

Proposition d'étude des comportements de populations de delphinidés à proximité d'engins de pêches dans le Golfe de Gascogne

Pr Glotin, CNRS LIS Université de Toulon

glotin@univ-tln.fr

<http://glotin.univ-tln.fr>

Sommaire

1. Introduction	2
2. Une approche originale : IA et drones multi-modaux	3
3. Protocole scientifique	6
3.1 Données acoustiques	8
3.2 Protocole vidéo et photographique	9
3.3 ADN environnemental	9
3.4 Données spatiales	10
4. Diffusion et dimension politique	11
4.1 Diffusion scientifique	11
4.2 Films, Radio et Presse et réseaux sociaux	11
5. Budget	12
6. Bibliographie	13
7. ANNEXES	14
A1. Références et projets réalisés	14
A2. Données sur biomasse	15

1. Introduction

La population de cétacés dans le Golf de Gascogne “comprend sept espèces régulières: le Marsouin commun, le Dauphin commun, le Dauphin bleu et blanc, le Grand dauphin, le Dauphin de Risso, le Globicéphale noir, et l’Orque (on englobe sous le terme ‘dauphins’ les six espèces de la famille des delphinidés, puisque Globicéphale et Orque sont des dauphins au sens zoologique)” (GREC 2020). La plupart ont une préférence en termes d’habitat (plateau, talus, domaine océanique). Mis à part l’Orque qui n’est pas vu très fréquemment, les autres espèces sont assez communément observables, en toutes saisons.

Espèce	densité hiver SAMM	densité été SAMM	densité été SCANS-3	intervalle de confiance arrondi (été, SCANS-3)
Marsouin commun	0,01	0,047	0,012	[100 , 8000]
Dauphin commun	nd	nd	0,87	[130 000 , 830 000]
Dauphin bleu et blanc	nd	nd	0,77	[69 000 , 680 000]
Grand dauphin	0,062	0,036	0,05	[4600 , 38 000]
Dauphin de Risso	0,003	0,008	0,01	[550 , 14 000]
Globicéphale noir	0,014	0,014	0,03	[2500 , 32 000]
petits dauphins nd	1,01	1,75	0.28	[70 000 , 680 000]

On remarque que les intervalles de confiance à 95%, c’est-à-dire la fourchette de valeurs à l’intérieur de laquelle la population réelle se trouve avec 95% de certitude, sont très étendus.

Table : Chiffrage des population fréquentant le golfe de Gascogne (d’après le Grec, 2020)

Depuis plusieurs années, une surmortalité de ces cétacés est constatée dans ce golfe. Les pratiques de pêche et surtout l’utilisation des filets sont pointés du doigt par différentes associations et ONG.

Les textes européens et le code de l’environnement imposent aux autorités françaises de mettre en œuvre des mesures visant à assurer le maintien ou le rétablissement des espèces protégées, dans le cadre de zones dites « Natura 2000 ». Les Etats membres doivent également contrôler les captures et les mises à mort accidentelles de ces mammifères marins grâce à des programmes de surveillance des navires et des pratiques de pêche commerciale non sélective.

Les autorités françaises ont, depuis deux ans, renforcé les mesures d’encadrement de l’activité de pêche par la mise en place d’un régime de déclaration des captures accidentelles, l’augmentation du nombre d’observateurs à bord des navires ou l’obligation d’installation de répulsifs acoustiques pour les chaluts pélagiques dans le golfe. Cependant, ces mesures restent encore insuffisantes et doivent être améliorées.

Dans le cadre de la convention qui le lie avec la Direction de l’Eau et de la Biodiversité (DEB) au Ministère de la Transition Ecologique et Solidaire (MTES), un bilan d’échouage a été produit, ci-dessous.

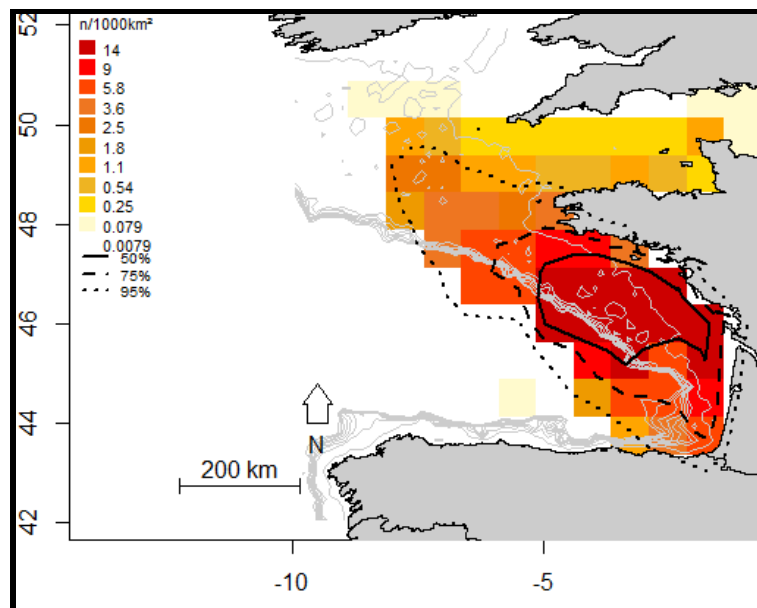


Figure : Zones probables de mortalité des dauphins communs échoués présentant des traces de capture accidentelle entre janvier et avril 2019 (n=715). Les enveloppes contiennent 50% (trait plein), 75% (pointillés longs) et 95% (pointillés courts) des mortalités de dauphins communs durant l'hiver 2019 (Pelagis 2019).

