



PROJET GEDEGEM

Rapport final

novembre 2015



SUIVI DES GRANDS DAUPHINS PAR ACOUSTIQUE PASSIVE AU SEIN D'UNE AMP MÉDITERRANÉENNE (PNPC)



Lucia DI IORIO & Cédric GERVAISE





Résumé exécutif

Le projet GDEGeM, Grand Dauphin Etude et Gestion en Méditerranée, a comme objectif principal d'améliorer les moyens de conservation du Grand Dauphin en Méditerranée nord-occidentale notamment en améliorant la connaissance sur sa population et son statut et en favorisant la mise en place de mesures de conservation et de suivi au sein des Aires Marines Protégées. L'action « Test du suivi des Grands Dauphins par acoustique passive (AP) au sein d'une AMP méditerranéenne » est un des volets de l'objectif 2, « Aide à la mise en place et au suivi de mesures de conservation au sein des AMP ».

L'objectif du projet AP au sein du Parc National de Port Cros est d'étudier les potentialités de l'acoustique passive pour décrire la fréquentation spatio-temporelle du secteur par le Grand Dauphin ainsi que des activités nautiques. Les points principaux abordés ont les suivants :

- 1) Evaluation de la présence des grands dauphins dans le cœur du parc
- 2) Utilisation spatiale de la zone
- 3) Utilisation temporelle de la zone (rythmes : circadiens, saisonniers, etc.)
- 4) Types de vocalises (indicatrices de l'utilisation fonctionnelle)
- 5) Définition d'une chaîne de traitement adaptée à un suivi opérationnel sur le long terme.

Avec l'aide du personnel du PNPC, trois sites ont été retenus pour le suivi acoustique, deux à Port-Cros et un à Porquerolles. Les enregistrements acoustiques ont débuté en mars 2014 à PNPC_1, un point au Nord de l'île de Port-Cros. Un deuxième enregistreur a été mis en place en avril 2015 au Sud de Port-Cros (PNPC_2) et le troisième n'a pas pu être immergé suite à des complications logistiques et administratives concernant le point d'écoute à Porquerolles. Aujourd'hui, toutes les conditions sont favorables à une mise à l'eau dans le secteur de Porquerolles.

11 déploiements ont été réalisés. En excluant les enregistrements en cours, 565 jours d'enregistrement effectifs ont été réalisés au total, avec une moyenne de 63 jours effectifs par déploiement, constituant 7.2 To de données brutes. Après une mise au point des algorithmes de traitement, la validation des détections et les ajustements des algorithmes, la totalité des mesures a été traitée.

Principaux résultats

Sur les 565 jours traités, 901 rencontres de dauphins ont été observées, ce qui correspond en moyenne à 1.6 rencontres par jour. En général, plusieurs rencontres par mois ont eu lieu à PNPC_1 et PNPC_2. La présence dans le parc est donc régulière. Dans la zone Nord de Port-Cros, la présence acoustique des dauphins était plus importante en hiver/printemps (60% des détections, surtout en février/mars 2015) que l'été ou l'automne. En général, les rencontres acoustiques ont lieu plutôt la nuit que le jour pour les deux années et les deux sites. Pendant les 4 mois d'enregistrements simultanés, PNPC_2 a détecté 3 fois plus de passages de dauphins que PNPC_1, principalement aux mois d'avril/mai 2015 (90% des détections). Sur la période enregistrée, il est difficile de déduire une utilisation fonctionnelle des sites. La majorité des rencontres étaient de courte durée, correspondant plutôt à des passages dans la zone. Seul quelques-unes des rencontres étaient clairement associées à des interactions sociales.

En parallèle des dauphins, nous nous sommes également intéressés à la présence d'embarcations à moteur. Plus de 70'000 passages de bateaux ont été observés sur les 565 jours d'enregistrement. Les embarcations à moteur sont plus présentes à la fin du printemps et pendant l'été plutôt que le reste de l'année. Au Nord de Port-Cros, les embarcations sont principalement pendant le jour tandis qu'au Sud, elles sont présente jour et nuit. La présence de bateau se chevauche au Sud avec la présence acoustique des dauphins mais très peu au Nord. Cependant, les résultats obtenus à PNPC_2 pourraient évoluer dans le temps (3.5 mois de données à PNPC_2 vs. 17 mois à PNPC_1) Les analyses menées pour cette étude ne permettent pas d'évaluer si la présence de bruits de moteurs au Sud a un impact potentiel sur la communication des dauphins. Des analyses plus spécifiques sur la nature du bruit, sa distribution, son niveau etc. seraient nécessaires. Au Nord de Port-Cros nous ne pouvons pas exclure une absence d'interaction, puisque les animaux peuvent très bien être



présents et ne pas vocaliser ou avoir choisi d'éviter certaines zones et périodes à forte fréquentation d'embarcations à moteur.

Discussion et perspectives

Les résultats du présent projet confirment l'importance des avantages d'un suivi par acoustique passive :

- la majorité des détections ont eu lieu la nuit et pendant des saisons ou des observations visuelles sont difficiles à mener
- elle permet la détection d'évènements rares (présence de dauphins)
- informe en même temps sur les pressions anthropiques.

L'efficacité de cette méthode peut être augmentée par une vérité terrain issue d'observations visuelles sur l'espèce, la taille et composition du groupe, le comportement, etc. permettant ainsi de valider les enregistrements et de créer des descripteurs acoustiques opérationnels pour ces catégories. Le manque de validation est d'ailleurs une lacune de ce projet car à ce jour, il reste difficile de clairement attribuer les vocalises détectées aux grands dauphins car les caractéristiques acoustiques diffèrent très peu de celles des dauphins bleus et blancs.

En perspective, les points principaux à retenir seraient les suivants :

- 1) Mener des enregistrements ponctuels en présence de grands dauphins permettant d'identifier (même à posteriori) l'espèce détectée acoustiquement
- 2) Augmenter les séries temporelles et les points d'écoute (Porquerolles) pour étudier l'utilisation spatiale et confirmer ou infirmer les tendances circadiennes et saisonnières observées et pour identifier des différences annuelles.
- 3) Evaluer les usages en termes de quantification de bruit qu'ils émettent car leur présence est importante
- 4) Traiter les différents types de bruits anthropiques, les quantifier et estimer leur impact sur la faune. C'est un point d'autant plus pertinent étant donné qu'on se trouve au cœur d'un parc national.



SOMMAIRE

Résumé exécutif	2
Identification du document.....	5
Contexte et objectifs de l'étude	5
Monitoring par acoustique passive	5
Objectif du projet acoustique passive	6
Objet du projet acoustique passive.....	6
Déroulée du projet acoustique passive.....	7
Actions effectuées	7
Logistique	7
Choix des sites	7
Mesures acoustiques.....	10
Enregistreurs acoustiques	10
Déploiements	10
Traitement des mesures acoustiques	11
Phase préliminaire.....	11
Algorithme de détection de sifflements.....	11
Chaine de traitement.....	13
Analyses.....	14
Résultats	15
Activité acoustique des dauphins.....	15
Séries temporelles	15
Usages : présence de bruits d'embarcations	21
Présence d'activité militaire	Error! Bookmark not defined.
Conclusions et perspectives	23
Lien avec les usages et d'autres types de bruits anthropiques.....	26
Discussion et perspectives.....	26
Références citées.....	27
Bilan financier.....	28
Remerciements.....	28



Identification du document

Le présent document constitue le rapport final de l'étude intitulée «Test du suivi des Grands Dauphins par acoustique passive au sein d'une AMP méditerranéenne». Cette étude s'inscrit dans le volet 2) «Aide à la mise en place et au suivi de mesures de conservation au sein des AMP » du projet GDEGeM, Grand Dauphin Etude et Gestion en Méditerranée.

Ce document doit être cité comme suit :

Di Iorio L. et Gervaise C. 2015. Suivi des Grands Dauphins au sein du AMP méditerranéenne (PNPC). Projet GDEGeM Grand dauphin Etude et Gestion en Méditerranée 2013-2015. Rapport SOMME pour le GIS3M, 29 p.

Contexte et objectifs de l'étude

Le projet GDEGeM, Grand Dauphin Etude et Gestion en Méditerranée, a comme objectif principal d'améliorer les moyens de conservation du Grand Dauphin en Méditerranée nord-occidentale notamment en améliorant la connaissance sur sa population et son statut et en favorisant la mise en place de mesures de conservation et de suivi au sein des Aires Marines Protégées.

L'action « Test du suivi des Grands Dauphins par acoustique passive au sein d'une AMP méditerranéenne » est un des volets de l'objectif 2, « Aide à la mise en place et au suivi de mesures de conservation au sein des AMP ». L'étude se déroule sur le secteur des îles d'Hyères au sein du Parc national de Port Cros. Des études menées antérieurement par le GECEM et le GIS3M en collaboration avec le Parc national de Port Cros ont montré que les grands dauphins (*Tursiops truncatus*) sont présents dans la zone toute l'année, que certains individus peuvent être rencontrés plusieurs fois dans l'année et d'une année à l'autre, que chaque année le nombre d'individus identifiés pour la première fois augmente et que certains parcourent de longues distances (Colombey et al. 2008, Labach et al. 2009, Labach, comm. pers.). Les recaptures d'une année à l'autre pourraient indiquer l'existence d'une population résidente autour des îles d'Hyères, hypothèse qui reste à confirmer. Malgré la fréquentation régulière de cette zone par les grands dauphins et ses caractéristiques écologiques favorables à la présence de cette espèce, les connaissances sur la fréquentation par les grands dauphins restent limitées.

Suivi par acoustique passive

Les *delphinidae* ont l'olfaction ainsi que la vision réduites dans leur environnement. L'acoustique est le canal principal pour interagir socialement et à des distances supérieures à quelques mètres ou dizaines de mètres. La cohésion entre les individus d'un groupe est vitale pour la plupart des *delphinidae* et elle est garantie par les sons. Par exemple, une mère ne peut pas retenir physiquement son petit et doit garder le contact avec lui pendant la recherche de nourriture. Les *delphinidae* utilisent aussi les sons pour se repérer dans l'espace et pour chasser grâce à leur système d'écholocation sophistiqué. L'écholocation et la communication utilisent deux types de signaux acoustiques bien différents. Cette distinction est aussi particulièrement nécessaire pour les animaux qui vivent loin des côtes, sans repères topographiques pour s'orienter. Les contraintes et difficultés imposées par l'environnement marin ont favorisé l'évolution de capacités acoustiques avancées chez les dauphins.

