



CHORUS

SURVEILLANCE & DIAGNOSTIC
EN MILIEU MARITIME



Projet dB Lion - Commande GE220056 – Convention de recherche
OFB-22-1555

**Rapport intermédiaire d'analyse intégrant les
campagnes 1 et 2 (contractuel) et
en bonus la campagne 3 et la campagne de septembre
2021**



1 Table des matières

1	Table des matières	ii
2	Nature du présent document	4
3	Introduction	5
3.1	Contexte général.....	5
3.2	Le projet dB Lion	7
4	Méthodes de collecte des données	8
4.1	La stratégie d'échantillonnage	8
4.2	Acoustique passive	9
4.3	Observateurs visuels embarqués (MFO, Marine Faunal Observer).....	11
4.4	Caméras embarquées sur le mat	13
4.5	Récepteur AIS autonome dédié	14
5	Identification des mesures récoltées.....	15
6	Méthodes d'analyses des données.....	17
6.1	Méthodes d'analyse des données d'acoustique passive pour la présence de cétacés	17
6.1.1	Production sonore du grand dauphin	17
6.1.2	Détection des signaux émis par les grands dauphins par intelligence artificielle	18
6.1.3	Descripteurs construits à partir des détections	21
6.2	Méthodes d'analyse du bruit sous-marin.....	22
6.2.1	Cartographie du bruit ambiant et modélisation acoustique.....	22
6.2.2	Effet du bruit sur les delphinidés.....	23
6.3	Observateurs visuels embarqués.....	27
6.4	Caméras embarquées sur le mat	29
7	Résultats des analyses préliminaires	32
7.1	Observations visuelles de cétacés.....	32
7.2	Observations visuelles d'oiseaux en mer.....	34
7.3	Observations visuelles de poissons, de méduses et de tortues marines.....	40
7.4	Observations visuelles des activités anthropiques	42
7.5	Apport des caméras embarquée dans les traitements des activités anthropiques	49
7.6	Présence acoustique de cétacés et comparaison avec les observations visuelles en été 2023	52



7.7 Présence acoustique de cétacés et comparaison avec les observations visuelles au printemps 2024 54

7.8 Présence acoustique de cétacés et comparaison avec les observations visuelles en été 2024 56

7.9 Conclusions 58

8 Références bibliographiques 59

9 Annexes 61

9.1 Annexe 1 : Cartes de répartition des observations de déchets en mer sur les 3 campagnes d'observation..... 61



2 Nature du présent document

Le présent rapport est le rapport intermédiaire n°1 de la convention de recherche « dB Lion, Convention de recherche OFB-22-1555 entre l'Office Français de la Biodiversité et l'institut de recherche CHORUS.

Le présent rapport a pour objectifs de :

- Rappeler les méthodes de collectes des données utilisées dans le cadre du projet dB Lion
- Présenter les données collectées pendant les campagnes de mesures réalisées à date du 30/05/2025, c'est-à-dire les campagnes 1 à 4 et la campagne de septembre 2021
- Présenter les méthodes d'analyse des mesures qui sont utilisées pendant le projet dB Lion et leur développement spécifique le cas échéant,
- Présenter les résultats de l'application des méthodes
 - à la session de mesure n°1 du 8 juillet au 8 août 2023,
 - à la session de mesure n°2 du 11 mars au 7 avril 2024,
 - La session de mesure antérieure au projet dB Lion réalisée entre le 4 septembre et le 1^{er} octobre 2021 et la session de mesure n°3 du projet dB Lion du 8 juillet au 6 août 2024 sont intégrées dans la mesure du possible dans les analyses présentées dans ce rapport.

Ce rapport n'a pas pour objectif de conduire des analyses approfondies sur les résultats. Celles-ci seront menées lorsque nous disposerons de la totalité des 5 sessions de mesure permettant de comparer les configurations estivales et hivernales et d'évaluer la répétabilité annuelle des résultats (rapport intermédiaire 2 et rapport final).



3 Introduction

3.1 Contexte général

Le Golfe du Lion est simultanément un site d'activité humaine historique (trafic maritime, pêche, futures éoliennes flottantes Etc., Figure 2) et un habitat privilégié pour de nombreux cétacés. Dix-huit espèces de cétacés fréquentent la Méditerranée Nord-Occidentale (MNO), dont 8 sont considérées comme communes. Ces dernières sont présentées ci-dessous par ordre décroissant d'observation en MNO, toutes ne sont pas inféodées au plateau continental du Golfe du Lion :

- Le dauphin bleu et blanc (*Stenella coeruleoalba*) est une espèce protégée considérée en Préoccupation Mineure sur la liste rouge nationale de l'Union Internationale pour la Conservation de la Nature (UICN). Cette espèce fréquente généralement des zones de faible profondeur (<200 m) et est l'espèce de cétacés la plus observée en MNO, et ce, tout au long de l'année. Il est peu présent dans le Golfe du Lion mais le dauphin bleu et blanc fait néanmoins parti des espèces susceptibles de le fréquenter.
- Le grand dauphin (*Tursiops truncatus*) est la 2^{ème} espèce de cétacés la plus observée en MNO. Classée en Préoccupation Mineure sur la liste rouge nationale de l'UICN, son état de conservation est considéré défavorable en Méditerranée. Cette espèce protégée est présente toute l'année dans le Golfe du Lion, avec toutefois un nombre d'observations plus important l'été. Il est surtout proche des côtes, même si on le retrouve également dans les eaux pélagiques. 80.6% des observations au niveau du plateau continental (0-200 m), 4.7% sur le talus (200-2000m) et moins d'1% au-delà de 2000 m. (Figure 1),
- Le dauphin de Risso (*Grampus griseus*) est une espèce protégée classée Vulnérable sur la liste rouge nationale de l'UICN en raison de sa petite population comportant notamment un faible nombre d'individus matures. Se nourrissant exclusivement de céphalopodes (seiches et calmar), cette espèce fréquente le talus, mais aussi la côte et la zone pélagique tout au long de l'année, avec un nombre d'observations légèrement plus important l'été.
- Le rorqual commun (*Balaenoptera physalus*) est une espèce protégée classée Quasi Menacée sur la liste rouge nationale de l'UICN mais Vulnérable sur la liste rouge mondiale. Cette espèce est régulièrement observées dans le Golfe du Lion, d'avantage en saison estivale, et fréquente les zones pélagiques dont la profondeur est supérieure à 2000 m.
- Le dauphin commun (*Delphinus delphis*) est une espèce protégée de Préoccupation Mineure sur la liste rouge nationale de l'UICN. Espèce côtière se nourrissant notamment de sardines et d'anchois, le nombre d'observation de cette espèce reste faible en MNO, mais elle est toutefois susceptible de fréquenter le Golfe du Lion tout au long de l'année.
- Le cachalot commun (*Physeter macrocephalus*) est une espèce protégée classée Vulnérable sur la liste rouge nationale de l'UICN. Préférant les grands fonds d'environ 1500 m jusqu'à presque 3000 m de profondeur, le cachalot commun est observé régulièrement au niveau du talus ou plus au large, généralement en hiver et printemps lors de la saison de reproduction, mais aussi en été et automne au nord du bassin.
- La baleine à bec de Cuvier (*Ziphius cavirostris*) est une espèce protégée qui n'est pas classée sur la liste rouge nationale de l'UICN (données insuffisantes). Peu, mais régulièrement observée en Méditerranée, cette espèce préfère les zones pélagiques profondes,
- Le globicéphale noir (*Globicephala melas*) est une espèce protégée de Préoccupation Mineure sur la liste rouge nationale de l'UICN. Régulièrement observée en MNO et surtout en été, cette espèce fréquente les zones pélagiques de profondeur supérieure à 2000 m. D'après les observations, la mer de Ligurie pourrait constituer une nourricerie, hypothèse sans confirmation scientifique pour le moment.



Le plateau continental est principalement occupé par les grands dauphins (*Gnone et al, 2023*) alors que le talus semble être un habitat privilégié pour le rorqual commun (*Gnone et al, 2023*) et l'est du talus continental peut être pratiqué par le cachalot (*Gnone et al, 2023*) .

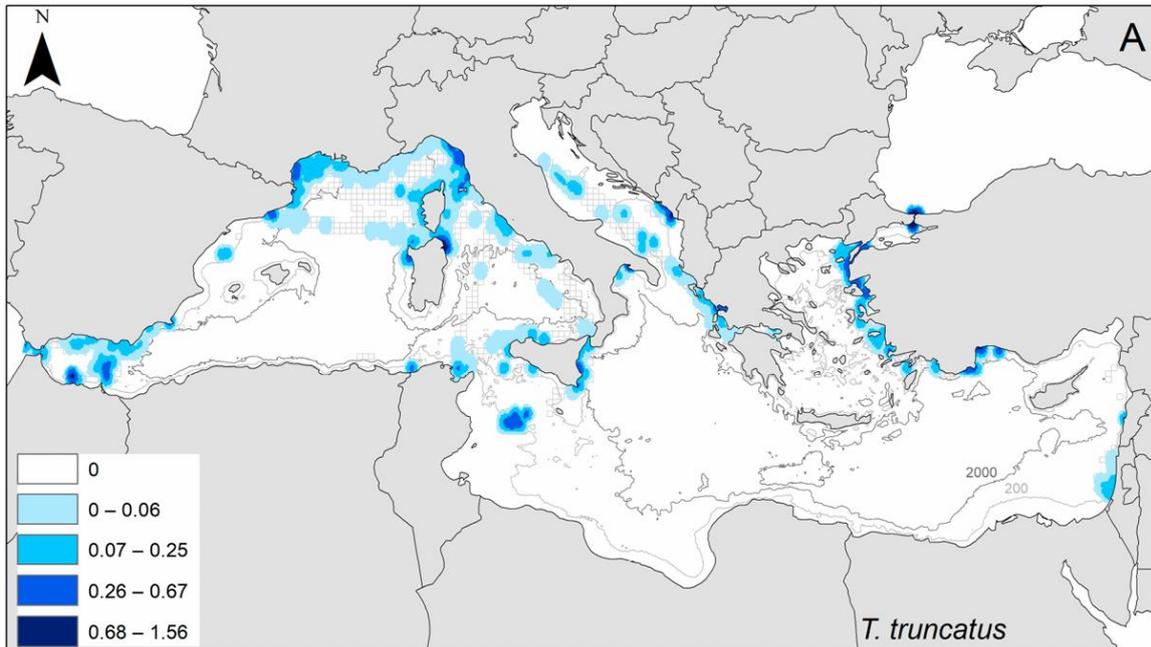


Figure 1 Carte des taux de rencontre du grand dauphin (*Tursiops truncatus*) entre 2004 et 2018, traitée par l'analyse de la densité de Kernel (*Gnone et al., 2023*)

Dans les années à venir, le développement des parcs éoliens flottants du Golfe du Lion va introduire une nouvelle activité humaine dans le Golfe (Figure 2).

Il est intéressant d'anticiper le développement des parcs en dressant un état initial en lien avec le bruit généré par les activités anthropiques, la distribution des dauphins dans la zone et les effets du bruit.

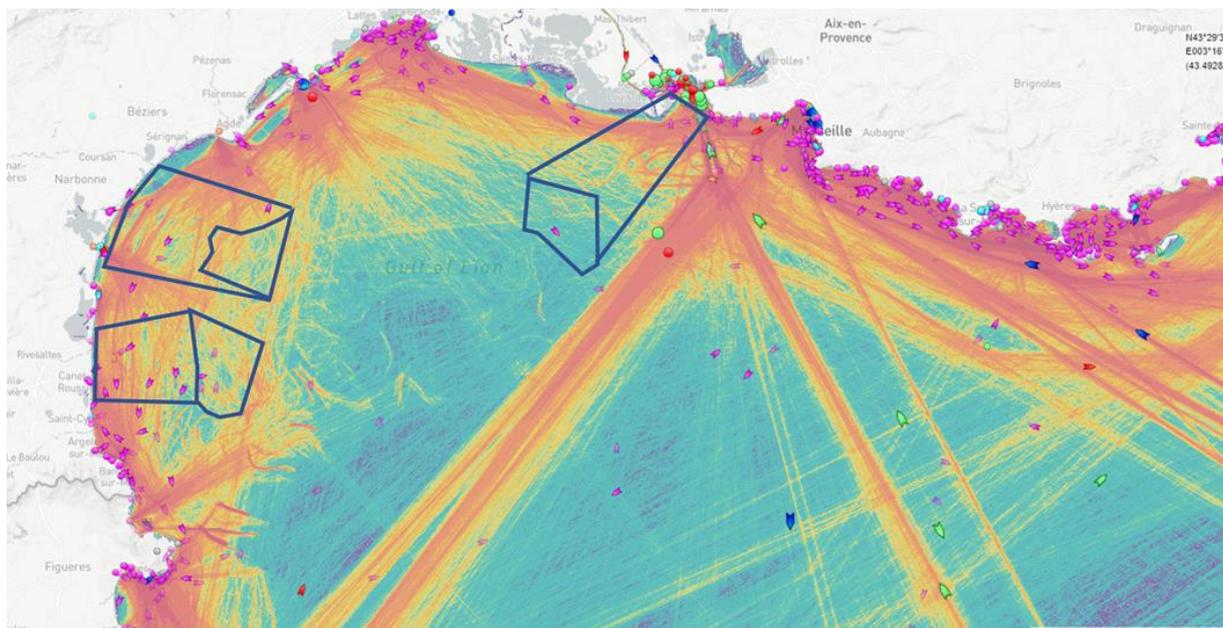


Figure 2 : Traffic maritime (données du site marine Traffic) et zones d'implantation des futurs parcs éoliens flottants et leur raccordement à la terre (en bleu).



3.2 Le projet dB Lion

Le projet de recherche et développement OFB-22-1555 « dB Lion » est dédié à la cartographie du bruit ambiant et à la caractérisation de l'environnement anthropique des cétacés présents dans le Golfe du Lion, en particulier du grand dauphin, espèce cible du projet.

Il a pour objectifs

- i) de développer de nouvelles méthodes d'observation de la faune marine et des pressions anthropiques,
- ii) de créer des connaissances nouvelles sur la distribution des cétacés, les pressions qui s'y appliquent dont le bruit ambiant dans le Golfe du Lion. Ceci avant l'installation des parcs éoliens flottants commerciaux.

Les observations de dB Lion sont réalisées par des capteurs (acoustique passive, AIS, caméra) et des observateurs humains (cétacés, mégafaune marine, avifaune, activités anthropiques).

Les observations sont réalisées lors de 5 sessions de 1 mois chacune en juillet 2023, 2024, 2025 et en mars 2024, 2025.

Une grille de 10 km x 10 km est définie sur le Golfe du Lion. Le maillage contient 121 points de mesure acoustique et 1210 km de transect d'observation visuel.

Chaque point du maillage est visité une fois par session pendant 20 minutes pour des écoutes acoustiques et les observations visuelles se font lors des transects d'environ 6 miles nautiques entre chaque point.

Les mesures sont ensuite analysées en temps différé.



4 Méthodes de collecte des données

4.1 La stratégie d'échantillonnage

La zone d'étude couvre une surface d'environ 13 800 km² soit la quasi-totalité du plateau continental quadrillé en mailles de 6 MN par 6 MN, l'objectif étant de parcourir au moins 1 210 km linéaires répartis sur des transects durant 30 jours de mission par campagne réalisée.

Cinq campagnes en mer sont ou seront menées au total dans le cadre du projet selon le plan d'échantillonnage prévisionnel ci-dessous (Tableau 1) à deux saisons différentes de 2023 à 2025 (mars et juillet). Les sessions de mesure au printemps permettent d'échantillonner au minimum thermique de l'eau de mer, au minimum de fréquentation humaine et lors de la période privilégiée de migration des oiseaux marins.

Les sessions de mesure à l'été permettent d'échantillonner avec un maximum de fréquentation humaine et des températures de l'eau plus élevées.

Les températures sont prises en compte dans le choix des périodes car elles jouent sur la fréquentation animale et sur la propagation du son.

Au 30/05/2025, 4 des 5 sessions de mesure ont déjà eu lieu. Le calendrier des campagnes de mesure est donné dans le Tableau 1.

Tableau 1. Calendrier des campagnes de mesure du projet dB Lion et la campagne antérieure appelée campagne « 0 ».

Nom de la campagne	Date de début	Date de fin	Statut de réalisation
0	4 septembre 2021	1 ^{er} octobre 2021	Réalisé
1	8 juillet 2023	8 août 2023	Réalisé
2	11 mars 2024	7 avril 2024	Réalisé
3	8 juillet 2024	6 août 2024	Réalisé
4	10 mars 2025	14 avril 2025	Réalisé
5	7 juillet 2025	5 août 2025	A réaliser

Le suivi acoustique est réalisé sur 121 points d'écoute prévisionnels répartis de manière homogène sur l'ensemble de la zone d'étude, associé à des observations visuelles, des prises de photos par caméra et un relevé AIS réalisés le long des transects (Figure 3).

La réalisation de chaque session de mesure est anticipée par une demande d'autorisation officielle soumise à la préfecture maritime de Méditerranée. Ces demandes et les autorisations en découlant sont disponibles sur demande.

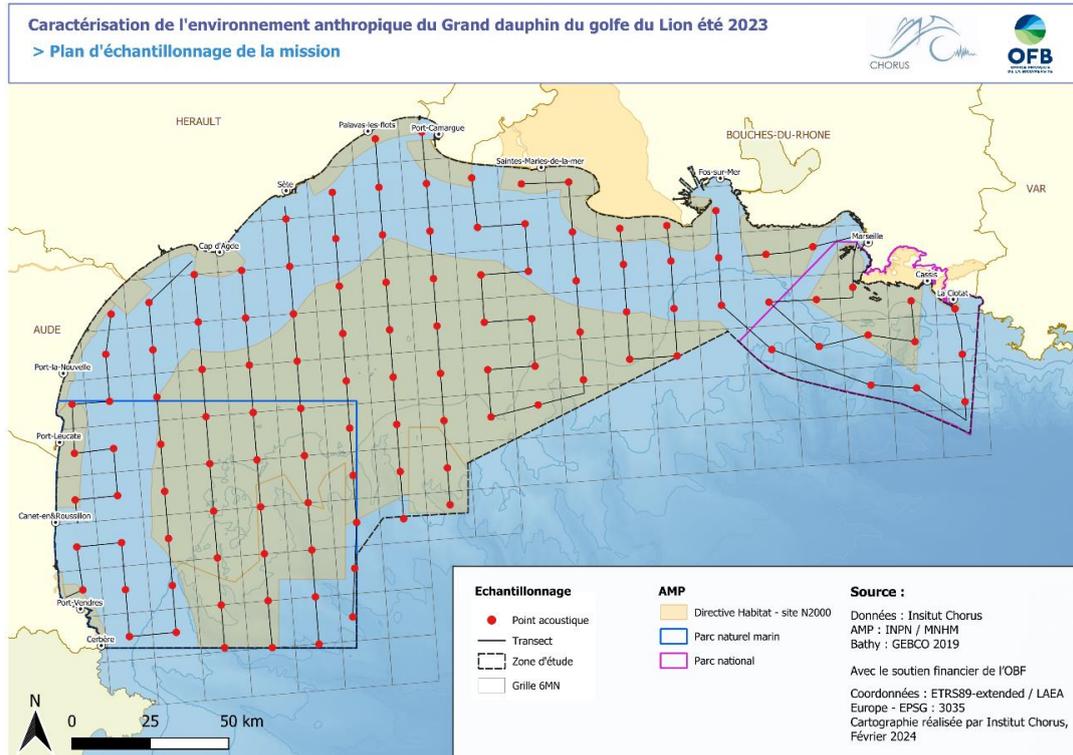


Figure 3 : Carte du maillage théorique visé – 121 points et 1210 km de transects sur le plateau continental.

4.2 Acoustique passive

Afin de cartographier le bruit ambiant et la présence acoustique de cétacés à chaque arrêt du navire support, une bouée acoustique dérivante (Figure 1) est déployée afin de limiter le bruit de mesure en éloignant et en découplant la mesure du navire support et en permettant à la bouée de dériver librement avec le courant. La bouée acoustique dérivante est constituée d'une flottaison de surface emportant un drapeau et une lampe à flash afin de faciliter sa localisation. À ce flotteur est attaché un bout de 65 m de long lesté par un poids de 4 kg afin de maintenir le bout vertical. Un enregistreur acoustique (RESEA, RTSYS) à 4 voies d'acquisition est fixé à mi-longueur sur ce bout ; le premier hydrophone est fixé à 15 m sous la surface et le second à 60 m sous la surface.

Pour pallier les pannes ou bris involontaires, une bouée de rechange complète est prévue. Le Tableau 2 détaille les caractéristiques acoustiques de la chaîne de mesure principale (système 1) et de la chaîne de mesure de secours (système 2).

Tableau 2 : Caractéristiques de l'instrumentation acoustique (système 1 : instrumentation principale ; système 2 : instrumentation de secours)

	Système 1	Système 2
Enregistreur	EA 1403004	EA 1606008
Gain enregistreur	-15,9 dB	-15,4 dB
Hydrophone 60 m	COLMAR 1516 SN 114	COLMAR 1516 SN 150
Sensibilité hydrophone 60 m	-169 dB re 1V/μPa +3 dB [5 Hz, 50 kHz]	-169 dB re 1V/μPa +3 dB [5 Hz, 50 kHz]
Hydrophone 15m	COLMAR 1516 SN 162	COLMAR 1516 SN 186
Sensibilité hydrophone 15 m	-170 dB re 1V/μPa +3 dB [5 Hz, 50 kHz]	-169 dB re 1V/μPa +3 dB [5 Hz, 50 kHz]
Fréquence d'échantillonnage	312 kHz	
Duty-cycle	Enregistrement en continu	

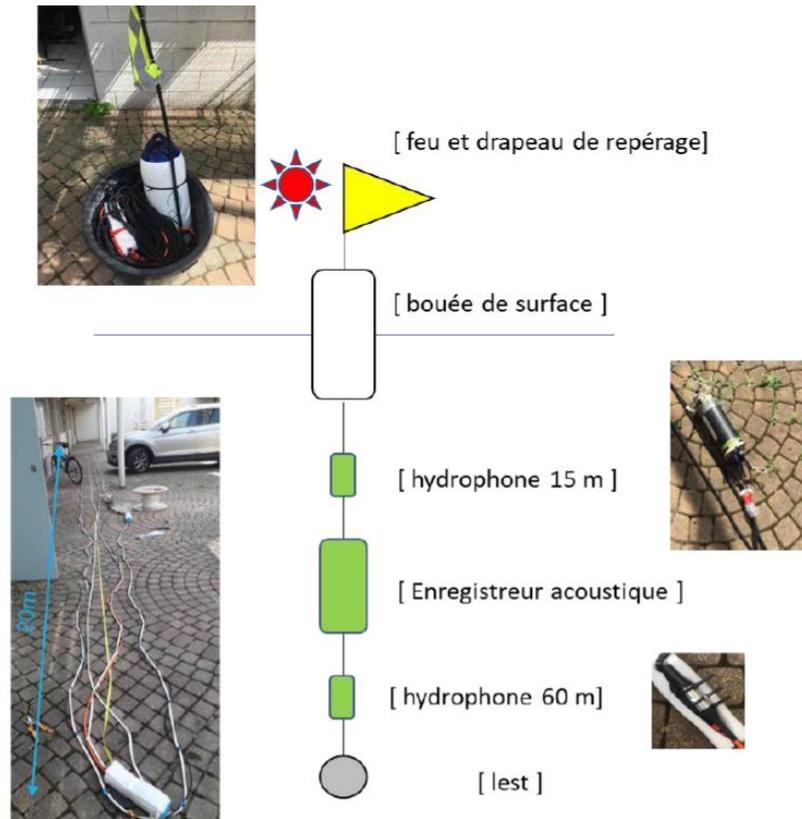


Figure 4 : Schéma conceptuel de l'antenne dérivante destinée à la mesure du bruit ambiant et à la détection des grands dauphins avec des photos des différentes composantes

Les profondeurs des hydrophones sont choisies en suivant les critères :

- Un hydrophone proche de la surface pour rendre compte du bruit lorsque les dauphins sont en surface tout en prenant soin de s'éloigner du bruit de clapots sur la bouée.
- Un hydrophone en profondeur pour rendre compte du bruit lorsque les dauphins sont en plongée ; la profondeur pouvant rendre compte du maximum du bruit lors de la plongée doit être recherchée, et cela pour chaque saison à laquelle se déroule la mission. Pour cela, un profil de célérité moyen sur la zone doit être construit, à partir de mesures *in situ* ou des profils de température et salinité extraits de Marine Copernicus (<https://marine.copernicus.eu/fr>) et la formule de Chen et Millero (Millero et al, 1980) pour évaluer le profil de célérité à partir de la température, de la salinité et de la profondeur. La profondeur cible est celle du minimum du célérité (exemple de profil de célérité - Figure 2).

Comme évoqué plus haut, la campagne comprend la détection visuelle des cétacés et des activités humaines le long de transects lorsque le navire support avance et des mesures acoustiques toutes les heures alors que le navire support fait volontairement une pause pour l'écoute acoustique.

Le protocole de mesure acoustique est le suivant :

- 10 minutes avant l'arrivée au point de mesure, le pilote prévient l'opérateur acoustique qui met en route l'enregistreur et vérifie son bon fonctionnement grâce au rythme d'allumage et d'extinction de leds lumineuses spécifiquement prévues à cet effet.
- À l'arrivée au point de mesure, le bateau support se met au point mort et l'opérateur PAM déploie la bouée acoustique et note la position de mise à l'eau grâce à un GPS.
- Le bateau s'éloigne d'environ 300 m et éteint ses moteurs et sondes.



- Une mesure acoustique est réalisée pendant 10 minutes durant lesquelles la vitesse du vent, l'état de mer et le nombre de bateaux visibles autour du point d'écoute sont notés. Les observateurs prennent soin de toujours garder le contact visuel avec la bouée.
- À la fin de ces 10 minutes, le bateau rallume son moteur, se dirige vers la bouée et passe au point mort à proximité.
- La bouée est remontée à bord par l'opérateur PAM qui note la position GPS de relevage
- L'enregistreur est éteint et la bouée est rangée.

Le temps de réalisation complète de ce protocole est de l'ordre de 20 minutes.

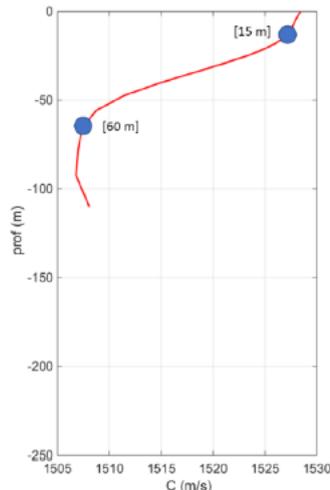


Figure 5 : Profil de célérité (moyen sur le golfe du Lion et sur le mois de septembre 2021) extrait de Marine Copernicus en rouge, profondeur des hydrophones (points bleus)

4.3 Observateurs visuels embarqués (MFO, Marine Faunal Observer)

La méthode appliquée pour la collecte de données en mer par des observateurs est celle du transect de ligne (Buckland et al., 2001) qui se base sur :

- Un effort d'observation constant assuré par 3 observateurs qui scrutent en permanence la surface de l'eau sur les 180° vers l'avant.
- Un travail d'observation réalisé uniquement par des conditions météorologiques permettant la détection des cétacés, soit un vent et une mer ≤ 3 Beaufort.
- La plateforme avance à une vitesse constante d'environ 6 nœuds.

Les données de navigation sont enregistrées automatiquement et en continu à l'aide d'un GPS et/ou via l'application ObsenMer niveau expert.

Des données de météorologie (force et direction du vent et de la mer, visibilité) sont collectées au démarrage de l'effort d'observation, pour chaque transect et à chaque changement de ces paramètres (

Tableau 3).



Tableau 3. Excel d'annotation des observateurs MFO : une ligne est remplie pour chaque transect d'observation (le tableau est coupé en 2 parties pour plus de lisibilité)

Date	Transect	Début effort (heure)	Fin effort (heure)	Distance de l'effort (mile)	Vent mesuré au mat (nœuds)	Beaufort (Force 1 à 5)

Vitesse bateau (nœuds)	Eblouissement (nul, faible, moyen fort) Côté (babord ou tribord) par rapport pointe bateau	Courverture nuageuse (en %)	Brume (O/N)	Houle (en m)

À chaque relevé correspond un horaire, une position en latitude/longitude, le cap et la vitesse du navire. Pour les observations visuelles, les paramètres suivants sont relevés (Tableau 4 pour la faune et

Tableau 5 pour les activités anthropiques et les déchets):

- **Cétacés** : heure, espèce, nombre d'individus, composition du groupe, comportement, cap.
- **Oiseaux** : heure, espèce, nombre d'individus, comportement, cap.
- **Tortues marines** : heure, espèce, nombre d'individus, comportement, cap.
- **Poissons** : heure, espèce, nombre d'individus, comportement, cap.
- **Activités anthropiques** : heure, position, type de bateau (pêche, plaisance, etc.) ou bouées/art dormant, activité et nombre.
- **Déchets** : heure, position, type de déchet (plastique, bois, ...) et nombre.

