

Développement d'indicateurs relatifs à la dynamique larvaire et de captage des huîtres et des moules dans le Parc naturel marin de l'estuaire de la Gironde et de la mer des Pertuis et le Parc naturel marin du Bassin d'Arcachon



Volet 2 : Préconisations
sur les suivis actuels et
évolutions futures

Rapport technique n°2
Pierrick Barbier
03/2022

Pierrick Barbier Développement d'indicateurs relatifs à la dynamique larvaire et de captage des huîtres et des moules dans le PNM EGMP et le PNM BA	Centre pour l'Aquaculture, la Pêche et l'Environnement de Nouvelle-Aquitaine
Volet 2 : Préconisation sur les suivis actuels et évolutions futures	
Rapport technique n°2 32 pages	03/2022
Barbier P. (2022) Développement d'indicateurs relatifs à la dynamique larvaire et de captage des huîtres et des moules dans le PNM EGMP et le PNM BA – Volet 2 : Préconisation sur les suivis actuels et évolutions futures. Rapport technique n°2, CAPENA, PNM EGMP, PNM BA, 32 p.	
<p>RÉSUMÉ :</p> <p>Dans le cadre des plans de gestion des Parcs naturels marins de l'estuaire de la Gironde et de la mer des Pertuis (PNM EGMP) et du Bassin d'Arcachon (PNM BA), des objectifs relatifs au bon état de conservation de la faune marine et au développement durable de l'activité ostréicole sont établis. En conchyliculture, ces deux secteurs se distinguent des autres bassins conchylicoles par leur capacité de captage naturel de naissains d'huîtres creuses et de moules communes. Depuis les années 2000, des suivis annuels du captage de ces deux espèces fournissent des informations adaptés aux professionnels pour la gestion de leur cheptel. Le but de ce travail est d'évaluer les stratégies d'échantillonnage de ces suivis, au regard de leurs objectifs et l'ancienneté des données acquises, afin d'émettre des préconisations pour leur optimisation.</p> <p>Le captage de l'huître creuse est évalué chaque année à l'aide de plusieurs types de collecteurs distribués aux professionnels charentais et arcachonnais. La limitation de ces suivis à l'utilisation d'un seul type de collecteur, les coupelles en plastique, est suggérée. Les densités de naissains captés sur les autres collecteurs peuvent être estimées à partir des valeurs obtenues sur les coupelles. L'analyse de la redondance spatiale des sites d'échantillonnage a mis en évidence certaines similarités entre des sites à l'échelle des secteurs de captage. Néanmoins, il est recommandé de conserver au moins un binôme de site d'échantillonnage par parc d'intérêt afin d'assurer la continuité des données.</p> <p>Concernant les suivis du captage de la moule commune, deux protocoles sont utilisés dans les bassins d'Arcachon et de Marennes-Oléron, répondant à des objectifs différents. L'augmentation de l'effort d'échantillonnage et une synchronisation des dates d'acquisition des données de captage entre elles et avec les données larvaires permettraient d'améliorer la précision des données et leur mise en relation. Néanmoins, ces adaptations entraînent la mobilisation de ressources (temps, humains) non négligeables.</p> <p>Finalement, des biais d'intégration spatiale sont mis en évidence dans la localisation des points de prélèvements entre les suivis des larves et du captage. Cette disparité amoindrit la force des relations entre ces jeux de données, rendant difficile leur interprétation.</p> <p>Dans tous les cas, les objectifs des suivis actuellement en place ne peuvent répondre à la fois à des questions d'ordre « biologique » et « professionnel ». Des protocoles complémentaires devront être mis en place si les objectifs de ces suivis sont de fournir une information d'aide à la gestion aux conchyliculteurs et d'acquérir des connaissances fondamentales sur le recrutement de ces bivalves en élevage.</p>	
Mots clés : Captage, Huître, Moule, Protocole, Optimisation, Charente-Maritime, Arcachon	

Table des matières

I.	Introduction.....	5
1.	Contexte et objectifs	5
2.	Volet 2 : Préconisation sur les suivis actuels et évolutions futures	6
II.	Matériels et Méthodes	7
1.	Caractéristiques des protocoles d'échantillonnage.....	7
1.1.	Pêche des larves	7
1.2.	Captage de l'huître creuse.....	7
1.3.	Captage de la moule commune	9
2.	Analyses de données	10
III.	Résultats et discussion	10
1.	Captage de l'huître creuse	10
1.1.	Correspondance entre les types de collecteurs	10
1.2.	Utilisation de coupelles neuves et anciennes	13
1.3.	Redondance spatiale des sites de captage en Charente-Maritime.....	16
1.4.	Redondance spatiale des sites de captage dans le Bassin d'Arcachon.....	21
1.5.	Nombre de sites et réseau de professionnels partenaires	23
2.	Captage de la moule commune.....	23
2.1.	Pseudo-réplication	23
2.2.	Dans le Bassin d'Arcachon.....	24
3.	Biais de la stratégie d'échantillonnage	25
3.1.	Intégration spatiale	25
3.2.	Intégration temporelle	25
4.	Conclusion	26
IV.	Bibliographie	27
V.	Annexe.....	28

I. Introduction

1. Contexte et objectifs

Le captage de naissain d'huîtres et de moules réalisé au sein du Parc naturel marin de l'estuaire de la Gironde et de la mer des Pertuis (PNM EGMP) est une activité économique d'importance soutenant l'ensemble de la filière conchylicole française. CAPENA suit depuis de nombreuses années l'émission des larves de ces deux espèces dans les pertuis charentais et alimente le réseau national de suivi VELYGER. En complément, un suivi du captage de ces larves est également réalisé par CAPENA et permet d'évaluer la fixation de ces larves sur différents secteurs du bassin de production des Pertuis charentais. Ces suivis réalisés depuis de nombreuses années ont permis de constituer une base de données importante.

Le bon déroulement de la phase de reproduction de ces bivalves (à travers l'émission des gamètes, l'évolution des larves puis fixation du naissain) est un marqueur important de la qualité environnementale du milieu.

Le PNM EGMP a donc adopté un objectif visant le maintien d'un bon niveau de captage pour les naissains d'huîtres et de moules au sein de son périmètre. Cet objectif a été inscrit à son plan de gestion via la finalité 24 : « Un bon niveau de captage de naissain d'huîtres creuses et de moules et une diversité génétique maintenus grâce à un stock suffisant dans le milieu naturel ». Cette finalité passe par des « Densités moyennes (période et zones de référence à établir) de captage maintenues par rapport à un niveau de référence (à définir avec les professionnels et l'IFREMER) ».

Ces suivis répondent ainsi à plusieurs objectifs fixés par le plan de gestion du PNM EGMP, notamment ceux relatifs au bon état de conservation de la faune marine et au développement durable de l'activité ostréicole.

Le Bassin d'Arcachon est l'un des principaux centres naisseur d'huîtres creuses en Europe. L'importante activité économique autour du captage de naissain d'huître a engendré un besoin de connaissances sur la reproduction de cette espèce dans le Bassin d'Arcachon, tant d'un point de vue quantitatif que qualitatif. Des suivis ont par conséquent été mis en place dans le périmètre du Parc naturel marin du Bassin d'Arcachon (PNM BA) afin de :

- Permettre à la profession de mieux gérer la pose et l'enlèvement des collecteurs d'huîtres ou les installations d'élevage, selon le recrutement.
- Assurer une diffusion en temps réel et à l'ensemble de la profession de ces informations de façon bihebdomadaire.
- Disposer d'une base de données pluriannuelle de suivi du recrutement permettant d'en comprendre le fonctionnement (VELYGER).
- Disposer d'un indicateur du bon état de la qualité de l'eau et des écosystèmes côtiers.

Les larves d'huîtres peuvent également jouer un rôle d'indicateur de suivi du milieu. Les émissions de larves, la qualité des pontes et l'évolution des cohortes sont directement associées à des paramètres physico-chimiques, qui conditionnent l'efficacité du recrutement (température de l'eau, salinité, vent...). La survie des larves et leur capacité de fixation peuvent aussi être des indicateurs des conditions trophiques du milieu, puisque la qualité et la quantité des sources d'alimentation impactent directement les capacités de survie larvaire et post-larvaire, de fixation/métamorphose et de maturation.

Le suivi du recrutement de larves d'huîtres était assuré sur le Bassin d'Arcachon par IFREMER depuis 1993 jusqu'en 2015. Il s'inscrivait depuis 2008 dans le cadre du réseau VELYGER. Le suivi des émissions de larves d'huîtres dans le Bassin d'Arcachon a été repris en 2016 par CAPENA, et s'inscrit dans la continuité du réseau VELYGER. Pour permettre de maintenir la série historique et continuer à collecter des informations sur les larves d'huîtres sur l'ensemble des points de prélèvements du Bassin d'Arcachon, le PNM BA a souhaité contribuer financièrement à la collecte et à l'analyse des prélèvements pour l'année 2019. Ces données représentent de plus un intérêt particulier au regard de plusieurs objectifs du Plan de gestion du PNM BA, notamment ceux relatifs à la qualité de l'eau ou encore au développement durable de l'activité ostréicole.

Sur le Bassin d'Arcachon, l'état et la dynamique des gisements de moules sont mal connus. Leur connaissance constitue pourtant un enjeu important, tant pour l'exploitation des gisements par les pêcheurs professionnels que pour les conséquences sur l'activité ostréicole. En effet, pour les professionnels de l'ostréiculture, les moules sont source de désagrément en raison du colmatage qu'elles produisent sur les poches ostréicoles et la compétition trophique limitant la croissance des huîtres en élevage. Ces derniers sont demandeurs d'informations sur les émissions de larves de moules afin d'optimiser la pose de leurs installations pour les huîtres.

Un suivi des émissions de larves de moules dans le Bassin d'Arcachon a donc été mis en place en 2016 par CAPENA, renforcé depuis mi-2017 par le PNM BA. En complément, un suivi de captage sur cordes de coco posées sur des parcs ostréicoles a été initié en 2018 et 2019.

Ces suivis répondent ainsi à plusieurs objectifs fixés par le plan de gestion du PNM BA, notamment ceux relatifs au bon état de conservation de la faune marine et au développement durable de l'activité ostréicole.

Le PNM EGMP et le PNM BA ont donc des enjeux proches appelant une amélioration des connaissances sur la dynamique larvaire des huîtres et des moules au sein de leur périmètre, et le développement de métriques et d'indicateurs à ce sujet. CAPENA, pilote des suivis produisant les données analysées dans le cadre de cette étude, a également un intérêt fort pour ces sujets au regard de ses missions et des questionnements des professionnels que CAPENA accompagne.

Pour ce projet, les objectifs suivants ont donc été fixés :

- Proposer des niveaux de référence de captage sur la base du développement d'indicateurs ;
- Produire des préconisations sur les suivis actuels et leurs éventuelles évolutions à court, moyen et long terme ;
- Evaluer les influences des paramètres environnementaux sur le succès du captage

2. Volet 2 : Préconisation sur les suivis actuels et évolutions futures

Dans le second volet de cette étude, la stratégie d'échantillonnage des suivis de larves et du captage seront discutées. A la lumière des résultats obtenus dans le premier volet (Barbier 2022) et de l'analyse d'autres facteurs des bases de données en question, des recommandations seront proposées pour l'optimisation des suivis réalisés dans les deux

bassins conchylicoles. De plus, des biais associés aux plans d'échantillonnage seront discutés au regard des objectifs de ces suivis.

II. Matériels et Méthodes

1. Caractéristiques des protocoles d'échantillonnage

Les jeux de données utilisés correspondent à ceux issus des suivis des larves et du captage de l'huître creuse (*Crassostrea gigas*) et de la moule commune (*Mytilus edulis*) réalisés par CAPENA dans le Bassin d'Arcachon et le long du littoral charentais.

1.1. Pêche des larves

La pêche des larves d'huîtres est réalisée par pompage en subsurface (*i.e.* -1 m) de 1,5 m³ d'eau de mer filtrée sur 40 µm. Jusqu'en 2020, ces prélèvements ont été réalisés de manière hebdo- puis bihebdomadaire du mois de juin au mois de septembre sur 7 sites en Charente-Maritime et 6 sites dans le Bassin d'Arcachon. Ce protocole a été révisé en 2016 pour diminuer le nombre de sites de prélèvement tout en garantissant la continuité et la précision des séries historiques (Bernard 2016). L'optimisation de la stratégie d'échantillonnage a été appliquée à partir de l'année 2021. Les larves de moules sont échantillonnées selon le même protocole de pompage d'eau de mer mais à une fréquence bimensuelle puis hebdomadaire de février à juillet sur deux sites du Bassin de Marennes-Oléron, et de manière hebdomadaire de janvier à juillet sur 5 sites du Bassin d'Arcachon.