Ces différences dans le répertoire sonore des dauphins permettent parfois d'attribuer une signification fonctionnelle à un type ou un pattern de sons. Les grands dauphins (comme d'autres espèces de dauphins) sont connus pour avoir un répertoire de vocalises important (e.g., Au, 1993, Caldwell & Caldwell, 1965/68, dos Santos et al. 1995, Janik, 2000, Janik et al., 2009) :

clics d'écholocation

'burst pulses' (> 10kHz)

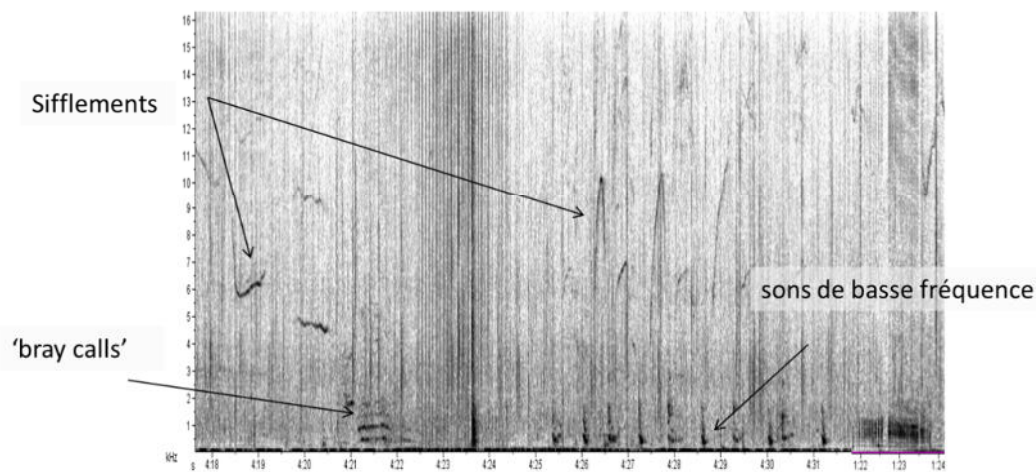


Figure 1 : Spectrogramme de types de vocalises des grands dauphins (enregistrement AcDau, Parc Naturel Marin d'Iroise)

- Les clics d'écholocation utilisés pour la chasse et l'orientation
- Les « burst pulses » (>> 10kHz) émis pendant les interactions sociales (compétition)
- Les « bray calls », émis pendant la chasse (manipulation de nourriture?) et autre contextes de nature sociale avec les sons de basse fréquence
- Les sons de basse fréquence, audibles souvent pendant les interactions sociales
- Les sifflements (4 – 20kHz) émis lors des séparations entre individus et tout autre contexte, est le type de vocalise le plus émis et le plus varié.

La majorité de ces vocalises (principalement les sifflements) peut s'entendre à plusieurs centaines de mètres, voir kilomètres, selon l'intensité du bruit de fond. Une approche acoustique paraît donc adéquate, permettant de déterminer par exemple la présence des animaux, leurs lieux privilégiés, ainsi que la fréquence d'utilisation du site sur le long-terme. Les autres avantages d'un suivi par acoustique passive sont l'application jour et nuit indépendamment de la météo, le suivi long-terme et en continu, la haute résolution temporelle et l'utilisation d'un système non intrusif.

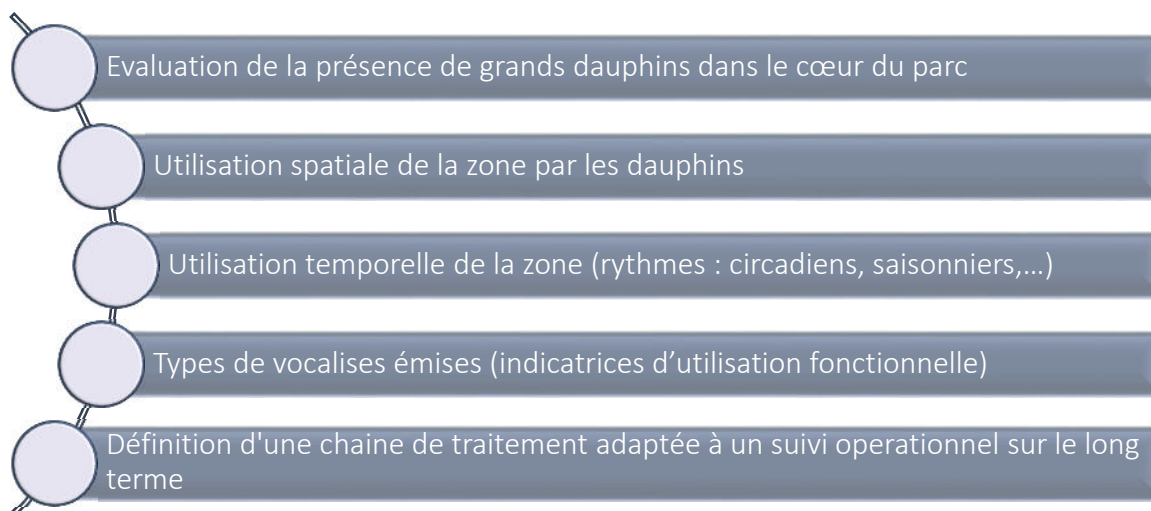
L'efficacité de ce type de suivi avec les méthodes proposées par les responsables du suivi acoustique (L. Di Iorio & C. Gervaise) a été confirmée dans des zones côtières de l'Atlantique Nord : Parc naturel marin d'Iroise (étude AcDau) et Golfe Normand-Breton (GECC).

Objectif du projet acoustique passive

L'objectif du projet de suivi par acoustique passive au sein du Parc national de Port Cros est **d'étudier les potentialités de l'acoustique passive pour suivre et caractériser la fréquentation spatio-temporelle du secteur par le Grand Dauphin** de manière opérationnelle et en parallèle, décrire les activités nautiques dans la zone, qui pourraient interagir avec les dauphins.

Objet du projet acoustique passive

Les points principaux abordés dans l'étude sont les suivants :



Déroulée du projet acoustique passive

Le projet comprend les étapes suivantes :

- 1) Choix des sites et demandes d'autorisations
- 2) Matériel et choix du mouillage approprié
- 3) Formation et soutien de l'équipe de terrain
- 4) Adaptation des algorithmes de traitement aux données du PNPC et création d'outils spécifiques additionnels
- 5) Traitement automatique (et non) des données et tri manuel des sorties de l'algorithme
- 6) Visualisation et interprétation des résultats

Actions effectuées

Logistique

Choix des sites

Les sites candidats à Port-Cros ont été choisis après inspection en plongée par l'équipe de terrain du PNPC. Le point Récif Artificiel (RA) au Nord de l'île (**PNPC_1** : 43° 00'55.2" N x 006° 23'27.6") et un point au Sud (Pain du Sucre) de l'île de Port-Cros (**PNPC-2** : 42°59'42" N x 6°22'75" E) présentaient les meilleures caractéristiques (proximité, protection, profondeur,...) pour le mouillage des hydrophones (Fig. 3). Le système de fixation au récif (PNPC_1) a été mis en place par les agents du PNPC suivant les consignes fournies par L. Di Iorio. L'enregistreur a été fixé sur une structure existante. Pour le point au Sud (PNPC_2), un corps mort en béton a été fabriqué par l'équipe de terrain du PNPC. L'enregistreur a été fixé de manière analogue à celui de PNPC_1 (Fig. 4).



Photo PNPC

Figure 3 : Position des enregistreurs au sein du PNPC (Source : PNPC)

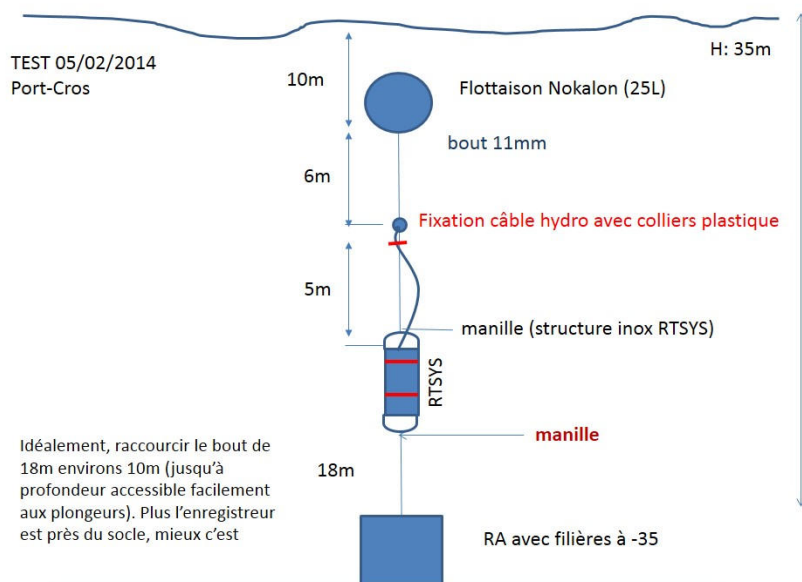


Figure 4 : Schéma du système de mouillage type.

Porquerolles (PRL) présentait plus de contraintes pour le choix du mouillage. Elles étaient de différentes natures : une forte fréquentation des côtes, la pêche, les mines, les fonds, etc. Le point retenu se trouve au Sud-est de l'île (42°59'44,46" x 6°14'47,36") (c.f. Marion Peirache, PNPC). A ce jour, aucun enregistrement n'a pu être effectué sur le site de PRL.



Figure 5 : Démonstration des enregistreurs (montage, programmation, etc.) et première mise à l'eau le 05/02/2014.

L'effort porté sur chaque site a été conditionné par les paramètres environnementaux du site, les démarches administratives, la logistique et le support.

Le Tableau 1 présente une synthèse du déroulement logistique et administratif pour la mise en place des enregistreurs dans le Parc.

CALENDRIER LOGISTIQUE ET ADMINISTRATIF		
Date	Action	Qui
Juillet 2013	Commande enregistreurs RTSYS	
Octobre 2013	première version de l'AOT envoyé au PNPC	HL/ LDI
Novembre 2013	Fiche technique, dont manuel d'utilisation des enregistreurs	LDI
Novembre 2013	Réunion au PNPC	PNPC/ HL/ LDI
Février 2014	Formation agents, montage antenne, test enregistrements	PNPC/ LDI
Mars 2014	Début enregistrements PNPC_1	PNPC/SOMME
Avril 2014	Dépot AOT 1	PNPC
Septembre 2014	AOT 2	PNPC
Janvier 2015	Choix site PNPC_2 et PNPC_3	PNPC
Février 2015	Dépot AOT3 (PRL)	PNPC
Mars 2015	Fabrication corps mort	PNPC
Avril 2015	Début enregistrements PNPC_2	PNPC/SOMME
Juin 2015	AOT 3	PNPC
Juillet 2015	Demande Mise en oeuvre d'un dispositif d'écoute passive en mer	HL/ LDI/PNPC
Aout 2015	Achat ancre à visse pour PRL	



Tableau 1 : Synthèse des étapes logistiques et administratives. HL :Hélène Labach, LDI : Lucia Di Iorio, PNPC : personnel du parc.

Mesures acoustiques

Enregistreurs acoustiques

Le type d'enregistreur utilisé pour les prises de sons était le EA-SDA14 - 1000 de RTSYS (Fig. 5). Il s'agit d'un enregistreur à une voie d'acquisition muni d'un disque dur (DD) d'une capacité de 2 To et de 54 piles Lithium (Type D, SAFT LSH 20). Les senseurs branchés aux enregistreurs étaient soit des HTI-92-WB 50kHz (1 disponible) d'une sensibilité hydrophonique égale à -155 dB ref 1V/1µPa soit des HTI-96-MIN 30kHz (2 disponibles) d'une sensibilité hydrophonique égale à -1164 dB ref 1V/1µPa. Les enregistreurs sont autonomes et la durée des enregistrements dépend des paramètres choisis. Les enregistrements ont été effectués avec une fréquence d'échantillonnage de 78kHz (ce qui veut dire qu'on écoute des fréquences de 10 Hz à 38 kHz). En général le cycle d'échantillonnage était de 15 minutes d'enregistrement pour 10 minutes de pause (15 min. tous les 5 min. pour PNPC_1.1 et PNPC_1.2).

Déploiements

L'effort a été plus important sur PNPC_1 que sur les autres points parce que le site était favorable à une mise en place rapide des enregistrements (structure d'accroche pour l'enregistreur RTSYS existante, zone d'interdiction de passage, etc.). Les opérations de terrain ont été effectuées par l'équipe des agents de terrain du PNPC. Lors de la récupération des enregistreurs, une personne de SOMME (J. Beeseau) était sur place pour aider les agents à télécharger les données (ou changement de DD), changer les piles et reprogrammer les instruments acoustiques pour une remise à l'eau rapide. LDI ou du personnel de RTSYS apportait de l'assistance à distance en cas de besoin. Une fois les données récupérées sur un DD, elles étaient envoyées pour traitement à LDI (SOMME).

