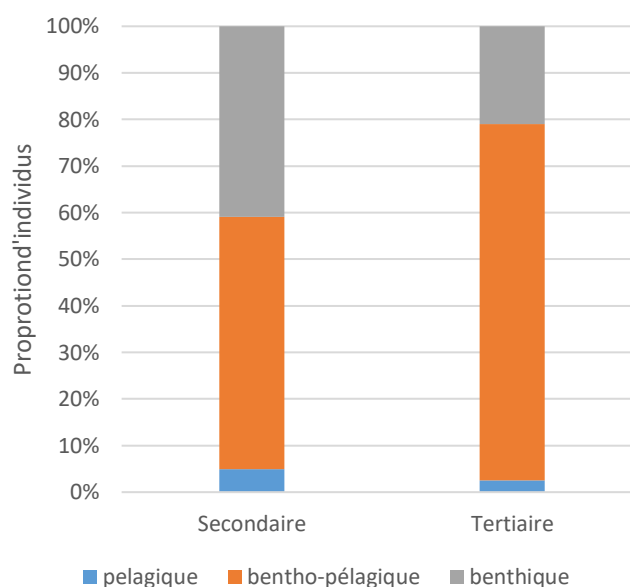


Figure 102. Proportion des individus en fonction de leur habitat et du réseau de canal

Dans les deux types de réseaux, la majorité des individus sont benthopélagiques, ils exploitent l'ensemble de la colonne d'eau. Cependant, les proportions ne sont pas les mêmes en fonction du réseau, 55% des individus le sont dans le secondaire et 77% dans le tertiaire. Cela s'explique par une plus grande proportion d'individus benthiques dans le secondaire (40% et 20% pour le secondaire et le tertiaire respectivement). Anguilles et poisson-chats représentent la majorité des individus benthiques, leurs captures étant plus grandes en secondaire (CPUE moyen anguilles : = 0.55 ; poisson-chat = 1.71) qu'en tertiaire (CPUE moyen anguille = 0.28 ; poisson-chat = 0.84). Les individus pélagiques sont, eux, en minorité dans les deux types de réseaux (3 et 6% respectivement).

- Habitat de reproduction

Cinq catégories d'individus sont caractérisées pour ce trait :

- Les individus **pélagiques** qui pondent leurs œufs en surfaces (pel),
- Les individus **phyto-lithophiles** qui pondent aussi bien sur les végétaux que sur les fonds constitués de cailloux, graviers ou de roches (phylith),
- Les individus **lithophiles** qui pondent exclusivement sur les habitats constitués de cailloux, de graviers ou de roches (lith),

- Les individus **phytophiles** qui déposent leurs œufs exclusivement sur les végétaux (phy),
- Les individus **psammophiles** se reproduisant sur le sable (psam).

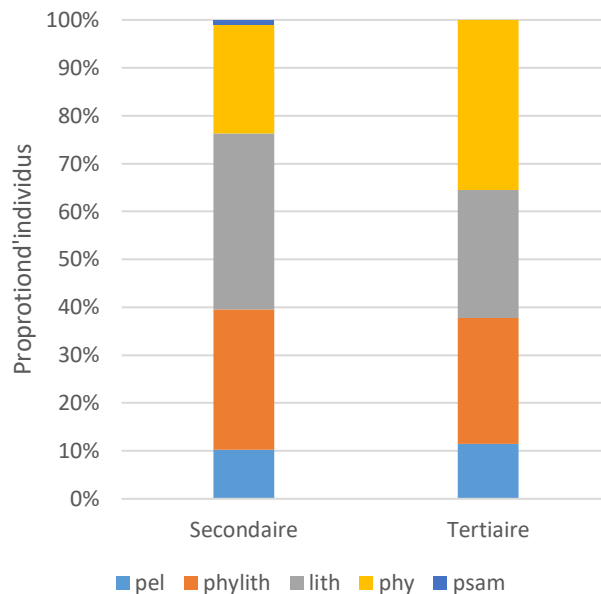


Figure 103. Proportion des individus en fonction de leur habitat de reproduction et du réseau de canal

Concernant les habitats de reproduction, les deux types de canaux sont dominés par des individus phytophiles, lithophiles ou phyto-lithophiles. Les canaux secondaires sont majoritairement dominés par des individus lithophiles (37%) contrairement aux individus des canaux tertiaires qui sont majoritairement phytophiles (35%). Les proportions d'individus pélagiques et phytophiles sont identiques entre les deux types de réseaux (11 et 12% / 30 et 27%). Il faut noter la présence d'individus psammophiles en réseau secondaire, individus se reproduisant dans le sable, ils ne proviennent pas du marais mais de l'océan puisqu'il s'agit des gobies capturés en 2021.

- Régime alimentaire

Trois types de régimes sont décrits par ce trait :

- Les individus **omnivores** qui consomment autant de végétaux que d'animaux (insectes ou petits poissons)
- Les individus **invertivores** qui consomment à plus de 75% des insectes
- Les individus **piscivores** qui prédatent d'autres poissons à hauteur de plus de 75% de leurs régimes alimentaires

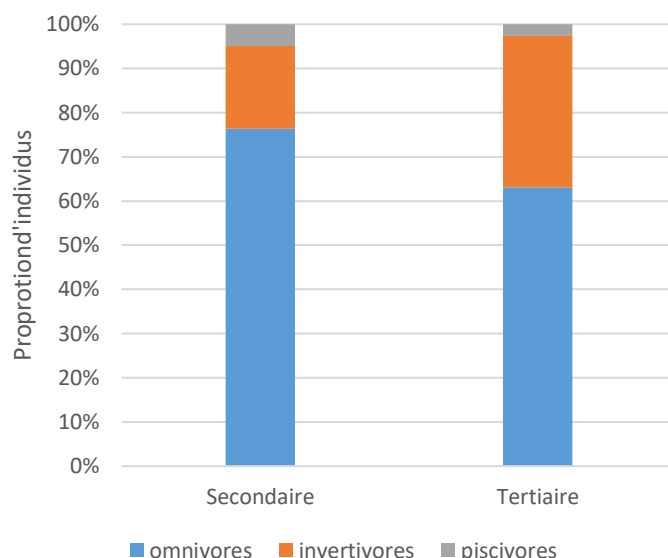


Figure 104. Proportion des individus en fonction de leur régime alimentaire et du réseau de canal

La majorité des individus du marais est omnivore (77% pour le secondaire et 64% pour le tertiaire). Ensuite, les individus strictement insectivores sont représentés dans des proportions différentes en fonction du canal (17% pour le secondaire/ 35% pour le tertiaire). Les individus piscivores sont eux très faiblement représentés au sein des deux canaux (4% et 6% pour le secondaire et le tertiaire respectivement). Cela s'explique par les faibles captures d'espèces carnivores (sandre, brochet, perche, silure) par rapport aux autres types d'individus. Cette faible proportion de carnivore est une donnée commune dans une dynamique de population piscicole. Cependant, l'absence de données historiques empêche de déterminer s'il y a eu une chute significative de cette partie de la population, sensible aux conditions environnementales.

- Fréquence de reproduction

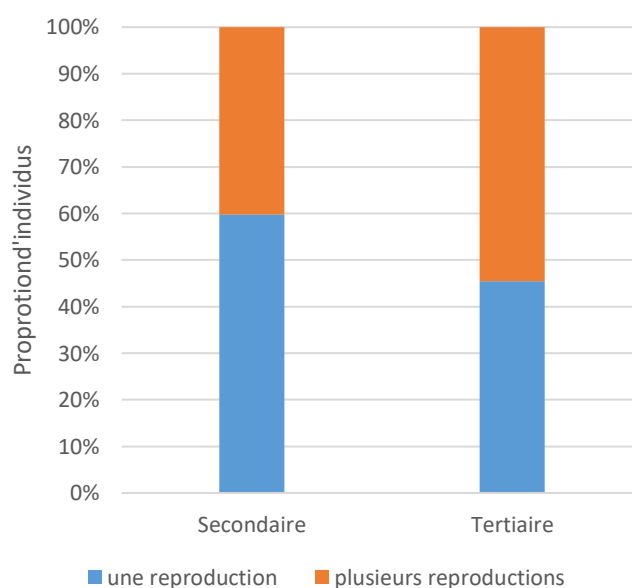


Figure 105. Proportion des individus en fonction de leur fréquence de reproduction et du réseau de canal

Les tendances sont inversées entre le réseau secondaire et le réseau tertiaire (Figure 105). La majorité des individus du secondaire ne se reproduisent qu'une seule fois (60% contre 40% pour les individus se reproduisant plusieurs fois) alors que ces proportions sont plus équilibrées dans le réseau tertiaire (une reproduction = 45% / plusieurs reproductions = 55%).

2.4 Focus sur l'Anguille européenne (*Anguilla anguilla*)

L'étude du peuplement piscicole du marais de Brouage nécessite un volet d'étude spécifique à l'Anguille européenne. La partie suivante lui sera donc consacrée.