Lorsque les conditions le permettent, les dauphins font l'objet de photographies permettant leur identification personnelle, technique appelée « photo-identification ». Ces données de photo-identification seront tenues à disposition de l'OFB pour des analyses plus poussées hors du périmètre de compétences de l'équipe dB Lion.

Tableau 4. Excel d'annotation des observateurs MFO pour la faune observée (le tableau est coupé en 2 parties pour plus de lisibilité)

Informations sur le bateau et les MMO							Groupe animal	Espèce	Nb individus	Exact/Incertain (nb individus)	Angle vs bateau
ID/jour	Date	Transect	Observateur	Babord/Triborb (B ou T)	Heure	Waypoint n°					



Informations sur l'observation							
Distance au bateau (m)	Type d'activité	Direction de déplacement	Présence juvénile (O/N)	Photo (O/N)	Indice confiance certain/ incertain (C ou I) si incertain noter sur quel aspect	Attraction des animaux au bateau ou à la bouée (O/N et bateau ou bouée ou autre)	Commentaire

Tableau 5. Excel d'annotation des observateurs MFO pour l'activité anthropique

Informations sur le bateau et les MMO							
ID/jour	Date	Transect	Observateur	Heure	Waypoint n°	Type	Nombre

Informations sur les observations				
Position VS bateaux (cap degrés)	Angle déplacement	Distance au bateau	Mouvement ou stationnaire (M ou S)	Commentaires

4.4 Caméras embarquées sur le mat

Une solution reconnue pour le recensement du trafic maritime est l'utilisation des messages AIS transmis obligatoirement par les navires de plus de 300 tonneaux. P

Pour les bateaux plus petits, le projet teste une solution complémentaire basée sur l'utilisation de caméras permettant une vision panoramique et intégrant un traitement par intelligence artificielle permettant de détecter les bateaux ([Magnier et Gervaise, 2022](#) ; [Li et al, 2021](#) ; [Escorcia-Gutierrez et al, 2022](#) ; [Gao et al, 2022](#), [Hashi et al, 2022](#) ; [Kim et al, 2022](#) ; [Xu et al, 2022](#) ; [Zheng et al, 2022](#)).

Nous avons déployé lors de chaque campagne sur le mat 4 pièges photographiques à la résolution : 2560x1440px (resx * resz, Figure 6) qui réalisent une prise d'image toutes les 2 minutes permettant de couvrir 360 ° de champs de vision. Ces instruments étaient mis en route chaque matin avant le début des transects et arrêtés chaque soir après la fin du dernier transect.

Par temps calme et bonne visibilité, le rayon de détection visuelle est de l'ordre de 3 km alors que la portée du bruit des bateaux est, elle aussi, de 3 km. La caractérisation par caméra paraît donc parfaitement indiquée pour remplacer l'AIS dont une large majorité de bateaux ne sont pas équipés dans la zone d'étude. Pour des conditions météorologiques dégradées, la distance de détection des caméras aura tendance à diminuer ; il sera donc possible de définir l'ampleur de cette dégradation et jusqu'à quelles conditions météorologiques les caméras sont efficaces.

Les observations visuelles réalisées par les observateurs permettent de valider voire d'affiner la nature, le nombre et l'activité des navires en mer.

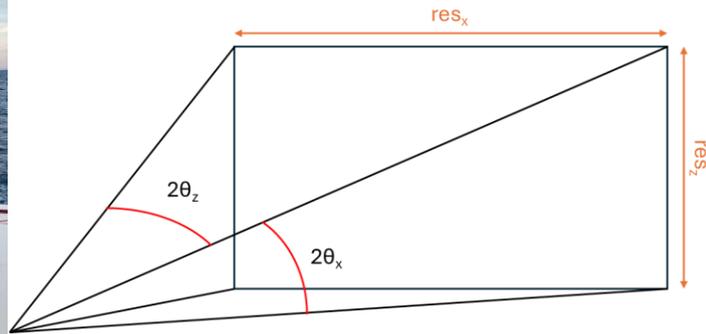


Figure 6 : A gauche : Déploiement des 4 pièges photographiques sur le mat à bord du navire support. A droite : représentation des paramètres de résolution du piège photographique.

4.5 Récepteur AIS autonome dédié

Afin de bien interpréter les données acoustiques, en plus des observations visuelles d'activités humaines *in situ* réalisées par les observateurs et les caméras autonomes, un récepteur AIS autonome développé par CHORUS est embarqué pour enregistrer en continu les signaux AIS émis par des navires dans un rayon de l'ordre de 50 km autour des points d'écoute. La Figure 7 présente le récepteur AIS ([A]), l'installation de l'antenne sur le navire support ([B]) et une carte de cumul des positions AIS en septembre 2021 à proximité de Fos-sur-Mer ([C]). Le récepteur AIS était mis en route chaque matin et éteint chaque soir après la fin des observations.

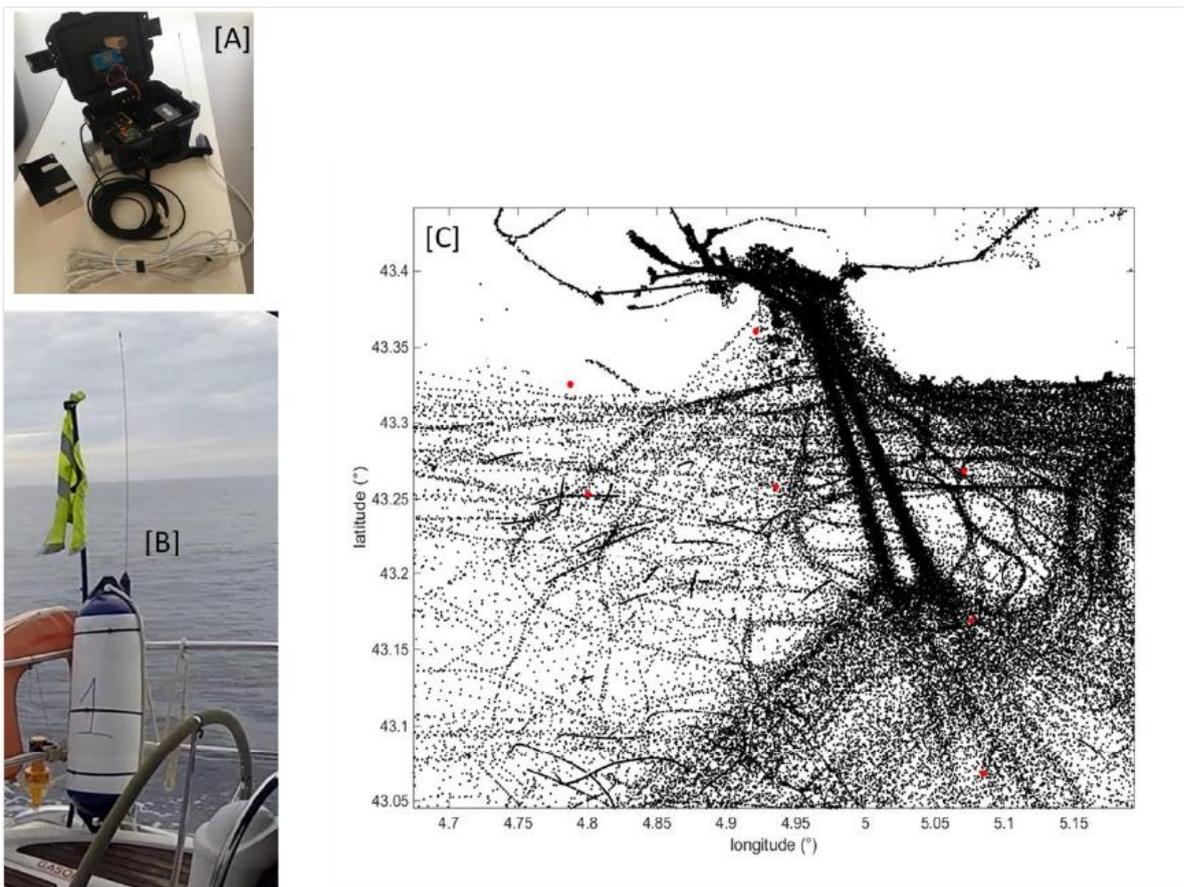


Figure 7 : A gauche : Déploiement du système de récepteur AIS à bord du navire support, A droite : Caractérisation du trafic maritime par AIS lors de la session de mesure de septembre 2021.



5 Identification des mesures récoltées

Nous présentons dans le Tableau 6 les résultats globaux concernant la quantité de données récoltées et leur nature.

Tableau 6. Résultats globaux des 4 premières campagnes de dB Lion.

Type de données recueillie	Campagne 1	Campagne 2	Campagne 3	Campagne 4
Période de réalisation	Du 05/07/2023 au 04/08/2023	Du 11/03/2024 au 07/04/2024	Du 08/07/2024 au 06/08/2024	Du 10/03/2025 au 14/04/2025
Nombre de jours de mobilisation du bateau	29 jours	28 jours	29 jours	35 Jours
Nombre de jours de stand-by météo	10 jours	12 jours	12 jours	27 jours
Nombre de jours en mer	19 jours	16 jours	17 jours	8 jours
Nombre de points PAM réalisés sur les 121 théoriques et %	85 points de mesure PAM 70%	110 points de mesure PAM 91%	121 points de mesure PAM 100%	48 points de mesure PAM 40%
Nombre de points PAM avec des sons de cétacés	60 points	34 points	65 points	En cours d'analyse
Nombre de transects	86 transects	98 transects	106 Transects	43 Transects
Nombre de km d'effort MMO réalisés et %	956 km d'effort 79%	1089 km d'effort 90%	1177 km d'effort 97%	450 km d'effort 37%
Nombre d'observations faunistiques réalisées	1139 observations	2124 observations	1780 observations	1239 observations
Nombre d'observations de cétacés	18 dont : - 10 observations de grands dauphins, - 3 observations de dauphins bleus et blancs - 1 observation de globicéphales noirs - 4 observations sans identification d'espèces	12 dont: - 3 observations de grands dauphins, - 4 observations de dauphins bleus et blancs - 1 observation de dauphins communs - 1 observation de rorqual commun	27 observations dont : - 11 observations de grands dauphins, - 4 observations de dauphins bleus et blancs - 1 observation de cachalot - 9 observations de Globicéphale noir - 1 observation de dauphins de Risso	7 observations dont : - 2 observations de Grands dauphins, - 3 observations de Rorquals communs, - 2 observations de delphinidés non-identifiés



Type de données recueillie	Campagne 1	Campagne 2	Campagne 3	Campagne 4
		3 observations sans identification d'espèces précises	1 observation sans identification d'espèces précises	
Nombre d'observations de poissons réalisées	58 observations dont <ul style="list-style-type: none"> - 25 observations de chasses de thon - 1 observation de diable de mer - 11 observations d'espadons - 2 observations de requins peau bleue - 11 observations de poissons lune - 8 observations sans identification d'espèces 	215 observations dont : <ul style="list-style-type: none"> - 119 observations de chasses de thon - 1 espadon - 56 observations de poissons lune - 24 observations de méduses - 1 radeau de vélelle - 1 exocet - 13 observations sans identification d'espèces 	215 observations dont : <ul style="list-style-type: none"> - 161 observations de chasses de thon - 5 observations d'espadon - 4 observations de poisson lune - 1 observation d'exocet - 1 observation de salpe - 1 observation de méduses - 1 observation de Diable de mer - 41 observations sans identification d'espèces 	143 observations dont : <ul style="list-style-type: none"> - 61 observations de chasses de thon - 2 observations d'espadons - 65 observations de poissons lune - 6 observations de méduses
Nombre d'observations de tortues marines réalisées	- 1 observation de tortue Caouanne	<ul style="list-style-type: none"> - 2 tortues Caouanne - 4 tortues indéterminées 	<ul style="list-style-type: none"> - 3 observations de tortue Caouanne - 1 tortue Luth 	Aucune observation de tortue marine réalisée
Nombre d'observations d'avifaunes réalisées	1 062 dont : sterne, puffin, goéland, mouette, macareux, cormoran, martinet	1 891 dont : puffin, goéland, mouette, macareux, cormoran, pingouin de torda, passereaux, flamant Rose, héron, labbe	1 535 dont : Puffin, goéland, mouette, macareux, cormoran, pingouin de Torda, fou de Bassan, Martinet noir...	1 089 dont: Puffin, Goéland, Guifette, Mouette, Sterne, Macareux, Cormoran, Pingouin de Torda, Fou de Bassan, Martinet noir...
Nombre d'observations anthropiques réalisées (par observateur visuel, camera)	<ul style="list-style-type: none"> - 354 observations visuelles - 26 764 photos acquises 	<ul style="list-style-type: none"> - 553 observations visuelles - 33 676 photos acquises 	<ul style="list-style-type: none"> - 713 observations visuelles - 39 193 photos acquises 	<ul style="list-style-type: none"> - 321 observations visuelles - 13 677 photos acquises



6 Méthodes d'analyses des données

6.1 Méthodes d'analyse des données d'acoustique passive pour la présence de cétacés

6.1.1 Production sonore du grand dauphin

Les émissions sonores des dauphins se décomposent en deux familles (Au, 1993) : les signaux dédiés aux interactions sociales et les signaux dédiés à la géolocalisation des obstacles ou des proies (Figure 8).

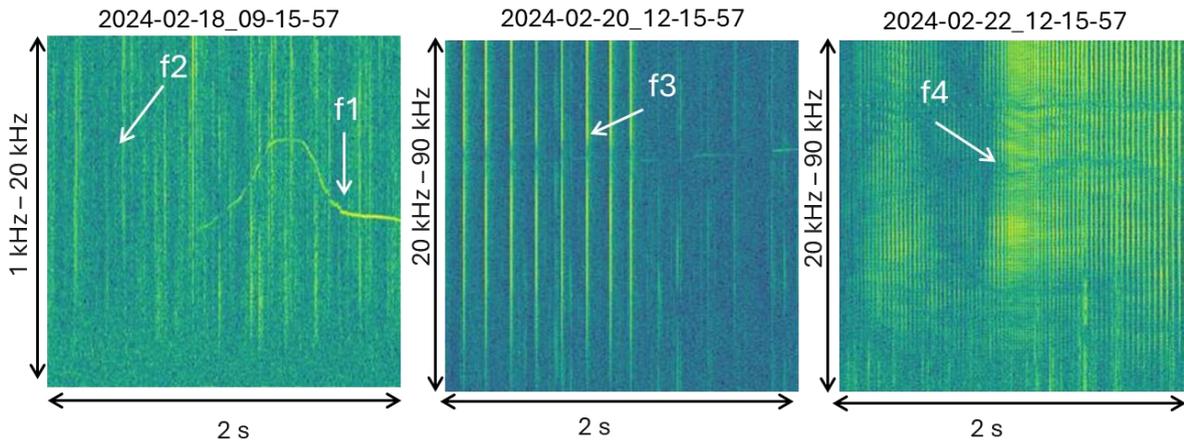


Figure 8 : 3 Spectrogrammes de 2 secondes de données extraits des données de dB Lion, à gauche : 1 sifflement (flèche f1) et des signaux d'invertébrés benthiques (flèche f2), au centre un train de clics de dauphins (flèche f3) et à droite un buzz (train de clics rapide lorsqu'un dauphin s'approche d'une proie, flèche f4).

Les signaux dédiés aux interactions sociales sont communément appelés « sifflements » ou « vocalisations », ils se présentent sous la forme de signaux à modulation de fréquence peu directionnels (May-Collado et Wartzok, 2008). Les fréquences émises sont comprises entre 3 kHz et 15 kHz, d'une durée de l'ordre de 0.5 seconde. La loi de fréquence instantanée présente des formes caractéristiques. Elle permet ainsi la reconnaissance de l'espèce voire des individus (Bazua-Duran, 2004 ; Janik et al, 2006). Le niveau sonore des sifflements est 158+/-1 dB re.1µPa@1m correspondant à un espace de communication entre individus compris entre 1 km et 4 km (Janik, 1999).

Les signaux dédiés à la géolocalisation des obstacles ou des proies sont communément appelés « clics d'écholocalisation ». Ils s'organisent en une succession de signaux très courts (8-72 µs, Wahlberg et al, 2011) directionnels (cône d'émission de 7° centré sur l'axe du melon des animaux, Au, 1993) nommés impulsions ou clics (Au, 1993). La succession de ces signaux est appelée « train de clics ». Au sein d'un même train, les dates d'émissions ne sont pas réparties aléatoirement, mais organisées :

- soit avec un intervalle constant entre clics (ICI : Inter Click Interval, ICI compris entre 0.0005 s et 0.1 s) cet intervalle dépendant de la distance de recherche des proies ou des obstacles
- soit avec un intervalle entre clics s'accroissant lorsque le dauphin approche d'un obstacle ou d'une proie.

Au maximum du taux de répétition des clics, les trains de clics sont appelés buzz et caractérisent souvent les instants précédents une tentative de capture de proies.

La fréquence pic des clics varie suivant l'angle de captation par rapport à l'angle d'émission, elle est comprise entre 20 kHz et 80 kHz pour les clics 'off-axis' (mesurée en dehors du cône d'émission) et



peut atteindre 120 kHz pour les clics 'on-axis' (mesurée dans le cône d'émission). Leur bande passante varie entre 23 et 54 kHz (Wahlberg et al, 2011). Les niveaux sonores émis sont 177+/-7 dB re.1µPa peak-peak @1m pour les clics off-axis et peuvent s'élever jusqu'à 228 dB re. 1µPa peak-peak @1m pour les clics on-axis (Wahlberg et al, 2011).

Les grands dauphins émettent des sifflements régulièrement (1 sifflement toutes les 2 minutes à 16 minutes) (Janik et Sayigh, 2013). Ainsi :

- l'absence de détection pourra être interprétée comme une absence des animaux dans le disque de captation,
- Le nombre de détection pourra être interprété comme un indicateur variant dans le même sens que le nombre d'individus.

6.1.2 Détection des signaux émis par les grands dauphins par intelligence artificielle

Nous décrivons ici les outils de détection et d'étude des cétacés mis en place pour l'étude. Les détecteurs sont des réseaux de neurones profonds entraînés pour détecter les sifflements, les clics et les buzz au sein d'un spectrogramme de 2 secondes de données considéré comme une image.

Nous considérons un spectrogramme de deux secondes de données. Ce spectrogramme forme une image où chaque pixel est l'entrée d'un réseau de neurones constitués de plusieurs couches. Ce réseau de neurones possède plusieurs millions de paramètres qui sont constitués des pondérations entre neurones ($a(i,j,k)$) et des seuils des fonctions d'activation ($b(i,j)$) des neurones (Figure 9). La sortie d'un réseau de neurones est un score compris entre 0 et 1 qui indique la certitude que le spectrogramme comprend un sifflement ou un clic, plus la valeur est proche de 1 plus il est certain. Une phase d'apprentissage du réseau de neurones permet de choisir les coefficients $a(i,j,k)$ et $b(i,j)$ pour que le réseau de neurones recopie les décisions indiquées dans une base de données d'apprentissage contenant à la fois des données avec et sans signaux à détecter. Afin d'optimiser les décisions prises, nous avons fait collaborer 3 réseaux de neurones en sommant les indices de confiance de chaque réseau afin de considérer la décision commune d'au moins deux des réseaux de neurones (Figure 10), ce triplet permet de diminuer le nombre de faux positifs sans pour autant réduire la probabilité de détection.

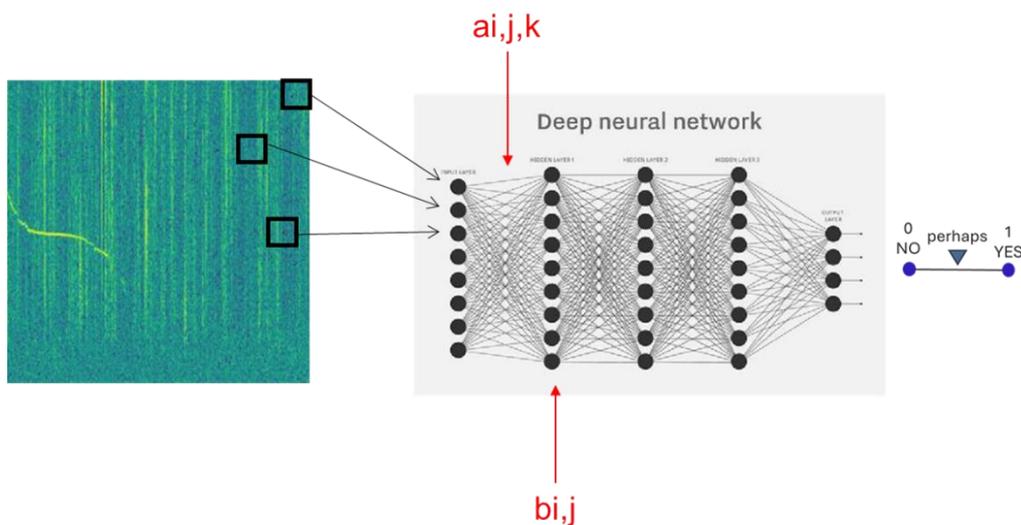


Figure 9 : Principe d'un réseau de neurones

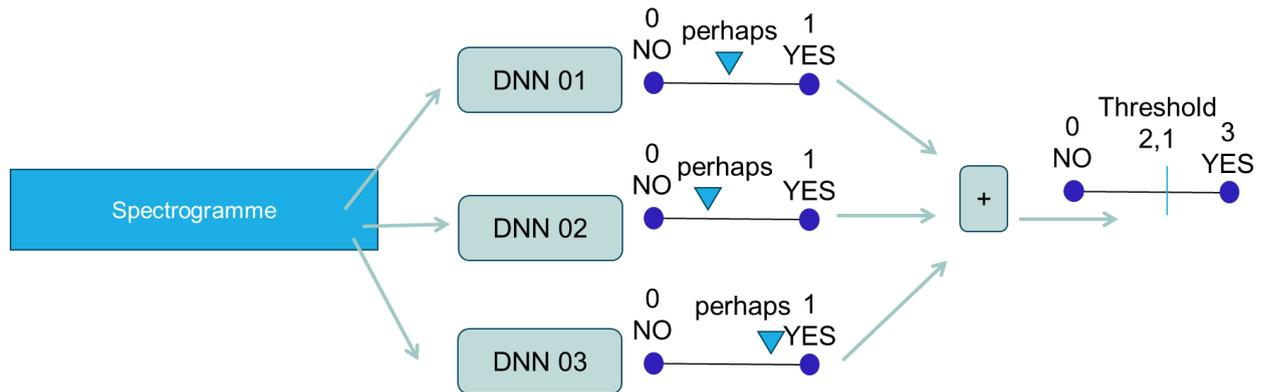


Figure 10 : Collaboration des 3 réseaux de neurones

Le triplet de réseaux de neurones que nous avons mis en place indique la présence ou l'absence de signaux biologiques dans une période de 2 secondes. Dans ce sens, il ne compte pas le nombre de signaux présents dans les deux secondes mais indique si le segment des 2 secondes considérées est « positif » dans le sens où il contient au moins un signal biologique.

L'architecture de détection que nous avons mise en place est totalement automatique (Figure 11) :

- Elle s'intéresse à la détection des signaux émis par les odontocètes dans leur entièreté (sifflements, clics, buzz),
- Etape 1 : Les signaux sont découpés en segments de 2 secondes,
- Etape 2 : Un spectrogramme du segment des données est formé (recouvrement 50 %, résolution fréquentielle = 6 Hz, fenêtre de Kaiser 180 dB)
- Etape 3 :
 - Nous sélectionnons la partie basse du spectrogramme comprise entre 1 kHz et 20 kHz pour l'envoyer vers le détecteur de sifflements
 - Nous sélectionnons la partie haute du spectrogramme comprise entre 20 kHz et 96 kHz pour l'envoyer vers le détecteur d'impulsions biologiques (clics et buzz)
- A partir de la partie haute fréquence du spectrogramme
 - Etape 4 : Un triplet de réseaux de neurones profonds est utilisé pour détecter les impulsions biologiques se répétant à un rythme régulier, ce sont soit des clics soit des buzz
 - Etape 5 : Un triplet de réseaux de neurones profonds est utilisé pour séparer les clics et les buzz
- A partir de la partie basse du spectrogramme
 - Etape 6 : un triplet de réseaux de neurones profonds est utilisé pour détecter la présence de sifflements.

L'architecture traite 7 heures de données en 1 heure à partir d'un ordinateur de bureau équipé d'une carte graphique adaptée.

A la suite de l'application de l'architecture de traitement :

- Toutes les détections sont enregistrées (spectrogrammes) et inspectées visuellement par des analystes CHORUS entraînés, ainsi les détections sont garanties et nous avons une idée de la quantité de fausses alarmes produites,
- Une proportion d'images sans détection de sons biologiques est enregistrée. Elles sont inspectées visuellement par des analystes CHORUS entraînés pour évaluer les manques,
- Nous avons donc une auto-évaluation des performances de notre architecture.

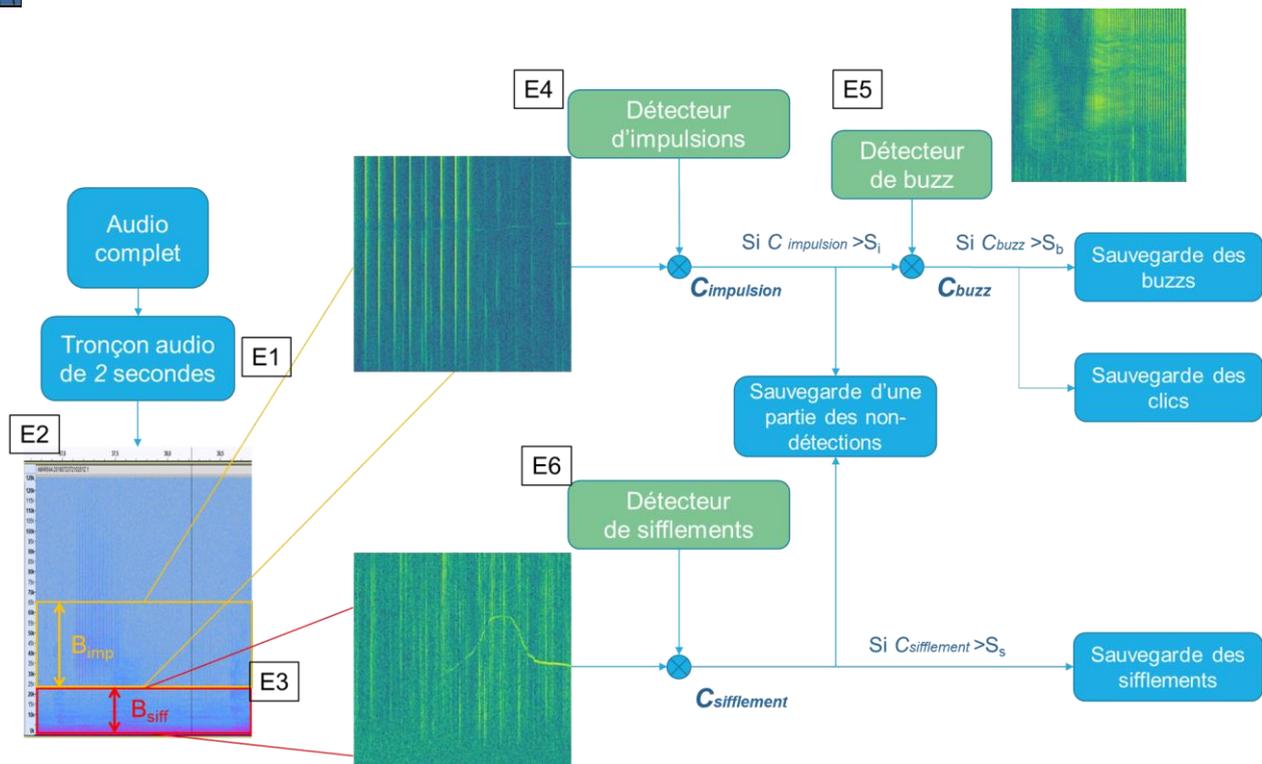


Figure 11 : Architecture de détection mise en place

Les performances de nos détecteurs sont qualifiées par deux grandeurs complémentaires :

- Lorsque les signaux d'odontocètes sont présents, nous quantifions la proportion de signaux détectés avec raison que nous nommons probabilité de détection,
- Lorsque les signaux d'odontocètes sont absents, nous quantifions la proportion de signaux détectés faussement que nous nommons probabilité de faux positifs.