Le Tableau 2 présente une synthèse des 11 déploiements réalisés dans le Parc. En excluant les enregistrements en cours, 565 jours d'enregistrement effectifs ont été réalisés au total, avec une moyenne de 63 jours effectifs par déploiement, constituant 7.2 To de données brutes.

CALENDRIER ENREGISTREMENTS ACOUSTIQUES PNPC									
Position	Enregistreur	Nom dossier sauvegarde	Senseur	Date début enregistrement	Date fin enregistrement	Date mise à l'eau	Date récupération	Date fin enregistrement réelle	Jours d'enregistrements
Position:		RA 43° 00.924' x 006° 23.451': et P2 (Pain du Sucre) 42°59'700 x 006°22'750							
Enregistreur:		205 ou 206							
Senseur:		gros (HTI92) ou petit (HTI96)							
Date début et fin enregistrement :		dates mis lors de la programmation							
Taux échantillonnage:		15min (rec) tous les 10min							
RA	206	PNPC_1.1	gros	06/03/2014	06/05/2014	06/03/2014	06/05/2014	19/04/2014	45
RA	205	PNPC_1.2	gros	06/05/2014	06/07/2014	06/05/2014	11/07/2014	25/06/2014	51
RA	206	PNPC_1.3	gros	13/07/2014	13/10/2014	13/07/2014	09/10/2014	17/09/2014	70
RA	205	PNPC_1.4	petit	10/10/2014	10/01/2015	10/10/2014	01/12/2015	12/31/2014	66
RA	206	PNPC_1.5	gros	13/01/2015	13/04/2015	13/01/2015	03/04/2015	3/20/2015	68
RA	205	PNPC_1.6	petit	04/04/2015	15/06/2015	04/04/2015		15/06/2015	76
P2	206	PNPC_2.1	gros	05/04/2015	19/06/2015	05/04/2015		11/06/2015	68
RA	205	PNPC_1.7	gros	15/06/2015	25/08/2015	15/06/2015	14/08/2015	15/08/2015	61
P2	206	PNPC_2.2	petit	17/06/2015	25/08/2015	16/06/2015	14/08/2015	15/08/2015	60
P2	205	PNPC_2.3	petit	20/08/2015	15/11/2015	15/08/2015?	en cours		
RA	206	PNPC_1.8	gros	20/08/2015	15/11/2015	16/08/2015?	en cours		

Tableau 2 résumant les déploiements des hydrophones et les cycles d'enregistrement effectués.



Traitement des mesures acoustiques

Les signaux mesurables avec la fréquence d'échantillonnage utilisée appartiennent principalement à la famille des signaux à modulation de fréquence (e.g., sifflements) pour lesquels des détecteurs basés sur les représentations temps-fréquence sont adaptés. La chaîne de traitement utilisée dans GDEGEM était constituée de plusieurs étapes avec des passages automatisés et manuels et avec une phase préliminaire (été/automne 2014) pour adapter et mettre au point les algorithmes de traitement aux données du Parc (bruit ambiant, type de signaux, etc...).

Phase préliminaire

- 1) **Mise au point des algorithmes des détections** : Le bruit ambiant varie en fonction des sites et des facteurs environnementaux biologiques, abiotiques et anthropiques. Dans le Parc, le bruit ambiant biologique (crevettes pistolet) et anthropique sont élevés. Surtout la présence de bruits de crevettes pistolet dans la bande de détection des vocalises des dauphins peut produire des fausses détections. Une mise au point des algorithmes de détection était donc nécessaire et a été effectué par C. Gervaise (via SOMME).
- 2) **Validation des détections** : Les spectrogrammes des trois premiers mois d'enregistrement ont été entièrement parcourus visuellement. Chaque rencontre avec des vocalises de dauphins a été noté manuellement. La liste de ces 'détections manuelles' a été comparée à celle des 'détections automatiques' pour estimer l'efficacité de l'algorithme de traitement. 5 rencontres sur 25 n'ont pas été détectées par l'algorithme. Cette lacune était principalement due à la présence dominante de clics d'écholocation (très haute fréquence) par rapport aux sifflements. L'algorithme de détection est principalement basé sur la détection de sifflements.
- 3) **Ajustement de l'algorithme** : Une fonction supplémentaire spécifique a été créée (CG) permettant de repérer les passages avec des clics et donc réduire considérablement les passages de dauphins manqués.

Algorithme de détection de sifflements

L'analyseur sonore utilisé est constitué de 2 étapes. Les références suivantes détaillent cet algorithme :

- ✓ Brevet C. Gervaise, Détecteur de mammifères marins par acoustique passive, European Patent application 11305917.4, 05.09.11.
- ✓ Dadouchi, F., Gervaise, C., Ioana, C., Huillery, J., & Mars, J. I. (2013). Automated segmentation of linear time-frequency representations of marine-mammal sounds. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 134(3), 2546-2555.
- ✓ Gervaise, C., Barazzutti, A., Busson, S., Simard, Y., & Roy, N. (2010). Automatic detection of bioacoustics impulses based on kurtosis under weak signal to noise ratio. *Applied Acoustics*, 71(11), 1020-1026.

La première consiste à i) former le spectrogramme des mesures et ii) segmenter ce spectrogramme en zones contenant du bruit seul et en zones contenant des sons. La deuxième étape consiste à extraire des zones sonores les zones contenant des modulations de fréquences.

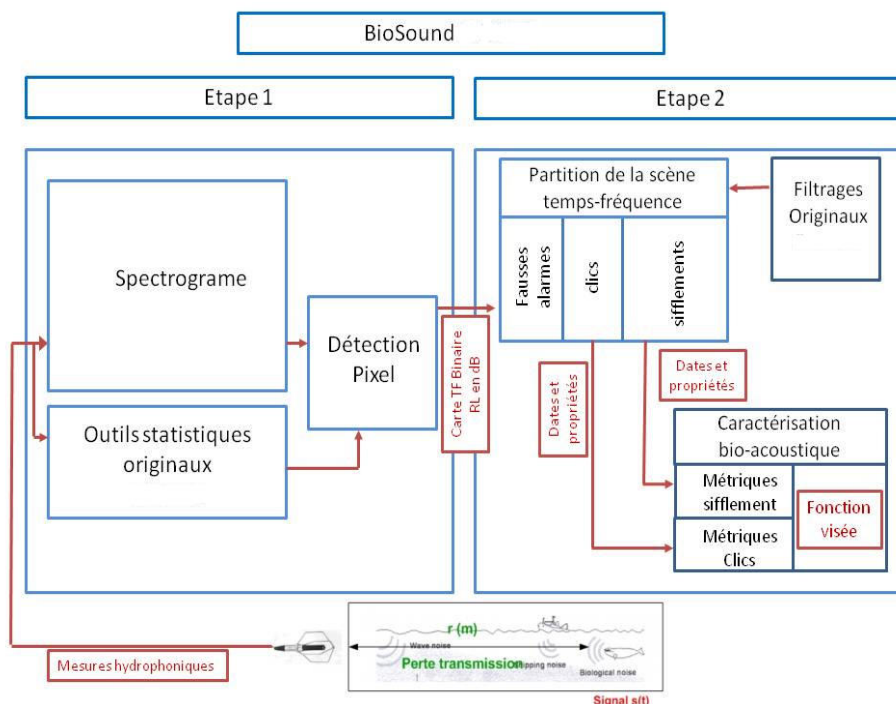


Figure 6: Architecture de l'algorithme de traitement (orienté modulation de fréquence)

La première étape effectue un changement d'espace de représentation de la donnée, nous y construisons le spectrogramme des mesures (passage d'une mesure temporelle à une mesure tempo-fréquentielle). Cette première étape présente deux intérêts majeurs. Le premier est de représenter les mesures dans un espace facilitant la détection des émissions bioacoustiques car les clics y sont représentés par de brèves lignes verticales et les modulations de fréquence par des courbes. Le second est l'optimisation du rapport signal à bruit car le spectrogramme effectue une séparation tempo-fréquentielle entre le bruit et la mesure utile. Il doit être noté que seul le spectrogramme permet, à ce jour, le changement d'espace de représentation en temps réel (i.e. durée de calcul inférieure à la durée de l'enregistrement). Finalement à partir de considérations statistiques, la première étape s'achève en estimant le pied de bruit de fond et en détectant les pixels temps-fréquence statistiquement plus forts que les pixels du bruit de fond (approche Constant False Alarm Rate).

La carte temps-fréquence des pixels détectés dans la première étape contient i) toutes les contributions supérieures en énergie au bruit de fond, ii) les émissions bioacoustiques, et iii) toutes les contributions notamment les signaux transitoires. Une succession de filtrages originaux prenant en compte des outils statistiques et les différences entre les émissions bioacoustiques et le bruit, permet de trier les pixels en deux catégories : les pixels appartenant à des modulations de fréquence et les pixels appartenant à des impulsions. Les traces temps-fréquence de ces détections sont mises en mémoire et ces détections sont résumées par des métriques permettant une analyse simple :

- ✓ Pour les modulations de fréquence : le taux de couverture temporelle (ratio de la durée couverte par des modulations de fréquence dans une période de temps donnée).
- ✓ Pour les impulsions : le taux de couverture temporelle (ratio de la durée couverte par des impulsions dans une période de temps donnée) ou le nombre d'impulsions par période de temps donnée.

En guise d'illustration et pour décrire la forme des résultats de notre chaîne de traitement, la Figure 7 Figure présente un résultat sur un segment court de données contenant des sifflements de dauphins communs, en mer d'Iroise.

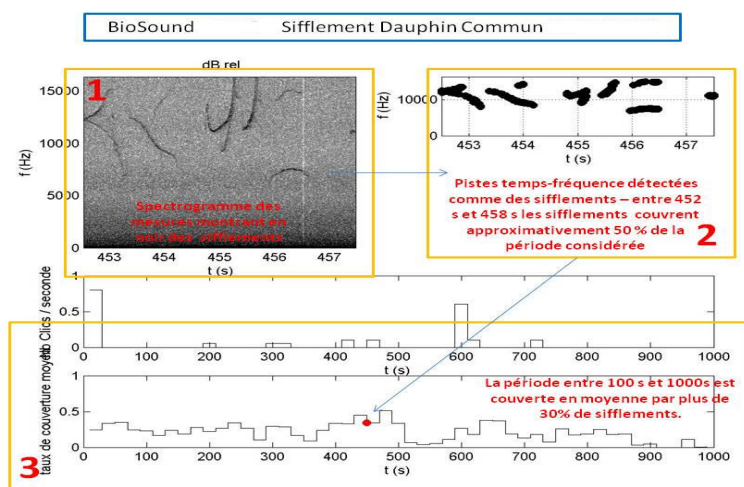


Figure 7 : Exemple de résultats. Bloc 1 : d'une période de 6 secondes présentant un bruit ambiant plutôt stationnaire et des sifflements, Bloc 2 : piste temps-fréquence identifiée comme appartenant à des sifflements, ici les sifflements recouvrent 50% de la période des 6 secondes et produisent un taux de couverture temporelle de 0.5 ; bloc 3 : succession des taux de couverture temporelle pour une durée de 1000 secondes, ici la période est recouverte continument de sifflements.

Il faut compter environ 36 heures de calcul pour 7 jours de données brutes. Une inspection visuelle des cartes temps-fréquences et des spectrogrammes individuels permet de valider le résultat de notre algorithme et d'obtenir le nombre et la durée des rencontres acoustiques par jour.

Chaîne de traitement

En parallèle des détections de sifflements de dauphins, la présence de séquences avec des clics ainsi que la présence de bateaux à moteurs ont également été traitées. A cette fin, la période de mesure a été découpée en segments de 10 minutes pour les clics et de 5 minutes pour les bateaux. Chaque segment produisait une image (spectrogramme) qui était sauvegardée (Fig. 8). Chaque image avec un bruit de bateau ou une série de clics constituait une détection. La sélection des images 'utiles' se fait manuellement.