2.4.1 Description et enjeux de l'espèce

L'Anguille européenne (*Anguilla anguilla*) est un poisson amphihaline thalassotoque appartenant à la famille des Anguillidés. Sa distribution géographique est large. Fréquente sur toute la façade Atlantique, l'anguille est une espèce emblématique des cours d'eau français. Son cycle de vie est complexe : elle se reproduit dans les profondeurs de la mer des Sargasses, puis, les larves sous formes dites « leptocéphales » approchent les côtes atlantiques. Une fois acclimatée à la température et à la salinité des eaux estuariennes, elle va se métamorphoser un alevin dit « civelle » et ainsi coloniser les eaux intérieures du continent. Ensuite, elle va réaliser sa croissance et son développement dans les cours d'eau, on la nomme alors anguille jaune. Après plusieurs années de croissance, elle atteindra sa maturation sexuelle, en se métamorphosant en stade « argenté », et dévalera les cours d'eau pour traverser l'océan et partir se reproduire dans la mer des Sargasses.



Figure 106. Anguille européenne mesurée

Son cycle de vie complexe et long, entre eau douce et eau salée, couplé à diverses menaces (obstacle à la migration, perte d'habitats, surexploitation par la pêche, etc...) en font une espèce menacée. Ainsi, la diminution drastique des stocks d'anguilles a été observée sur plusieurs pays européens depuis des décennies, ce qui lui a valu d'être inscrite sur la liste rouge des espèces en danger critique d'extinction par l'UICN.

2.4.2 Capture et Biomasse Par Unité d'Effort (CPUE/BPUE)

Les captures d'anguilles sont très hétérogènes au sein des stations et entre les deux années de suivi (Figure 107).

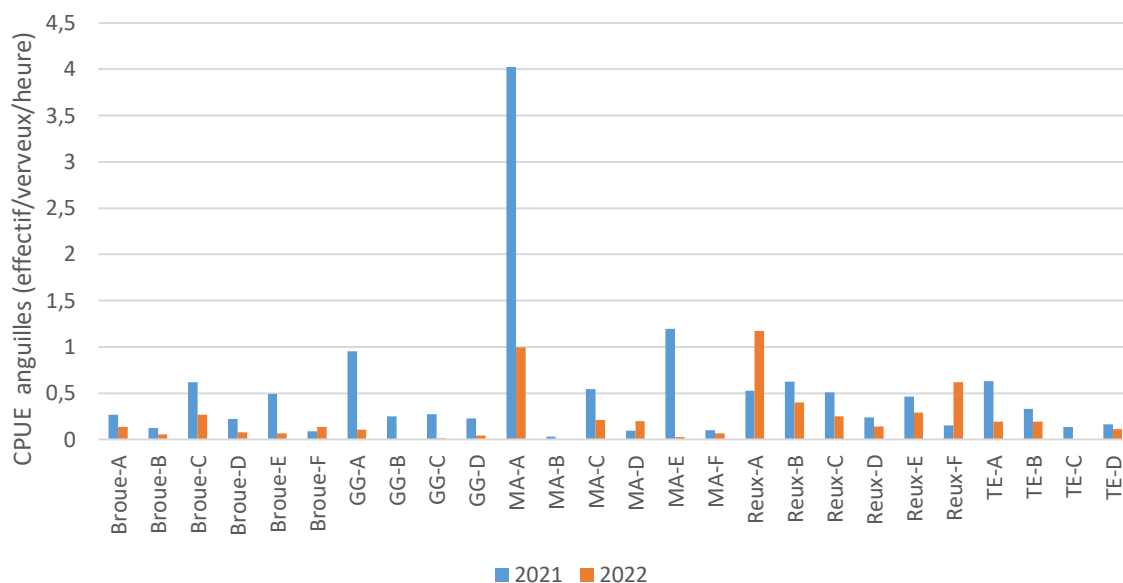


Figure 107. Capture Par Unité d'Effort des anguilles par station et par année

La plus forte valeur de CPUE est obtenue sur la station MA-A en 2021 avec plus de 4 anguilles capturées en moyenne par heure (CPUE = 4.03). L'UHC Marennes comprend les plus fortes captures d'anguilles en 2021 (MA-A, MA-C et MA-E) ce qui n'est pas confirmé l'année suivante. Contrairement à 2021, la plus forte capture d'anguille en 2022 est réalisée sur une station de l'UHC Reux Nord, Reux-A (CPUE = 1.18).

Les plus faibles captures d'anguille se sont faites sur les stations GG-B, MA-B et TE-C (toutes les trois en 2022) avec aucun individu capturé (CPUE = 0). Ces stations ont comme point commun une très faible hauteur d'eau lors de leur échantillonnage. En 2021, la plus faible valeur de CPUE est obtenue sur la station Broue-B avec moins d'un individu par heure en moyenne (CPUE = 0.06).

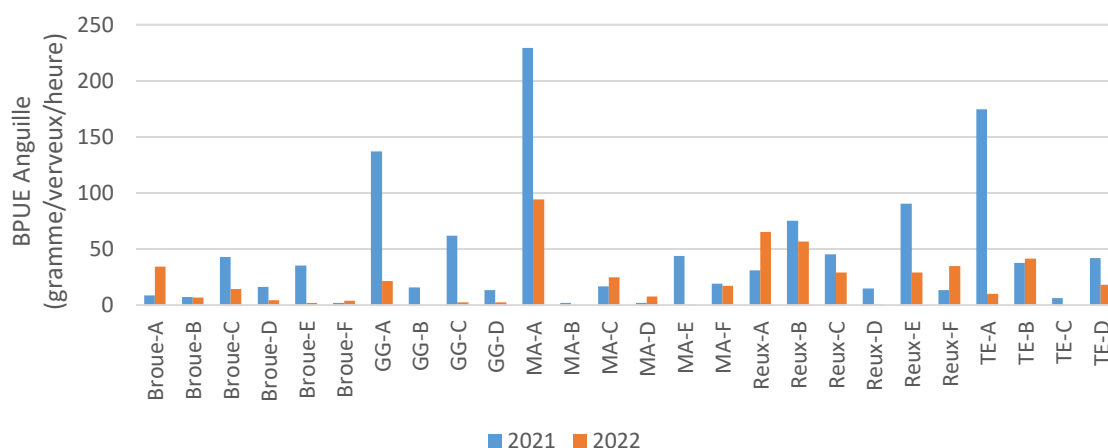


Figure 108. Biomasse Par Unité d'Effort des anguilles par station et par année

A l'instar des CPUE, les biomasses des anguilles capturées sont variables entre les stations (Figure 108). Les résultats suivent ceux des CPUE puisque la station avec la plus forte valeur de BPUE est identique, il s'agit de MA-A en 2021 (BPUE = 229.29). De même, en 2022, la station ayant la plus forte biomasse d'anguilles est Reux-A.

Ensuite, captures d'anguilles ont été analysés en fonction du type de réseau, de l'UHC et de la campagne.

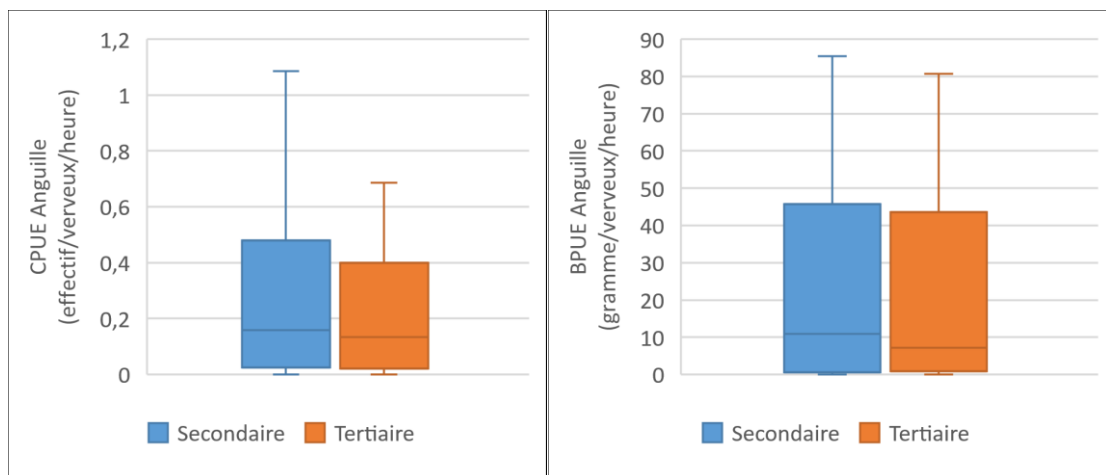


Figure 109. CPUE et BPUE des anguilles en fonction du type de réseau

Concernant les différences entre réseaux, les effectifs et les biomasses des anguilles capturées sont similaires entre le réseau secondaire et le réseau tertiaire (Figure 109). Les tests statistiques ne présentent pas de différences significatives entre les deux types de réseau pour les CPUE et les BPUE.