1.2. Captage de l'huître creuse

Les données de captage des huîtres sont obtenues par le comptage du nombre de naissains vivants captés sur des collecteurs, disposés par les professionnels sur leur parc de captage. Ces données couvrent la période de 2004 à 2020 pour la Charente-Maritime et de 2006 à 2020 pour le Bassin d'Arcachon. Les mesures sont acquises en octobre de chaque année, à l'issue de la période de reproduction de l'année en cours. Afin de représenter la diversité des méthodes de captage employées par les ostréiculteurs, plusieurs types de collecteurs sont utilisés. Ces collecteurs sont des coupelles, des tubes et des plénos en Charente-Maritime. Dans le Bassin d'Arcachon, il s'agit de coupelles et de tuiles chaulées. Dans chaque bassin, les collecteurs (entre 1 et 3 types) sont disposés au niveau de 30 à 40 parcs de professionnels concessionnaires, représentatifs des secteurs de captage :

- Secteurs Est et Ouest pour le Bassin d'Arcachon,
- Secteurs de l'Embouchure de la Charente, le Centre du Bassin, la Seudre, Nord Charente, Ré – La Rochelle et Bonne Anse, en Charente-Maritime.

Chaque année, le nombre de parcs de captage varie en fonction de la disponibilité des professionnels partenaires (*e.g.* arrêt du captage, cessation d'activité, changement de propriétaire...) et des nouveaux acteurs intégrés dans les réseaux de suivi. Depuis le début des

suivis du captage de l'huître creuse réalisés par le CAPENA, des collecteurs ont été déployés sur une cinquantaine de parcs dans les deux bassins conchylicoles (Figure 1, Figure 2).

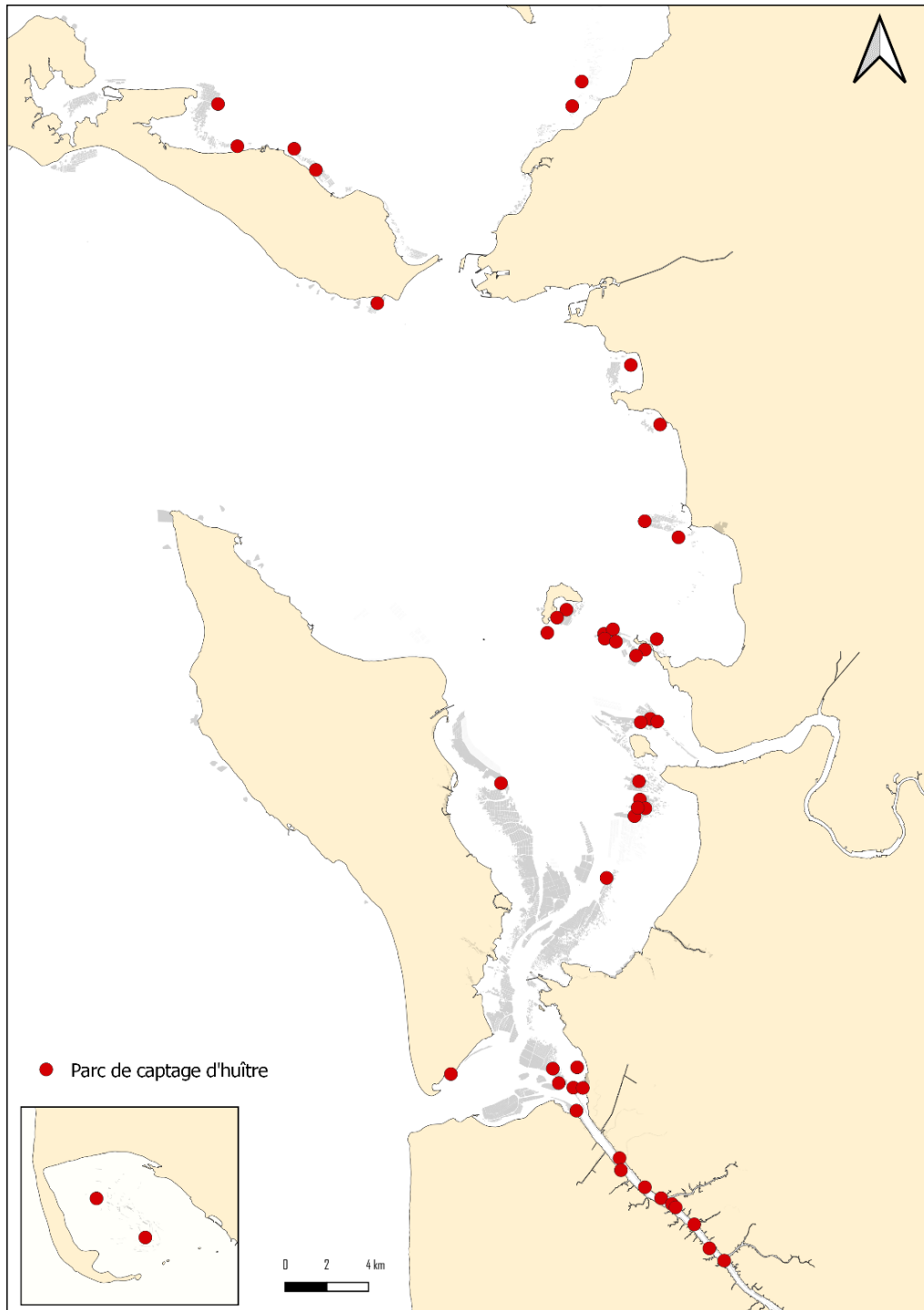


Figure 1 : Carte des parcs de captage de l'huître creuse utilisés en Charente-Maritime depuis le début du suivi.

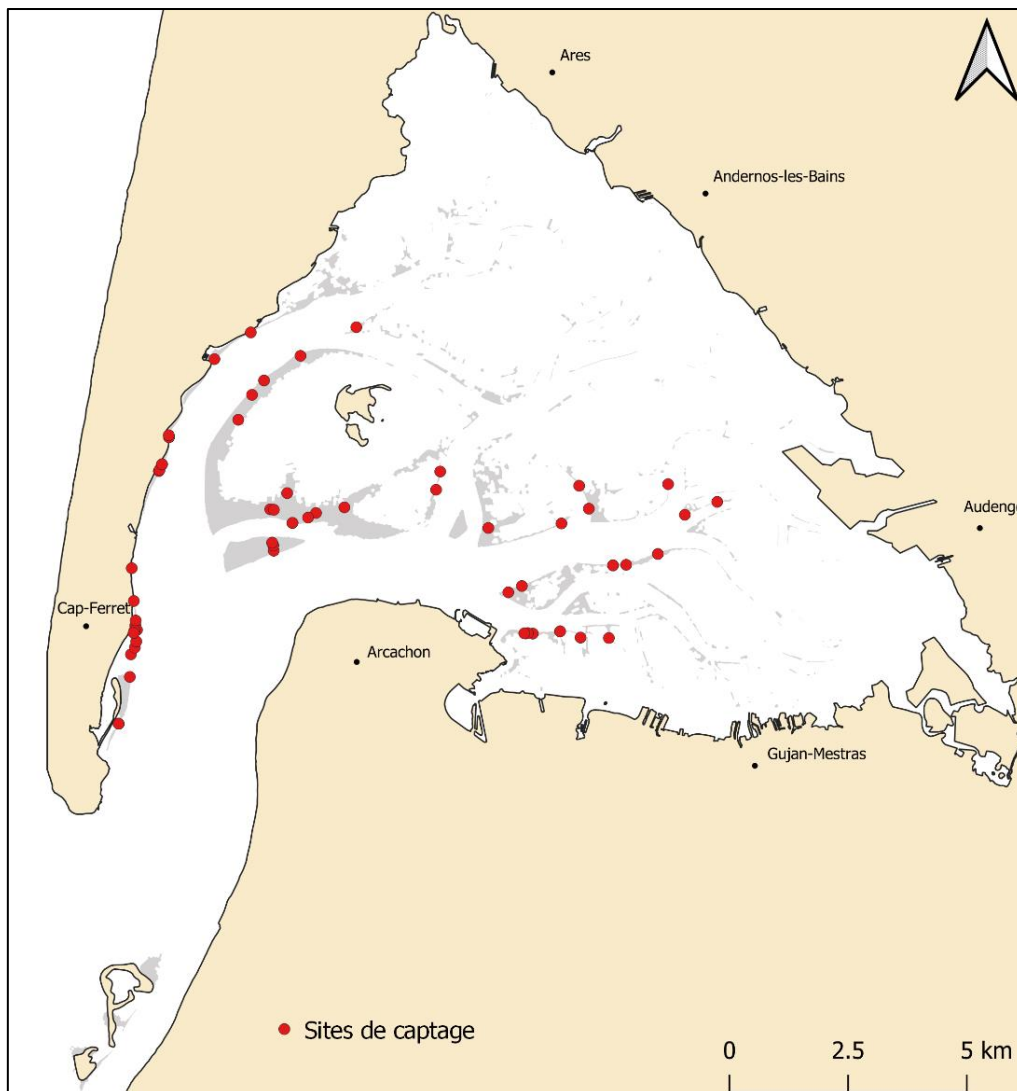


Figure 2 : Carte des parcs de captage de l'huître creuse utilisés dans le Bassin d'Arcachon depuis le début du suivi.

1.3. Captage de la moule commune

Le suivi du captage de la moule commune est effectué par le dénombrement des naissains fixés sur une corde de coco (collecteur classique). L'identification des individus au niveau larvaire et des recrues n'est pas différenciée entre les espèces *Mytilus edulis* et *M. galloprovincialis*. De 2007 à 2020, une corde a été disposée tous les mois de mars sur le parc des Saumonards de l'Île d'Oléron, sur laquelle un tronçon a été prélevé et analysé à chaque marée de vives-eaux jusqu'à la fin du mois de juin. Dans le Bassin d'Arcachon, en 2018 et 2019, des cordes de coco sont disposées au niveau de 7 parcs ostréicoles (4 du secteur Ouest et 3 du secteur Est), sur des tables surélevées positionnées à deux altitudes différentes. Pour chaque site, une corde est placée à la fin du mois de février jusqu'au début du mois de juin, où elle sera récupérée pour être analysée. A cette date, une seconde corde est disposée, jusqu'au mois de juillet avant sa récolte. Ces deux périodes de pose ont pour but, d'une part, d'estimer l'intensité du captage principal observé en début de saison de reproduction et, d'autre part, d'identifier la présence d'un captage secondaire tardif en fin de saison.

2. Analyses de données

L'ensemble des analyses effectuées dans ce rapport ont été réalisées grâce au logiciel *R* 4.0.3 et des packages *ggplot2* 3.5, *dplyr* 1.0.8 et *tree* 1.0-41.

Dans le cadre du captage des huîtres creuses, des modèles linéaires ont été développés pour définir la relation entre les densités de naissains captés sur les coupelles et les autres types de collecteurs utilisés. Seulement les sites pour lesquels il y a eu au moins deux types de collecteur sont utilisés. Les comparaisons de moyennes sont effectuées avec un test non-paramétrique de Wilcoxon pour un seuil de significativité $\alpha = 0,05$.

Pour cette même espèce, l'analyse de la redondance spatiale entre les sites de captages a été effectuée en quantifiant la similarité entre les densités de naissains captés de deux sites pour chaque année. Cette procédure permet de représenter, sous forme d'une matrice de distance et d'un dendrogramme (*i.e.* classification hiérarchique descendante), la ressemblance entre deux sites du point de vue de cette variable et, dans la mesure du possible, de définir des groupes représentatifs (*i.e.* clusters). L'analyse de redondance spatiale est appliquée et discutée indépendamment pour chaque secteur de captage définis le long du littoral charentais et dans le Bassin d'Arcachon.

