



RAPPORT DE MISSION

PROGRAMME

**LA VOIX DES
CACHALOTS**

WHALEWAY

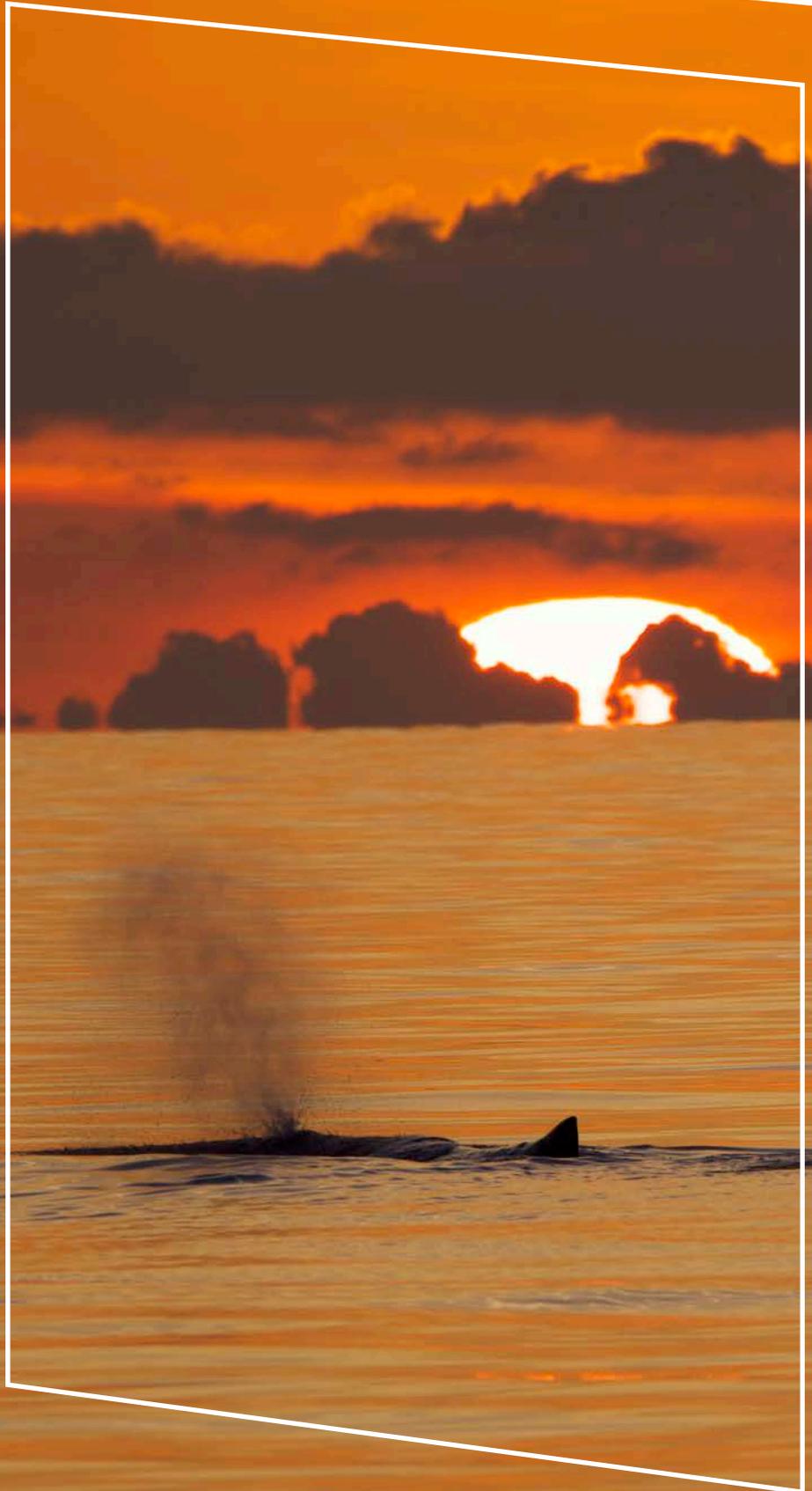
*Etude et préservation
des cachalots
de Méditerranée*

2023

Longitude 181

*Centre International
d'Acoustique Naturelle*

*Rapport réalisé par
Véronique et François Sarano
Longitude 181*



ÉTUDE ACOUSTIQUE, GÉNÉTIQUE ET ÉTHOLOGIQUE DES CACHALOTS DE MÉDITERRANÉE WHALEWAY



Les missions WhaleWay en Méditerranée s'inscrivent dans le programme de recherche global « La Voix des Cachalots », mené par l'association Longitude 181. C'est un programme transversal (éthologie, génétique et acoustique) qui a pour objectif de mieux connaître les cachalots pour mieux les préserver. Avec 2 volets, l'un à l'île Maurice, l'autre en Méditerranée. L'étude dans les eaux mauriciennes s'attache à l'évolution de la structure sociale d'un clan, et ses conséquences sur l'évolution de la population de l'île Maurice. L'étude WhaleWay en Méditerranée s'attache plus spécifiquement à la dynamique des structures sociales des jeunes mâles subadultes et au suivi des cachalots au cours de leurs chasses profondes par trajectographie.

MISSIONS WHALEWAY 1, 2 & 3

Le programme « La Voix des Cachalots » a réalisé ses 3 premières missions d'observation en Méditerranée en juin et septembre 2022, puis en avril 2023. L'accent a été mis sur les enregistrements acoustiques avec l'équipe des bio-acousticiens de l'université de Toulon.

Objectifs

- Acquérir une connaissance fine des groupes sociaux, à partir de l'identification et du suivi acoustique individuel, couplés à l'identification visuelle et génétique, suivant le protocole mis en place pour les cachalots de l'île Maurice.
- Suivre les cycles journaliers de ploonjoungées, à partir d'enregistrements sonores en 3D, pour rechercher l'existence d'une coopération entre les cachalots lors de leurs chasses profondes : chasses concertées
- Déterminer quelles affinités réunissent certains cachalots, et quelle pérennité ont ces affinités en fonction de la maturité sexuelle, notamment chez les jeunes mâles.

L'objectif est d'apporter des informations nouvelles sur les cachalots de Méditerranée par une étude fine, au niveau individuel, pour mieux suivre la dynamique de leurs populations, menacées par le trafic maritime, les nuisances sonores et la pollution plastique.

Les enregistreurs sonores *Bagheera* et *Tétra*

L'enregistreur sous-marin *Bagheera*, spécialement conçu par l'équipe du Pr Hervé Glotin (laboratoire LIS, centre CIAN de l'université de Toulon, et SMIOT), comporte 5 hydrophones pour une meilleure discrimination en 3D des émissions sonores. Il est relié par câbles à l'ordinateur du bord qui permet de suivre les enregistrements en direct. Le but étant de suivre les déplacements des cachalots pendant leur chasse dans les profondeurs pour dessiner la

trajectographie de leurs plongées. Leur originalité réside dans la célérité du processeur *Jason* qui travaille au millionième de seconde et permet une précision inégalée.



L'enregistreur sous-marin *Bagheera* à 5 hydrophones, qui permet de retracer les plongées des cachalots

Tétra, une version à 4 hydrophones avec enregistrement autonome sur carte mémoire, pourra être immergé quant à lui depuis un zodiac.

