

PREFEOL

Inventaire de la biodiversité par ADN environnemental des eaux du large. Comparaison avec les données BIODIVMER de 2024

Rapport final

Convention : 2025 0369	Type : subvention	N° opération : 311 2025 013
Rédacteur :	Révision :	Approbation :
Anaïs GUDEFIN	Joyce LAMBERT	Sébastien FONBONNE

SOMMAIRE

1	Introduction	4
1.1	Contexte.....	4
1.2	Objectifs.....	6
1.3	Partenaires du projet	6
2	Organisation du projet	6
3	WP1 – gestion de projet.....	6
3.1	Elaboration des protocoles	6
3.1.1	Objectif du suivi par ADNe.....	6
3.1.2	Objectif du suivi poisson par UVC.....	7
3.2	Elaboration des documents de sécurité liés aux interventions au large	7
4	WP2 – Suivis et acquisition de données	8
4.1	Suivis réalisés	8
4.2	Acquisition des données.....	8
4.2.1	Protocole de suivi par ADNe.....	8
4.2.2	Protocole de suivi des poissons par UVC.....	10
5	WP3 - Synthèse et reporting	11
5.1	ADN environnemental	11
5.1.1	Diversité taxonomique	11
5.1.2	Influence des profondeurs	15
5.1.3	Comparaison inter-stations.....	17
5.2	Suivis des poissons par UVC	18
5.3	Comparaison avec les données BIODIVMED 2024	21
6	Conclusion	24

Date de rédaction

- 09 janvier 2026

Contacts

- Anais GUDEFIN, responsable scientifique, anais.gudefin@ecocean.fr
- Joyce LAMBERT, chargée de projets, joyce.lambert@ecocean.fr
- Sébastien FONBONNE, directeur adjoint, sebastien.fonbonne@ecocean.fr

- 1342 avenue de Toulouse, 34070 MONTPELLIER
- 04.67.67.02.84

1 INTRODUCTION

1.1 CONTEXTE

Le déploiement de l'éolien offshore connaît depuis trois décennies une croissance rapide, impulsée par l'installation du premier parc à Vindeby, au Danemark, en 1991. L'Europe, berceau historique de cette filière, a poursuivi son développement avec de nouveaux parcs implantés aux Pays-Bas et en Suède, avant de voir émerger une dynamique plus récente en France, où le premier parc posé a été mis en service en 2022. Parallèlement, l'éolien flottant, technologie particulièrement prometteuse pour les zones à grands fonds, s'est structuré à partir de 2009 avec le premier prototype norvégien, puis avec la première ferme commerciale, Hywind, déployée en Écosse en 2017. En France, le démonstrateur FLOATGEN inauguré en 2018 au large du Croisic a marqué une étape majeure pour cette technologie.

Fin 2023, la capacité éolienne offshore européenne atteignait 34 GW, avec une année record de 3,8 GW installés. Pour atteindre l'objectif de 300 GW en 2050, le rythme annuel devra toutefois être multiplié par plus de six d'ici 2030. En France, la trajectoire prévoit 45 GW installés à l'horizon 2050 : trois parcs sont aujourd'hui opérationnels, six en construction et huit en projet, répartis sur l'ensemble des façades maritimes — Manche, Atlantique et Méditerranée.

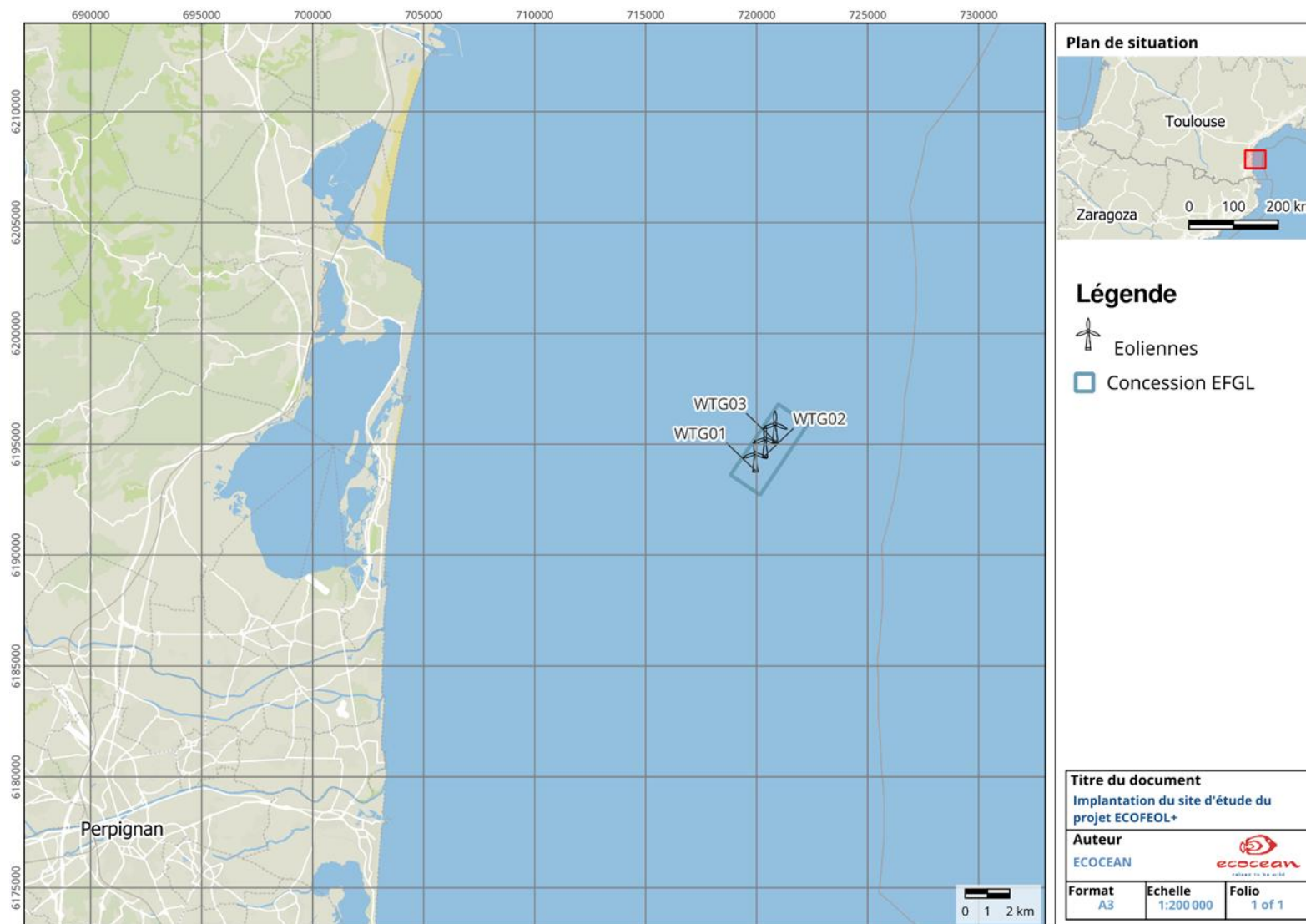
Dans ce contexte d'accélération énergétique, l'éco-conception des parcs éoliens apparaît comme un enjeu central. Elle permet de réduire l'empreinte écologique des installations, d'accompagner la transition énergétique, de renforcer l'acceptabilité sociale, de stimuler l'innovation industrielle et de s'inscrire dans une logique d'économie circulaire. Ces bénéfices environnementaux, économiques et sociétaux en font un axe stratégique de développement pour les futures générations d'éoliennes offshore.

Dans cette optique, des habitats artificiels de complexification (Biohut®) ont été installés sur une des éoliennes du parc EFGL, en 2025. L'objectif est d'évaluer l'intérêt de l'écoconception de structures offshore pour la biodiversité marine et principalement les poissons et la faune mobile. Ainsi, 32 Biohut, composés d'un compartiment vide et d'un compartiment rempli de coquilles d'huîtres recyclées, ont été installés sur le flotteur de l'éolienne EFG1 en mars 2025.



Le parc des Eoliennes Flottantes du Golfe du Lion (EFGL) est situé à environ 16 km au large de Leucate et est composé de trois éoliennes flottantes pour une puissance totale installée d'environ 8,4 MW (soit environ 2,8 MW par éolienne).