III. Résultats et discussion

1. Captage de l'huître creuse

1.1. Correspondance entre les types de collecteurs

Afin de répondre aux questionnements des ostréiculteurs quant à l'efficacité de leur pratique de captage, plusieurs types de collecteurs ont été testés au fur et à mesure des suivis du captage. Parmi ces types, les tubes en plastique et les tuiles chaulées sont les plus anciennement utilisés en Charente-Maritime et dans le Bassin d'Arcachon, respectivement. Bien que toujours existantes, ces pratiques traditionnelles se sont raréfiées suite à l'arrivée sur le marché des cordées de coupelles en plastique. Ce collecteur fait l'unanimité des professionnels captant du naissain, car sa manutention est simple (ergonomie et légèreté), les coupelles sont résistantes (de 5 à 10 années d'utilisation) et le prix d'achat est abordable (moins de 6 €HT pour une cordée de 49 coupelles). Plus récemment, des plénos sont également utilisés dans les deux bassins, et sont caractérisés par une plus grande surface de captage et un prix plus élevé (environ 10 €HT l'unité).

Pour optimiser les suivis du captage de l'huître creuse, un seul collecteur pourrait être utilisé dans le futur. Les coupelles en plastique sont le modèle idéal, puisqu'elles sont :

- représentatives des pratiques ostréicoles et largement utilisées dans les différents bassins conchylicoles (également en Méditerranée, Pays de la Loire et Bretagne, même si la pratique de captage est anecdotique),
- les résultats qui en sont issus sont comparables à l'échelle d'un parc, d'un bassin conchylicoles et entre ces derniers. A l'inverse, le positionnement des tubes sur un

paquet de 10 unités ou celui des tuiles chaulées sur un empilement, entraîne une grande variabilité dans les densités de naissains dénombrés,

- leur déploiement est simple, peu onéreux et reproductible (e.g. moins de variabilité associés au chaulage).

Au regard de l'ancienneté des séries de données historiques disponibles, des modèles linéaires entre le nombre de naissains vivants captés sur les coupelles et ceux des autres collecteurs sont possibles. Ces modèles permettront d'estimer le nombre de naissains captés sur une tuile chaulée, un tube en plastique et un pléno, en fonction du nombre de naissains dénombrés sur une coupelle. Néanmoins, ses estimations restent associées à un degré d'incertitude non-négligeable. Pour information, la relation entre les densités de naissains captés sur un tube et un pléno est disponible dans l'annexe 1.

a. Relation « Coupelle – Tuile »

Le nombre de naissains vivants captés sur une tuile chaulée est significativement corrélé, à hauteur de 92 %, au nombre de naissains vivants comptés sur une coupelle en plastique (Figure 3). Cette relation est représentée par la formule :

$$Nb \text{ de naissains par tuile} = 7,6 \times Nb \text{ naissains par coupelle} - 130$$

La prédiction du nombre de naissains par tuile chaulée est cohérente pour un nombre minimum de 17 individus par coupelle. A titre de comparaison, 100 individus captés par coupelle représentent approximativement 625 naissains sur une tuile chaulée (intervalle de confiance ± 739 ind/tuile).

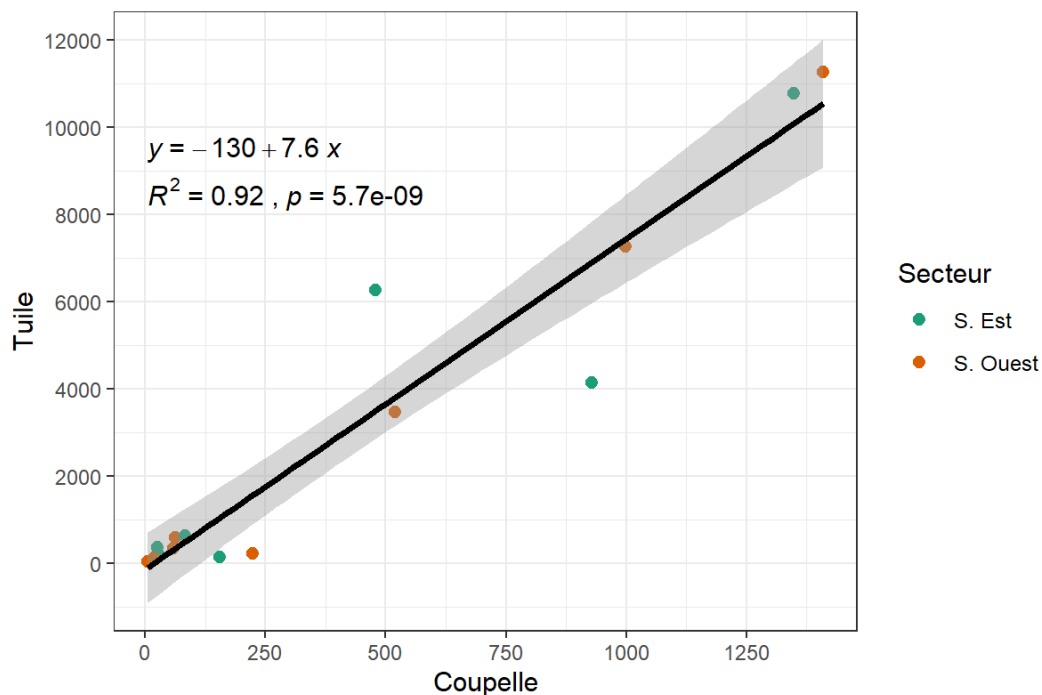


Figure 3 : Nombre de naissains vivants par tuile chaulée en fonction de ceux comptés par coupelle. La formule de la relation linéaire est indiquée, ainsi que le R^2 et la p -value associés au modèle. Les valeurs des secteurs de captage sont représentées selon un code de couleur.

b. Relation « Tube – Coupelle »

La densité de naissains captés sur une coupelle explique à 85 % le nombre de naissains obtenus sur un tube en plastique (Figure 4). Une relation significative existe entre ces deux collecteurs, se traduisant par la formule suivant :

$$Nb \text{ de naissains par tube} = 4,3 \times Nb \text{ naissains par coupelle} - 9,4$$

La prédiction du nombre de naissains par tube est cohérente pour un nombre minimum de 2 individus par coupelle. A titre de comparaison, 100 individus captés par coupelle représentent approximativement 416 naissains sur un tube (intervalle de confiance ± 27 ind/tube).

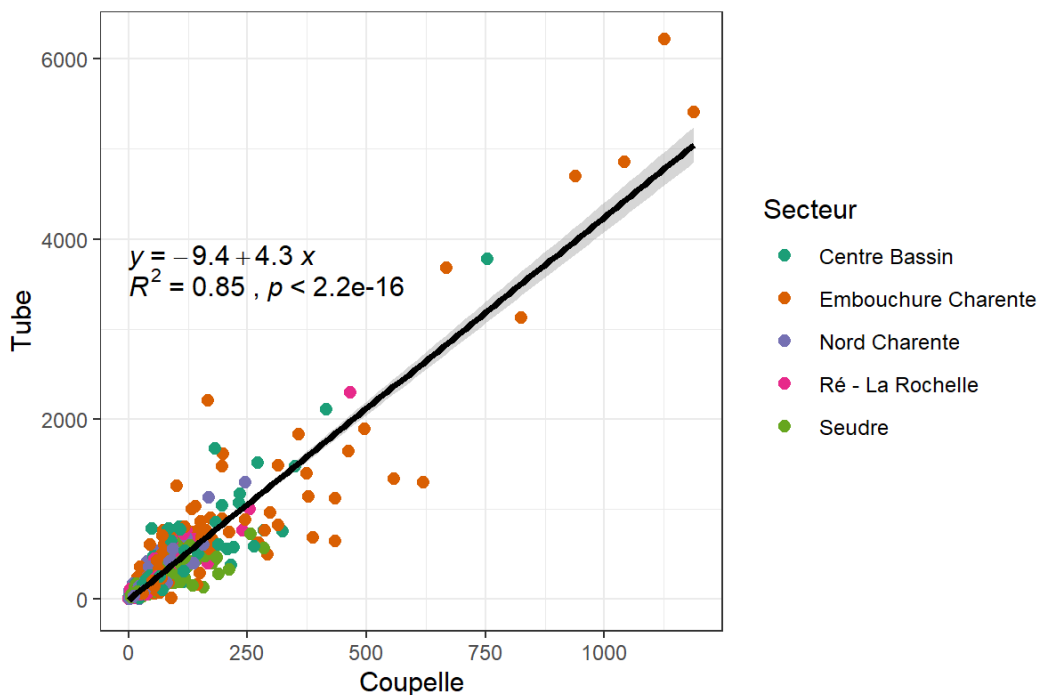


Figure 4 : Nombre de naissains vivants par tube en fonction de ceux comptés par coupelle. La formule de la relation linéaire est indiquée, ainsi que le R^2 et la p -value associés au modèle. Les valeurs des secteurs de captage sont représentées selon un code de couleur.

c. Relation « Pléno – Coupelle »

La densité de naissains captés sur un pléno est corrélée significativement et à 90 % avec celle mesurée sur les coupelles (Figure 5). Cette relation est représentée par la formule suivante :

$$Nb \text{ de naissains par pléno} = 54 \times Nb \text{ naissains par coupelle} - 760$$

La prédiction du nombre de naissains par pléno est cohérente pour un nombre minimum de 14 individus par coupelle. A titre de comparaison, 100 individus captés par coupelle représentent approximativement 4629 naissains sur un pléno (intervalle de confiance ± 1065 ind/pléno).

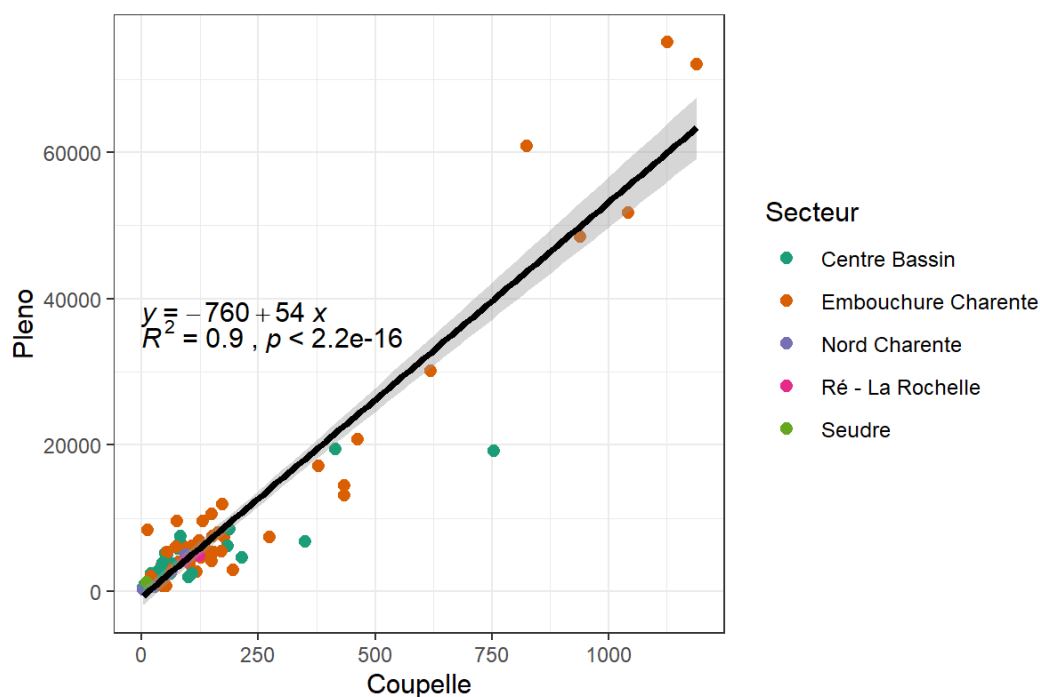


Figure 5 : Nombre de naissains vivants par pléno en fonction de ceux comptés par coupelle. La formule de la relation linéaire est indiquée, ainsi que le R^2 et la p -value associés au modèle. Les valeurs des secteurs de captage sont représentées selon un code de couleur.

1.2. Utilisation de coupelles neuves et anciennes

Historiquement, à la mise en place du suivi en Charente-Maritime, les cordées de coupelles étaient réutilisées à chaque suivi d'une année sur l'autre. Cependant, cette pratique ne permettait pas de différencier précisément les naissains « morts » et « décollés » de l'année en cours avec ceux des années précédentes. En effet, d'une année sur l'autre, certains individus restent accrochés aux collecteurs, où les traces laissées par le décrochage des coquilles demeurent toujours visibles. Ce biais a pour effet de surestimer les pertes (*i.e.* mortalité + décrochage) de naissains sur une coupelle. Actuellement, le protocole employé nécessite l'achat de coupelles neuves pour le suivi de chaque saison de reproduction. Ce nouveau matériel permet de pallier le biais précédemment cité. Néanmoins, depuis ce changement de procédure, les ostréiculteurs nous ont fait part de différences de densités des naissains en fonction de l'âge des collecteurs utilisés. Il semblerait que plus une coupelle est utilisée depuis longtemps, plus le captage de naissains sera important. Pour vérifier cette hypothèse, des collecteurs (*i.e.* coupelles et tubes) neufs et anciens (déjà utilisés) ont été distribués, en 2014, à certains professionnels, et les naissains vivants ont été dénombrés (Figure 6).