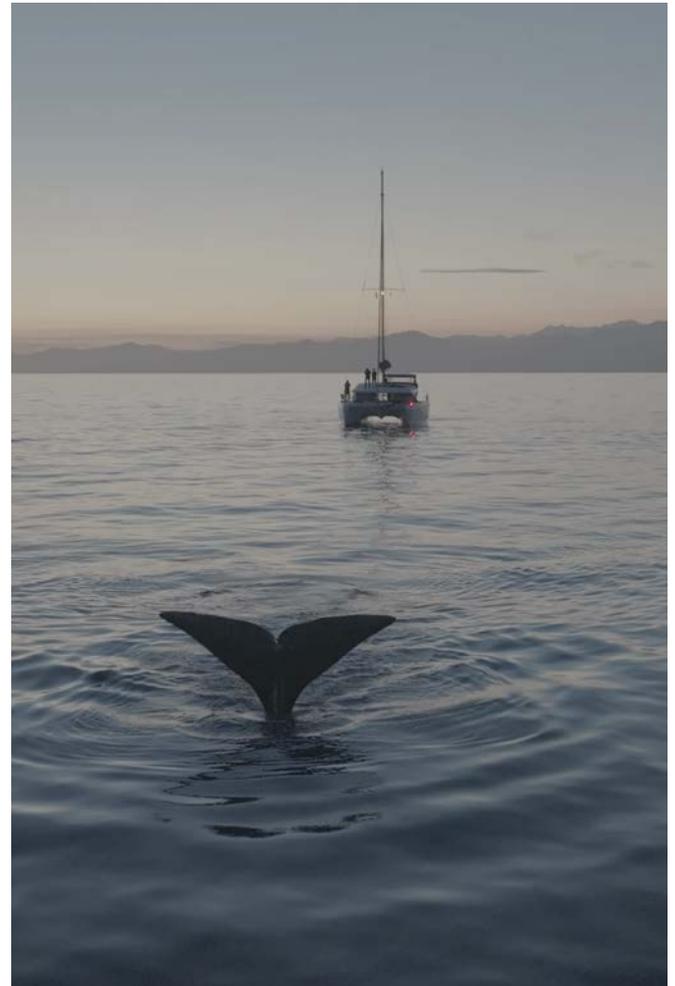


Tétra, le système d'enregistrement à 4 hydrophones, plus mobile et autonome, utilisable sur un zodiac.

L'écholocalisation

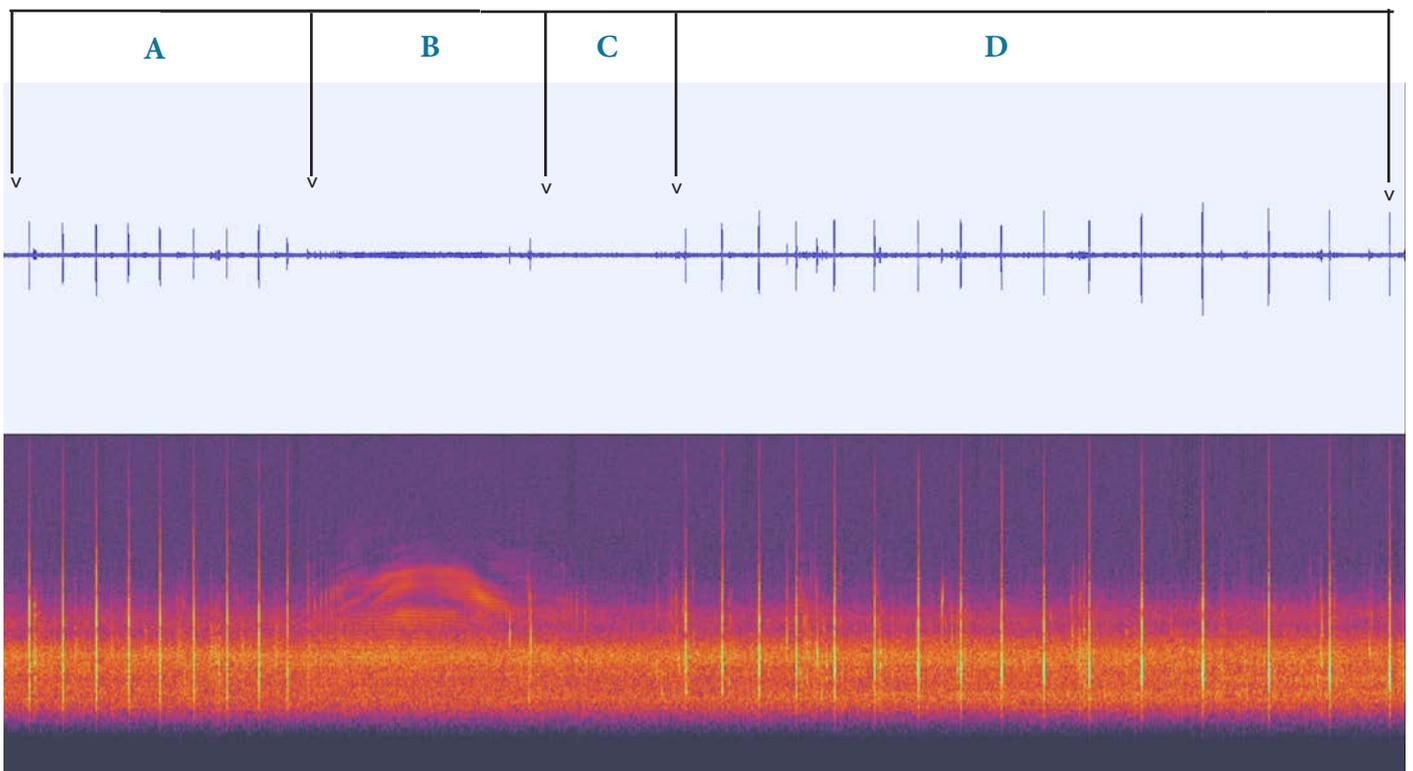
Lorsque le cachalot s'enfonce sous la surface pour chasser dans les profondeurs pendant environ 50 minutes, nous le perdons de vue. La seule façon de suivre sa chasse est d'écouter en direct et d'enregistrer ses clics d'écholocalisation. En effet, pour «voir dans la nuit des grandes profondeurs», pour percevoir son environnement, le cachalot utilise l'écholocalisation, c'est-à-dire la localisation par la perception de l'écho des clics qu'il émet. Il repère sa proie lorsque son clic rebondit et lui revient en écho. La chasse consiste en une recherche au cours de laquelle le cachalot émet des clics réguliers jusqu'à ce que l'un d'eux rebondisse sur une proie. A partir de l'instant où il a localisé sa proie, le cétacé va préciser la nature et le mouvement de celle-ci, en accélérant le rythme de ses clics jusqu'à être suffisamment proche pour la gober, ce qui correspond donc à un moment de silence.

Voir graphe ci-dessous.



Lorsque le cachalot sonde pour chasser dans les grandes profondeurs, il émet des clics d'écholocalisation. Ce sont les seules informations qui trahissent sa chasse et que l'on doit décortiquer au mieux pour tenter de « voir » ce que personne n'a jamais vu.

© Patrick Wack.



Spectrogramme d'une chasse du cachalot Efkaristo. De gauche à droite, les différentes étapes :

A : les traits rouges, régulièrement espacés toutes les demi-secondes environ, correspondent aux clics de recherche émis par le cachalot.

B : le resserrement des traits correspond à l'accélération de l'émission des clics pour affiner la détection : nature et déplacement de la proie.

C : arrêt des clics, silence, au moment où le cachalot ingurgite sa proie.

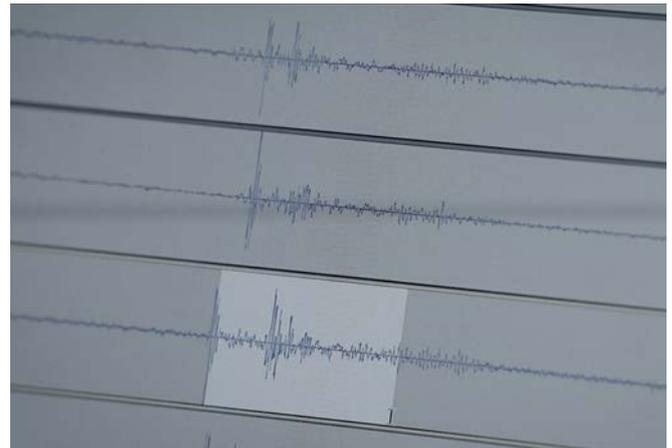
D : reprise des clics réguliers de recherche.