Figure 1 : Carte de localisation du chantier EFGL - ECOCEAN (1 : 15 000)



1.2 OBJECTIFS

Le projet, qui ne s'inscrit pas dans le cadre des obligations réglementaires mais dans le cadre d'un programme de recherche et développement, vise à mettre en place un inventaire de la biodiversité par ADN environnemental des eaux du large et à le comparer aux données BIODIVMED de 2024 et au projet CONNEXSTERE (2019-2023).

Cette démarche sera menée avant l'installation en mer des éoliennes du parc EFGL (les Eoliennes Flottantes du Golfe du Lion) et afin d'apprécier un état de référence de la biodiversité avant l'équipement de ces éoliennes en nurseries artificielles.

Dans un second temps, il est également envisagé de mettre en place un suivi permettant de documenter le plus finement possible la dynamique de colonisation par les poissons faisant suite aux résultats obtenus lors du projet CONNEXSTERE (2019-2023) où nous avons pu voir cet effet récif rapide autour d'une bouée BoB installée au large.

1.3 PARTENAIRES DU PROJET

Afin de garantir la fiabilité, la robustesse et la qualité des données produites dans le cadre du projet PREFEOL, Ecocean s'est entouré de plusieurs partenaires scientifiques.

Depuis de nombreuses années, Ecocean travaille en collaboration avec l'Université de Perpignan, et plus particulièrement l'équipe du **CREM-CEFREM** dirigée par le Pr Philippe Lenfant, pour son expertise sur la faune ichtyologique. Au cours de ce projet, ils ont été mandatés pour la réalisation du suivi ichtyologique.

Les prélèvements ADN ont été réalisés par le bureau d'études **Biotope**, spécialisé en écologie et en suivi de la biodiversité. L'analyse des échantillons a été réalisée par leur laboratoire partenaire.

2 ORGANISATION DU PROJET

Ce projet était organisé en trois workpackages :

- WP1 : gestion de projet
 - o Elaboration des protocoles
 - o Elaboration des documents de sécurité liés aux interventions au large
- WP2 : Suivis et acquisition de données
 - o Suivis ADN
 - o Suivis Poissons (UVC)
- WP3 : Synthèse et reporting
 - o Analyse des données ADN et comparaison avec les données BIODIVMED 2024
 - o Analyse des données UVC
 - o Rédaction d'un rapport final de synthèse

3 WP1 – GESTION DE PROJET

3.1 ELABORATION DES PROTOCOLES

3.1.1 Objectif du suivi par ADN

L'approche ADN (ADN environnemental) constitue un outil intéressant pour la réalisation d'inventaires de biodiversité, en particulier pour la détection précoce d'espèces difficiles à observer

telles que les espèces rares, cryptiques ou mobiles. Dans le cadre du projet PREFEOL, l'utilisation de l'ADNe a permis de réaliser un inventaire des espèces déjà présentes dans la future zone d'implantation des éoliennes offshore.

Cela constitue un état initial avant mise en place des structures flottantes.

3.1.2 Objectif du suivi poisson par UVC

Le suivi par comptage visuel vise à caractériser les communautés de poissons évoluant autour des flotteurs et des modules de complexification installés. Il permet également d'étudier le plus finement possible la dynamique de colonisation des infrastructures offshore après leur installation en mer.

L'analyse de ce compartiment biologique permet de répondre aux questions suivantes :

- Quelle est la dynamique de colonisation des structures offshore ?
- Quels sont les assemblages pionniers sur ces structures ?
- Existe-t-il une différence entre un flotteur complexifié et un flotteur témoin ?

3.2 ELABORATION DES DOCUMENTS DE SECURITE LIES AUX INTERVENTIONS AU LARGE

L'intervention de plongeurs scientifiques sur des parcs éoliens en mer, qu'ils soient en phase de construction ou d'exploitation, constitue une pratique encore récente en France et nécessite une évaluation préalable approfondie, menée au cas par cas.

En préalable à chaque intervention, les documents suivants sont produits et soumis à l'approbation du HSE référent :

- PPSPS (dans le cadre des plongées à Port-la-Nouvelle)
- DUER
- MSH
- Mode opératoire
- Protocole d'intervention
- Protocole de secours

Certains équipements de sécurité sont obligatoirement mis à disposition des intervenants (ex : Jason's Cradle). Un exercice d'évacuation d'un plongeur en difficulté est systématiquement réalisé avant toute intervention.

4 WP2 – SUIVIS ET ACQUISITION DE DONNEES

4.1 SUIVIS REALISES

Initialement, trois suivis étaient prévus en 2025 :

- Un état initial via l'ADN environnemental
- 2 suivis ichthyologiques via UVC, une fois les éoliennes mises à l'eau sur leur site d'implantation.

L'état initial ADNe a été réalisé le 11 juin 2025.

Le premier suivi poissons a été réalisé le 8 septembre, soit 8 jours après l'installation de EFG3 (installée sur la concession le 31/08/2025) et 23 jours après EFG1 (installée le 16/08/2025 sur la concession).

Compte tenu d'une coactivité importante en fin d'année (raccordement des câbles de transport d'électricité aux éoliennes) et d'une météo défavorable, la deuxième campagne de suivi visuel n'a pas pu être effectuée.

4.2 ACQUISITION DES DONNEES

4.2.1 Protocole de suivi par ADNe

Protocole déployé sur le terrain

Afin de pouvoir comparer l'évolution des communautés et le potentiel impact des éoliennes, deux sites de prélèvement ont été choisis :

- Un dans l'enceinte de la concession EFG1
- Un à 2km de la zone, servant de point de référence au large

Compte tenu des résultats obtenus lors des précédents projets CONNEXSTERE et OCG DATA, sur chaque site, deux prélèvements seront effectués à deux profondeurs : un prélèvement en sub-surface et un prélèvement proche du fond. En effet, des espèces de fond avaient été retrouvées dans les prélèvements réalisés en surface dans les précédents projets, ouvrant à de nombreuses questions.

Le dispositif expérimental reposait donc sur la mise en place de lignes de mouillage adaptées à la profondeur du site, composées d'un lest de 30 kg, d'un bout de corde et d'une bouée de flottaison maintenant l'ensemble en tension verticale (Figure 2).

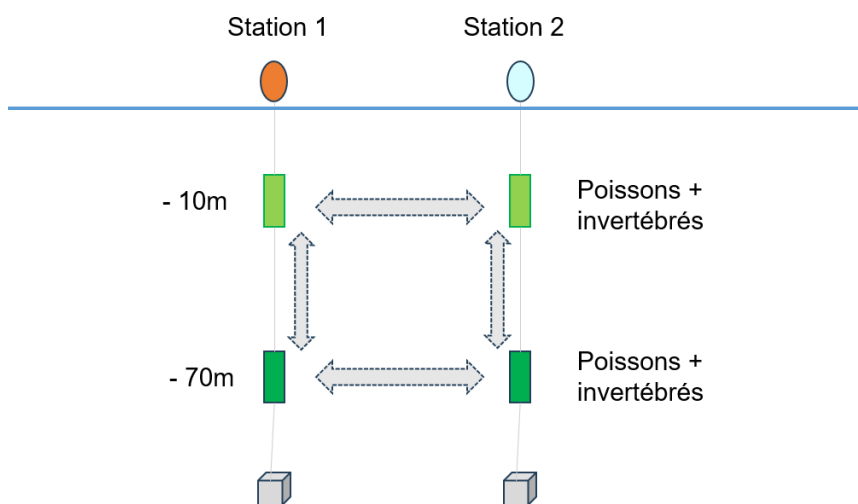


Figure 2 : Illustration du dispositif expérimental de prélèvement de l'ADNe

Les préleveurs autonomes d'ADNe ont été fixés sur le bout à deux profondeurs : en surface, dans la zone des Biohut, et à 70 m, au niveau du fond. Ce dispositif a facilité le repérage et la manipulation lors de la mise à l'eau et de la récupération. Le système a permis le déploiement simultané de deux préleveurs par ligne grâce à des points d'accroche spécifiques.