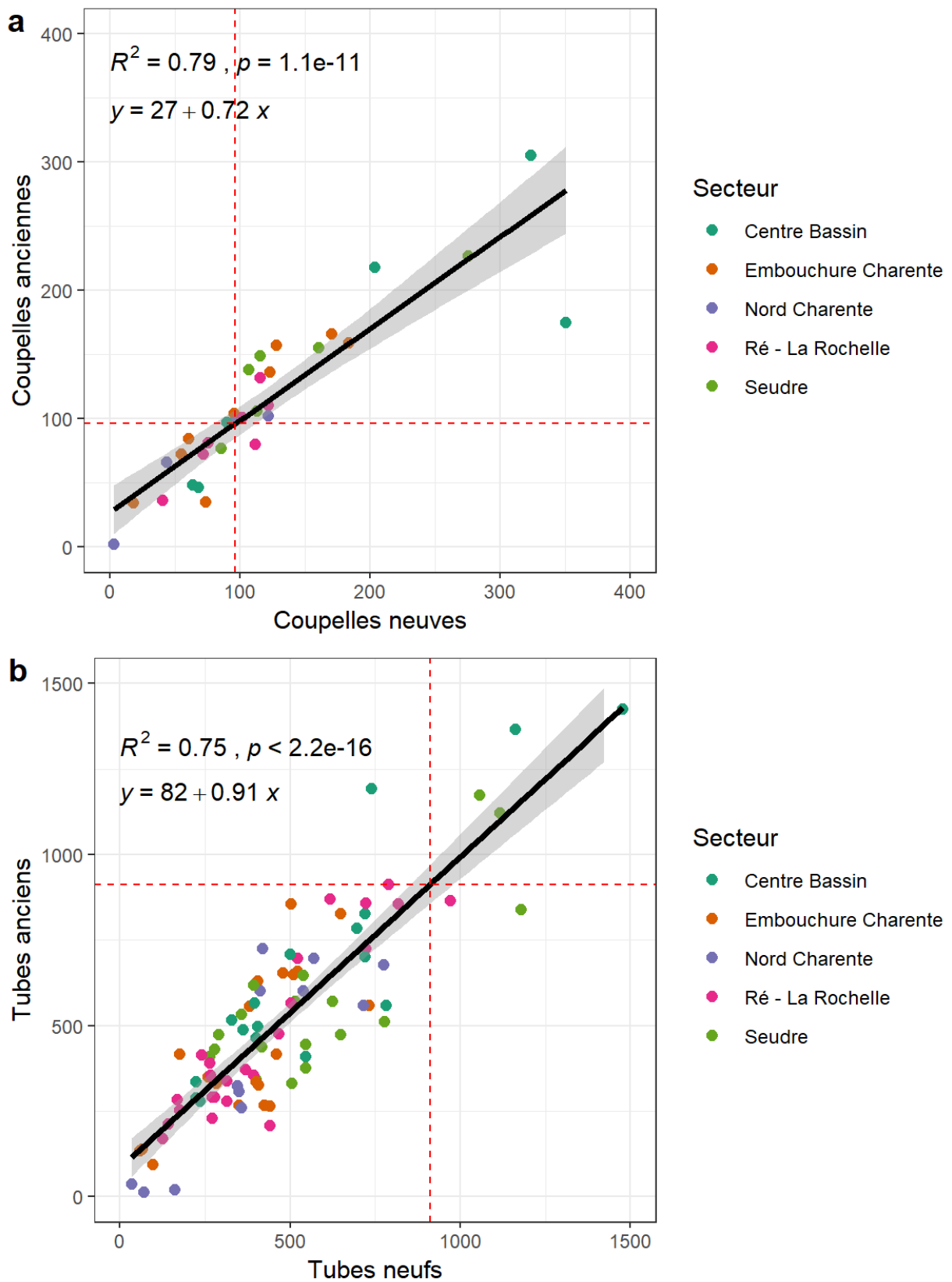


Figure 6 : Nombre de naissains vivants capturés en 2014 sur des a. Coupelles neuves et anciennes et b. Tubes neuvs et anciens. La formule de la relation linéaire est indiquée, ainsi que le R^2 et la p -value associés au modèle. Les valeurs associées aux secteurs de captage sont représentées. Les lignes rouges représentent la densité de naissains à l'équilibre de la droite de régression.

Pour les deux types de collecteurs, il n'y a pas de différences significatives (p -value > 0,05 pour les coupelles et les tubes) entre le nombre moyen de naissains captés sur le matériel neuf et ancien (110 ind/coupelle et 475 ind/tube).

Une relation linéaire significative existe entre les densités de naissains vivants mesurés sur les collecteurs d'anciennetés différentes. Ces relations expliquent 79 % et 75 % de la variabilité des résultats obtenus sur les coupelles et les tubes, respectivement (Figure 6ab). Que ce soit pour les coupelles ou les tubes, les coefficients directeurs des droites de régression sont positifs et relativement proche de 1 : 0,72 entre les coupelles neuves et anciennes, 0,91 entre les tubes neufs et anciens (Figure 6ab). Ces résultats montrent que, malgré un âge différent, la capacité de captage des collecteurs n'est que faiblement impactée. Néanmoins, une tendance se dégage à l'échelle de cette année de comparaison (données de l'année 2014), pour laquelle les densités de captage des anciennes coupelles ne correspondraient qu'à 72 % des densités mesurées sur les coupelles neuves (coefficient directeur, Figure 6a). Ainsi, le point d'équilibre entre les densités de naissains sur coupelles d'âge différents se situe autour de 96 ind/coupelle (lignes rouges, Figure 6a). La même tendance est observable avec les tubes, pour lesquels la densité sur des anciens tubes représenterait 91 % de celle des tubes neufs, avec un point d'équilibre à 911 ind/tube (Figure 6b). De nouvelles années de comparaison, en étudiant une gamme de vieillissement de collecteurs, permettraient de vérifier le sens et l'intensité de cette relation de proportionnalité, qui semble contraire au ressenti de la profession.

Finalement, avec l'économie réalisée en suivant le captage seulement avec des coupelles (III.1.1) et la précision apportée par l'utilisation de collecteurs neufs, il est préconisé de **poursuivre le suivi du captage de l'huître creuse uniquement avec des coupelles neuves.**

1.3. Redondance spatiale des sites de captage en Charente-Maritime

a. Secteur de la Seudre

Les sites de la Seudre se distinguent en deux groupes principaux, caractéristiques de zones en amont (e.g. Chatressac) et en aval (e.g. Jeac) du fleuve (Figure 7). Deux paires de sites sont étroitement similaires, à savoir Bugée et Chambion d'une part, puis Jeac Nord et Recoulaine, d'autre part. Ne sélectionner qu'un des deux sites de chaque binôme permettrait de diminuer le nombre de sites de suivi tout en gardant la variabilité du captage associée à la diversité des parcs de captage de la Seudre.

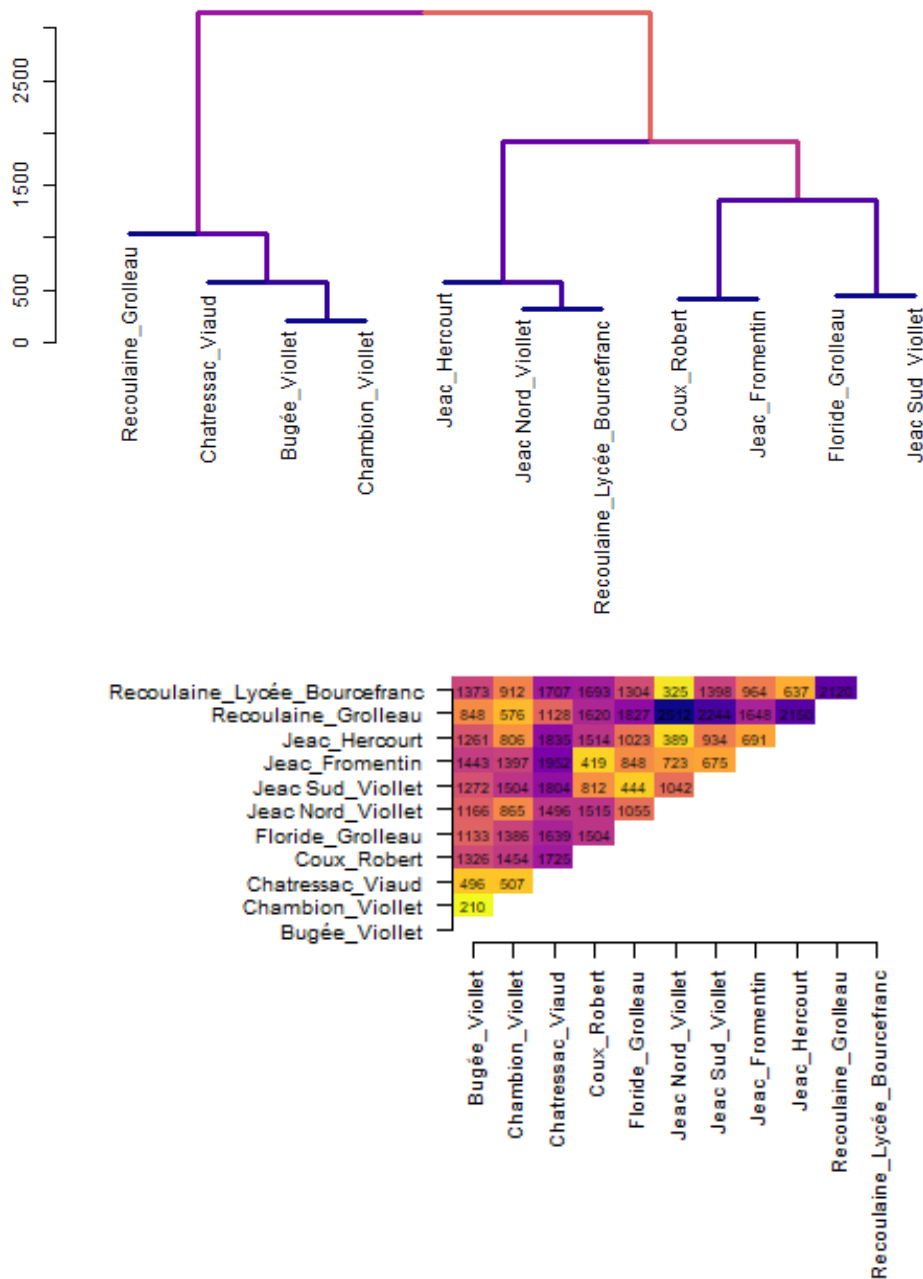


Figure 7 : Dendrogramme et matrice de similarité pour la densité de naissains captés par coupelle dans le secteur de la Seudre.

b. Secteur du centre du bassin

Dans le centre du bassin, seulement les deux sites de la barre d'Estrée sont suffisamment similaires pour pouvoir n'en conserver qu'un seul (Figure 8). En effet, l'indice de similarité et l'éloignement spatial des parcs sont raisonnablement élevés (e.g. Boyard, Brouage, Gatseau) pour justifier leur conservation dans les futurs suivis.