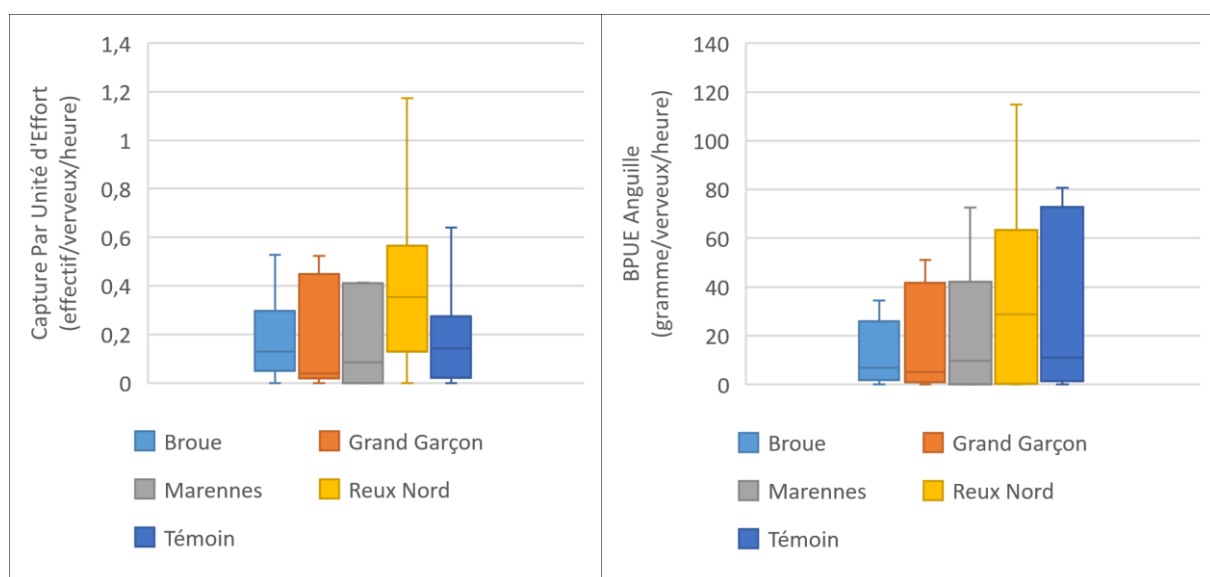


Figure 110. CPUE et BPUE des anguilles en fonction de l'UHC

Les valeurs de CPUE des anguilles sont similaires entre les UHC à l'exception de Reux Nord dont la valeur médiane est supérieure aux autres UHC, ce qui est confirmé par un test de Kruskal-Wallis ($Kw =$

5.84, $p = 0.45$). Concernant les BPUE, aucune différence significative n'est observable entre les UHC ($Kw = 4.93$, $p = 0.43$).

L'UHC Marennes se distingue par deux stations où de fortes captures d'anguilles ont été réalisées. Cette tendance est contrebalancée par un nombre important de stations appartenant à l'UHC Marennes où aucune capture d'anguilles n'a été réalisée notamment en 2022. A l'inverse, l'UHC Reux nord présente des captures régulières d'anguilles quelle que soit la station inventoriée ce qui explique la différence de significativité de CPUE.

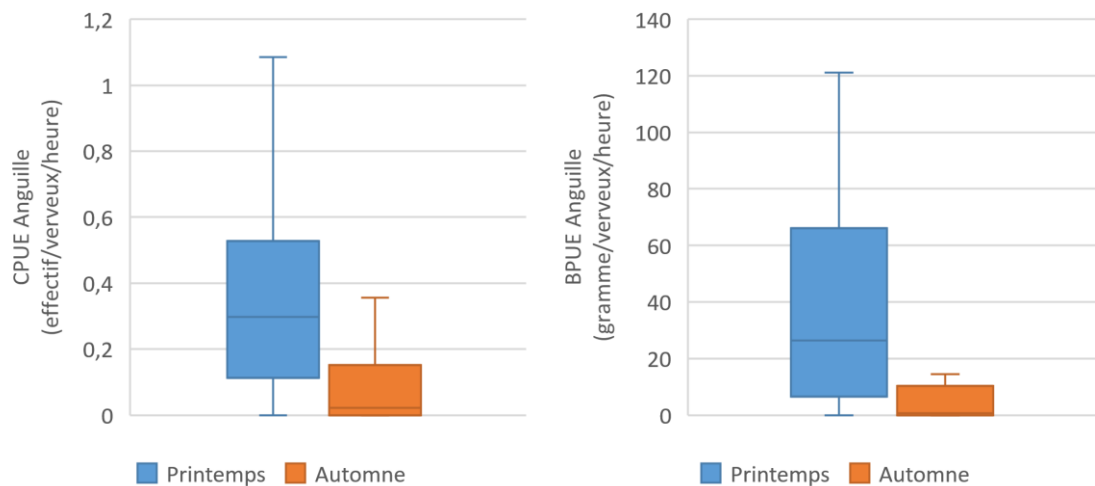


Figure 111. CPUE et BPUE des anguilles en fonction de la saison

Concernant la saisonnalité, les captures d'anguilles sont bien plus élevées au printemps qu'en automne avec une moyenne de 0.56 individu au printemps contre 0.13 individu en automne (Figure 111). Un test de Mann-Whitney confirme une diminution significative des captures du printemps à l'automne ($Ks = 341$, $p < 0.001$). La même statistique est logiquement retrouvée pour les BPUE avec des biomasses significativement plus grandes au printemps qu'en automne ($Ks = 358$, $p < 0.001$).

2.4.3 Classes de tailles

L'analyse des classes de tailles de l'anguille est nécessaire pour comprendre sa dynamique au sein du marais de Brouage. En effet, sa biologie et son comportement migratoire varient en fonction de la taille des individus. Les descripteurs à partir des cohortes ont déjà été étudiés et sont renseignés dans le tableau suivant (Lambert & Rigaud. 1999) :

Tableau 10. Définitions biologiques et migratoires des classes de taille de l'anguille européenne (Lambert & Rigaud. 1999)

Classe de taille	Correspondance biologique	Comportement migratoire
<150mm	Civelle et jeune anguille jaune d'un été	En migration anadrome
]150-300]	Anguille jaune non sexuellement différenciée d'au moins deux étés	Potentiellement en migration anadrome
]300-450]	Anguille mâle jaune et argentée, femelle jaune	Mâles considérés comme sédentaires ou en migration catadrome - Femelles considérées comme sédentaires
]450-600]	Anguille femelle jaune ou argentée	Femelles considérées comme sédentaires ou en migration catadrome - Sédentarisation définitive possible des mâles
>600mm	Anguille femelle qui présente un retard pour sa migration génésique	Sédentarisation définitive possible des femelles

Les classes de tailles des anguilles capturées sur l'ensemble du suivi ont été représentées dans l'histogramme suivant.

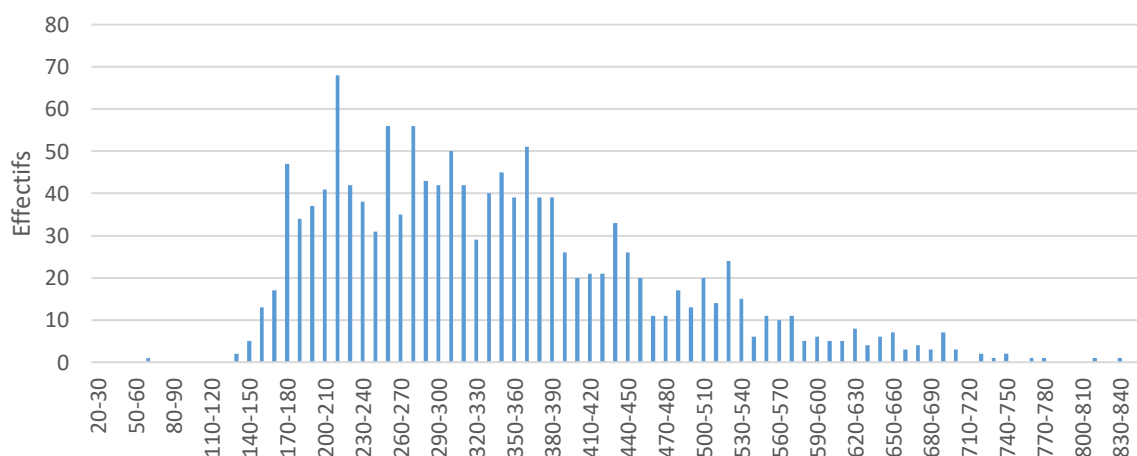


Figure 112. Classes de taille des anguilles capturées dans le marais de Brouage sur l'ensemble du suivi

La majorité des anguilles capturées ont des tailles comprises entre 170 et 450mm (Figure 112).

Dans l'analyse des résultats suivants, les individus de tailles <150 mm n'ont pas été pris en considération. En effet, les mailles des verveux utilisés sont de tailles de 6mm, cette maille ne ciblant pas les anguilles de moins de 150 mm. Ainsi, ces individus ont pu s'échapper de l'engin. Cependant, quelques individus d'anguilles inférieures à 150mm ont été capturés sur l'ensemble des UHC et témoins, à l'exception de l'UHC Grand Garçon. Cela signifie que **les jeunes anguilles de l'année sont capables de coloniser la quasi-totalité des UHC**, même les plus reculées dans le marais (Broue en 2021 par exemple ; Figure 113).

