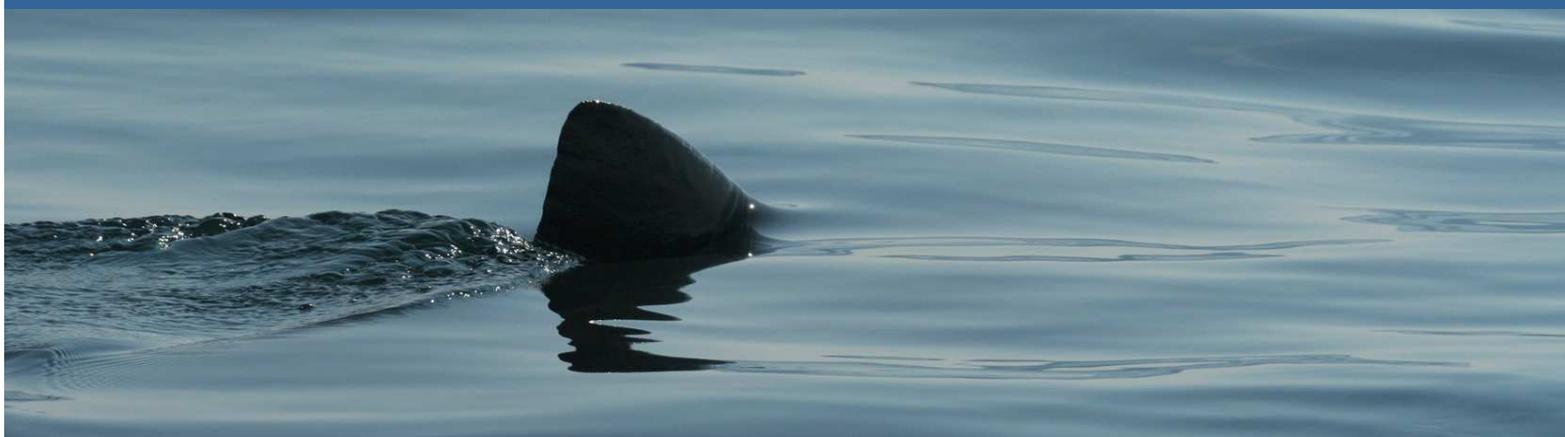


Sur les traces du requin pèlerin

Programme de suivi par satellite de requins pèlerins en Atlantique Nord-Est



Rapport final

Février 2011

SUR LES TRACES DU REQUIN PÈLERIN

mission réalisée en partenariat



Sur les traces du requin pèlerin

Programme de suivi par satellite de requins pèlerins en Atlantique Nord-Est

Rapport final

Février 2011

E. Stéphan, H. Gadenne & A. Jung

Association Pour l'Etude et la Conservation des Sélaciens
Rue de Liège – BP 51151 – 29211 BREST CEDEX 1 - FRANCE

Contact : eric@asso-apecs.org

Ce rapport est mis à disposition selon les termes du contrat Creative Commons « Paternité - Pas d'utilisation commerciale 2.0 France » consultable sur Internet à l'adresse suivante : <http://creativecommons.org/licenses/by-nc/2.0/fr/legalcode>

Pour toute utilisation de ce rapport dans sa globalité ou d'éléments tirés de ce rapport, le titre, l'auteur original et dans la mesure du possible l'adresse Internet à laquelle il peut être téléchargé devront être explicitement indiqués.



Ce rapport peut être téléchargé au format Pdf sur le site Internet de l'APECS :
<http://www.asso-apecs.org/Programme-de-marquage-satellite.html>

Sommaire

1. Genèse du programme et objectifs	1
2. Matériel et méthodes	4
2.1. Sites d'étude et méthodes	4
2.2. Suivi satellite	5
3. Compte rendu des campagnes de terrain	10
3.1. Mission Iroise	10
3.2. Mission Ile de Man	12
4. Résultats	15
4.1. Données collectées	15
4.2. Mouvements horizontaux	17
4.3. Mouvements verticaux	22
5. Discussion	29
6. Références bibliographiques	33
7. Remerciements	35
8. Présentation des partenaires	36

Genèse du programme et objectifs

Le requin pèlerin (*Cetorhinus maximus*) est plus grand poisson au monde après le requin baleine (*Rhincodon typus*) et le plus grand poisson de l'Atlantique Nord-Est. Il se rencontre rarement sauf dans quelques secteurs côtiers où, pendant une partie de l'année seulement (le printemps et l'été), des effectifs relativement importants peuvent être observés (Berrow and Heardman 1994, Bloomfield and Solandt 2007). Il s'agit le plus souvent de zones où les requins trouvent pendant une période plus ou moins longue des conditions favorables pour s'alimenter, notamment en surface. On peut alors les croiser nageant, seuls, à deux ou en petits groupes. Seuls l'aileron dorsal et l'extrémité de la nageoire dépassent de l'eau, parfois le bout du museau pour les jeunes individus.

Le statut de conservation de cette espèce qui a fait l'objet d'une exploitation dans différentes régions du monde (Ecosse, Irlande, Norvège, Islande, Californie, Chine, Japon, Pérou, Equateur, Espagne, France) inquiète depuis plusieurs années la communauté scientifique. Cette inquiétude s'est traduite en 1996 par l'inscription du requin pèlerin sur la Liste Rouge des espèces menacées de l'Union Mondiale pour la Nature sous le statut de « Vulnérable ». Lors de l'évaluation de 2000, les sous-populations du Pacifique Nord et de l'Atlantique Nord-Est ont quant à elles été inscrites comme « En Danger ».

Malgré le manque d'information sur l'état actuel des populations, le principe de précaution a conduit plusieurs Etats à protéger le requin pèlerin. L'Ile de Man, dépendance de la Couronne britannique, a été la première à protéger l'espèce dès 1990. Le Royaume-Uni, les Iles Anglo-Normandes, la Suède et la Norvège ont suivi au cours des années 1990 et 2000. Au niveau international, cela s'est traduit par son inscription sur différentes conventions. L'année 2002 marque l'inscription du requin pèlerin à l'Annexe II de la CITES qui constitue encore aujourd'hui l'unique mesure réglementaire à l'échelle internationale. Les inscriptions sur les autres conventions internationales que sont la Convention OSPAR, la Convention de Bonn, la Convention de Berne et la Convention de Barcelone, si elles n'offrent pas de statut de protection, incitent les parties signataires à prendre toutes les mesures nécessaires pour protéger l'espèce sur leur territoire et/ou à mettre en place des collaborations pour favoriser la conservation de l'espèce. Enfin, à l'échelle européenne, des mesures ont été prises dans le cadre de la politique commune de la pêche (PCP) en 2002. Un Total Admissible de Capture (TAC) de zéro a été mis en place pour les zones de pêche CIEM IV, VI et VII situées au nord de l'Europe interdisant la commercialisation de requins pèlerins issus de ces zones de pêche (Annexe 1D, règlement UE n° 2555/2001). Ce TAC en vigueur jusqu'en 2006 a été remplacé à partir de 2007 par une interdiction de pêcher, de conserver à bord, de transborder et de débarquer des requins pèlerins dans l'ensemble des eaux communautaires (Article 5.6, règlement CE n° 41/2007).

Aujourd'hui, le requin pèlerin est une des espèces de requins bénéficiant du plus fort statut de protection. Mais l'espèce reste vulnérable et menacée. On sait que des requins pèlerins sont chaque année victimes de captures accidentelles, en particulier dans les filets maillants et les chaluts, même



si l'ampleur exacte de ce phénomène reste méconnue. Dans certaines régions où les activités humaines sont importantes, les collisions et le dérangement peuvent également constituer des menaces. La pollution chimique, en provoquant des modifications de la composition du zooplancton, pourraient avoir comme conséquence une diminution du nombre de zones propices à l'alimentation du requin pèlerin. De même, le réchauffement climatique et les modifications qu'il engendre au niveau du zooplancton, pourrait avoir un impact négatif indirect sur le requin pèlerin.

Les études permettant d'améliorer les connaissances sur cette espèce en particulier en termes de déplacements et de taille et structure de population, mais aussi d'impacts de certaines activités restent donc utiles et nécessaires pour l'élaboration de mesures de conservation.

Grâce à la télémétrie (mesure à distance), l'existence de déplacements à grande échelle a été mise en évidence ces dernières années (Sims *et al.* 2003, Skomal *et al.* 2004, Sims *et al.* 2005, Gore *et al.* 2008, Skomal *et al.* 2009). Les requins pèlerins qui ont été suivis jusqu'alors ont réalisé des déplacements sur plusieurs centaines voire milliers de kilomètres au cours desquels des migrations verticales régulières ont également été mises en évidence. Mais le nombre de suivis, une cinquantaine au total seulement, demande à être augmenté pour une meilleure compréhension de ces mouvements. Pour cela, de nouvelles balises télémétriques doivent être déployées.

Sous l'impulsion de la Fondation Nicolas Hulot pour la Nature et l'Homme, l'Association Pour l'Etude et la Conservation des Sélaciens (APECS), qui étudie le requin pèlerin en France et notamment en Bretagne depuis plus de 10 ans, a élaboré un nouveau programme d'étude de cette espèce prévoyant le déploiement de balises de suivi satellite sur deux sites en Europe, la Mer d'Iroise et la Mer d'Irlande. Elle a souhaité s'entourer pour ce programme de deux partenaires scientifiques, la Fondation Malpelo et autres écosystèmes (Colombie) et le Manx Wildlife Trust (Ile de Man). Sandra BESSUDO et German SOLER de la Fondation Malpelo possèdent une forte expérience de marquage et de suivi acoustique de diverses espèces de requin et sont mondialement connus pour leur travail de conservation au sein du Sanctuaire de faune et de flore de Malpelo. Jackie et Graham HALL pilotent le programme Manx Basking Shark Watch du Manx Wildlife Trust à l'Ile de Man. Ils connaissent particulièrement bien les eaux de ce secteur, haut lieu de l'observation des requins pèlerins en Europe, et ont récemment expérimenté avec succès la pose de balises satellite sur des requins pèlerins.

Un programme international appelé « Sur les traces du requin pèlerin » a vu le jour et a finalement réuni autour de l'APECS, la Fondation Malpelo et Autres Ecosystèmes Marins, le Manx Wildlife Trust mais aussi l'Agence des Aires Marines Protégées, la Parc naturel marin d'Iroise, la Fondation Nicolas Hulot pour la Nature et l'Homme, la Hopkins Marine Station (USA), Océanopolis, la Fondation Nature et Découvertes et la société Sillinger.

Les objectifs étaient :

- de rassembler de nouvelles informations sur les déplacements à grande échelle de cette espèce en Atlantique Nord-Est,



- de localiser les secteurs occupés en automne et en hiver lorsque les observations d'individus en surface sont très rares,
- d'identifier des secteurs pouvant constituer des enjeux forts en termes de conservation afin de pouvoir aider les gestionnaires dans le cadre de l'élaboration de stratégies de gestion et de conservation de cette espèce à priori très mobile.

L'idée était aussi d'initier les collaborations entre différentes équipes européennes, ce qui constitue une des recommandations de la Commission OSPAR (OSPAR 2009).

Matériel et méthodes

Sites d'étude et méthodes

Deux sites ont été choisis pour la mise en place de cette étude : la partie nord de la Mer d'Iroise à la pointe de la Bretagne et le sud de l'Île de Man en Mer d'Irlande (**Figure 1**). Il s'agit de deux zones où des requins pèlerins sont observés chaque année durant la période estivale, faisant déjà l'objet d'études sur cette espèce. L'APECS travaille sur le site Iroise depuis plusieurs années déjà et les secteurs privilégiés d'observation sont bien identifiés. Ce site a de plus la particularité d'être à l'intérieur des limites du Parc naturel marin d'Iroise, première aire marine protégée de ce genre en France ayant vu le jour en 2007. La Manx Wildlife Trust a démarré un programme de suivi en 2005 à l'Île de Man, un des principaux sites d'observation en Europe (entre 500 et 875 observations recensées par an depuis 2006).



Figure 1 : Sites d'étude

Les missions de terrain ont été menées aux périodes les plus favorables à l'observation, identifiées grâce aux études déjà menées, à savoir en juin en Mer d'Irlande et en juillet à l'Île de Man. Durant ces missions, des sorties journalières ont été réalisées uniquement par mer calme et lorsque la visibilité était suffisante, conditions indispensables pour espérer repérer un requin dont seul l'aileton et l'extrémité de la queue dépassent parfois de la surface.

Lors de chaque rencontre, l'heure et la position de début et de fin d'observation, le nombre de requins et leur activité (nourrissage, déplacement) ont été relevés. Aussi souvent que possible, la taille et le sexe des individus observés ont été déterminés et des photographies des ailerons ont été réalisées. La longueur totale a été estimée visuellement, soit directement lorsque l'animal était observé entièrement par transparence, soit à partir de la distance séparant l'aileton et l'extrémité de la queue. Le sexe a été déterminé en plongée libre (apnée) ou à partir d'images sous-marines réalisées depuis le bateau avec une mini caméra sur perche. Les photographies des ailerons ont été réalisées afin de tenter d'identifier chaque individu à partir de marques naturelles distinctives pouvant être présentes sur l'aileton : blessures, forme générale, pigmentation (**Figure 2**). L'objectif était dans le cadre de ces missions de savoir si un animal observé un jour avait déjà été observé les jours précédents. Mais de façon plus globale, l'idée était aussi de pouvoir contribuer à un programme européen de photo-identification se mettant en place.



Figure 2 : Ailerons marqués de requins pèlerins

Suivi satellite

Les balises

Dans le cadre de ce programme, les déplacements et les comportements des requins pèlerins ont été étudiés au moyen de MK10 Pop-up Archival Transmitting (PAT) tags (Wildlife Computers, Redmond, USA – Figure 3). Ce type de dispositif a été mis au point pour l'étude des gros animaux pélagiques qui ne viennent pas nécessairement en surface et pour lesquels il n'est donc pas possible d'utiliser les dispositifs de suivi satellite en temps réel.

Une fois accrochée sur l'animal, la balise enregistre différents paramètres à intervalle régulier durant une période plus ou moins longue programmée par l'utilisateur, puis elle se décroche pour remonter à la surface et transmettre les données enregistrées via les satellites du système Argos. Il est alors

possible de reconstruire le parcours réalisé par l'animal et de connaître le profil de ses plongées et les caractéristiques des masses d'eau traversées. Durant la transmission des données, le système Argos est également utilisé pour localiser la balise qui flotte en surface ce qui permet de connaître la position du requin au moment du décrochage, et ceci avec une bonne précision (< 250 m pour les localisations de classe 3 / entre 500 et 1500 m pour les localisations de classe 1).

Le modèle MK10 utilisé peut enregistrer la profondeur avec une résolution de 0,5 m, la température avec une résolution de 0,05 °C et l'irradiance (niveau d'éclairement) à la longueur d'onde de 550 nm. Cette dernière mesure permet en théorie de calculer pour une date donnée, une position approximative, en se basant sur les heures de lever et de coucher du soleil qui peuvent être calculées (heures auxquelles les variations sont les plus importantes) (Hill 1994). Ces balises ne pouvant résister à de très fortes pressions (au delà de 2000 m), un système de sécurité provoque le largage de la balise si la profondeur critique de 1800m est atteinte par l'animal. Si la balise reste à une profondeur constante durant une période anormalement longue indiquant la mort de l'animal ou un décrochage intempestif, une procédure particulière débute. Le système de largage se déclenche et l'émission des données vers les satellites Argos commence, sans attendre la fin de la période d'accrochage programmée par l'utilisateur. Ces balises sont fournies avec une batterie au lithium qui permet l'enregistrement de données durant environ une année et une dizaine de jours de transmission.