Dans ce contexte, l'équipe DYNI au LIS CNRS Univ. Toulon, spécialiste en Bioacoustique et IA (Lauréate de la Chaire Intelligence Artificielle / Bioacoustique 2020-2024 avec l'agence de L'innovation / DGA), en collaboration avec l'entreprise Seaproven, propose ce protocole d'estimation de population des delphinidés du Golfe de Gascogne.

2. Une approche originale : IA et drones multi-modaux

Notre projet repose sur la complémentarité de :

- **notre Chaire IA Glotin et al, ADSIL (<http://bioacoustics.lis-lab.fr>)**
- **et de navires de surface, électriques, autonomes, français et innovants développés par la Société Seaproven.**

SEA PROVEN conçoit, fabrique et opère une flotte de SphyrnaALV (Autonomous Laboratory Vessel) qu'elle souhaite développer pour tendre vers un concept opérationnel de constellations océaniques. Véritables satellites de la mer, les SphyrnaALV sont des navires autonomes de 20m de long, commandés à distance, qui possèdent chacun une autonomie opérationnelle de 10 mois grâce à une production énergétique solaire et éolienne, peuvent embarquer jusqu'à une tonne d'équipements de mesure et permettent de collecter pas moins de 50 typologies de données différentes, transmises en temps-réel.

En se positionnant à l'interface du domaine spatial et maritime, SEA PROVEN vient compléter les dispositifs d'observations spatiaux en collectant des données uniques sur de très larges zones. Ces technologies illustrent le dynamisme et le leadership de la « french ocean tech », la technologie française dédiée aux océans.



Figure : Les Sphyrna-ALV

Ces navires autonomes sont équipés d'hydrophones très sensibles placés par le LIS sous leur coque pour l'écoute 3D de la faune, notamment des cétacés en ultrasonique. Ces hydrophones placés permettent d'écouter la mégafaune jusqu'à -2500 m et dans un rayon de 6 km (Glotin 2020), et les delphinidés au moins à 1 mile ou ½ mile suivant les espèces. Les campagnes de mesure de la faune (Glotin 2020) sont en pentaphonie par chaque drone, et maintenant par trois antennes distantes de plusieurs miles nautiques (une sur chaque drone plus une sur le bateau suiveur). Cette flottille forme un véritable observatoire acoustique jusqu'à plusieurs miles d'ouverture, avec une très bonne synchronisation et positionnement des antennes (GPS multiples et Pulse par seconde, précis à la nanoseconde sur chaque antenne). Ils permettent ainsi d'étudier et estimer la densité de population avec précision les animaux marins sans avoir ni à les approcher, ni à les déranger. Enfin, les drones Sphyrna étant complètement silencieux en dérive, ils ne polluent pas les mesures réalisées.

Les Missions Sphyrna-Odyssey (www.sphyrna-odyssey.com), initiée par Sea Proven (www.seaproven.com) et le Laboratoire d'informatique et systèmes (LIS) de l'Université de Toulon (www.lis-lab.fr) ont mis en œuvre ces deux drones de surface *SphyrnaALV*. Les observations acoustiques sont faites par les équipements conçus par le pôle électronique et IA basse consommation de l'UTLN (SMIoT LIS IM2NP), carte son appelée « Carte Jason / QHB » et capable de faire 1 millions d'échantillons par seconde en 5 voies (Barchazs et al FA 2020).



Figure : Photo du SphyrnaALV 55 (Autonomous Laboratory Vessel) développé par l'entreprise « Seaproven »

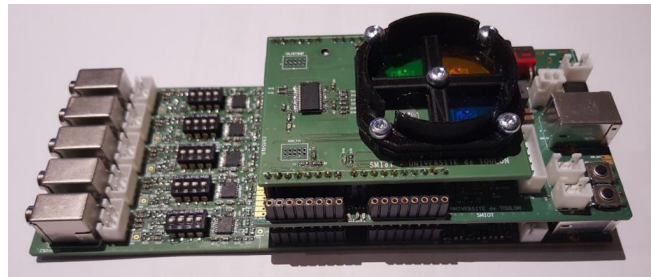
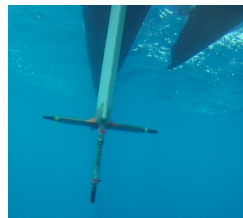
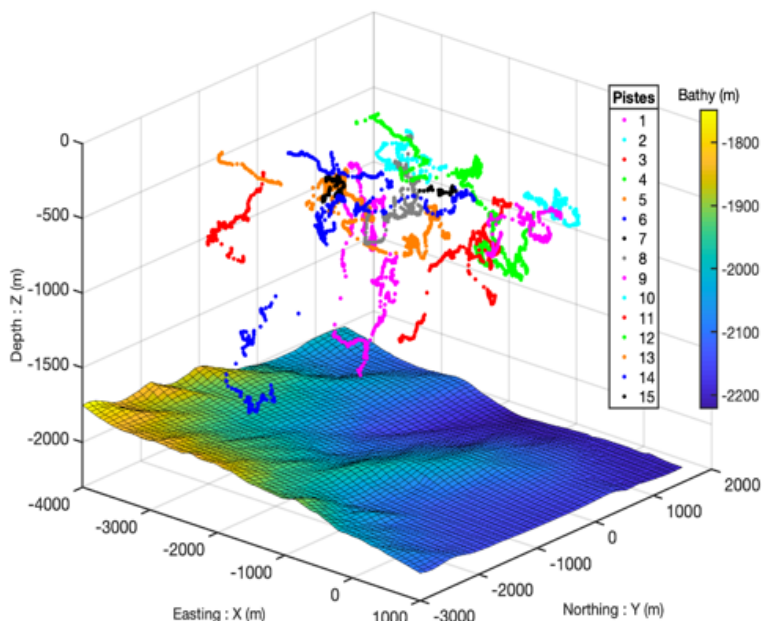