Les TDOAs et la trajectographie

Le principe de la trajectographie repose sur le positionnement, dans le volume de la mer, de chacun des clics d'écholocalisation émis par un cachalot au cours de sa chasse aux calmars dans les profondeurs. Puis, il suffit de relier ces clics pour retracer le parcours de chasse du cachalot.

Pour localiser un clic dans la masse d'eau, on mesure le léger décalage de l'arrivée du son sur chacun des 5 hydrophones (de l'ordre du millionième de seconde), ce sont les TDOA = Time Delay Of Arrival. Puis, par triangulation (ici pentangulation), on positionne le clic dans la masse d'eau, ce qui donne la position du cachalot à l'instant où il a émis le clic. L'ensemble des points successifs calculés ainsi retrace le trajet suivi par le cachalot : c'est la trajectographie.

Cette méthode rend « visible » ce que personne ne verra jamais !



Détail d'un enregistrement de Méric par Bagheera.

Chacune des lignes correspond à un hydrophone.

Le temps est en abscisse.

On mesure le léger décalage (TDOA) de l'arrivée du clic sur chacun des hydros (d'une ligne à l'autre).

Ce qui permettra, par triangulation, de déterminer la position du clic dans le volume d'eau

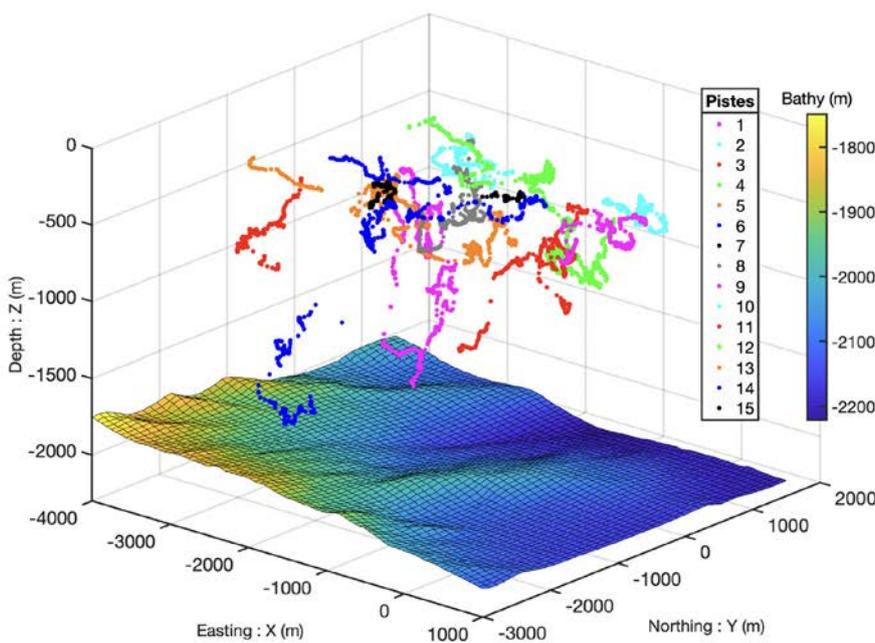
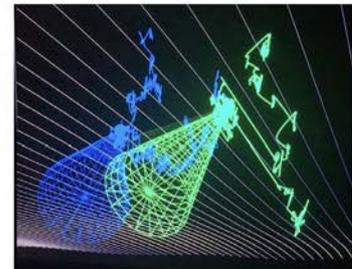


Figure 9.14: Traces 3D des 15 pistes (enregistrement entier).

Trajectographie et Chasse concertée



Reproduction en 3D des trajets suivis par un groupe de cachalots lors de leurs plongées profondes à la recherche des calmars.

enregistrés et calculés par l'équipe du Pr Glotin.

Chaque couleur correspond à un trajet suivi par un cachalot.

L'objectif est d'obtenir des diagrammes du type de celui qui est reproduit dans la figure ci-dessus. Cet enregistrement des trajets suivis par un groupe de cachalots est unique au monde. Il a été réalisé par l'équipe du professeur Glotin de l'université de Toulon lors d'une étude en Méditerranée (voir Glotin et al 2020).



Réalisation du catalogue de cartes d'identité

Comme nous l'avons fait pour les cachalots de l'île Maurice (Sarano et al 2022), chaque cachalot rencontré est soigneusement photographié afin de déterminer ses caractéristiques morphologiques individuelles (marques sur la caudale, taches blanches sur le corps, sexe, adulte ou immature...) qui permettront de réaliser sa carte d'identité détaillée.

L'objectif est de dresser le catalogue de cartes d'identité que nous pourrons comparer aux cartes réalisées par les autres organismes qui font des observations, afin de retrouver certains cachalots.

Le but final est de cumuler les « recaptures » (ré-observations de chaque individu) lors des missions successives, d'année en année, pour retracer l'histoire propre de chaque cachalot et de répondre aux questions : Où est-il allé ? Avec qui se trouvait-il ? Était-ce toujours les mêmes individus ? Dans le cas de jeunes mâles sub-adultes, les retrouve-t-on toujours dans les mêmes groupes « lâches » ? Dans le cas de clan de femelles et d'immatures, lister les individus d'un même clan.

p. 2 CARTES D'IDENTITÉ // CACHALOTS DE MÉDITERRANÉE

EFKARISTO EN SURFACE

LONGITUDE 181 Maison Francis Kerkoljian Paris La Voix de l'Océan

DATE	COORDONNÉES	IFI	ÂGE	OBSERVÉ AVEC
2022-06-11	Lat. Nord : 42°47' - Long. Est : 08°58'	3,56 ms		Janus, Trinacria
♂ ?				
ADO ?				
ADN : non				

Caudale - Vue dorsale 2022-06-11

Côté Droit 2022-06-11

Côté Gauche 2022-06-11

Vue Dorsale 2022-06-11

p. 6 CARTES D'IDENTITÉ // CACHALOTS DE MÉDITERRANÉE

TRINACRIA EN SURFACE

LONGITUDE 181 Maison Francis Kerkoljian Paris La Voix de l'Océan

DATE	COORDONNÉES	IFI	ÂGE	OBSERVÉ AVEC
2022-06-11	Lat. Nord : 42°47' - Long. Est : 08°58'	3,68 ms		Janus - Efkaristo
♂ ?				
ADO ?				
ADN : non				

Caudale - Vue dorsale 2022-06-11

Côté Droit 2022-06-11

Côté Gauche 2022-06-11

Vue Dorsale 2022-06-11

Cartes d'identité de 2 mâles subadultes observés en juin 2022
A gauche : Efkaristo, à droite Trinacria.

Protocole d'observation

Les missions d'observation se font sur la base de 2 semaines en mer, avec une équipe de 9 à 10 personnes, à bord d'un catamaran. Ce type de bateau offre à la fois la stabilité nécessaire et la place indispensable pour accueillir l'ensemble du matériel scientifique.

Le protocole est basé sur une observation continue, 24h sur 24h, par quarts roulants de 2h, à 3 observateurs. Le jour, les observateurs scrutent aux jumelles en quête d'un souffle sur les 180° à l'avant du bateau : 1 à babord, 1 sur l'avant et 1 sur tribord.

A intervalle régulier, le bateau est arrêté pour faire une écoute afin de compléter l'effort de recherche visuelle par un effort de recherche acoustique. Une feuille de route journalière rassemble toutes les informations et observations, avec heure et coordonnées GPS de chaque événement.

Dès qu'un cachalot est repéré, une feuille spécifique est ouverte sur laquelle sont notés tous les détails de l'observation, les numéros des photos et films réalisés, les débuts et fins des enregistrements sonores. Le photographe à bord du zodiac va réaliser les photos d'identification, afin de dresser sa carte



Quart d'observation aux jumelles et prise de notes

d'identité, pendant que, sur le catamaran, on déploie l'enregistreur sonore *Bagheera* à 5 hydrophones qui permettra suivre l'animal après sa sonde.

La nuit, lorsque l'observation visuelle est impossible, les cachalots repérés sont suivis acoustiquement avec *Bagheera* pour, à la fois déterminer le cycle de leurs plongées, et suivre les trajets de leur recherche/chasse des calmars.