Dispositif de prélèvement @Biotope



Dispositif de prélèvement @Biotope

Pour chaque site, deux prélèvements (surface et 70 m) ont été effectués de manière synchrone, chacun avec deux répliquats techniques, soit quatre répliquats analysés. Les analyses ont ciblé les poissons et les invertébrés.



Conditionnement @Biotope



Capsule de filtration @Biotope

Analyses en laboratoire

L'approche utilisée est le métabarcoding, combinant l'amplification de gènes cibles et le séquençage à très haut débit. Quatre capsules de filtration (deux par station et par profondeur) sont collectées puis envoyées au laboratoire.

L'eau est filtrée directement dans le milieu naturel à l'aide d'un dispositif immergé, la capsule étant fixée en amont du système de pompage fonctionnant par intermittence pendant 6 heures. Un tampon de conservation QIAGEN ATL est injecté pour préserver l'ADN avant envoi au laboratoire.

L'ADN est extrait avec le kit QIAwave DNA Blood and Tissue (QIAGEN) selon le protocole du fabricant, élué dans 200 µL de tampon, puis divisé en deux réplicats techniques. La concentration est mesurée par fluorométrie Qubit (Thermo Fisher Scientific). Le liquide conservateur restant sur chaque filtre est extrait et utilisé comme témoin négatif de terrain.

Les extraits sont ensuite amplifiés par PCR sur plusieurs marqueurs génétiques, choisis selon les groupes taxonomiques ciblés. Les amorces employées sont présentées dans le tableau ci-dessous (Tableau 1).

Tableau 1 : Primers utilisés pour les échantillons.

Groupe cible	Marqueur génétique	Nom des amorces	Références
Poissons	12S	12STele	Taberlet et al., 2018
Poissons et autres vertébrés	16S	16SMV3	Valsecchi et al., 2020
Eucaryotes	18S	18SSSU	Fonseca et al., 2014 ; Sinniger et al., 2016
Invertébrés	COI	COILB	Elbrecht & Leese, 2017 ; Leray et al., 2013

4.2.2 Protocole de suivi des poissons par UVC

Sur chaque éolienne étudiée, deux plongeurs biologistes ont effectué des transects le long des deux bracons reliant une des trois plateformes (la plateforme la plus éloignée de l'éolienne a été choisie pour des raisons de sécurité). Pour chaque bracon, deux transects distincts ont été réalisés, l'un positionné côté « intérieur » et l'autre côté « extérieur » des flotteurs. Ainsi, chaque éolienne a fait l'objet d'un total de quatre transects linéaires de 10 mètres par campagne de suivi.

Au cours de ces transects, les observations ont porté sur les paramètres suivants :

- Identification des espèces présentes,
- Abondance relative de chaque espèce,
- Taille des individus, estimée avec une précision de $\pm 0,5$ cm pour les plus petits et ± 2 cm pour les plus grands individus,
- Comportement des individus observés, afin d'évaluer leur interaction avec les structures et leur utilisation des habitats fournis par les modules de complexification.

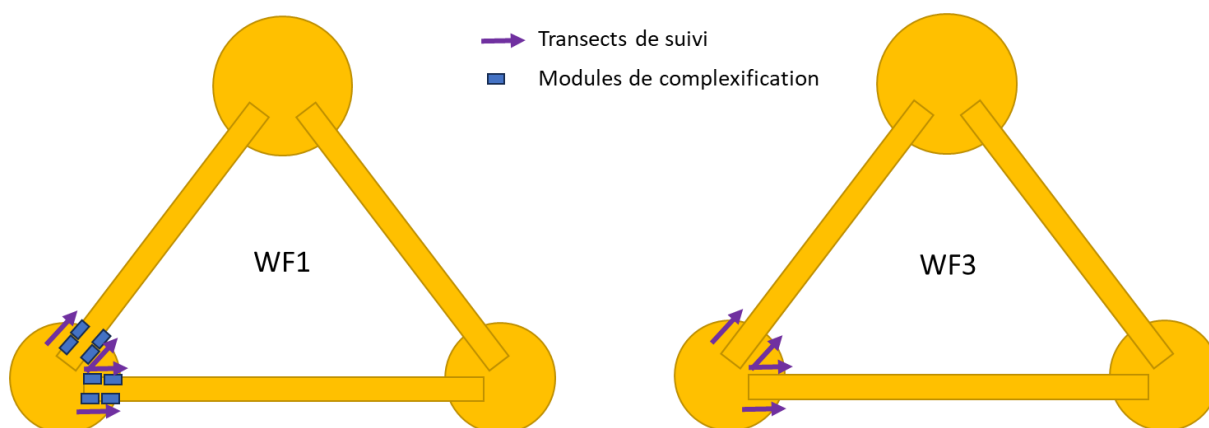


Figure 3 : schéma des transects réalisés pour le suivi par comptage visuel des flotteurs d'éolienne

5 WP3 - SYNTHÈSE ET REPORTING

5.1 ADN ENVIRONNEMENTAL

L'étude a été menée sur deux zones distinctes :

- **Station 1** : Site d'implantation des éoliennes flottantes,
- **Station 2** : Site témoin localisé à deux kilomètres.

5.1.1 Diversité taxonomique

Huit analyses d'ADN environnemental ont été réalisées. Elles ont permis de détecter un total de 76 espèces différentes, ainsi que 15 assignations au niveau du genre.

La répartition des taxons détectés est la suivante :

Pour les vertébrés (Figure 4) :

- 29 poissons osseux (*Actinopterygii*) et 11 groupes d'espèces appartenant à cette classe ;
- 1 poisson cartilagineux (*Chondrichthyes*) : la Raie étoile (*Raja asterias*) ;
- 2 cétacés (*Mammalia*) : le Rorqual commun (*Balaenoptera physalus*) et le Grand dauphin (*Tursiops truncatus*) ;
- 1 oiseau (*Aves*) : un groupe d'espèces de martinets (*Apus sp.*) ;

Pour les invertébrés et autres taxons :

- 20 invertébrés (Figure 5) ;
- 23 autres taxons, correspondant à des algues ou à des protistes (Figure 6).

Certaines espèces ont été retrouvées dans plusieurs échantillons, tandis que d'autres n'apparaissent que ponctuellement, reflétant à la fois la variabilité naturelle des prélèvements et la sensibilité de la méthode.



Figure 4 : Présence de l'ensemble des espèces de vertébrés détectées par Applied Genomics, par échantillon, classées par classes. La taille des points reflète le nombre de séquences détectées par espèce dans chaque échantillon. Le nombre entre parenthèses indique le nombre total d'échantillons dans lesquels chaque espèce a été détectée.