Figure : Gauche : trajectoires de cachalots enregistrées depuis la surface par LIS / Sphyrna le 14 janvier 2020 et trajectographiées (meute de 15 animaux) http://sabiody.univ-tln.fr/pub/SPHYRNA/Sphyrna_Odyssey_RapportScientifique1.pdf . (Droite) Antenne et carte son Jason développée par le laboratoire LIS de l'Université de Toulon

Un point fort de ce dispositif est de calculer et produire des représentations 3D fines des activités sous-marines des cétacés, comme ici des cachalots qui “forent” durant les eaux abyssales, le 14 janvier 2020 au large de Monaco (une première mondiale).

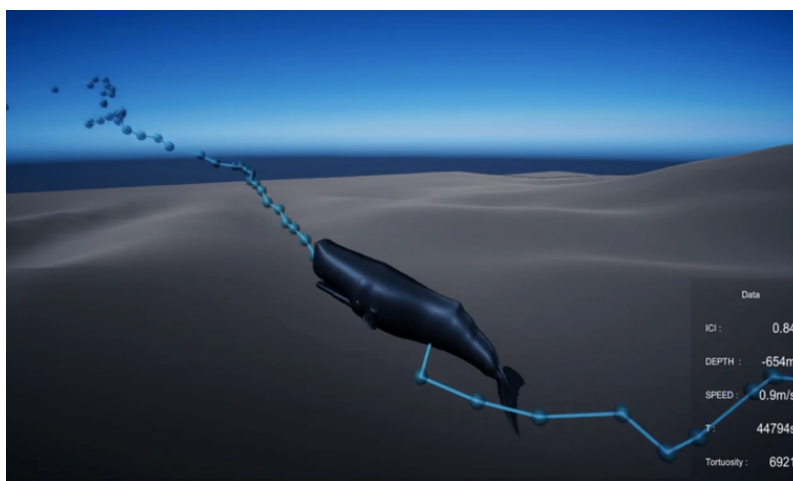


Figure : Illustration d'une trajectoire de cachalot calculée par le LIS depuis signaux Sphyrna en surface en août 2018

Ces enregistrements permettent également de mesurer les perturbations anthropiques sur la faune marine. l'une d'entre elles est la perturbation acoustique. Le trafic maritime dense génère en effet un bruit de fond constant, non sans conséquences pour les mammifères marins qui se reposent sur leur sens acoustique pour se déplacer, chasser, et socialiser. Nous avons pu mesurer ce niveau de bruit de fond, pour différentes gammes de fréquences ($\frac{1}{3}$ octaves). La présence des filets devrait modifier le comportement sonar et de nage dans la colonne d'eau des

dauphins, c'est ce que nous voulons observer et modéliser par nos moyens acoustique passive 3D, et autres variables acquises dans notre protocole.

3. Protocole scientifique

Liste des moyens mis à disposition pour ce protocole sont d'une part en prestation de la société Seaproven :

- Un SphyrnaALV (Autonomous Laboratory Vessel),
- Un drone "SpeedRescue" télé-opéré depuis le navire de base et également équipé de 5 hydrophones. Il s'agit également d'un vecteur développé par la société Seaproven,
- Un navire base : le Solar Odyssey (pionnier en énergie renouvelable, reconverti) également équipé de 5 hydrophones,
- Prélèvement ADN environnement,
- Prélèvement chimique dans la colonne, 4 fois par heure : Ph, temp, salinité, CDOM, Chlorophylle, Phycoérythrine, O2 dissous, Hydrocarbure dissous,
- 5 hydrophones large bande cetacean research C57 sur ALV1,
- 5 hydrophones large bande cetacean research C57 + 1 sphérique HF C75 sur ALV2,
- 5 hydrophones sur navire base,
- Une équipe navigante et technique (2 personnes à bord),
- Caméra 360 et prise de vue au 400 mm pour identification des delphinidés, estimation des reprises et analyse de comportement.