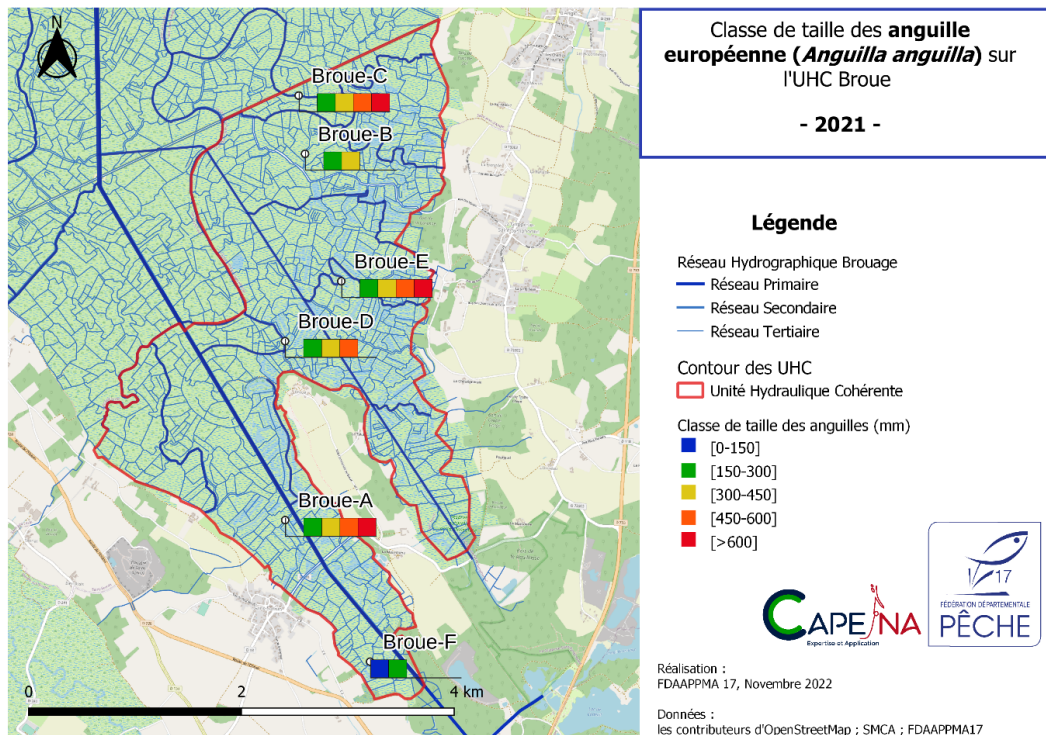


Figure 113. Carte des classes de taille des anguilles sur l'UHC Broue en 2021

La carte ci-dessus représente les classes de taille des anguilles capturées sur l'UHC Broue pendant le suivi de 2021. Il est possible d'observer la présence d'anguilles de moins de 150mm sur la station Broue-F, la station la plus reculée de l'intégralité du marais. Les anguilles comprises entre 150 et 300mm sont également présentes sur l'ensemble des stations de l'UHC Broue en 2021, seule classe de taille dans cette configuration. Les autres cartes sont compilées en annexes (annexes 49 à 53).

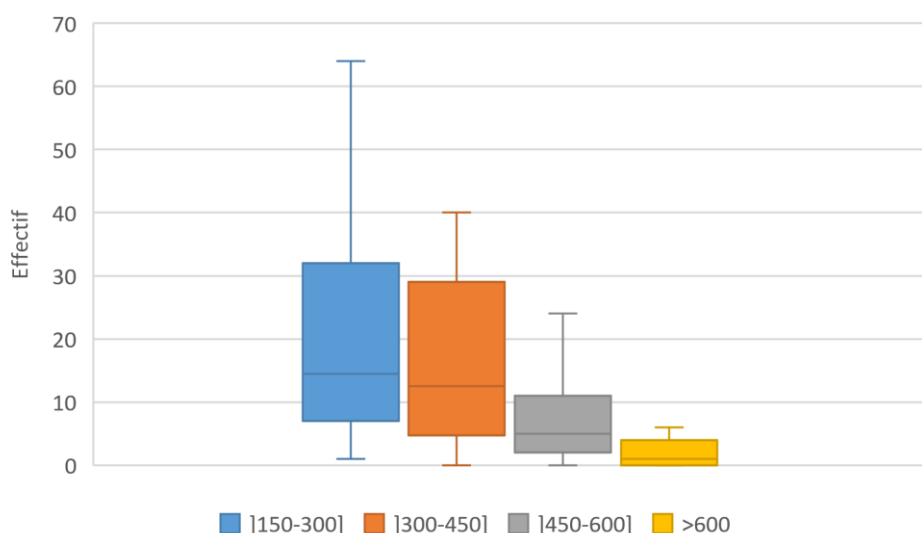


Figure 114. Effectifs d'anguilles capturées par classes de taille sur les deux années de suivi

La Figure 114 met en évidence les classes de taille des anguilles capturées. Les captures majoritaires sont des anguilles comprises entre 150 et 450mm, soit les anguilles jaunes en migration de montaison.

Tableau 11. Effectifs des anguilles par classes de taille et par UHC en 2021 et 2022

Classes de taille	Broue	Grand Garçon	Marennnes	Reux Nord	Témoin	Total
]150-300]	100	64	272	157	29	622
]300-450]	46	69	219	137	73	544
]450-600]	15	41	39	63	37	195
>600	4	12	8	12	23	59

Le Tableau 11 décrit les effectifs d'anguilles capturés en fonction de leurs classes de taille et de leur UHC. Un test de chi2 confirme que la répartition des anguilles en fonction de leur taille est significativement différente entre les UHC ($\chi^2 = 146.57$, $p < 0.001$). L'UHC Broue est majoritairement dominée par des anguilles comprises entre 150 et 300mm, soit des colonisatrices potentielles. L'UHC Marennnes se distingue par de fortes captures d'anguilles de tailles comprises entre 150mm et 450mm

Les anguilles appartenant à la catégorie [150-300mm] sont moins contactées sur l'UHC Grand Garçon et le secteur témoin. Ce résultat est surprenant dans le cas de Grand Garçon au vu de la forte connectivité de cette UHC avec l'océan et aux faibles nombres d'ouvrage recensés sur le secteur (17 ouvrages, voir annexe 55).

La proportion d'anguilles capturées de taille supérieure à 600mm est faible quel que soit l'UHC (entre 2 et 7% des effectifs totaux). La zone témoin est l'unique secteur où cette catégorie d'individus a été le plus capturée ($n = 23$) mais cela ne représente que 14% des anguilles de ce secteur.

2.4.4 Argenture

Le stade d'anguille argentée intervient lorsque l'individu est prêt à se reproduire et donc apte à dévaler vers l'océan. Ce stade correspond à une dernière métamorphose impliquant des changements morphologiques et physiologiques. Les changements morphologiques connus sont : le développement d'une robe argentée, une augmentation du diamètre de l'œil et de la longueur des nageoires pectorales et l'apparition de neuroblastes noirs très visibles sur la ligne latérale.

Sur l'ensemble des deux années de suivis, 36 anguilles ont été identifiées au stade « argenté » (17 en 2021 et 19 en 2022).

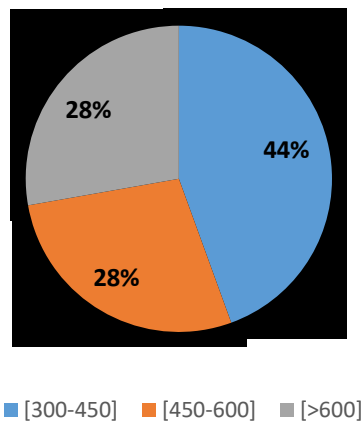


Figure 115. Classes de taille des anguilles argentées capturées dans le marais de Brouage en 2021 et 2022

La majorité des individus argentés mesuraient entre 300 et 450 mm (Figure 115). Ces derniers sont, d'après la littérature, des mâles qui vont démarrer leur migration catadrome. Les anguilles argentées des deux autres classes de tailles sont équivalentes en termes d'effectifs (n = 10 individus). Ces individus sont majoritairement des femelles qui elles aussi vont entamer leur migration afin de se reproduire.