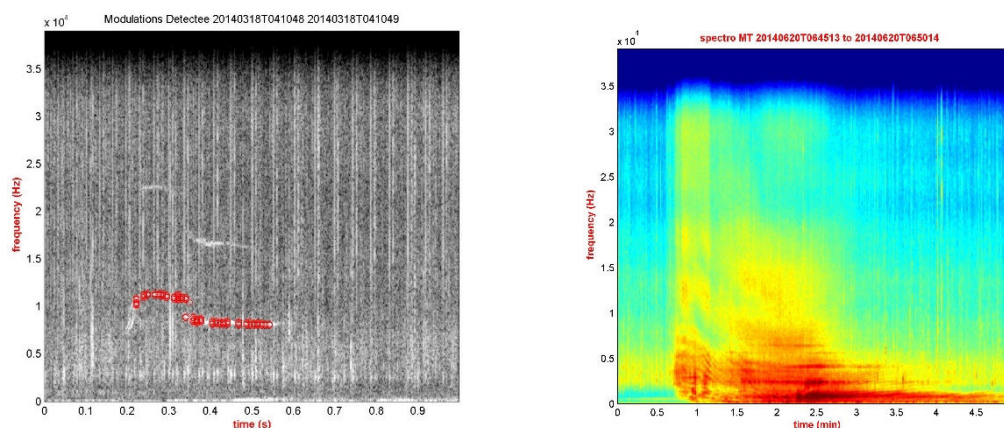


Figure 8 : Images issues après traitement. Résultat de détection d'un sifflement (ronds rouges = pixels détectés) et spectrogramme de 5 min. d'un passage de bateau à moteur.

La figure 9 schématise la chaîne de traitement et le protocole spécifiquement adaptés pour le traitement des données acoustiques du Parc.

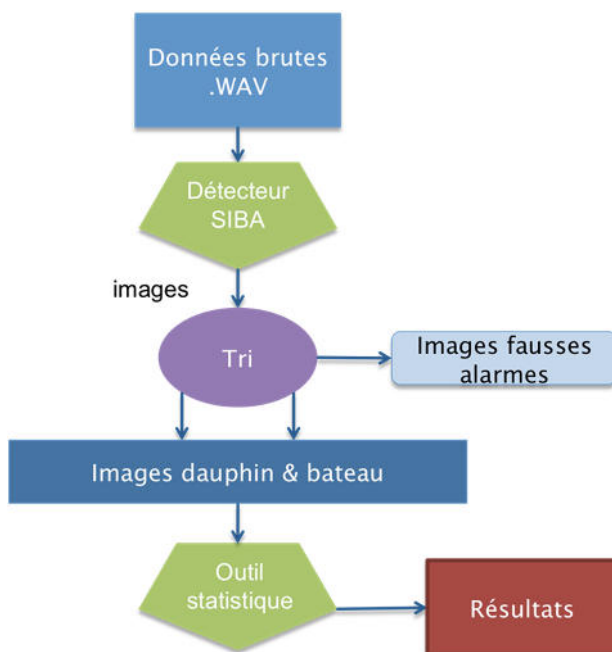


Figure 9 : Description schématique des étapes de traitement. Les images dauphin incluent les imagerie des détections de sifflements ainsi que celles des clics.

En sortie du détecteur un tri manuel des images a dû être effectué pour séparer les sifflements, clics ou bateaux des fausses alarmes. Les dossiers contiennent les imagerie avec uniquement les bonnes détections (dauphins : sifflement + clic et bateaux). Les vocalises de dauphins ont été séparées par classes : large bande, sifflements répétés, sifflements mixtes, basse fréquence. **Seules les imagerie de vocalises de dauphins avec des caractéristiques acoustiques compatibles avec celles des grands dauphins** (type de vocalises, fréquences, type de modulation, etc.) **ont été retenues pour les analyses**. Pour un déploiement moyen (63 jours à 15 min. tous les 10 min.), il faut compter 7 homme.jours de travail de traitement en moyenne.

Analyses

En utilisant les dossiers des imagerie triées par catégorie (dauphins, bateaux), des séries temporelles ont été formées sur la totalité des données des capteurs à PNPC_1, à PNPC_2, de la période d'enregistrements simultanés à PNPC_1 et PNPC_2 ainsi que par année d'enregistrement. Une rencontre avec des dauphins était définie comme au moins une détection de sifflements dans 10 min. Cela donnait les résultats binaires (présence/absence par pas de 10 min.).

Les séries temporelles formées sont les suivantes :

DAUPHINS :

- 1) Cycles circadiens
- 2) Cycle saisonnier
- 3) Cycle lunaire



4) Séries linéaires annuelle et mensuelle

BATEAUX :

- 1) Cycles circadiens
- 2) Cycle saisonnier
- 3) Séries linéaires annuelle et mensuelle

Pour le tri des imagettes et les analyses, il faut compter en moyenne environs 6 à 7 hommer.jours par déploiement.

Résultats

Activité acoustique des dauphins

Les résultats concernant les dauphins sont exposés de façon plus exhaustive que ceux sur les usages car au cœur du projet GDEGeM. Sur l'ensemble des 565 jours traités (PNPC_1 et PNPC_2), 901 rencontres de dauphins ont été observées, ce qui correspond en moyenne à 1,6 rencontres par jour. Le tableau suivant résume les détections par période.

Capteur	Période	Nr rencontres
PNPC_1	03/14 - 08/15	773
PNPC_2	04/15 - 07/15	128
PNPC_1	04/15 - 07/15	45
PNPC_1	03/14 - 12/14	345
PNPC_1	01/15 - 08/15	428

Tableau 3 : Résumé des rencontres de dauphins par période

Des 773 rencontres de dauphins à PNPC_1, 44.6% ont été faites en 2014 (9 mois), et 45.5% en 2015 (8 mois). En comparant la période d'enregistrements simultanés à PNPC_1 et PNPC_2 (3,5 mois), les rencontres ont été presque 3 fois plus importantes à PNPC_2 qu'à PNPC_1. A PNPC_1, au moins une présence par mois a été observée, sauf en avril 2014, où aucune détection n'a eu lieu. A PNPC_2, seul juillet était dépourvu de rencontres acoustiques avec les dauphins.

Séries temporelles

Les séries temporelles produites avec les images triées issues des algorithmes de détection fournissent la matière première pour étudier la distribution de l'activité sonore dans les cycles circadiens, saisonniers, etc. Les images suivantes illustrent les rencontres acoustiques avec des dauphins par période et par cycle.

PNPC_1 : totalité des mesures



Suivi des Grands Dauphins au sein du AMP méditerranéenne (PNPC)
Projet GDEGeM Grand Dauphin Etude et Gestion en Méditerranée 2013-2015

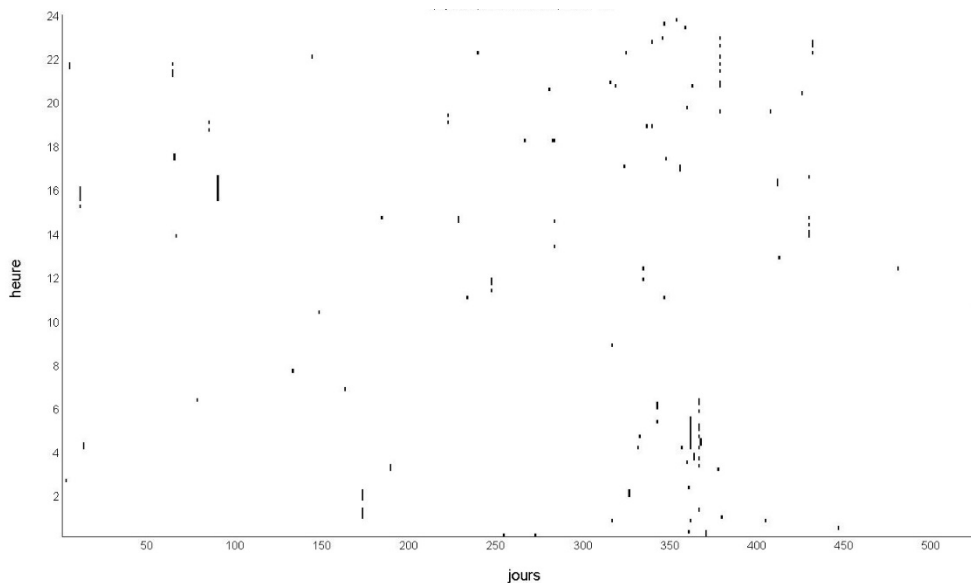


Figure 10 : Répartition des rencontres de dauphins sur toute la période d'enregistrement du 6/03/2014 au 15/08/2015 à PNPC_1. Les points noirs représentent les rencontres à partir du premier jour d'enregistrement (abscisse) réparties par heure du jour (ordonnée).

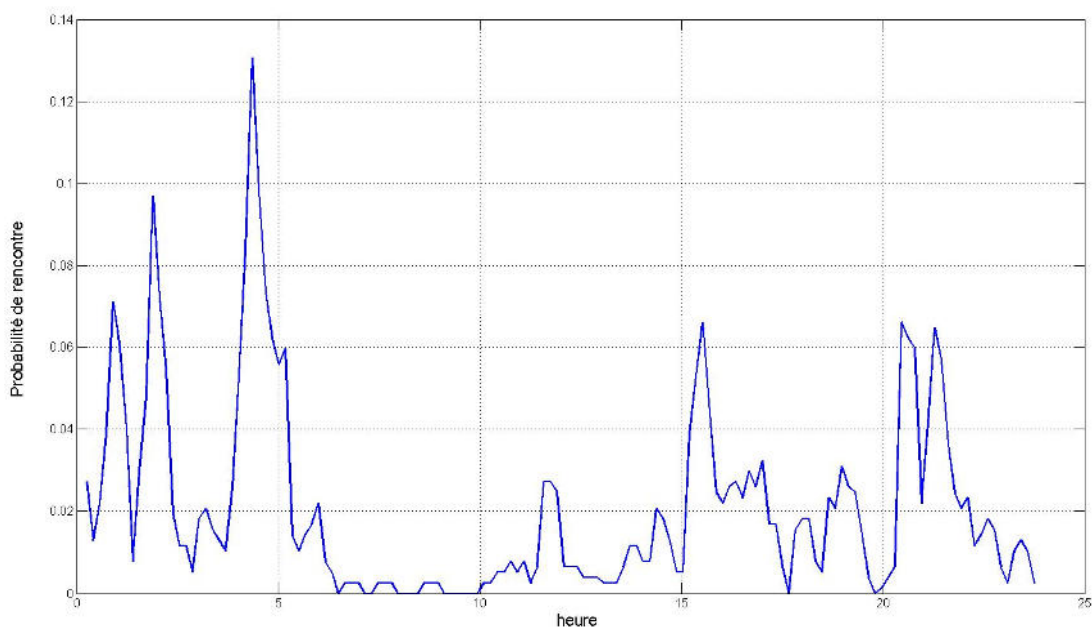


Figure 11 : Probabilité de rencontre de dauphins selon l'heure du jour en utilisant l'ensemble des données du 6 mars au 19 avril 2014 obtenues à PNPC_1.

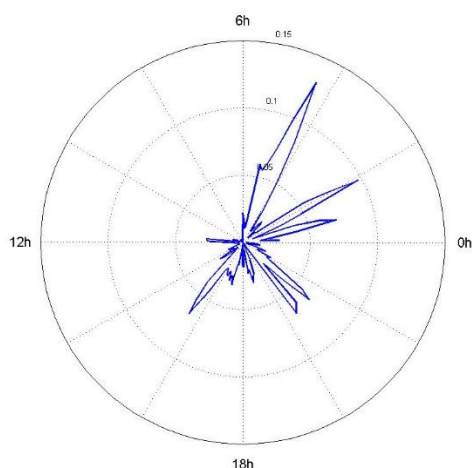


Fig. 12 : Cycle circadien des rencontres avec les dauphins (lecture des polars plot en sens anti horaire).