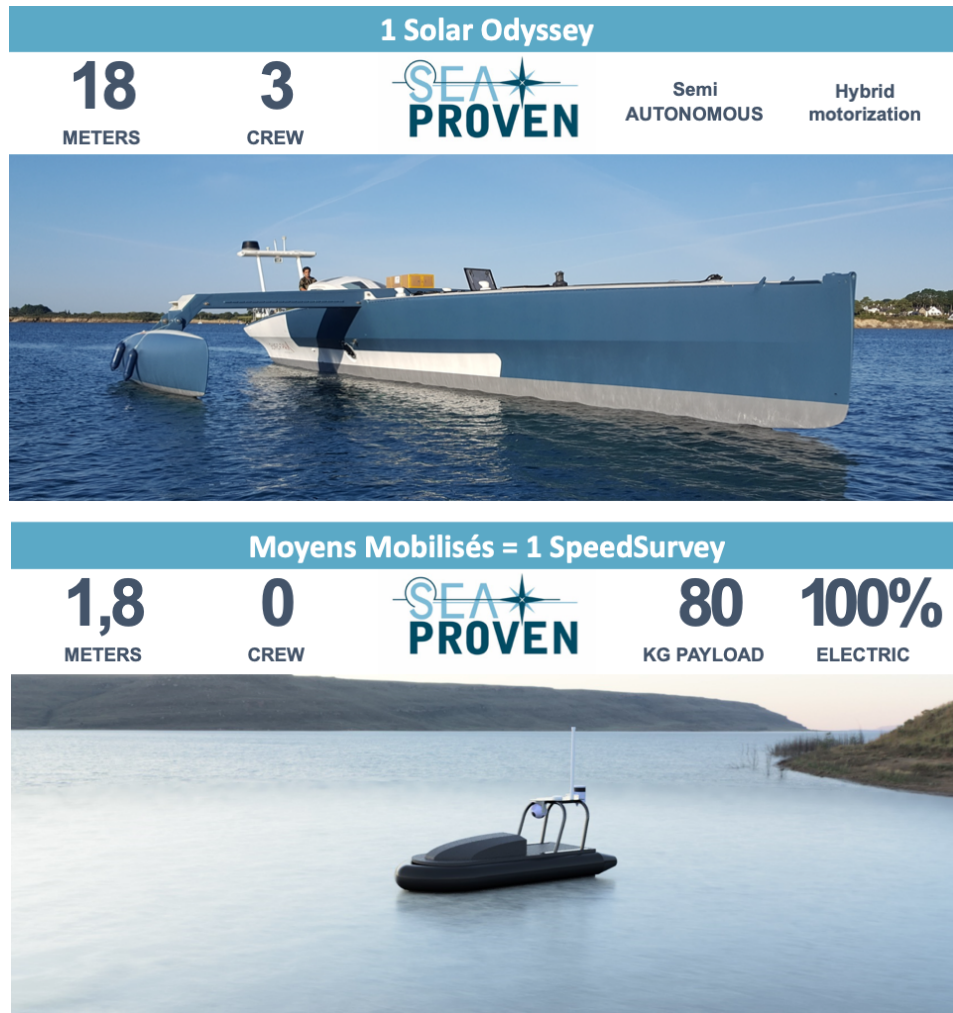


Figure : les moyens nautiques de Seaproven

DYNI LIS met à disposition :

- Ses ressources humaines en chercheurs et analystes (1 Pr, 4 McF, 3 chercheurs associés, 2 post-docs, 3 thèses dont une en collaboration avec MARBEC sur ce sujet, 2 ingénieurs),
- Ses algorithmes de détection et suivi 3D des cétacés,
- Ses algorithmes en traitement d'images,
- Ses ressources de calculs HPC / GPU,
- Une équipe scientifique de terrain éprouvée (2 personnes à bord).

Les drones étant à très longue autonomie les transects ne tiennent pas compte du point de ravitaillement. Nous avons prévu de réaliser des études de comportement des dauphins à proximité d'engins de pêches et de leur filet en déployant 3 antennes acoustiques, permettant le suivi 3D des dauphins en interaction avec le filet et le bateau pêcheur et les proies :

- Étude du comportement des animaux au moment du filage (chalutage et filets de fond),
- Mesure et observation de l'effet de pingurs à proximité de delphinidés,
- Autre variables : conditions oceanographiques, videos et photos de la scène.