Tableau 7 : Performances de détection de l'architecture mise en place

Nombre d'itérations d'apprentissage sur des données provenant de la méditerranée, manche et mer du nord, (France).	4
Détection des sifflements : DNN_siff_V4	
Nombre de spectrogrammes avec sifflement pour l'apprentissage	15 604
Nombre de spectrogrammes sans sifflement pour l'apprentissage	45 405
Probabilité de détection, cas des sifflements	0.977
Probabilité de faux positifs des sifflements, cas des clics	0.0001
Détection des trains de clics : DNN_clic_V4	
Nombre de spectrogrammes avec train de clics pour l'apprentissage	15 873
Nombre de spectrogrammes sans train de clics pour l'apprentissage	58 108
Probabilité de détection, cas des trains de clics	0.91
Probabilité de faux positifs des trains de clics, cas des trains de clics	0.0002
Probabilité de détection des buzz parmi les trains de clics	0.75

Le Tableau 7 quantifie les performances des détecteurs V4 :

- 97.7 % des sifflements sont détectés pour une probabilité de faux positive égale à 0.0001 soit un faux positif toutes les 2.25 heures qui est éliminée par les analystes en fin de traitement,
- 91.0 % des clics sont détectés pour une probabilité de faux positive égale à 0.0002 soit un faux positif toutes les 1.15 heures qui est éliminée par les analystes en fin de traitement.



Nous tenons à indiquer que l'architecture de détection s'applique à tous les delphinidés et ne permet pas la classification des espèces. Cependant étant donnée la distribution des delphinidés en Méditerranée Nord Occidentale, il est fort probable que les détections dans le Golfe du Lion soient des signaux de grands dauphins.

6.1.3 Descripteurs construits à partir des détections

La sortie unitaire de notre détecteur est un indice de présence ou d'absence de signaux biologiques dans un segment de données de 2 secondes.

A partir de cette sortie unitaire, il convient de construire des descripteurs acoustiques qui rendent compte au mieux de ce qu'aimerait un observateur comme par exemple quel est le nombre de dauphins présents sur le site etc.

Cependant il est difficile voire impossible d'établir une relation univoque entre les résultats acoustiques et la situation biologique, par exemple :

- Des dauphins peuvent être présents mais ne pas émettre de sons,
- Un dauphin peut parler beaucoup ou plusieurs dauphins peuvent parler peu, ces deux configurations générant le même nombre de sons,

Posons les hypothèses (plausibles pour le Golfe du Lion et les grands dauphins) suivantes (Figure 12) :

- un groupe de dauphins possède une aire vitale de 100 km de rayon,
- le rayon de détection des signaux est égal à 3.6 km,
- un dauphin nage à 1 m/s,
 - si le groupe de dauphins passe juste à la verticale de l'enregistreur, il va générer des détections pendant 2 heures (patch de 2 heures, Figure 12),
 - si le groupe de dauphins passe à 3.6 km de l'enregistreur, il va générer des détections pendant une durée courte (patch de 5 minutes, Figure 12),
 - les situations acoustiques vont donc être contrastées pour les deux passages alors que biologiquement et relativement à la taille de l'aire vitale, ces deux passages sont similaires.

Conscients de ces difficultés, nous proposons de prendre comme descripteur la présence ou l'absence de signaux par position de mesure sans tenir compte du nombre de détections.

Notre chaîne de traitement permet de classer les sons des odontocètes par leurs formes liées aux fonctions à réaliser :

- Type 1 : Les sifflements sont liés à la socialisation,
- Type 2 : Les trains de clics normaux sont liés à la géolocalisation et indiquent plutôt une activité de transit ou de chasse,
- Type 3 : Les buzz (trains de clics rapides) sont liés à la capture de proies.

Pour chaque site, nous présenterons la présence ou l'absence de signaux pour chaque type de sons, cela permet d'identifier si les cétacés réalisent sur ce site des activités de socialisation, transit et/ou chasse.

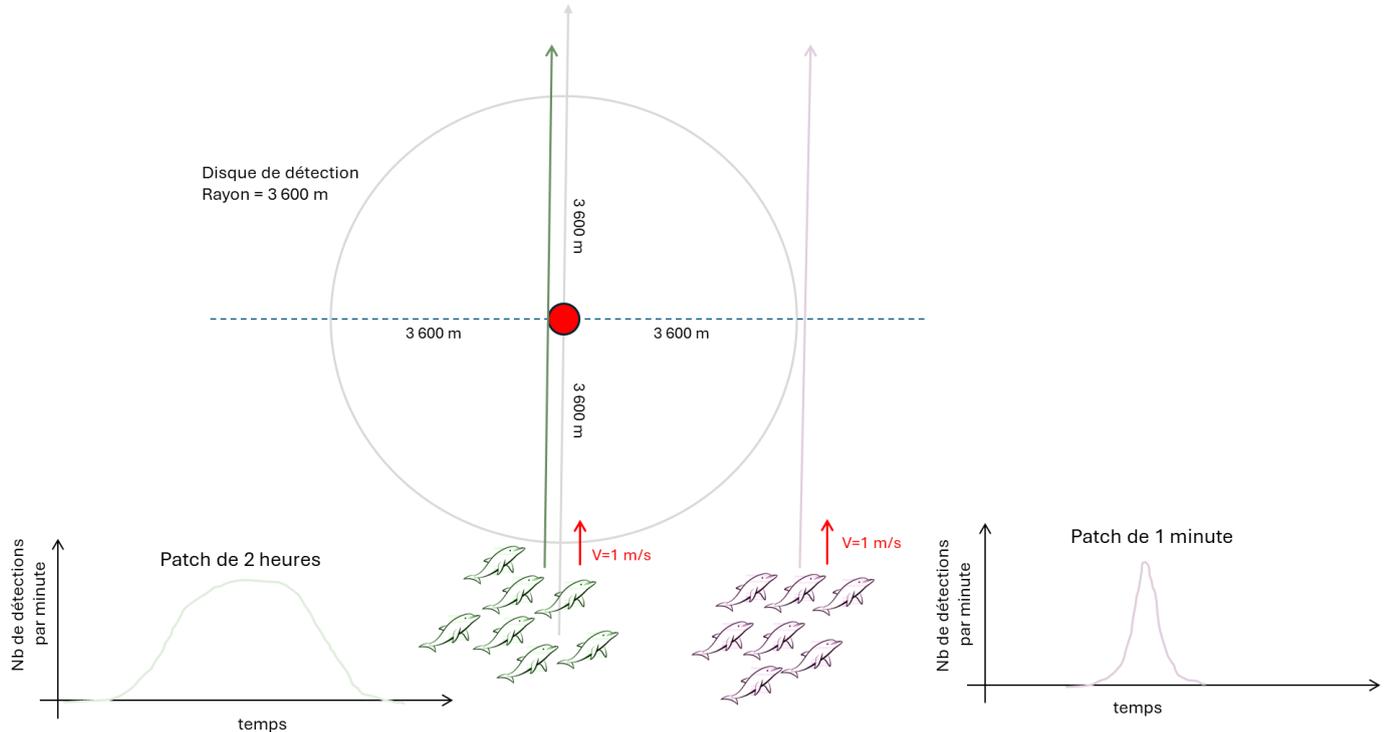


Figure 12 : Exemple de configurations biologiques et acoustiques plausibles

6.2 Méthodes d'analyse du bruit sous-marin

6.2.1 Cartographie du bruit ambiant et modélisation acoustique

Sont considérées 4 bandes de fréquences pour lesquelles le niveau de bruit est évalué :

- Les deux tiers d'octave du descripteur 11 critère 2 de la DCSMM soit le tiers d'octave centré sur 63 Hz (TOB_63Hz, [56 Hz, 70 Hz]) et le tiers d'octave centré sur 125 Hz (TOB_125Hz, [111 Hz, 140 Hz]),
- La bande d'émission privilégiée des signaux de communication (sifflements) des delphinidés soit (B_com_GD, [1 kHz, 25 kHz]),
- La bande d'émission privilégiée des clics d'écholocation des delphinidés soit (B_clic_GD, [25 kHz, 150 kHz]).

Chaque station fournit au moins 10 minutes de mesure utile. Le niveau de bruit efficace médian est évalué dans chaque bande d'intérêt (SPL rms) aux deux profondeurs échantillonnées.

Pour cela il convient de :

- Filtrer les mesures dans les bandes d'intérêt.
- Évaluer le niveau de bruit efficace avec un pas d'une seconde.
- Évaluer la médiane de la série des niveaux de bruit efficace évaluée sur la durée de la mesure utile.

Des cartes des niveaux sonores sont produites pour chaque bande de fréquence aux deux profondeurs échantillonnées en veillant à représenter les différentes AMP, les macro-zones propices au développement de l'éolien flottant, ainsi que les zones retenues pour l'implantation des futurs parcs commerciaux et la poursuite des études techniques et environnementales (Figure 13).



Les analyses permettront d'identifier la part anthropique et les contributeurs dans les niveaux de bruit enregistrés par comparaison avec les données AIS et les données visuelles des activités anthropiques présentes dans la zone.

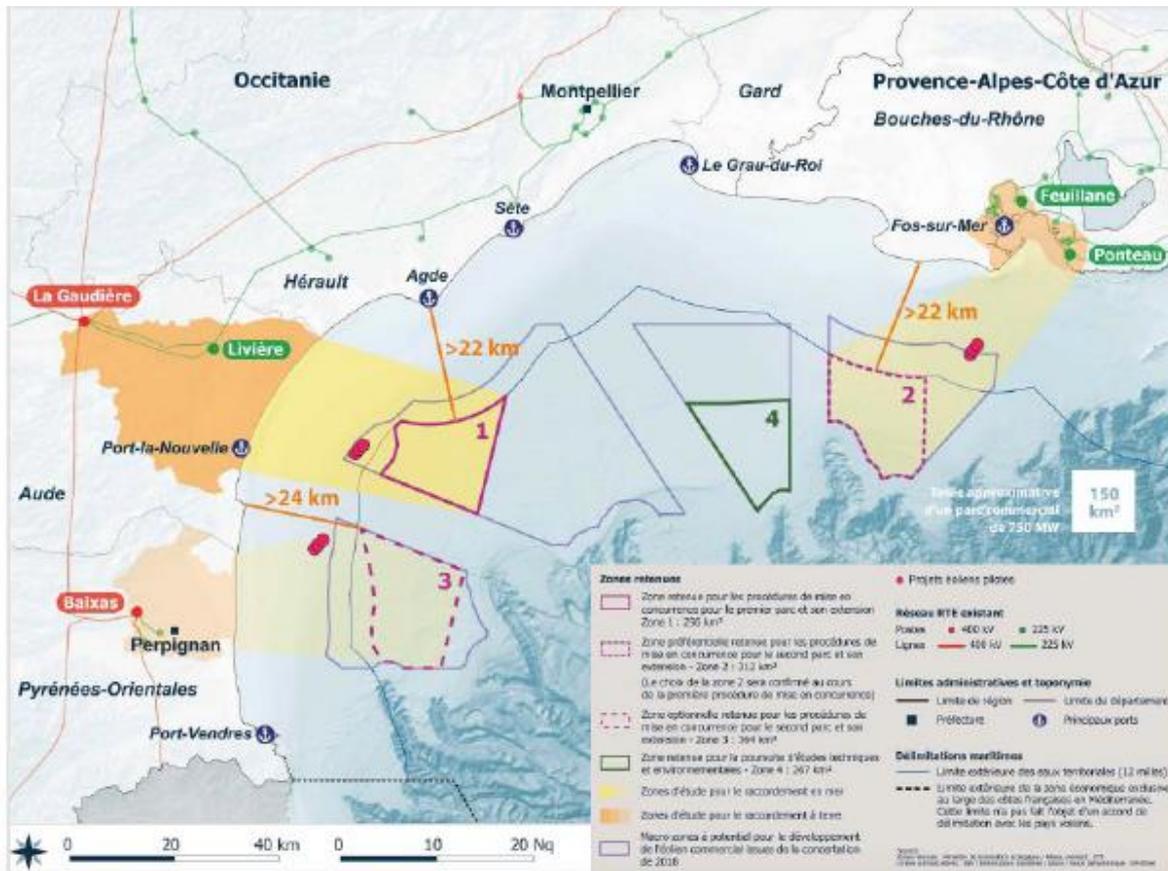


Figure 13 : Zones retenues pour les procédures de mise en concurrence et la poursuite des études environnementales

6.2.2 Effet du bruit sur les delphinidés

Depuis les premiers échouages de cétacés constatés après des exercices navals (Frantzis, 2004), la société civile s'est inquiétée des potentiels effets négatifs des bruits sous-marins d'origine anthropique sur la faune marine. Depuis une quinzaine d'années, grâce à une activité soutenue, la communauté scientifique a démontré que les bruits anthropiques peuvent avoir des effets sur les mammifères marins (cétacés, siréniens, phoques) (Southall et al., 2019), les poissons et les tortues marines (Popper et al., 2014), les invertébrés marins (Day et al., 2017, 2019), le zooplancton (Mc Cauley et al., 2017, Richardson et al., 2017).

Les effets rapportés par la communauté scientifique sont très variés (Popper et al., 2014, Southall et al, 2019).

- **Masquage des communications :** Certains animaux émettent des sons pour communiquer avec des congénères ou pour se localiser ou localiser des proies ; dans ce cas une augmentation du bruit va engendrer une réduction des rayons de communication et des rayons de chasse (Aulanier et al., 2017).
- **Dérangement comportemental et effets physiologiques :** En présence d'un bruit fort ou inconnu, les cétacés, les poissons et les invertébrés répondent de la même façon que si l'un de leurs prédateurs était présent à proximité (Celi et al., 2016). Leur comportement et leur survie se trouvent ainsi altérés. La communauté scientifique rapporte une diminution du rendement de capture des proies (Magnhagen et al., 2017), une agressivité augmentée (Ferrari et al., 2018),



moins d'implication dans les relations parents-enfants (Ferrari et al., 2018), une diminution du rayon de fuite face aux prédateurs (Everley et al., 2016), un changement du profil de nage ou de plongée (Herbert-Read et al., 2017), une altération de la formation des bancs ou des groupes sociaux (Bruintjes et Radford, 2013), un éloignement de la source sonore, voire une fuite prononcée. Ces dérangements comportementaux sont souvent associés à des réactions physiologiques en lien avec la mise en place d'un métabolisme de stress (augmentation du rythme cardiaque, du rythme de respiration, du taux d'hormones comme le cortisol) (Graham et al., 2008).

- **Endommagement des organes et tissus dont les organes auditifs** : Une onde sonore est une onde mécanique qui, d'une part, exerce une force sur les surfaces insonifiées, et, d'autre part, met en mouvement les tissus insonifiés. Elle possède ainsi des capacités à endommager ou non les tissus constituant les organes auditifs des animaux. Les bruits sous-marins peuvent par conséquent dégrader l'audition des animaux. Après insonification, les animaux sont assourdis et perdent leur capacité à entendre des sons de faible amplitude. Cette capacité peut être retrouvée après un certain laps de temps ; dans ce cas on parle de dégradation temporaire de l'audition (TTS : Temporary Threshold Shift au sens de Popper et al., 2014 et Southall et al., 2019). Dans d'autres cas, les animaux ne recouvrent pas cette capacité et on parle de dégradation permanente de l'audition (PTS : Permanent Threshold Shift au sens de Popper et al., 2014 et Southall et al., 2019). Les bruits sous-marins peuvent endommager d'autres organes vitaux comme la vessie natatoire des poissons, on parle alors de traumatismes non auditifs, non mortels ou mortels (Popper et al., 2014).

Attention tous les effets évoqués précédemment ne s'appliquent pas obligatoirement car ils dépendent de différents paramètres. En effet, leur existence ou leur absence dépend des caractéristiques des bruits émis (puissance, fréquence, forme, durée) et il existe un cadre méthodologique bien établi pour étudier au cas par cas l'existence d'effets en fonction des bruits émis, de l'animal récepteur (espèce, distance à la source, etc.) et du type d'effets.

Pour la présente étude, un intérêt spécifique est porté au bruit du trafic maritime dont le niveau est " limité " en abordant les effets de masquage des communications et le dérangement comportemental.

6.2.2.1 Masquage des signaux de communication et d'écholocalisation des dauphins

Une évaluation de la réduction de l'espace de communication acoustique et d'écholocalisation des dauphins entre la situation mesurée lors de la campagne (avec un paysage acoustique sous influence du trafic maritime) et une situation théorique sans présence humaine est faite.

Le modèle de Wenz (Figure 14) exprime le spectre du bruit ambiant en fonction de la fréquence et de plusieurs contributeurs. Entre 10 Hz et 50 kHz, le spectre du bruit ambiant de Wenz est dominé par deux contributeurs : le trafic maritime et l'agitation de la surface marine (bruit des vagues) provoquée par le vent. La contribution du bruit de trafic est donnée analytiquement en fonction d'un indice de trafic variant de 1 (pas de trafic) à 7 (trafic très élevé) et la contribution de l'agitation de la surface est donnée analytiquement en fonction de la vitesse du vent :

- Spectre agitation = $(44 + \sqrt{21 \cdot v}) + 17 \cdot (3 - \log_{10}(f)) \cdot (\log_{10}(f) - 2) \cdot (f < 1000) + (95 + \sqrt{21 \cdot v}) - 17 \cdot \log_{10}(f) \cdot (f \geq 1000)$ avec v vitesse du vent en nœuds,
- Spectre trafic = $76 - 20 \cdot (\log_{10}(f/30)) \cdot ^2 + 5 \cdot (dt - 4)$ avec dt indice de trafic.



Ainsi pour calculer le bruit ambiant qui aurait eu lieu sans trafic maritime au moment des mesures, il faut considérer le niveau de bruit donné par modèle de Wenz avec un trafic nul et une vitesse de vent égale à celle relevée lors des mesures.

La différence entre le niveau de bruit actuel et le niveau de bruit de Wenz avec la même vitesse du vent, mais sans trafic maritime, permet d'obtenir le supplément de bruit créé par les activités anthropiques (Δ dB).

Ce supplément de bruit peut induire une réduction des rayons de communication acoustique et d'écholocalisation si les dauphins n'adaptent pas les signaux qu'ils émettent (pas d'augmentation de niveaux, pas de décalage en fréquence, pas d'augmentation des récurrences).

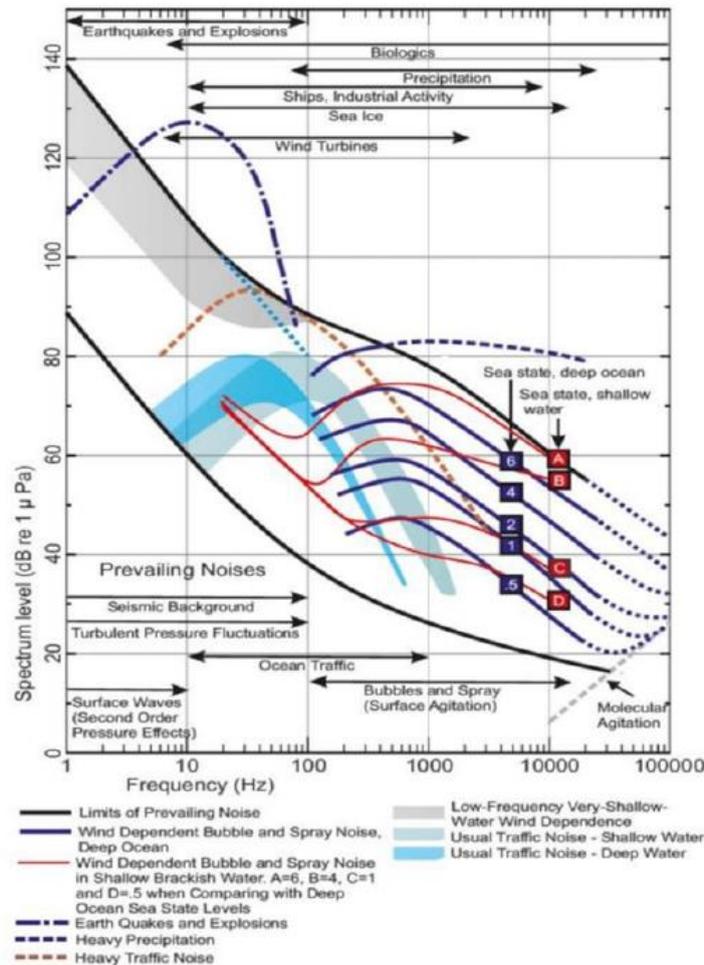


Figure 14 : Phénomènes pris en compte dans le modèle de bruit ambiant de Wenz.

Des cartes présentant les Δ dB entre le niveau de bruit mesuré durant la campagne et le niveau de bruit de Wenz sans trafic maritime pour les bandes d'émission privilégiée des sifflements et des clics des dauphins seront produites pour les deux profondeurs échantillonnées. Des analyses statistiques seront réalisées sur les résultats obtenus pour identifier notamment le facteur de réduction de l'espace de communication et de l'espace d'écholocalisation pour le grand dauphin dans le golfe du Lion.

6.2.2.2 Dérangement comportemental

Pour l'étude du dérangement comportemental, les travaux de Nedwell (Nedwell et al., 2007) font référence dans la communauté scientifique.



Pour cela, il faut prendre en considération l'audiogramme d'une espèce (plus petit niveau sonore audible par l'individu à une fréquence f) auquel est superposé le spectre de bruit, ce qui permet de calculer l'excédent moyen entre l'audiogramme et le spectre. Cet excédent exprime de niveau de dB perçus par l'animal (Figure 20), il est nommé dBht dans le sens de dB relatif à un « hearing threshold », le terme « hearing threshold » faisant référence à l'audiogramme. [Nedwell et al., 2007](#) fournit des seuils (Tableau 13) d'effets en fonction de la valeur de dBht.

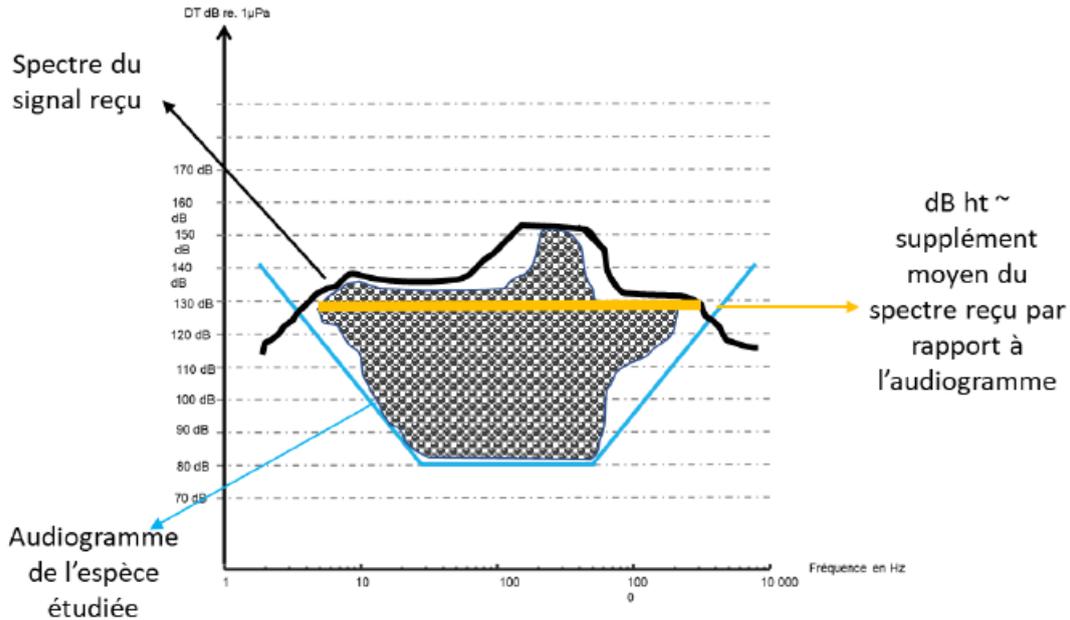


Figure 15 : Illustration du sens de la grandeur dBht utilisée dans Nedwell et al, 2007.

Tableau 8 : Seuils de Nedwell et al, 2007 et type d'effet associé

Seuil exprimé en dB _{ht}	Type d'effet
dB _{ht} < 0 dB	Le son n'est pas entendu
0 dB < dB _{ht} < 50 dB	Réaction moyenne pour une minorité (< 50%) d'individu probablement non soutenue dans le temps
50 dB < dB _{ht} < 90 dB	Réaction importante pour une majorité (> 50 %) d'individus mais l'habituation peut limiter l'effet à termes
90 dB < dB _{ht} < 110 dB	Réaction forte pour une large majorité d'individus
100 dB < dB _{ht} < 130 dB	Limite de tolérance des sons
dB _{ht} > 130 dB	Possible trauma après une seule insonification

Pour la présente étude, l'analyse sera basée sur l'audiogramme du grand dauphin renseigné dans :

- Erbe, C., Reichmuth, C., Cunningham, K., Lucke, K., & Dooling, R. (2016). Communication masking in marine mammals: A review and research strategy. *Marine Pollution Bulletin*, 103(1–2), 15–38.
- Brill, R. L., Moore, P. W. B., & Dankiewicz, L. A. (2001). Assessment of dolphin (*Tursiops truncatus*) auditory sensitivity and hearing loss using jawphones. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 109(4), 1717–1722.

Des cartes présentant les dBht aux deux profondeurs d'échantillonnage seront produites ainsi que des graphiques présentant les niveaux de dBht à ces deux profondeurs. Les résultats de ces cartes et graphiques seront décrits et analysés.



6.3 Observateurs visuels embarqués

Dans un premier temps, les données issues des observations visuelles sont regroupées dans un tableur standardisé, afin de faciliter les traitements effectués sur le logiciel de traitement et d'analyse d'information géographique QGIS (SIG). Ces analyses permettent de décrire précisément les observations en fonction de caractéristiques souhaitées.

Concernant les observations faunistiques, une classification par espèce est systématiquement réalisée pour tous les groupes taxonomiques étudiés (cétacés, oiseaux, poissons, tortues et méduses). De plus, une description des tailles des groupes observés est permise en modifiant la taille des symboles d'observations. Pour certains regroupements, la forme du symbole peut aussi décrire une caractéristique supplémentaire, telle que le groupe taxonomique, ou l'aspect marin des espèces d'oiseaux.

En ce qui concerne en particulier les cétacés, les cartes de présence visuelle donnent des informations concernant les espèces et la taille des groupes observés.

Les cartes relatives aux oiseaux, décrivent les espèces observées, les tailles des groupes mais aussi l'aspect marin de l'oiseau. Cette information permet de décrire la diversité des espèces observées notamment pour les périodes de migration printanière.

Les observations des animaux marins, autres que les cétacés et les oiseaux, sont regroupées dans une carte commune combinant donc les observations des poissons, des tortues, des raies et des méduses. Dans ces cartes, l'espèce, la taille des groupes observés et l'information du groupe taxonomique sont décrites par la symbologie. La Figure 16 illustre un exemple des caractéristiques d'observations décrites pour une carte représentant les animaux marins autres que cétacés et oiseaux.