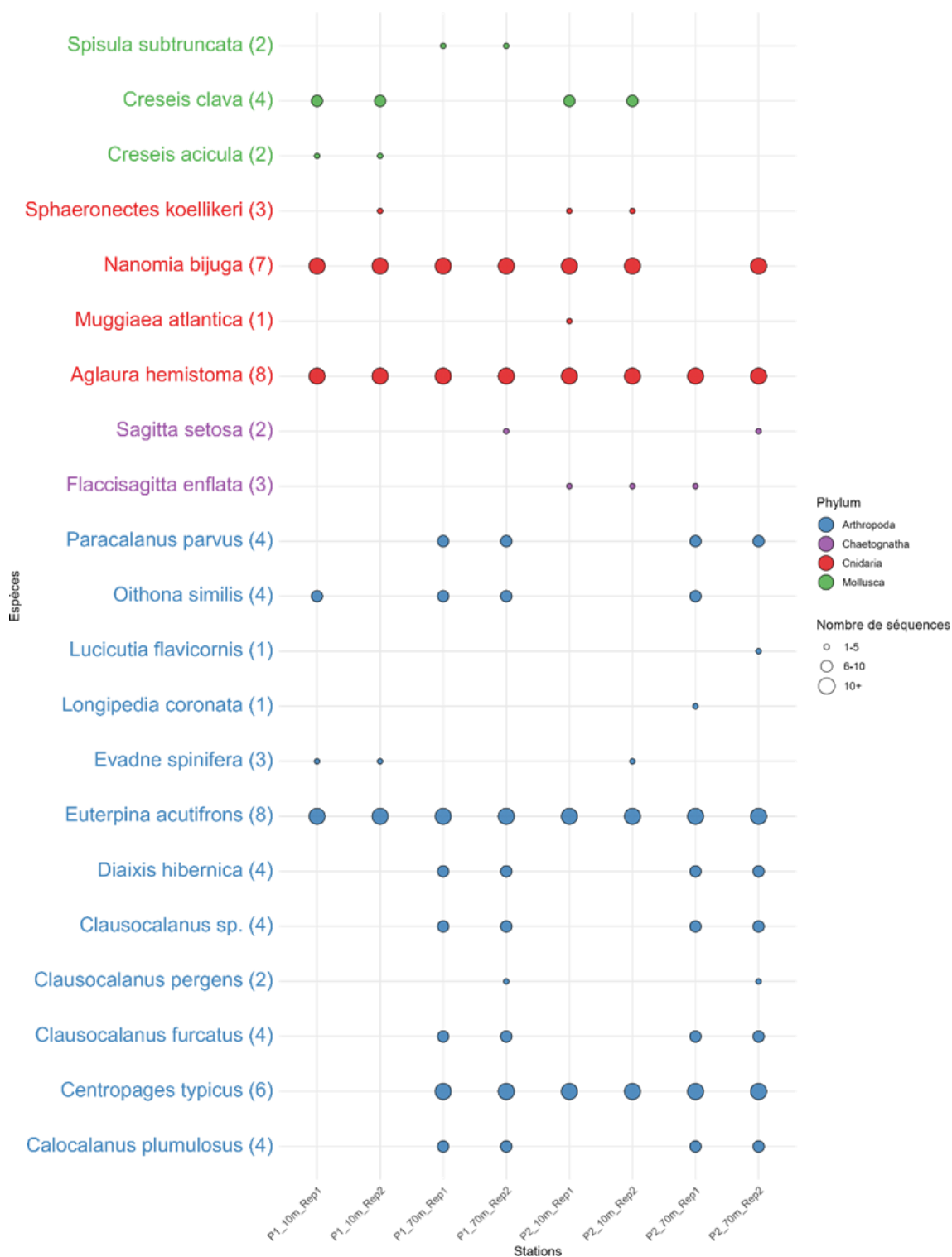


Figure 5 : Présence de l'ensemble des espèces d'invertébrés détectées par Applied Genomics, par échantillon, classées par phylum. La taille des points reflète le nombre de séquences détectées par espèce dans chaque échantillon. Le nombre entre parenthèses indique le nombre total d'échantillons dans lesquels chaque espèce a été détectée.

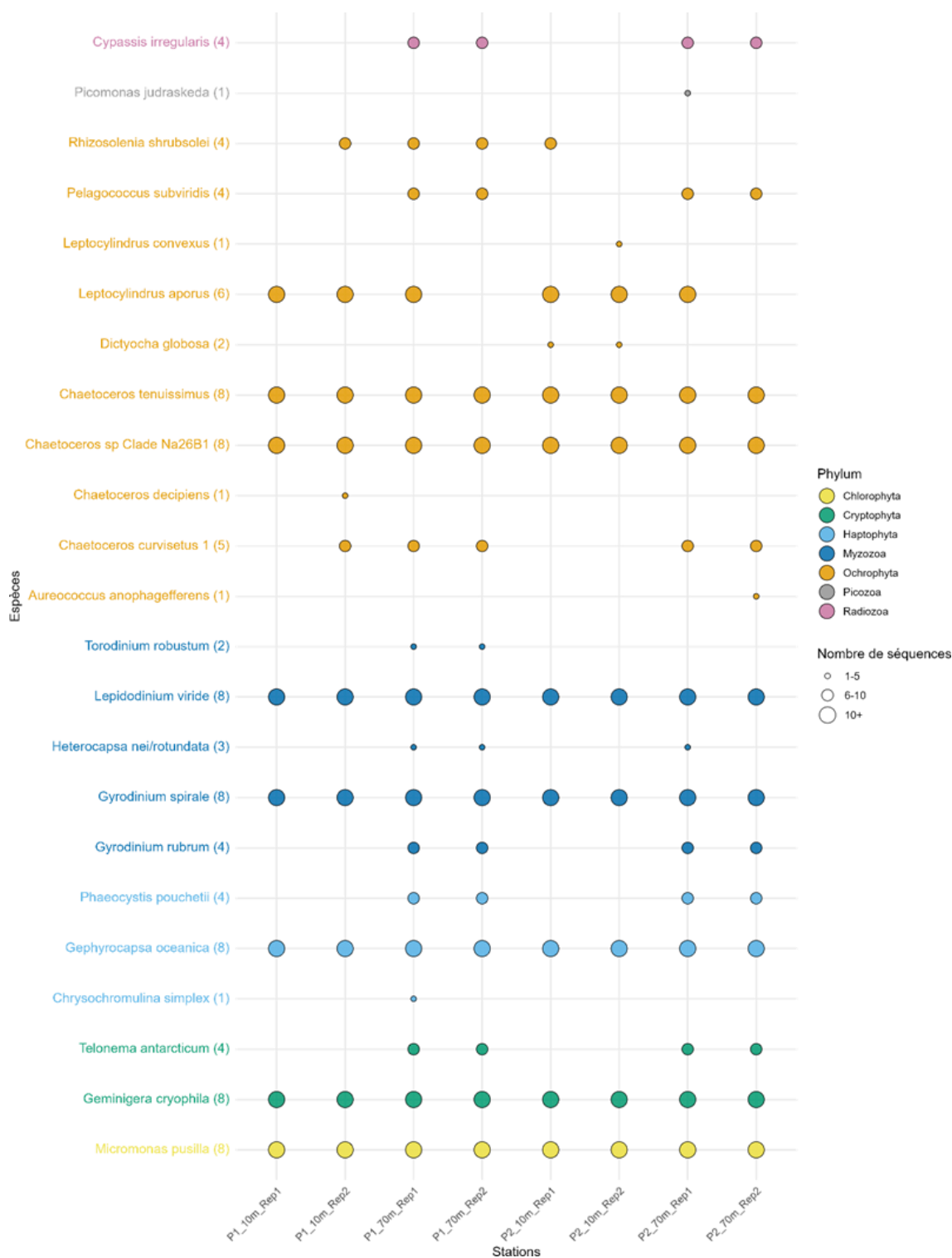
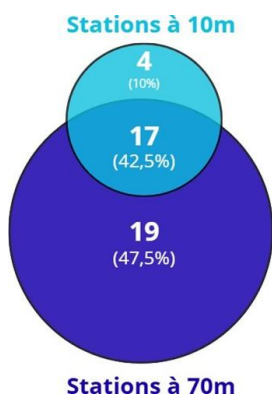


Figure 6 : Présence de l'ensemble des espèces autre que vertébrés et invertébrés détectés par Applied Genomics, par échantillon, classées par phylum. La taille des points reflète le nombre de séquences détectés par espèce dans chaque échantillon. Le nombre entre parenthèses indique le nombre total d'échantillons dans lesquels chaque espèce a été détectée.

5.1.2 Influence des profondeurs

Actinoptérygiens



Au total, 40 espèces de poissons ont été détectées sur les différentes stations, quelle que soit la profondeur. 19 d'entre elles ont été recensées uniquement sur le fond, à 70m et 4 ont été comptabilisées uniquement en surface, à 10m. 17 espèces ont été détectées à la fois en surface et en profondeur (Figure 7). Le détail des espèces observées par profondeur est disponible dans le Tableau 2.

Figure 7 : Diagramme de Venn illustrant le partage des espèces de poissons entre les profondeurs de 10m et 70m (cumul des résultats des deux stations). Les zones exclusives représentent les espèces spécifiques à chaque profondeur, tandis que la zone d'intersection correspond aux espèces communes aux deux profondeurs.

Les résultats sont cohérents avec l'écologie des espèces, avec au fond, des espèces caractéristiques des fonds meubles ou vaseux du plateau continental et en surface, les espèces plutôt adaptées aux eaux bien éclairées et dynamiques. La détection d'espèces communes aux deux profondeurs suggère une continuité écologique verticale reliant les habitats et illustrant la cohérence de l'organisation biologique selon la profondeur.