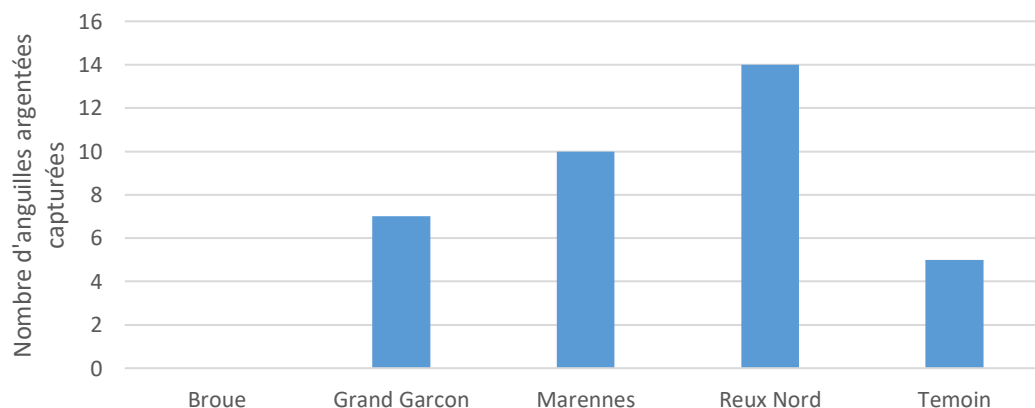


Figure 116. Nombre d'anguilles argentées par Unité Hydraulique Cohérente

La Figure 116 met en évidence la répartition des anguilles argentées capturées en fonction des UHC. L'UHC Reux Nord est le secteur ayant les plus fortes captures de stade argenté (n = 14). L'UHC Marennes, Grand Garçon et la zone témoin suivent ces résultats avec 10, 7 et 5 individus respectivement. Un test statistique de Kruskal-Wallis ne permet pas de préciser les différences entre

UHC. Malgré cela, l'UHC la plus éloignée de l'océan (Broue) est celle où aucune anguille argentée n'a été capturée.

2.4.5 Paramètres environnementaux

Afin d'avoir une connaissance plus précise de l'habitat exploité par l'anguille dans le marais de Brouage, des tests de corrélation de Spearman ont été réalisés entre les CPUE des anguilles capturées et différents paramètres d'habitats. Une étude de Feuteun (1999) mettait en évidence les habitats favorables à l'anguille dans les marais. Il s'agissait de stations à faibles profondeurs, très envasées et fortement encombrées par la végétation aquatique. Ces deux paramètres, ainsi que la hauteur d'eau, ont été testés.

L'analyse suivante n'a donné aucune corrélation significative entre la hauteur de vase et les CPUE des anguilles ($p = 0.97$). Cela ne permet pas de démontrer cette préférence d'habitat de l'espèce sur le marais de Brouage. Cependant, une corrélation positive a été identifiée entre les CPUE des anguilles et la hauteur d'eau ($p < 0.01$), ainsi, **plus la hauteur d'eau augmente et plus il y a d'anguilles.**

Concernant la végétation aquatique, aucune différence significative n'a été observée entre les captures d'anguilles en fonction du recouvrement de station par la végétation aquatique.

3 Bilan des deux années de suivi (2021 et 2022)

3.1 Retour d'expérience sur le protocole

3.1.1 Pertinence du dispositif de capture

L'utilisation de verveux de mailles 6 mm a permis de capturer un grand panel d'espèces, avec des individus de tailles très variée. Seuls les alevins, les gambusies mâles ainsi que les civelles n'ont pas pu être capturés du fait de la maille trop grande pour eux. Cependant, une maille plus fine risquerait une efficacité de pêche moindre (trop visible) et un colmatage plus important. La taille de maille 6 mm paraît la plus adaptée.

L'utilisation de verveux rend le dispositif vulnérable aux ragondins qui font des trous dans les mailles que ce soit pour sortir du verveux (trous à l'extrémité) ou pour attraper les poissons à l'intérieur depuis l'extérieur (les loutres) (comm. pers. FDAAPPMA44). Dans le cadre du suivi, deux verveux ont déjà été volés sur site et n'ont jamais été retrouvés, ce genre d'engin étant prisé par les braconniers.

La réalisation d'inventaires piscicoles par pose de verveux, qui est un dispositif fixe (et passif), ne permet pas de distinguer l'origine de la présence des poissons à un instant donné. En effet, le canal en question peut être un lieu de repos, de reproduction, d'alimentation ou même simplement de circulation.

3.1.2 Intérêt des répliques

Afin de tester la robustesse du protocole, l'étude de 2021 avait mis en évidence l'intérêt de la deuxième et de la troisième relève. Les analyses permettaient de constater l'augmentation jusqu'à quatre nouvelles espèces à l'aide de deux relèves supplémentaires. La découverte d'au moins une nouvelle espèce était de 70% pour la deuxième relève et de 50% pour la troisième relève. Ces observations ne sont pas négligeables et permettent de consolider les données récoltées en augmentant la probabilité de capture et en diminuant l'aspect aléatoire des captures dues aux aléas techniques (trous de ragondin, orages).

De plus, le suivi de 2022, fortement impacté par la sécheresse, a renforcé la valorisation des répliques. Sur certaines stations à très faibles hauteur d'eau (<10cm) durant la campagne d'automne, certaines espèces piscicoles n'ont pu être détectées qu'à partir de la deuxième relève. Les deuxième et troisième relèves sont donc nécessaires pour augmenter la probabilité de capture. Pour conclure, le protocole en l'état est fiable et peut être réutilisé pour de futurs suivis.

3.1.3 Capture accidentelles

L'inconvénient du système de capture par piège passif est la non-sélectivité d'espèces strictement piscicoles. Dans le cas de la cistude, une sensibilisation par la LPO aux agents de la FDAAPPMA17 et de CAPENA a eu lieu au cours du suivi 2021 afin de manipuler les tortues dans les meilleures conditions et de relever les informations utiles au suivi (taille, sexe, photo). Cela a permis de partager et transmettre les données utiles au bureau d'étude en charge du suivi pendant les deux années consécutives.

Cependant, les autres espèces capturées ne sont pas prises en compte dans le suivi et ont été difficiles à identifier par les agents sur le terrain. Il s'agit notamment de crabes et de cnidaires détectés en 2021. Les photos prises de ces individus lors des relevés de terrain ont permis l'identification du crabe par des personnes de l'université de la Rochelle. Cependant, les photographies n'ont pas permis l'identification des cnidaires.

Enfin, les captures accidentelles de ragondins sont faibles puisque les individus rongent le filet et s'échappent.

3.1.4 Mesures physico-chimiques

Les mesures physico-chimiques réalisées à chaque pose et chaque relève sont des données ponctuelles dont l'interprétation est limitée. De manière générale, il en ressort des conditions de vie très variables une même station (température, oxygène) que ce soit géographiquement en fonction des UHC ou dans le temps.

3.2 Tendances générales du suivi

3.2.1 Caractérisation du peuplement piscicole du marais

Les inventaires piscicoles des campagnes de 2021 et de 2022 ont permis de capturer au total 19 espèces piscicoles et 7 espèces de crustacés

Le peuplement piscicole principal du marais de Brouage est constitué des espèces suivantes :

- L'anguille européenne
- La carpe commune
- L'épinoche
- Le sandre
- Le poisson-chat (EEE)
- La brème
- Le carassin
- La gambusie
- La perche soleil (EEE)

Parmi les espèces recensées, quatre sont considérées comme des espèces exotiques envahissantes : la perche soleil (*Lepomis gibbosus*), le poisson-chat (*Ameiurus melas*), le pseudorasbora (*Pseudorasbora parva*) ainsi que l'écrevisse de Louisiane (*Procambarus clarkii*). Ces espèces pouvant s'adapter à des conditions de vie extrêmes, il n'est pas surprenant de les retrouver dans le marais. Leur présence est cependant susceptible de créer des déséquilibres biologiques.

Les espèces principales de crustacés sont les écrevisses de Louisiane (EEE) et les crevettes (au moins cinq espèces différentes détectées) présentes sur de nombreuses stations.

Les Captures Par Unité d'Effort (CPUE) varient de 1 à 51 poissons capturés par heure en moyenne sur les deux années de suivi. Les différences de capture sont très marquées en fonction des stations de pêche. Les effectifs capturés les plus importants sont les gambusies, les poissons-chat, les pseudorasboras et les carpes communes

Les Biomasses Par Unité d'Effort varient de 8,49g à 1,62kg de poissons capturés par heure en moyenne sur les deux années de suivi. Les différences de capture sont également très marquées en fonction des stations de pêche. Les espèces qui contribuent le plus aux biomasses sont les carpes communes, les carassins et les anguilles.

La richesse spécifique ou nombre d'espèces varie entre 4 et 16 espèces capturées par stations sur les deux années consécutives de suivi. Au moins une espèce exotique envahissante est détectée sur 25 des 26 stations échantillonnées.

Les indices de diversité de Shannon oscillent entre 0 (absence de diversité spécifique) et 1,93 (bonne diversité spécifique). Les stations qui possèdent les plus fortes diversités spécifiques font partie du réseau secondaire quel que soit la campagne ou l'année de suivi. A l'inverse, les stations ayant les plus faibles diversités appartiennent au réseau tertiaire et présentent des faibles hauteurs d'eau.

3.2.2 Différences entre la campagne de 2021 et de 2022

Les deux années de suivi, 2021 et 2022, sont différentes en termes de conditions météorologiques. Le suivi 2022 est caractérisé par la sécheresse et des périodes de canicules, ces paramètres amènent à des hauteurs d'eau bien plus faibles en 2022 qu'en 2021 ce qui, de fait, modifient les captures du suivi de 2022 par rapport à celui de 2021.

Concernant les richesses spécifiques, les variations entre les deux années de suivi sont hétérogènes en fonction des stations. Les richesses ont augmenté sur neuf stations mais diminué sur dix autres stations. De plus, les espèces qui sont nouvellement apparues entre 2021 et 2022 sont principalement des espèces exotiques envahissantes (perche soleil et pseudorasbora). Elles sont suivies par deux espèces importantes dans la dynamique de recolonisation des milieux après curage, l'épinoche et le sandre.