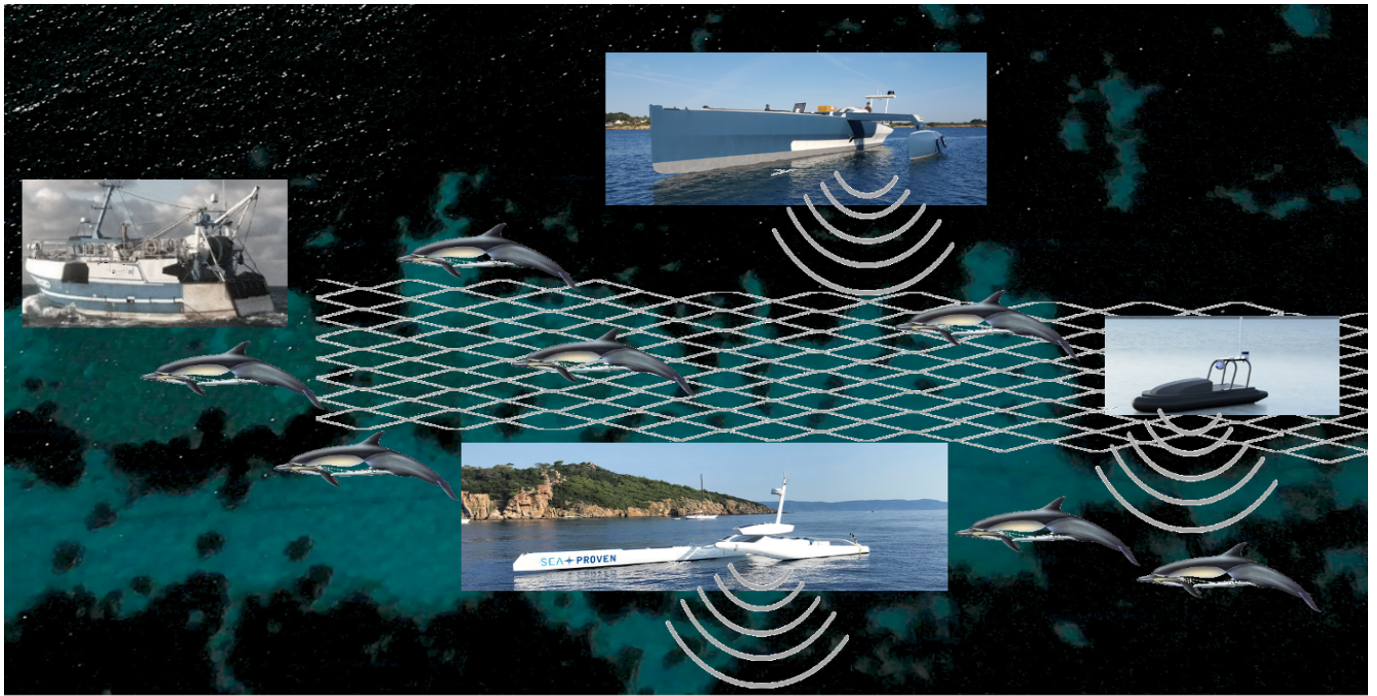


Figure : Synopsis du protocole, les antennes acoustiques, sur 3 vecteurs, sont placées de part et d'autre du filet et observe en passif les dauphins évoluer en 3D autour et sur toute sa hauteur

3.1 Données acoustiques

Les cartes sons et hydrophones embarquées sont les mêmes que celles de notre mission 2019-2020 : hydrophones calibrés C57, parmi une dizaine de C57 et un C75, sur les cartes son JASON de l'Université de Toulon, définies pour ces protocoles à 5 voies 768 kHz Fe. Le protocole vise les mesures des delphinidés, donc des hautes fréquences, comme les *Tursiops t.* (300 kHz, donc à 768 kHz Fe) bien enregistrés dans la mission Sphyrna 2019-2020. Les Sphyrnas sont les seuls observatoires déployables sur cette étendue de fréquence en pentaphonique. A noter que la largeur de bande des hydrophones embarqués (Glotin 2020) permet aussi la mesure des sons basse fréquence notamment des vocalises de Rorqual.

La Chaire IA 2020-24 de l'ANR et de l'Agence de l'Innovation, "ADvanced underSea Intelligent Listening" permettra un traitement efficace des données en détection, indexation et analyse des évènements bioacoustiques et anthropiques. Cette chaire est composée de : Pr. H. Glotin* (titulaire), A. Paiement*, S. Paris*, A. Liutkus**, J. Razik*, F. de Varenne^, C. Noel^^, P. Cristini ***, M. Asch**** (*CNRS LIS Toulon, **INRIA Montpellier, ***LMA, ****LAMFA, ^SeaProven, ^^SemanticTS).

Elle traite de l'acoustique passive pour augmenter nos connaissances sur les océans, leurs ressources et l'adaptation du vivant à leur évolution. Cette chaire est la continuité de plusieurs années de travaux IA en acoustique sous-marine notamment dans la MI CNRS MASTODONS et le programme SABIOD en traitement de

masse de données bioacoustiques piloté par H. Glotin. Cette chaire du programme «AI for Humanity» ambitionne de voir les meilleurs talents former les futures générations de chercheurs et de professionnels de l'IA pour l'acoustique marine / sous-marine. Elle se concentre sur ces 3 Tâches :

- [T1] Propagation et apprentissage / accélération de modèle physique acoustique marine / sous-marine par Deep Learning pour une cartographie décibel,
- [T2] Classification et localisation 3D jointe de sources acoustique par fusion de traits hétérogènes,
- [T3] Optimisation d'efforts distribués sur une flottille de drones acoustiques, tels que les Laboratoires Autonomes Sphyrna-Odyssey pour le suivi de la faune et mégafaune marine par acoustique passive.

En l'occurrence, l'analyse des signaux bénéficiera de nos classifieurs automatiques deep learning de la Chaire ADSIL, qui ont été lancés au défi au Collège de France en décembre 2019 (doctorat de M. Ferrari en sept 2020, Ferrari 2020). Une extension a été effectuée pour le projet CARIMAM AGOA de l'OFB par le LIS à 12 espèces de delphinidés en conservant un score de bonne classification > 80%.