Ces graphes indiquent une présence régulière dans la zone Nord de Port-Cros, avec plus de rencontres en fin d'année 2014 et en début d'année 2015 (Fig. 10) et une présence plus importante la nuit que le jour, avec des pics entre minuit et 5h du matin (Fig. 10, 11 et 12). Cela indique soit que le passage de dauphins à proximité de l'hydrophone avait lieu principalement la nuit ou que pendant le reste de la journée, même s'ils avaient été à portée de détection, ils ne vocalisaient que très peu.

PNPC_1 : 2014 et 2015

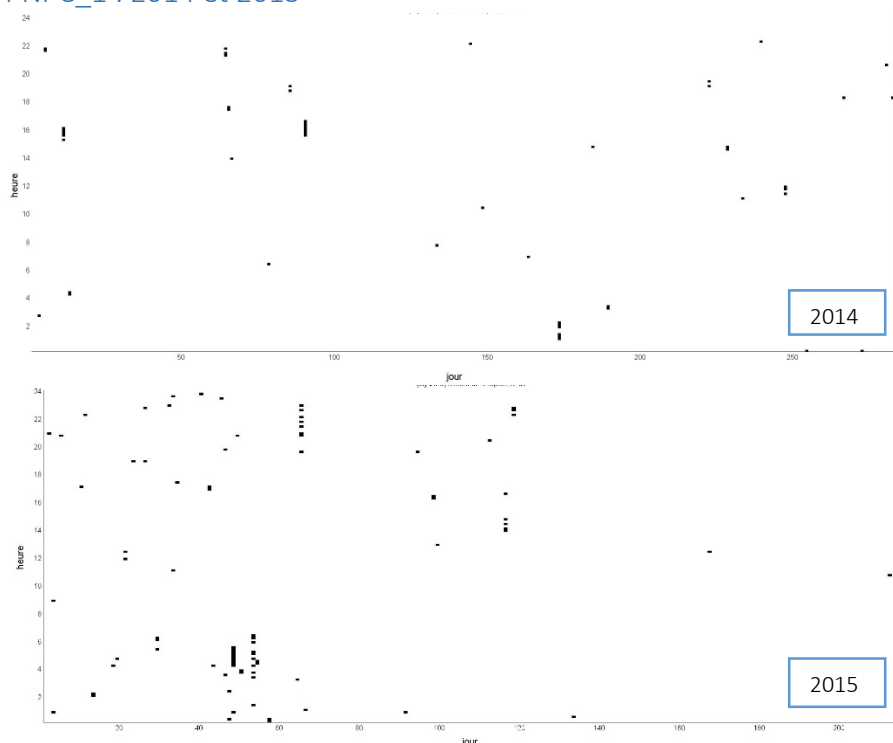


Figure 13 : Répartition des rencontres de dauphins à PNPC_1 en 214 (mars-décembre, en haut) et en 2015 (avril – août, en bas). Les points noirs représentent les rencontres à partir du premier jour d'enregistrement (abscisse) réparties par heure du jour (ordonnée).



Suivi des Grands Dauphins au sein du AMP méditerranéenne (PNPC) Projet GDEGeM Grand Dauphin Etude et Gestion en Méditerranée 2013-2015

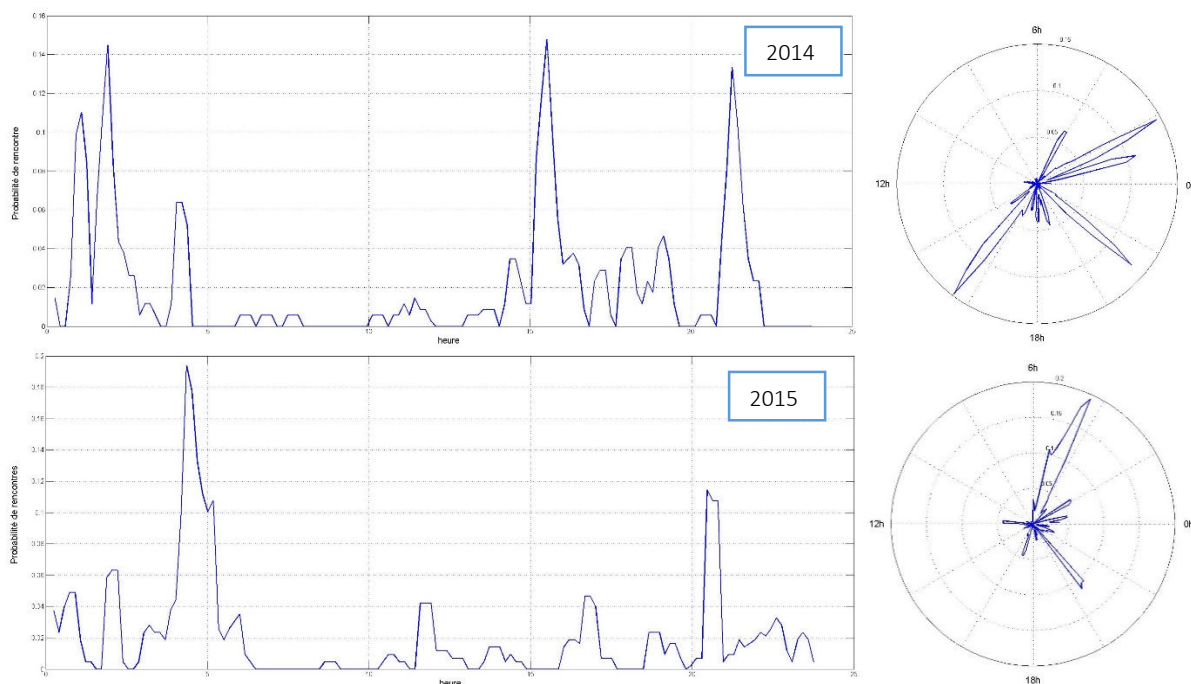


Figure 14 : Gauche : Probabilité de rencontre de dauphins selon l'heure du jour en 2014 en haut et en 2015 en bas à PNPC_1. Droite : Cycle circadien des rencontres avec les dauphins en 2014 (haut) et en 2015 (bas) à PNPC_1 (lecture des polars plot en sens anti horaire).

Les graphes montrent une distribution des rencontres plus homogène en 2014 qu'en 2015, où le printemps (avril/mai) présente la majorité des détections. Dans les deux cas, les mois d'été et début d'automne semblent être les moins fréquentés (Fig. 13). En général, plus de rencontres acoustiques ont lieu la nuit que le jour pour les deux années mais avec un pic important vers 15h30 en 2014 qui est corrélé avec un passage de dauphins avec une importante production sonore.

PNPC_2 et PNPC_1 pendant la même période

D'avril à août 2015, les enregistreurs au Nord et au Sud de Port-Cros étaient immergés simultanément, ce qui permet d'avoir un aperçu comparatif des deux sites d'écoute.

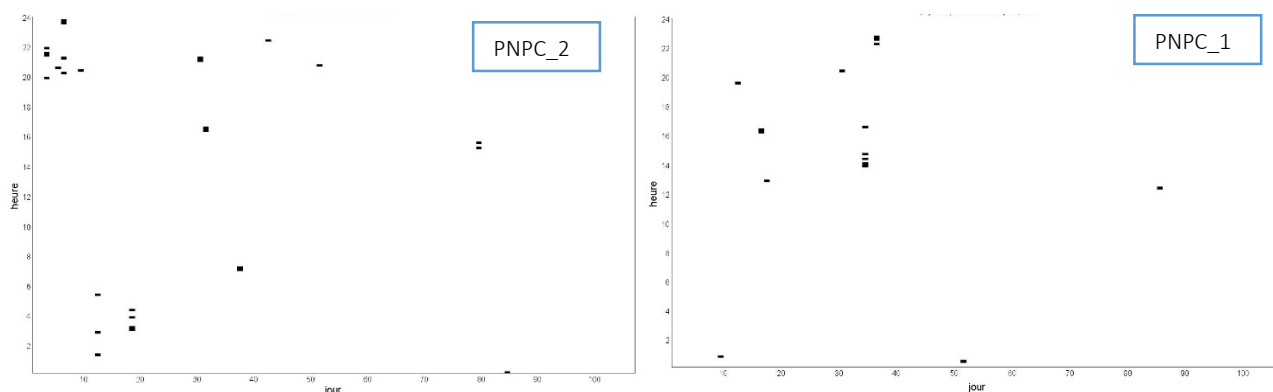


Figure 15 : Répartition des rencontres de dauphins à PNPC_1 (droite) et PNPC_2 (gauche) d'avril à août 2015. Les points noirs représentent les rencontres à partir du premier jour d'enregistrement (abscisse) réparties par heure du jour (ordonnée).

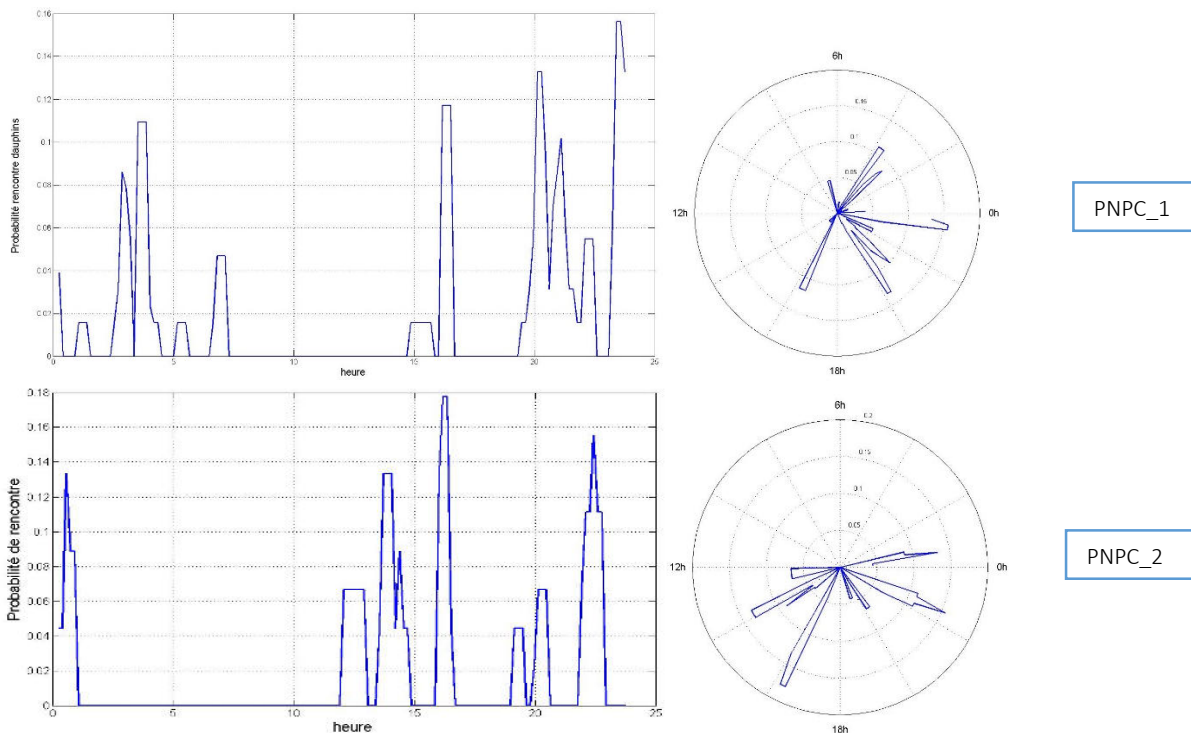


Figure 16 : Gauche : Probabilité de rencontre de dauphins selon l'heure du jour à PNPC_1 (en haut) et PNPC_2 (en bas) d'avril à aout 2015. Cycle circadien des rencontres avec les dauphins à PNPC_1 (haut) et PNPC_2 (bas) (lecture des polars plot en sens anti horaire).