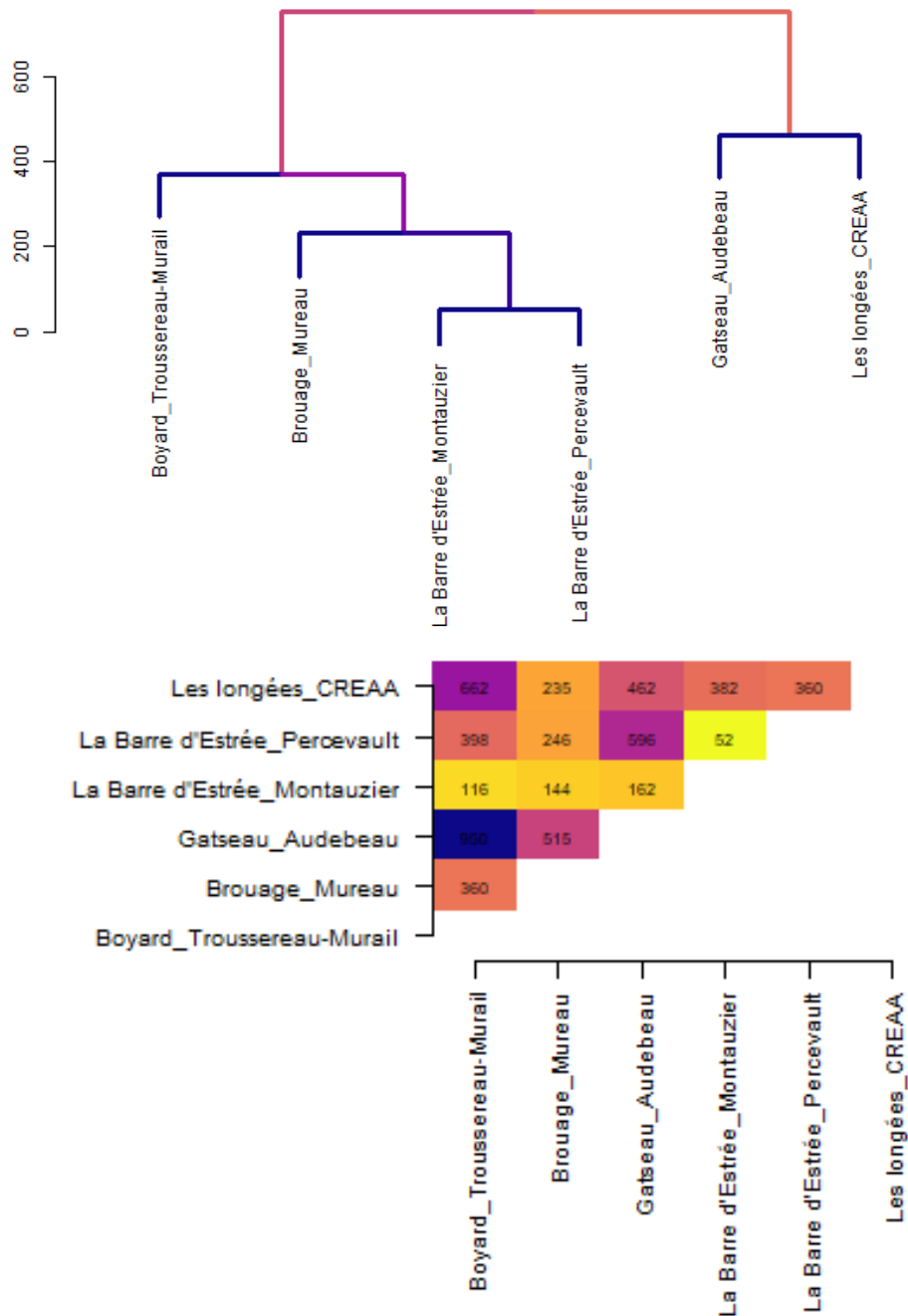


Figure 8 : Dendrogramme et matrice de similarité pour la densité de naissains captés par coupelle dans le secteur du centre du bassin.

c. Secteur de l'Embouchure de la Charente

Dans ce secteur, les sites de Fouras_Nord et de Fouras_Sud appartiennent au même propriétaire (i.e. Caillon-Gate) et sont un des sites de référence utilisés pour déterminer la quantité de naissains restant après la période hivernale (Figure 9). Il est nécessaire de conserver ces sites, ce qui permettrait, à l'inverse, de se libérer des sites Ile d'Aix_Seguin et Fort Eneth_Raingeneau.

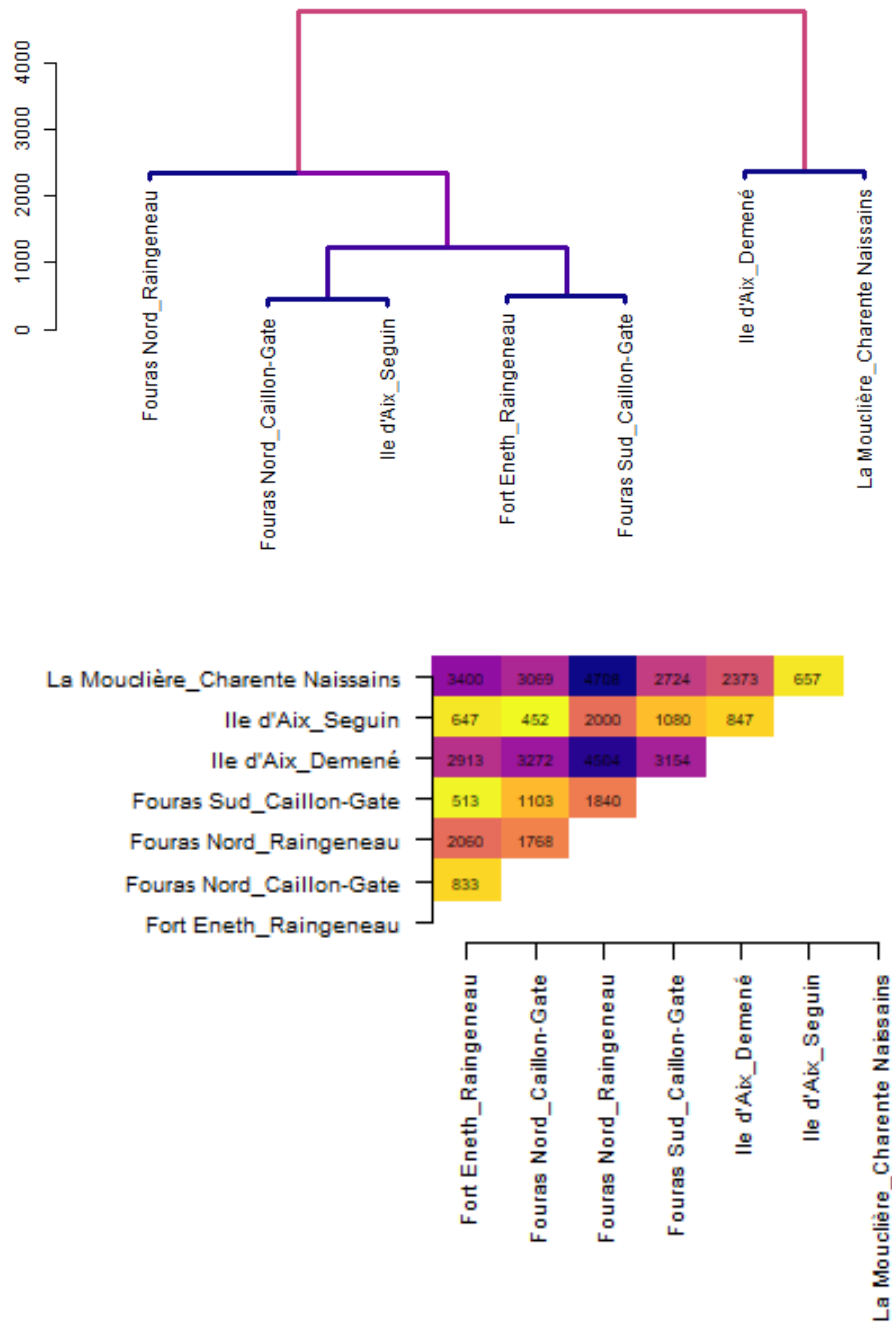


Figure 9 : Dendrogramme et matrice de similarité pour la densité de naissains captés par coupelle dans le secteur de l'embouchure de la Charente.

d. Secteur du Nord de la Charente

Etant donné le faible nombre de professionnels partenaires disponibles pour effectuer le suivi du captage dans ce secteur, il est impératif de conserver un représentant des sites d’Aytré, d’Angoulins et des Boucholeurs (Figure 10). Pour ce dernier, le parc du professionnel Guenon est retenu étant donné la similarité entre les sites d’Angoulins et de Boucholeurs_Maire.

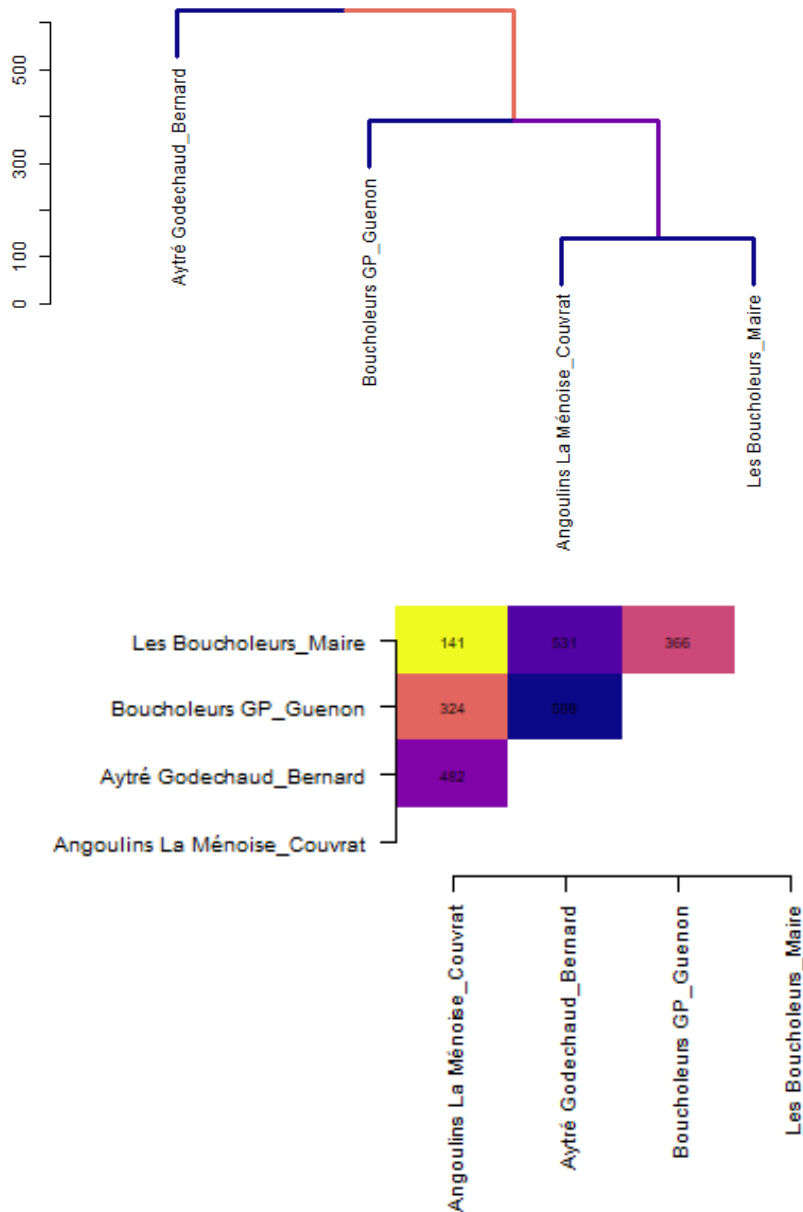


Figure 10 : Dendrogramme et matrice de similarité pour la densité de naissains captés par coupelle dans le secteur du Nord de la Charente.

e. Secteur de La Rochelle – Ile de Ré

Dans ce secteur, aucun cluster représentatif ne semble se dégager. En effet, les sites d'un même parc de l'Ile de Ré sont répartis dans des clusters différents et associés à des parcs continentaux comme ceux d'Esnandes ou Marsilly (Figure 11). De ce fait, et compte tenu de la diminution drastique de l'activité de captage dans ce secteur, il serait préférable de conserver le plus de sites possible pour s'assurer la continuité des séries de données historiques dans ce secteur.