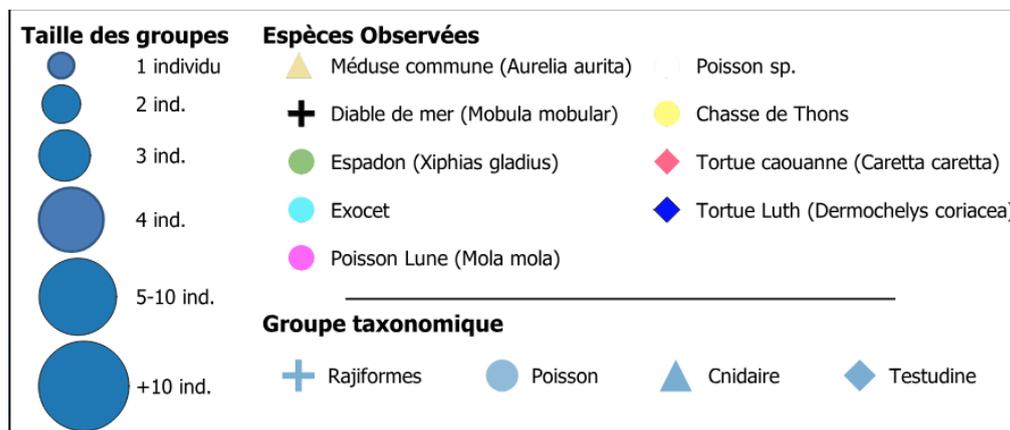


Figure 16 : Exemple d'une légende d'une carte issue du logiciel QGIS

Pour les activités humaines, les observations sont définies en décrivant la catégorie réalisée ainsi que le nombre de navires observés. Une classification globale en 7 catégories d'activité est réalisée pour les analyses:

- La plaisance :
 - Voilier
 - Bateau moteur
 - Jet-ski
 - Yacht



- La pêche
 - Pêche récréative ;
 - Pêcheur professionnel avec chalutier
 - Pêcheur art dormant (senneur, fileyeur, pêcheur artisanal, palangrier) ;
- Les navires professionnels :
 - Bateau de plongée
 - Bateau de Promenade
 - Bateau de travaux
 - Bateau d'Etat
- Les bouées
 - Les engins de pêche dormants ;
 - Les autres bouées (scientifiques, éoliennes, etc)
- Les déchets :
 - Plastique
 - Bois
 - Etendu
 - Indéterminé
- Les grands navires:
 - Cargo
 - Ferry
 - Navire Militaire
 - Grand navire indéterminé
- Les bateaux indéterminés.

En fonction des analyses souhaitées et pour la clarté des cartes, certaines catégories seront regroupées entre elles.



6.4 Caméras embarquées sur le mat

Les caméras prennent des photos du plan d'eau avec un intervalle de temps défini (toutes les 2 minutes).

L'étude théorique des distances de détections des navires sur le plan d'eau donne les résultats suivants :

- Détection des plaisanciers/pêche à ~1000 m (5 pixels pour 4m)
- Détection des navires (commerce, ferry) à ~ 3000 m sur l'horizon,

L'appareil photographique appliquant une distorsion à l'image, nous avons estimé une courbe iso-distance d'un ensemble de points (x, y) représentant des pixels de la caméra (Figure 17).



Figure 17 : Illustration des courbes d'iso-distance sur une image issue de la campagne 1 de dB Lion.

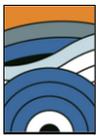
Avec une position plutôt basse des capteurs photographique sur le mat (environ à 3 m au-dessus de la surface), les images présentent finalement 3 zones d'étude :

- Zone de proximité : [0m, 50m] où presque aucun bateau ne passe,
- Zone d'intérêt proche : [50m, ~200m] où des bateaux passent et sont bien identifiables
- Zone d'intérêt lointaine [200m, 5000m] où les petits bateaux sont difficilement détectables, et les navires de plus grand taille (chalutier, ferry, cargo, militaire) sont identifiables.

Un réseau de neurones convolutifs profond (DNN) a été développé pour les besoins de traitement spécifique du projet dB Lion. Le DNN assure la détection d'une entité d'intérêt, sa classification et sa localisation dans l'image. Ces détecteurs sont des réseaux de neurones de type YOLO (You Only Look Once) permettant de détecter et classifier des motifs sur une image (Redmon et al. 2016).

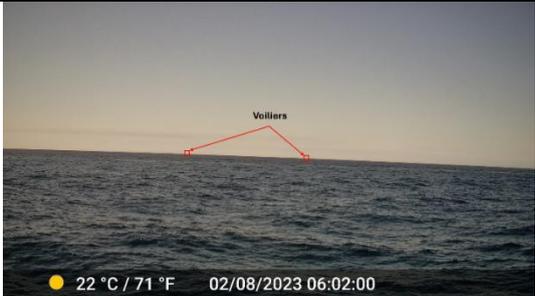
Pour cela, des bases de données d'entraînement ont été sélectionnées et annotées manuellement. Ces bases sont composées d'images représentatives, et sont annotées en fonction des classes à détecter. Les 6 classes que nous avons choisi de détecter dans les images sont les suivantes et des exemples sont présentés dans le Tableau 9 :

- Voilier



- Bateau de pêche
- Bateau de commerce/cargo
- Ferry
- Bouée/art dormant
- Autre bateau dont la classe reste non identifiable

Tableau 9 : Classes détectées par le DNN et exemples de détections associées.

Classe	Exemples de détections réalisées par le réseau de neurones	
Voilier (S2.2)		
Pêche (S3.2.3)		
Commerce (S3.2.4)		
Ferry (S3.2.5)		
Bouée (S5)		



Les performances du réseau de neurones ont ensuite été évaluées sur une base de test, indépendante de la base de réentraînement. Pour évaluer les performances du détecteur, les matrices de confusion ont été calculées et les métriques « precision » et « recall » ont été utilisées pour rendre compte des succès de détection de chaque classe :

- La « precision » exprime la proportion de vraies détections relativement à toutes détections effectuées. Elle est calculée de la façon suivante : $\frac{TP}{TP+FP}$, avec TP : True positive et FP : False Positive. Une précision de 0.8 signifie que sur 100 voiliers détectés, 80 sont effectivement des voiliers.
- Le « recall » exprime la proportion d'entités détectées relativement à toutes les entités présentes. Le « recall » est : $\frac{TP}{TP+FN}$, avec TP : True Positive et FN : False Negative. Un recall de 0.8 signifie que sur 100 voiliers présents sur l'image, 80 ont été détectés.

Tableau 10 : Performances du DNN développé spécifiquement pour le projet dB Lion (la note, soit la moyenne du recall et de la précision, est considérée comme bonne si supérieure ou à 0.85 et moyenne si inférieure à 0.85).

Classe	Recall (conf 0.2)	Précision (conf 0.2)	Explication	Note
S (Autres bateaux)	0.83	0.79	Peu stéréotypé	0.81
S2.2 (voiliers)	0.83	0.91	Très stéréotypé, mais cas ambigus (à grande distance, sur fond de côte)	0.87
S3.2.3 (Pêche)	1	0.5	Peu de diversité (beaucoup d'images de quelques bateaux), difficile à évaluer de façon fiable	0.75
S3.2.4 (commerce)	1	0.7	Très stéréotypé distinction difficile avec 3.2.5 à grande distance	0.85
S3.2.5 (Ferry)	1	1	Très stéréotypé distinction difficile avec 3.2.4 à grande distance	1
S5 (bouée)	0.58	1	Ressemblance avec des oiseaux, vagues, artefacts à mi-distance	0.79

Les données de sortie des algorithmes sur les activités humaines sont analysées de la même manière que celles acquises par les observateurs. Une comparaison des deux méthodes sera effectuée *in fine*. Cette comparaison n'a pas été effectuée encore et n'est pas présentée dans ce rapport.



7 Résultats des analyses préliminaires

Cette partie a pour objectif de présenter les résultats de l'application des méthodes à la session de mesure n°1 du 8 juillet au 8 août 2023 et à la session de mesure n°2 du 11 mars au 7 avril 2024. La session de mesure antérieure au projet dB Lion réalisée entre le 4 septembre et le 1^{er} octobre 2021 et la session de mesure n°3 du projet dB Lion du 8 juillet au 6 août 2024 sont intégrées dans la mesure du possible dans les analyses présentées dans ce rapport.

Ce rapport n'a pas pour objectif de conduire des analyses approfondies sur les résultats. Les questions de bruit et d'effet du bruit ne sont donc pas totalement abordé dans cette partie. Ces analyses seront menées lorsque nous disposerons de la totalité des 5 sessions de mesure permettant de comparer les configurations estivales et hivernales et d'évaluer la répétabilité annuelle des résultats.

7.1 Observations visuelles de cétacés

Au total 57 observations de dauphins ont été réalisées sur 3 campagnes entre 2023 et 2024 (Tableau 11), majoritairement du Grand dauphin sur l'ensemble du plateau continental, et plusieurs observations du Dauphin bleu et blanc plutôt en rebord de plateau vers le centre du golfe, loin des côtes. Une observation de rorqual commun a été réalisée en mars 2024, une observation de cachalot commun et une observation de dauphins de Risso ont été réalisées en juillet 2024 ainsi que plusieurs observations de globicéphales noirs (Figure 18, Figure 19, Figure 20). A plusieurs reprises l'espèce de dauphin n'a pu être déterminée avec certitude.

Plus d'observations de cétacés ont été faites en été qu'au printemps et les groupes d'animaux sont plus grands à l'été également.

Tableau 11 : Observations en effort des espèces de cétacés lors des 3 premières campagnes du projet dB Lion.

Espèce	Campagne 1 (Été 2023)		Campagne 2 (Printemps 2024)		Campagne 3 (Été 2024)	
	Nombre d'observations	Nombre d'individus	Nombre d'observations	Nombre d'individus	Nombre d'observations	Nombre d'individus
Grand dauphin	11	61	3	24	11	65
Dauphin bleu et blanc	3	46	4	16	4	126
Globicéphale noir	1	15	-	-	9	101
Dauphin commun	-	-	1	7	-	-
Dauphin de Risso	-	-	-	-	1	10
Dauphin non identifié	3	10	3	8	1	2
Rorqual commun	-	-	1	1	-	-
Cachalot commun	-	-	-	-	1	1
Total	18	132	12	56	27	305



Caractérisation de l'environnement anthropique du Grand dauphin du golfe du Lion en Juillet 2023

> Observation des cétacés réalisées en Juillet 2023



Source :

Données : Institut Chorus
AMP : INPN / MNHM
Bathy : GEBCO 2019
Avec le soutien financier de l'OBF
Coordonnées : ETRS89-extended / LAEA Europe - EPSG : 3035
Cartographie réalisée par Institut Chorus, Février 2024

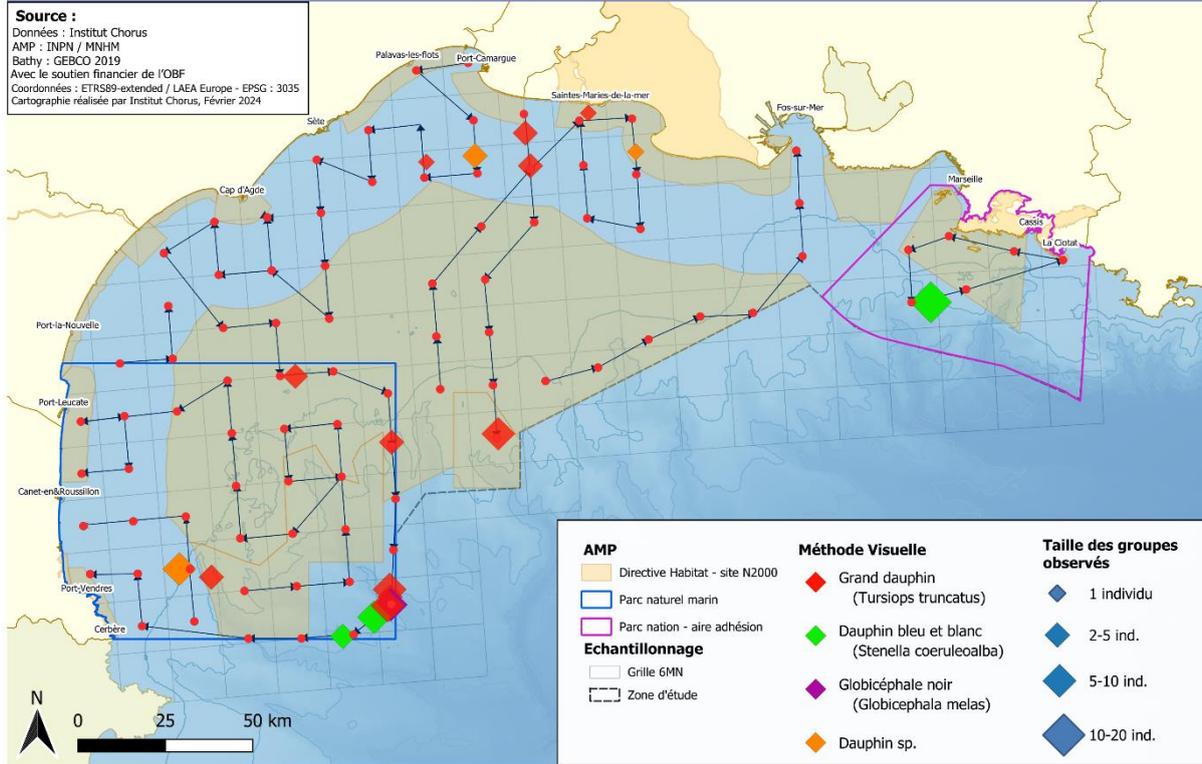


Figure 18 : Répartition des observations de cétacés en fonction des espèces pendant la campagne 1 de dB Lion.

Caractérisation de l'environnement anthropique du Grand dauphin du Golfe du Lion en Mars 2024

> Observations des cétacés réalisées en Mars 2024



Source :

Données : Institut Chorus
AMP : INPN / MNHM
Bathy : GEBCO 2019
Avec le soutien financier de l'OBF
Coordonnées : ETRS89-extended / LAEA Europe - EPSG : 3035
Cartographie réalisée par Institut Chorus, Juillet 2023

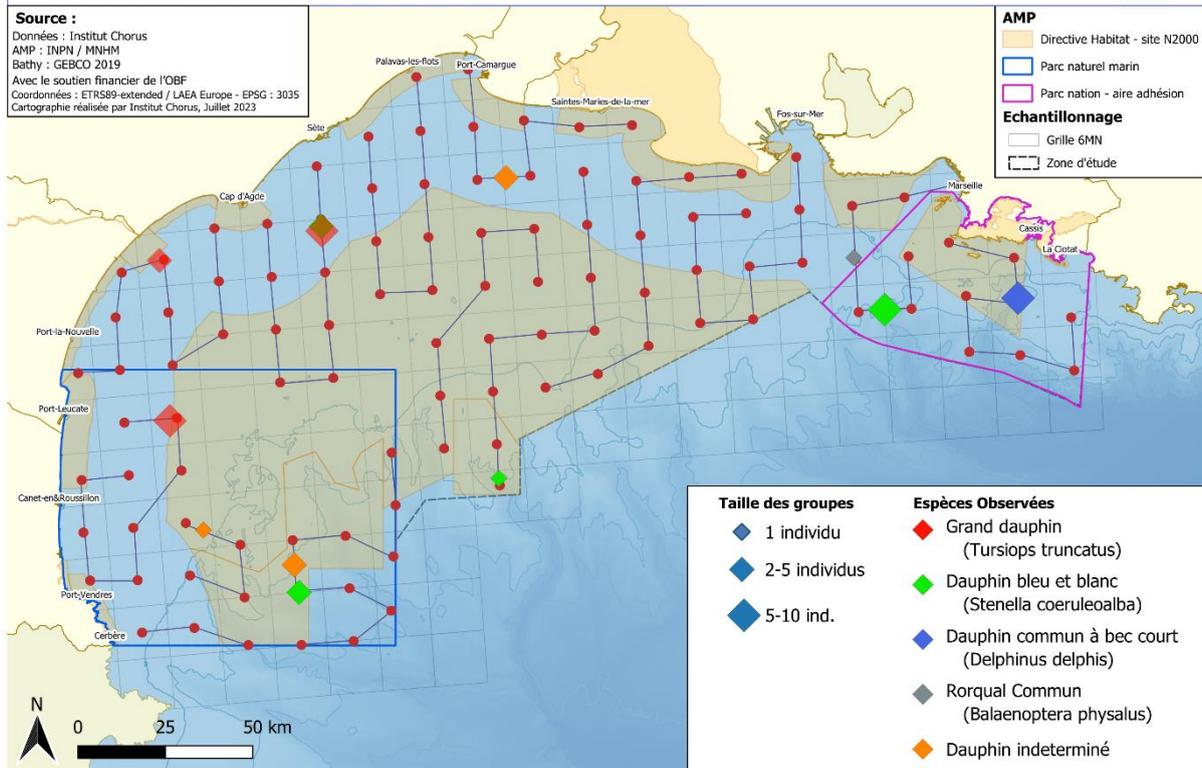


Figure 19 : Répartition des observations de cétacés en fonction des espèces pendant la campagne 2 de dB Lion.

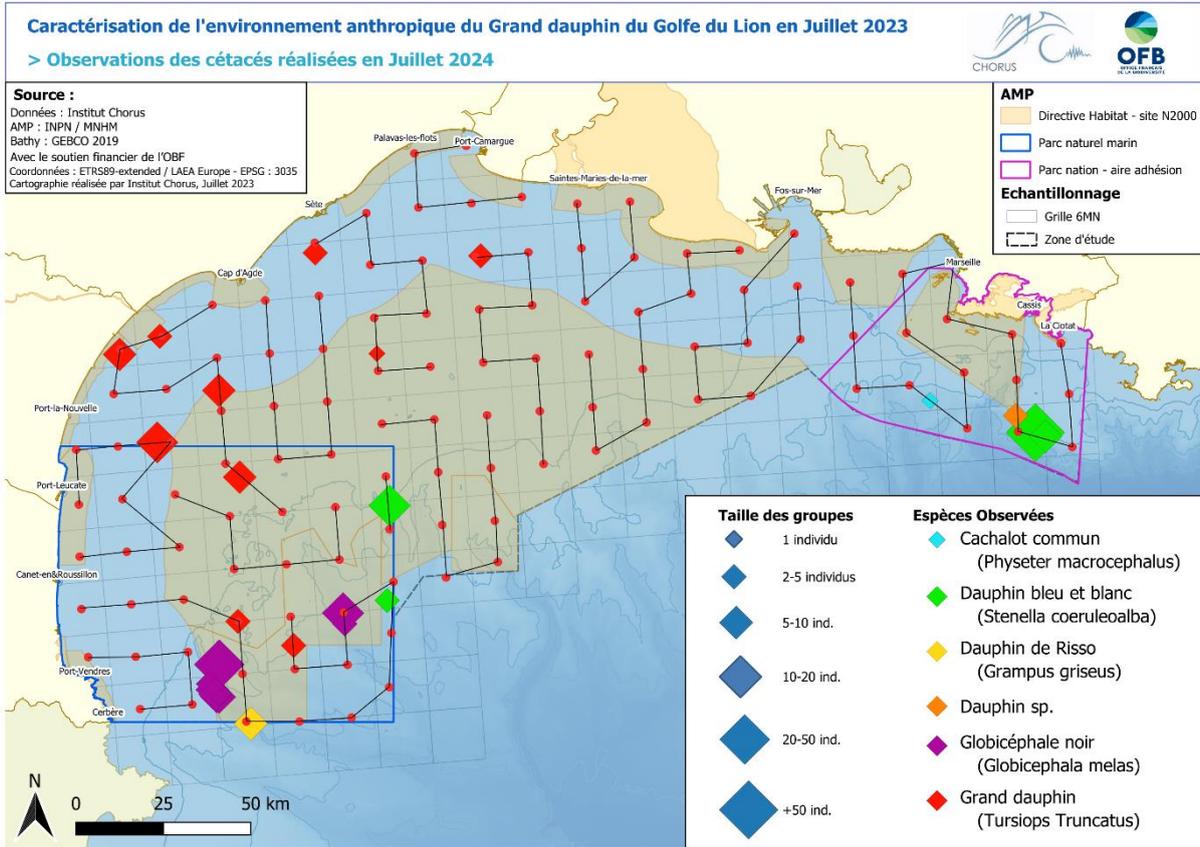


Figure 20 : Répartition des observations de cétacés en fonction des espèces pendant la campagne 3 de dB Lion.

7.2 Observations visuelles d'oiseaux en mer

Au total 4488 observations d'oiseaux ont été réalisées sur 3 campagnes entre 2023 et 2024 et nous présentons les données brutes dans le Pendant la saison principale de présence des oiseaux en mer, au printemps (Figure 25), une répartition sectorielle est observée avec des fous de Bassan et cormorans à la côte, des macareux moine et pingouin Torda en Occitanie à l'Ouest des Saintes-Maries-de-la-Mer et des passereaux et martinets plutôt dans la zone à l'Est des es Saintes-Maries-de-la-Mer.



Tableau 12 et sur les cartes de la Figure 21, de la Figure 22 et de la Figure 23 respectivement pour les campagnes d'été 2023, printemps 2024 et été 2024. Comme les goélands (2 espèces), les mouettes (4 espèces), les puffins (3 espèces) et les sternes (4 espèces) représentent 3737 observations, soit 83% des observations (respectivement 35%, 14%, 24%, 12% des observations), nous avons choisi d'analyser la répartition des autres espèces appelées « espèces rares » indépendamment de ces espèces omniprésentes. Nous avons produit pour cela les cartes de la Figure 23, de la Figure 24 et de la Figure 25 respectivement pour chaque campagne.

A l'inverse des cétacés, le printemps est la saison pendant laquelle nous observons le maximum d'oiseaux (+45% d'observation au printemps par rapport à l'été en moyenne). De plus au printemps, ont été observées des espèces migratrices comme par exemple le flamant rose, le grèbe huppé, le héron cendré et le héron pourpré, la huppe fasciée, le milan royal, les passereaux (divers espèces), le tadorne de buron ou encore le rougegorge.

Pendant la saison principale de présence des oiseaux en mer, au printemps (Figure 25), une répartition sectorielle est observée avec des fous de Bassan et cormorans à la côte, des macareux moine et pingouin Torda en Occitanie à l'Ouest des Saintes-Maries-de-la-Mer et des passereaux et martinets plutôt dans la zone à l'Est des es Saintes-Maries-de-la-Mer.



Tableau 12 : Observations en effort des espèces d'oiseaux lors des 3 premières campagnes de dB Lion.

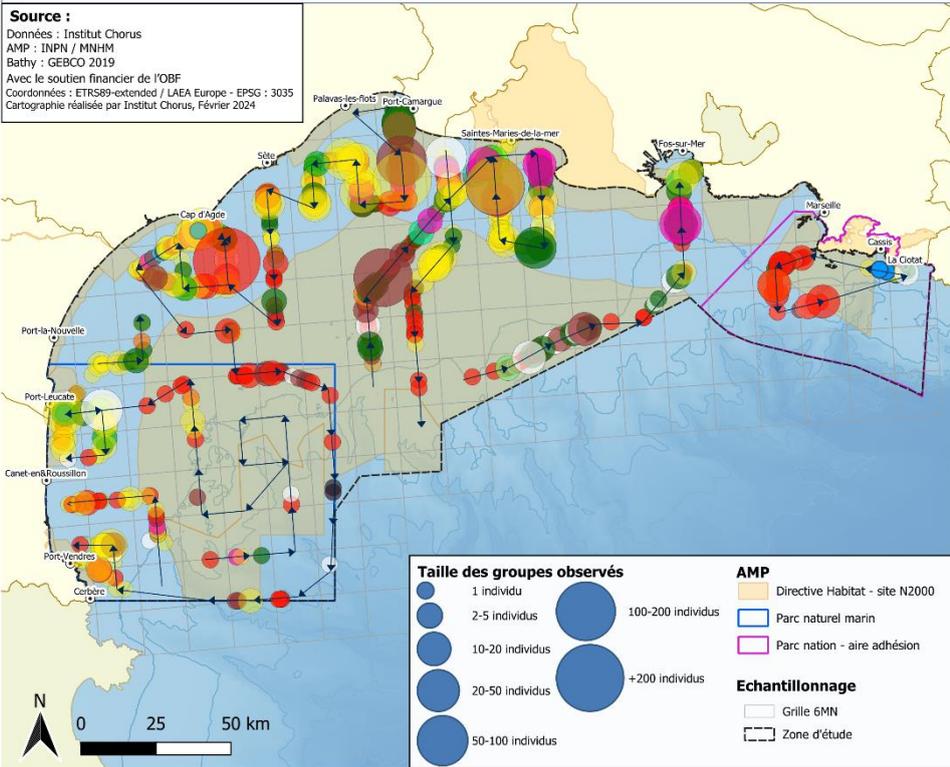
Espèces	Campagne 1 (Été 2023)	Campagne 2 (Printemps 2024)	Campagne 3 (Été 2024)
Cormoran	2	6	3
Avocet	1	-	-
Flamant rose	-	1	-
Fou de Bassan	7	2	6
Fou indéterminé	1	-	-
Goéland sp	23	243	328
Goéland d'Audouin	-	1	-
Goéland leucophé	433	256	308
Guifette noire	-	-	1
Grèbe huppé	-	3	-
Héron cendré	-	2	-
Héron pourpré	-	1	-
Hirondelle sp	-	6	4
Huppe fasciée	-	1	-
Ibis	-	-	1
Labbe sp	-	1	-
Limicole sp	-	1	-
Macareux Moine	9	36	9
Macareux sp	-	1	1
Martinet sp	-	1	44
Martinet noir	2	-	8
Milan royal	-	2	-
Mouette sp	2	166	7
Mouette Mégalocéphale	11	44	12
Mouette pygmée	-	310	-
Mouette Rieuse	2	24	3
Mouette tridactyle	-	34	-
Océanite Tempête	3	1	-
Oiseau ID	39	174	164
Passereau Bergeronnette	-	4	-
Passereau Bergeronnette grise	-	1	-
Passereau Pouillot sp.	-	12	-
Passereau Pouillot véloce	-	6	-
Passereau rouge queue Noir	-	5	-
Passereau sp.	-	50	2
Pingouin Torda	-	123	-
Puffin cendré	168	9	-
Puffin de Scopoli	-	27	148
Puffin ID	88	136	140
Puffin Yelkouan	63	151	126
Rougegorge	-	2	-
Sterne Caugek	21	16	63
Sterne Hansel	25	-	-
Sterne ID	155	22	124
Sterne Naine	3	-	1
Sterne Pierregarin	8	5	30
Tadorne de buron	-	2	-
Total	1062	1891	1535



Caractérisation de l'environnement anthropique du Grand dauphin du Golfe du Lion en été 2023

> Observations des oiseaux réalisées en juillet 2023

Source :
Données : Institut Chorus
AMP : INPN / MNHM
Bathy : GEBCO 2019
Avec le soutien financier de l'OFB
Coordonnées : ETRS89-extended / LAEA Europe - EPSG : 3035
Cartographie réalisée par Institut Chorus, Février 2024



Espèces Observées

- Cormoran huppé (Gulosus aristotelis)
- Fou de Bassan (Morus bassanus)
- Goéland Indéterminé
- Goéland Leucophaea (Larus michahellis)
- Macareux moine (Fratricula arctica)
- Mouette indéterminée
- Mouette mélanocéphale (Ichthyaetus melanocephalus)
- Mouette rieuse (Chroicocephalus ridibundus)
- Océanite tempête (Hydrobates pelagicus)
- Oiseau Indéterminé
- Puffin cendré (Calonectris borealis)
- Puffin Indéterminé
- Puffin Yelkouan (Puffinus yelkouan)
- Sterne caugek (Thalasseus sandvicensis)
- Sterne hansel (Gelochelidon nilotica)
- Sterne Indéterminée
- Sterne naine (Sternula albifrons)
- Sterne Pierregarin (Sterna hirus)

Taille des groupes observés

- 1 individu
- 2-5 individus
- 10-20 individus
- 20-50 individus
- 50-100 individus
- 100-200 individus
- +200 individus

AMP

- Directive Habitat - site N2000
- Parc naturel marin
- Parc nation - aire adhésion

Echantillonnage

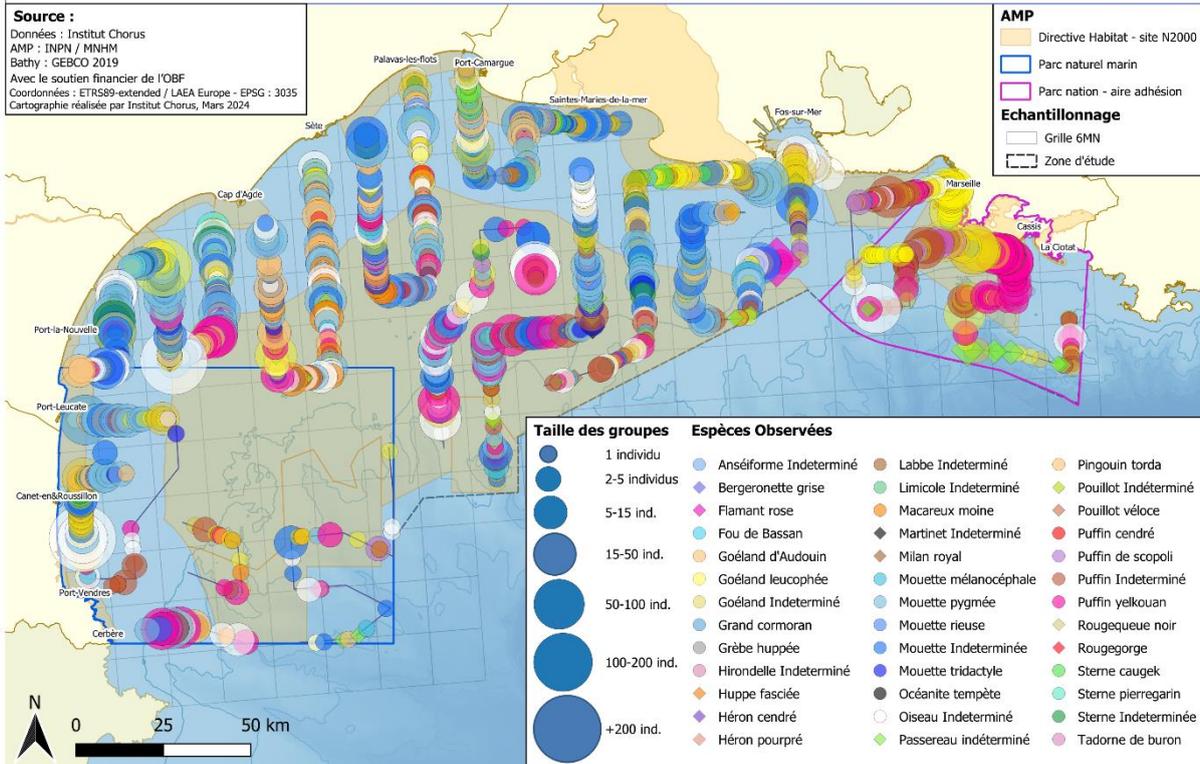
- Grille 6MN
- Zone d'étude

Figure 21 : Répartition des observations d'oiseaux en fonction des espèces pendant la campagne 1 de dB Lion.