Par rapport aux CPUE, aucune différence significative n'a été mise en évidence entre les deux années de suivi. Cependant, lorsque les CPUE sont détaillées en fonction des espèces autochtones et invasives, il est possible d'observer une diminution significative des captures des espèces autochtones entre 2021 et 2022. Les CPUE des EEE semblent augmenter entre 2021 et 2022 mais cela n'a pas été confirmé statistiquement.

Concernant les BPUE, aucune différence significative n'est observée.

3.2.3 Différences du peuplement entre UHC

L'analyse des résultats de captures par UHC met en avant plusieurs différences. Les occurrences des espèces permettent de rattacher deux espèces à deux UHC différentes : l'épinoche pour l'UHC Marennes et le pseudorasbora pour l'UHC Reux nord.

L'UHC Reux nord semble se différencier des autres UHC. Les richesses spécifiques retrouvées dans cette UHC sont plus élevées que celles des UHC Grand Garçon et de la zone Hors UHC témoin.

La comparaison des captures ne montre pas de différences significatives. En étudiant les espèces exotiques envahissantes, il est possible d'observer des captures significativement plus élevées sur l'UHC Reux nord que sur l'UHC Marennes. Pour les autres UHC, les valeurs sont équivalentes.

Pour les BPUE, elles sont significativement plus élevées dans l'UHC Reux Nord que dans l'UHC Marennes et Broue mais cette observation n'est visible que sur le suivi de 2021.

Ces éléments indiquent, pour plusieurs paramètres, une différence de l'UHC Reux nord par rapport aux autres UHC, avec une richesse plus élevée mais aussi davantage d'EEE et des captures d'espèces exotiques envahissantes plus importantes (principalement le pseudorasbora).

3.2.4 Différences entre réseau secondaire et tertiaire

La comparaison des peuplements piscicoles entre le réseau secondaire et le réseau tertiaire ne montre pas de différences significatives de CPUE ni du nombre d'espèces présentes.

Cependant, les Espèces exotiques envahissantes montrent des CPUE plus élevées en réseau secondaire qu'en réseau tertiaire. En 2022, l'impact de la sécheresse a probablement pu forcer ces espèces à migrer vers des réseaux où les habitats sont propices à leurs conditions de vie.

Comme attendu, les Biomasses Par Unité d'Effort sont significativement supérieures dans le réseau secondaire. Les individus capturés sont de taille et de poids bien supérieurs que dans le réseau tertiaire.

La diversité est également supérieure dans le réseau secondaire par rapport au tertiaire. La hauteur d'eau plus importante ainsi que la connectivité directe au réseau primaire expliquent en grande partie ces observations.

Les traits écologiques ne permettent pas de conclure à des différences entre l'écologie des individus des canaux secondaires et tertiaires. Seul le critère de la fréquence de reproduction ressort avec des individus qui se reproduisent une fois par qui sont plus présents dans le réseau secondaire.

L'entretien du réseau tertiaire est essentiel afin d'éviter l'envasement total des canaux et assurer la libre-circulation de la faune piscicole.

3.2.5 Différence entre les campagnes de printemps et d'automne

Des différences marquées ont été mises en évidence entre le printemps et l'automne. Les campagnes du printemps semblent plus favorables à la faune piscicole qu'à l'automne. Les effectifs, les biomasses, les richesses et diversité spécifiques sont toutes significativement plus élevées au printemps qu'en automne.

Ces tendances sont extrêmement marquées pour les espèces autochtones. Leurs richesses, leurs effectifs et leurs biomasses diminuent entre le printemps et l'automne. Ce qui n'est pas le cas des espèces exotiques envahissantes qui s'acclimatent très bien aux conditions extrêmes des marais à la période automnale.

Ces conclusions avaient déjà été observées lors du suivi de 2021. Les conditions météorologiques difficiles extrêmes dues aux canicules de 2022 n'ont fait qu'exacerber ces tendances et leurs conclusions. Les espèces locales s'adaptent et recherchent des conditions de vie plus favorables dans les réseaux secondaires et primaires. Il y a une véritable nécessité pour elles de migrer à cette période pour assurer leur survie. Ceci met en évidence l'importance de la continuité écologique pour le peuplement piscicole du marais. Les espèces exotiques envahissantes quant à elles arrivent à se développer malgré ces conditions défavorables.

3.2.6 L'anguille au sein du marais de Brouage

Au cours du suivi, les CPUE d'anguilles varient en fonction de la station et de l'année de suivi. De la même manière, les résultats des BPUE reflètent également cette hétérogénéité.

Concernant les Unité Hydrauliques Cohérentes, aucune différence significative de captures n'est observée entre les stations. Cependant, en 2021, les plus fortes captures étaient réalisées sur l'UHC Marennes. Une différence de capture n'est observée entre le réseau secondaire et le réseau tertiaire. A l'instar des autres espèces, les anguilles sont plus présentes sur les campagnes du printemps que celles d'automne.

La majorité des anguilles capturées sont de tailles comprises entre 150 et 450mm, soit des jeunes individus en recherche d'habitat des individus sédentaires en croissance. Les jeunes colonisatrices (entre 60 mm et 150 mm), civelles ou anguillettes, sont détectées sur trois des quatre UHC dont l'UHC Broue, la plus reculée du marais. Le verveux, de par sa taille de maille, ne peut pas capturer les civelles et les anguillettes comprises entre 60 et 150 mm. Pour avoir un suivi complet sur ce stade, l'ajout de « flottangs » (habitats artificiels) à proximité du verveux, permettrait de capturer les jeunes anguilles et d'acquérir des connaissances sur leur répartition au sein du marais.

Les anguilles argentées appartiennent pour moitié à la classe de taille [300-450mm], soit des individus mâles dévalant le marais pour partir se reproduire. Cette dynamique dominante de mâles au sein des marais est commune dans la bibliographie. Un effet densité-dépendant existe sur les zones de marais avec une majorité de mâle occupant ces milieux.

Contrairement à d'autres études, les anguilles n'ont pas été capturées en fonction de l'envasement et de l'encombrement de la végétation aquatique, mais en fonction de la hauteur d'eau.

3.2.7 Perspectives

Le suivi du marais de Brouage sur deux années consécutives a permis d'apporter des connaissances solides sur le peuplement piscicole et sa dynamique au sein du marais de Brouage. Cependant, deux années de suivi n'ont pas permis d'obtenir des conclusions significatives sur certains paramètres (par exemple les données physico-chimiques et l'occupation du sol). Afin de d'identifier des liens de causalité entre certains paramètres et les descripteurs biologiques, un suivi prolongé sur 3 à 5 ans est souvent nécessaire.

Cette étude met en avant un phénomène déjà soupçonné, à savoir une migration du peuplement entre les différents réseaux de canaux. A l'avenir, il semblerait intéressant d'étendre le suivi au réseau primaire. Ainsi, il serait possible de mesurer la dynamique de migration des peuplements du marais. Il est fort probable que le réseau tertiaire ne soit utilisé par une partie des espèces uniquement pour la reproduction au printemps, le reste du temps ces poissons vivent dans les réseaux primaires et secondaires. Le réseau primaire est difficile à inventorier, en termes de logistique et de moyen technique. Pour autant, plusieurs types de suivis peuvent être envisagés (pêche électrique, carrelet, enquête des pêcheurs, carnet de captures).

L'analyse des ouvrages et de leur gestion n'a pas été réalisée dans cette étude. En effet, l'étude préliminaire d'Eaucéa recensait 980 ouvrages effectifs ou potentiels sur l'ensemble du marais. Les études cartographiques des données transmises par le SMCA ont permis de référencer entre 17 et 78 ouvrages en fonction des UHC (annexes 54 à 57). Afin de comprendre la dynamique de migration des anguilles et leur répartition dans le marais, une étude approfondie des ouvrages, de leur gestion et leur capacité de franchissement (indice ICE) sont nécessaires.

Conclusion

Les marais sont des milieux complexes qui n'ont été que peu étudiés par le passé. Aussi, il n'existe pas d'indicateur normé de la qualité piscicole de ces milieux humides. L'amélioration des connaissances ichtyologiques du marais est un enjeu important dès lors que des objectifs de gestion en faveur de la biodiversité sont visés.

Ces deux années de suivi piscicole de 26 stations réparties sur 4 UHC et sur un secteur témoin du marais de Brouage constituent un état initial avant la mise en œuvre des actions de restauration et d'entretien des ouvrages et du réseau hydraulique dans le cadre du contrat de progrès territorial.

Le protocole expérimental mis en œuvre pour inventorier l'ichtyofaune apporte des résultats satisfaisants à la vue des captures réalisées lors des deux campagnes de 2021 et de 2022.

Au total, 19 espèces de poissons sont présentes sur les 11 000 ha de la zone humide de Brouage. Les espèces représentatives du marais sont : la carpe, l'anguille, la gambusie, le poisson-chat, le carassin, le sandre, la brème, la perche soleil et l'épinoche.