Les scientifiques impliqués

Sont venus à bord pour les observations et/ou analysent les données recueillies en laboratoire :

- Professeur Hervé Glotin : Laboratoire Systems & Information, DYNI, LIS CNRS 7020, CIAN, Chef du Scaled Acoustic Biodiversity SABIOD Big Data CNRS Project, Université de Toulon,
- Dr Pascale Giraudet : professeure Agrégée, laboratoire Systems & Information, DYNI, LIS CNRS 7020, Université de Toulon,
- Dr Maxence Ferrari, Dr Marion Poupard et Dr Paul Best : Laboratoire Systems & Information, DYNI, LIS CNRS 7020, Université de Toulon,
- Dr Véronique Sarano et Dr François Sarano : Longitude 181,
- Justine Girardet et Stéphane Chavin, étudiants en thèse, Université de Toulon

Toutes les photos du rapport sont de Véronique & François Sarano / Longitude 181, sauf mention contraire.

Couverture : Méric au petit matin que nous avons suivi acoustiquement toute la nuit.

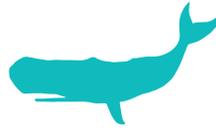


Approche respectueuse du cachalot en zodiac pour photo-identification:
© Stéphane Jamme

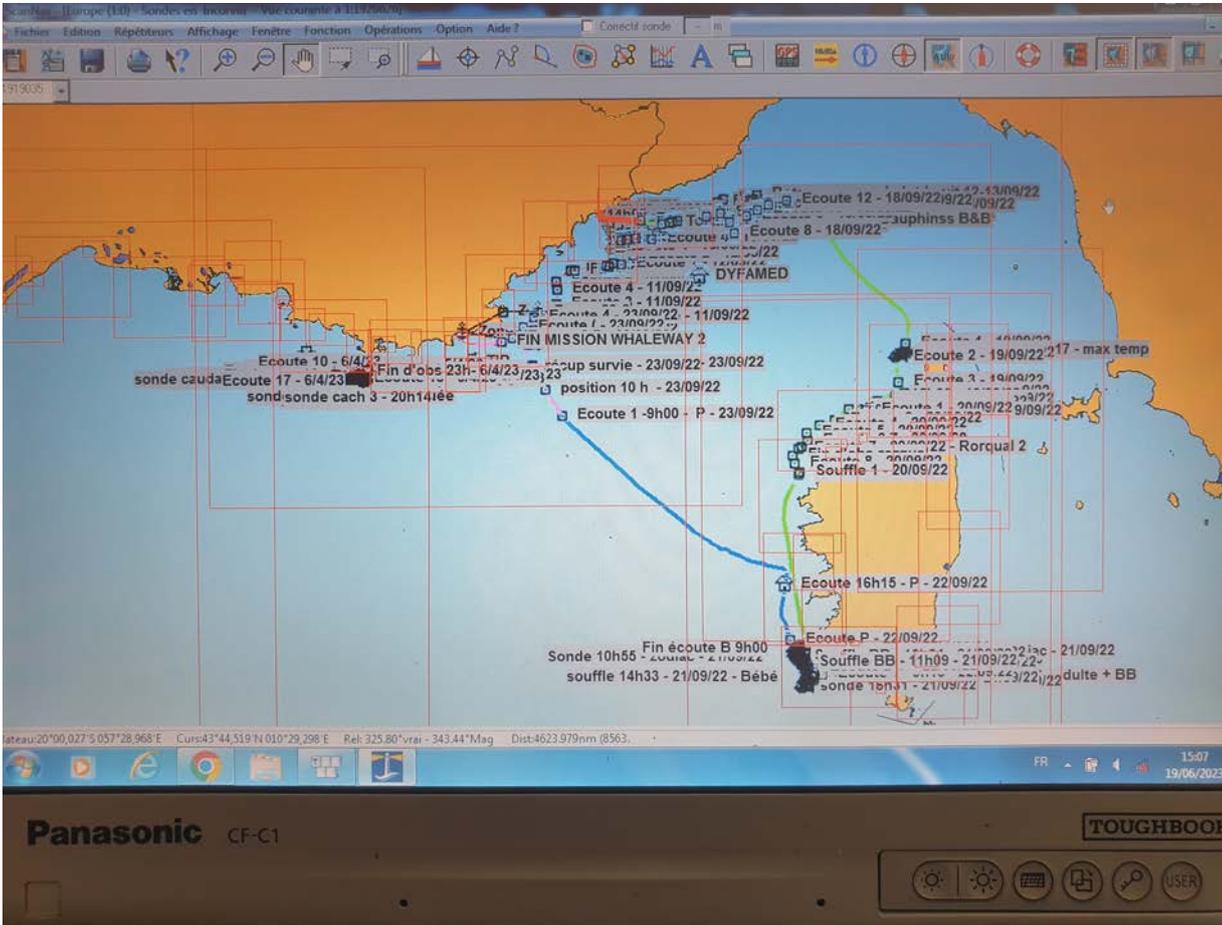


Le Pr Glotin installe *Bagheera*, à l'arrière du bateau, pour enregistrement à 5 hydrophones





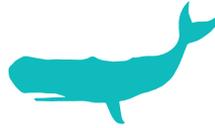
Les moyens à la mer



Trajets cumulés suivis lors des 3 missions WhaleWay sur l'ordinateur de navigation du bord.



Les 2 catamarans, bases de nos recherches pour les missions WhaleWay ... et de celles qui vont se dérouler dans les années à venir
(© Explore et Patrick Wack)



Premiers résultats des missions WhaleWay



PHOTO-IDENTIFICATION

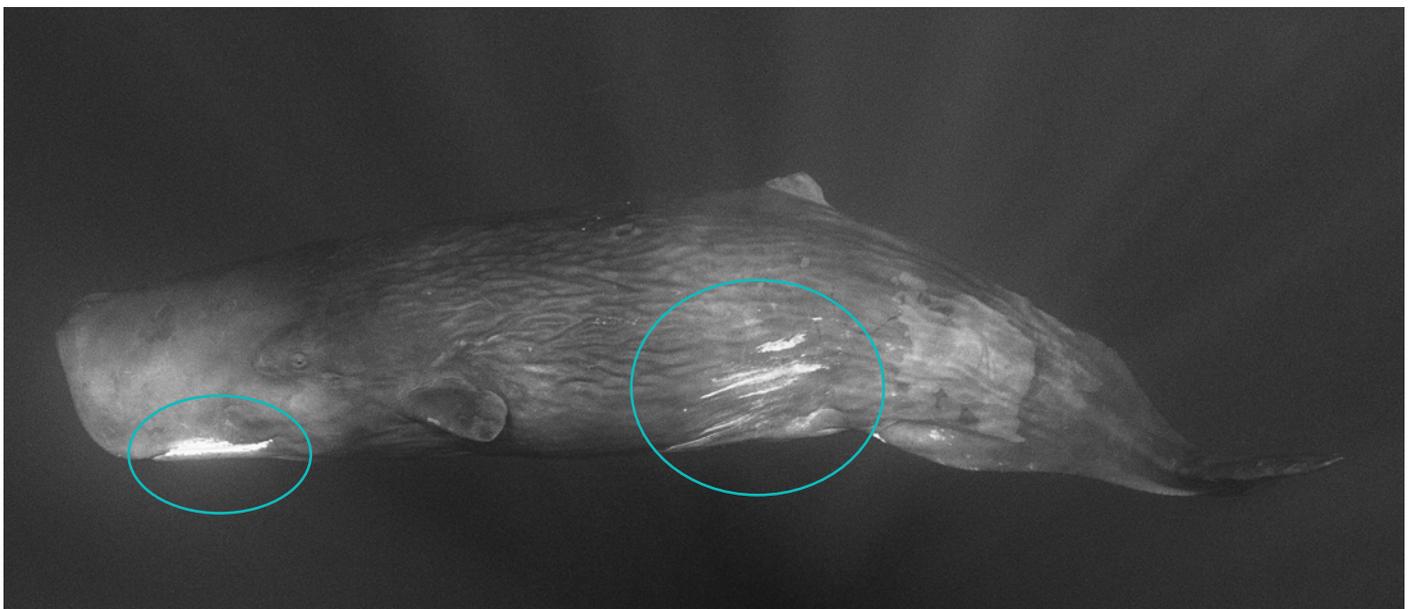


La photo-identification est la façon universelle de reconnaître chaque individu. Elle se fait en extérieur, depuis le bateau, et, lorsque les circonstances le permettent, sous l'eau pendant l'observation sous-marine. Les cartes d'identité obtenues permettent les « recaptures » au cours du temps. Elles pourront aussi être comparées à d'autres catalogues existants.