Caractérisation de l'environnement anthropique du Grand dauphin du Golfe du Lion en mars 2024

> Observations des oiseaux réalisées en mars 2024

Source :
Données : Institut Chorus
AMP : INPN / MNHM
Bathy : GEBCO 2019
Avec le soutien financier de l'OFB
Coordonnées : ETRS89-extended / LAEA Europe - EPSG : 3035
Cartographie réalisée par Institut Chorus, Mars 2024



AMP

- Directive Habitat - site N2000
- Parc naturel marin
- Parc nation - aire adhésion

Echantillonnage

- Grille 6MN
- Zone d'étude

Taille des groupes

- 1 individu
- 2-5 individus
- 5-15 ind.
- 15-50 ind.
- 50-100 ind.
- 100-200 ind.
- +200 ind.

Espèces Observées

- Ansériforme Indéterminé
- Bergeronnette grise
- Flamant rose
- Fou de Bassan
- Goéland d'Audouin
- Goéland leucophaea
- Goéland Indéterminé
- Grand cormoran
- Grèbe huppée
- Hironnelle Indéterminé
- Huppe fasciée
- Héron cendré
- Héron pourpré
- Labbe Indéterminé
- Limicole Indéterminé
- Macareux moine
- Martinet Indéterminé
- Milan royal
- Mouette mélanocéphale
- Mouette pygmée
- Mouette rieuse
- Mouette Indéterminée
- Mouette tridactyle
- Océanite tempête
- Oiseau Indéterminé
- Passereau indéterminé
- Pingouin torda
- Pouillot Indéterminé
- Pouillot véloce
- Puffin cendré
- Puffin de scopoli
- Puffin Indéterminé
- Puffin yelkouan
- Rougequeue noir
- Rougegorge
- Sterne caugek
- Sterne pierregarin
- Sterne Indéterminée
- Tadorne de buron

Figure 22 : Répartition des observations d'oiseaux en fonction des espèces pendant la campagne 2 de dB Lion.

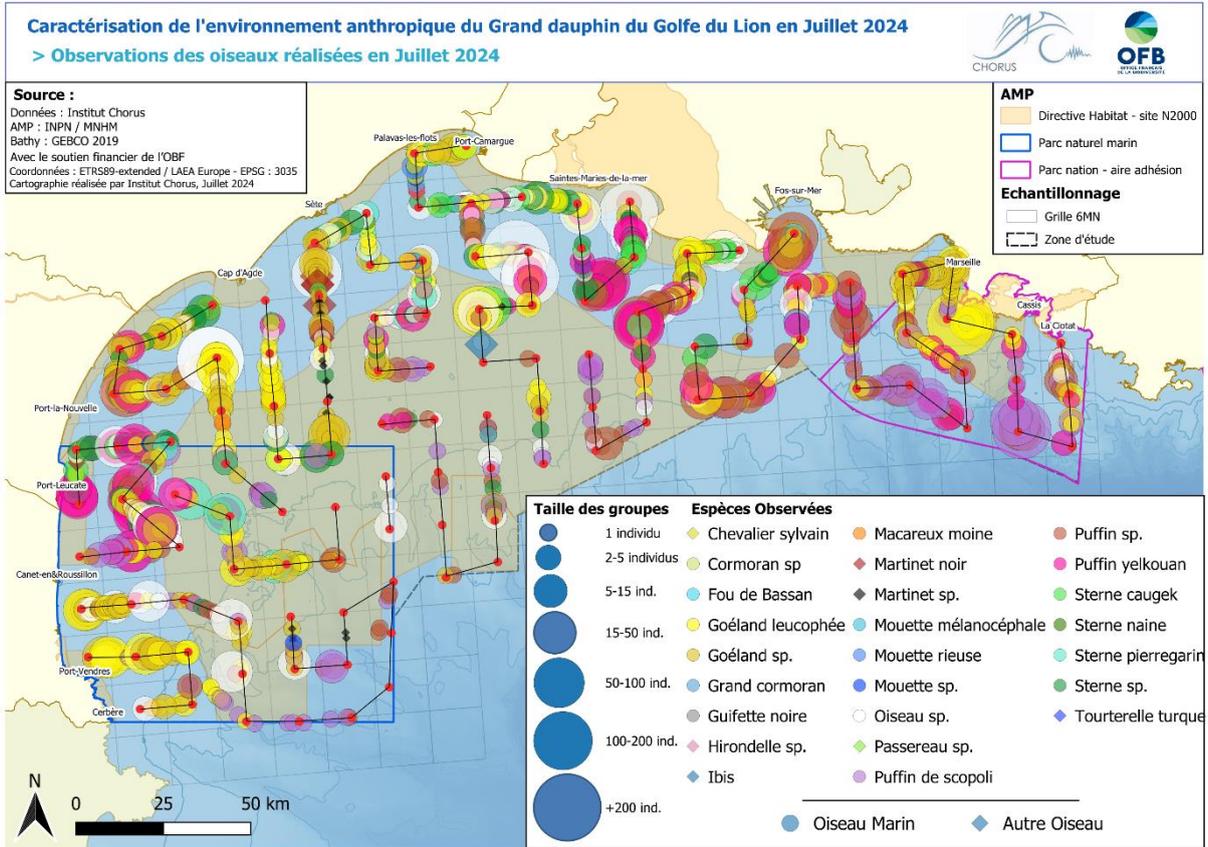


Figure 23 : Répartition des observations d'oiseaux en fonction des espèces pendant la campagne 3 de dB Lion.

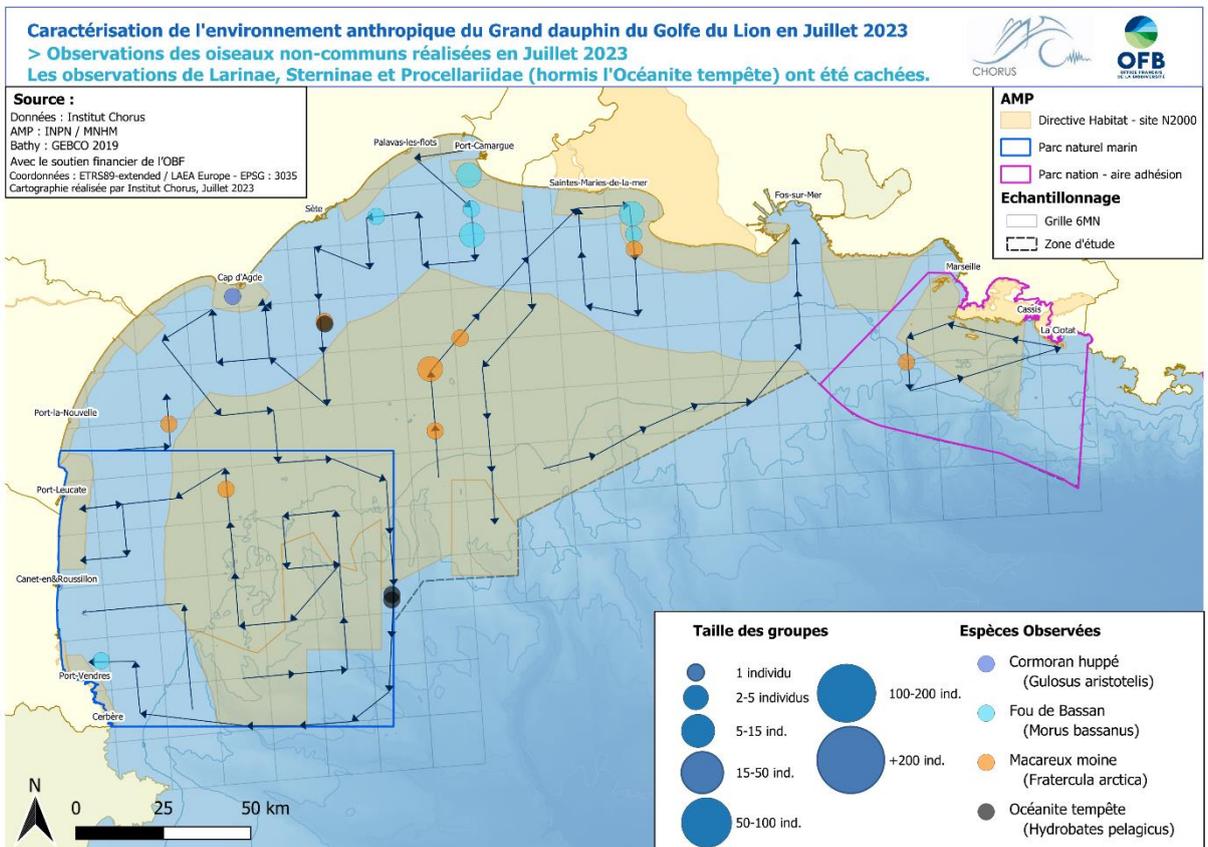


Figure 24 : Répartition des observations d'oiseaux « rares » en fonction des espèces pendant la campagne 1 de dB Lion.

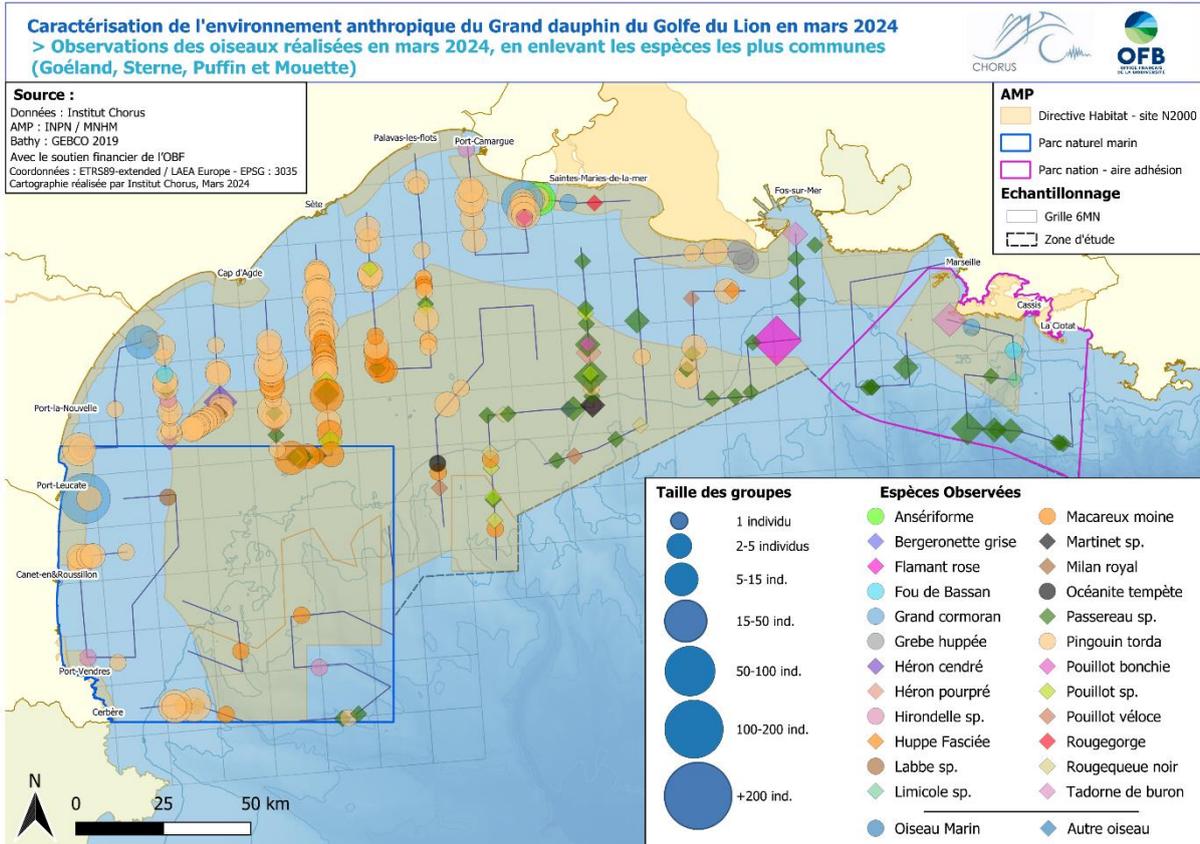
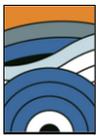


Figure 25 : Répartition des observations d'oiseaux « rares » en fonction des espèces pendant la campagne 2 de dB Lion.

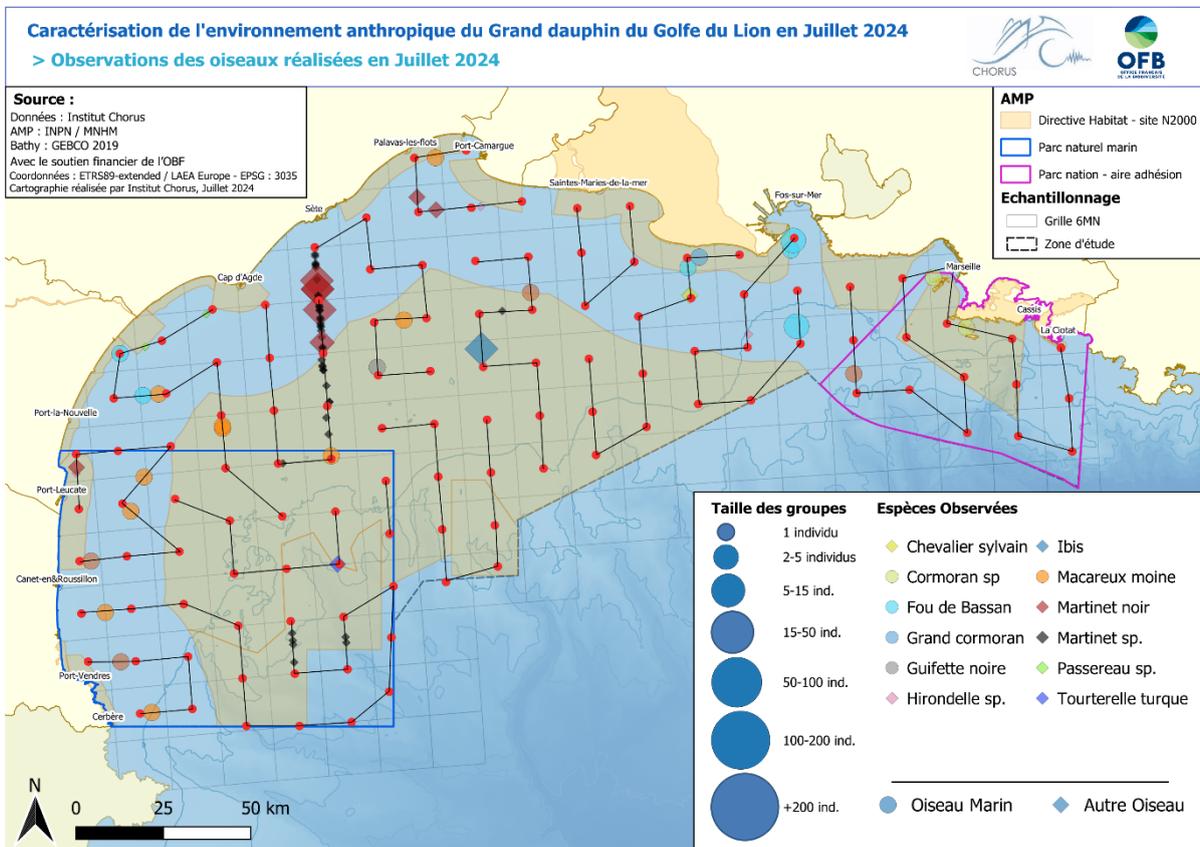


Figure 26 : Répartition des observations d'oiseaux « rares » en fonction des espèces pendant la campagne 3 de dB Lion.



7.3 Observations visuelles de poissons, de méduses et de tortues marines

Au total 500 observations de mégafaune marine autre que cétacés et oiseaux ont été réalisées sur 3 campagnes entre 2023 et 2024, majoritairement des chasses de thon, des poissons lune et des méduses. Nous présentons les données brutes dans le Tableau 13 et sur les cartes de la Figure 27, de la Figure 28 et de la Figure 29 respectivement pour les campagnes d'été 2023, printemps 2024 et été 2024.

A l'été 2024, une observation exceptionnelle de tortue luth a été faite à proximité de Marseille. Des tortues caouannes ont été observées lors de chaque campagne en milieu côtier (campagne 1 et 2) et en milieu hauturier jusqu'à 30km de la côte. Des diables de mer ont été observés en été 2023 et été 2024. Enfin au printemps, nous avons fait des observations importantes de méduses et de poissons lune au large.

Tableau 13 : Observations en effort des espèces de poissons, de méduses et de tortues marines lors des 3 premières campagnes de dB Lion.

Espèces	Campagne 1 (Été 2023)	Campagne 2 (Printemps 2024)	Campagne 3 (Été 2024)
Chasse de Thons	25	119	161
Espadon	11	1	5
Exocet	-	1	1
Poisson Lune	11	56	4
Poisson ID	8	13	41
Diable de mer	1	-	2
Requin peau bleue	2	-	-
Tortue caouanne	1	2	3
Tortue luth	-	-	1
Tortue indéterminée	-	4	-
Méduses		24	1
Vélelles	-	1	-
Salpes	-	-	1
Total	59	221	220



Caractérisation de l'environnement anthropique du Grand dauphin du golfe du Lion été 2023

> Observations des poissons et des tortues réalisées en juillet 2023



Source :

Données : Institut Chorus
AMP : INPN / MNHM
Bathy : GEBCO 2019
Avec le soutien financier de l'OFB
Coordonnées : ETRS89-extended / LAEA Europe - EPSG : 3035
Cartographie réalisée par Institut Chorus, Février 2024

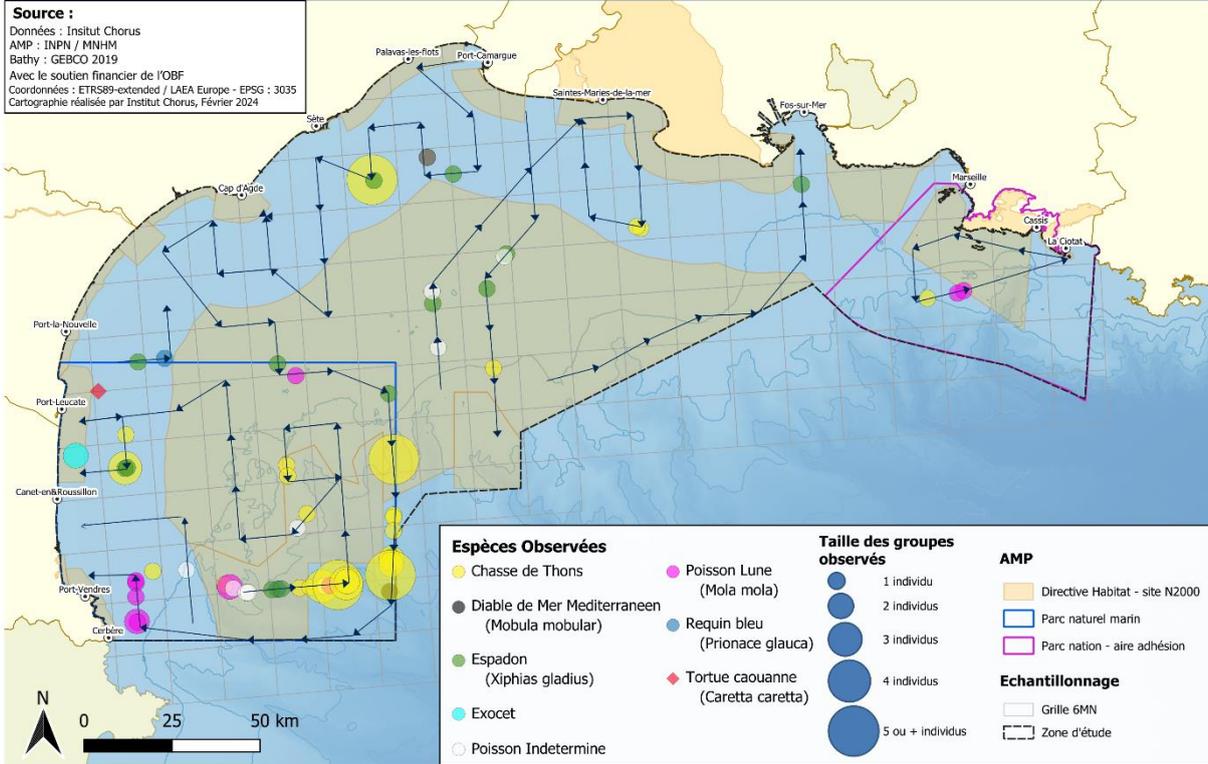


Figure 27 : Répartition des observations des espèces de poissons, méduses et tortues pendant la campagne 1.

Caractérisation de l'environnement anthropique du Grand dauphin du Golfe du Lion en mars 2024

> Observations des poissons, tortues et méduses réalisées en mars 2024



Source :

Données : Institut Chorus
AMP : INPN / MNHM
Bathy : GEBCO 2019
Avec le soutien financier de l'OFB
Coordonnées : ETRS89-extended / LAEA Europe - EPSG : 3035
Cartographie réalisée par Institut Chorus, Mars 2024

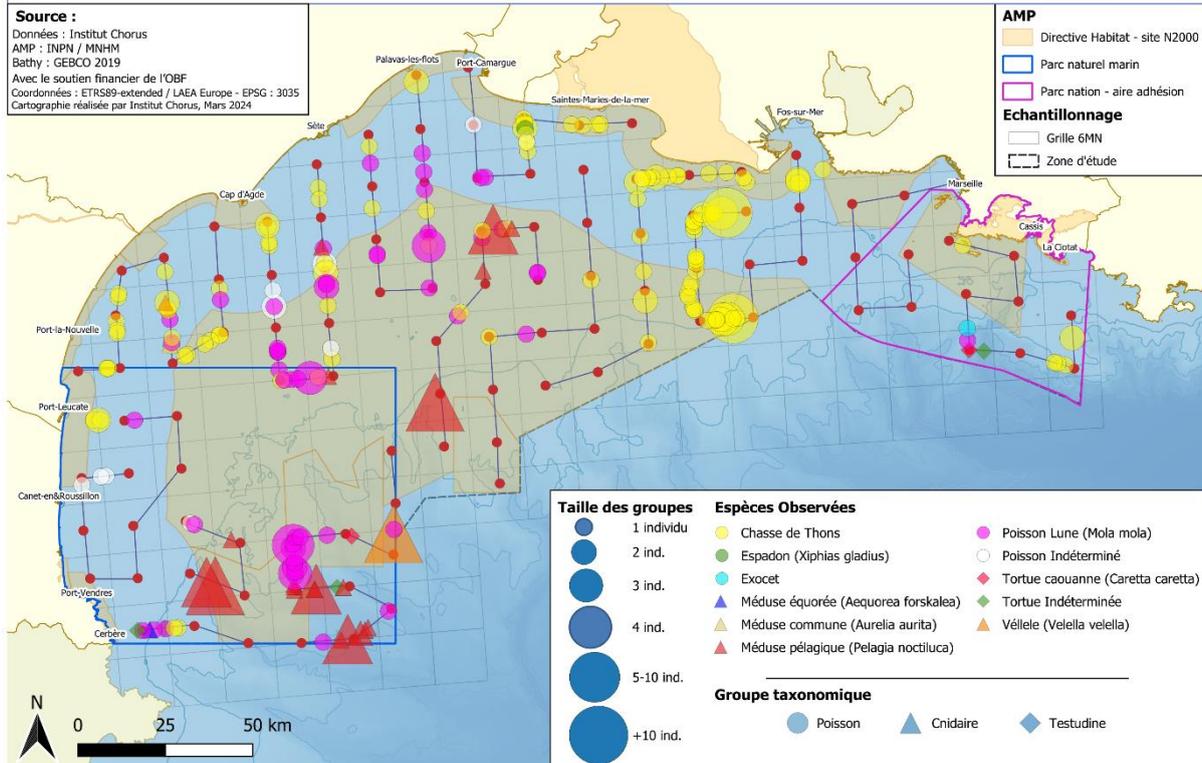


Figure 28 : Répartition des observations des espèces de poissons, méduses et tortues pendant la campagne 2.

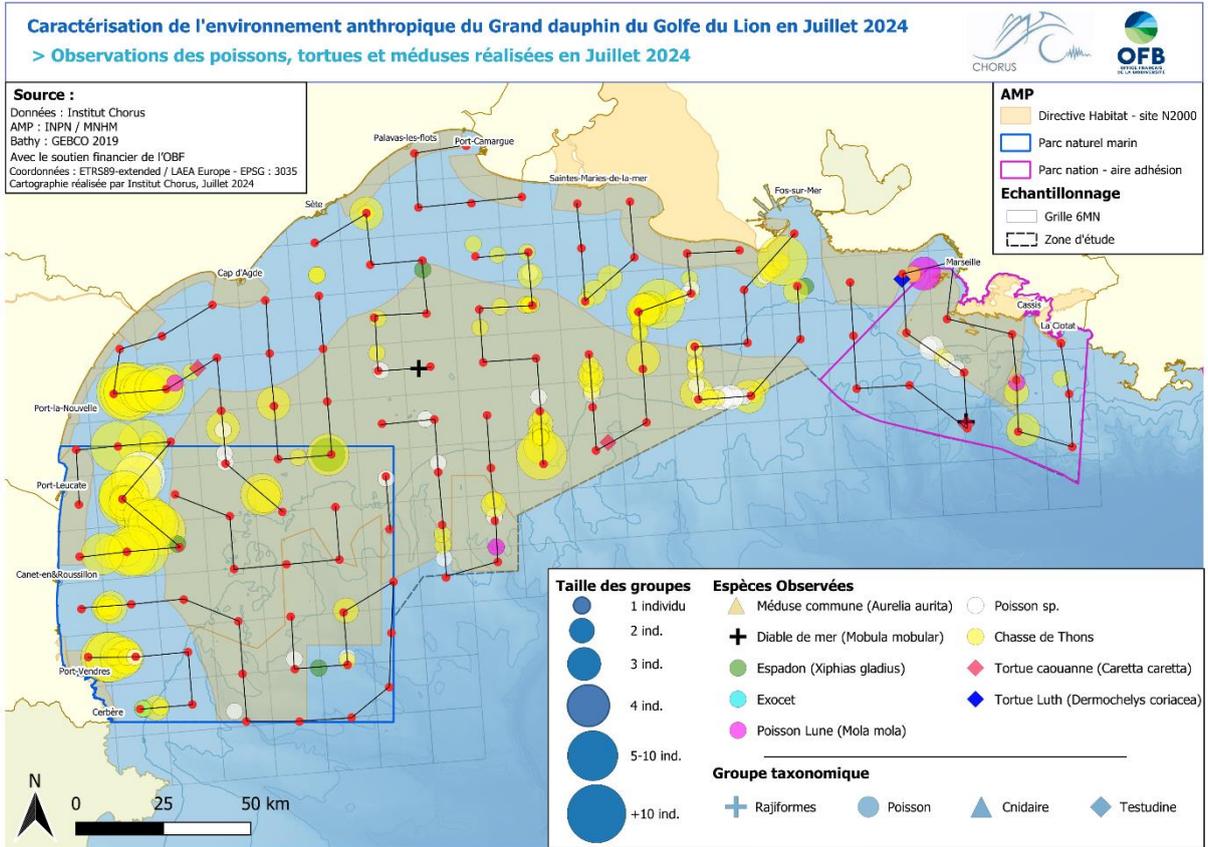


Figure 29 : Répartition des observations des espèces de poissons, méduses et tortues pendant la campagne 3.