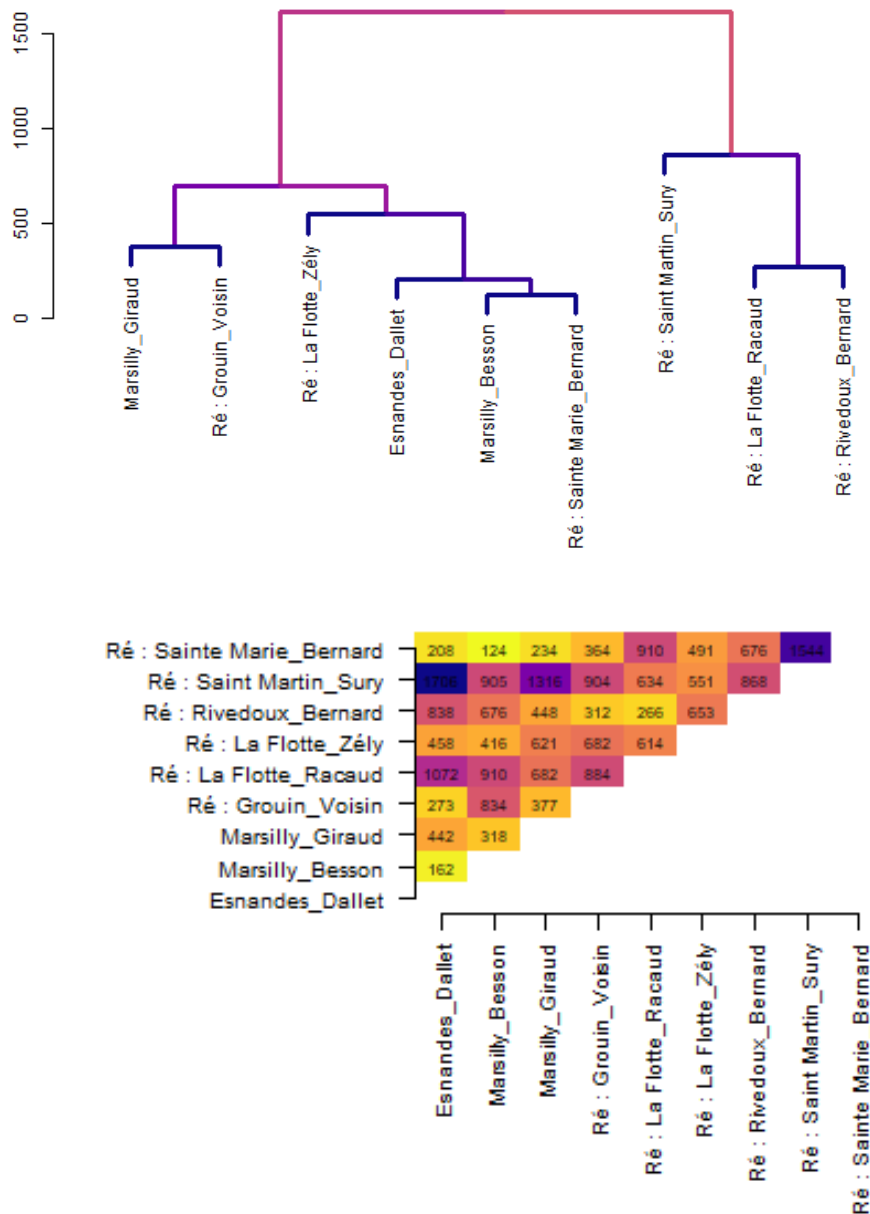


Figure 11 : Dendrogramme et matrice de similarité pour la densité de naissains captés par coupelle dans le secteur de La Rochelle - Ile de Ré.

L'annexe 2 représente la matrice de distance et le dendrogramme associés à l'ensemble des sites de captage du littoral charentais, sans distinction des secteurs.

1.4. Redondance spatiale des sites de captage dans le Bassin d'Arcachon

a. Secteur Ouest

Dans ce secteur, deux grands ensembles sont discriminés avec, d'un côté des sites de la côte Est de la péninsule de Lege - Cap-Ferret (*i.e.* parcs Herbe et Mimbeau) et de l'autre, des sites localisés entre les chenaux de Piquey et de Teychan (*i.e.* parcs de La Réousse, Courbey ; Figure 12). Ces clusters représentent deux configurations spatiales différentes, qui méritent d'être distinguées. Pour autant certains parcs se retrouvent dans ces deux clusters, comme celui de Bélisaire et de Grand Banc. Au regard des indices de similarité, les sites de Mimbeau_Godichaud et de Canelon_Bosredon pourraient être conservés au détriment des sites de l'Herbe_Dehillotte_D et Bélisaire_Verrouil.

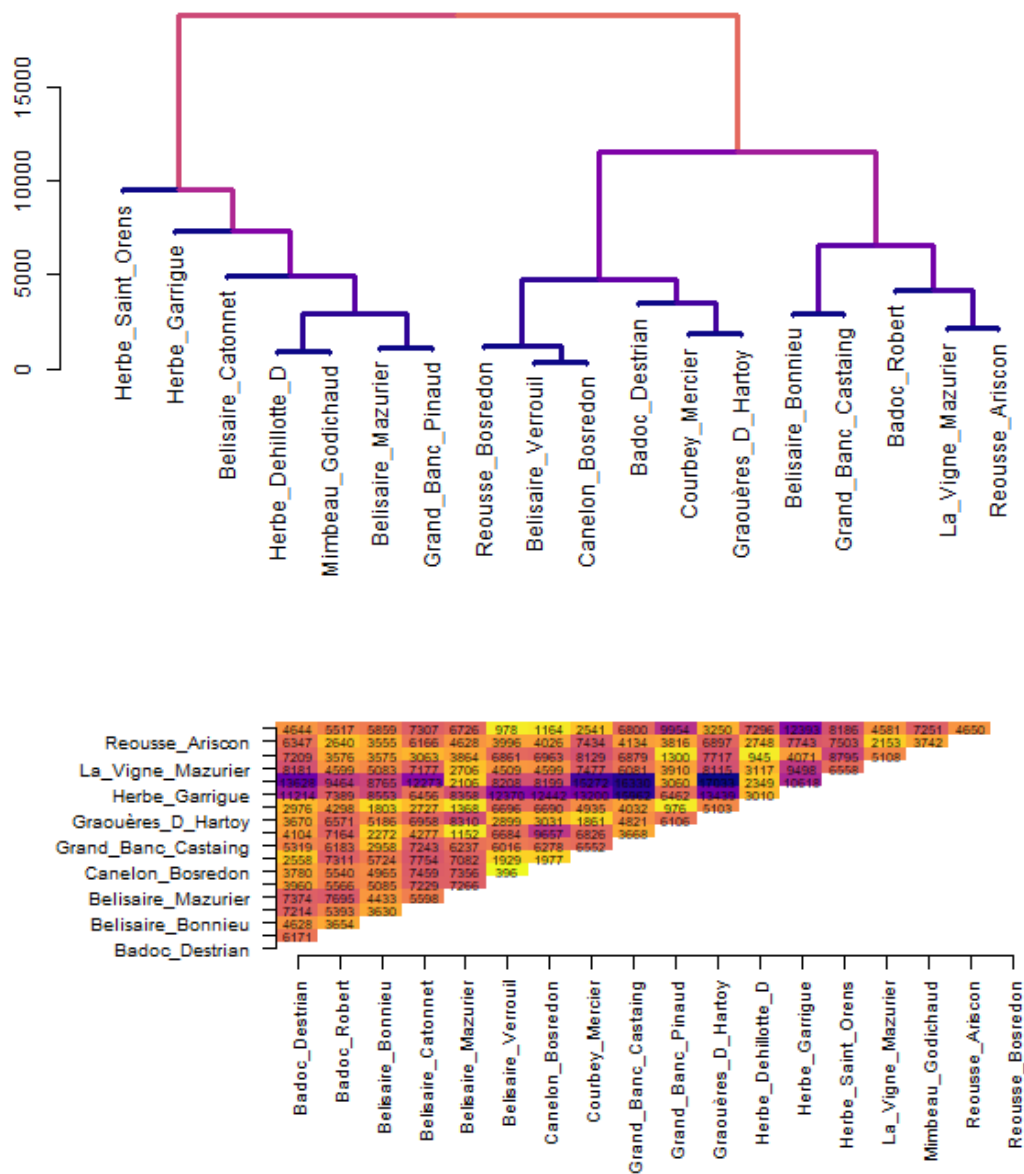


Figure 12 : Dendrogramme et matrice de similarité pour la densité de naissains captés par coupelle dans le secteur Ouest du Bassin d'Arcachon.

b. Secteur Est

Les sites suivis dans le secteur Est du Bassin d'Arcachon se distinguent suffisamment selon leur indice de similarité pour les conserver dans les futurs suivis (Figure 13). Par ailleurs, la diversité géographique de ce secteur semble être représentée par les sites déjà suivis. Ils sont localisés sur des parcs dont l'orientation et la situation géographique se différencient des autres, comme le Tès dans la partie Ouest du secteur et orienté au Nord et Bourrut au centre du secteur avec une orientation au Sud.

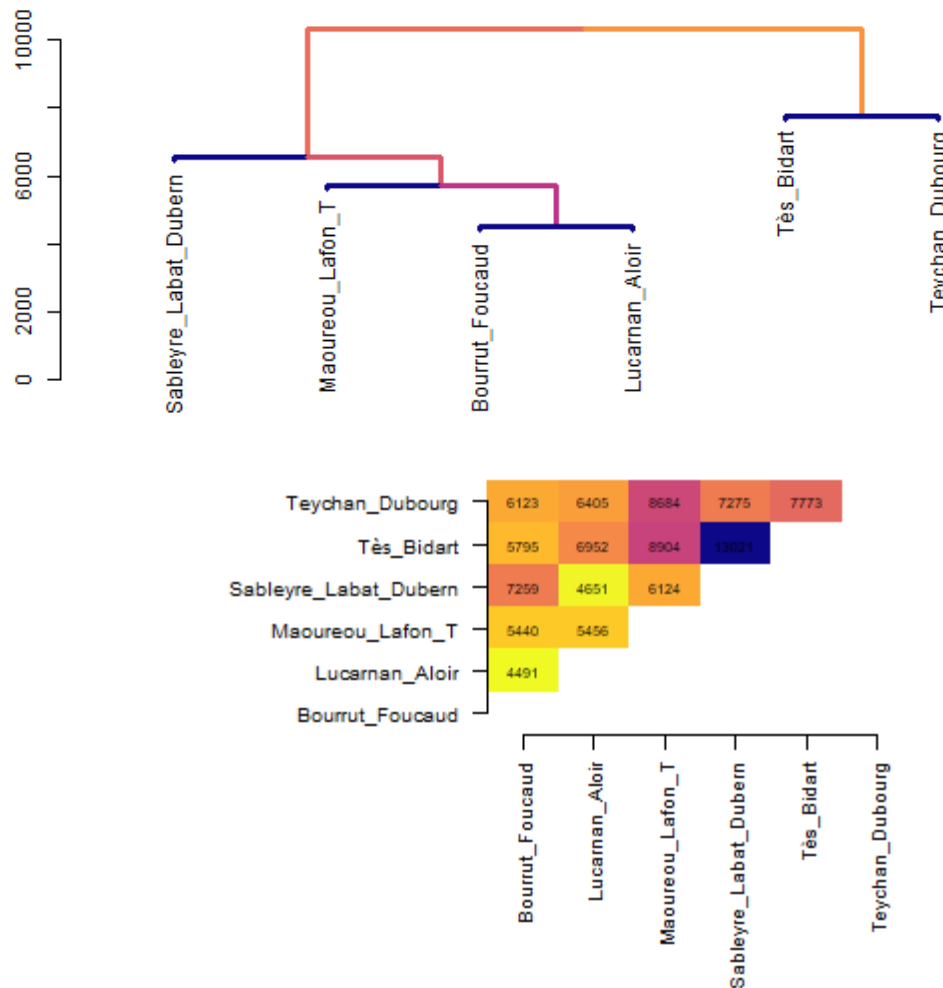


Figure 13 : Dendrogramme et matrice de similarité pour la densité de naissains captés par coupelle dans le secteur Est du Bassin d'Arcachon.

L'annexe 3 représente la matrice de distance et le dendrogramme associés à l'ensemble des sites de captage du Bassin d'Arcachon, sans distinction des secteurs.

1.5. Nombre de sites et réseau de professionnels partenaires

De manière générale, une cinquantaine de sites ont été intégrés au suivi du captage de l'huître creuse dans les deux bassins conchylicoles. Néanmoins, à l'échelle d'une année de suivi, il n'y a qu'une partie variable de ce pool de sites qui est utilisée (*i.e.* entre 30 et 40). Ceci se traduit par une absence de données sur une période (plus ou moins longue) pour certains parcs. Ces données manquantes ne permettent pas d'utiliser l'ensemble des 50 sites historiques dans l'analyse de redondance spatiale, ce qui limite leur interprétation.