Pour chaque cachalot, on réalise les photos de la caudale, des flancs droit et gauche (car les marques sont en général dissymétriques), et des lèvres dont l'ourlet blanc est unique comme nos empreintes digitales. En Méditerranée, les caudales sont souvent peu marquées, alors que les flancs et ou le reste du corps sont généralement ornés de taches blanches dont la disposition est unique.



Flanc droit de Hope, pour lequel on relève le tracé précis des stries blanches

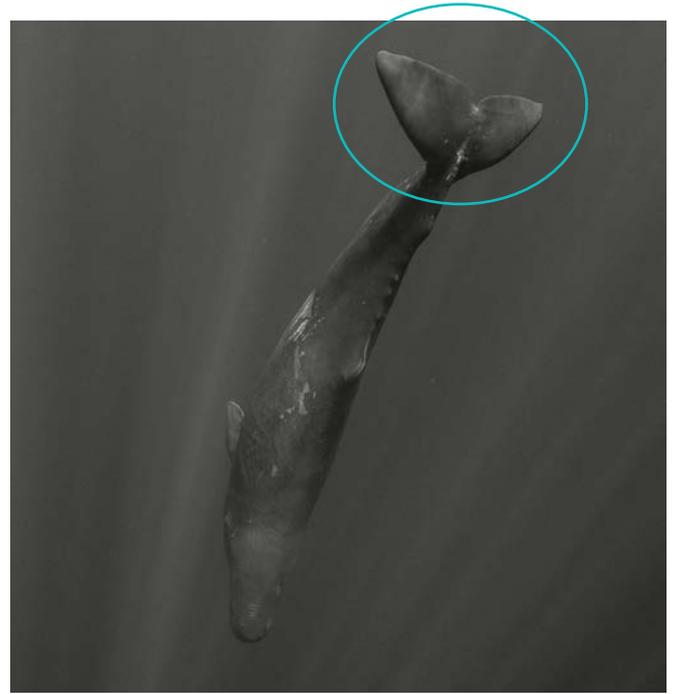


Flanc gauche de Hope montrant, en plus des stries ventrales, l'ourlet blanc sur les lèvres,

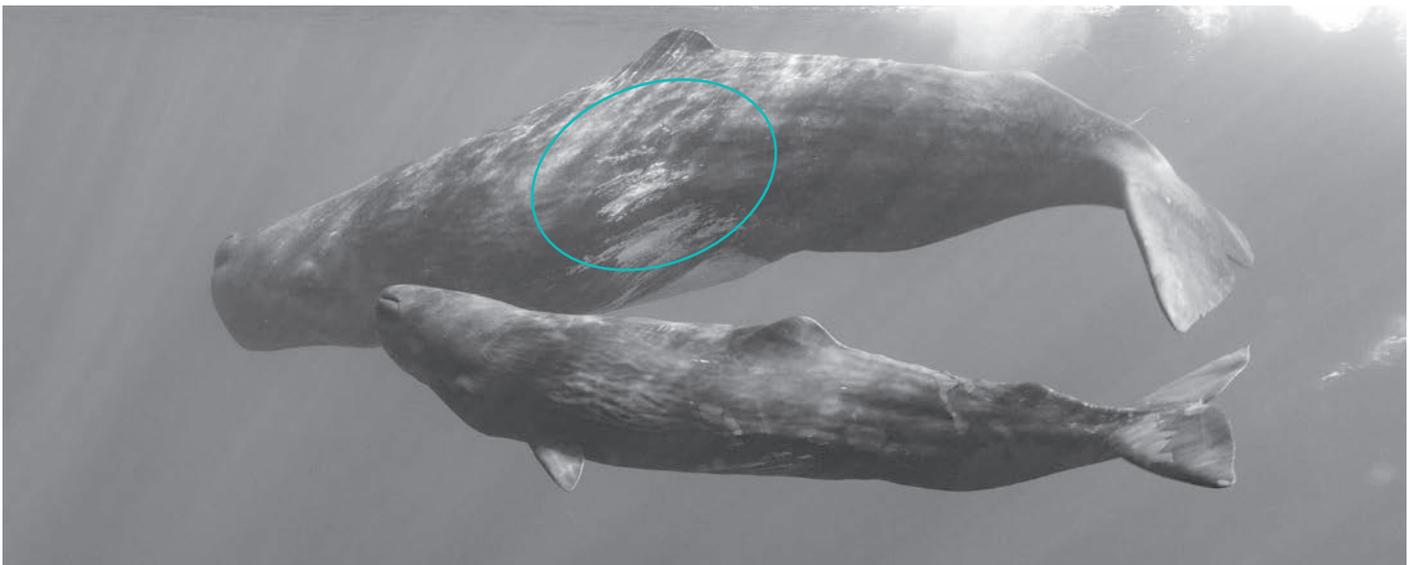
Cette double-page rassemble les éléments qui permettent de dresser la carte d'identité du jeune cachalot Hope. Aux photos descriptives du corps, on ajoute les éléments qui attestent des liens parentaux ou sociaux. Ici, la probable mère de Hope, Théa.

En Méditerranée occidentale, la majorité de nos observations sont celles de jeunes mâles, souvent isolés. Les structures sociales matriarcales (clan) sont plus rares et souvent composées de peu d'individus, à l'image de ce couple mère-fils qui est l'unité de base.

Toutes les images sous-marines sont de Stéphane Granzotto



Vue sous-marine de la caudale de Hope



Le jeune Hope et sa mère Théa dont le flanc gauche est strié de marques blanches bien différentes de celles de Hope:

Parfois, on ne dispose que des photos extérieures. Exemple, ci-dessous, le cas de Vespucci, pourtant suivi pendant 48 heures en acoustique, mais avec qui la rencontre sous-marine n'a pas pu se faire.