7.4 Observations visuelles des activités anthropiques

Sur l'ensemble des 3 campagnes d'observation, 1028 bateaux ont été dénombrés en transect (Tableau 14). La plaisance représente 69% des activités recensées, la pêche récréative 3,6%, la pêche professionnelle 15% et les grands navires de commerce et ferry 9,5%. Les grands navires sont principalement observés à l'est du Golfe du Lion, en particulier à proximité de Fos-sur-Mer et de Marseille.

478 déchets en mer ont été observés lors des 3 campagnes. Les cartes présentant la répartition de ces déchets se trouve dans l'annexe 1 page 61. Nous avons recensé des déchets flottants sur tous les transects d'observation.

246 « art dormant » ont été observés sur la totalité des 3 campagnes en mer. Ceux-ci sont positionnés au printemps comme à l'été principalement en milieu côtier à moins de 5 milles nautiques de la côte et principalement entre Fos-sur-



Mer à l'est et Port Camargue à l'ouest (

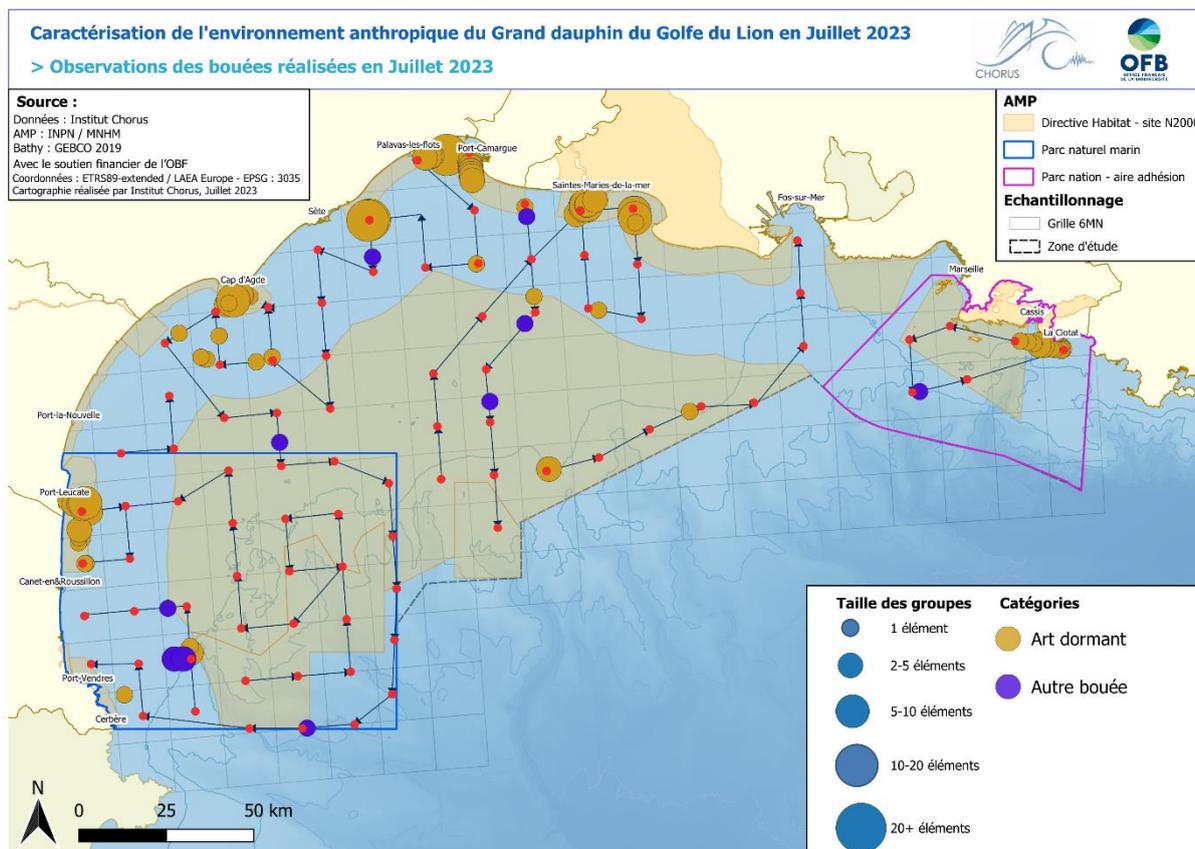


Figure 36, Figure 37, Figure 38).

Tableau 14 : Observations en effort des activités anthropiques lors des 3 premières campagnes de dB Lion.

Type d'observation	Campagne 1 (Eté 2023)	Campagne 2 (Printemps 2024)	Campagne 3 (Eté 2024)
Déchet bois		151	4
Déchet plastique	47	111	127
Etendu de déchets		2	0
Déchet non identifié	15	16	5
Total déchets	62	280	136
Art dormant	86	77	83
Autre bouées	10	13	9
Pêche professionnelle (hors chalutier)	6	17	11
Pêche professionnelle chalutier	30	41	46
Pêche récréative	4	8	25
Total activité de pêche	136	156	174
Plaisance moteur	128	41	190
Plaisance voile	137	35	158
Yacht	0	1	7
Jet-ski	11	0	3
Total plaisance	276	77	358
Cargo	9	1	14
Ferry	20	0	6
Travaux en mer	0	6	0
Bateau d'état	1	0	3



Bateau de plongée	3	0	3
Bateau de promenade	4	0	3
Bateau militaire	0	1	2
Grand navire	7	29	12
Bateau indéterminé	0	3	2
Total Navires	360	183	485

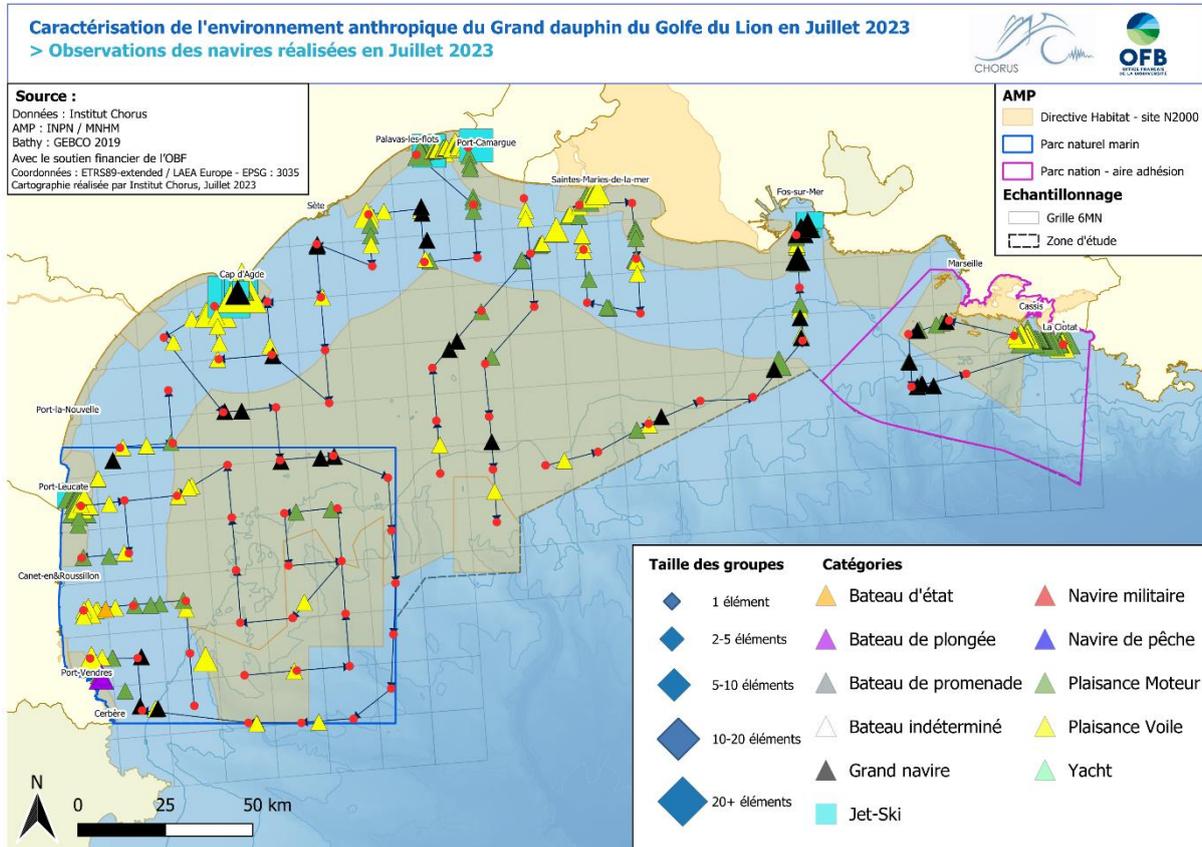


Figure 30 : Répartition des observations de navires hors pêche pendant la campagne 1.



Caractérisation de l'environnement anthropique du Grand dauphin du Golfe du Lion en Mars 2024

> Observations des activités anthropiques hormis la pêche réalisées en Mars 2024

**Source :**

Données : Institut Chorus
AMP : INPN / MNHM
Bathy : GEBCO 2019
Avec le soutien financier de l'OFB
Coordonnées : ETRS89-extended / LAEA Europe - EPSG : 3035
Cartographie réalisée par Institut Chorus, Juillet 2023

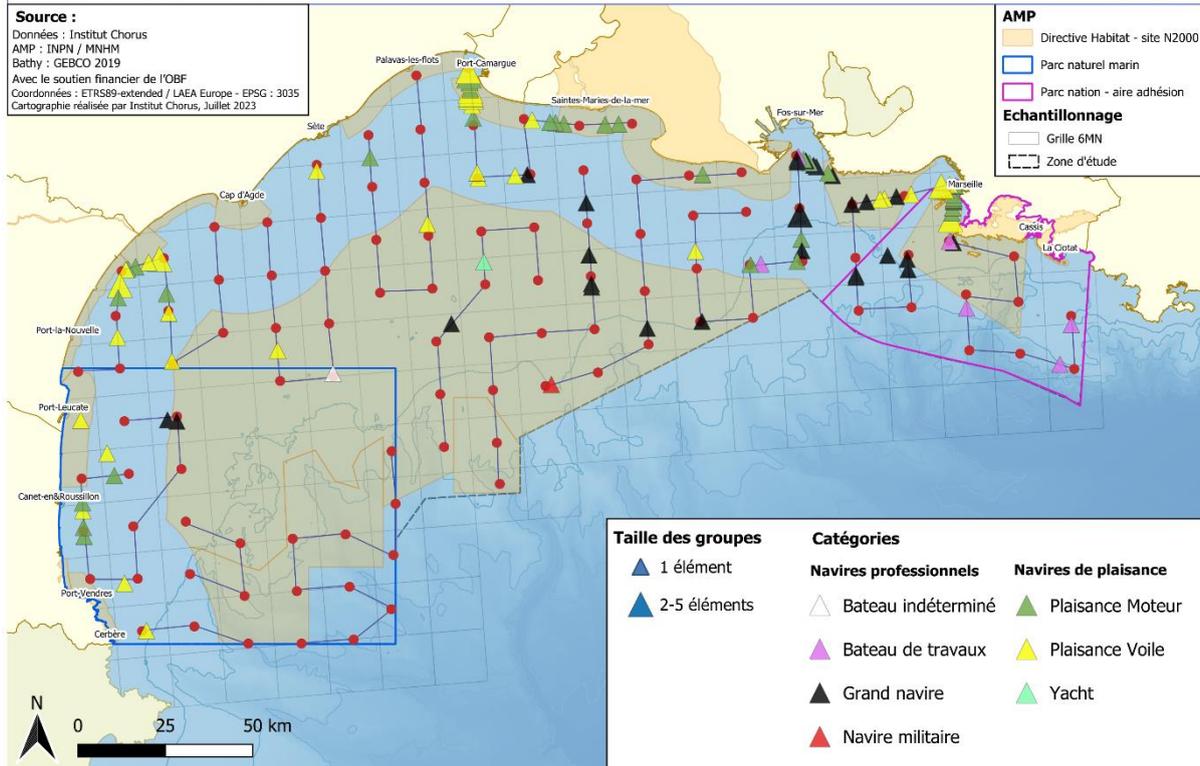


Figure 31 : Répartition des observations de navires hors pêche pendant la campagne 2.

Caractérisation de l'environnement anthropique du Grand dauphin du Golfe du Lion en Mars 2024

> Observations des activités anthropiques hormis la pêche réalisées en Mars 2024

**Source :**

Données : Institut Chorus
AMP : INPN / MNHM
Bathy : GEBCO 2019
Avec le soutien financier de l'OFB
Coordonnées : ETRS89-extended / LAEA Europe - EPSG : 3035
Cartographie réalisée par Institut Chorus, Juillet 2023

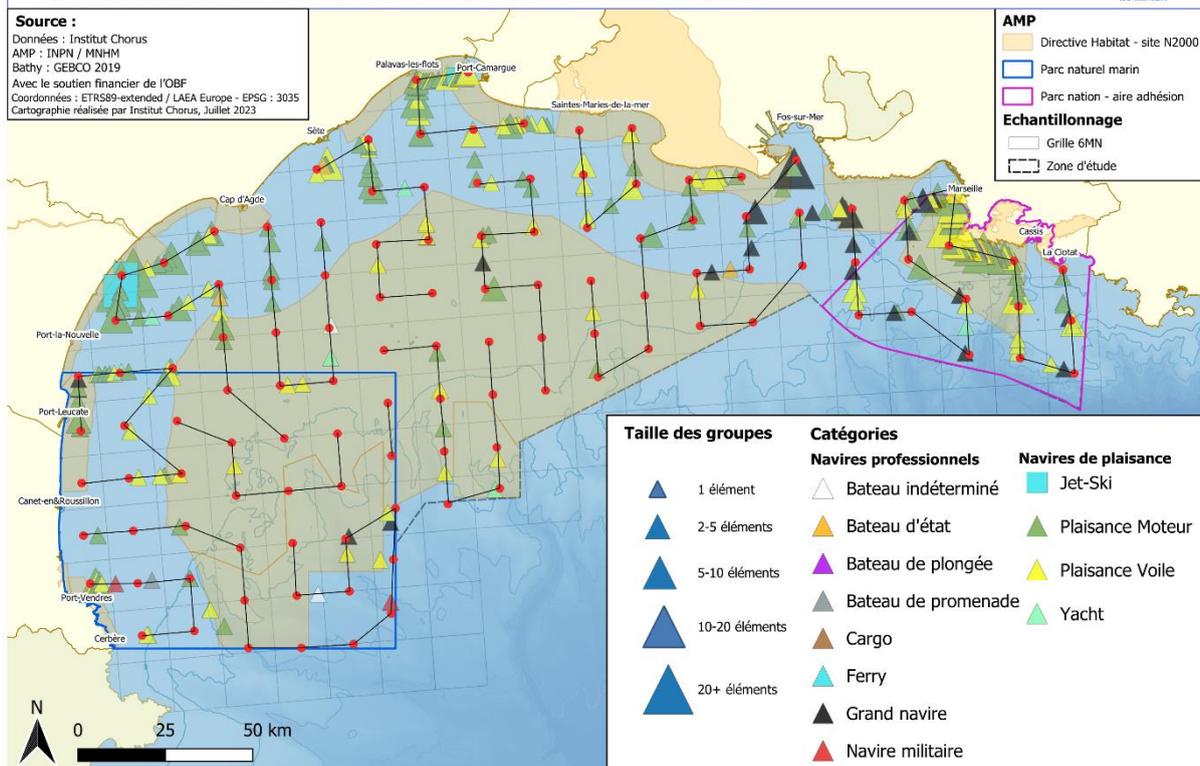


Figure 32 : Répartition des observations de navires hors navires de pêche pendant la campagne 3.

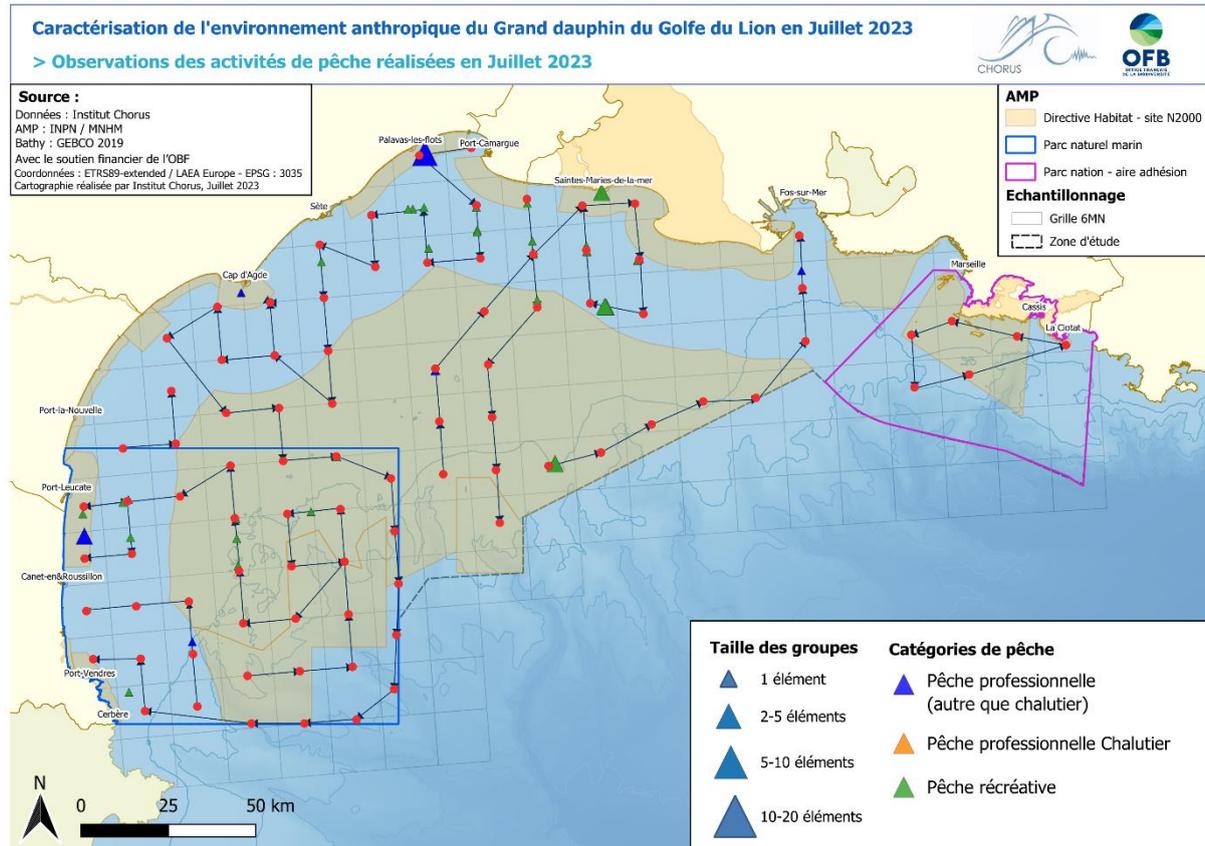


Figure 33 : Répartition des observations de navires de pêche pendant la campagne 1.

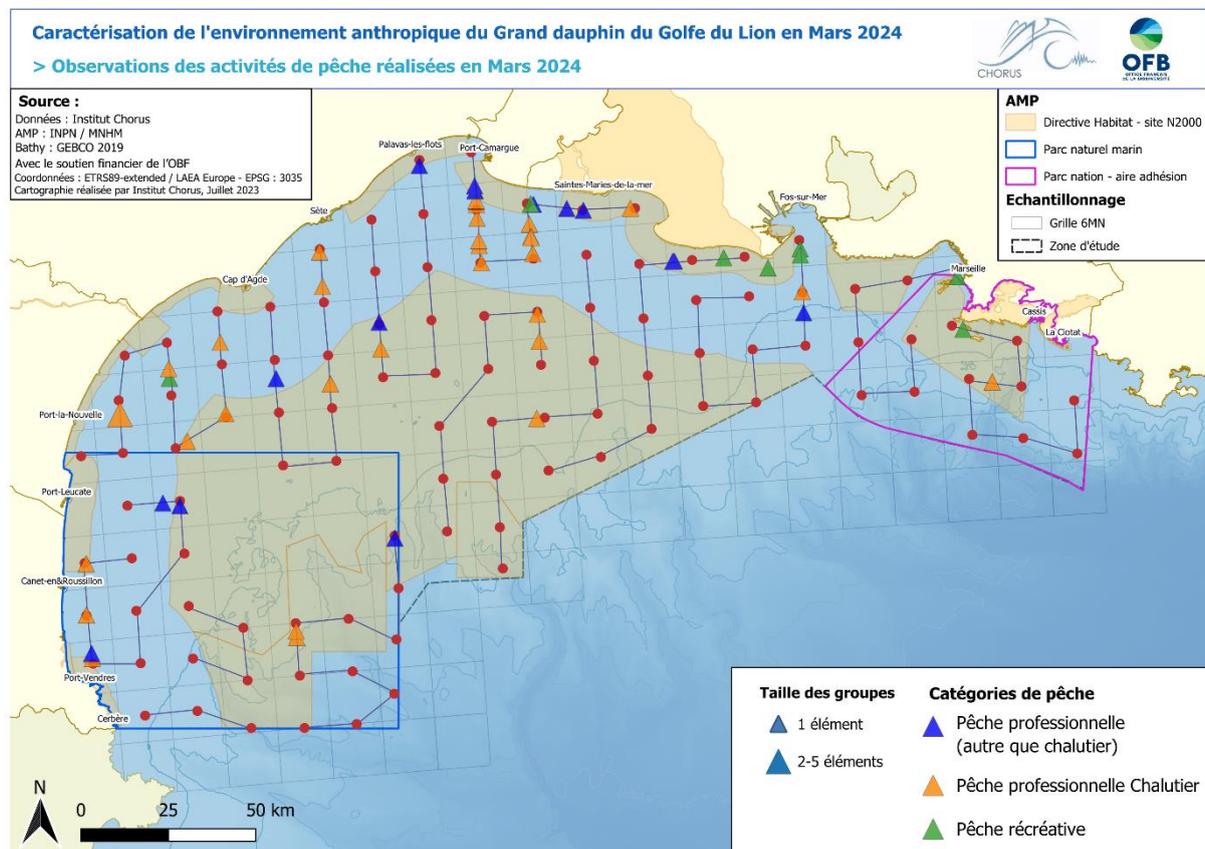


Figure 34 : Répartition des observations de navires de pêche pendant la campagne 2.

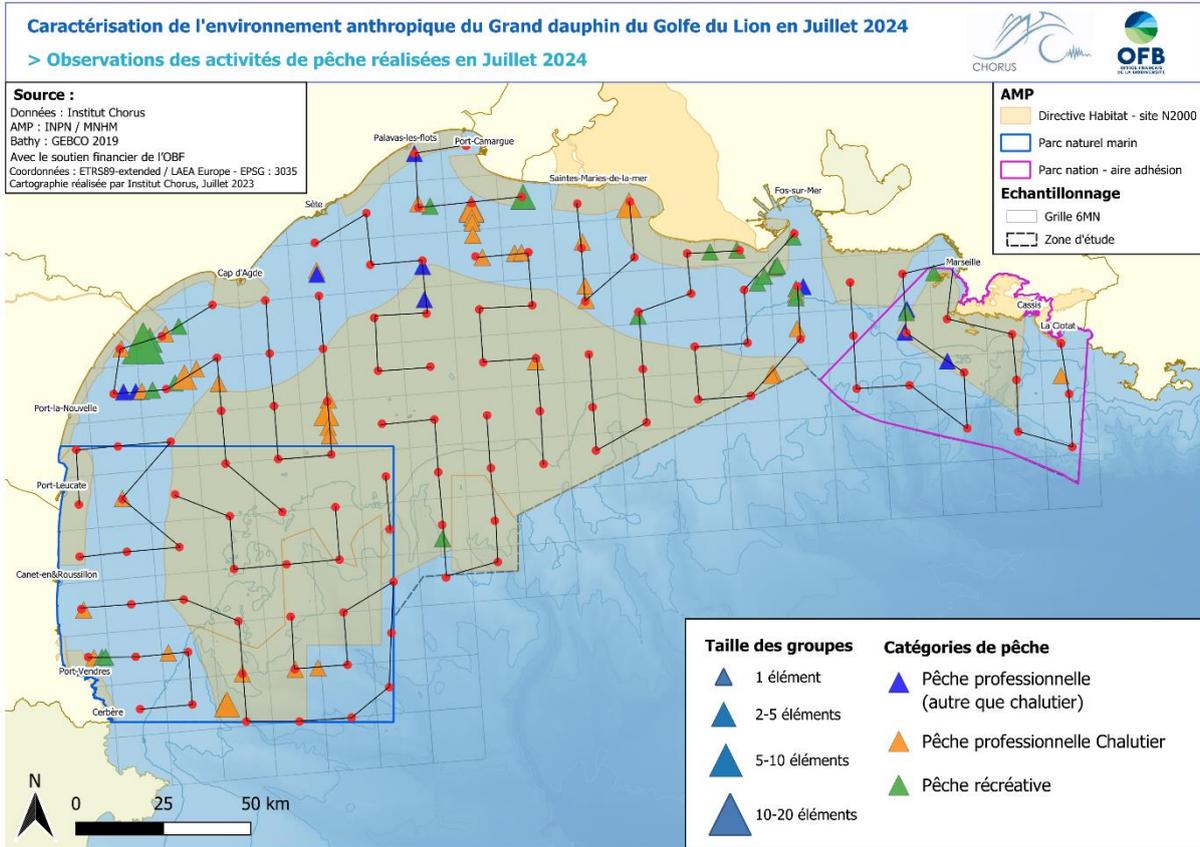


Figure 35 : Répartition des observations de navires de pêche pendant la campagne 3.

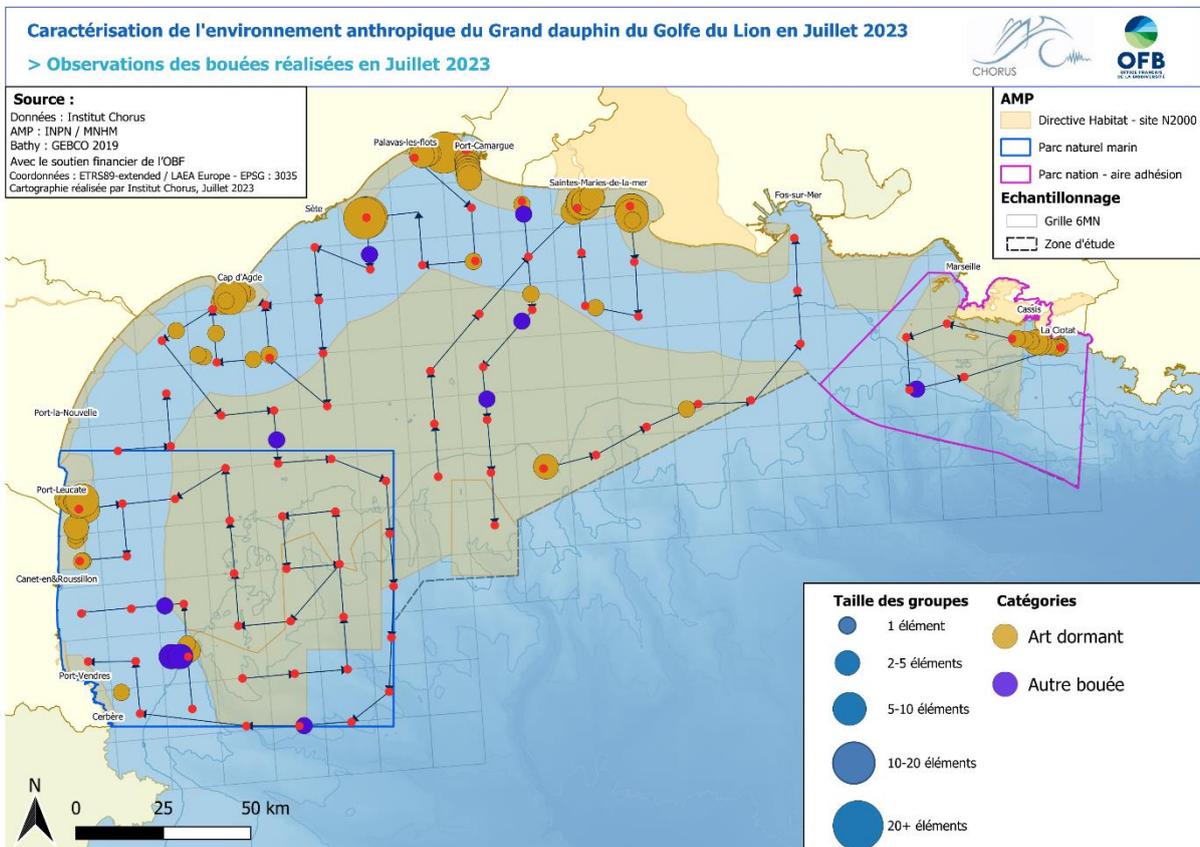


Figure 36 : Répartition des observations des bouées et arts dormants pendant la campagne 1.