Dans les deux cas, la majorité des détections a eu lieu dans la première moitié de la période d'enregistrement (Fig. 15, c.f. Tab. 4). Dans les deux cas, la probabilité de rencontre acoustique est plus importante la nuit que le jour. Cependant, à PNPC_2 les dauphins semblent être plus présents aussi le jour.

Les cycles lunaires, mensuels et saisonniers ont été formés avec les 18 mois de données de PNPC_1 (mars 2014 à aout 2015). Les images suivantes illustrent la distribution de rencontres de dauphins en fonction des trois cycles.

Cycle lunaire

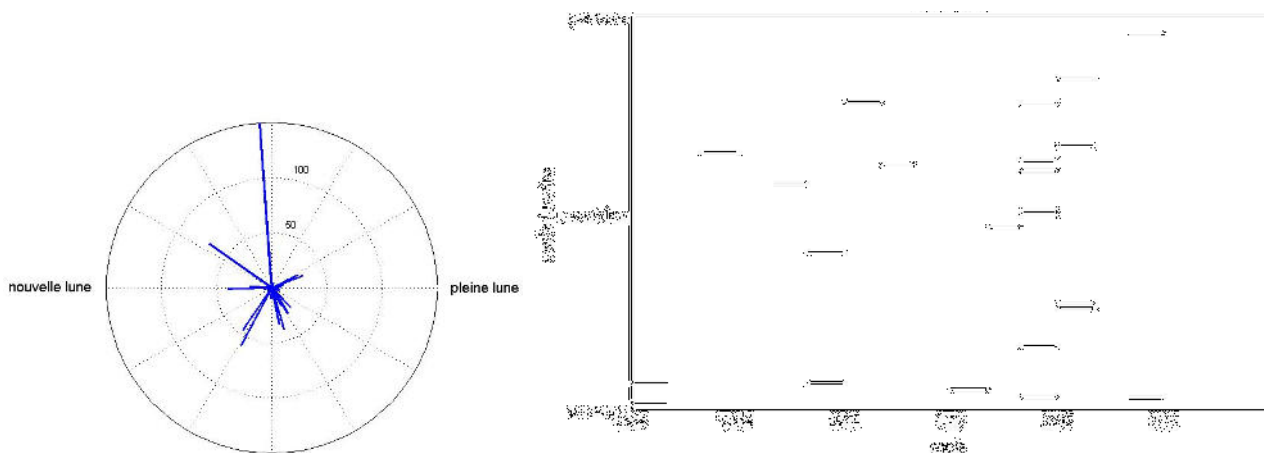


Figure 17 : Distribution des rencontres acoustiques avec les dauphins en fonction du cycle lunaire.

Sur les 18 mois analysés, les rencontres acoustiques ne semblent pas être dépendantes du cycle lunaire. Cependant, une légère augmentation des détections apparaît pendant la lune ascendante.



Cycle mensuel

La figure 18 et le tableau suivants montrent clairement une hétérogénéité dans la présence de dauphins en fonction des mois à PNPC_1. Presque 40% de toutes les rencontres acoustiques ont eu lieu les mois de février et mars 2015. D'autres séries annuelles sont nécessaires afin d'établir s'il s'agit d'un cas exceptionnel ou si les dauphins fréquentent le parc principalement à cette période.

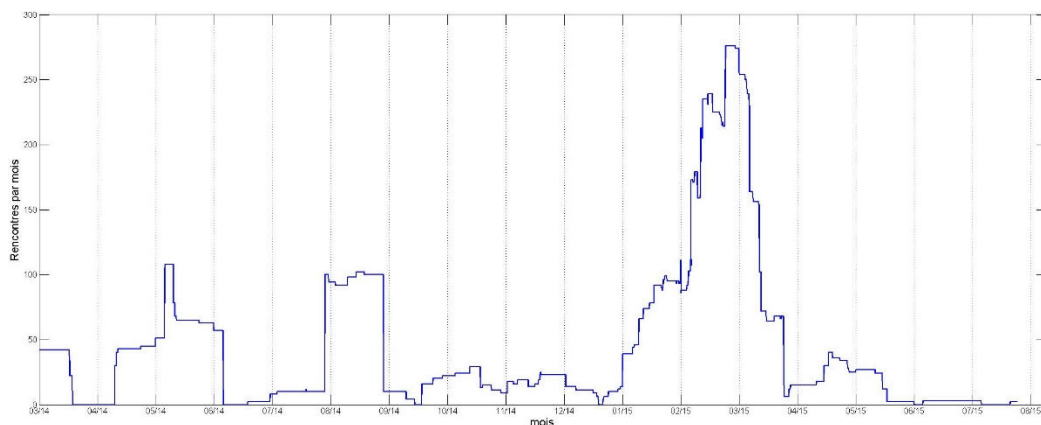


Figure 18: Distribution du nombre de rencontres par mois d'enregistrement (PNPC_1, période 03/14 à 08/15).

A PNPC_2, presque 90% de toutes les détections ont eu lieu au mois d'avril et mai 2015 (Fig. 19).

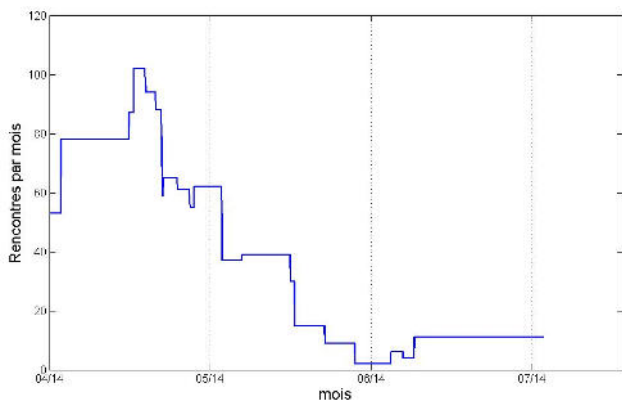


Figure 19: Distribution du nombre de rencontres par mois d'enregistrement (PNPC_2, période 04/15 à 08/15).

Le tableau suivant résume le pourcentage de détections de dauphins par mois d'enregistrement. Les différences des présences acoustiques de dauphins se reflètent également dans les cycles saisonniers.



Mois	% rencontres	
	PNPC_1	PNPC_2
Mar-14	4.21	
Apr-14	0.00	
May-14	8.42	
Jun-14	5.26	
Jul-14	3.16	
Aug-14	7.37	
Sep-14	1.05	
Oct-14	5.26	
Nov-14	3.16	
Dec-14	4.21	
Jan-15	4.21	
Feb-15	22.11	
Mar-15	15.79	
Apr-15	4.21	57.6923
May-15	7.37	30.7692
Jun-15	1.05	11.5385
Jul-15	2.11	0
Aug-15	1.05	

Tableau 4 : Résumé du pourcentage de détection par mois et par capteur

Cycle saisonnier

La plupart des détections acoustiques de dauphins a eu lieu en hiver (30%) et au printemps (26%). L'automne est la saison la moins fréquentée (acoustiquement parlant) (18%), suivi par l'été (10%). D'autres cycles d'enregistrements annuels sont nécessaires pour confirmer ou infirmer ces tendances (Fig. 20).

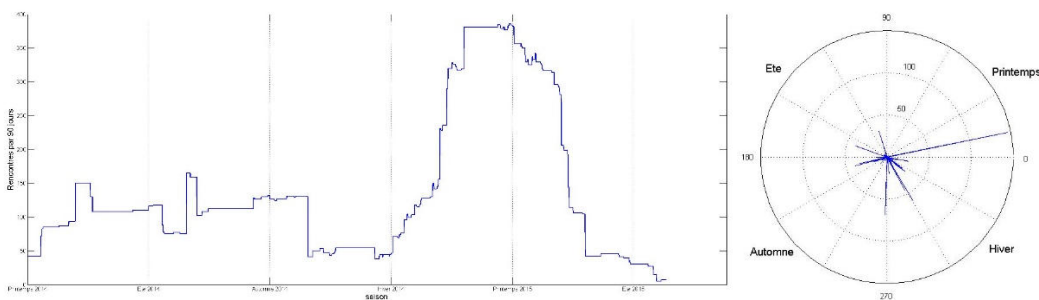


Figure 20 : Gauche : Distribution du nombre de rencontres par saison (PNPC_1). Cycle saisonnier des rencontres avec les dauphins.

Usages : présence de bruits d'embarcations

Les images des bruits de bateaux en sortie de l'algorithme de détection ont été traitées comme celles des dauphins. Seuls les résultats et graphiques avec un intérêt particulier pour l'étude seront exposés. A des fins de comparaison, ils seront présentés en parallèle à ceux des dauphins déjà traités en haut.

Le passage d'embarcation était presque continu sur toute la période d'enregistrement. Au Nord de Port-Cros (PNPC_1), les bruits de bateau étaient surtout présents entre 8h et 16h, tandis qu'au Sud de l'île (PNPC_2), ils étaient présent jour et nuit. Au Nord de l'île, plus de 70'000 passages de bateaux ont été observés sur toute la

période d'enregistrement. Les figures suivantes illustrent la présence de bateaux en fonction de la période d'enregistrement, du cycle circadien (PNPC_1 et PNPC_2) et mensuel (PNPC_1).

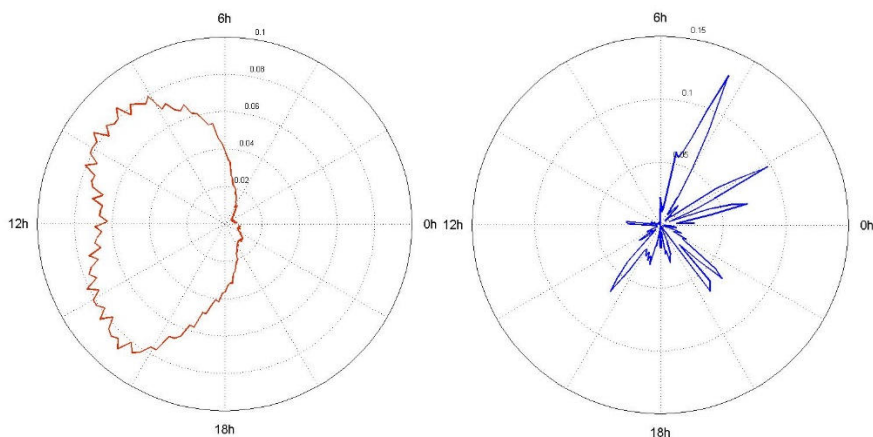


Figure 21 : Cycles circadiens des rencontres de dauphins (droite, bleu) ou bateaux (gauche, rouge) sur toute la période d'enregistrement du 6 mars 2014 au 15 aout 2015 à PNPC_1.