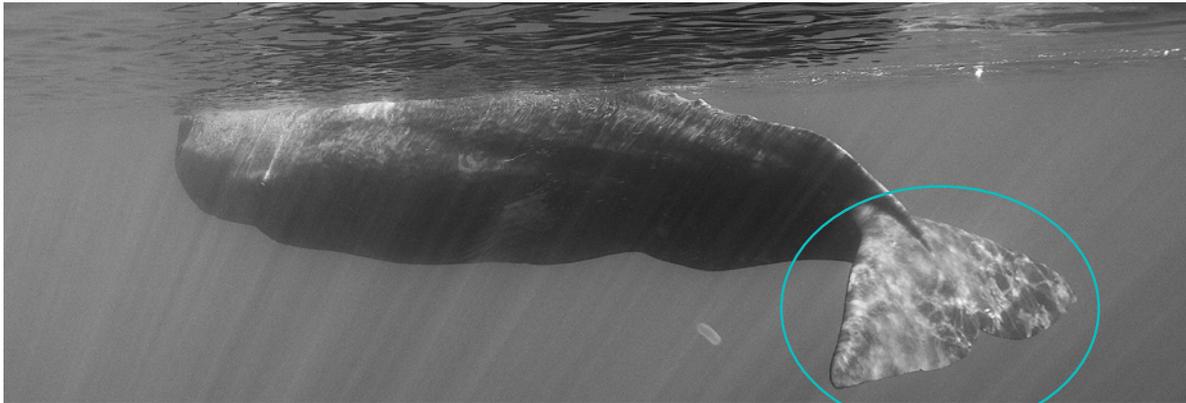


Dorsale droite de Vespucci portant des marques blanches caractéristiques

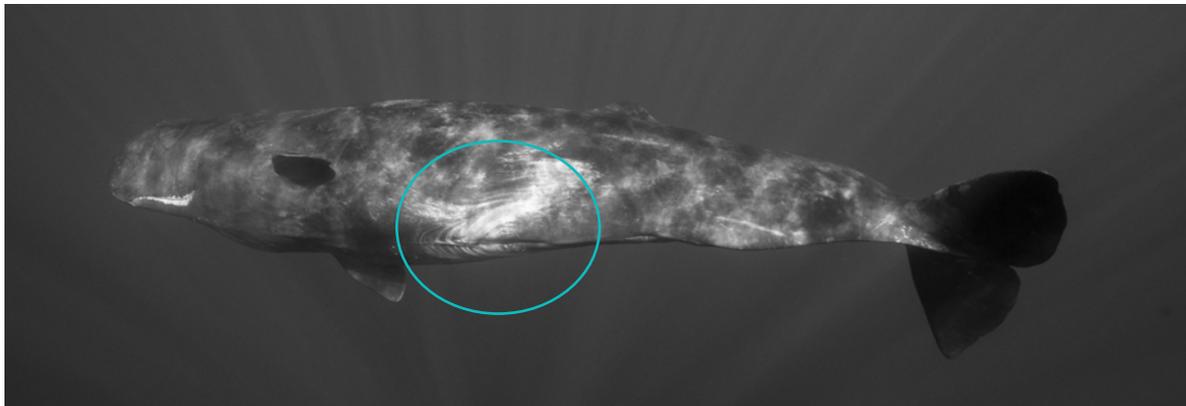
Dans d'autres cas, on dispose de 2 vues, extérieures et sous-marines, exemple Constellation ci-dessous. Ces 2 photos montrent que l'observation sous-marine apporte bien plus d'éléments, notamment le sexe, comme dans le cas de Léo (3^{ème} photo).



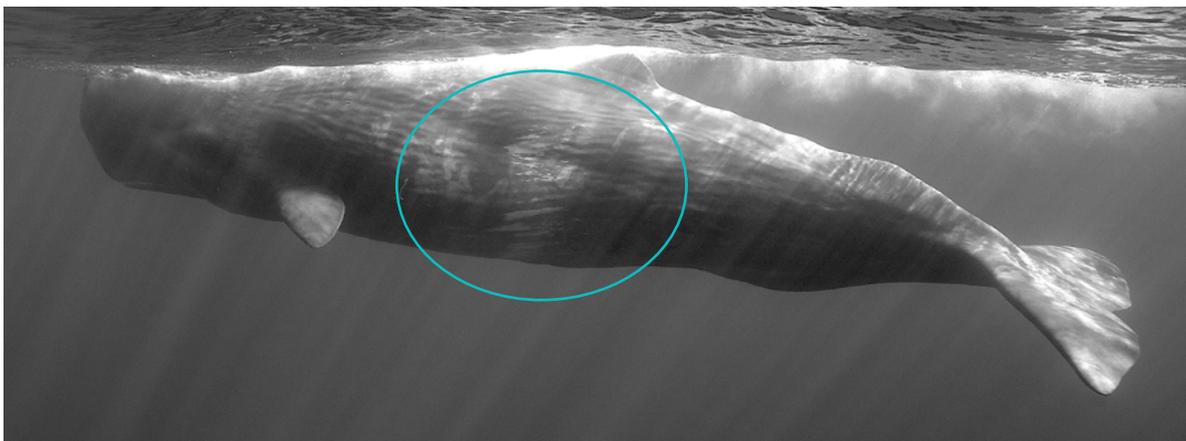
Dorsale gauche de Constellation



Flanc gauche et caudale de Constellation



Flanc gauche et sexe de Léo : mâle



Flanc gauche de Nihao



ALTAÏR - 21 septembre 2022



TROIS+UN - 21 septembre 2022



EFKARISTO - 11 juin 2022



TRUELOVE - 6 avril 2023



MERIC - 13 septembre 2022



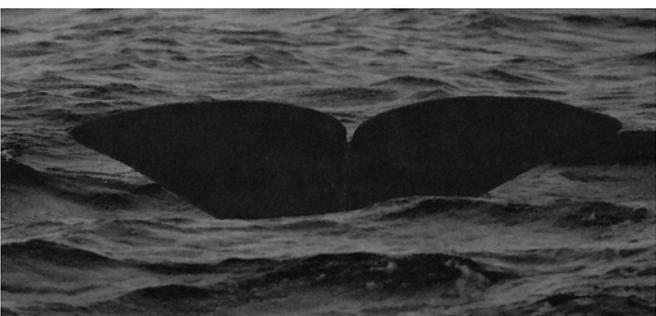
VEGA - 21 septembre 2022



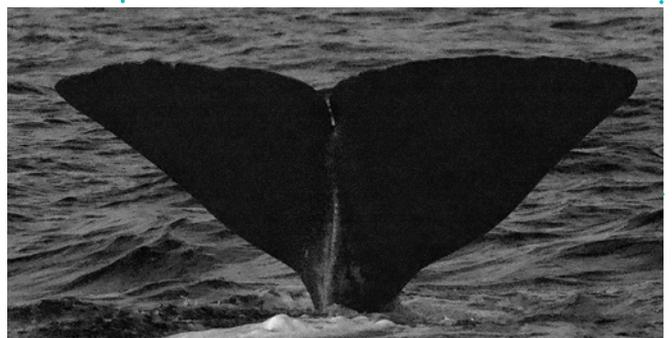
ROLAND - 4 avril 2023



VESPUCCI - 14 septembre 2022

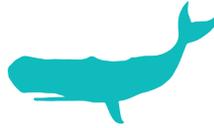


TANGUY - 5 avril 2023



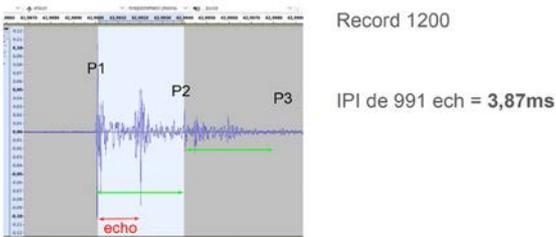
Wave - 6 avril 2023

Exemples de caudales de 10 des cachalots identifiés.

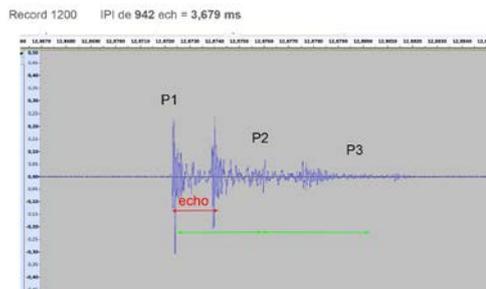


RECHERCHE DE L'IPI DES CACHALOTS

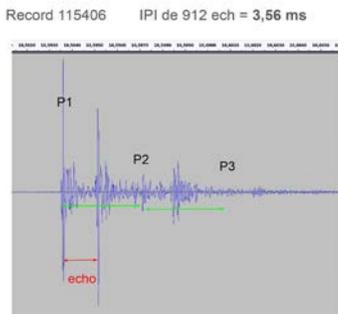
Cachalot 1 du 11/06 11h50 - 12h30 - Janus



Cachalot 2 du 11/06 11h50 - 12h30 - Trinacria



Cachalot 3 du 11/06 11h50 - 12h30 - Efkaristo



Mesure manuelle de l'IPI, Interval Inter Pulse de 3 cachalots enregistrés au Nord de la Corse : Janus, Trinacria et Efkaristo



Pour caractériser chaque cachalot, et déterminer notamment son âge et son sexe, il faut définir son IPI, une caractéristique de son clic que l'on recherche dans les enregistrements sonores réalisés par Bagheera.