Ces fluctuations interannuelles du nombre de sites d'échantillonnage mettent en évidence les difficultés de conserver les mêmes partenaires dans les réseaux de captage et de trouver de nouveaux professionnels à intégrer pour conserver l'acquisition de données sur des parcs d'intérêts. Ces difficultés reflètent majoritairement les tendances de l'ostréiculture actuelle vis-à-vis de la transmission des entreprises et de l'activité de captage. En effet, le nombre de professionnels diminue depuis la dernière décennie à cause d'une dynamique de création et de reprise d'entreprises en déclin (source : CRCAA). Parallèlement, le captage de naissains naturels n'est plus une activité primordiale pour les entreprises des deux bassins naisseurs historiques. Les ostréiculteurs utilisent de plus en plus de naissains provenant d'écloserie (diplo- et triploïdes) au détriment de naissains captés sur des collecteurs, dont le déploiement et le traitement engendre des coûts de main d'œuvre importants. Finalement, certains professionnels, à l'échelle d'une saison, rencontrent des problèmes logistiques (*e.g.* pannes, pertes du matériel...) ne leur permettant pas de poser les collecteurs confiés par CAPENA ou de les relever au moment des comptages.

Dans le contexte des suivis du captage, et du fait des difficultés précédemment citées, il n'est pas recommandé de ne sélectionner qu'un seul site/partenaire par parc. Même si certains sites se ressemblent du point de vue de leur dynamique de captage, **il serait préférable de conserver un binôme de site/partenaire par parc ou zone géographique pour assurer l'acquisition des données à long terme.** Ce principe implique en contrepartie d'assurer l'intégration de nouveaux professionnels lorsque qu'une des deux parties du binôme ne peut continuer son partenariat dans le réseau.

2. Captage de la moule commune

2.1. Pseudo-réplication

Le suivi du captage de la moule commune est réalisé sur le site historique des Saumonards et, plus récemment, sur d'autres zones de captage de professionnels au Sud de la Vendée (Bodin 2022). Pour ces sites, dont les données ont été traitées dans le rapport technique n°1 (Barbier 2022), le protocole d'échantillonnage implique l'utilisation de valeurs pseudo-répliquées pour obtenir une variabilité à l'échelle d'une date de prélèvement. En effet, une seule corde est disposée dans la zone de captage, sur laquelle 1 m est récupéré (unité d'échantillonnage). Ce prélèvement est ensuite sous-échantillonné en tronçons de 10 cm (ou 5 cm si le captage est trop abondant) qui sont traités et dont les valeurs sont extrapolées pour estimer la densité de naissains de moules par mètre de corde. Cette démarche est également réalisée dans le Bassin d'Arcachon.

Afin de limiter les biais liés à cette pseudo-réplication, le protocole idéal serait de disposer au moins 3 cordes de captage par parc, sur lesquelles un prélèvement d'1 m serait réalisé. Le mètre de corde prélevé serait choisi aléatoirement. Idéalement, le comptage du naissain devrait s'effectuer sur l'ensemble de ce prélèvement, mais un sous-échantillonnage en 3 tronçons de 10 cm est possible. Ce protocole serait plus robuste et représentatif de la variabilité de la zone considérée mais nécessite de tripler le temps de traitement (comptage). *A minima*, il serait nécessaire d'analyser 1 tronçon de 10 cm sur chacune des 3 cordes, si seulement les densités de recrues sont homogène le long d'un mètre de corde.

2.2. Dans le Bassin d'Arcachon

Le protocole mené dans le Bassin d'Arcachon a été défini dans le cadre d'une étude exploratoire visant à acquérir des connaissances sur les gisements naturels de moules communes (GIMOBAs). De ce fait, l'effort d'échantillonnage a été adapté pour apporter les premières informations nécessaires à la connaissance de la dynamique de recrutement de cette espèce. Néanmoins, certains biais d'échantillonnage ont pu être mis en évidence suite à l'analyse des résultats issus des campagnes de 2018 et 2019 (Barbier 2022). Les futurs suivis devraient intégrer :

- un effort d'échantillonnage plus important, se traduisant par au moins trois unités d'échantillonnage (1 mètre de corde) par prélèvement. Concrètement, il serait préférable d'installer 1 corde de captage sur 3 tables ostréicoles du même niveau bathymétrique. L'installation de cordes de coco plus grandes, de même longueur les unes par rapport aux autres, qui permettront de prélever plusieurs tronçons choisis aléatoirement, permettront d'intégrer la variabilité du captage d'un site tout en se détachant d'un phénomène de pseudo-réplication,
- une caractérisation précise des niveaux bathymétriques de chaque site d'échantillonnage (hauteur du parc) pour permettre une comparaison rigoureuse des niveaux « haut » et « bas » entre deux parcs. A ce stade, la comparaison de ce facteur ne peut être réalisée qu'à l'échelle du parc en question. Les tendances observées entre le captage des deux altitudes ne sont pas claires du fait que le niveau « bas » d'un parc peut correspondre au niveau « haut » d'un autre, et que le gradient bathymétrique qui en résulte peut-être hors de la zone de répartition verticale de l'espèce ciblée (e.g. « haut » du parc de Courbey dont le coefficient d'exondation est de 80),
- des dates de pose et de relève de cordes les plus simultanées possibles entre les sites. En effet, les processus associés aux phases de fixation/métamorphose des bivalves s'opèrent à l'échelle journalière. La fixation sur un substrat ou remise en suspension de recrues nouvellement formées sont susceptibles d'entraîner des turnovers extrêmement rapides au sein des communautés meio-benthiques de bivalves (Forêt 2018). A l'échelle des données analysées, jusqu'à 14 jours séparent les dates de pose des premières cordes de captage et l'écart maximum est de 25 jours entre leurs dates de récupération. Ces disparités sont d'autant plus de sources de variabilité entre les densités de naissains mesurés qui rendent difficile la comparaison entre les sites.

3. Biais de la stratégie d'échantillonnage

3.1. Intégration spatiale

Ce biais intervient lors de la définition des points de prélèvements des larves et des sites de captage des deux espèces étudiées. Les suivis des émissions de larves et du captage ont été créés de façon indépendante sans l'objectif d'être associés en première intention. Lors de la mise en relation de ces jeux de données pour la définition d'indicateurs larvaires du captage (Barbier 2022), certains liens entre les variables larvaires et les densités de naissains n'ont pas pu être clairement établis. Une des explications concerne la dispersion spatiale entre des points d'échantillonnages qui devraient correspondre à la même zone d'étude. Par exemple, le site de pêche de larves de moule de Boyard (BMO) a été défini comme proxy des cohortes larvaires qui recruteront au niveau du parc de captage des Saumonards. Cependant, ce point de prélèvement larvaire est situé dans le secteur des bouchots d'élevage de Boyard, bien plus au Sud et exposé différemment du parc de captage des Saumonards. Il en est de même pour le point de larves de moules d'Humeyre (BA), qui serait le point de référence pour expliquer les variations de captage des parcs d'Humeyre, de Mapouchet et du Tès. A l'inverse, le point de prélèvement de larves d'Arguin est très intéressant de par sa situation plus océanique et son rôle de sentinelle pouvant être utilisé comme proxy des apports extérieurs au bassin. Néanmoins, il manque les données de captage sur ce site. Elles permettraient de comprendre en partie la dynamique de recrutement entre l'intérieur et l'extérieur du Bassin d'Arcachon et l'intégration des apports de larves allochtones dans le stock de recrues. A ce titre, de nouveaux points de prélèvements semblent particulièrement pertinents étant donné le rôle présumé des apports de larves extérieurs aux bassins étudiés. Il s'agit de sites au Sud de la Vendée/Nord de La Rochelle (pour le BMO) et de l'estuaire de la Gironde (pour le BMO et le BA). En effet, étant donné la capacité de dispersion des larves d'huîtres et de moules, et l'observation d'années de captage pléthorique, l'hypothèse d'advection de larves aux derniers stades de développement transportées dans des conditions hydrodynamiques particulières ne peut être que favorisée.

Dans le but de définir précisément la relation entre les cohortes larvaires et les recrues de bivalves dans une zone définie, il est nécessaire de réaliser les prélèvements dans la colonne d'eau au-dessus des sites d'acquisition des données de captage. De plus, d'autres sites de pêches de larves peuvent également être échantillonnés pour comprendre l'évolution des cohortes larvaires entre deux zones.

3.2. Intégration temporelle

Comme expliqué dans la partie III.2.2, les biais d'intégrations temporelles apparaissent lorsque les dates d'acquisition des données ne sont pas synchronisées entre les sites de suivi. Ces biais sont d'autant plus impactants lors de la mise en relation entre les données de larve et de captage. En effet, lorsque les mesures ne sont pas synchronisées entre les pêches de larves et les échantillonnages de cordes de moules, il est difficile d'interpréter la dynamique de recrutement au regard des caractéristiques des cohortes larvaires. Ces remarques s'appliquent lorsque la dynamique du recrutement doit être expliquée par celle des larves. Dans le cas du suivi du captage des huîtres creuses, la seule valeur d'intérêt actuellement

utilisée correspond à la quantité de naissains obtenus à la fin de la période de reproduction. Dans le cas où la description fine de la dynamique du recrutement serait l'objectif des suivis (e.g. taux de fixation journalier), il serait nécessaire de réaliser des prélèvements synchronisés et à haute fréquence, des collecteurs et de l'eau de mer sus-jacente pour chaque zone d'étude. Ces préconisations sont également adaptées pour comprendre les effets des variables environnementales sur le recrutement des bivalves.

4. Conclusion

D'une manière générale, la volonté d'établir un observatoire représentatif des pratiques des professionnels peut être difficile à concilier avec l'enregistrement de séries de long terme utilisable pour la compréhension fondamentale des processus biologiques et dont l'approvisionnement et la méthodologie doivent varier le moins possible (Bernard 2018).

Il est nécessaire d'identifier précisément les objectifs des études afin que les hypothèses définies *a priori* puissent être testées par un protocole d'échantillonnage adapté. C'est ainsi que deux approches peuvent être identifiées au regard des suivis abordés dans cette étude. L'origine des suivis des larves et du captage de huîtres et des moules émerge d'une demande des professionnels des bassins conchylicoles pour comprendre le fonctionnement des espèces qu'ils élèvent et les aider à la gestion de leurs cheptels. De ce fait, les protocoles mis en place répondent en majeure partie à l'approche « professionnelle », en fournissant une information précise sur le nombre de recrues disponibles sur les collecteurs. En revanche, pour comprendre les mécanismes du recrutement selon une approche « biologique », tel que de définir des indicateurs larvaires pour estimer la quantité de recrues futures, les protocoles mis en place ne sont pas complètement adaptés. En effet, de par la rapidité et la localité des processus agissant autour de la phase de fixation/métamorphose, des échantillonnages à haute fréquence (au moins bimensuel) et synchronisés des compartiments benthique et pélagique sont nécessaires. De plus, au contraire du protocole employé pour le captage de moules, l'approche « biologique » nécessiterait la pose de collecteurs (*i.e.* coupelle et corde) vierges à chaque date d'échantillonnage. Cette différence minime est essentielle à la compréhension de la dynamique de fixation et inhibe les effets du bruit associé au cumul des recrues sur un collecteur (*i.e.* effet densité-dépendance).