Figure 3 : MK10 PAT tag

Toutes les mesures faites par les capteurs sont enregistrées dans une mémoire non volatile mais la balise stocke également un résumé des données collectées sur une période de plusieurs heures, la durée de cette période étant choisie par l'utilisateur. Pour ces résumés, l'utilisateur définit également des intervalles de profondeur et de température sur lesquels les données seront résumées. Seuls ces résumés sont transmis vers les satellites. Les données brutes ne sont accessibles que si la balise est retrouvée physiquement, par exemple échouée sur une plage. Les coordonnées de l'APECS ont donc été marquées sur toutes les balises ainsi que le montant de la récompense (100 euros) offerte à toute personne qui trouverait et renverrait la balise à l'association.

Finalement, si les données sont récupérées par satellite, l'utilisateur dispose d'un jeu de données composé :

- de données de localisation tirées des données de lumière
- de la proportion de temps passé à chaque intervalle de profondeur défini, pour chacune des périodes programmées
- de la proportion de temps passé à chaque intervalle de température défini, pour chacune des périodes programmées

- de données journalières de profondeur minimum et maximum
- de données de température en fonction de la profondeur permettant de construire des profils de température

Lorsqu'une balise est retrouvée physiquement, l'utilisateur a en plus accès aux données brutes enregistrées ce qui permet d'obtenir des profils de profondeur et de température détaillés, ainsi qu'un plus grand nombre de données de localisation.

Toute la programmation de la balise est réalisée par l'utilisateur au moyen d'un logiciel fourni par le constructeur (MK10 Host). De même, le décodage et le traitement des données récupérées, qu'elles soient passées par les satellites Argos ou qu'elles proviennent directement d'une balise retrouvée sur la côte, peut être réalisé par l'utilisateur qui a à sa disposition plusieurs logiciels (DAP Processor, WC-AMP, WC-GPE, Instrument Helper).

Programmation et pose des balises

Les balises ont été programmées pour enregistrer la profondeur, la température et la lumière toutes les 20 secondes durant la période d'accrochage sur l'animal. Elles ont également été programmées pour résumer ces données sur deux périodes de 12 heures, de 5h00 à 17h00 et de 17h00 à 5h00 en heure GMT ce qui correspond approximativement à une période de jour (5h00-17h00) et une période de nuit (17h00-5h00). Une balise fait exception et a été programmée de telle sorte que la distinction jour/nuit n'est pas possible. Pour ces résumés, les intervalles de profondeur ont été définis de la façon suivante : 0-10m, 10-20m, 20-50m, 50-100m, 100-200m, 200-350m, 350-500m, 500-650m, 650-800m, 800-1000m, 1000-1500m, >1500m (balises APECS et Fondation Malpelo) ou 0-20m, 20-50m, 50-100m, 100-200m, 200-300m, 300-400m, 400-500m, 500-600m, 600-700m, 700-800m, 800-900m, 900-1000m, >1000m (balises Manx Wildlife Trust). Les intervalles de température ont été fixés comme suit : 0-5°C, 5-7°C, 7-10°C, 10-11°C, 11-12°C, 12-13°C, 13-14°C, 14-15°C, 15-16°C, 16-17°C, 17-19°C, 19-22°C, >22°C (balises APECS) ou 0-5°C, 5-10°C, 10-11°C, 11-12°C, 12-13°C, 13-14°C, 14-15°C, 15-16°C, 16-17°C, 17-18°C, 18-19°C, 19-20°C, >20°C (balises Manx Wildlife Trust) ou encore 0-3°C, 3-6°C, 6-9°C, 9-12°C, 12-15°C, 15-18°C, 18-21°C, 21-24°C (balises Fondation Malpelo).

Le système d'accrochage, composé d'une fléchette reliée à la balise au moyen d'un « cordon » est confectionné par l'utilisateur en fonction des caractéristiques morphologiques et comportementales de l'animal étudié. De même, la technique de pose de la balise est déterminée par l'utilisateur. Dans le cadre de ce programme, nous avons bénéficié de l'expérience des trois partenaires scientifiques. En Mer d'Iroise, les balises ont été posées en apnée au moyen d'un fusil de chasse sous-marin dont la flèche a été modifiée pour pouvoir y adapter un embout spécial pouvant porter la fléchette (**Figures 4b et c**). A l'île de Man, la pose s'est faite depuis le bateau avec un harpon spécialement confectionné pour cela (**Figure 3c**). Dans les deux cas, le système d'accrochage a été le même. Des fléchettes en titane (M dart, Wildlife Computers) ont été utilisées avec un fil de nylon de gros diamètre d'une longueur de 12 centimètres protégé par une gaine en plastique (**Figure 4a**). Les balises ont été posées sur le haut du dos de l'animal, à la base du premier aileron dorsal (**Figure 4d**).



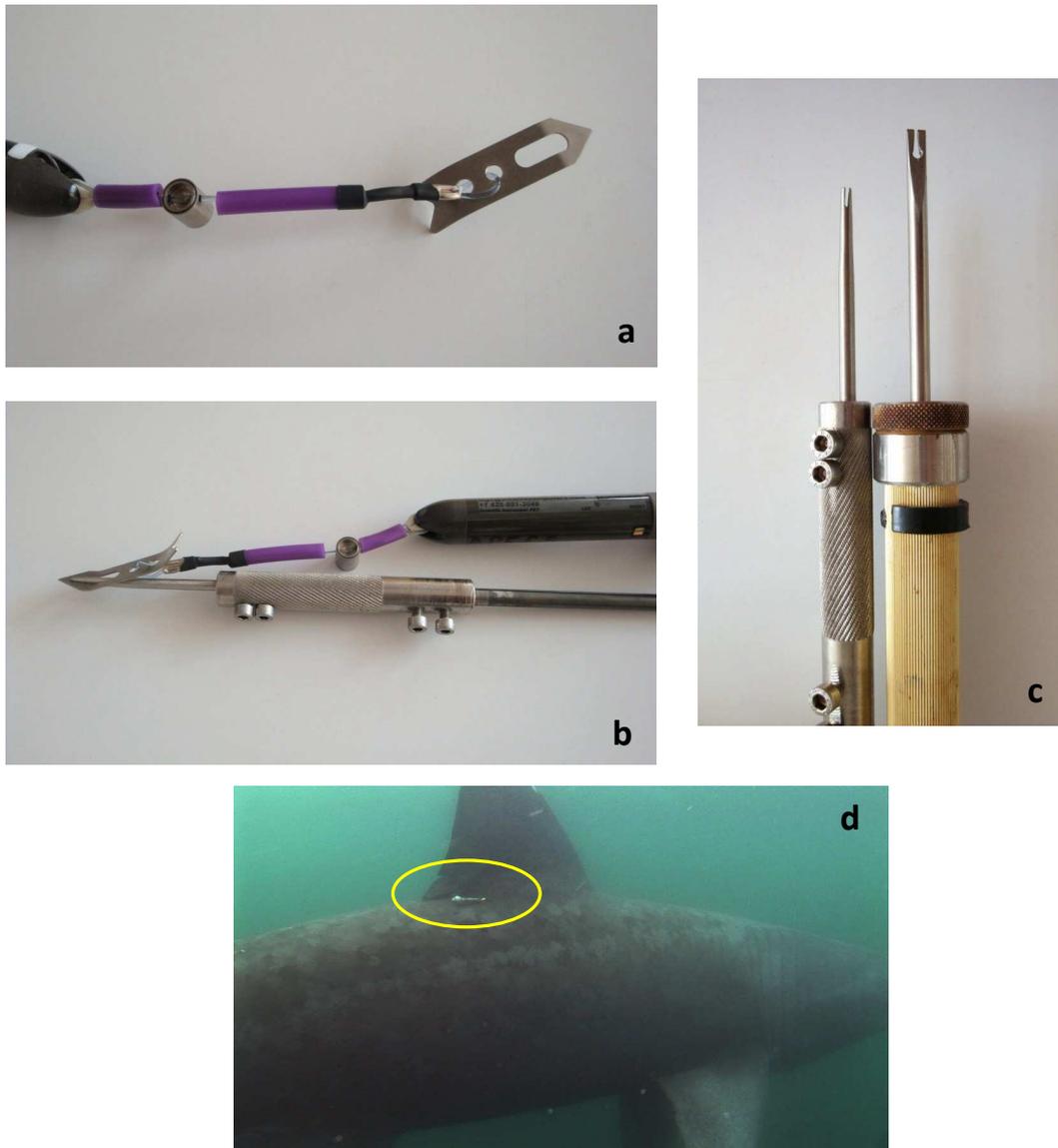


Figure 4 : Système d'accrochage des balises - a : détail du système d'accrochage, b : balise en place sur l'adaptateur de la flèche, c : adaptateur de la flèche (gauche) et du harpon (droite), d : balise accrochée sur le dos d'un requin

Reconstruction du parcours

S'il est en théorie possible de calculer des positions à partir des données de luminosité, plusieurs facteurs rendent ces calculs largement imprécis : grande sensibilité de la mesure de luminosité aux incidences rasantes (lever et coucher du soleil), existence de phénomènes mal modélisés (turbidité, nébulosité,...) pouvant impacter la mesure de luminosité, impossibilité de calculer la latitude au moment des équinoxes (Welch and Eveson 1999, Musyl et al. 2001). La reconstruction de trajectoires à partir de telles données et l'interprétation écologique des comportements sont donc difficiles. C'est ce qui a conduit plusieurs équipes scientifiques à développer de nouvelles approches depuis le début des années 2000 (Sims et al. 2003, Sibert et al. 2003, Nielsen et al. 2006, Nielsen and Siebert 2007, Lam et al. 2008).

Pour cette étude, nous avons fait le choix de travailler en collaboration avec l'équipe MEMMS (Modélisation des Ecosystèmes Marins et Monitoring par Satellites) de CLS qui propose depuis 2008 un service de traitement des balises archives basé sur l'utilisation d'une de ces nouvelles approches. Le principe est d'utiliser un modèle mathématique de mouvement basé sur une marche aléatoire, prévoyant la position N+1 à partir de la position N, et pouvant être contraint par des paramètres mesurés par les balises. On obtient finalement la trajectoire la plus probable qui est d'autant plus précise que l'on dispose d'un grand nombre de données issues des balises. Pour le modèle développé par CLS utilisé dans le cadre de cette étude (Royer and Lutcavage 2009), les paramètres de contrainte sont les positions calculées à partir des données de luminosité (après suppression des valeurs aberrantes) et les données de température de surface (**Figure 5**). La trajectoire obtenue sera donc moins fiable pour un requin qui aura passé beaucoup de temps en profondeur ou si le pourcentage de messages exploitables reçus par les satellites est faible. Dans les deux cas, on ne disposera que de peu de données pour contraindre le modèle et pondérer la trajectoire théorique. La méthode atteint ses limites lorsque ces deux facteurs se combinent.

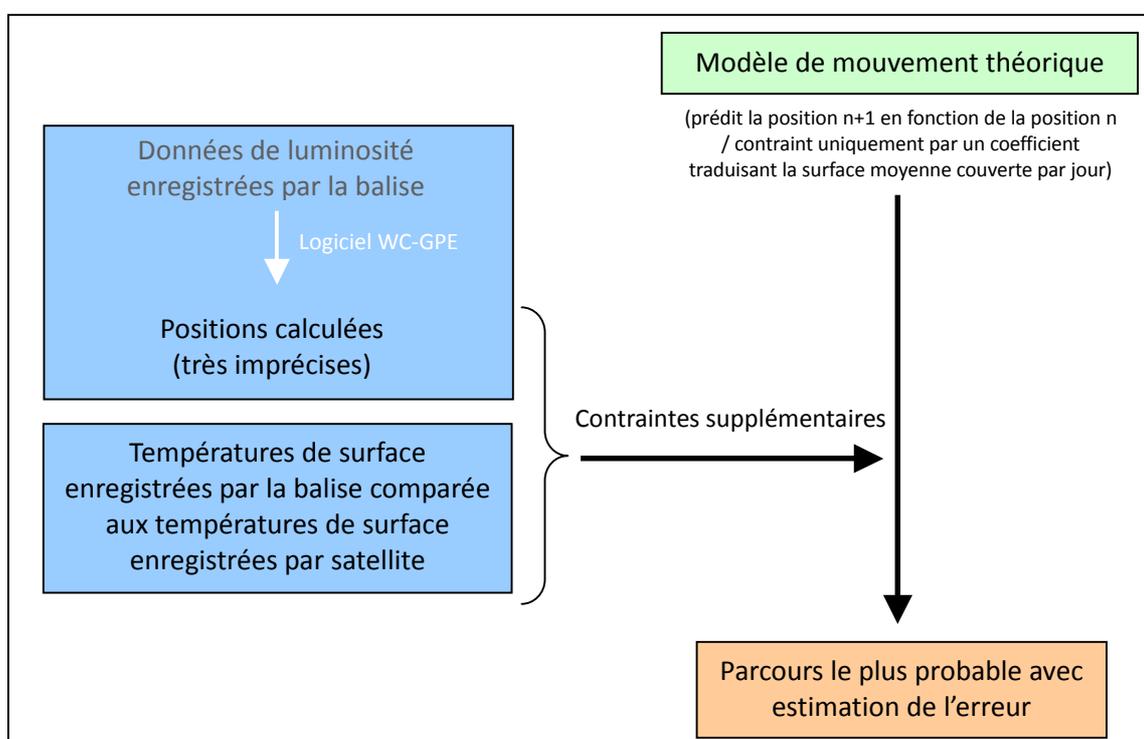


Figure 5 : Principe de reconstruction de la trajectoire

Un coefficient de diffusion exprimé en km^2/jour traduisant la surface moyenne couverte par jour doit par ailleurs être défini pour le modèle théorique et dépend de l'animal étudié. Plusieurs valeurs ont été testées dans le cadre de cette étude conduisant parfois à des résultats très différents. L'analyse de ces différents résultats, en tenant compte des profils de température en fonction de la profondeur fournis par les balises, et des informations disponibles dans la littérature scientifique sur la structure thermique des masses d'eau (homogène / stratifiée) dans la zone d'étude, a permis de trancher. Pour la plupart des requins, un coefficient de diffusion de $500 \text{ km}^2/\text{jour}$ a été choisi. Des coefficients de $200 \text{ km}^2/\text{jour}$ et $2000 \text{ km}^2/\text{jour}$ ont cependant été retenus pour les requins 79779 et 79781.

Compte-rendu des campagnes de terrain

Mission Iroise

Dates : 1er au 15 juin 2009

Participants :

APECS : Armelle Jung, Eric Stéphane, Pierre Yves Lebon, Hélène Gadenne, Johan Mourier, Antonin Blaison, Caroline Gamblin

Fondation Malpelo : Sandra Bessudo, German Soler

Fondation Nicolas Hulot pour la Nature et l'Homme : Maxime André, équipage de Fleur de Lampaul

Parc naturel marin d'Iroise : Yannis Turpin, Sylvain Dromzee, Antoine Besnier, Armel Bonneron, Sébastien Bregeon, Cécile Lefeuvre

Agence des Aires Marines Protégées : Amelia Curd

Une équipe de tournage composée de Philippe Abalan et d'Yves Gladu a également pris part à cette mission afin de réaliser des images en vue de la réalisation d'un film documentaire.

Moyens nautiques :

APECS : Sill6, semi-rigide mis à disposition par la société Sillinger

Parc naturel marin d'Iroise : Olik, semi-rigide

Fondation Nicolas Hulot : Fleur de Lampaul, voilier ambassadeur de la Fondation et semi-rigide

Bilan :

Bien que l'APECS réalise chaque année une campagne d'information des acteurs de la vie maritime dans le cadre de son programme national de recensement des observations, un effort particulier a été réalisé à l'échelle de la zone d'étude en amont de cette mission de terrain. Un message invitant à signaler toute observation de requin pèlerin a été diffusé et repris par les médias et dans les bulletins d'informations de plusieurs communes. Les associations de plaisanciers de la zone d'étude ont été contactées directement et une présentation du programme de marquage s'est tenue en parallèle des assemblées générales de ces structures courant avril et mai. Plusieurs d'entre elles (Association des Plaisanciers du Port du Conquet, Association des Plaisanciers et Riverains d'Illien, Association des Plaisanciers de Porsmoguer Kerhornou, Association des Plaisanciers de Porscave, Association des Plaisanciers de l'Aber Ildut, Association des Plaisanciers de Melon) ont relayé l'information auprès de leurs adhérents et sollicité leur participation.