3.2 Protocole vidéo et photographique

Photo en 4K : Nous avons intégré sur nos navires une tourelle d'acquisition visuelle (photo et vidéo en 4K) reliée à une mire (calibration) qui permet de prendre automatiquement des photos en direction des signaux acoustiques perçus. Les clichés sont ensuite analysés automatiquement (dorsale des animaux) afin de reconnaître les individus. Dans l'étude pour PELAGOS menée par H. Glotin et al. en 2013, rapport DECAV, nous avons investigué des méthodes pour l'identification des dorsales. Nous en connaissons les difficultés, et l'état de l'art en deep learning donne à ce jour des bonnes perspectives pour ce traitement dans le cadre de ce projet.



Figure : Dorsale d'un grand dauphin côtier

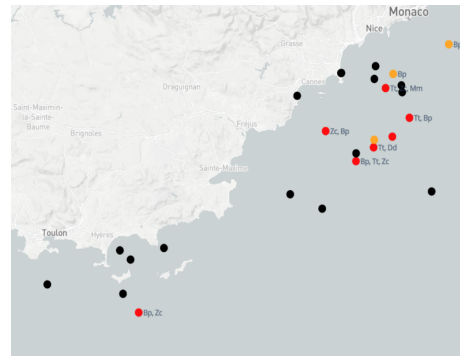
3.3 ADN environnemental

Ce protocole comporte aussi environ 3 fois par jour et par nuit des mesures de la sonde chimique. Le prélèvement de l'ADN environnemental pour la détection d'espèces cibles (Glotin 2020), possiblement étendu à d'autres espèces durant l'amplification PCR des échantillons, et le relevé de radioéléments (coll. avec LEMERPAX SA) en option.

En mesurant la corrélation entre les détections ADN passives des cétacés, plusieurs heures après leur passage dans la zone, et les détections acoustiques réalisées dans la même zone, nous étudions les changements de composition biologique des communautés de différentes régions océaniques. La surveillance des espèces à

l'échelle de l'ADNe est rapide, rentable et permet d'obtenir une collection standardisée de données sur la répartition et l'abondance relative des espèces.

Figure : Carte de détection d'espèces cibles par ADNe. Les points en orange indiquent une seule espèce identifiée, en rouge plusieurs espèces, et en noir celles en cours d'analyse.



3.4 Données spatiales

Aujourd'hui, le recensement de cétacés par l'utilisation d'images haute définition fournies par des satellites d'observation de la Terre permet d'améliorer l'efficacité des méthodes de recensement de ces animaux. De plus, les modèles de prédiction de la répartition de delphinidés via le suivi de boom planctoniques comme ceux développés par la société CLS peuvent nous aider à identifier les zones maritimes favorables à la réalisation de nos protocoles d'observation. A l'inverse, nous pourrions également calibrer ces observations satellitaires et valider ou non les prédictions de ces nouveaux modèles prévisionnels.

De manière générale, en corrélant les données satellitaires et les données in-situ que nous collectons (ADN, acoustiques et visuels) nous améliorons notre connaissance sur ces écosystèmes marins complexes.



Figure : Observation d'un dauphin commun dans le Golfe de Gascogne par un satellite spatial.

Toutes les données de la mission seront partagées avec la structure finançant la mission à sa demande.

4. Diffusion et dimension politique

4.1 Diffusion scientifique

Un rapport scientifique sera produit en septembre 2022, et des publications nationales et internationales, notamment dans IEEE ICASSP, JASA, Marine Mammals... et dans leurs séminaires associées.

4.2 Films, Radio et Presse et réseaux sociaux

H. Glotin est rodé aux films transcrivant pour le grand public les recherches de son équipe, voir notamment les JT TF1, France2, France3, et reportage ARTE, France 5 etc... (cf <http://sabioid.org/tv.html>)

Il est également régulièrement interviewé France Inter, RTL, France Info, France culture, Europe 1... Voir

'Glotin' sur les sites des radios : <https://www.franceinter.fr/personnes/herve-glotin> ,

<http://www.europe1.fr/emissions/entre-chien-et-loup/journee-internationale-de-la-baleine-3577067> ...

La presse écrite relate souvent ses travaux (Libération, Figaro...).

Les réseaux sociaux seront alimentés, notamment sur les flux FaceBook de Sphyrna Odyssey.

5. Budget

A partir des connaissances actuelles que nous possédons sur la demande exprimée par le Ministère de la Mer et les contraintes associées à cette mission, nous présentons ici un budget estimatif.

Nous prévoyons environ 3h d'enregistrement par jour, 5 jours par semaine x 10 semaines entre Janvier et Mars 2021, soit 150 h x 3 antennes multivoies à 256 kHz Fe, 16 bits. Ce qui équivaut à un volume de 4 To de données.