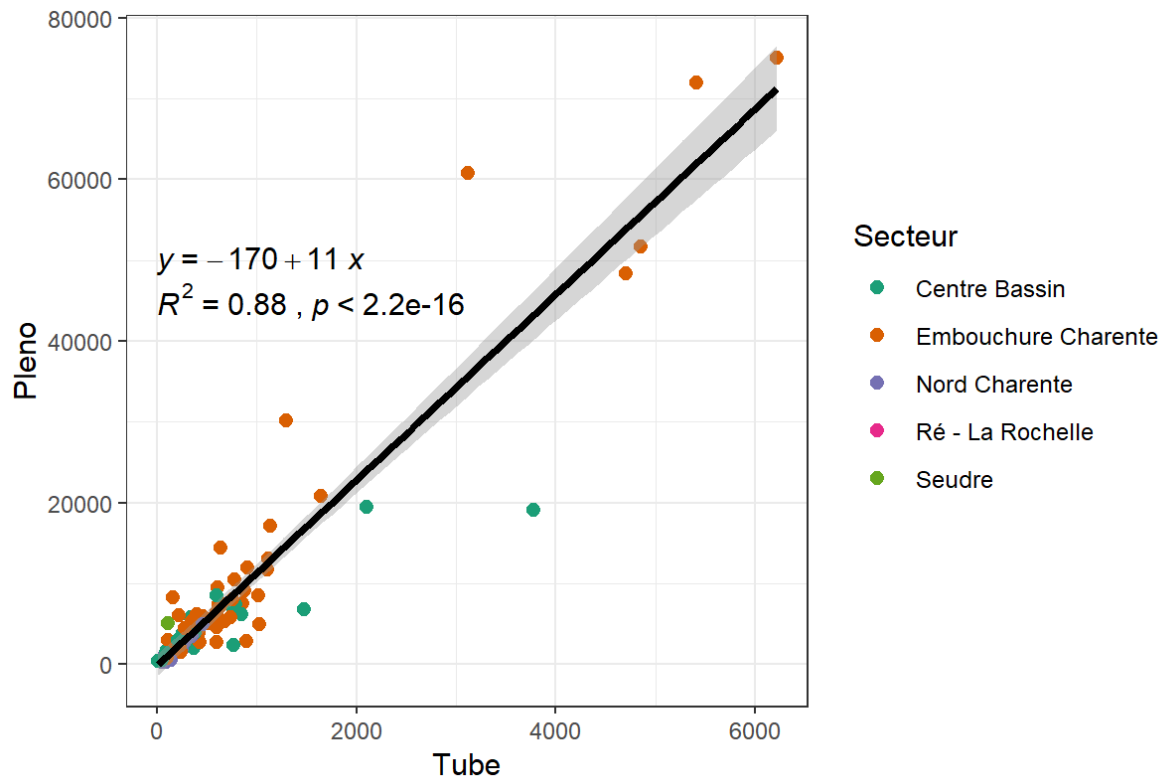
Finalement, l'emploi d'un protocole commun unique ne peut remplir les objectifs affiliés aux approches « biologique » et « professionnelle ». Néanmoins, les deux approches sont complémentaires pour comprendre l'entière des processus et répondre aux questions écologiques et de production. Les protocoles associés à ces approches ne sont pas exclusifs et peuvent être réalisés en même temps afin d'optimiser le nombre d'échantillons à analyser et les coûts associés à leur réalisation.

IV. Bibliographie

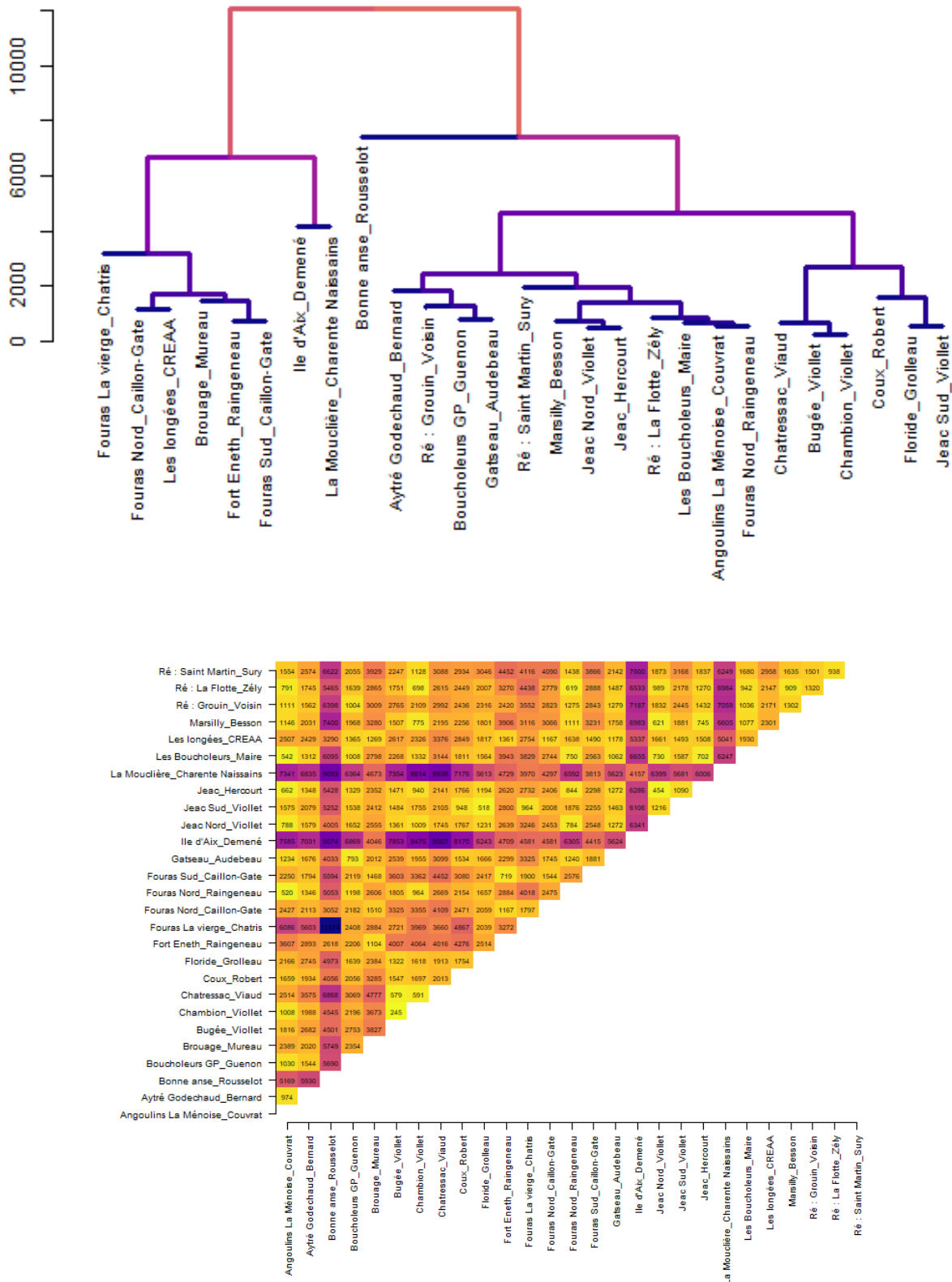
- Barbier P (2022) Développement d'indicateurs relatifs à la dynamique larvaire et de captage des huîtres et des moules dans le PNM EGMP et le PNM BA – Volet 1 : Proposition de niveaux de référence de captage et d'indicateurs larvaires. Rapport technique n°1, CAPENA, PNM EGMP, PNM BA, 133 p.
- Bernard I (2016) Éléments d'orientation pour la modification de la stratégie d'échantillonnage des pêches de larves dans les bassins d'Arcachon et de Marennes-Oléron. Rapport technique CREAA, 74 p.
- Bernard I (2018) Optimisation du réseau de suivi des performances des élevages d'huîtres creuses des centres techniques conchylicoles. Rapport technique CREAA, 32p.
- Bodin P, Cesbron R (2022) Observatoire mytilicole des Pertuis Charentais - Comptage des naissains de moules sur cordes. Bulletin n°1. CAPENA, SMIDAP, 1p.
- Forêt M (2018) Les migrations secondaires des recrues de bivalves : approche éco-étho-physiologique. Thèse Muséum National d'Histoire Naturelle, 184p.

V. Annexe

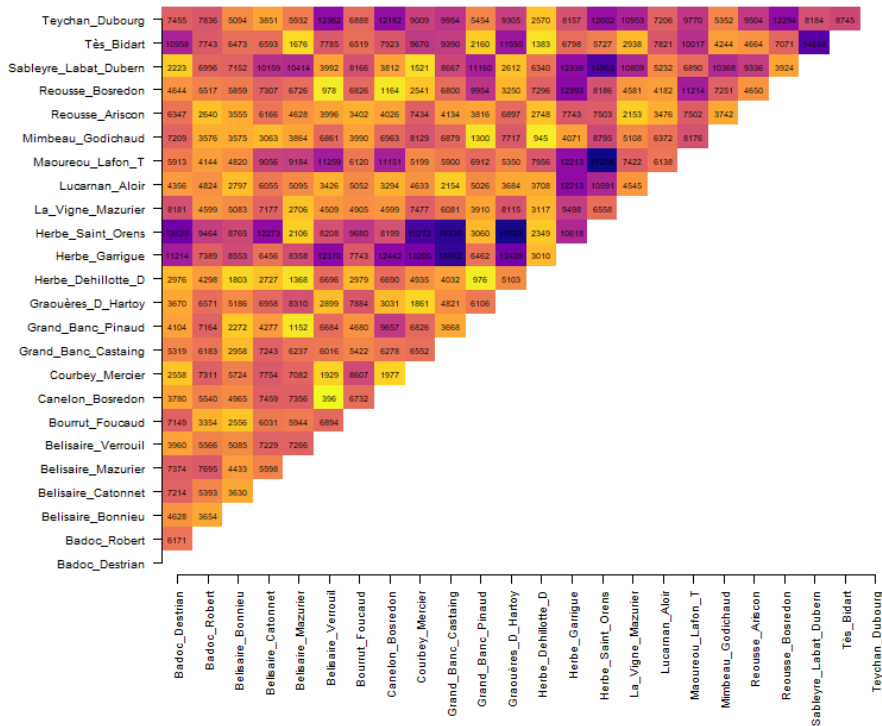
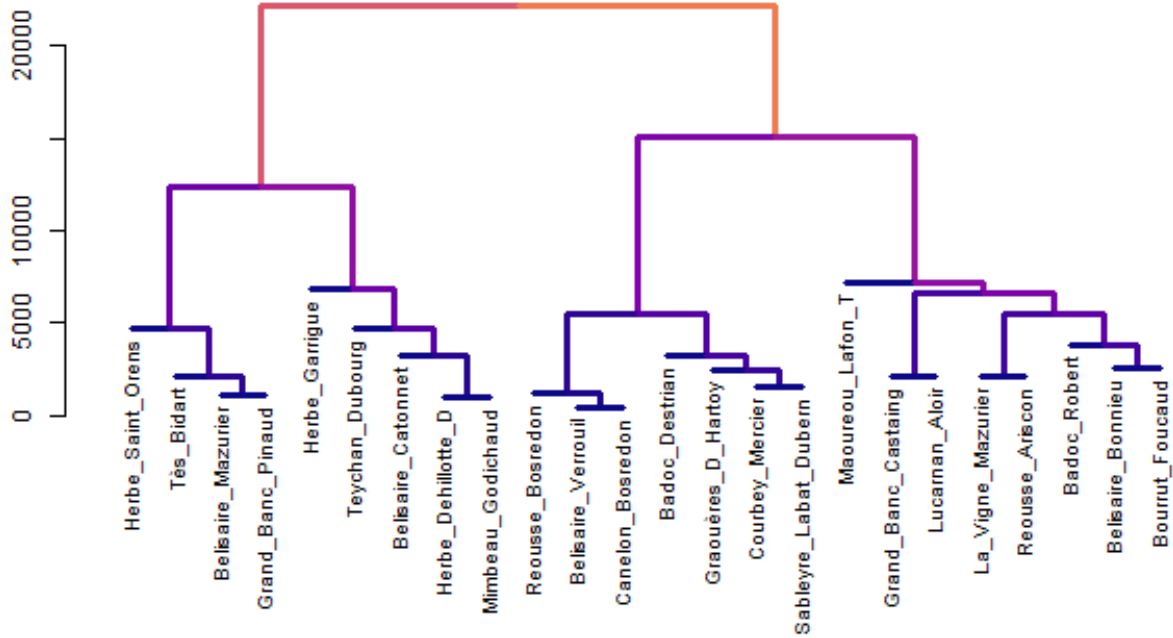
Annexe 1 : Nombre de naissains vivants par pléno en fonction de ceux comptés par tube. La formule de la relation linéaire est indiquée, ainsi que le R^2 et la p-value associés au modèle. Les valeurs associées aux secteurs de captage sont représentées par un code de couleur.



Annexe 2 : Dendrogramme et matrice de similarité pour la densité de naissains captés par coupelle pour les sites de la Charente-Maritime.



Annexe 3 : Dendrogramme et matrice de similarité pour la densité de naissains captés par coupelle pour les sites du Bassin d'Arcachon.





Pierrick Barbier

Référent scientifique aquaculture
p.barbier@cape-na.fr

CAPENA – Expertise et Application

Prise de Terdoux 17480 Le Château d’Oléron
T : 05 46 47 51 93



**Estuaire de la Gironde
Mer des Pertuis**



Bassin d'Arcachon