Une rencontre avec les personnels du sémaphore de Saint-Mathieu a permis de préciser la conduite à tenir en cas d'observation ou de signalement d'observation.

Enfin, la Préfecture maritime de l'Atlantique a accepté qu'un avis urgent aux navigateurs (AVURNAV) soit mis en place à l'échelle de la zone d'étude. Un message VHF a donc été diffusé deux fois par jour par le sémaphore de Saint-Mathieu, durant toute la mission.

Durant la première semaine, la prospection a été réalisée simultanément par trois bateaux, deux semi-rigides chacun dans une partie de la zone et le Fleur de Lampaul qui a prospecté plutôt dans la partie nord où les fonds sont plus importants. La deuxième semaine, la prospection a été réalisée uniquement avec deux semi-rigides. Finalement, 9 sorties ont pu être réalisées, 4 demi-journées et 5 journées entières.



Mer d'Iroise, 5 juin 2009 – Fleur de Lampaul et Sill6

Au total, 5 observations ont été réalisées sur deux journées (**Tableau 1**). La première journée, un requin a été rencontré au hasard de la prospection d'un des semi-rigides. L'observation n'a duré que 15 minutes et le comportement de l'animal n'a permis aucune approche. Le lendemain, la présence d'un animal à moins de deux milles du port d'attache des bateaux a été signalée par un plaisancier. Cette journée a finalement donné lieu à 4 observations : 3 le matin, toutes dans le même secteur et 1 l'après-midi à l'extrême nord de la zone d'étude.

Même si les individus observés n'étaient que peu marqués, les photographies réalisées ont permis de montrer que l'individu observé l'après-midi était l'un de ceux vus le matin plus au sud de la zone.

Tableau 1 : Observations en Mer d'Iroise

Date	Heure début (heure locale)	Heure fin (heure locale)	Lieu	Nb de requins observés	Nb de requins photographiés
04/06/2009	12h35	12h51	Nord des Pierres Vertes	1	0
05/06/2009	10h00	10h54	1,5 MN au large de Lanildut	1	1
	11h04	11h20	1,5 MN au large de Lanildut	1	1
	11h25	13h30	1,5 MN au large de Lanildut	3	3
	15h40	17h27	Phare du Four	1	1

Lors de cette deuxième journée, 2 balises satellite ont pu être posées sur deux femelles de 3 et 6 mètres (**Tableau 2**).

Tableau 2 : Balises déployées en Mer d'Iroise

Argos #	Date	Heure (GMT)	Latitude (degrés décimaux)	Longitude (degrés décimaux)	Taille requin (cm)	Sexe	Durée accrochage prévue (jours)
79782	05/06/2009	09h39	+48,467	-4,826	300	F	225
79781	05/06/2009	10h45	+48,478	-4,832	600	F	225

Mission Ile de Man

Dates : 6 au 15 juillet 2009

Participants :

APECS : Armelle Jung, Eric Stéphan, Yannick Chérel, Sylvain Guerin. Yannick Chérel, professionnel de l'image animalière, avait plus particulièrement en charge la réalisation d'images sous-marines.

Manx Wildlife Trust : Jackie et Graham Hall, Derek Pitman, Eleanor Stone

Moyens nautiques :

APECS : Parsifal, voilier mis à disposition de l'association

Manx Wildlife Trust : Happy Jack, bateau à moteur

Bilan :

Durant les dix jours de mission, 6 sorties en mer ont été réalisées, 2 demi-journées et 4 journées entières. La prospection a été réalisée simultanément par les deux navires à l'exception de deux demi-journées.

Au total, 33 observations ont été réalisées en 5 sorties (**Tableau 3**). Seule 1 demi-journée de prospection n'a pas été fructueuse.

La photo-identification a permis de montrer que certains individus ont été observés à plusieurs reprises durant la mission (**Tableau 4**).

Tableau 3 : Observations à l'île de Man

Date	Heure début (heure locale)	Heure fin (heure locale)	Bateau	Lieu	Nb de requins observés	Nb de requins photographiés
06/07/09	15h00	15h45	Happy Jack	North of Glen Maye	7	2
	15h57	17h47	Happy Jack	Contrary Head	7	2
	17h51	18h04	Happy Jack	Contrary Head	2	2
	18h25	18h33	Happy Jack	Peel castle	2	2
	18h36	18h45	Happy Jack	Peel breakwater	1	1
	18h53	19h41	Happy Jack	Off Peel	10	6
	20h09	20h16	Happy Jack	Off Peel	1	1
10/07/09	13h41	14h07	Happy Jack	Off Fleshwick	2	2
	14h36	14h38	Happy Jack	Brada Hill	2	1
	15h24	16h58	Happy Jack	Between Calf and Port Erin	2	2
	18h08	18h09	Happy Jack	Poole Vaaish	1	0
13/07/09	14h20	14h58	Parsifal	Port Erin side of the Sound	1	1
	15h40	15h52	Parsifal	Off Fleshwick	1	1
	16h22	16h25	Parsifal	Off Fleshwick	1	1
	16h55	17h18	Parsifal	Off Fleshwick	2	2

	17h50	20h10	Parsifal + Happy Jack	Niarbyl Bay	4	4
	20h28	20h30	Parsifal	Contrary Head	1	1
	21h09	21h11	Parsifal	Peel Castle	1	1
14/07/09	11h45	12h35	Parsifal	Peel	3	1
	13h40	14h10	Parsifal	Peel	1	1
	15h50	16h00	Parsifal	Off Peel	1	1
	16h26	17h01	Parsifal	North of Peel	2	2
	17h55	18h15	Parsifal	North of Peel	2	1
	12h40	12h52	Happy Jack	Niarbyl Bay	5	1
	13h10	13h18	Happy Jack	Contrary head	1	1
	15h47	16h13	Happy Jack	Peel Castle	1	1
	17h43	17h59	Happy Jack	Contrary Head	1	1
	18h23	19h09	Happy Jack	North of Niarbyl Bay	5	1
	19h34	20h00	Parsifal + Happy Jack	Niarbyl Bay	2	2
	20h35	20h45	Parsifal	Niarbyl Bay	2	1
15/07/09	09h00	09h35	Happy Jack	Niarbyl Bay	5	1
	09h42	10h03	Happy Jack	Niarbyl Bay	?	1
	10h51	13h10	Happy Jack	Contrary Head	6	5

Tableau 4 : Historique des observations des requins identifiés (x : individu observé au cours de la sortie)

	06/07/2009	10/07/2009	13/07/2009	14/07/2009	15/07/2009
Nb requins photographiés	16	5	11	14	7
Nb requins identifiés	10	2	3	4	6
IOM 0000*	x				x
IOM 0001	x				
IOM 0002	x				
IOM 0003	x				
IOM 0004	x				
IOM 0005	x				
IOM 0006	x	x			
IOM 0007	x				
IOM 0008	x				
IOM 0009	x				
IOM 0010			x		x
IOM 0011			x	x	x
IOM 0012			x		x
IOM 0013				x	x
IOM 0014		x		x	
IOM 0015				x	
IOM 0016					x

* animal photo-identifié le 02/07/2009, avant le début de la mission

Durant cette mission, 7 balises satellite ont été déployées (**Tableau 5**). Une première balise posée par l'équipe du Manx Wildlife Trust au début du mois de juillet 2009 porte à 8 le nombre de balises posées dans ce secteur au cours du mois de juillet 2009. Cinq requins de grande taille ($\geq 7m$) ont pu être équipés (4 mâles et 1 femelle), les trois autres mesurant entre 5 et 7 mètres (2 mâles et 1 femelle).

Tableau 5 : Balises déployées à l'Île de Man

Argos #	Date	Heure (GMT)	Latitude (degrés décimaux)	Longitude (degrés décimaux)	Taille requin (cm)	Sexe	Durée accrochage prévue (jours)
85385B	02/07/2009	10h04	+54,215	-4,769	800	M	210
86823	06/07/2009	14h25	+54,198	-4,728	800	M	210
79779	06/07/2009	15h48	+54,205	-4,722	750	M	245
39337	10/07/2009	15h11	+54,100	-4,806	500	M	245
39338	13/07/2009	17h18	+54,153	-4,750	650	M	245
95766	14/07/2009	17h57	+54,180	-4,733	500	F	245
95765	15/07/2009	10h44	+54,204	-4,745	700	M	245
85382	15/07/2009	10h40	+54,199	-4,762	700	F	210



Île de Man, juillet 2009 – Happy Jack et Parsifal

Données collectées

Sur les 10 balises déployées, 9 se sont détachées et ont transmis des données vers les satellites Argos, 4 à la date prévue, 2 très prématurément (après 5 et 16 jours) et 3 après 38, 54 et 76 jours (**Tableau 6**). La dernière balise qui n'a rien transmis a cependant été retrouvée échouée sur une plage du Pays de Galles le 8 avril 2010, soit trois semaines après la date prévue de décrochage. La totalité des données enregistrées durant les 245 jours de son déploiement a ainsi pu être récupérée. Le problème survenu pour cette balise n'a donc concerné que la transmission des données vers les satellites et non l'accrochage, l'enregistrement ou le décrochage. Cette balise a d'ailleurs été retrouvée sans antenne ce qui peut expliquer ce problème de transmission (**Figure 6a**).

Une balise a également été retrouvée sur une plage d'Ecosse le 14 juin 2010, neuf mois après son décrochage et la transmission des données vers les satellites (**Figure 6b**). L'intégralité des données a été récupérée permettant une analyse plus fine.

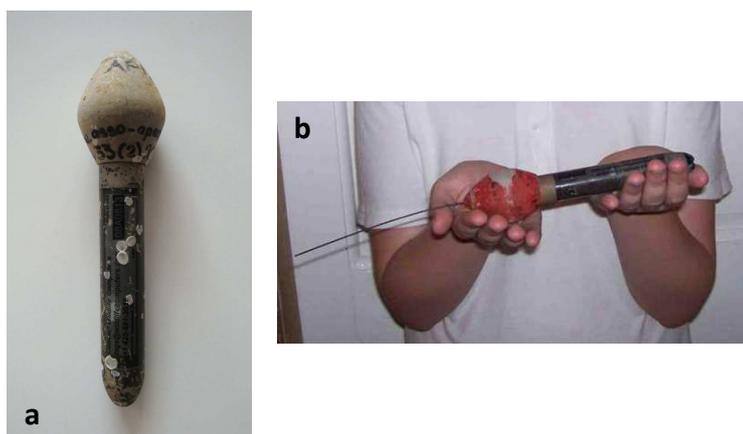


Figure 6 : Balises retrouvées échouées sur des plages. a : 95766, b : 86823

Au moment du décrochage et de la remontée en surface, les 9 balises ayant transmis des données aux satellites Argos ont été localisées dans les eaux du plateau continental européen, relativement proches des côtes (**Figure 7**). Les distances séparant le lieu de marquage du lieu de décrochage sont de l'ordre d'une centaine de kilomètres pour les 2 balises qui se sont décrochées très prématurément, ainsi que pour 2 balises localisées en Mer d'Irlande après 76 et 54 jours d'accrochage sur le requin. Cette distance atteint environ 350 km pour 3 balises localisées en Mer Celtique après plus de 200 jours de déploiement. Enfin elle est de l'ordre de 1500 km pour les deux dernières balises, celle localisée dans le sud du Golfe de Gascogne après 245 jours, et celle localisée aux Hébrides après seulement 38 jours de déploiement.

Compte tenu du lieu d'échouage de la dixième balise et des courants présents dans ce secteur, le décrochage qui s'est produit le 16 mars 2010 a probablement eu lieu dans la partie nord de la Mer Celtique.

Tableau 6 : Détails sur la taille et le sexe des requins marqués ainsi que sur les dates et lieux de pose et de décrochage des balises

Requin (Argos #)	Taille (cm)	Sexe	Pose			Décrochage			Durée du Suivi (jours)
			Date	Latitude	Longitude	Date	Latitude	Longitude	
79782	300	F	05/06/2009	+48,467	-4,826	10/06/2009	+49,997	-5,111	5
79781	600	F	05/06/2009	+48,478	-4,832	12/07/2009	+57,138	-6,816	38
85385B	800	M	02/07/2009	+54,215	-4,769	02/02/2010	+50,953	-5,890	215
86823*	800	M	06/07/2009	+54,198	-4,728	20/09/2009	+53,623	-5,510	76
79779	750	M	06/07/2009	+54,205	-4,722	08/03/2010	+51,184	-5,756	245
39337	500	M	10/07/2009	+54,100	-4,806	26/07/2009	+54,456	-4,635	16
39338	650	M	13/07/2009	+54,153	-4,750	15/03/2010	+44,341	-2,785	245
95766**	500	F	14/07/2009	+54,180	-4,733	16/03/2010	?	?	245
85382	700	F	15/07/2009	+54,199	-4,762	07/09/2009	+53,658	-5,580	54
95765	700	M	15/07/2009	+54,204	-4,745	17/03/2010	+51,149	-6,129	245

* retrouvée 9 mois après le décrochage en Ecosse (St Medans beach)

** retrouvée 3 semaines après le décrochage au Pays de Galles (Porthmynawyd beach)

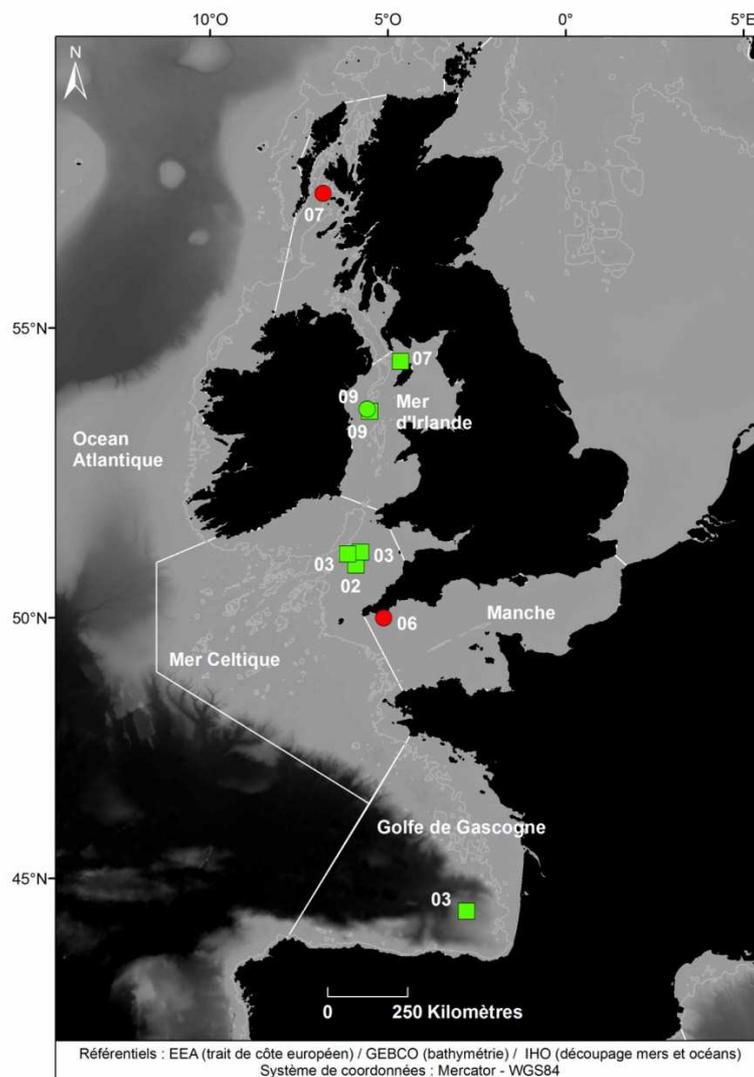


Figure 7 : Positions des remontées en surface des balises (□ : mâles, ○ : femelles, Rouge : marqués en Iroise, Vert : marqués à l'Île de Man, Etiquette : mois de décrochage)

Mouvements horizontaux

En raison des courtes durées d'accrochage des balises (5 et 16 jours), les données collectées pour les requins 79782 et 39337 n'ont pas été prises en compte pour l'analyse suivante qui concerne donc 7 requins marqués à l'île de Man et 1 requin marqué en Bretagne.