Quelques paramètres importants se sont dégagés sur ces deux premières années de suivis à savoir :

- La hauteur d'eau est un paramètre primordial au maintien de la vie piscicole,
- La jussie a un impact néfaste sur la diversité des espèces piscicoles,
- La continuité écologique est nécessaire pour l'ensemble des espèces piscicoles du marais.

Les objectifs futurs dans l'amélioration de la connaissance du peuplement piscicole du marais de Brouage sont nombreux :

- Evaluer la qualité de ce(s) peuplement(s) piscicole(s) et leurs évolutions au cours du temps (sur un suivi entre 3 et 5 ans),
- Comprendre le fonctionnement du marais (connexion hydraulique, physico-chimie) pour expliquer le comportement des poissons et leur circulation (notamment pour l'anguille),
- Comprendre les réponses du peuplement piscicole du marais par rapport au changement climatique,
- Déterminer une gestion favorable à l'amélioration de la qualité et de la biodiversité du marais.

Bibliographie

- Aminot A., Kérouel R. (2004). Hydrologie des écosystèmes marins : paramètres et analyses. IFREMER.
- Baisez A. (2001). Optimisation des suivis des indices d'abondances et des structures de taille de l'anguille européenne (*Anguilla anguilla* L.) dans un marais endigué de la côte atlantique : relations espèce-habitat. Thèse - Université de Toulouse III - Paul Sabatier
- Beaulaton L., Pénil C. (2009). Protocoles spécifiques anguille pour l'Onema. [Rapport de recherche] Onema. 2009. ffhal-03263143f
- Buard E. (2019). Compte-rendu des pêches anguilles réalisés dans 2 canaux à poissons des marais salés de la Seudre en octobre 2019 dans le cadre du programme REDEMARAIS. Action de la Cellule Migrateurs Charente Seudre (CREAA-EPTB Charente-MIGADO)
- Cielsielsky L., Cabral M. (2022). Etude exploratoire sur la capacité de résilience des communautés piscicoles des cours d'eau confrontées au manque d'eau. Office International de l'Eau.
- EAUCEA. (2019). Etude préalable au contrat territorial du marais de Brouage – Etats des lieux Tome 1.
- Faure F. (2002). Le Patrimoine biologique du Marais de Brouage. Dix ans de gestion concertée, bilan et perspectives.
- Feunteun E., Rigaud C., Elie P., Lefevre J.C. (1999). Les peuplements piscicoles des marais littoraux endigués atlantiques : un patrimoine à gérer ? Le cas du marais de Bourgneuf-Machecoul (Loire-Atlantique, France). Bull. Fr. Pêche et Pisci.,352, pp. 63-79
- FDAAPPMA 17. (2006). Etude des potentialités piscicoles du marais de Brouage (Charente-Maritime).
- Forum des Marais Atlantiques (2013). Évaluation de la biodiversité en lien avec la gestion des marais. Rencontres le 22 novembre 2012 à Rochefort-sur-Mer. Transcriptions des débats.
- Forum des Marais Atlantiques (2020). Méthode pour le suivi piscicole en marais. Un outil de connaissance au service des gestionnaires, des marais et des poissons.
- Girard, P., Elie, P., 2007. Manuel d'identification des principales lésions anatomo-morphologiques et des principaux parasites externes des anguilles. Étude Cemagref. Cemagref et Association Santé Poissons Sauvages, 81p. Accessible sur <http://www.ifremer.fr/indicang/documentation/pdf/guidesanitaire.pdf>
- Gonin J. (2006). Caractérisation de l'ichtyofaune de la partie continentale de la Réserve Naturelle de Moëze-Oléron. Définition de mesures de gestion hydraulique favorables aux espèces majeures. LPO / Agence de l'Eau Adour Garonne.
- Gouleau D. et Feuillet-Girard M. (1996). Les assecs dans les claires ostréicoles : conséquences physico-géochimiques. CNRS-IFREMER dans Equinoxe n°58
- Groupement d'Intérêt Public (GIP) Loire Estuaire « Les poissons dans l'estuaire de la Loire », 2018 – 24p
- Hussenot J. (1987). Intérêt de l'étude de la matière organique du sédiment superficiel dans les élevages marins semi-intensifs en bassins de terre de *Penaeus japonicus*. CNRS-IFREMER. CREMA

Hussenot J. et coll. (1992). Stimulation de la productivité naturelle par enrichissements minéraux et organiques : étude en mesocosmes naturels. Rapports internes de la Direction des Ressources Vivantes de l'IFREMER. DRV-92.15-RA/CREMA-L'HOUMEAU

Lambert P., Rigaud C. (1999). Recherche d'éléments de gestion de la population d'anguilles sur la base de données produites par le RHP. CSP/Cemagref, rapport d'étude, 63p.

Lavaur S. et Robin O. (2004). Etude des potentialités piscicoles des marais estuariens de bordure de Charente à Rochefort sur Mer. Fédération de la Charente-Maritime pour la Pêche et la Protection du Milieu Aquatique.

Robin O. (2001). Inventaire piscicole dans le marais de Cabariot. Projet d'aménagement d'un étang avec déviation du canal principal. Opération réalisée le 19 juillet 2001. A la demande de l'UNIMA.

UICN Comité français, MNHN, SFI & AFB (2019). La Liste rouge des espèces menacées en France – Chapitre Poissons d'eau douce de France métropolitaine. Paris, France.

Webographie :

Grenouillet, G. & Schmidt-Kloiber., A. (2006): Fish Indicator Database. Euro-limpacs project, Workpackage 7 - Indicators of ecosystem health, Task 4, accessed via www.freshwaterecology.info, version 8.0 (consulté le 01/08/2022).

Schinegger, R., Friedrich, T. & Meulenbroek, P.: Dataset "Fish". www.freshwaterecology.info - the taxa and autecology database for freshwater organisms, version 8.0 (consulté le 01/08/2022).

Liste des figures

Figure 1. Photos de verveux de maille 6mm à 2 ailes.....	5
Figure 2. Plan du verveux choisi (modèle filet haut de 1.40m).....	6
Figure 3. Carte des stations d'inventaires réparties dans les différents UHC	8
Figure 4. Carte des stations d'inventaires avec leurs dénominations.....	8
Figure 5. Carte de l'UHC Broue et de ses stations échantillonnées	9
Figure 6. Station Broue-D sur le secteur de Broue au printemps 2022	9
Figure 7. Carte de l'UHC Grand Garçon et de ses stations échantillonnées	10
Figure 8. Station GG-D sur le secteur de Grand Garçon au printemps 2021	10
Figure 9. Carte de l'UHC Marennes et de ses stations échantillonnées.....	11
Figure 10. Station MA-E sur le secteur de Marennes au printemps 2021	11
Figure 11. Carte de l'UHC Reux nord et de ses stations échantillonnées	12
Figure 12. Stations Reux-F sur le secteur Reux nord au printemps 2022	12
Figure 13. Carte du secteur hors UHC et de ses stations échantillonnées.....	13
Figure 14. Station TE-A sur zone secteur hors UHC	13
Figure 15 : Biométrie sur le terrain.....	16
Figure 16: mesures des paramètres physico-chimiques.....	18
Figure 17 : disque de Secchi	19
Figure 18 : Prélèvements des 1 ^{er} et 2 ^{ème} cm de vase dans la carotte	21
Figure 19 : Echantillons pesés à la balance de précision	21
Figure 20 : Echantillons placés en étuve.....	21
Figure 21 : Dessiccateur et four.....	22
Figure 22 : Pluviométrie et températures de l'air au Château d'Oléron de mai à octobre 2021.....	23
Figure 23 : Pluviométrie et températures de l'air au Château d'Oléron de mai à octobre 2022.....	23
Figure 24 : Pluviométrie et températures de l'air au Château d'Oléron de janvier à octobre 2022.....	24
Figure 25 : Station TE-C (à gauche) le 06/09/22 et TE-D (à droite) le 11/10/22	24
Figure 26 : Station Broue E (à gauche) et Broue F (à droite) le 06/09/22	25
Figure 27 : Canaux secs ou avec très peu d'eau sur le secteur central du marais de Brouage (le 06/09/22)	25
Figure 28. Pluviométrie et périodes de pêches sur les stations en juin et juillet 2021	26
Figure 29. Pluviométrie et périodes de pêches sur les stations en septembre et octobre 2021	26
Figure 30: Pluviométrie et périodes de pêches sur les stations entre mai et juillet 2022	27
Figure 31 : Pluviométrie et périodes de pêches sur les stations en septembre et octobre 2022	27
Figure 32. Hauteurs d'eau sur les stations au printemps et à l'automne par type de réseau en 2021 (en hachuré : stations curées à l'été 2021)	28
Figure 33. Gain ou perte de hauteur d'eau sur les stations entre les 2 campagnes de suivi en 2021 (en hachuré : stations curées à l'été 2021).....	29
Figure 34. Hauteurs d'eau sur les stations au printemps et à l'automne par type de réseau en 2022 (en hachuré : stations curées à l'été 2021 et TE-A à l'été 2022)	29
Figure 35. Gain ou perte de hauteur d'eau sur les stations entre les 2 campagnes de suivi en 2022 (hachuré : TEA curé à l'été 2022)	30
Figure 36 : Hauteurs de vase sur les stations par type de réseau (secondaire en gris clair et tertiaire en gris foncé) au printemps 2021.....	30
Figure 37: Hauteurs de vase sur les stations par type de réseau au printemps 2022 (secondaire en gris clair et tertiaire en gris foncé, stations curées été 2021 en hachuré)	31