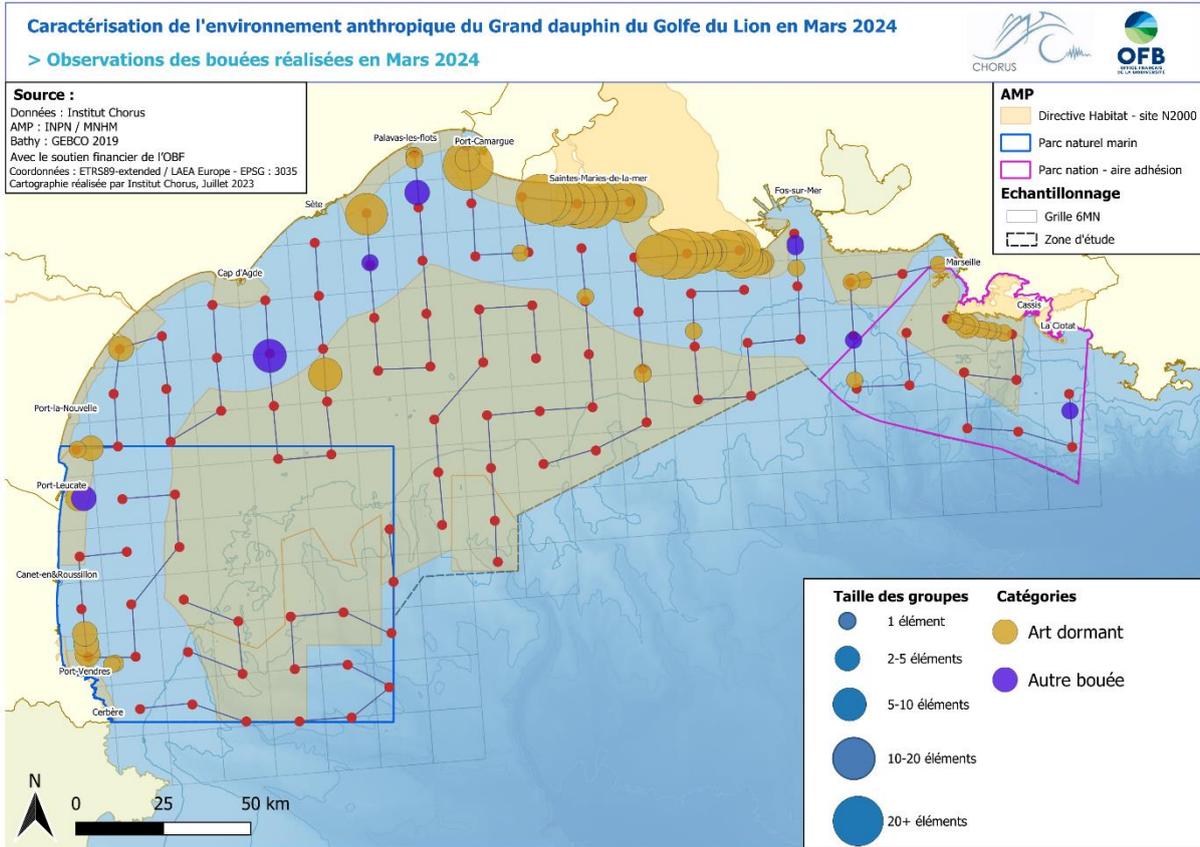


Figure 37 : Répartition des observations des bouées et arts dormants pendant la campagne 2.

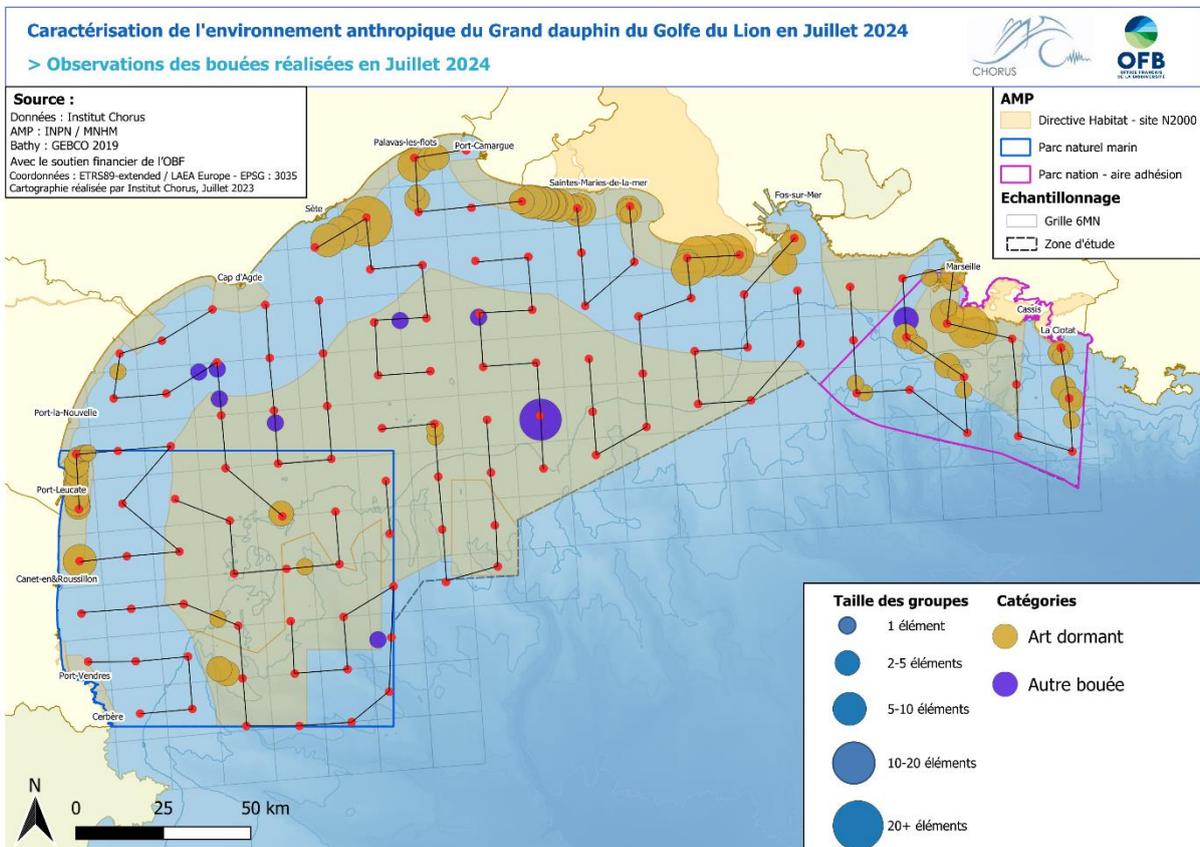


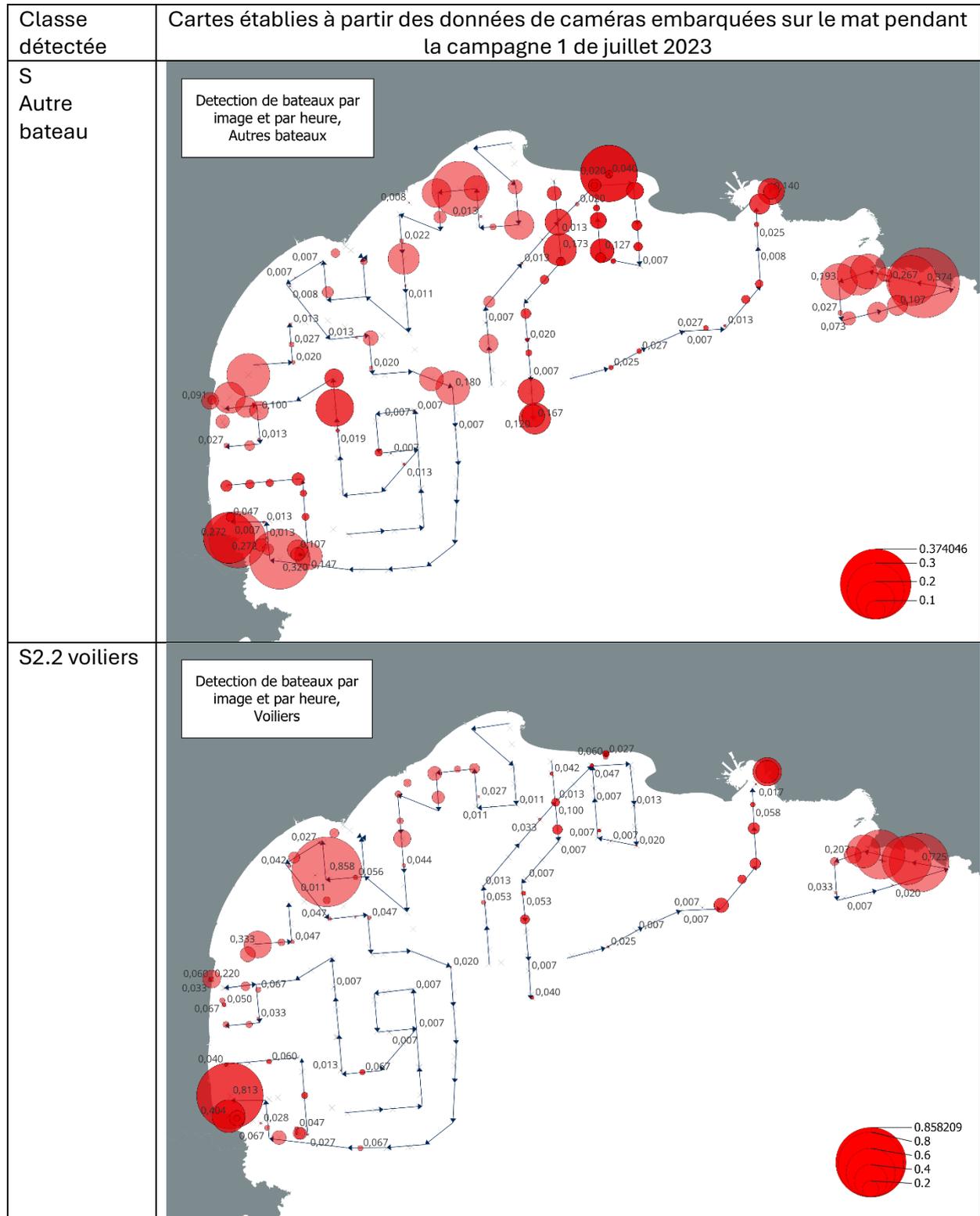
Figure 38 : Répartition des observations des bouées et arts dormants pendant la campagne 3.



7.5 Apport des caméras embarquée dans les traitements des activités anthropiques

Le traitement automatique présenté dans la partie 6.4 page 29 permet :

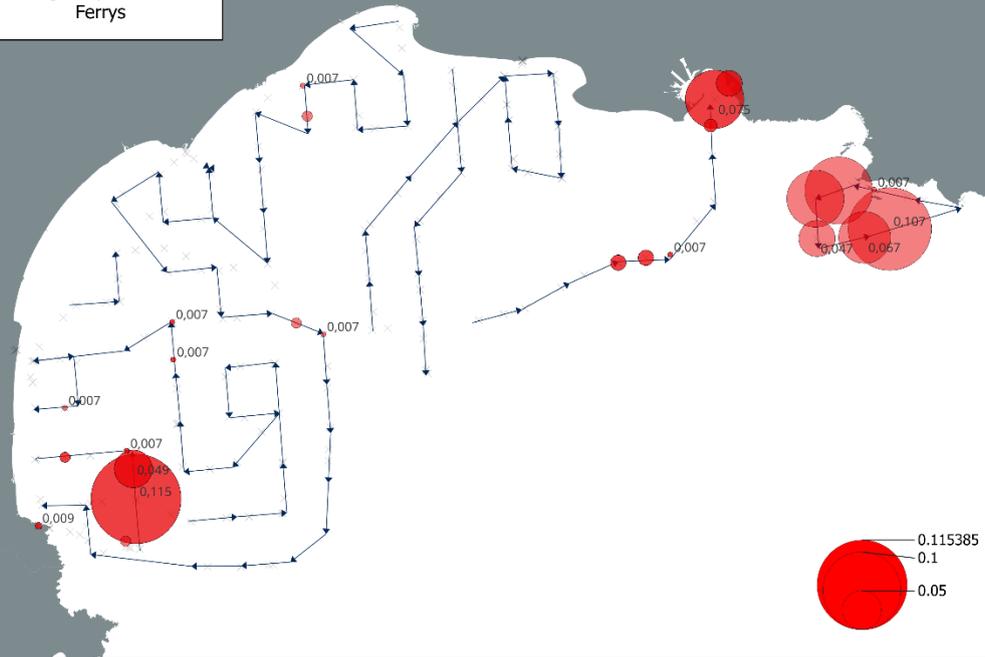
- De produire des cartes automatiquement sans annotation manuelle ni traitement fastidieux
- D'ajouter dans le traitement automatique des données le calcul de la distance au navire support et donc de repositionner l'observation d'activités anthropiques.





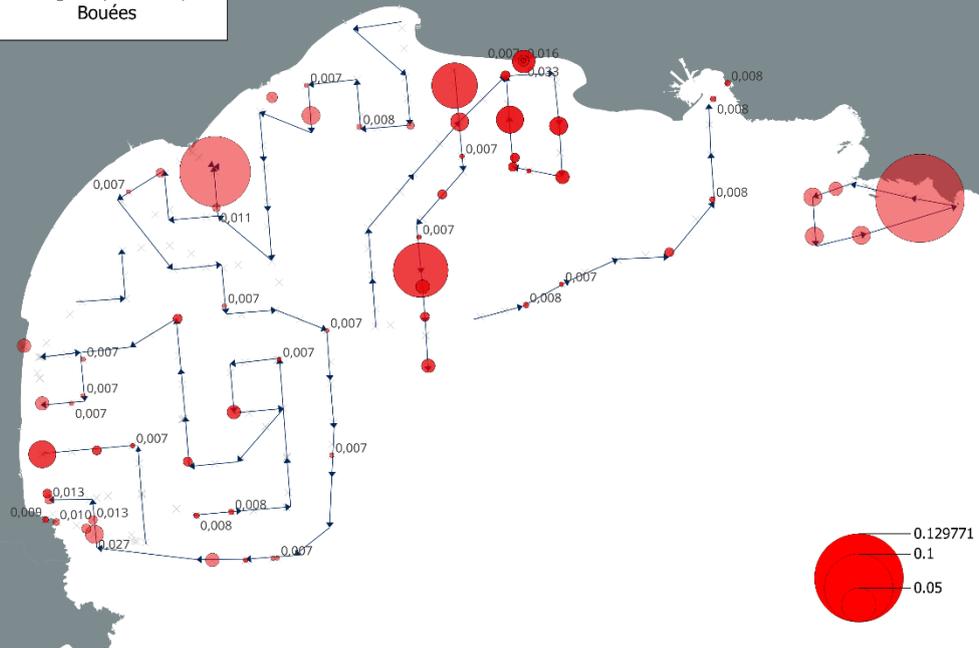
S3 .2.5 Ferry

Detection de bateaux par
image et par heure,
Ferry



S5 Bouées

Detection de bateaux par
image et par heure,
Bouées





7.6 Présence acoustique de cétacés et comparaison avec les observations visuelles en été 2023

La Figure 39 présente les détections acoustiques des clics, de sifflements et de burst-call de delphinidés pour la campagne de l'été 2023 :

- Des signaux de delphinidés ont été détectés sur 60 stations d'écoute sur 86 étudiées soit 70% des sites
- Les clics de delphinidés ont été détectés dans 26 stations d'écoute sur 86 stations étudiées soit 30 % des sites,
- Les sifflements de delphinidés ont été détectés dans 30 stations sur 86 stations étudiées soit 35 % des sites,
- Les burst-call de delphinidés ont été détectés dans 49 stations sur 86 stations étudiées soit 57% des sites
- Quelques détections ont eu lieu à proximité des côtes mais la majorité des détections ont eu lieu à distance des côtes pour des stations proches du talus continental et des têtes de canyon.

La Figure 40 superpose les détections acoustiques avec les détections visuelles :

- Au total 62 stations ont observé des dauphins par acoustique ou par observation visuelle
- 18 observations visuelles ont été réalisées durant la campagne soit 29 % des détections,
- 2 observations visuelles ont été faites en absence de détection acoustique soit 3% des détections,
- 60 détections acoustiques ont été faites soit 96 % des détections,
- 44 détections acoustiques ont été faites en absence de détection visuelle soit 71% des détections,
- Sachant que l'effort dédié à l'acoustique passive est 6 fois moins important (10 minutes par heure) que l'effort dédié à la détection visuelle (60 minutes par heure), le pouvoir de détection par acoustique est 15 fois supérieur à celui des observations visuelles sur la campagne de l'été 2023 (0,71/(0,29/6)).



Caractérisation de l'environnement anthropique du Grand dauphin du golfe du Lion été 2023

> Présence et absence acoustique de Dauphins

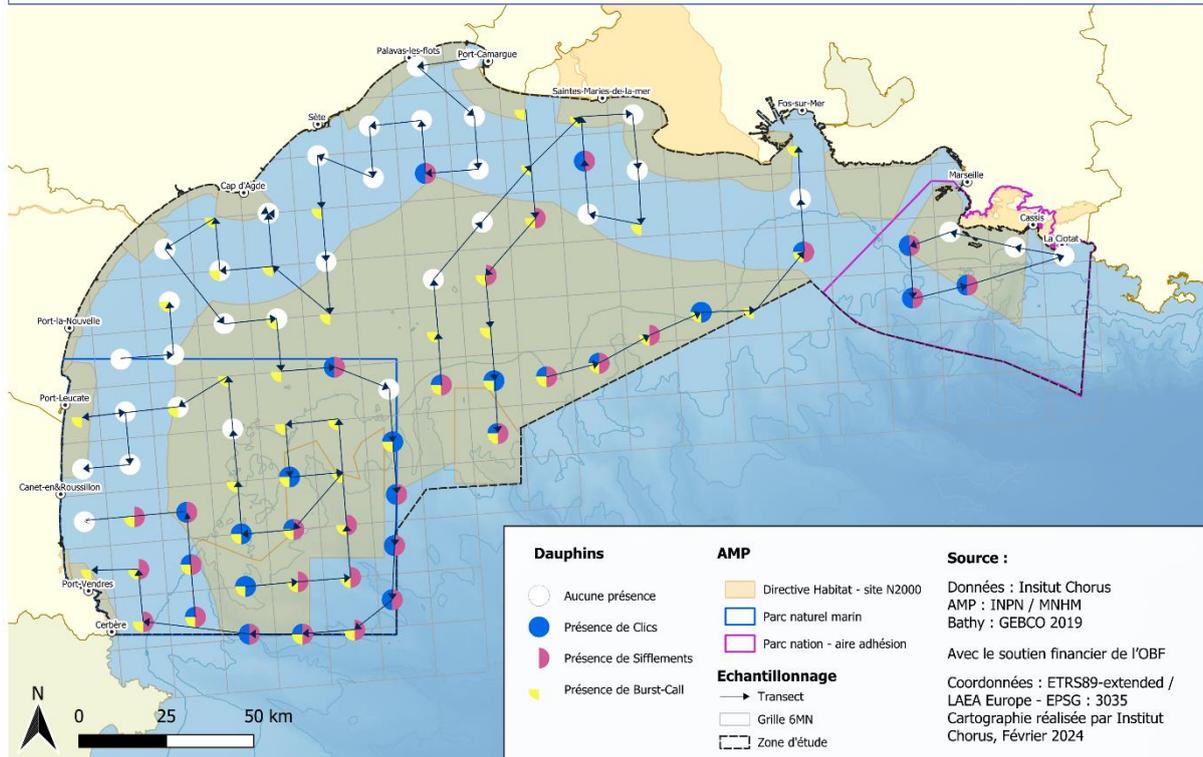


Figure 39 : Répartition des présences acoustiques de cétacés pendant la campagne 1 de dB Lion.

Caractérisation de l'environnement anthropique du Grand dauphin du golfe du Lion été 2023

> Présence et absence de Dauphins méthode acoustique et visuelle

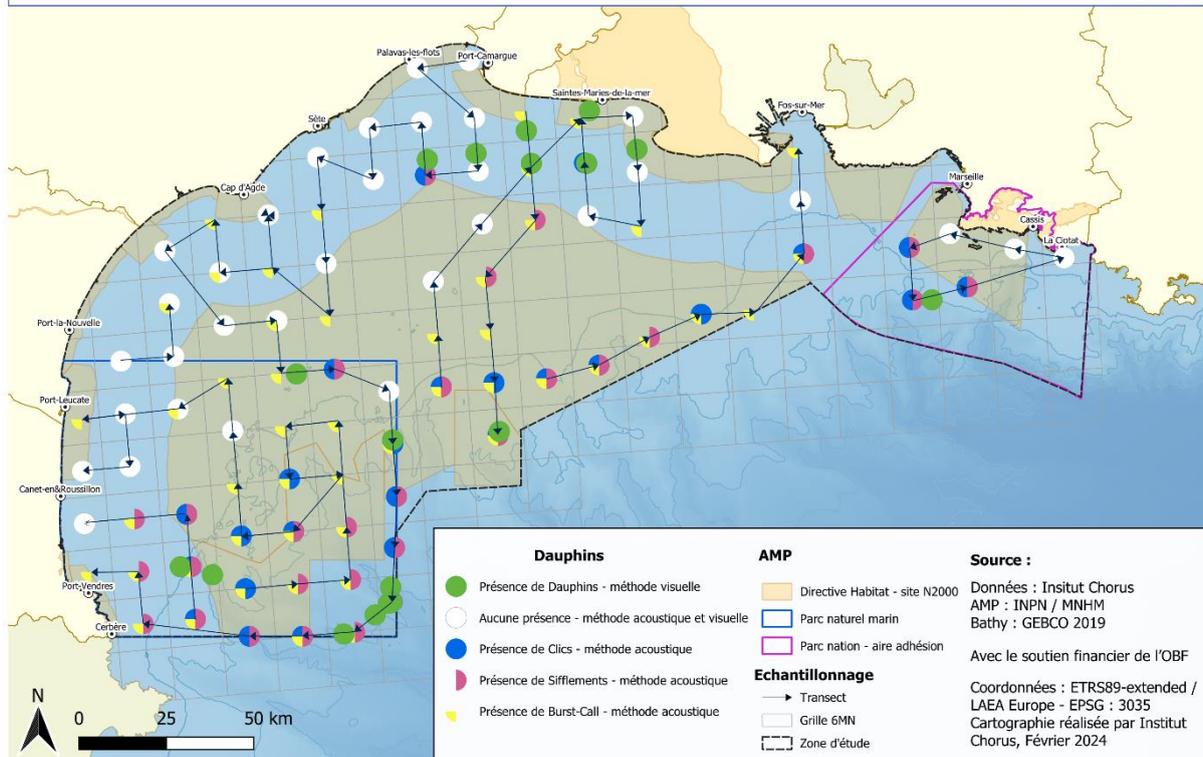


Figure 40 : Répartition des présences acoustiques de cétacés superposées aux observations visuelles pendant la campagne 1 de dB Lion.



7.7 Présence acoustique de cétacés et comparaison avec les observations visuelles au printemps 2024

La Figure 41 présente les détections acoustiques des clics, de sifflements et de burst-call de delphinidés pour la campagne du printemps 2024 :

- Des signaux de delphinidés ont été détectés sur 34 stations d'écoute sur 110 étudiées soit 31% des sites
- Les clics de delphinidés ont été détectés dans 18 stations d'écoute sur 110 stations étudiées soit 16 % des sites,
- Les sifflements de delphinidés ont été détectés dans 25 stations sur 110 stations étudiées soit 23 % des sites,
- Les burst-call de delphinidés ont été détectés dans 10 stations sur 110 stations étudiées soit 9% des sites
- Nous avons le même constat qu'à l'été 2023 : Quelques détections ont eu lieu à proximité des côtes mais la majorité des détections ont eu lieu à distance des côtes pour des stations proches du talus continental et des têtes de canyon.

La Figure 42 superpose les détections acoustiques avec les détections visuelles :

- Au total 37 stations ont observé des dauphins par acoustique ou par observation visuelle
- 11 observations visuelles ont été réalisées durant la campagne soit 30 % des détections,
- 3 observations visuelles ont été faites en absence de détection acoustique soit 8% des détections,
- 34 détections acoustiques ont été faites soit 92 % des détections,
- 26 détections acoustiques ont été faites en absence de détection visuelle soit 70% des détections,
- Sachant que l'effort dédié à l'acoustique passive est 6 fois moins important (10 minutes par heure) que l'effort dédié à la détection visuelle (60 minutes par heure), le pouvoir de détection par acoustique est 14 fois supérieur à celui des observations visuelles sur la campagne de printemps 2024 ($0,7/(0,3/6)$),



Caractérisation de l'environnement anthropique du Grand dauphin du golfe du Lion Mars 2024

> Présence et absence acoustique de Dauphins

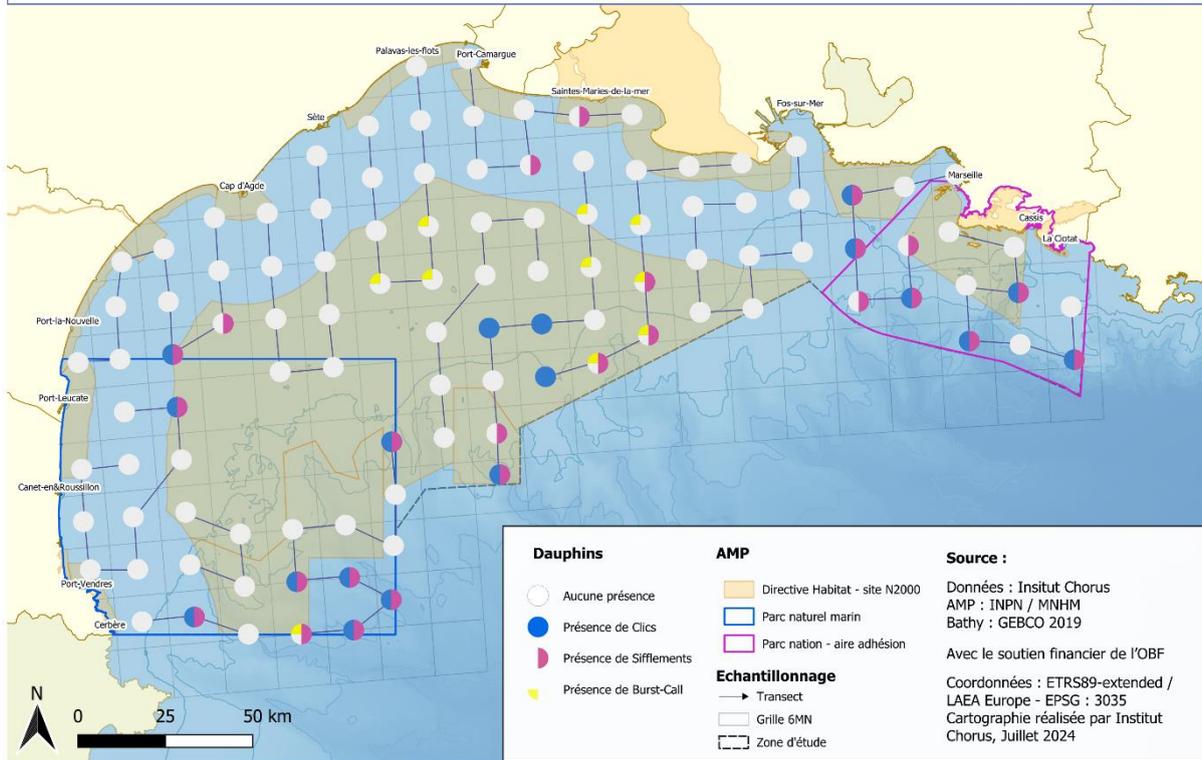


Figure 41 : Répartition des présences acoustiques de cétacés pendant la campagne 2 de dB Lion.