La trace complète a pu être reconstruite pour la majorité des requins. Seule l'estimation du parcours du requin 39338 est plus problématique en raison de la récupération d'un nombre insuffisant de données de luminosité et de température de surface pour bien contraindre le modèle. La trace obtenue n'était pas satisfaisante au moins en partie (incohérence avec les profondeurs atteintes par le requin) et n'a donc été conservée que partiellement. Les traces obtenues pour les requins 95765 et 79779 sont également moins fiables pour les mêmes raisons.

Les requins marqués au mois de juillet à l'île de Man ont tous adopté un déplacement vers le sud. Les 2 requins suivis 76 et 54 jours (86823 et 85382) sont restés en Mer d'Irlande durant la totalité du suivi (**Figure 15**). Sur les 5 autres requins, suivis plus de 200 jours, 4 sont restés inféodés à la Mer d'Irlande et à la Mer Celtique (95766, 85385B, 95765, 79779) (**Figure 14**) tandis que le dernier (39338) a gagné le talus continental au sud de la Mer Celtique et dans le Golfe de Gascogne (**Figure 15**).

Les profils de température enregistrés par les balises permettent de préciser les types de masse d'eau traversées par les requins et donc de préciser les secteurs géographiques fréquentés. A l'exception du requin 79779, tous les requins ont séjourné plus ou moins longtemps dans les eaux du front de la côte ouest de l'île de Man et du front de la Mer d'Irlande (**Figure 8**), plutôt du côté où la colonne d'eau est homogène comme le confirme les profils de température (**Figures 9**). Le requin 79779 a par contre gagné immédiatement après le marquage, la masse d'eau située au sud-ouest de l'île de Man caractérisée par une stratification saisonnière de la colonne d'eau et une profondeur plus importante (>100m) (**Figure 8**) comme l'atteste le profil de température (**Figure 10**).

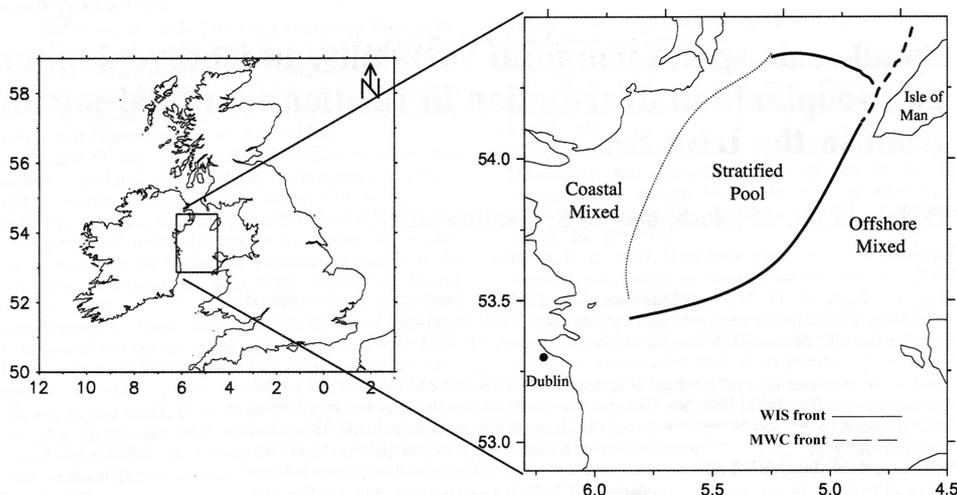


Figure 8 : Situation océanographique estivale en Mer d'Irlande dans Lee et al. (2005) (d'après Fernandes (1993) et Gowen et al. (1995)). WIS front : Western Irish Sea front, MWC front : Manx West Coast front, Stratified pool : zone caractérisée par une stratification de la masse d'eau

Après leur séjour dans les eaux du système frontal de Mer d'Irlande, les requins 95766 et 85385B sont allés directement en Mer Celtique où ils ont fréquenté des eaux stratifiées et caractérisées par une température de surface supérieure à celle de la Mer d'Irlande (**Figure 11**). Les 4 autres requins (86823, 85382, 95765, 39338) ont rejoint les eaux stratifiées du sud-ouest de l'île de Man (**Figure 12**). Pour 2 de ces individus (86823 et 85382) le décrochage de la balise est survenu au cours du mois de septembre dans cette zone. Le requin 39338 n'y est resté que jusque fin août, date à laquelle il a rapidement gagné le talus continental au sud de l'Irlande. Les requins 95765 et 79779 semblent y avoir séjourné jusqu'au début de l'automne, avant de rejoindre la Mer Celtique.

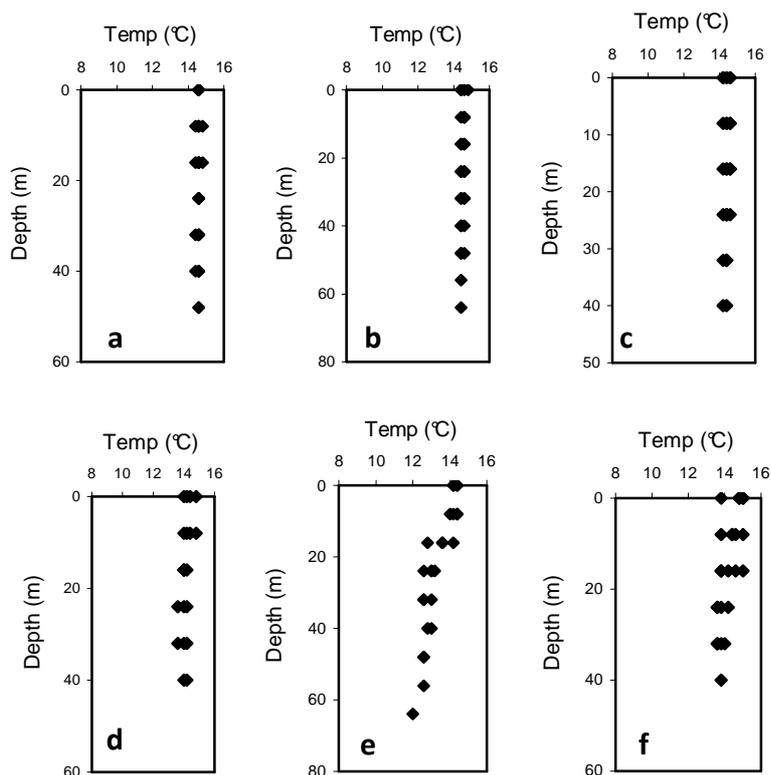


Figure 9 : Profils de température. a : requin 95766 (24-27/07), b : requin 85385B (31/07-05/08), c : requin 95765 (24-27/07), d : requin 39338 (16-24/07), e : requin 86823 (17-20/07), f : requin 85382 (15-18/07)

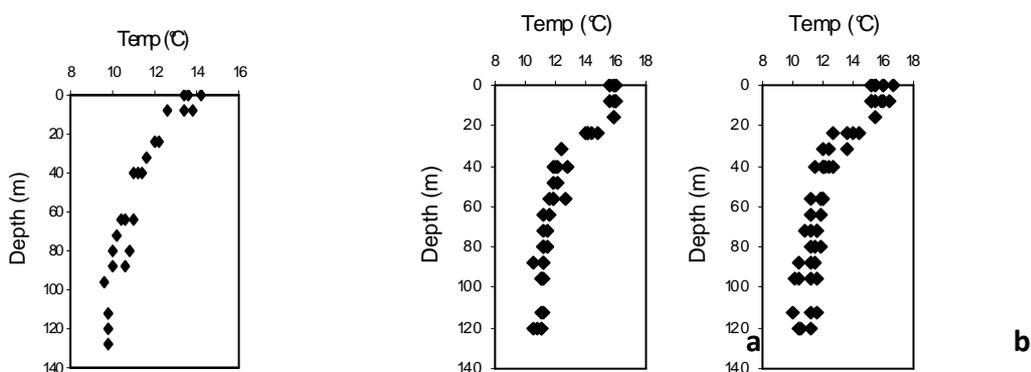


Figure 10 : Profil de température requin 79779 (11-19/07)

Figure 11 : Profils de température. a : requin 95766 (28-30/08), b : requin 85385B (26/08-02/09)

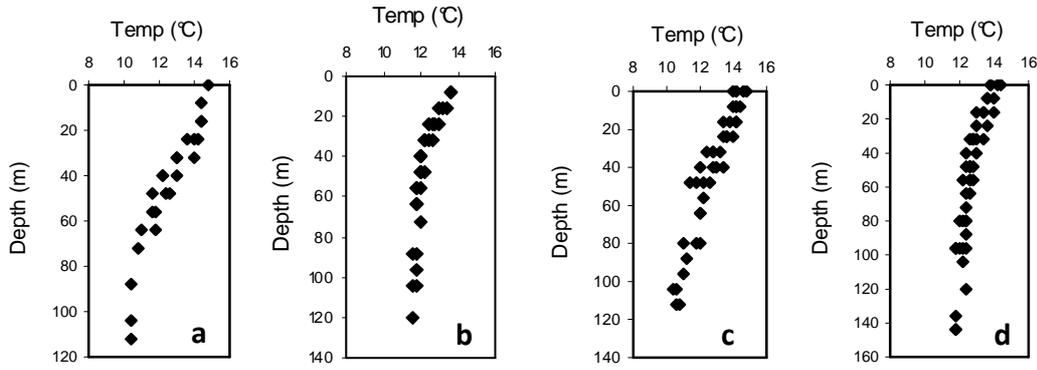


Figure 12 : Profils de température. a : requin 86823 (05-07/08), b : requin 39338 (31/07-04/08), c : requin 85382 (05-08/08), d : 95765 (10-13/08)

Le requin marqué en Mer d'Iroise au mois de juin (79781) a eu un déplacement vers le nord, beaucoup plus rapide. Il a rejoint en 38 jours les eaux des Hébrides en Ecosse, en contournant l'Irlande par l'ouest (**Figure 15**). Comme l'atteste les profils de température (**Figure 13**), ce requin n'a passé que deux jours à proximité de la zone de marquage en Mer d'Iroise, un secteur caractérisé par une eau froide et isotherme (Morin 1994). Il a ensuite traversé la zone du front d'Ouessant pour se retrouver dès le 10 juin dans les eaux stratifiées de la Mer Celtique.

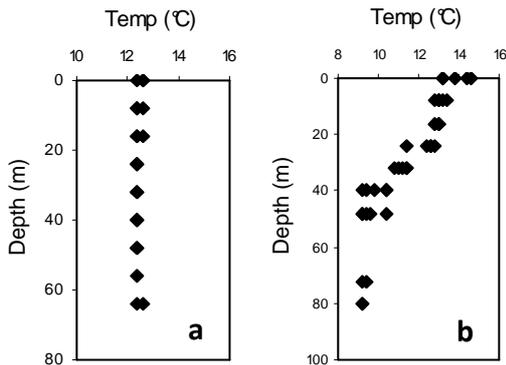


Figure 13 : Profils de température requin 79781
a : 05-06/06, b : 11-15/06

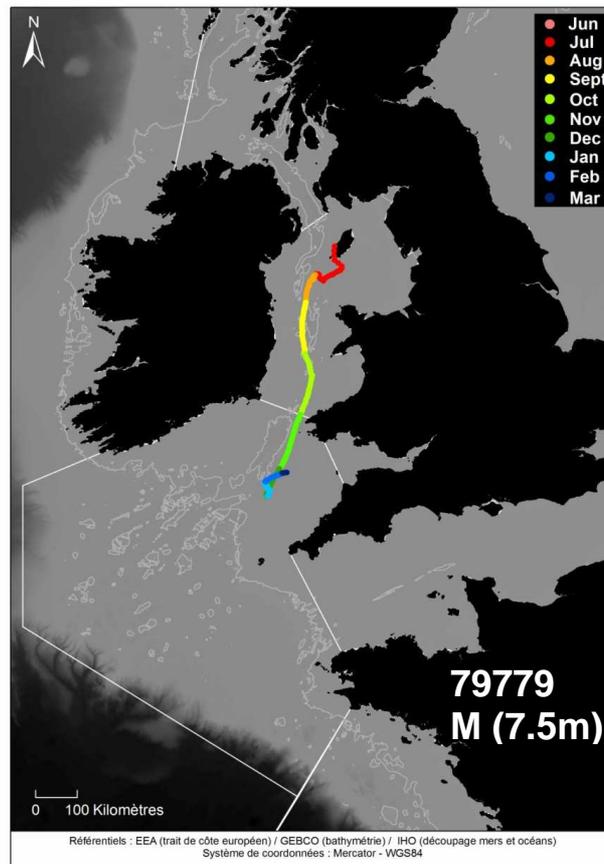
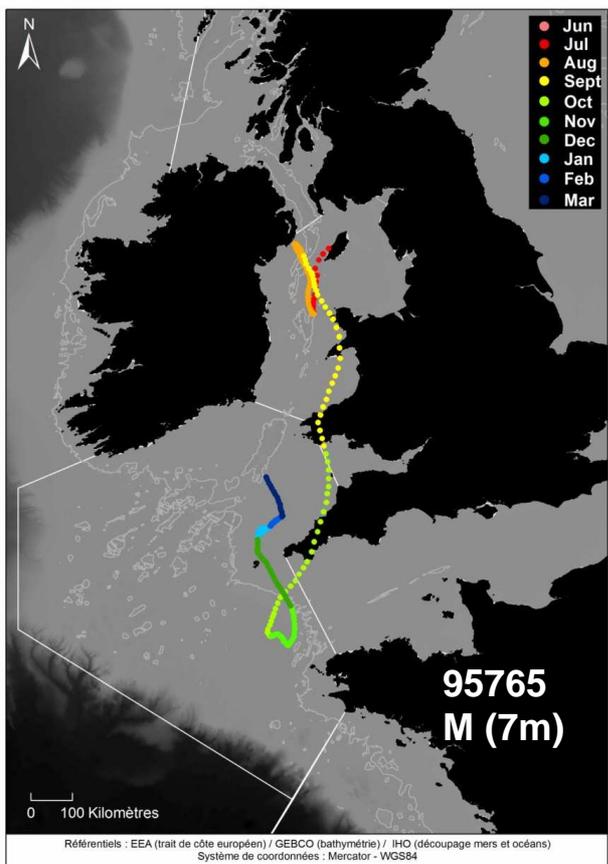
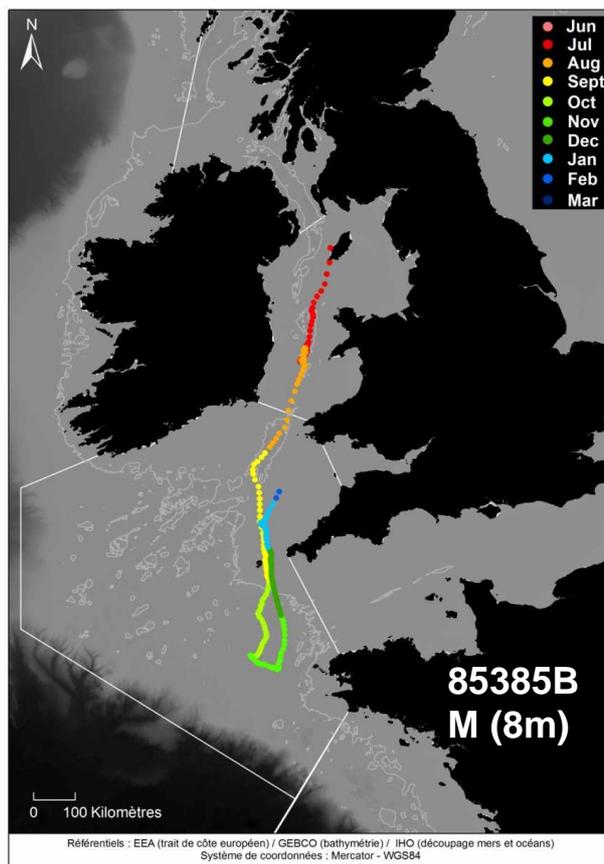
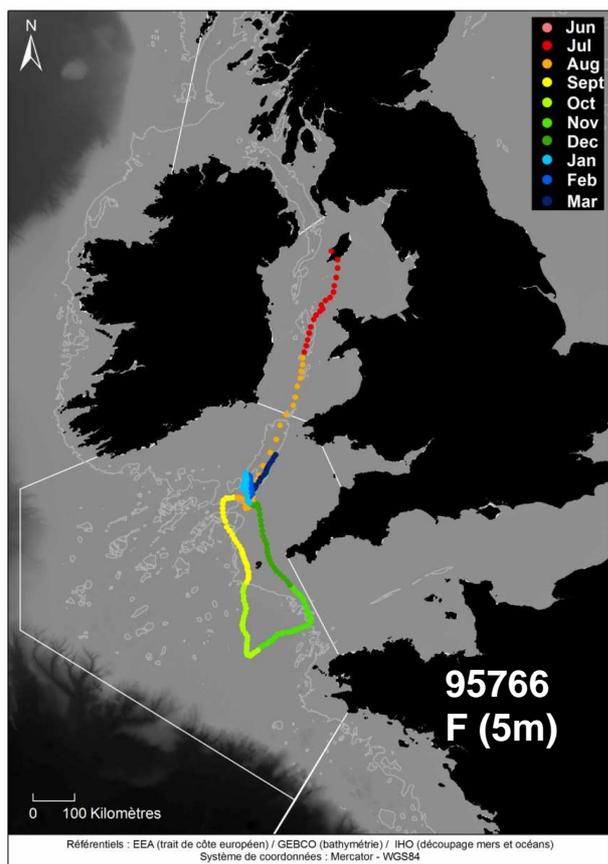