Il est toutefois à prendre en considération que l'ADN de surface, lorsqu'il n'est pas dégradé par les UV, peut sédimenter et être détecté dans les couches profondes, alors que le phénomène inverse est plus rare (sauf en cas de forts courants verticaux ou de zones de mélange). Ce phénomène est toutefois difficile à quantifier (Lacoeuilhe et al., 2024).

Cette différence entre l'échantillonnage de surface et de fond est observée sur les deux stations, de manière assez équivalente (Figure 8).

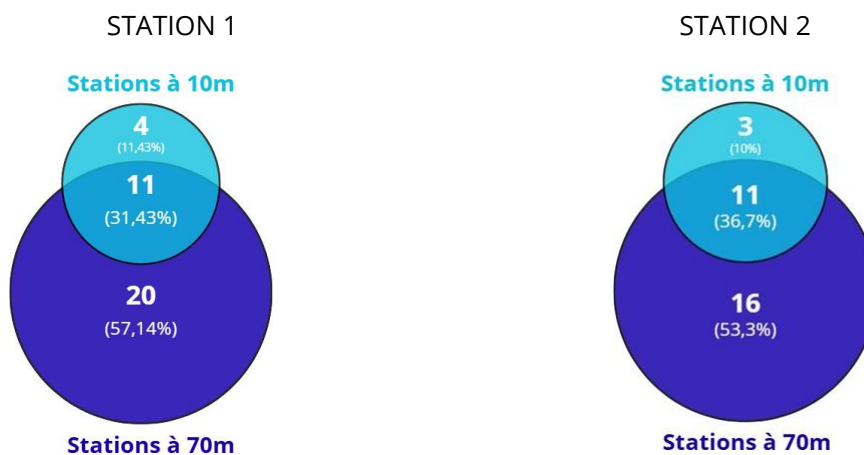
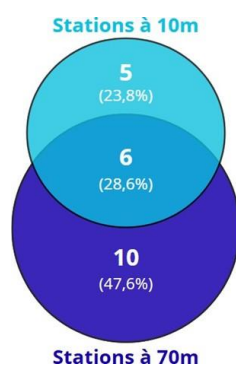


Figure 8 : Diagramme de Venn concernant les poissons détectés sur les stations 1 (à gauche) et station 2 (à droite) aux différentes profondeurs échantillonnées

Tableau 2 : Répartition des espèces de poissons par profondeur

Profondeur	Espèce	Nom vernaculaire	Type d'habitat
Espèce unique à 10m	<i>Diplodus sp.</i>	Sar sp.	Démersal
	<i>Sarda sarda</i>	Bonite à dos rayé	Pélagique
	<i>S. maena et/ ou S. smar</i>	Picarel tacheté et/ ou Picarel	Pélagique
	<i>Sphyraena sphyraena</i>	Barracuda européen	Pélagique
Espèces communes (10m et 70m)	<i>Arnoglossus laterna</i>	Cardine lisse	Benthiques
	<i>Cepola macrophthalma</i>	Cépole	Pélagique / démersal
	<i>Engraulis encrasicolus</i>	Anchois européen	Pélagique
	<i>Engraulis sp.</i>	-	Pélagique
	<i>Euthynnus alletteratus</i>	Thonine	Pélagique
	<i>Gobius niger</i>	Gobie noir	Benthiques
	<i>Lesueurigobius suerii</i>	Gobie de Suer	Benthiques
	<i>Pagellus erythrinus</i>	Pageot commun	Démersal
	<i>Sardina pilchardus</i>	Sardine	Pélagique
	<i>Scomber sp.</i>	Maquereau sp.	Pélagique
	<i>Serranus hepatus</i>	Serran hépatique	Démersal
	<i>Sprattus sprattus</i>	Sprat	Pélagique
	<i>T. alalunga et/ ou T. thynnus</i>	Thon blanc et/ ou Thon rouge	Pélagique
	<i>Trachinus draco</i>	Vive commune	Benthiques
	<i>Trachurus sp.</i>	Chinchard sp.	Pélagique / démersal
	<i>Trachurus trachurus</i>	Chinchard	Pélagique / démersal
	<i>Uranoscopus scaber</i>	Uranoscope	Benthiques
Espèces uniques à 70m	<i>A. agone et/ ou A. alose</i>	Alose feinte de Méditerranée et/ ou Grande alose	Pélagique
	<i>Boops boops</i>	Bogue	Pélagique
	<i>Buglossidium luteum</i>	Sole jaune	Benthiques
	<i>Callionymus maculatus</i>	Callionyme tacheté	Benthiques
	<i>Conger conger</i>	Congre	Benthiques
	<i>Crystallogobius linearis</i>	Gobie cristallin	Benthique

Invertébrés



Au total, 21 espèces d'invertébrés ont été détectées sur l'ensemble des stations échantillonnées (Figure 9). Parmi elles, six sont communes aux deux profondeurs, cinq ont été observées exclusivement sur les stations situées à 10 m, tandis que dix espèces sont spécifiques aux stations profondes (70 m). Le détail des espèces pour chaque profondeur est disponible dans le Tableau 3. Tous comme pour les poissons, la même répartition est observée sur les deux stations (Figure 10).

Figure 9 : Diagramme de Venn illustrant le partage des espèces d'invertébrés entre les profondeurs de 10m et 70m (données cumulées des deux stations). Les zones exclusives représentent les espèces spécifiques à chaque profondeur, tandis que la zone d'intersection correspond aux espèces communes aux deux profondeurs.

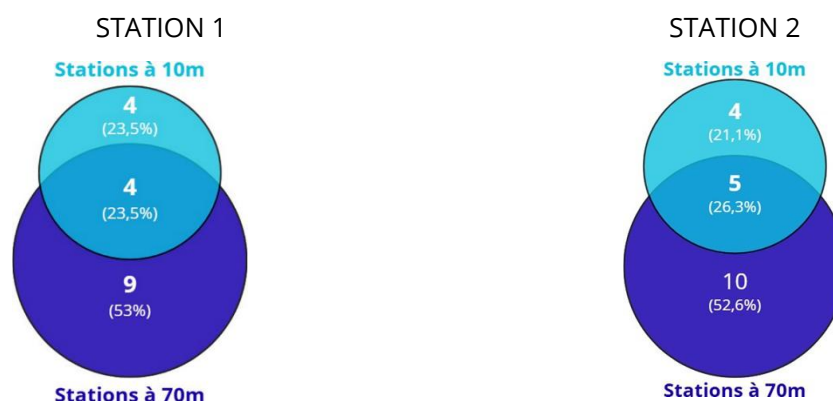


Figure 10 : Diagramme de Venn concernant les invertébrés détectés sur les stations 1 (à gauche) et station 2 (à droite) aux différentes profondeurs échantillonnées

Tableau 3 : Répartition des espèces d'invertébrés par profondeur

Localisation	Espèce	Catégorie
Espèces uniques 10m	<i>Creseis acicula</i>	Pélagique
	<i>Creseis clava</i>	Démersal
	<i>Evadne spinifera</i>	Pélagique
	<i>Muggiaea atlantica</i>	Pélagique
	<i>Sphaeronectes koellikeri</i>	Pélagique
Espèces communes (10m et 70m)	<i>Aglaura hemistoma</i>	Pélagique
	<i>Centropages typicus</i>	Pélagique
	<i>Euterpina acutifrons</i>	Démersal
	<i>Flaccisagitta enflata</i>	Pélagique
	<i>Nanomia bijuga</i>	Pélagique
	<i>Oithona similis</i>	Pélagique
Espèces uniques 70m	<i>Calocalanus plumulosus</i>	Pélagique

5.1.3 Comparaison inter-stations

Comparaison inter-station pour les poissons

Les résultats obtenus mettent en évidence des différences marquées entre les deux stations à 10 m, contrastant avec la relative homogénéité observée à 70 m (Figure 11 et Figure 12).

A 10m, les espèces communes sont des espèces pélagiques communes de la zone échantillonnée (thons, anchois, sardina, chinchard...). Les espèces uniques de la station 1 sont à la fois des espèces démersales de faible profondeur (*Diplodus sp.*, *Gobius niger*, *Serranus hepatus*) et des espèces pélagiques de surface (*Sarda sarda*, *Sphyraena sphyraena*, *Sprattus sprattus*). La Station 2, quant à elle, présente *Arnoglossus laterna*, *Lesueurigobius suerii*, *S. maena* et/ou *S. smaris*, *Trachinus draco*, *Trachurus trachurus* et *Uranoscopus scaber*, espèces majoritairement démersales ou benthiques, associées aux fonds meubles.