Caractérisation de l'environnement anthropique du Grand dauphin du golfe du Lion été 2024

> Présence et absence de Dauphins méthode acoustique et visuelle

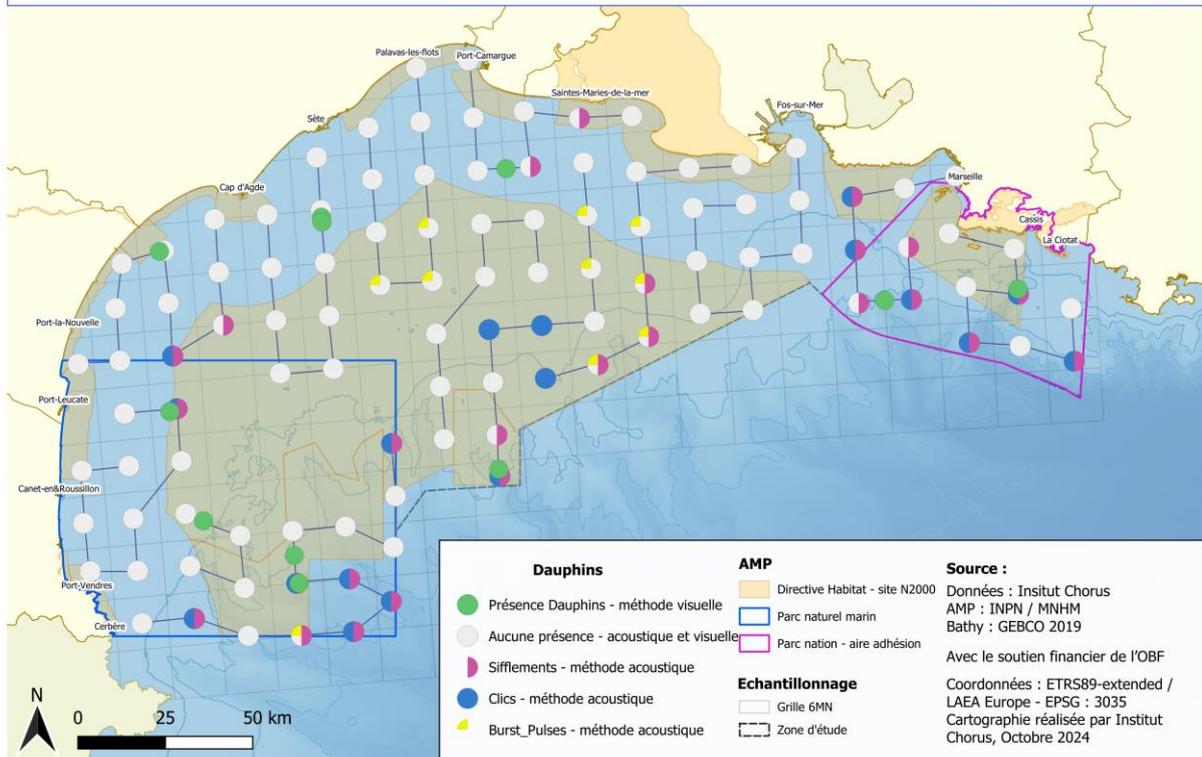


Figure 42 : Répartition des présences acoustiques de cétacés superposées aux observations visuelles pendant la campagne 2 de dB Lion.



7.8 Présence acoustique de cétacés et comparaison avec les observations visuelles en été 2024

La Figure 43 présente les détections acoustiques des clics, de sifflements et de burst-call de delphinidés pour la campagne de l'été 2024 :

- Des signaux de delphinidés ont été détectés sur 65 stations d'écoute sur 121 étudiées soit 54% des sites
- Les clics de delphinidés ont été détectés dans 31 stations d'écoute sur 121 stations étudiées soit 26 % des sites,
- Les sifflements de delphinidés ont été détectés dans 40 stations sur 121 stations étudiées soit 33 % des sites,
- Les burst-call de delphinidés ont été détectés dans 41 stations sur 121 stations étudiées soit 34% des sites
- Nous avons le même constat qu'aux 2 sessions précédentes : Quelques détections ont eu lieu à proximité des côtes mais la majorité des détections ont eu lieu à distance des côtes pour des stations proches du talus continental et des têtes de canyon.

La Figure 44 superpose les détections acoustiques avec les détections visuelles :

- Au total 70 stations ont observé des dauphins par acoustique ou par observation visuelle
- 27 observations visuelles ont été réalisées durant la campagne soit 39 % des détections,
- 4 observations visuelles ont été faites en absence de détection acoustique soit 6% des détections,
- 65 détections acoustiques ont été faites soit 93 % des détections,
- 42 détections acoustiques ont été faites en absence de détection visuelle soit 60% des détections,
- Sachant que l'effort dédié à l'acoustique passive est 6 fois moins important (10 minutes par heure) que l'effort dédié à la détection visuelle (60 minutes par heure), le pouvoir de détection par acoustique est 9 fois supérieur à celui des observations visuelles pour la campagne d'été 2024 ($0,6/(0.39/6)$),



Caractérisation de l'environnement anthropique du Grand dauphin du golfe du Lion Juillet 2024
> Présence et absence acoustique de Dauphins

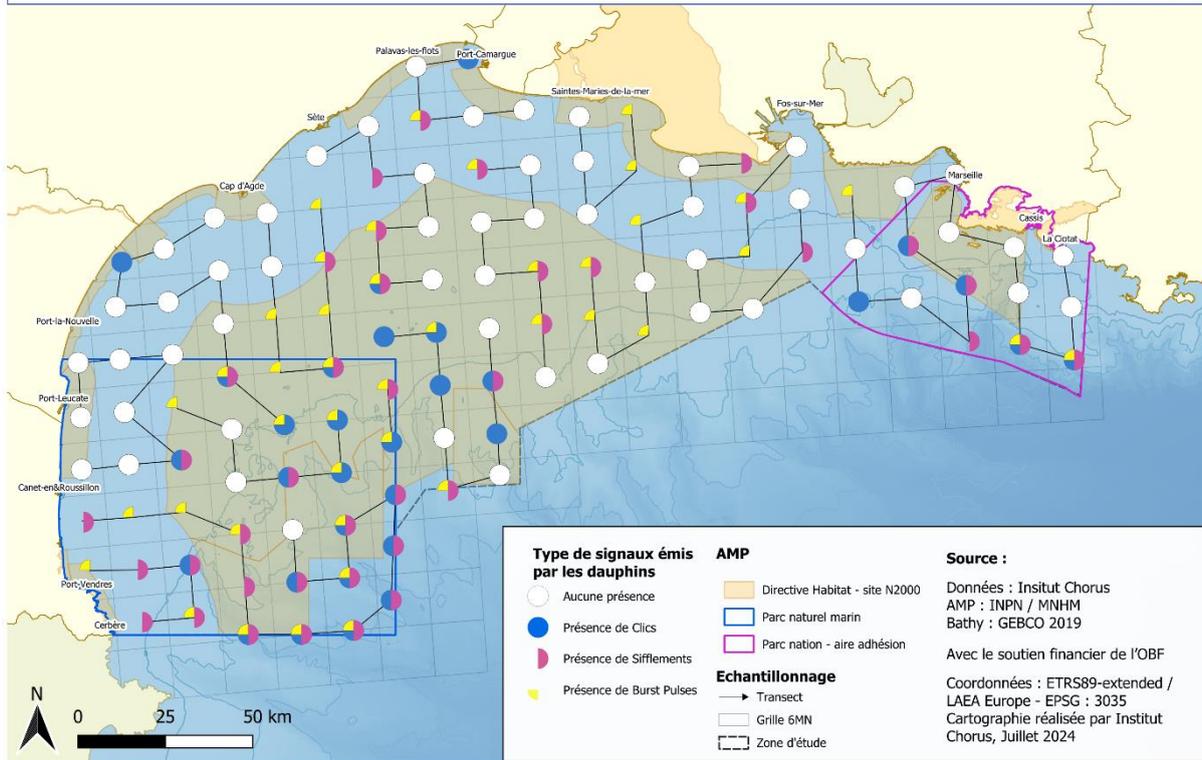


Figure 43 : Répartition des présences acoustiques de cétacés pendant la campagne 3 de dB Lion.

Caractérisation de l'environnement anthropique du Grand dauphin du golfe du Lion en Juillet 2024
> Présence des Delphinidés: comparaison entre les observations visuelles et les détections acoustiques

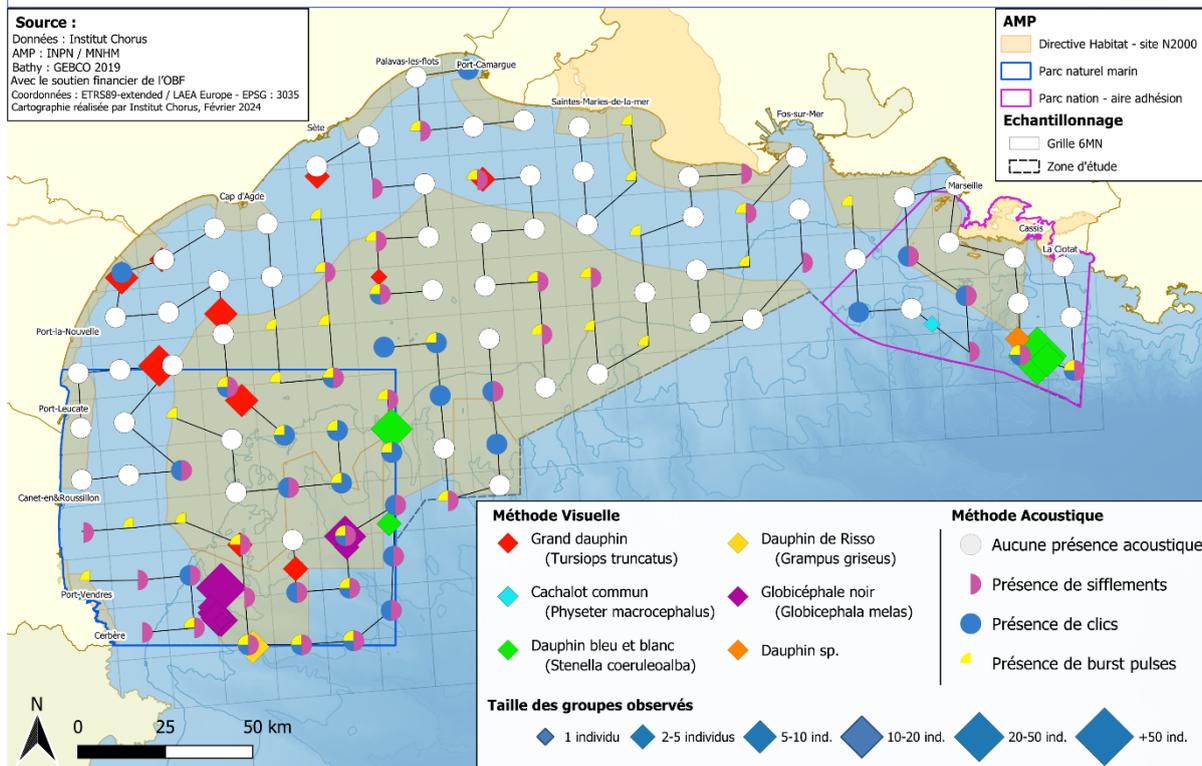


Figure 44 : Répartition des présences acoustiques de cétacés superposées aux observations visuelles pendant la campagne 3 de dB Lion.



7.9 Conclusions

Au 30/05/2025, 4 campagnes sur les 5 prévues dans le cadre du projet dB Lion ont déjà été réalisées en plus de la campagne de septembre 2021.

316 points de mesure acoustiques ont été réalisés et 290 transects d'observations ont été réalisés. Parmi ces 316 points de mesures acoustiques, des signaux de delphinidés ont été détectés sur 159 positions, soit 50% des positions. Sur ces 290 transects d'observation des cétacés, oiseaux, poissons, méduses et tortues marines ont été détectés sur 5043 observations. Sur ces transects, 1028 bateaux, 246 arts dormants et 478 déchets ont été détectés.

Le pouvoir de détection par acoustique est entre 9 et 15 fois supérieur à celui des observations visuelles sur les 3 premières campagnes de dB Lion. Les observations visuelles et acoustiques restent complémentaires notamment car les observations visuelles permettent d'identifier les espèces, les comportements, la taille, la structure et la composition des groupes, et sont indépendantes du bruit ambiant donc elles permettent une analyse des données sur les effets du bruit sur la présence des cétacés sans le biais du bruit qui réduit le rayon de détection.



8 Références bibliographiques

Au, W. W. (1993). *The sonar of dolphins*. Springer Science & Business Media.

Aulanier F., Y. Simard, N. Roy, C. Gervaise, and M. Bandet (2017). Effects of shipping on marine acoustic habitats in Canadian Arctic estimated via probabilistic modeling and mapping, *Marine Pollution Bulletin*, 125(12), 115-131, 2017

Bazúa-Durán, C. (2004). Differences in the whistle characteristics and repertoire of Bottlenose and Spinner Dolphins. *Anais Da Academia Brasileira de Ciencias*, 76(2), 386–392. <https://doi.org/10.1590/S0001-37652004000200030>

Brill, R. L., Moore, P. W. B., & Dankiewicz, L. A. (2001). Assessment of dolphin (*Tursiops truncatus*) auditory sensitivity and hearing loss using jawphones. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 109(4), 1717–1722.

Bruintjes R, Radford AN (2013). Context-dependent impacts of anthropogenic noise on individual and social behaviour in a cooperatively breeding fish. *Anim Behav* 85:1343–1349

Celi M, Filiciotto F, Maricchiolo G, Genovese L, Quinci EM, Maccarrone V, Mazzola S, Vazzana M, Buscaino G (2016). Vessel noise pollution as a human threat to fish: assessment of the stress response in gilthead sea bream (*Sparus aurata*, Linnaeus 1758). *Fish Physiol Biochem* 42:631–641.

Day, R. D., McCauley, R. D., Fitzgibbon, Q. P., Hartmann, K., & Semmens, J. M. (2017). Exposure to seismic air gun signals causes physiological harm and alters behavior in the scallop *Pecten fumatus*. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 114(40), E8537-E8546.

Erbe, C., Reichmuth, C., Cunningham, K., Lucke, K., & Dooling, R. (2016). Communication masking in marine mammals: A review and research strategy. *Marine Pollution Bulletin*, 103(1–2), 15–38.

Ferrari MCO, McCormick MI, Meekan MG, Simpson SD, Nedelec SL, Chivers DP (2018). School is out on noisy reefs: the effect of boat noise on predator learning and survival of juvenile coral reef fishes. *Proc R Soc B* 285:20180033.

Frantzis, A. (2004). The first mass stranding that was associated with the use of active sonar (Kyparissiakos Gulf, Greece, 1996). *ECS Newsletter*, 42(Special Issue), 14-20.

Graham AL, Cooke SJ (2008) The effects of noise disturbance from various recreational boating activities common to inland waters on the cardiac physiology of a freshwater fish, the largemouth bass (*Micropterus salmoides*). *Aquat Conserv Mar Freshw Ecosyst* 18:1315–1324.

Herbert-Read JE, Kremer L, Bruintjes R, Radford AN, Ioannou CC (2017) Anthropogenic noise pollution from pile-driving disrupts the structure and dynamics of fish shoals.

Janik, V. M. (1999). Source levels and the active space of bottlenose dolphin (*Tursiops truncatus*) whistles. *Thirteenth Annual Conference of the European Cetacean Society*, 13, 33

Janik, V. M., Sayigh, L. S., & Wells, R. S. (2006). Signature whistle shape conveys identity information to bottlenose dolphins. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 103(21), 8293–8297. <https://doi.org/10.1073/pnas.0509918103>

Janik, V. M., & Sayigh, L. S. (2013). Communication in bottlenose dolphins: 50 years of signature whistle research. *Journal of Comparative Physiology A*, 199, 479-489.



May-Collado, L. J., & Wartzok, D. (2008). A Comparison of Bottlenose Dolphin Whistles in the Atlantic Ocean: Factors Promoting Whistle Variation. *Journal of Mammalogy*, 89(5), 1229–1240. <https://doi.org/10.1644/07-MAMM-A-310.1>

Magnhagen C, Johansson K, Sigraý P (2017) Effects of motorboat noise on foraging behaviour in Eurasian perch and roach: a field experiment. *Mar Ecol Prog Ser* 564:115–125.

McCauley, R. D., Day, R. D., Swadlow, K. M., Fitzgibbon, Q. P., Watson, R. A., & Semmens, J. M. (2017). Widely used marine seismic survey air gun operations negatively impact zooplankton. *Nature ecology & evolution*, 1(7), 1-8.

Nedwell, J. R., Turnpenny, A. W. H., Lovell, J., Parvin, S. J., Workman, R., Spinks, J. A. L., & Howell, D. (2007). A validation of the dBht as a measure of the behavioural and auditory effects of underwater noise. Subacoustech Report Reference: 534R1231, Published by Department for Business, Enterprise and Regulatory Reform.

Popper, A. N., Hawkins, A. D., Fay, R. R., Mann, D. a., Bartol, S., Carlson, T. J., Coombs, S., Ellison, W. T., Gentry, R., Halvorsen, M. B., lokkeborg, S., Rogers, P., Southall, B., Zeddies, D., & Tavolga, W. (2014). Sound exposure Guidelines for fishes and sea turtles. https://doi.org/10.1007/978-3-319-06659-2_7.

Richardson, A. J., Matear, R. J., & Lenton, A. (2017). Potential impacts on zooplankton of seismic surveys. Australia : CSIRO.

Southall, B. L., Finneran, J. J., Reichmuth, C., Nachtigall, P. E., Ketten, D. R., Bowles, A. E., Ellison, W. T., Nowacek, D. P., & Tyack, P. L. (2019). Marine Mammal Noise Exposure Criteria: Updated Scientific Recommendations for Residual Hearing Effects. *Aquatic Mammals*, 45(2), 125–232. <https://doi.org/10.1578/AM.45.2.2019.125>

Wahlberg, M., Jensen, F. H., Aguilar Soto, N., Beedholm, K., Bejder, L., Oliveira, C., Rasmussen, M., Simon, M., Villadsgaard, A., & Madsen, P. T. (2011). Source parameters of echolocation clicks from wild bottlenose dolphins (*Tursiops aduncus* and *Tursiops truncatus*). *The Journal of the Acoustical Society of America*, 130(4), 2263. <https://doi.org/10.1121/1.3624822>

Wenz, G. M. (1962). Acoustic ambient noise in the ocean: Spectra and sources. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 34(12), 1936-1956.



9 Annexes

9.1 Annexe 1 : Cartes de répartition des observations de déchets en mer sur les 3 campagnes d'observation

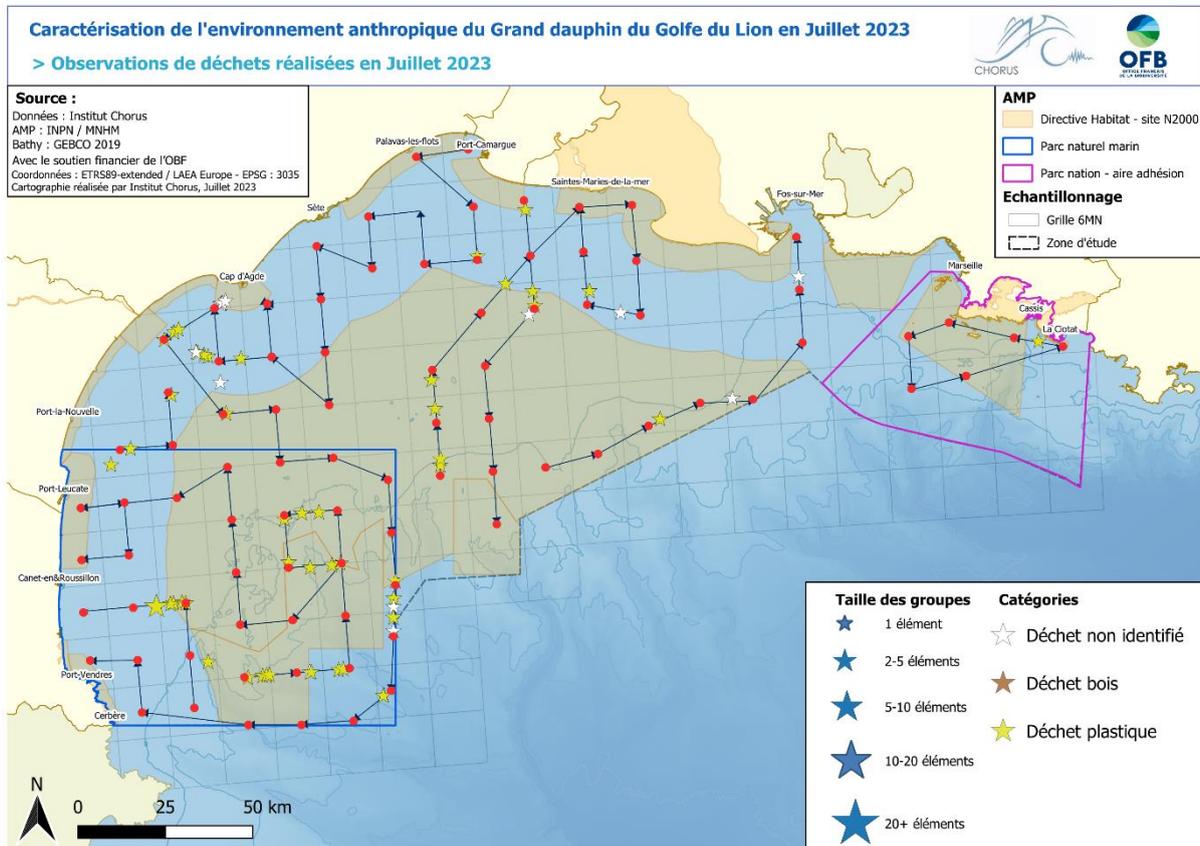


Figure 45 : Répartition des observations de déchets en mer pendant la campagne 1de dB Lion.

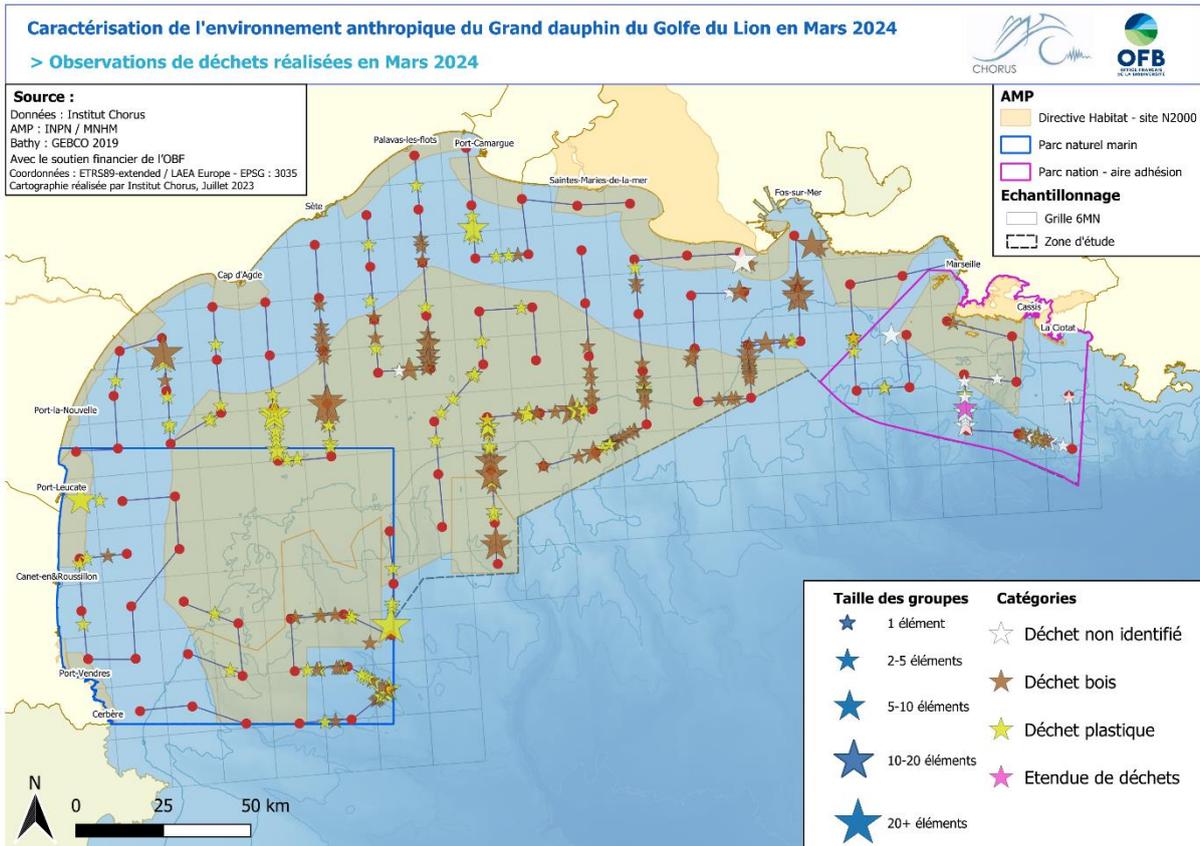


Figure 46 : Répartition des observations de déchets en mer pendant la campagne 2 de dB Lion.

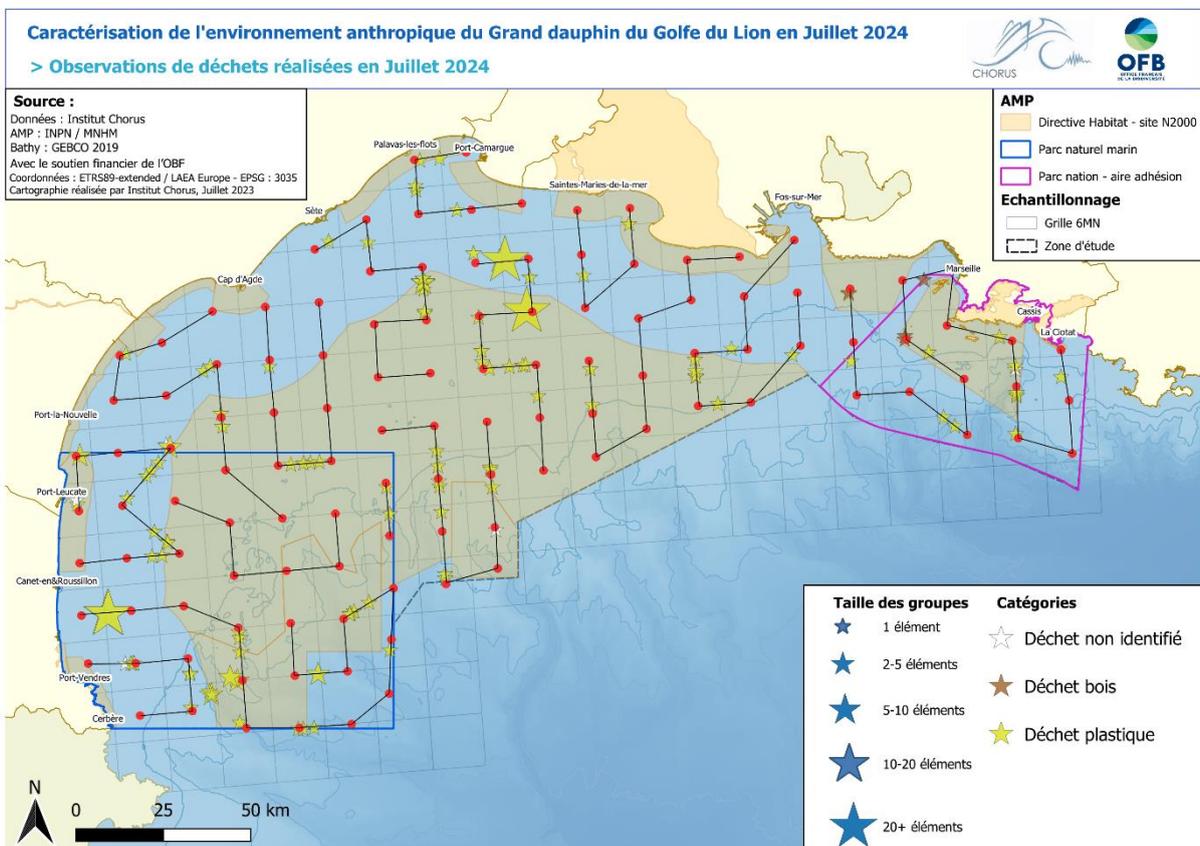


Figure 47 : Répartition des observations de déchets en mer pendant la campagne 3 de dB Lion.