Figure 38: Teneur en eau par station au printemps par type de réseau (secondaire (orange) et tertiaire (rouge foncé) en 2021	31
Figure 39 : Teneur en eau par station en 2022 par type de réseau : secondaire (orange) et tertiaire (rouge foncé) (stations curées en 2021 hachurées)	32
Figure 40 : Teneur en matière organique de la vase par station en 2021 et 2022 par type de réseau (en hachurée : stations curées en été 2021)	32
Figure 41 : Station MA-D	33
Figure 42: Station Broue B au printemps 2021	34
Figure 43: Boue de curage sur la bosse sur station Broue B le 24/09/21	34
Figure 44: Station Broue B en juin 2022	34
Figure 45: Station Reux B au printemps 2021	35
Figure 46: Station Reux B au printemps 2022	35
Figure 47. Température moyenne de l'eau le soir au printemps 2021 et 2022	36
Figure 48. Température moyenne de l'eau le matin au printemps 2021 et 2022	36
Figure 49. Echelle théorique des effets observés par la diminution de la concentration en oxygène sur la faune piscicole (Aminot & Kérouel. 2004)	37
Figure 50: Concentration moyenne en oxygène de l'eau lors de la pose (soir) et la relève (matin) des verveux au printemps 2021 sur chaque station (avec la ligne rouge à 72% d'oxygène)	37
Figure 51: Concentration moyenne en oxygène de l'eau lors de la pose (soir) et la relève (matin) des verveux à l'automne 2021 sur chaque station (avec la ligne rouge à 72% d'oxygène)	38
Figure 52: Concentration moyenne en oxygène de l'eau lors de la pose (soir) et la relève (matin) des verveux au printemps 2022 sur chaque station (avec la ligne rouge à 72% d'oxygène)	38
Figure 53: Concentration moyenne en oxygène de l'eau lors de la pose (soir) et la relève (matin) des verveux à l'automne 2022 sur chaque station (avec la ligne rouge à 72% d'oxygène)	39
Figure 54: Conductivité de l'eau (ppt) le soir au printemps en 2021 et 2022	39
Figure 55: Conductivité de l'eau (ppt) le soir à l'automne en 2021 et 2022	40
Figure 56. Sandre (<i>Sander lucioperca</i>)	43
Figure 57. Anguille européenne (<i>Anguilla anguilla</i>)	43
Figure 58. Carpe commune (<i>Cyprinus carpio</i>)	43
Figure 59 : Cistude d'Europe	47
Figure 60 : Photographie des cnidaires capturés sur la station Reux-D	47
Figure 61. Effectifs totaux capturés sur l'ensemble du suivi (2021 et 2022)	49
Figure 62. Proportion des effectifs capturés par espèce sur les deux années de suivi	50
Figure 63. Biomasse totale des individus capturés par espèce sur les deux années de suivis	51
Figure 64. Proportion des biomasses capturées par espèces de poissons sur les deux années de suivi	51
Figure 65. Capture Par Unité d'Effort cumulé des poissons par station (effectif/verveux/heure)	52
Figure 66. Capture Par Unité d'Effort des poissons par station en 2021 et en 2022	53
Figure 67. Capture Par Unité d'Effort totale en fonction de l'année de suivi	54
Figure 68. Capture Par Unité d'Effort des espèces exotiques envahissantes et des autres espèces en fonction de l'année de suivi	54
Figure 69. CPUE moyenne des espèces en fonction de l'année de suivi	55
Figure 70. Biomasse Par Unité d'Effort des poissons par station et par année	55
Figure 71. BPUE totale en fonction de l'année de suivie	56
Figure 72. Biomasse Par Unité d'Effort des poissons par station en 2021 et en 2022	56
Figure 73. Richesse spécifique en poissons par stations sur l'ensemble du suivi (2021 et 2022)	57
Figure 74. Différence de richesse spécifique des espèces piscicoles entre les deux années de suivi ...	58
Figure 75. Différence du taux d'apparition par station des espèces piscicoles entre 2021 et 2022	59

Figure 76. Indice de Shannon et équitabilité des stations échantillonnées au printemps 2021 et 2022	60
Figure 77. Indice de Shannon et équitabilité des stations échantillonnées à l'automne 2021 et 2022	61
Figure 78. Indice de Shannon en fonction de l'année de suivi	62
Figure 79. Pseudorasbora.....	64
Figure 80. Epinoche	64
Figure 81. Crabe <i>Dyspanopeus sayi</i>	64
Figure 82. Richesse spécifique en fonction des Unité Hydrauliques Cohérentes	65
Figure 83. Richesse spécifiques des espèces autochtones en fonction des UHC.....	65
Figure 84. Capture Par Unité d'Effort en fonction des UHC	66
Figure 85. CPUE des espèces exotiques envahissantes et des espèces autochtones en fonction de l'UHC	66
Figure 86. Biomasse Par Unité d'Effort en fonction des UHC	67
Figure 87. Richesse spécifique en fonction du type de réseau	68
Figure 88. Capture Par Unité d'Effort en fonction du type de réseau	68
Figure 89. Capture Par Unité d'Effort des espèces exotiques envahissantes en fonction du type de réseau	69
Figure 90. Biomasse Par Unité d'Effort en fonction du type de réseau	69
Figure 91. BPUE des EEE et des espèces autochtones en fonction du type de réseau	70
Figure 92. Indices de Shannon en fonction du type de réseau	70
Figure 93. Richesse spécifique en fonction de la saison	71
Figure 94. Richesse spécifique des EEE et des autres espèces en fonction de la saison	71
Figure 95. Capture Par Unité d'Effort des espèces exotiques envahissantes et des espèces autochtones en fonction de la saison.....	72
Figure 96. Biomasse Par Unité d'Effort en fonction de la campagne	73
Figure 97. Biomasse Par Unité d'Effort des espèces exotiques envahissantes et autochtones en fonction de la saison	73
Figure 98. Indice de Shannon en fonction la saison	74
Figure 99. Nombre de stations échantillonnées en fonction du recouvrement en végétation aquatique	75
Figure 100. Richesses spécifiques des stations en fonction du recouvrement de la végétation aquatique	76
Figure 101. Indice de Shannon en fonction du recouvrement de la végétation aquatique des stations en 2022	76
Figure 102. Proportion des individus en fonction de leur habitat et du réseau de canal	78
Figure 103. Proportion des individus en fonction de leur habitat de reproduction et du réseau de canal.....	79
Figure 104. Proportion des individus en fonction de leur régime alimentaire et du réseau de canal ...	80
Figure 105. Proportion des individus en fonction de leur fréquence de reproduction et du réseau de canal.....	80
Figure 106. Anguille européenne mesurée	81
Figure 107. Capture Par Unité d'Effort des anguilles par station et par année	82
Figure 108. Biomasse Par Unité d'Effort des anguilles par station et par année	82
Figure 109. CPUE et BPUE des anguilles en fonction du type de réseau	83
Figure 110. CPUE et BPUE des anguilles en fonction de l'UHC	83
Figure 111. CPUE et BPUE des anguilles en fonction de la saison	84
Figure 112. Classes de taille des anguilles capturées dans le marais de Brouage sur l'ensemble du suivi	85

Figure 113. Carte des classes de taille des anguilles sur l'UHC Broue en 2021	86
Figure 114. Effectifs d'anguilles capturées par classes de taille sur les deux années de suivi	87
Figure 115. Classes de taille des anguilles argentées capturées dans le marais de Brouage en 2021 et 2022	88
Figure 116. Nombre d'anguilles argentées par Unité Hydraulique Cohérentes	88

Liste des tableaux

Tableau 1. Période d'échantillonnage au printemps et à l'automne 2021 et 2022	15
Tableau 2 : Liste des paramètres mesurés	20
Tableau 3. Liste des espèces de poissons et de crustacés capturés au marais de Brouage sur l'ensemble du suivi.....	42
Tableau 4. Liste des espèces piscicoles détectées sur le marais de Brouage en 2021 et en 2022	44
Tableau 5. Taux d'occurrence des espèces capturées au printemps et en automne sur les deux années de suivis	46
Tableau 6. Différence de qualité du peuplement entre 2021 et 2022	48
Tableau 7. Occurrence des espèces par Unité Hydraulique Cohérente.....	63
Tableau 8. Fréquence d'apparition des espèces végétales aquatiques en fonction du taux de recouvrement de la végétation	75
Tableau 9. Corrélations entre les descripteurs biologiques et la hauteur d'eau	77
Tableau 10. Définitions biologiques et migratoires des classes de taille de l'anguille européenne (Lambert & Rigaud. 1999)	85
Tableau 11. Effectifs des anguilles par classes de taille et par UHC en 2021 et 2022	87