Cette variabilité spatiale traduit probablement une hétérogénéité du signal d'ADN environnemental. En surface, les concentrations d'ADN sont souvent faibles et variables, en raison de la dégradation rapide des fragments sous l'effet des UV, de la dilution et de la sédimentation vers les couches plus profondes. Ces processus, combinés à d'éventuelles variations locales de la dynamique des masses d'eau, de la production biologique ou encore à des différences dans l'efficacité de capture de l'ADN, peuvent expliquer les écarts observés entre stations proches (environ 2 km), sans qu'ils traduisent nécessairement une variation biologique réelle.

À 70 m, les deux stations présentent une forte similarité spécifique, avec 22 taxons communs parmi lesquels *Arnoglossus laterna*, *Boops boops*, *Cepola macrophthalmia*, *Engraulis encrasicolus*, *Merluccius merluccius*, *Mullus barbatus*, *Scomber scombrus*, *Serranus hepatus* et *Uranoscopus scaber*. Cette homogénéité traduit un milieu plus stable et homogène, où les paramètres physiques (température, lumière, courants) varient peu horizontalement.

La Station 1 (70 m) présente néanmoins quelques espèces additionnelles, telles que *Lophius budegassa*, *Mola mola*, *Spicara flexuosa* ou *Trisopterus sp.*, tandis que la Station 2 (70 m) se distingue par la présence de *Buglossidium luteum*, *Lepidotrigla cavillone* et *Pomatoschistus minutus*. Ces différences mineures pourraient refléter des variations locales ou des variations dans la distribution de l'ADN sédimenté, plutôt qu'une réelle divergence écologique.

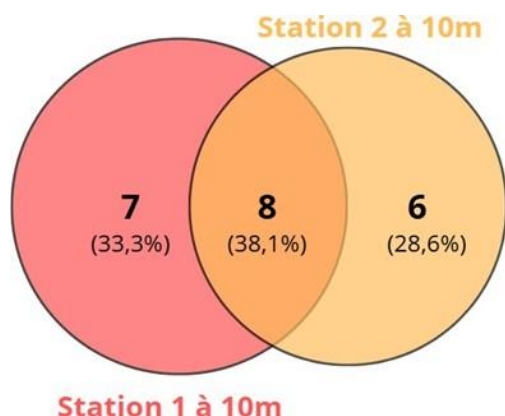


Figure 11 : Diagramme de Venn illustrant la répartition des espèces de poissons détectées à 10m entre les Stations 1 et 2.

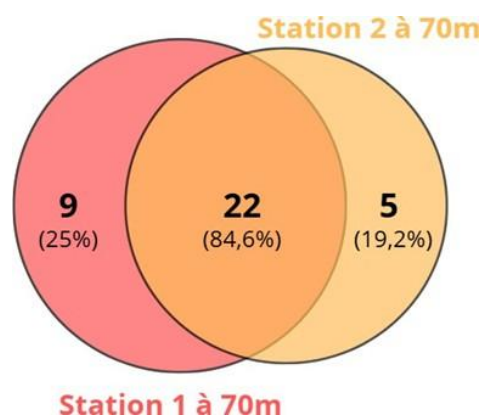


Figure 12 : Diagramme de Venn illustrant la répartition des espèces de poissons détectées à 70m entre les Stations 1 et 2.

Comparaison inter-station pour les invertébrés

Quelle que soit la profondeur, la majorité des espèces (6 sur 11 à 10m et 12 sur 16 à 70m) sont communes aux deux stations, indiquant une composition globalement homogène entre le site du projet et le site témoin (Figure 13 et Figure 14).

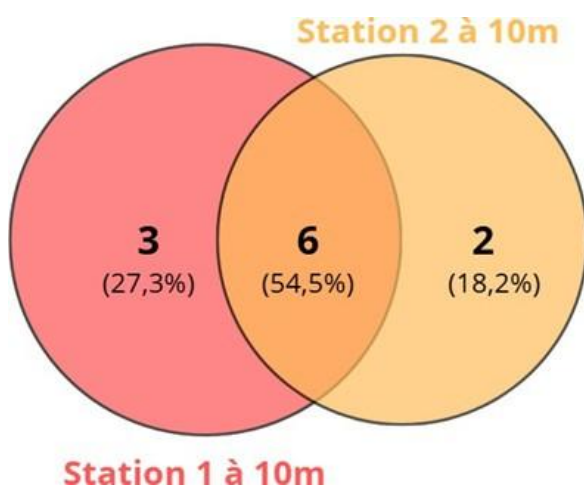


Figure 13 : Diagramme de Venn illustrant la répartition des espèces d'invertébrés détectées à 10m entre les Stations 1 et 2.

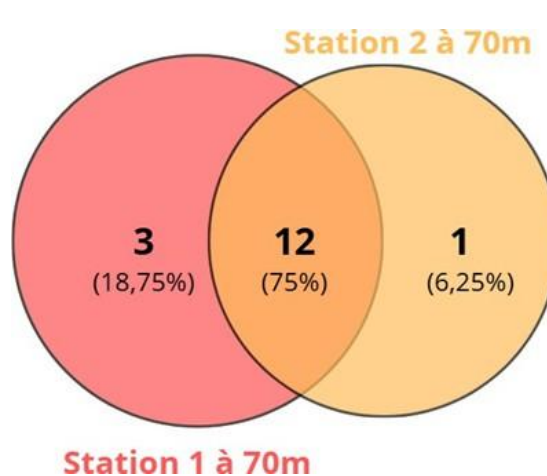


Figure 14 : Diagramme de Venn illustrant la répartition des espèces d'invertébrés détectées à 70m entre les Stations 1 et 2.

5.2 SUIVIS DES POISSONS PAR UVC

Un suivi a été réalisé le 7 septembre, soit 8 jours après l'installation de EFG3 (installée le 31/08/25 sur la concession) et 23 jours après EFG1 (installée le 16/08/2025 sur la concession). Au total, 10 espèces et 166 individus ont été recensés sur les éoliennes, répartis de la manière suivante (Tableau 4) :

- 9 espèces et 120 individus sur le flotteur complexifié EFG1

- 2 espèces et 46 individus sur le flotteur témoin EFG3.

Lors de cette première plongée, il a été observé que les espèces étaient réparties de manière différenciée sur les différents éléments des flotteurs. Dans les Biohut, ce sont principalement des blennies, des serrans et des crénilabres qui étaient présents, alors que d'autres espèces fréquentaient plus particulièrement les plateaux. Il s'agit particulièrement des sars à tête noire et des sars communs, présents au stade adulte. Comme les comptages étaient concentrés sur les bracons, il est très probable que la richesse et l'abondance aient été sous-estimées lors de cette première campagne. Une évolution du protocole de comptage est nécessaire pour la suite du projet.

La présence d'espèces dans les Biohut peut être due à une colonisation dans le port de Port la Nouvelle, avant le déplacement des éoliennes, ou directement sur site. A ce stade, il n'est pas possible de conclure pour l'une ou l'autre des possibilités. Néanmoins, la présence, sur le flotteur témoin, de très jeunes juvéniles de castagnoles démontre la possibilité d'une colonisation offshore, comme cela avait été le cas dans les précédents projets (CONNEXSTERE, OCG DATA).

Tableau 4 : Abondance par flotteur et détail par Biohut

Espèces	EFGL-1													Total	EFGL-3		Total	Total général	
	Biohut								Bracon				Bracon						
	1D-Ext	1D-Int	1G-Int	2D-Ext	2G-Int	4G-Int	7G-Ext	8D-Ext	8D-Int	D-Ext	D-Int	G-Ext	G-Int		G-Ext	G-Int			
Castagnole																45		45	45
Cténolabre		2	1			1										4			4
Loup												3			3				3
Sar commun									5	1			7		13				13
Sar à tête noire									47	20			10		77				77
Oblade									2						2				2
Blénnie	1		1	1	1		1	1	1						7		1	1	8
Saupe									3			2	4		9				9
Sériole									1						1				1
Serran hépate			1	1	1	1									4				4
Total	1	2	3	2	2	2	1	1	58	21	5	21	120	45	1	46		166	

5.3 COMPARAISON AVEC LES DONNEES CONNEXSTERE

Dans le projet CONNEXSTERE, mené entre 2019 et 2023, un prélèvement ADN e avait été réalisé autour de la bouée d'observation BoB-Ecocean, en juin 2022. Même si les années de prélèvement diffèrent, le mois de suivi est le même que dans le projet PREFEOL.