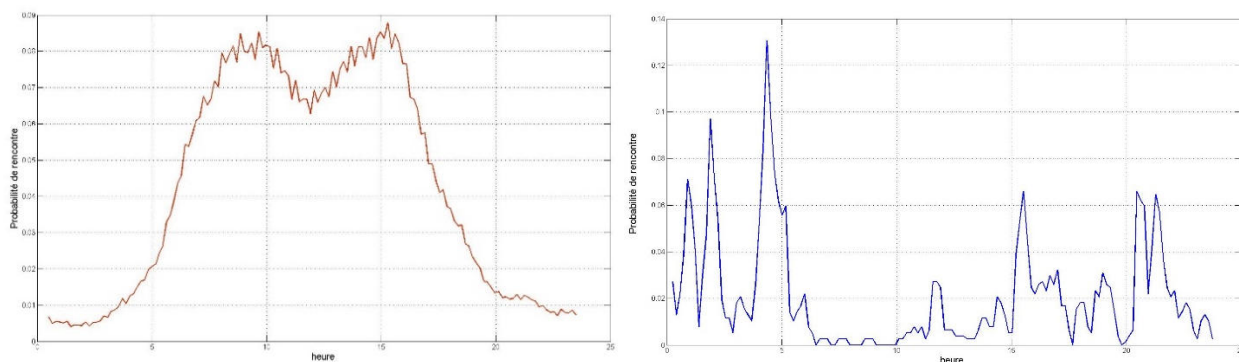


Figure 22 : Probabilité de rencontrer des embarcations (gauche, rouge) et des dauphins (bleu, droite) sur un cycle circadien sur toute la période d'enregistrement du 6 mars 2014 au 15 aout 2015 à PNPC_1.

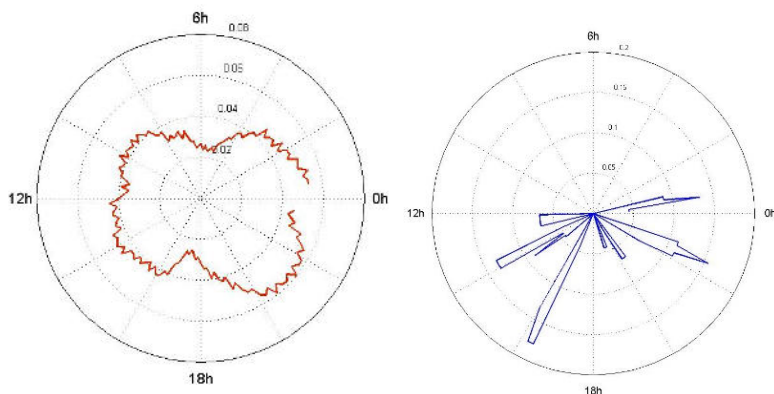


Figure 23 : Cycles circadiens des rencontres de dauphins (droite, bleu) ou bateaux (gauche, rouge) sur toute la période d'enregistrement du 5 avril 2015 au 20 juillet 2015 à PNPC_2.



Suivi des Grands Dauphins au sein du AMP méditerranéenne (PNPC) Projet GDEGeM Grand Dauphin Etude et Gestion en Méditerranée 2013-2015

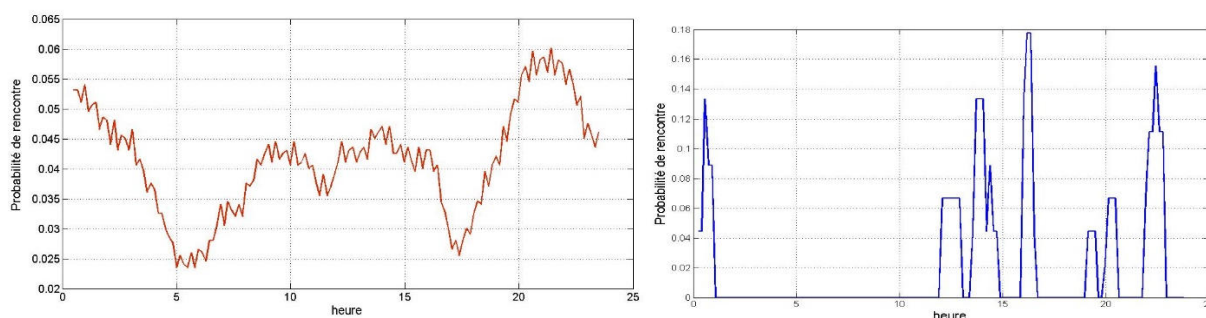


Figure 24 : Probabilité de rencontrer des embarcations (gauche, rouge) et des dauphins (bleu, droite) sur un cycle circadien sur toute la période d'enregistrement du 5 avril 2015 au 20 juillet 2015 à PNP2.

Les cycles circadiens des dauphins et des bateaux diffèrent au Nord et au Sud de Port-Cros. Cependant il faut tenir compte du fait que la durée d'enregistrement était 5 fois plus longue au Nord que au Sud et que ces différences pourraient évoluer avec des séries temporelles plus longues au Sud de l'île. Au Nord (PNPC_1), les cycles circadiens ne présentaient pas de chevauchement important tandis qu'au Sud (PNPC_2) les deux, dauphins et bateaux étaient présents la nuit. Le manque de chevauchement au Nord peut aussi être influencé par le fait que pendant la nuit, en absence d'embarcations, le rayon de détection pour les vocalises de dauphins soit plus élevé que pendant le jour, ou que les dauphins, même si présents, vocalisent moins le jour que la nuit. Une analyse plus détaillée de la nature des bruits d'embarcations (e.g., continus, lointains vs. passages à proximité) à PNP2_1 et PNP2_2, de l'apport d'énergie (bruit) dans la bande des vocalises de dauphins et une quantification du bruit ambiant et des rayons de portée des dauphins seraient nécessaires pour mieux interpréter ces résultats et pour évaluer si le bruit des bateaux à PNP2_2 a un impact potentiel sur la communication des dauphins (i.e., masquage).

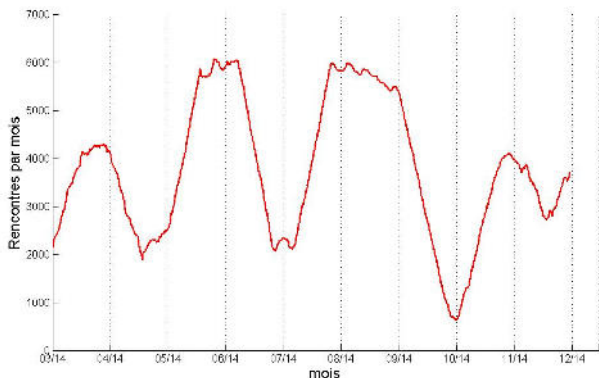


Figure 25 : Distribution du nombre de passages d'embarcations par mois (PNPC_1, 2014).

Les embarcations à moteur sont plus présentes à la fin du printemps et pendant l'été plutôt que le reste de l'année. A part pour la fin du printemps, cette tendance est inverse à celle des détections de dauphins.

Conclusions et perspectives

Les dauphins sont présents dans la zone toute l'année mais principalement en hiver/printemps et surtout la nuit. Plusieurs passages par mois ont lieu (sauf avril 2014 (PNPC_1) et juillet 2015 (PNPC_2) avec zéro détection).

Concernant les grands dauphins, les objectifs du projet étaient les suivants :



1) Evaluer la présence de grands dauphins dans la le cœur du parc

Différentes espèces de *delphinidae* produisent les mêmes types de sons avec parfois peu de différence acoustique, ce qui rend l'identification des espèces souvent difficile. Parmi les espèces présentes en méditerranée, les sifflements des grands dauphins ne peuvent pas toujours être différenciés de ceux des dauphins bleus et blancs (*Stenella coeruleoalba*) ou, plus rarement, de ceux du dauphin commun (*Delphinus delphis*) (Bazua-Duran 2004 ; Gannier et al. 2009 ; Azzolin et al. 2013).

	common dolphin	Risso's dolphin	striped dolphin	bottlenose dolphin
common dolphin	67.5	7.5	22.5	2.5
Risso's dolphin	24.1	28.5	39.9	7.6
striped dolphin (nw)	11.2	11.9	71.1	5.8
bottlenose dolphin	18.4	3.9	34.2	43.4

Table 3 : Classification rate using the discriminant model.
 Dd = common dolphin, Gg = Risso's dolphin , Sc(nw)= striped dolphin of NW basin, Tt = bottlenose dolphin.

	Dd (N=120)		Gg (N=158)		Sc nw (N=277)		Tt (N=76)	
	Average	SD	Average	SD	Average	SD	Average	SD
Duration (sec)	0.47	0.29	0.65	0.36	0.73	0.35	0.71	0.40
Initial frequency	10912	3526	11750	3929	9994	4039	8886	3157
Final frequency	11919	2900	11877	3522	11819	3797	8612	3470
Minimal frequency	8527	1942	8287	2027	7868	1843	6421	1684
Maximal frequency	13149	2696	14652	3270	15163	3611	12719	3949
Mean frequency	10475	1827	10877	2350	10906	2116	9485	2337
Frequency range	4622	2738	6365	3244	7296	3543	6297	3957
Initial slope (3 pts)	-21878	57703	-8203	42243	-3740	38334	23043	64459
Final slope (3 pts)	28074	58080	35872	69810	30222	103851	2073	13486
Initial slope (7 pts)	-18263	41351	-3806	32586	-3024	33318	21014	56975
Final slope (7 pts)	14977	19331	19532	36517	13222	40649	644	14623
Maximal slope	33512	56968	45268	61059	51910	90170	15187	18715
Minimal slope	-9412	10295	-13712	19372	-21885	39396	-16165	13471

Figure 28 : Gauche : Résultats de classification de sifflements de différentes espèces de delphinidés de Méditerranée. Les sifflements de grands dauphins peuvent être attribués aux dauphins bleu et blancs (34.2% des cas). A droite : Tableau des caractéristiques acoustiques extraites des sifflements et utilisées pour la classification. Source : Gannier et al 2009.

Dans cette étude, seules les vocalises de dauphins avec des caractéristiques acoustiques compatibles avec celles des grands dauphins ont été retenues pour les analyses. Cependant, une attribution claire demeurait difficile. Ce qui limitait une claire attribution était également le petit nombre de sifflements (ou autres vocalises) par rencontre acoustique. Aujourd'hui il n'est pas possible d'affirmer lesquelles des 901 rencontres était associées aux grands dauphins et lesquelles aux dauphins bleus et blancs. Des comparaisons avec la littérature ainsi qu'avec des enregistrements ont été faites pour aborder cette problématique. Fin octobre 2014, le GECEM a effectué un enregistrement de grands dauphins et un de dauphin bleu et blancs. Malheureusement, l'enregistrement des grands dauphins comprenait principalement des clics d'écholocation et un seul sifflement. Le nombre de sifflements de *Stenella* enregistrés n'était pas suffisant pour établir un répertoire de base ou pour identifier des patterns récurant permettant d'identifier l'espèce. Cette lacune peut être comblée, même à posteriori, en faisant des enregistrements ponctuels d'un bateau en présence visuelle de grands dauphins, par exemple lors de sorties dédiées au repérage de mammifère marins. Des systèmes très simples peuvent être utilisés (c.f. zoom & aquarian, GECEM). Plusieurs enregistrements en présence de grands dauphins, permettraient de trouver des caractéristiques acoustiques (paramètres acoustiques, type de vocalises, patterns, etc.) des animaux de la zone. Par exemple, en mer d'Iroise et dans le Cotentin, nous avons remarqué la présence de sifflements partagés par toute la population (ou une grande partie) et qui étaient spécifiques à chacune des régions. Ce type de sifflements partagés, très spécifiques représentent des signatures et donc des indicateurs idéaux pour identifier des espèces, populations ou groupes d'animaux (Fig. 29).

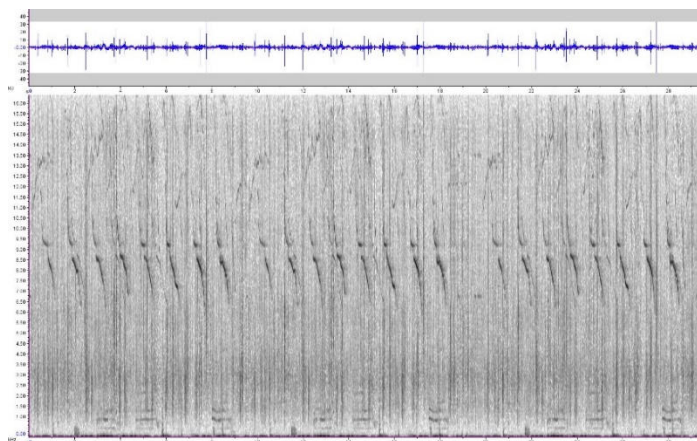


Figure 29 : Spectrogrammes de sifflements partagés au sein de la population de grands dauphins de l'archipel de Molène (Mer d'Iroise).