L'analyse fine d'un clic montre que celui-ci est en fait formé de plusieurs impulsions (pulses) successives. Le temps en milli-secondes entre ces impulsions, appelé IPI (inter Pulse Interval), est lié au trajet du clic dans la tête du cachalot. Il est donc proportionnel à la tête du cachalot, et par conséquent à sa taille et son âge (voir Ferrari et al, soumis).

Le dimorphisme sexuel chez les cachalots est tel que, tout IPI supérieur 4 ms indique avec certitude que l'on a affaire à un mâle. Entre 3 et 4 ms, en revanche, il s'agit soit d'un mâle subadulte, soit d'une femelle adulte.

Pour cela, on utilise 2 méthodes :

1 - Recherche manuelle de l'IPI d'un clic

Exemple, pour chacun des 3 cachalots vus en juin 2022, au Nord de la Corse : Janus, Trinacria et Efkaristo. En mesurant l'intervalle entre 2 pulses, soit entre P1 et P2, on obtient (voir figures ci-contre) :

IPI Janus = 3,87 ms

IPI Trinacria = 3,68 ms

IPI Efkaristo = 3,56 ms

Tous 3 ont des IPI voisins, compris entre 3,5 et 4 ms et étaient dispersés, à environ 1 mille les uns des autres. L'ensemble de ces informations semble indiquer qu'il s'agit de jeunes mâles subadultes, qui ont quitté le clan familial de femelles où ils sont nés, et forment un groupement « lâche », d'individus sensiblement du même âge.



Caudale de la femelles adulte Véga et le souffle de l'immatrice Deneb

Analyse des IPI

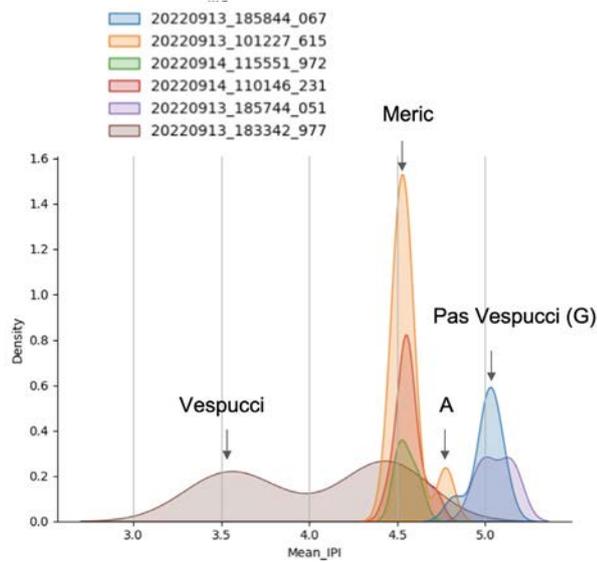
baguera_20220913_185844_067.wav (Bleu)

Moyenne de l'IPI d'un autre car Vespucci est en surface (G): 5.0068 ms

Moyenne de Méric: 4,55 ms

Moyenne de A: 4,72 ms

Moyenne de Vespucci: 3.57



Mesure automatique de l'IPI, Inter Pulse Interval, des 2 cachalots Méric et Vespucci qui fait apparaître un 3^{ème} individu non identifié visuellement

2 - Recherche automatique des IPI

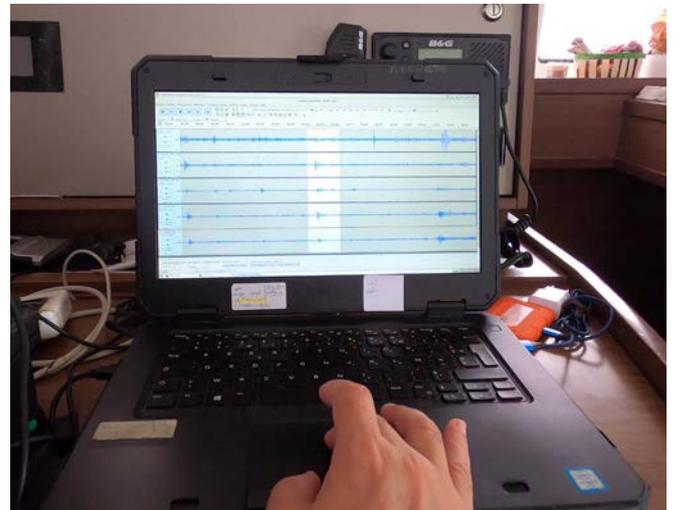
Dans ce cas, on analyse l'ensemble du fichier avec un logiciel qui détecte tous les IPI et les rassemble sur des courbes (voir schéma ci-dessus). Les courbes font alors ressortir des pics correspondant chacun à une valeur d'IPI. Dans ce cas, nous avons utilisé un enregistrement réalisé le 13 septembre 2022, alors que nous suivions 2 cachalots identifiés visuellement: Méric et Vespucci.

On retrouve bien les pics correspondants à nos 2 cachalots :

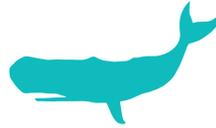
IPI Méric : 4,55 ms

IPI Vespucci : 3,57 ms

Mais la courbe fait ressortir un troisième cachalot, avec un IPI de l'ordre de 5 ms, qui devait chasser dans les parages, mais que l'on n'a jamais observé en surface : c'est l'individu « G »