Devis en HT :

- A. Ressources humaines pour un total de 8 mois CDD post doc = 45 K€ HT
 - Préparation algo embarqués de la mission et algo : décembre 1 mois
 - Mesure terrain : 3 mois in situ pour bonne prise et algo ok
 - Dérushage, detection : 1 mois
 - Classification des événements : 1 mois
 - Localisation des évènement : 1 mois
 - Rédaction synthèse scientifique pour le ministère et pour publications scientifiques: 1 mois
- B. Matériels (investissements) = 15 K€ HT
 - Hydrophones t C75 ou C57 (cetacean research) cables, mise à jour des cartes sons
- C. Frais mission = 6 K€ HT
- D. Prestation de sous-traitance à la société Seaproven pour 50 jours de mission = 200 K€ HT

Mobilisation 3 mois de :

 - Un navire autonome "SphyrnaALV",

- Un navire base,
- Un navire télé-opéré,
- L'instrumentation nécessaire associée à cette mission,
- 2 personnels navigants et une équipe technique à terre.

TOTAL A+B+C+D = 266 K€ HT

A noter que les crédits seront avec une mise en œuvre simple, avec un seul versement de type AE=CP à UTLN qui se charge de piloter et d'exécuter le projet sans mobiliser la DAM.

6. Bibliographie

Boisseau O., McLanaghan R., Moscrop A. (2020), Testing the feasibility of unmanned surface vehicles SPHYRNA to estimate the distribution and abundance of cetacean species, Marine Conservation Research, SeaProven, LIS & ACCOBAMS REPORT, http://sabiiod.org/pub/SPHYRNA/MCR_SO.pdf

Buckland S. et al (1993), Distance sampling. Estimating abundance of biological populations. London

Gannier A. (1998), Estimation de l'abondance estivale du Dauphin Bleu Blanc en Med. NO
http://documents.irevues.inist.fr/bitstream/handle/2042/54899/RevuedEcologie_1998_53_3_255.pdf;sequence=1

GREC (2020), Dauphins & Marsouins du Golfe de Gascogne, <https://www.cetaces.org/cetaces/dauphins-marsouins-golfe-gascogne>

Hammond PS (2002), Abundance of harbour porpoise & other cetaceans in the North Sea & adjacent waters, <https://besjournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1046/j.1365-2664.2002.00713.x>

Pelagis (2019), Etat des connaissances sur les captures accidentelles de dauphins communs dans le Golfe de Gascogne

Pettex (2012), Final results of aerial surveys conducted in winter 2011/12 & summer 2012 for the French Marine Protected Area Agence & the French Ministry of Ecology. Distribution, relative density & abundance estimates, habitat modelling of the marine mammals & seabirds in the French EEZ. TR http://sabiiod.org/pub/SAMM_rapport_final_13112014-2.pdf

Références de l'équipe du LIS relatives au projet:

Ferrari, Glotin, Marxer, Asch (2021) Classification of Marine Mammal Clicks by Raw Audio Multiscale Hierarchical Convolutional Neural Network and a Study of Learned Representation, in submission

Poupard, Symonds, Spong, Glotin (Submitted to Scientific Report Nature 2021) Evidences of Intra-Group Orca Call Rate Modulation Using A Small-Aperture Four Hydrophone Array.
https://assets.researchsquare.com/files/rs-116685/v1_stamped.pdf

Best P., Marzetti S., Poupard M., Ferrari M., Paris S., Marxer R., Philippe O., Gies V., Barchasz V., 3 Glotin H. (2020) Stereo to five channels Bombyx sonobuoys : from four years cetacean monitoring to real-time whale ship anti-collision system. Eu. Forum Acusticum

Barchasz, Gies, Marzetti, Glotin (2020) A novel low-power high speed accurate and precise DAQ with embedded artificial intelligence for long term biodiversity survey, Eu. Forum Acusticum
http://sabiiod.univ-tln.fr/pub/QualiHighBlue_DAO_FA2020.pdf

Best, Ferrari, Poupard, Paris, Marxer, Symonds, Glotin (2020) Deep Learning and Domain Transfer for Orca Vocalization Detection. In International joint conference on neural networks. IEEE IJCNN,
<https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-02865300/document>

Ferrari, Glotin, Marxer, Asch (2020) End to end raw audio deep learning of transients, application to bioacoustics, Eu. Forum Acusticum <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-03078665/document>

Ferrari et al. (2020) 3D diarization of a sperm whale click cocktail party by an ultra high sampling rate portable hydrophone array for assessing individual cetacean growth curves, Eu. Forum Acusticum
<https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-03078655/document>

Ferrari et al. (2020) DOCC10: Open access dataset of marine mammal transient studies and end-to-end CNN classification, in 2020 International Joint Conference on Neural Networks (IJCNN). IEEE <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-02866091/document>

Marzetti, Gies, Barchasz, Best, Paris, Barthelemy, Glotin (2020) Ultra-Low Power Wake-Up for Long-Term Biodiversity Monitoring, in proc. IEEE IoTAIS

Poupard, Best, Ferrari, Spong, Symonds, Prevot, Soriano, Glotin (2020) From massive detections and localisations of orca at orcalab over three years to real-time survey joint to environmental conditions in Eu. Forum Acusticum