2) Utilisation spatiale à l'intérieur du Parc

Le Nord ainsi que le Sud de l'île de Port-Cros sont fréquentés par les dauphins. Etant donné que la période d'enregistrements simultanée était de 4 mois, nos résultats ne permettent pas d'établir des tendances d'occupation spatiale. A présent, on peut constater que d'avril à août 2015, la position au sud (PNPC_2) a enregistré presque trois fois plus de rencontres acoustiques avec les dauphins que la position au nord (PNPC_3). Seul un plus grand nombre d'enregistrements simultanés peut éclaircir la question de l'utilisation spatiale des grands dauphins au sein du parc.

3) Utilisation temporelle de la zone

Ce point a été traité exhaustivement dans ce document. Les grandes lignes à retenir sont que les dauphins sont plus présents (acoustiquement) la nuit que le jour et semblent fréquenter la zone plutôt en hiver et au printemps (60% des rencontres) qu'en été/automne.

4) Type de vocalises émises

La nature des détections ne fait pas penser à une utilisation fonctionnelle d'un des deux sites. Les dauphins ont plutôt tendance à passer dans la zone d'enregistrement et à ne pas y demeurer pour de longues périodes. Hors quelques (une dizaine) passages acoustiques clairement associés à des interactions sociales (Fig. 30), la plupart des passages de dauphins était courte, comprenant uniquement quelques sifflements. Ces sifflements étaient souvent de la catégorie 'sifflements répétés', indiquant que, avec une forte probabilité, il s'agissait de sifflements de contact. Ces sifflements représentent des candidats pour l'identification de signatures d'espèce et/ou population.

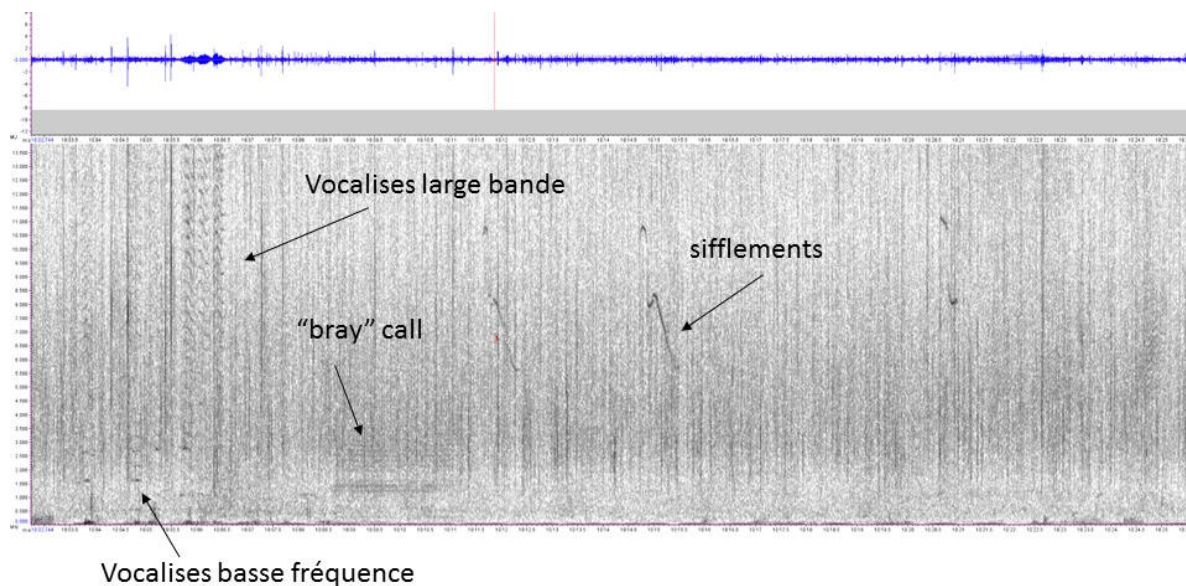


Figure 30: Spectrogramme d'un fragment de rencontre acoustique avec les grands dauphins contenant plusieurs types de vocalises (extrait du 18 mars 2014@4h).

Lien avec les usages et d'autres types de bruits anthropiques

La présence acoustique des dauphins semble suivre un rythme circadien et saisonnier inverse à celle des embarcations au Nord de Port-Cros. Au Sud de l'île, le rythme circadien des dauphins et des embarcations se chevauche suite à une présence nocturne de bruits d'embarcations considérable. Cependant, des séries temporelles plus longues pourraient faire évoluer ce résultat qui reste encore préliminaire. Au Nord de l'île, même si les rencontres acoustiques de dauphins se chevauchent peu avec l'activité des embarcations à moteur, cela n'implique pas une absence d'interaction. Les animaux peuvent très bien être présents et ne pas vocaliser ou avoir choisi d'éviter certaines zones et périodes à forte fréquentation d'embarcations à moteur. La présence simultanée de bruits de bateaux et de dauphins au Sud de Port-Cros reste pour l'instant un constat. Une analyse spécifique du bruit rayonné par les bateaux (type, bande de fréquence, niveaux, etc.) permettra d'évaluer si la communication des dauphins pourrait être perturbée sous forme de masquage et si la présence de bateaux aurait ainsi un impact potentiel sur les animaux.

Il est aussi important de remarquer la diversité de bruits anthropiques présents régulièrement au cœur du Parc national (bruits de navires, explosions,...). Ces sources sont très différentes et toutes avec un fort potentiel d'impact sur la faune. Le présent projet n'avait pas comme objectif de décrire et quantifier les différents bruits anthropiques. Une étude à ce sujet, budgétisant l'apport de bruit de chaque source et décrivant l'impact potentiel sur la faune marine (dont les grands dauphins) paraît pertinente pour l'avenir étant donné la nature du site (parc national) et la quantité élevée de bruits anthropiques.

Discussion et perspectives

Le suivi par acoustique passive montre de nombreux avantages pour un suivi sur le long terme. Il peut se faire jour et nuit, indépendamment de la météo et avec une haute résolution temporelle. Les résultats du présent projet confirment l'importance de ces points forts de l'acoustique passive puisque la majorité des détections ont eu lieu la nuit et pendant des saisons ou des observations visuelles sont difficiles à mener. Les résultats



montrent aussi l'utilité du suivi continu permettant de détecter des évènements rares (présence de dauphins). Ce type de suivi a aussi l'avantage d'informer, en même temps, sur les pressions anthropiques.

Ce paragraphe présente quelques chiffres à titre d'illustration. Dans la présente étude, nous avons cumulé 565 jours de 24h. Pour la somme d'argent dédiée au volet acoustique (env. 61'000, sans l'achat des enregistreurs), entre 60 et 70 sorties dédiées aux observations visuelles aurait pu être effectuées (environ 1 000 € par jour (8h de travail) incluant la location d'un bateau, le personnel et les analyses). Cela représente 1/24 du temps de présence sur le terrain par rapport à l'acoustique passive et montre l'intérêt de cette méthode pour le suivi sur le long terme, pour établir des tendances temporelles et spatiales etc.

Le suivi par acoustique passive permet donc de combler des lacunes d'autres types de suivi de terrain mais il reste **complémentaire aux autres méthodes**. Son efficacité est d'ailleurs augmentée par une vérité terrain issue d'observations visuelles comme par exemple, l'espèce, la taille du groupe, sa composition (femelles, mâles, petits), comportement, etc.). Ces observations permettent de valider les enregistrements et de trouver des descripteurs adéquats (espèces, sexe, comportement, abondance, individu....) pour des suivis opérationnels.

En perspective, on peut retenir les points suivant :

- 5) Mener des enregistrements ponctuels en présence de grands dauphins permettant d'identifier (même a posteriori) l'espèce détectée acoustiquement
- 6) Augmenter les séries temporelles et les points d'écoute (Porquerolles) pour étudier l'utilisation spatiale et confirmer ou infirmer les tendances circadiennes et saisonnières observées et pour identifier des différences annuelles.
- 7) Evaluer les usages en termes de quantification de bruit qu'ils émettent
- 8) Traiter les différents types de bruits anthropiques, les quantifier et estimer leur impact sur la faune

Références citées

Au, W.W.L., **1993**. The Sonar of Dolphins. Springer-Verlag, New York, 277 pp.

Azzolin M1, Papale E, Lammers MO, Gannier A, Giacomini C. **2013**. Geographic variation of whistles of the striped dolphin (*Stenella coeruleoalba*) within the Mediterranean Sea. *J Acoust Soc Am*. 134(1):694-705.

Bazua-Duran C. 2004. Differences in the whistle characteristics and repertoire of bottlenose and spinner dolphins. *Annals of the Brazilian Academy of Sciences*, 76 (2): 386-392.

Caldwell, M.C., Caldwell, D.K., **1965**. Individualized whistle contours in bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*). *Nature* 207, 434-435.

Caldwell, M.C., Caldwell, D.K., **1968**. Vocalization of naive captive dolphins in small groups. *Science* 159, 1121-1123.

Colombey, M., Dhermain, F., Tatin, D., **2008**. Contribution à l'étude des Grands Dauphins *Tursiops truncatus* sur les côtes provençales, secteur des îles d'Hyères. Rapport GCEM pour la fondation Nature et Découvertes, 21 pp.



dos Santos, M. E., Ferreira, A. J. & Harzen, S., **1995**. Rhythmic sound sequences emitted by aroused bottlenose dolphins in the Sado estuary, Portugal. In *Sensory Systems of Aquatic Mammals* (R. A. Kastelein, J. A. Thomas & P. E. Nachtigall, Eds.), 325-334. Woerden, the Netherlands: De Spil Publishers.

Gannier A., Fuchs S., Gannier O., Oswald J. Pelagic delphinids from the Mediterranean sea have different whistles. Poster ECS 2009.

Janik VM., **2000**. Food-related bray calls in wild bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*). *Proceedings of the Royal Society of London Series B: Biological Sciences* 267(1446): 923-927.

Janik VM, Marc N, Klaus Z, Nicola SC, Vincent MJ., **2009**. Chapter 4 Acoustic Communication in Delphinids. *Advances in the Study of Behavior: Academic Press*. 123-157.

Labach, H., Dhermain, F., Dupraz, F., Colombey, M., **2009**. Suivi des grands dauphins et dauphins de Risso sur le secteur des Iles d'Hyères. Rapport final GECEM (GIS3M), 43 pp.

Bilan financier

Le tableau suivant résume les dépenses du volet acoustique traité par SOMME.

BILAN FINANCIER			
Nature	Unités	Prestataire/ fournisseur	Prix
Piles LSH	540	Batteries Conseil	9524
DD		Amazon/ RTSYS	2431
Petit matériel			95
Missions (transports)	4		1146.5
Admin (rapports, getions,...), missions (homme.jours),	11		4950
Traitement phase préliminaire	23		5250
Traitement & analyse	65		25730
TVA			12199
TOTAL DEPENSES			61325.5

Remerciements

On tient à remercier H. Labach, l'équipe des agents de terrain de Port-Cros, avec un remerciement particulier à Eric, Etienne et Hervé, M. Peirache, R. Jaubert, A. Barcelo et toute l'équipe au Castel, J. Beeseau, L. Dufrechou et le personnel de RTSYS, le personnel de SOMME et naturellement le projet GDEGeM et ses sponsors qui nous ont permis de faire cette étude.