Figure 14 : Trajectoire reconstruite la plus probable pour les requins 95766, 85385B, 95765 et 79779 suivis durant plus de 200 jours et restés dans les eaux de Mer d'Irlande et de Mer Celtique

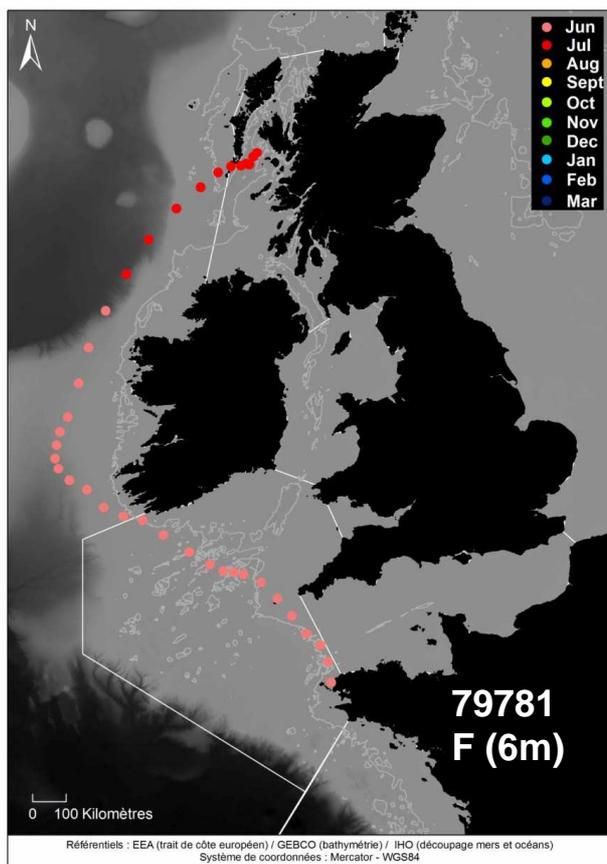
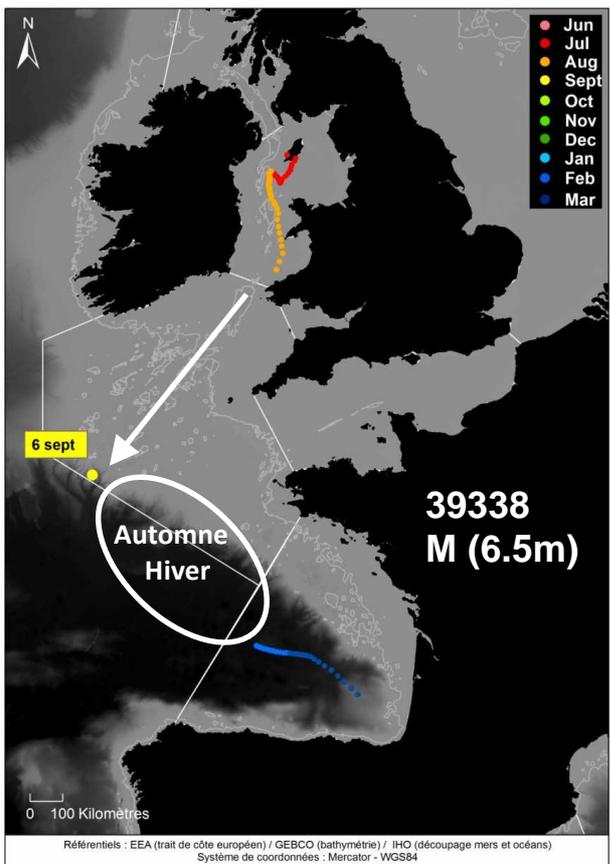
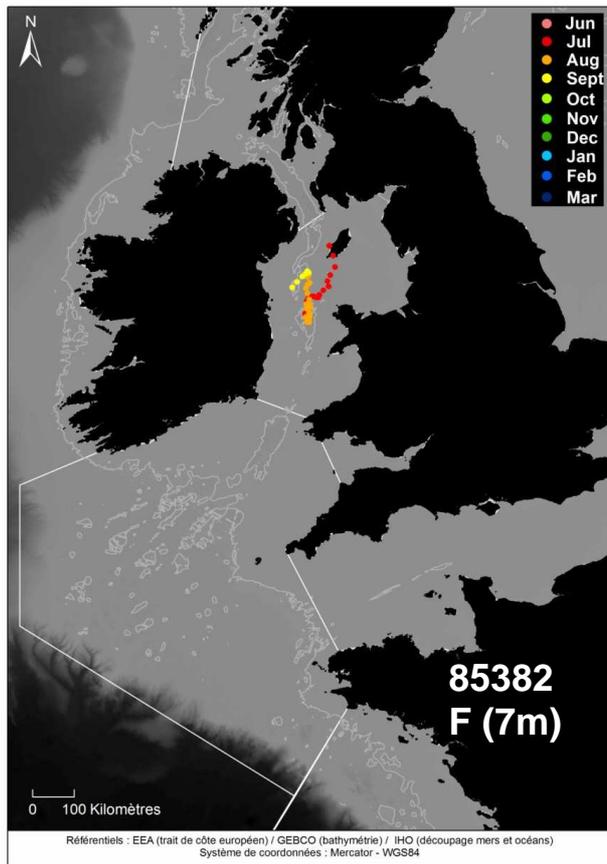
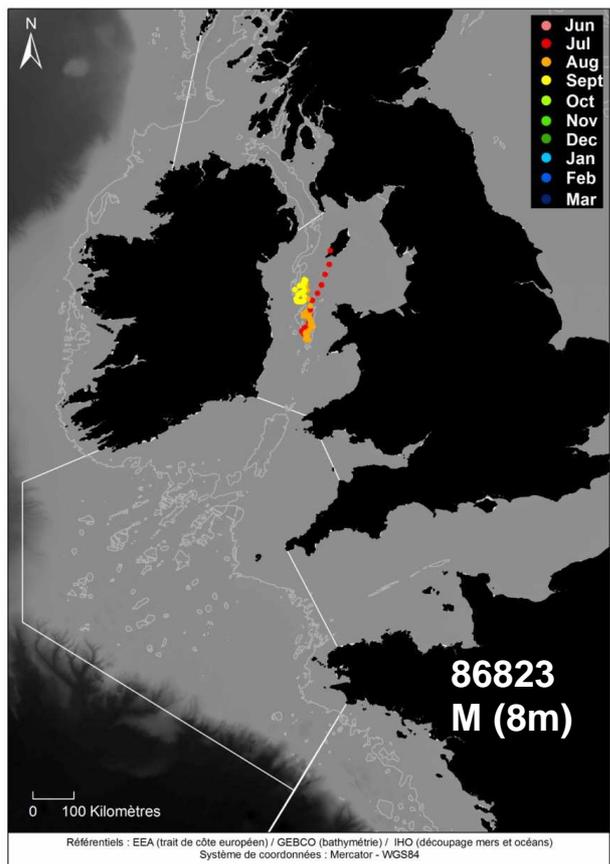


Figure 15 : Trajectoire reconstruite la plus probable pour le requin 39338 suivi durant 245 jours et pour les requins 86823, 85382 et 79781 suivis respectivement 76 ,54 et 38 jours.

Mouvements verticaux

Pour les 6 requins marqués à l'Île de Man qui n'ont ensuite pas quitté les eaux du plateau continental, les profondeurs maximums atteintes sont similaires : 136, 120, 144, 128, 138 et 128 mètres. Ces requins ont passé la majorité du temps entre la surface et 100 mètres de profondeur, avec quelques incursions entre 100 et 200 mètres (**Figure 16**). Ces profils de distribution verticale reflètent la bathymétrie de la zone occupée et indiquent que les requins ont utilisé l'ensemble de la colonne d'eau disponible.

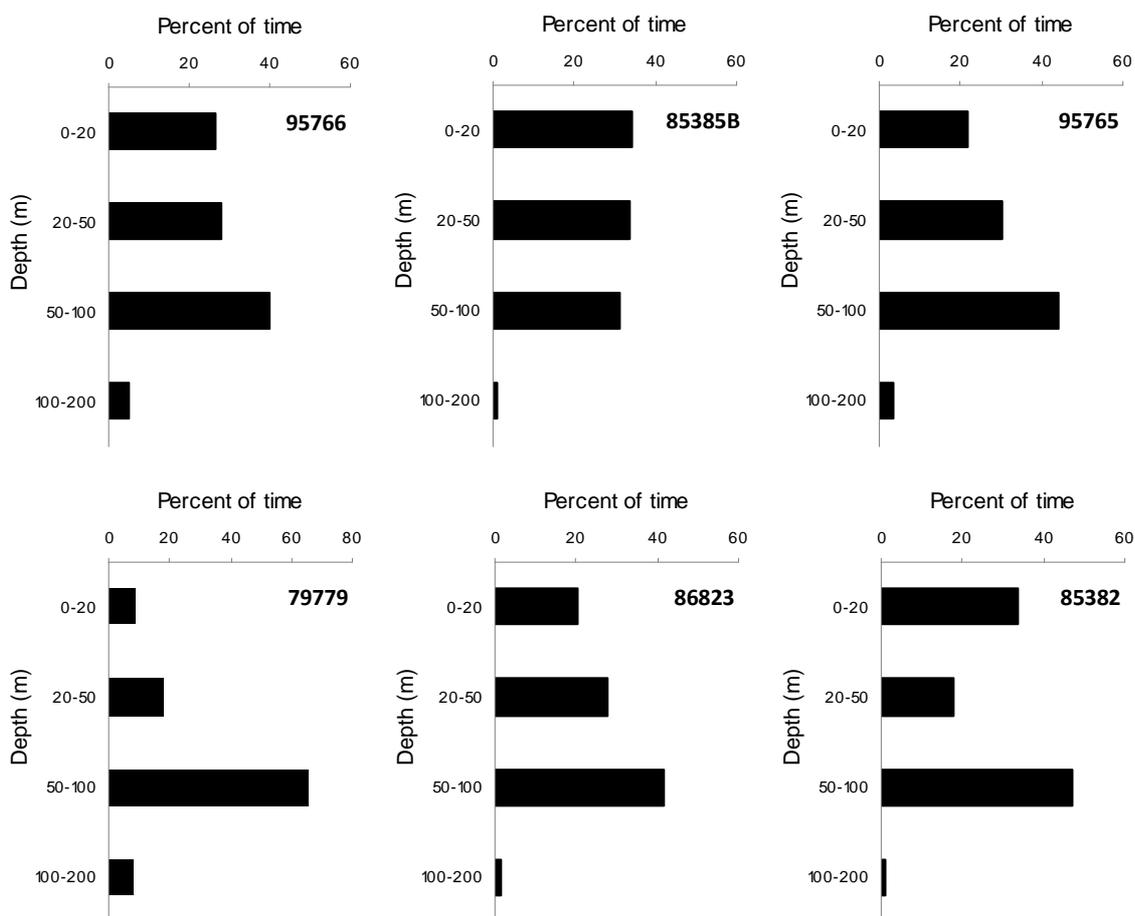


Figure 16 : Distribution verticale : pourcentage de temps passé dans chaque intervalle de profondeur sur la durée totale du suivi (numéro du requin sur chaque graphique)

Le requin 39338 a occupé une gamme de profondeurs beaucoup plus large et atteint une profondeur maximum de 840 mètres. Il a passé la majorité du temps (60%) entre 200 et 800 mètres (**Figure 17**).

Le requin 79781 a atteint une profondeur maximum de 184 mètres qui reflète également la bathymétrie du secteur qu'il a fréquenté. Mais contrairement aux autres, ce requin a utilisé majoritairement la couche d'eau située entre la surface et 20 mètres de profondeur (**Figure 17**).

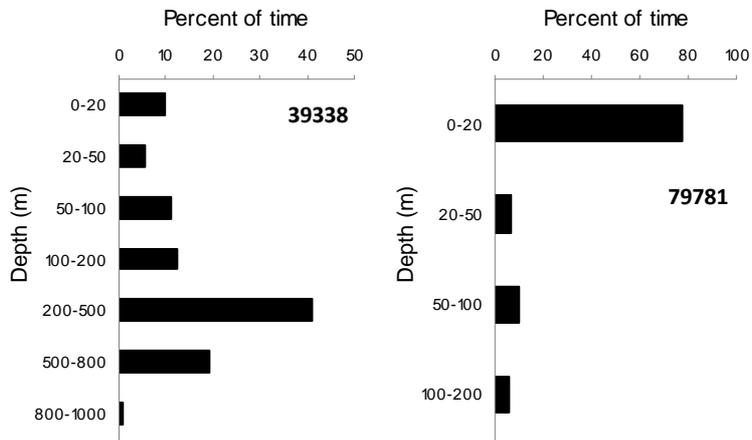


Figure 17 : Distribution verticale : pourcentage de temps passé dans chaque intervalle de profondeur sur la durée totale du suivi (numéro du requin sur chaque graphique)

Si des différences de distribution verticale sont constatées entre individus, on observe également des variations de ces distributions au cours du temps pour chaque individu. Il apparaît alors une forte similitude entre les profils de distribution verticale des individus occupant le même secteur géographique à une même période.

Eté

Durant l'été, cinq secteurs ont été fréquentés par les requins marqués : les eaux du système frontal du sud-ouest de l'île de Man, les eaux stratifiées situées entre l'île de Man et l'Irlande, le nord de la Mer Celtique, l'ouest de l'Irlande et les Hébrides.