Vespucci s'enfonce, à la suite de Méric

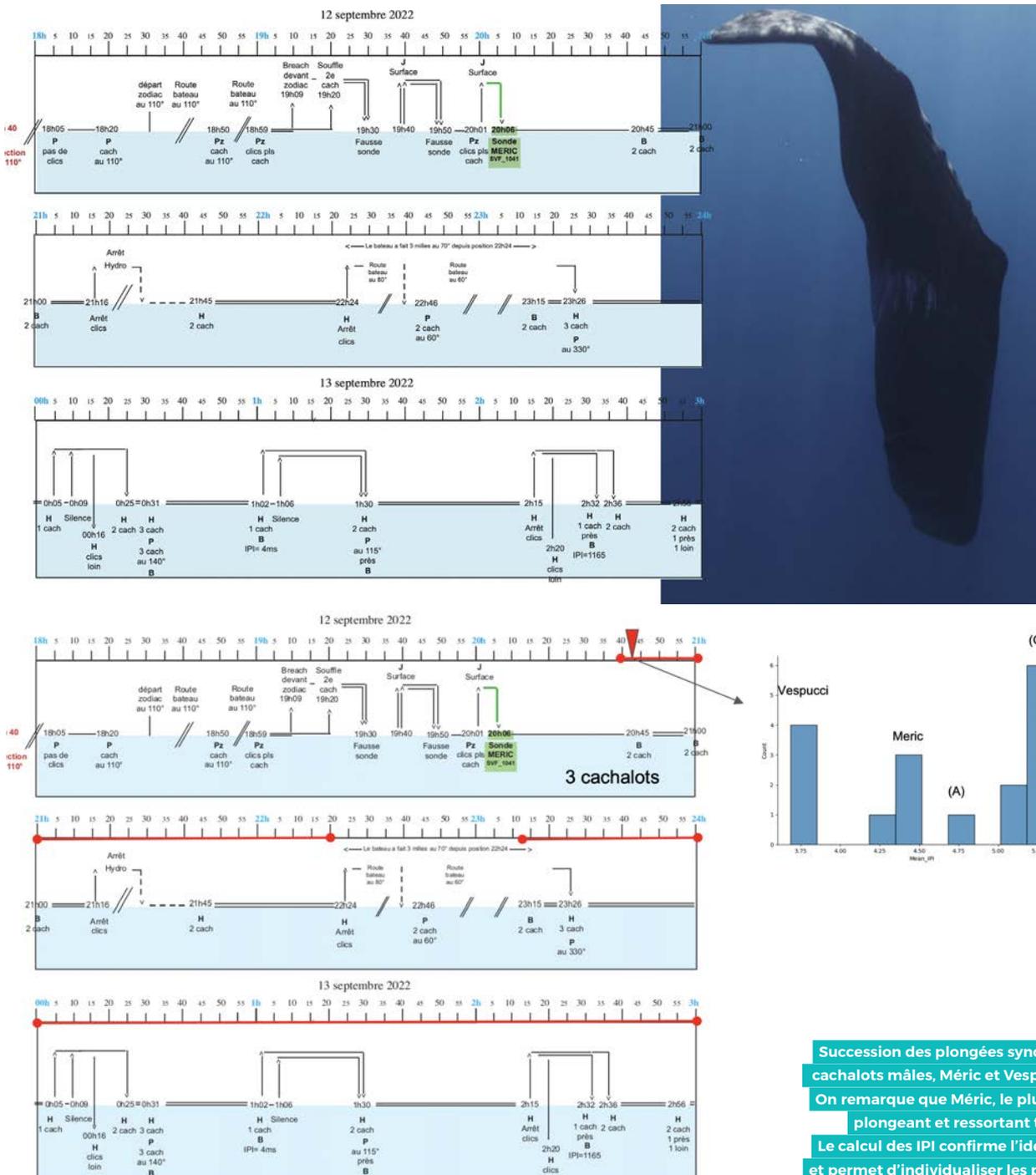


RYTHME NYCHTÉMERAL DES PLONGÉES

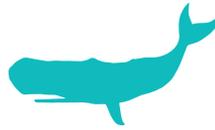


Un enregistrement sonore en continu sur 45 heures, permet de suivre le cycle des plongées des cachalots au fil de la journée : nombre, durée.

En accord avec les valeurs éthiques de Longitude 181, la méthode basée sur l'acoustique passive que nous utilisons est non intrusive. Elle ne nécessite ni contact avec le cachalot, ni pose de balise qui occasionnent des plaies profondes.



Succession des plongées synchrones de 2 jeunes cachalots mâles, Méric et Vespucci, sur 45 heures. On remarque que Méric, le plus âgé, est le leader, plongeant et ressortant toujours le premier. Le calcul des IPI confirme l'identification visuelle et permet d'individualiser les plongées de chacun



BILAN DES MISSIONS WHALEWAY MÉDITERRANÉE 2022-2023



Ces trois premières expéditions WhaleWay en Méditerranée, qui ont mis en oeuvre les prototypes d'enregistreurs acoustiques sous-marins, *Bagheera* et *Tétra*, ouvrent un nouveau volet de la recherche. L'analyse des données ainsi récoltées devrait lever une partie du voile sur un pan de la vie des cachalots dans la nuit des profondeurs, jamais révélé à ce jour.

Quelques chiffres



29 jours de mer, répartis en avril, juin et septembre, donc sur 3 saisons différentes, qui permettent une première appréciation des variations saisonnières de la présence des cachalots. Elle sera complétée par la mission WhaleWay4, du 23 septembre au 7 octobre 2023, pour voir si les résultats de septembre 2022 sont comparables à ceux de septembre 2023. Il semblerait que la présence des cachalots soit en étroite relation avec l'importance des activités humaines, qu'elle soit touristique ou militaire : plus il y a de dérangement, moins il y a de cachalots.



19 cachalots identifiés, environ 700 milles parcourus en Méditerranée occidentale, une soixantaine d'heures d'enregistrements cumulés réalisés avec *Bagheera* (à 5 hydrophones), dont 48h en continu sur les 2 mêmes individus : Méric et Vespucci.



Des Tétra-octets de données acoustiques qui vont être analysés au laboratoire LIS / CIAN de l'université de Toulon, sous la direction du Professeur Hervé Glotin.



10 scientifiques impliqués dans ces études, dont 2 membres de longévité 181, 5 chercheurs à temps partiel et 3 étudiants qui démarrent chacun, en sept 2023, une thèse de doctorat en partie consacrée aux cachalots et plus particulièrement au traitement des données acoustiques des missions WhaleWay, sous la co-direction de François et Véronique Sarano.



Souffle de la femelle adulte Altair

BIBLIOGRAPHIE



Liste des articles scientifiques, tirés des missions en mer des années précédentes, et sur lesquels s'appuie ce rapport 2022-2023 :



Photo-identification

Sarano V., Sarano F., Girardet J., Preud'homme A., Vitry H., Heuzey R., Sarano M., Delfour F., Glotin H., Adam O., Madon B. & Jung J-L (2022): *Underwater photo-identification of sperm whales (Physeter macrocephalus) off Mauritius*. Marine Biology Research. <https://doi.org/10.1080/17451000.2022.2040737>



Comportement

F. Sarano, V. Sarano, M-L Tonietto, A. Yernaux, J-L Jung, M. Arribart, J. Girardet, A. Preud'homme, R. Heuzey, F. Delfour, H. Glotin, I. Charrier, and O. Adam (2023) *Nursing behavior in sperm whales (Physeter macrocephalus)*. Animal Behavior and Cognition 10(2):105-131 <https://doi.org/10.26451/abc.10.02.02.2023>

O. Adam, A. Yernaux, M. Seauvêtre, J. Ngosso, G. Nuel, M. Haffner-Trinh, R. Troussier, Z.L Guillerme, L. Picon, L. Barluet de Beauchesne, V. Kuhn, F. Delfour, V. Sarano, H. Vitry, A. Preud'homme, R. Heuzey, J-L Jung, J Girardet, H. Glotin, F. Sarano (2020): *Study of behaviours and emitted codas during sperm whale social interactions*. Forum Acusticum 2020, Dec 2020, Lyon, France. pp.3225-3227, 10.48465/fa.2020.1088. <https://hal.science/hal-03230838>

F. Sarano, V. Sarano, O. Adam, J. Girardet, H. Vitry, A. Preud'homme, R. Heuzey, H. Glotin, J-L Jung and F. Delfour (2019): *A focal animal 6-points Likert scale to rate intra-unit interactions in sperm whales (Physeter macrocephalus) off Mauritius Island*. World Marine Mammal Conference, Barcelona, Poster, Book of Abstracts p.112.



Génétique

F. Sarano, J. Girardet, V. Sarano, H. Vitry, A. Preud'homme, R. Heuzey, A M Garcia Segarra, G. Richard, P. Tixie, C. Guinet, F. Delfour, H. Glotin, O. Adam & J-L Jung (2021) : *Kin relationships in cultural species of the marine realm: case study of a social group of sperm whales (Physeter macrocephalus) off Mauritius Island, Indian Ocean*. Royal Society Open Science 8: 201794. <https://doi.org/10.1098/rsos.201794>



Grands mâles

J. Girardet, F. Sarano, G. Richard, P. Tixier, C. Guinet, A. Alexander, V. Sarano, H. Vitry, A. Preud'homme, R. Heuzey, A. M. Garcia-Cegarra, O. Adam, B. Madon & J-L Jung (2022): *Long distance runners in the marine realm: new insights into genetic diversity, kin relationships and social fidelity of Indian Ocean male sperm whales*. Front. Mar. Sci. 9:815684. <https://doi.org/10.3389/fmars.2022.815684>



Acoustique

Ferrari M. (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, 242 p. <https://theses.hal.science/tel-03626254>

M. Ferrari, H. Glotin, M. Oger, R. Marxer, M. Asch, V. Gies, F. Sarano (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*. European Forum Acusticum, Dec 2020, Lyon, France, hal-03078655. <https://hal.science/hal-03230843>

Glotin H., Thellier N., Best P., Poupard M., Ferrari M., Viera S., Donz G., Campana M., Chevallier J., Giraudet P., Malige F., Patris, J., Pr vot J.M., Gi s, V., Pr vot d'Alvise N., Barchasz V., Marzetti S., Sarano F., Gaillard S., de Varenne F. (2020) : *Sphyrna-Odyssey 2019-2020, Rapport I: Découvertes de Chasses Abyssales de Cachalots en Alliance et des Effets du Confinement Covid19*. CNRS LIS, Université de Toulon. <https://sabiod.lis-lab.fr/pub/SO1.pdf>