Au total, 41 taxons ont été inventoriés dans PREFEOL et 22 dans CONNEXSTERE (Tableau 7). Parmi tous ces taxons, 11 seulement sont communs entre les deux échantillons : *Sardina pilchardus*, *Sprattus sprattus*, *Conger conger*, *Engraulis encrasicolus*, *Engraulis sp.*, *Mola mola*, *Mullus barbatus*, *Pagellus erythrinus*, *Scomber scombrus*, *Trachurus sp.*, *Uranoscopus scaber*. La plupart de ces espèces sont des pélagiques (ou semi-pélagique dans le cas du pageot *P. erythrinus*), communs dans cette zone. Les autres espèces (congre, mullet et uranoscope) sont des poissons de fond, mais également très courant dans la zone d'étude. Il est donc tout à fait cohérent de les retrouver dans les différents échantillons. La plupart des autres espèces étant recensées sur le fond, il est assez logique de ne les retrouver quand dans les échantillons PREFEOL, puisqu'aucun échantillon de fond n'avaient été prélevés dans CONNEXSTERE.

Concernant les suivis visuels, 12 suivis ont été menés entre 2019 et 2023 dans le projet CONNEXSTERE, généralement réalisé en avril, juin, septembre et novembre. Comme mentionné précédemment, un suivi a été réalisé dans PREFEOL, en septembre. Au total, 10 espèces ont été comptabilisées dans CONNEXSTERE et 8 espèces dans PREFEOL. Une seule espèce est commune aux deux projets, il s'agit de la sériole *Seriola dumerili*.

Tableau 5 : liste des taxons inventoriés par ADNe dans le projet PREFEOL et dans le projet CONNEXSTERE. * espèces communes. Pour la profondeur de prélèvement, l'ordre correspond à PREFEOL / CONNEXSTERE. Pour PREFEOL, l'ordre indique la profondeur à laquelle le taxon est le plus souvent recensé.

Famille	Espèce	Profondeur de prélèvement	PREFEOL	CONNEXSTERE
Alosidae	<i>A agone et/ou A alosa</i>	Fond	x	
Belonidae	<i>Belone belone</i>	Surface		x
Bothidae	<i>Arnoglossus laterna</i>	Fond	x	
Callionymidae	<i>Callionymus maculatus</i>	Fond	x	
Carangidae	<i>Trachurus trachurus</i>	Fond&Surface	x	
Centrolophidae	<i>Centrolophus niger</i>	Surface		x
Cepolidae	<i>Cepola macrophthalmia</i>	Fond&Surface	x	
Clupeidae	<i>Sardina pilchardus*</i>	Surface&Fond / Surface	x	x
	<i>Sardinella aurita</i>	Surface		x
	<i>Sprattus sprattus*</i>	Fond&Surface / Surface	x	x
Congridae	<i>Conger conger*</i>	Fond / Surface	x	x
Engraulidae	<i>Engraulis encrasicolus*</i>	Surface&Fond / Surface	x	x
	<i>Engraulis sp*</i>	Surface&Fond / Surface	x	x
Gadidae	<i>Trisopterus luscus</i>	Fond	x	
	<i>Trisopterus sp</i>	Fond	x	
Gaidropsaridae	<i>Gaidropsarus sp</i>	Fond	x	
Gobiidae	<i>Crystallogobius linearis</i>	Fond	x	
	<i>Gobius niger</i>	Fond&Surface	x	
	<i>Lesueurigobius friesii</i>	Fond	x	
	<i>Lesueurigobius suerri</i>	Fond&Surface	x	
	<i>Pomatoschistus minutus</i>	Fond	x	
Lophiidae	<i>Lophius budegassa</i>	Fond	x	
	<i>Lophius sp</i>	Fond	x	
Merlucciidae	<i>Merluccius merluccius</i>	Fond	x	
Molidae	<i>Mola mola*</i>	Fond / Surface	x	x
Mugilidae	<i>Chelon auratus</i>	Surface		x
Mullidae	<i>Mullus barbatus*</i>	Fond / Surface	x	x
Pomacentridae	<i>Chromis chromis</i>	Surface		x
Rajidae	<i>Raja asterias</i>	Fond	x	
Scombridae	<i>Euthynnus alletteratus</i>	Surface&Fond	x	
	<i>Sarda sarda</i>	Surface	x	
	<i>Scomber colias</i>	Surface		x
	<i>Scomber scombrus*</i>	Fond / Surface	x	x
	<i>Scomber sp</i>	Surface&Fond	x	
	<i>T alalunga et/ou T thynnus</i>	Surface&Fond	x	
Serranidae	<i>Serranus hepatus</i>	Fond&Surface	x	
Soleidae	<i>Buglossidium luteum</i>	Fond	x	
Sparidae	<i>Boops boops</i>	Fond	x	
	<i>Diplodus sargus</i>	Surface		x
	<i>Diplodus sp</i>	Surface	x	
	<i>Diplodus vulgaris</i>	Surface		x
	<i>Pagellus acarne</i>	Surface		x
	<i>Pagellus erythrinus*</i>	Fond&Surface / surface	x	x
	<i>S. maena et/ou S smaris</i>	Surface	x	
	<i>Sarpa salpa</i>	Surface		x
	<i>Spicara flexuosa</i>	Fond	x	
Sphyraenidae	<i>Sphyraena sphyraena</i>	Surface	x	
	<i>Sphyraena viridensis</i>	Surface		x
Trachinidae	<i>Trachinus draco</i>	Fond&Surface	x	
	<i>Trachurus sp*</i>	Surface&Fond / Surface	x	x
Triglidae	<i>Lepidotrigla cavilone</i>	Fond	x	
Uranoscopidae	<i>Uranoscopus scaber*</i>	Fond&Surface / Surface	x	x
			41	22

Tableau 6 : liste des taxons inventoriés par UVC dans le projet PREFEOL et dans le projet CONNEXSTERE. * espèces communes

Famille	Espèce	PREFEOL	CONNEXSTERE
Blenniidae	<i>Blenniidae</i>	x	
	<i>Parablennius pilicornis</i>		x
	<i>Parablennius zvonimiri</i>		x
Carangidae	<i>Seriola dumerili*</i>	x	x
	<i>Trachurus trachurus</i>		x
Centrolophidae	<i>Centrolophus niger</i>		x
	<i>Schedophilus ovalis</i>		x
Labridae	<i>Ctelonabrus rupestris</i>	x	
Moronidae	<i>Dicentrarchus labrax</i>	x	
Pomacentridae	<i>Chromis chromis</i>	x	
Scombridae	<i>Euthynnus alletteratus</i>		x
Serranidae	<i>Serranus hepatus</i>	x	
Sparidae	<i>Diplodus sargus</i>	x	
	<i>Diplodus vulgaris</i>	x	
	<i>Oblada melanura</i>	x	
	<i>Sarpa salpa</i>	x	
Tripterygiidae	<i>Tripterygion delaisi</i>		x
		10	8

5.4 COMPARAISON AVEC LES DONNEES BIODIVMED 2024

Les données du BIODIVMED 2024 utilisées sont celles disponibles sur le site Medtrix. Elles ne sont disponibles que sous la forme d'indicateurs (Tableau 8). Ce sont donc les indicateurs qui seront comparés.

Les indicateurs sont les suivants (Tableau 8) :

- Richesse spécifique : nombre total d'espèces dans l'échantillon
- Diversité fonctionnelle : nombre de groupes fonctionnels
- Large fish index : nombre d'espèces dont la taille moyenne est supérieure à 20cm
- Indicateur crypto-benthique : famille de poissons benthiques dont plus de 10% des espèces ont une taille moyenne adulte <5cm
- Ratio démerso-pélagique / benthique : nombre d'espèces démersale et pélagiques divisé par le nombre d'espèces benthiques +1
- Indicateur « Red List » : somme pondérée des espèces sur liste rouge (VU=1, EN=2, CR=3)
- Indicateur non-indigène : nombre d'espèces non-indigènes

Pour les indicateurs « diversité fonctionnelle » et « indicateur thermique », il n'a pas été possible de calculer de valeurs pour les données PREFEOL, par manque d'informations sur la méthode de calcul des indicateurs.