Dans le premier de ces secteurs, les requins (n=6) ont occupé principalement les eaux proches de la surface. La quasi totalité des requins a passé plus de 80% du temps entre 0 et 20 mètres de profondeur durant la journée. La nuit, la distribution verticale semble plus variable d'un individu à l'autre et les requins occupent une gamme de profondeurs plus importante (**Figure 18**). Les données archives récupérées pour les requins 95766 et 86823 permettent d'analyser plus finement cette distribution verticale mais aussi de mieux appréhender les mouvements journaliers (**Figures 26A et 27A**). Le jour, les requins occupent la couche d'eau superficielle (0-5 mètres), les mouvements vers les eaux plus profondes étant rares. La nuit, la profondeur moyenne est plus importante et les mouvements verticaux plus nombreux, sans que la couche superficielle soit atteinte.

Entre l'île de Man et l'Irlande, dans le secteur où les eaux sont stratifiées, les requins (n=5) sont restés plus en profondeur, occupant surtout la couche d'eau 50-100 mètres le jour et la couche 20-100 mètres la nuit (**Figure 19**). Le temps passé dans la couche de surface est nettement moins important dans ce secteur. Les données archives obtenues pour le requin 86823 montrent que les mouvements verticaux sont très fréquents la nuit dans la couche 20-100 mètres et beaucoup moins marqués le jour. La profondeur occupée est alors beaucoup plus constante et oscille autour de 80 mètres (**Figure 27B**).

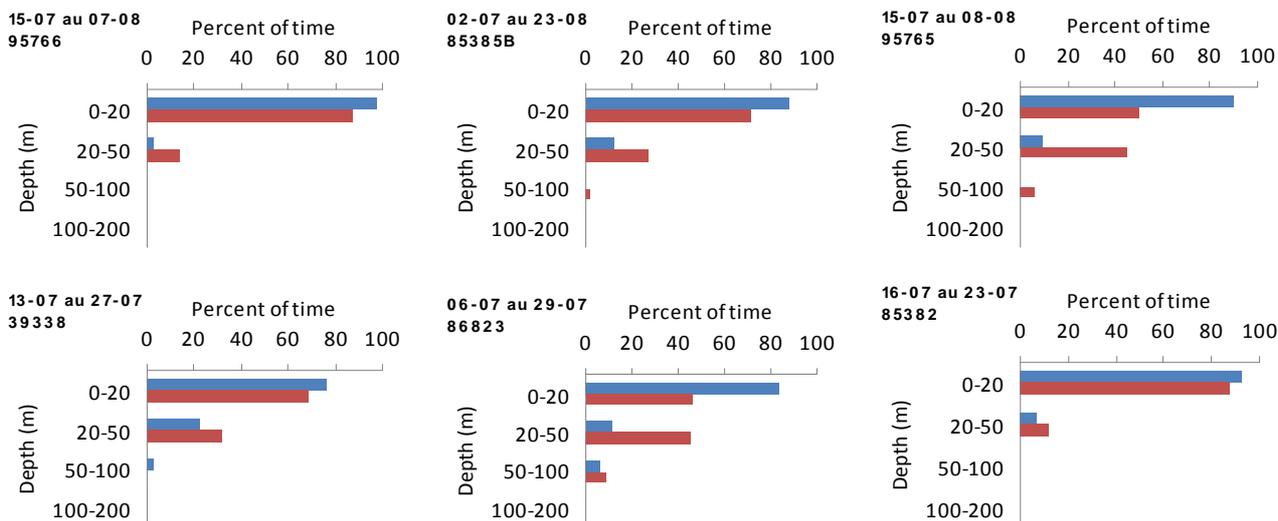


Figure 18 : Distribution verticale dans les eaux du système frontal du sud-ouest de l’île de Man, en été : pourcentage de temps passé dans chaque intervalle de profondeur (bleu : jour, rouge : nuit, numéro du requin sur chaque graphique)

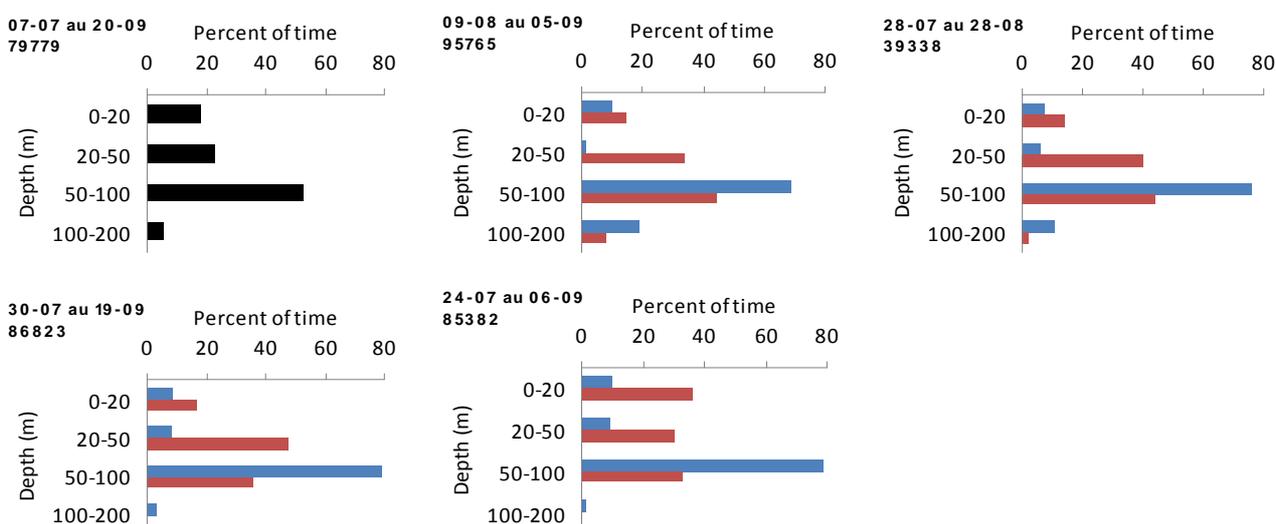


Figure 19 : Distribution verticale dans les eaux stratifiées de l’ouest de l’île de Man, en été : pourcentage de temps passé dans chaque intervalle de profondeur (bleu : jour, rouge : nuit, numéro du requin sur chaque graphique)

En Mer Celtique, zone fréquentée durant l’été uniquement par deux requins marqués, les profils de distribution verticale sont différents des deux cas précédents. Mais ici encore, on constate une similitude entre les distributions verticales pour une même période (**Figure 20**). Dans le cas du requin 95766 qui est arrivé dans la zone dès le 12 août, on observe une phase d’une quinzaine de jours (12 au 26 août) durant laquelle la distribution verticale est très différente entre le jour et la nuit. Ce requin a alors passé la nuit surtout près de la surface et le jour entre 100 et 200 mètres de profondeur. Les données archives montrent que la profondeur oscille très peu autour de 100 mètres le jour et qu’une fois encore les mouvements verticaux sont plus nombreux la nuit (**Figure 26B**). De fin août à mi-septembre, la distribution reste la même la nuit mais ce requin est venu aussi passer la majorité de son temps proche de la surface en journée, délaissant la couche 100-200 mètres. Les données archives montrent qu’il a alors occupé surtout la couche d’eau superficielle (0-5 mètres) le

jour, tout en réalisant des plongées régulières jusqu'à plus de 100 mètres (**Figure 26C**). On retrouve cette même distribution pour le requin 85385B qui a aussi fréquenté la Mer Celtique de fin août à mi-septembre, avec cependant une proportion plus faible de temps passé près de la surface le jour (**Figure 20**).

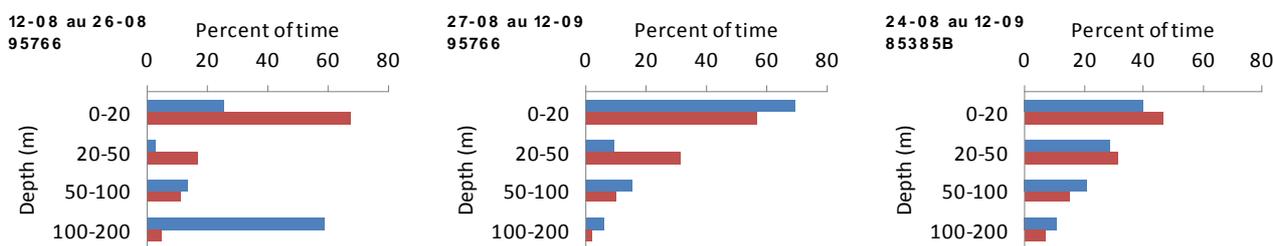


Figure 20 : Distribution verticale en Mer Celtique, en été : pourcentage de temps passé dans chaque intervalle de profondeur (bleu : jour, rouge : nuit, numéro du requin sur chaque graphique)

Le long de la côte ouest de l'Irlande et aux Hébrides, le requin 79781 a occupé essentiellement la couche d'eau de surface, de jour comme de nuit (**Figure 21**), comme lorsqu'il a traversé la Mer Celtique à la fin du printemps (05 au 24 juin).

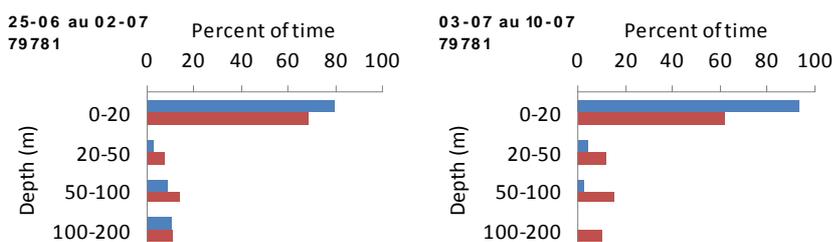


Figure 21 : Distribution verticale du requin 79781 en été : pourcentage de temps passé dans chaque intervalle de profondeur (bleu : jour, rouge : nuit, 25-06 au 02-07 : ouest Irlande, 03-07 au 10-07 : Hébrides)

Automne / Hiver

Deux secteurs ont été fréquentés à l'automne et en hiver, la Mer Celtique et le Golfe de Gascogne. Les deux requins présents en Mer Celtique au début de l'automne (95766 et 85385B) ont occupé surtout les eaux entre 20 et 100 mètres de profondeur (**Figure 22**). Ils ont ensuite utilisé, de mi-octobre jusqu'à la fin de l'automne, la couche d'eau située entre la surface et 50 mètres de profondeur, dans une zone à l'entrée de la Manche. Les eaux les plus proches de la surface ont alors été fréquentées surtout la nuit. Cette distribution verticale est observée pour 3 requins, le requin 95765 ayant aussi rejoint cette zone au cours du mois d'octobre (**Figure 23**). Les données archives récupérées pour le requin 95766 montrent que malgré ces profils différents, le comportement de migration verticale est similaire durant les deux périodes. Ce requin a alors passé le jour à une profondeur d'environ 50 mètres (plutôt en dessous de 50 mètres de mi-septembre à mi-octobre, et au dessus de mi-octobre à début décembre) tout en réalisant des migrations régulières de faible amplitude vers la surface ne le conduisant que rarement jusqu'à la couche 0-20 mètres. La nuit, la profondeur moyenne occupée a été plus importante et les migrations verticales de plus grande amplitude (**Figure 26D et E**)

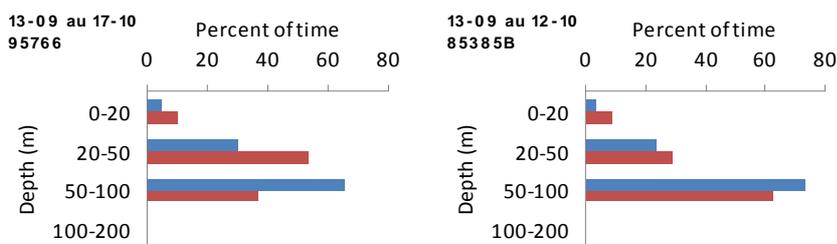


Figure 22 : Distribution verticale en Mer Celtique, au début de l'automne : pourcentage de temps passé dans chaque intervalle de profondeur (bleu : jour, rouge : nuit, numéro du requin sur chaque graphique)

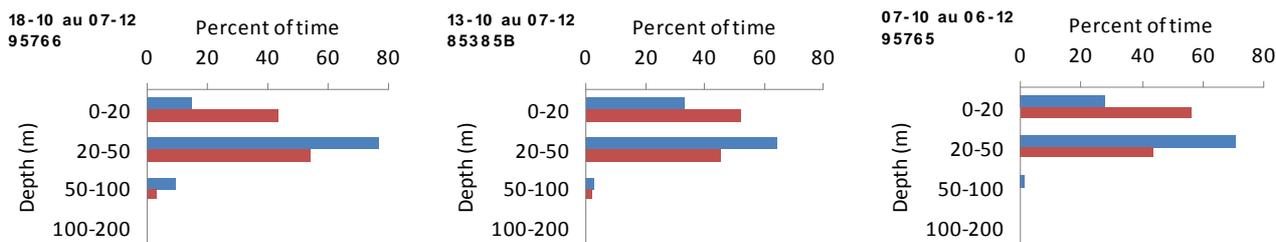


Figure 23 : Distribution verticale en Mer Celtique, à la fin de l'automne : pourcentage de temps passé dans chaque intervalle de profondeur (bleu : jour, rouge : nuit, numéro du requin sur chaque graphique)

En hiver, les requins (n=4) localisés au large du Canal de Bristol, ont surtout occupé la zone entre 50 et 100 mètres de profondeur. La strate 20-50 mètres a également été fréquentée la nuit (**Figure 24**). Les données archives collectées pour le requin 95766 montrent qu'il est resté à une profondeur d'environ 100 mètres le jour ne réalisant que de rares migrations vers la surface. La nuit, il a occupé une profondeur d'environ 50 mètres, les migrations vers le fond étant alors régulières. Durant cette période, les incursions dans la couche d'eau superficielle sont rares (**Figure 26F**).

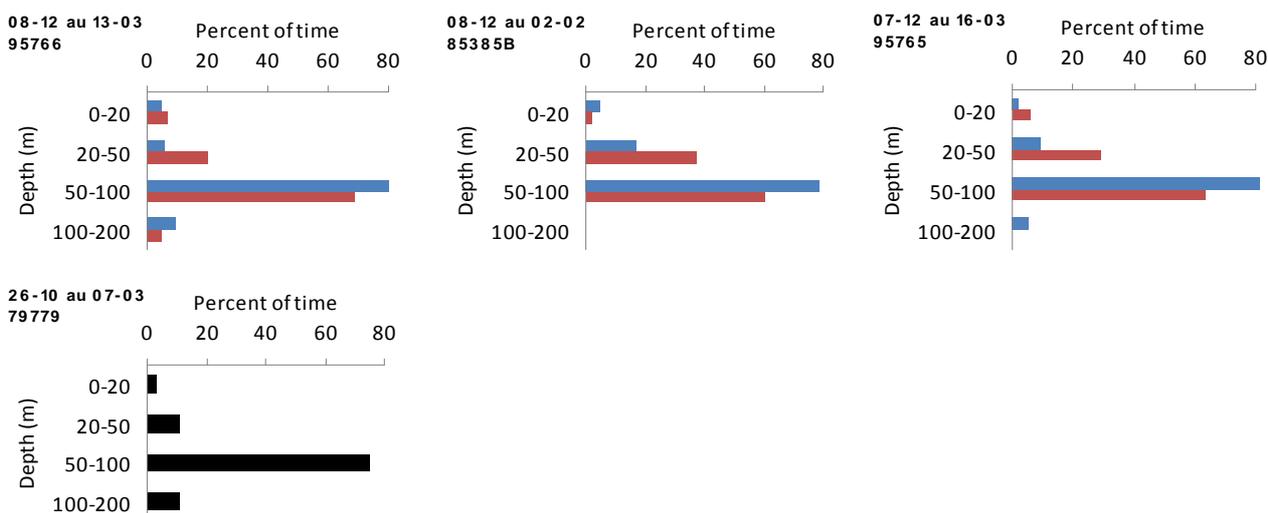


Figure 24 : Distribution verticale en Mer Celtique, en hiver : pourcentage de temps passé dans chaque intervalle de profondeur (bleu : jour, rouge : nuit, noir : pas de distinction, numéro du requin sur chaque graphique)

Le seul requin à avoir gagné le Golfe de Gascogne (39338) a occupé des eaux entre 100 et 800 mètres de profondeur durant 5 mois, de mi-septembre à mi-février. Si la localisation précise de ce requin à cette période est impossible pour les raisons évoquées précédemment (**Figure 15**), le profil de

distribution verticale tant à confirmer qu'il est resté inféodé à la bordure du plateau et au talus continental. A la fin de l'hiver, alors qu'il se trouvait dans la partie sud du Golfe de Gascogne, ce requin a occupé une plus large gamme de profondeurs, les migrations vers la couche d'eau 0-20 mètres ayant été plus nombreuses, notamment la nuit (**Figure 25**).