Ferrari (2020) Study of a Biosonar Based on the Modeling of a Complete Chain of Emission-Propagation-Reception with Validation on Sperm Whales, Phd Thesis, Université Picardie Jules Verne, (dir Glotin & Asch) <https://hal.archives-ouvertes.fr/tel-03078625/document>

Poupard (2020) Contributions en Méthodes Bioacoustiques Multiéchelles: Spécifiques, populationnelles, individuelles et comportementale, Phd Thesis, Université de Toulon (dir Glotin Soriano Lengagne) http://sabiody.univ-tln.fr/pub/poupard/cv/m_poupard_phd_08012021.pdf

Glotin, Thellier, Best, Poupard, Ferrari, et al. (2020) Rapport Mission Sphyrna Odyssey : Découvertes Ethoacoustiques de Chasses Collaboratives de Cachalots en Abysses & Impacts en Mer du Confinement COVID19, <http://sabiody.univ-tln.fr/pub/SO1.pdf>

7. ANNEXES

A1. Références et projets réalisés

Les Mission « Sphyrna-Odyssée », initiées par Sea Proven et le Laboratoire d'informatique et systèmes (LIS) de l'Université de Toulon menées en 2018, 2019 et 2020 ont mobilisé scientifiques, ingénieurs, logisticiens et communicants, pour la première mission océanographique jamais menée en France à partir de 2 navires autonomes (Glotin 2020). Pendant plus de 12 mois cumulés, nous avons étudié une vaste zone maritime dans les abysses de la mer Méditerranée : au large de Toulon, Antibes et Monaco, mais aussi au large des Baléares et dans le golfe du Lion. Notre objectif principal était de suivre et d'écouter cinq espèces de cétacés grands plongeurs : le cachalot, le globicéphale, le grand dauphin, le dauphin de Risso et le Ziphius. Durant cette mission, nous avons pu :

- Réaliser des enregistrements de grande qualité, y compris en plein hiver sur des périodes de temps allant jusqu'à 4h30 sans interruptions pour un même groupe d'individus,
- Calculer leurs déplacements en 3D, notamment en plongée profonde lors de séquences de chasses longues,
- Mieux comprendre les comportements sociaux entre des individus d'un même groupe,
- Mesurer les interactions entre le trafic maritime en surface et la forme de nage adoptée par ces espèces.

Notre travail de recherche a été couronné de succès dont des enregistrements d'une qualité exceptionnelle de globicéphales et de cachalots, et Bleu blancs. Un point fort de la mission est de produire des représentations 3D fines des activités de chasse de cétacés en 3D (Glotin et al, 2020, Rapport Sphyrna).

Nos travaux sont reconnus pour leur qualité par des autorités étatiques:

Le directeur scientifique du Parc National de Port-Cros et directeur PELAGOS France:

- Monsieur Alain Barcelo alain.barcelo@portcros-parcnational.fr

Le point focal Pelagos du ministère:

- Monsieur Florian Expert DGITM/DAM/DML florian.expert@developpement-durable.gouv.fr,
- Anne France Didier DGITM/DAM/DML anne-france.didier@developpement-durable.gouv.fr

Le responsable acoustique et environnement de la Premar:

- Monsieur André Grosset andre.grosset@premar-mediterranee.gouv.fr

Le commissaire Duchêne de la préfecture Maritime:

- Monsieur Thierry Duchesne thierry.duchesne@intradef.gouv.fr

A2. Données sur biomasse

Les variations en biomasse de phytoplancton, ci-dessous, seront prises en compte pour corrélérer en cas les observations de delphinidés.

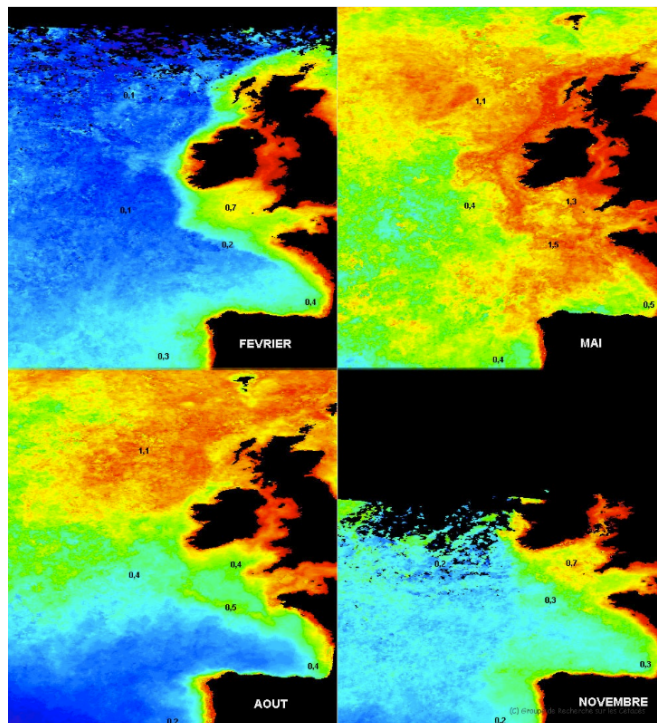


Figure 2 : Evolution de la biomasse phytoplanctonique selon la saison (unité : mg.Chla/m³). (source: traitement de données mensuelles AquaModis sur 6 années consécutives)