Globalement, les résultats montrent que la richesse spécifique est plus élevée au large que pour la moyenne des sites à la côte. Elle est en revanche similaire avec le site IPOCOM 120, situé vers Narbonne-plage (44 espèces sur ce site contre 41 dans PREFEOL pour l'ADN seul).

Concernant l'indicateur « Large Fish Indicator – LRFI », il est légèrement plus élevé dans PREFEOL que la moyenne des sites choisis dans BIODIVMED. Néanmoins, plusieurs sites présentent des valeurs similaires (IPOCOM 21, IPOCOM 123, IPOCOM 128, IPOCOM 133). Si l'on intègre les données UVC, l'indicateur est encore plus élevé. Cela pourrait s'expliquer par la présence au large, de nombreux pélagiques de grandes tailles, beaucoup moins présents voire absents de la côte.

L'indicateur cryptobenthique indique étonnement plus d'espèces dans PREFEOL qu'en moyenne dans BIODIVMED. En revanche, le ratio « demerso-pélagique /benthique » est plus faible,

2 espèces classées vulnérables sur la liste rouge de l'UICN sont présentes sur notre site, il s'agit du poisson lune *Mola mola* et du chinchard *Trachurus trachurus*. Cela représente une valeur plutôt basse par rapport aux sites BIODIVMED.

En revanche, tout comme dans BIODIVMED, aucune espèce non indigène n'a été recensée sur notre site.

Il pourrait être intéressant par la suite de comparer également la liste des espèces.

Tableau 7 : comparaison des indicateurs poissons entre notre projet et le projet BIODIVMED

Indicateurs	BIODIVMED valeur moyenne	PREFEOL ADNe	PREFEOL ADNe + UVC
Richesse spécifique	32.6	41	50
Diversité fonctionnelle	10.5	<i>donnée indisponible</i>	<i>donnée indisponible</i>
Indicateur LRFI	26.0	29	35
Indicateur Cryptobenthique	3.9	6	6
Indicateur thermique	18.5	<i>donnée indisponible</i>	<i>donnée indisponible</i>
Indicateur non indigène	0.0	0	0
Indicateur UICN	2.9	2.00	2.00
Ratio démerso-pélagique/ benthique	1.6	1.1	1.3

Tableau 8 : indicateurs obtenus sur le site Medtrix pour les sites d'Occitanie situés « à proximité » de notre zone d'étude

Région	Inconnue	Inconnue	Occitanie	Occitanie	Occitanie	Occitanie	Inconnue	Occitanie	Occitanie	Occitanie	Occitanie	Occitanie	Occitanie	Occitanie	Occitanie	Occitanie	
Code masse d'eau	Inconnue	Inconnue	FRDC02a	FRDC02a	FRDC02a	FRDC02a	Inconnue	FRDC02a	FRDC02a	FRDC02a	FRDC02a	FRDC02a	FRDC02a	FRDC02a	FRDC02a	FRDC01	
Site	IPOCOM 119	IPOCOM 120	IPOCOM 121	IPOCOM 122	IPOCOM 123	IPOCOM 124	IPOCOM 125	IPOCOM 126	IPOCOM 127	IPOCOM 128	IPOCOM 129	IPOCOM 130	IPOCOM 131	IPOCOM 132	IPOCOM 133	Sec a joel cap cerbere	Paulilles
Année	2024	2024	2024	2024	2024	2024	2024	2024	2024	2024	2024	2024	2024	2024	2024	2024	
Détails	Fleury / fonds meubles	Narbonne / fonds meubles	Les Ayguades / fonds meubles	Gruissan / fonds meubles	La Palme / fonds meubles	Port la Nouvelle / fonds meubles	La Franqui / fonds meubles	Leucate / fonds meubles	Barcares Nord / fonds meubles	Barcares Sud / fonds meubles	St Marie / fonds meubles	Embouchure tet / fonds meubles	Canet / fonds meubles	St Cyprien / fonds meubles	Argeles / fonds meubles	Coralligène	Herbier 15m
Richesse spécifique	30	44	33	21	34	25	21	24	24	32	23	27	21	30	35	60	70
Diversité fonctionnelle	10	13	12	9	10	10	8	8	9	12	7	8	9	14	14	12	14
Indicateur LRFI	26	32	28	16	30	21	18	20	21	28	22	23	18	25	29	41	44
Indicateur Cryptobenthique	2	8	1	1	4	1	1	1	1	1	0	2	2	1	3	16	21
Indicateur thermique	18.5	18.05	18.24	17.84	18.55	18.07	17.97	18.51	18.56	18.27	18.82	18.77	18.16	19.23	19.33	18.39	18.77
Indicateur non indigène	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Indicateur UICN	2	2	1	2	3	2	1	2	1	4	5	1	1	7	6	4	5
Ratio démerso-pélagique/benthique	2.1	1.05	1.83	3	1.33	2.25	1.2	1.18	2.13	1.67	2.43	1.45	2.14	1.58	1.4	0.65	0.51

6 CONCLUSION

Le projet PREFEOL a permis de poser les premières pierres des suivis ichtyologiques sur des parcs éoliens flottants, via la mise en œuvre de suivis ADNe, dont l'application en offshore est encore très récente, et la transposition de suivis visuels, très communément appliqués en milieu côtier, à ces structures nouvelles que sont les éoliennes flottantes offshore.

Après une phase très importante de travail règlementaire et sur la sécurité permettant d'intervenir dans le parc éolien, notamment en plongée sous-marine, les suivis prévus ont pu être déployés.

La mise en place d'un suivi ADNe en simultané sur deux sites, avec un prélèvement à deux profondeurs, a permis de valider à la fois la méthodologie, mais également le choix du site témoin. Le défi à l'avenir sera de pouvoir déployer ce même système au sein du parc avec la présence des éoliennes.

Le suivis des poissons par UVC (Underwater Visual Census) n'était pas l'aspect le plus évident, la plongée étant initialement proscrite au sein des parcs éoliens offshore. Le travail de fond réalisé avec le service HSE d'OceanWind a permis de lever les verrous existants pour permettre ce suivi. Néanmoins, la coactivité fréquente et importante sur le site, ainsi que la météo capricieuse en automne/hiver n'a permis de réaliser qu'un seul des deux suivis initialement prévus. Des adaptations du protocole sont à prévoir pour la suite, compte tenu des observations issues lors du suivi, réalisé quelques jours seulement après l'installation des éoliennes.

Des adaptations et des améliorations des protocoles sont donc à prévoir pour la suite des suivis, et pourquoi pas, la mise en place d'autres types de suivis comme cela avait été fait dans les projets CONNEXSTERE 1&2 et OCG DATA, afin de compléter les informations obtenues.

Les premiers résultats comparés aux autres projets montrent à la fois une grande variabilité dans les espèces pouvant être recensées au large, puisque parmi les échantillons ADNe prélevés sur CONNEXSTERE ET PREFEOL, seul un tiers des espèces sont communes (la temporalité différente pourrait expliquer une partie de ces différences), et correspondent principalement aux espèces pélagiques. Néanmoins, les échantillons révèlent également que la vie présente au large est non négligeable, et assez proche de ce qui peut être observé dans des habitats beaucoup plus côtier, en comparaison avec les données BIODIVMED.

Les résultats des suivis UVC déployés dans CONNEXSTERE ET PREFEOL présentent également de grandes différences. Sur la bouée BOB (projet CONNEXSTERE), les espèces recensées étaient principalement des espèces du large, avec quelques espèces côtières. Les espèces observées dans PREFEOL sont quasiment toutes des espèces côtières. Il est indispensable de pouvoir poursuivre l'acquisition de données au large pour connaître et comprendre l'évolution liée à la mise en place d'éoliennes, notamment concernant les communautés d'espèces fréquentant ces structures et leur relation avec les autres populations locales.