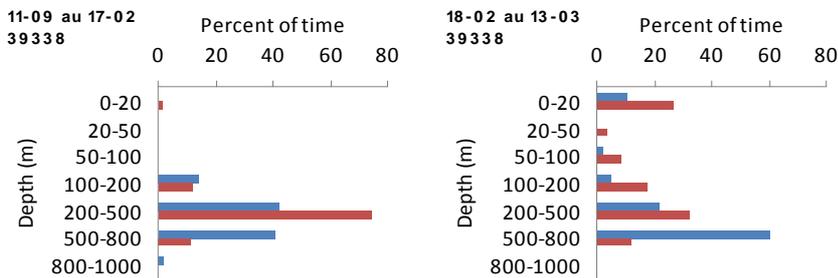


Figure 25 : Distribution verticale du requin 39338 de septembre à mars dans le Golfe de Gascogne : pourcentage de temps passé dans chaque intervalle de profondeur (bleu : jour, rouge : nuit)

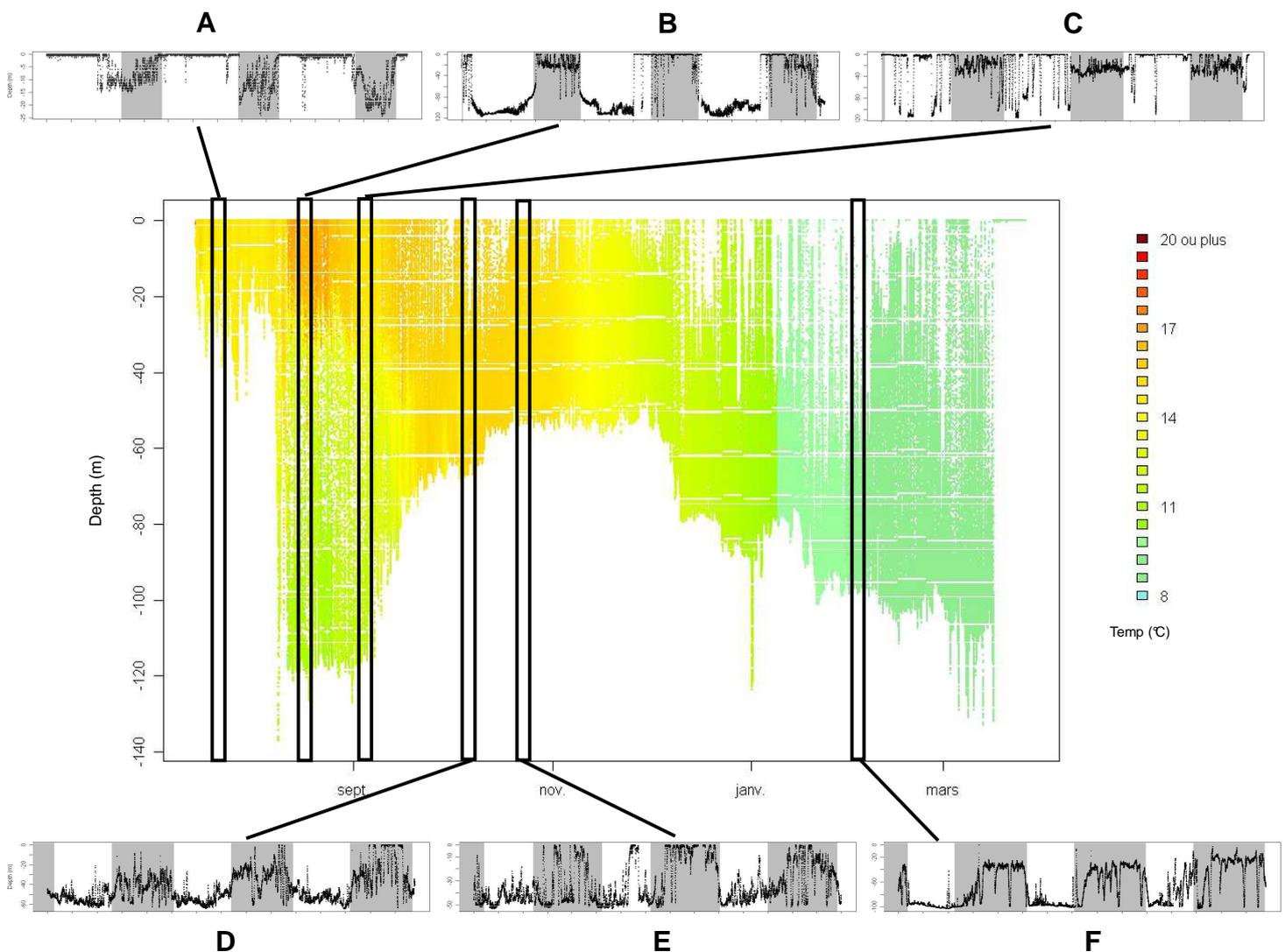


Figure 26 : Profil de plongée du requin 95766 du 14/07/2009 au 16/03/2010. La couleur traduit la température de l'eau. Cadres A à F : zooms sur une période de 3 jours. Les zones grisées représentent la nuit.

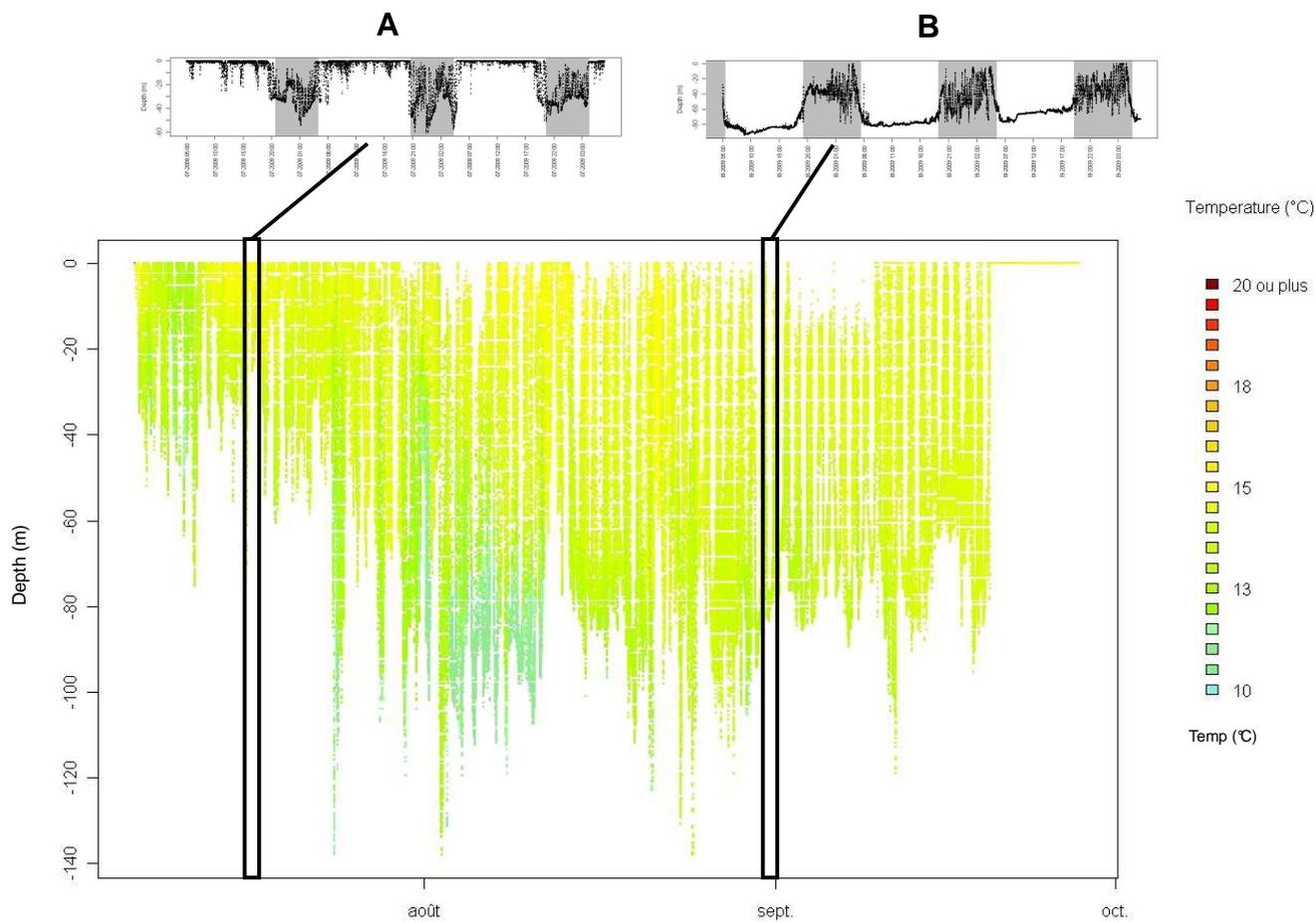


Figure 27 : Profil de plongée du requin 86823 du 06/07/2009 au 20/09/2009. La couleur traduit la température de l'eau. Cadres A et B : zooms sur une période de 3 jours. Les zones grisées représentent la nuit.

Balises et reconstruction des trajectoires

L'utilisation de PAT tags reste aujourd'hui encore la seule méthode pour étudier les déplacements à grande échelle des gros animaux pélagiques qui ne remontent pas nécessairement en surface. Si les positions calculées à partir des seules données de luminosité enregistrées par ces balises sont très imprécises, cette étude montre que l'utilisation conjointe de ces données et d'un modèle mathématique de mouvement basé sur une marche aléatoire permet de reconstruire une trajectoire relativement précise. Il est alors possible de mieux comprendre comment l'espèce suivie utilise l'espace, à l'échelle de secteurs géographiques qui restent assez vastes (Mer d'Irlande ou Mer Celtique par exemple). Des informations telles que le temps de résidence dans un secteur donné ou la période de fréquentation peuvent être obtenues.

Cette étude a par ailleurs permis de souligner l'importance du choix du coefficient de diffusion utilisé dans le modèle mathématique de mouvement. Cette étape ne doit en aucune façon être négligée sous peine d'obtenir des trajectoires dont l'analyse conduirait à des erreurs dans la désignation de secteurs importants pour l'espèce. C'est ici en comparant les profils de température enregistrés par les balises avec les données sur la structure thermique des masses d'eau de la zone fréquentée disponibles dans la littérature scientifique, que ce choix a été possible.

D'un point de vue méthodologique, le dernier élément crucial de ce genre d'étude est l'accrochage de la balise sur l'animale. Ce travail a permis de montrer que le système d'accrochage (fléchette + « cordon ») et que la technique de pose mis au point par le Manx Wildlife Trust et utilisés lors de la mission à l'île de Man s'avèrent très efficaces. Cinq des huit balises déployées lors de cette mission sont restées accrochées plus de 200 jours.

Une espèce mobile

Les requins pèlerins suivis au cours de cette étude ont occupé principalement le plateau continental européen, résultat qui confirme ceux d'études précédentes (Sims et al. 2005). La Mer d'Irlande et la Mer Celtique apparaissent cependant comme deux zones particulièrement utilisées que six des huit requins marqués n'ont pas quitté. Les deux autres individus (39338 et 79781) ont fréquenté ces zones de façon plus transitoire avant de rejoindre le talus continental (39338) ou les eaux de la côte ouest de l'Irlande et des Hébrides (79781). Le parcours du requin 79781 confirme que certains requins observés à l'entrée de la Manche peuvent rapidement gagner les eaux des Hébrides en passant par l'ouest de l'Irlande (Sims et al. 2005). Le parcours inédit du requin 39338 montre quant à lui que le Golfe de Gascogne est aussi utilisé jusque dans sa partie sud.

Alors que les programmes de recensement des observations basés sur la participation des usagers de la mer ont permis d'identifier des secteurs et des périodes favorables à l'observation de requins pèlerins nageant en surface (Bloomfield and Solandt 2007, APECS unpublished data, Manx Wildlife

Trust unpublished data), cette étude montre que d'autres secteurs sont aussi utilisés de façon importante. Cinq des huit requins marqués ont séjourné plusieurs semaines entre juillet et septembre dans les eaux stratifiées situées entre l'Irlande et l'Île de Man. La partie nord-ouest de la Mer Celtique apparaît également comme un secteur occupé notamment en automne et en hiver.

Aucune différence notable de comportement liée au sexe ou à la taille n'a été mise en évidence. Les résultats obtenus pour les mâles de plus de 7 mètres considérés comme matures sexuellement ($n=4$), jamais suivis jusqu'alors, sont similaires à ceux obtenus pour les classes de tailles inférieures. L'existence de mouvements de plus grandes ampleur a cependant été prouvée par les travaux de Gore et al. (2008) qui ont mis en évidence une migration trans-Atlantique pour la seule femelle de grande taille (8 m) étudiée à ce jour. Ce genre de migration, qui permet d'expliquer la faible diversité génétique observée pour cette espèce (Hoelzel et al. 2006), serait donc peut-être réservé à certaines femelles adultes.

Des mouvements verticaux complexes

Des variations de distribution verticale en fonction du temps et des caractéristiques des masses d'eau occupées ont déjà été mises en évidence pour l'espèce (Sims et al. 2005). Cette étude permet cependant de pointer du doigt le degré de similitude élevé qui existe entre les distributions verticales observées pour plusieurs individus occupant le même secteur géographique à une même période. Les « profils types » ainsi identifiés traduisent des mouvements verticaux journaliers qui peuvent très probablement être mis en lien avec les mouvements verticaux des espèces zooplanctoniques recherchées par les requins pèlerins. Ces espèces planctoniques, les copépodes en particulier, sont en effet connues pour leurs migrations verticales complexes, fonctions du stade de maturité mais aussi conditionnées par la structure thermique de la masse d'eau et par des comportements liés à la reproduction, à la recherche alimentaire et à l'évitement des prédateurs (Williams and Conway 1984, Irigoien et al. 2004).

Ces profils de distribution verticale permettent de comprendre pourquoi un secteur comme les eaux stratifiées de la Mer d'Irlande n'avait pas été identifié comme un « hotspot » par les programmes de recensement des observations basés sur la participation des usagers de la mer. Malgré une présence prolongée dans la zone à la fin de l'été, les requins n'ont passé qu'une faible proportion de leur temps dans les eaux de surface conduisant inévitablement à une rareté des signalements. De la même façon, les distributions verticales observées en automne et en hiver expliquent la quasi absence d'observation d'animaux en surface à cette période de l'année notée par l'ensemble des programmes de recensement des observations.

Des avancées utiles dans une optique de conservation

La combinaison des informations de distribution géographique et de distribution verticale permet donc de mieux appréhender l'habitat de cette espèce. Cette étude a notamment permis de confirmer que certains requins au moins sont présents dans les eaux côtières également durant la saison froide d'octobre à mars (Sims et al. 2005). Ils occupent alors des eaux plus profondes, tout en continuant à

réaliser des migrations verticales journalières. Un secteur particulièrement important de distribution hivernale semble cependant apparaître : le nord-ouest de la Mer Celtique où les requins pèlerins sont alors distribués surtout entre 50 et 100 mètres de profondeur. Même si cela reste à confirmer, le Golfe de Gascogne pourrait également constituer un secteur d'hivernage privilégié. Un des cinq requins suivis durant la saison froide a occupé ce secteur de septembre à mars, où il a fréquenté surtout le bord du plateau et le talus, entre 200 et 800 mètres de profondeur.

Cette amélioration des connaissances sur l'habitat du requin pèlerin permet finalement de localiser des secteurs à fort enjeu de conservation. Outre les secteurs très côtiers connus en tant qu'aires d'alimentation utilisées au printemps et en été, et dont les capacités d'accueil doivent être maintenues, la partie nord-ouest de la Mer Celtique pourrait constituer un secteur clé durant l'hiver. Ce secteur est en effet largement exploité par des chalutiers ciblant des espèces de fond, le merlan notamment. Or cette étude montre que durant l'hiver, les requins pèlerins qui occupent ce secteur restent à une centaine de mètres de profondeur en journée, profondeur à laquelle ils sont particulièrement exposés à un risque de capture au chalut de fond. Des captures accidentelles signalées spontanément à l'APECS (**Figure 28**) témoignent de l'existence de ce risque. L'ampleur exacte de ce phénomène demanderait à être précisée afin d'en évaluer l'impact potentiel.

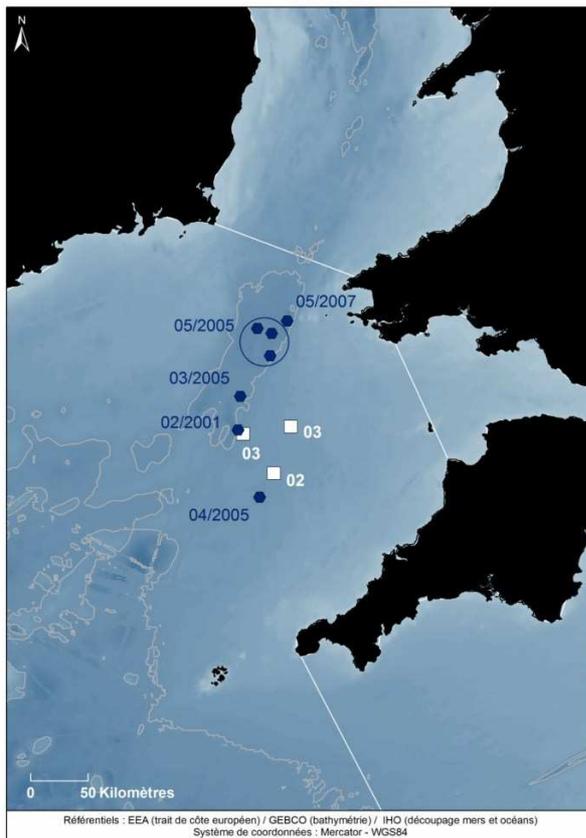


Figure 28 : Localisation de captures accidentelles au chalut de fonds signalées dans le nord de la Mer Celtique (●) et positions des balises remontées en surface dans ce secteur (□), Etiquette : mois et année pour les captures, mois de décrochage pour les balises

Perspectives

Si cette étude a permis de lever en partie le voile sur certains aspects de la vie des requins pèlerins, des marquages complémentaires seraient nécessaires pour une vision plus globale. Les déplacements des jeunes individus (moins de 5 mètres) et des femelles de grande taille considérées comme matures

sexuellement restent à définir. Ceux des mâles de grande taille dont seuls 4 représentants ont été suivis demandent à être confirmés. L'hypothèse selon laquelle le talus continental dans le Golfe de Gascogne constitue un secteur particulièrement utilisé en hiver par certains individus demande aussi à être validée. Enfin, les limites nord et sud de la zone utilisée par les individus observés dans les eaux bordant les îles Britanniques et la France méritent également d'être précisées.

Un nouveau programme de marquage serait donc à envisager avec pour objectif d'équiper des requins dans différentes régions des côtes européennes et à différentes saisons, mais aussi afin de tenter d'équiper de nouvelles catégories d'individus dont les déplacements restent moins bien connus. La Bretagne et l'Île de Man continuent de représenter des sites de travail particulièrement intéressants mais les efforts devraient aussi porter sur des régions comme le Golfe de Gascogne, les côtes Irlandaises ou encore la Manche occidentale.

L'espèce étant également présente en Méditerranée, il serait intéressant de pouvoir étudier les échanges existants entre ce peuplement et celui d'Atlantique.



Île de Man, juillet 2009 – 2 requins pèlerins se suivant

Références bibliographiques

- Berrow S.D. and Heardman C. (1994) The basking shark *Cetorhinus maximus* (Gunnerus) in Irish waters. Patterns of distribution and abundance. *Proceedings of the Royal Irish Academy*, 94B(2) : 101-107
- Bloomfield A. and Soldant J.L. (2007) The Marine Conservation Society Basking Shark Watch. 20 years report (1987 - 2006). *Marine Conservation Society report*.
- Gore M. A., Rowat D., Hall J., Gell F. and Ormond R. F. (2008) Transatlantic migration and deep mid-ocean diving by basking shark. *Biol. Lett.*, 4(4) : 395-398
- Hill R. (1994) Theory of geolocation by light levels. In : LeBoeuf B. J. and Laws R. M. (Eds), *Elephant seals : population ecology, behaviour and physiology*. Univ. of California Press, Berkeley : 227-236
- Hoelzel A. R., Shivji M. S., Magnussen J. and Francis M. P. (2006) Low worldwide genetic diversity in the basking shark (*Cetorhinus maximus*). *Biol. Lett.*, 2 : 639-642
- Irigoiien X., Conway D. V. P. and Harris R. P. (2004) Flexible diel vertical migration behaviour of zooplankton in the Irish Sea. *Marine Ecology Progress Series*, 267 : 85-97
- Lam C. H., Nielsen A. and Siebert J. R. (2008) Improving light and temperature based geolocation by unscented Kalman filtering. *Fisheries Research*, 91(2008) : 15-25
- Lee O., Nash R. D. M. and Danilowicz B. S. (2005) Small-scale spatio-temporal variability in ichthyoplankton and zooplankton distribution in relation to a tidal-mixing front in the Irish Sea. *ICES Journal of Marine Science*, 62 : 1021-1036
- Morin P., Conan O. and Le Corre P. (1994) Fronts thermiques de marée : cas des fronts de Manche occidentale et de la Mer Celtique. *Océanis*, 20(6) : 21-43
- Musyl M. K., Brill R. W., Curran D. S., Gunn J. S., Hartog J. R., Hill R. D., Welch D. W., Eveson J. P., Boggs C. H. and Brainard R. E. (2001) Ability of archival tags to provide estimates of geographical position based on light intensity. In Sibert J. R., Nielsen J. L. (Eds), *Electronic tagging and tracking in marine fisheries*. Kluwer, Dordrecht : 343-367
- Nielsen A., Bigelow K. A., Musyl M. K. And Sibert J. R. (2006) Improving light-based geolocation by including sea surface temperature. *Fish. Oceanogr.*, 15(4) : 314-325

- Nielsen A. and Siebert J. R. (2007) State-space model for light-based tracking of marine animals. *Can. J. Fish Aquat. Sci.*, 64 : 1055-1068
- OSPAR (2009) Background document for basking shark *Cetorhinus maximus*. *Biodiversity Series, OSPAR Commission*
- Royer F. and Lutcavage M. (2009) Positioning pelagic fish from sunrise and sunset times : complex observation errors call for constrained, robust modeling. In : Nielsen J. L. et al. (Eds), Tagging and tracking of marine animals with electronic devices. Reviews : methods and technologies in fish biology and fisheries. Springer : 323-341
- Sibert J. R., Musyl M. K. and Brill R. W. (2003) Horizontal movements of bigeye tuna (*Thunnus obesus*) near Hawaii determined by Kalman filter analysis of archival tagging data. *Fish. Oceanogr.*, 12(3) : 141-151
- Sims D.W., Southall E.J., Richardson A.J., Reid P.C. and Metcalfe J.D. (2003) Seasonal movements and behaviour of basking sharks from archival tagging : no evidence of winter hibernation. *Mar Ecol Prog Ser*, 248 : 187-196
- Sims, D.W., Southall, E.J., Metcalfe, J.D. and Pawson M.G. (2005) Basking Shark Population Assessment. *Final Project Report for Global Wildlife Division, Departement for Environment, Food and Rural Affairs, London*. 87 pp.
- Skomal G.B., Wood G. and Caloyianis N. (2004) Archival tagging of a basking shark, *Cetorhinus maximus*, in the western North Atlantic. *Journal of the Marine Biological Association of the UK*, 84 : 795-799
- Skomal G.B., Zeeman S. I., Chisholm J.H., Summers E. L., Walsh H. J., McMahon K. W. and Thorrold S. R. (2009) Transequatorial Migrations by Basking Sharks in the Western Atlantic Ocean. *Current Biology*, 19(12) : 1019-1022
- Welch D. W. and Eveson J. P. (1999) An assessment of light-based geoposition estimates from archival tags. *Can. J. Fish Aquat. Sci.*, 56(7) : 1317-1327
- Williams R. And Conway D. V. P. (1984) Vertical distribution and seasonal and diurnal migration of *Calanus helgolandicus* in the Celtic Sea. *Marine Biology*, 79 : 63 - 73

Remerciements

Les auteurs souhaitent remercier toutes les personnes qui ont permis la réalisation de cette étude et contribué à sa réussite :

Sandra Bessudo et German Soler - Fondation Malpelo et autres écosystèmes marins

Jackie Hall, Graham Hall et Eleanor Stone - Manx Wildlife Trust

Amélia Curd, Alain Pibot, Steven Piel, Agnès Poiret et Fabienne Quéau - Agence des Aires Marines Protégées

Thierry Cantéri, Cécile Lefeuvre, Philippe Le Niliot, Yannis Turpin, Antoine Besnier, Sylvain Dromzee, Armel Bonneron et Sébastien Bregeon - Parc naturel marin d'Iroise

Maxime André, Antoine Cadi, Johanna Wojtuniowski et l'équipage de Fleur de Lampaul - Fondation Nicolas Hulot pour la Nature et l'Homme

Barbara Block et Steven Wilson - Hopkins Marine Station

Eric Hussenot et Philippe Coyault - Oceanopolis

Yves Gladu et Philippe Abalan

David Sève - Fondation Nature et Découvertes

Yvan de Quatrebarbes, Alexandre Lecointre, Rebecca Maachi et Patricia Capdeville - société Sillinger

Philippe Gaspard, François Royer et Beatriz Calmettes - CLS

Fiona Gell - Gouvernement de l'Île de Man

Liza Axford et Iona qui ont renvoyé les deux balises qu'elles ont trouvé échouées

Paul et Christophe Corbet - Association Tuba

La commune de Lanildut

Les associations de plaisanciers et les plaisanciers de la Mer d'Iroise

La Préfecture Maritime de l'Atlantique

Le CROSS Corsen

Le sémaphore de Saint-Mathieu

Antonin Blaison, Yannick Chérel, Sylvain Guérin, Cédric Hennache, Pierre Yves Lebon, Agathe Lefranc, Johan Mourier, Marie-Josée Turbelier, Alexis Wargniez, Joachim Winkler - APECS

Présentation des partenaires

Association pour l'Étude et la Conservation des Sélaciens (APECS) :

Créée à Brest en 1997, l'APECS est une association de type Loi 1901. Structure à vocation scientifique et éducative, elle agit en faveur de la conservation des requins et des raies et plus largement pour la préservation des écosystèmes marins. Le requin pèlerin est un des sujets d'étude de l'association depuis sa création. L'APECS pilote un programme national de recensement des observations et mène depuis 2003 un programme d'étude du peuplement de la pointe Bretagne.

L'association siège dans différents groupes de travail ou comités de pilotage à l'échelle nationale et depuis 2004, elle représente la France dans les instances dirigeantes de l'European Elasmobranch Association (EEA), organisme regroupant les scientifiques et structures européennes spécialistes des poissons cartilagineux.

<http://www.asso-apecs.org/>

Fondation Malpelo et autres écosystèmes marins :

Née en 1999, la fondation a pour but d'encourager la protection des aires marines et côtières de Colombie et plus spécialement le Sanctuaire de Faune et de Flore Malpelo (SFF). Elle travaille conjointement avec le Gouvernement colombien pour la préservation, l'éducation et la recherche scientifique afin d'établir un mode de conservation intégral et durable. Ainsi, la Fondation renforce l'institutionnalisation de la législation sur la protection des aires marines.

<http://www.fundacionmalpelo.org/>

The Manx Wildlife Trust :

Organisme créé en 1973, le Manx Wildlife Trust a pour but de préserver la vie sauvage et les sites naturels de l'Île de Man. Il est un des 47 membres des Wildlife Trust du Royaume-Uni et a sous sa responsabilité la gestion et la promotion de 20 sites préservés aussi bien formés de dunes, de forêts que de prairies. En 2005, cette organisation a lancé le Manx Basking Shark Watch, un programme d'étude du requin pèlerin combinant le recueil des observations faites par le public et un travail de terrain visant notamment à poser des balises de suivi satellite et à photo-identifier les animaux observés.

<http://www.manxbaskingsharkwatch.com/>

Agence des Aires Marines Protégées :

L'Agence des aires marines protégées a pour principale mission d'appuyer les politiques publiques en matière de création et de gestion d'aires marines protégées. Elle a également vocation à animer le réseau des gestionnaires d'aires marines, à favoriser l'acquisition de connaissances sur le milieu marin. Par ailleurs, elle gère les moyens humains et financiers mis à disposition des parcs naturels marins ou d'autres aires marines protégées qui lui seraient confiées.

<http://www.aires-marines.fr/>

Parc naturel marin Iroise :

Ce parc, premier du genre, a été créé selon la loi du 14 avril 2006. Il participe à la conservation des richesses naturelles de la Mer d'Iroise nécessaires au développement d'activités durables de cet espace marin.

<http://www.parc-marin-iroise.gouv.fr/>

Fondation Nicolas Hulot pour la Nature et l'Homme :

Depuis sa création en 1990, la Fondation Nicolas Hulot pour la Nature et l'Homme s'est donnée pour mission de modifier les comportements individuels et collectifs pour préserver notre planète. Reconnue d'utilité publique, dédiée à l'éducation à l'environnement, elle sensibilise au respect de la nature et informe sur les gestes éco-citoyens. Ses actions poursuivent trois objectifs : inciter les citoyens à agir au quotidien, influencer sur les décideurs politiques et économiques et soutenir des projets en France et à l'international.

<http://www.fondation-nicolas-hulot.org/>

Hopkins Marine Station :

La Hopkins Marine Station a été la première station marine de la côte ouest des Etats-Unis. Elle est rattachée au département de biologie de l'Université de Stanford et héberge un laboratoire spécialisé dans l'étude des déplacements des gros poissons pélagiques, thons, espadons et requins notamment.

<http://gtopp.org/>

Océanopolis :

Océanopolis est un parc de découverte des océans mais c'est aussi une vitrine de la recherche océanographique française. Dès son origine, Océanopolis a également choisi de produire et de réaliser l'ensemble des programmes multimédias de son circuit de visite et dispose donc de moyens techniques et de compétences pour la production d'images.

<http://www.oceanopolis.com/>

Fondation Nature et Découvertes :

Depuis 1994, chaque année, l'enseigne Nature et Découvertes reverse 10 % de ses bénéfices nets à sa Fondation, conformément à l'engagement écologique de sa charte fondatrice.

À ce jour, près de 1 200 projets ont été financés. Plus qu'un simple mécène, la Fondation, sous l'égide de la Fondation de France, se positionne aussi en tant qu'initiatrice de projets.

<http://www.fondation-natureetdecouvertes.com/accueil>

Sillinger :

Sillinger est une filiale du Groupe Marck, groupe industriel international qui conçoit uniformes et équipements et les commercialise auprès des administrations et des entreprises. Sillinger conçoit et produit des bateaux pneumatiques pour un usage intensif offrant une résistance exceptionnelle. Le logo de la marque est un requin.

<http://www.sillinger.com/>

