

Projet RECOAM

Etude de cinq espèces de raies présentes dans les eaux côtières
d'Atlantique et de Manche



A. Rohr - APECS

Rapport final Février 2015



FRANCE FILIERE PECHE



Préambule

Pour le projet RECOAM, l'Association Pour l'Etude et la Conservation des Sélaciens (APECS) a travaillé avec plusieurs partenaires techniques et scientifiques : le laboratoire BioGeMME de l'Université de Bretagne Occidentale, les Comités Régionaux des Pêches Maritimes et des Elevages Marins de Basse-Normandie et de Poitou-Charentes, les Comités Départementaux des Pêches Maritimes et des Elevages Marins des Côtes-d'Armor et d'Ille-et-Vilaine, le Syndicat Mixte pour l'Equipement du Littoral, l'Association du Grand Littoral Atlantique et le Centre Régional d'Expérimentation et d'Application Aquacole.

Le projet a été financé par l'Agence des Aires Marines Protégées, France Filière Pêche via le Comité National des Pêches Maritimes et des Elevages Marins, le Ministère en charge de l'environnement (DEB), les Conseils Régionaux de Basse-Normandie et de Bretagne, la DREAL Bretagne, la Fondation Nature & Découvertes. La Fondation Save Our Seas a apporté un soutien pour l'étude de génétique sur la raie brunette.

Tous les partenaires techniques, scientifiques et financiers étaient membres du Comité de pilotage du projet qui a eu en charge le suivi du bon déroulement du projet et qui décide de l'utilisation des résultats et des données collectées.

Dans sa maîtrise d'œuvre, l'APECS s'est appuyée sur un comité scientifique qui a assuré la validation des protocoles, des méthodes, des analyses et des résultats. Il était composé de trois représentants d'IFREMER, Gérard Biais, Alain Biseau et Alain Tétard, et de Samuel Iglésias du Muséum National d'Histoire Naturelle.

Durée du projet : avril 2012 – février 2015



Citation

STEPHAN E.¹, GADENNE H.¹, MEHEUST E.², JUNG J.L.² (2015). Projet RECOAM : étude de cinq espèces de raies présentes dans les eaux côtières d'Atlantique et de Manche. Rapport final. Association Pour l'Etude et la Conservation des Sélaciens et Laboratoire BioGeMME, Brest, France. 60 p.

Contacts

¹ Association Pour l'Etude et la Conservation des Sélaciens (APECS)

13 rue Jean-François Tartu - BP 51151

29211 BREST CEDEX 1

Email : asso@asso-apecs.org

² BioGeMME

Université de Bretagne Occidentale

UFR Sciences et techniques

6 Av. Victor Le Gorgeu – CS 93837

29238 BREST CEDEX 3

Email : jean-luc.jung@univ-brest.fr

Remerciements

Nous remercions toutes les personnes qui ont permis le bon déroulement du projet RECOAM :

- L'ensemble des partenaires et les membres du comité scientifique du projet
- Les patrons pêcheurs qui ont accepté de participer aux pêches scientifiques
- Les personnes qui ont contribué activement à la collecte de données dans le cadre des programmes RaieBECA et RAIMOUEST : Pierre-Yves LEBON, Théo FILIPPI, Gilles GINOUX, Cédric HENNACHE, Anthony GRANET, Aline DELAMARE, François GATEL, Nicolas LEBLANC, Laurence HEGRON MACE et Véronique LEGRAND
- Sébastien GAS, guide de pêche à Oléron
- Patrice GAGNEROT, guide de pêche sur le Bassin d'Arcachon
- Bertrand COUSIN et Christian FALIGUERO du Lycée Maritime et Aquacole de Cherbourg ainsi que les élèves de seconde et première pêche et CAP matelot 1^{ère} et 2^{ème} année qui ont participé au projet
- Marie-Laure BEGOUT du laboratoire ressources halieutiques d'IFREMER La Rochelle-L'Houmeau, pour la mise à disposition des marques archives
- Claire BONNEVILLE du laboratoire BioGeMME
- Joëlle CREFF, Cédric LE MARECHAL and Claude FEREC de INSERM U 613, UBO, Brest
- Les membres de l'APECS qui ont participé au projet : Thomas BARREAU, Vincent BRETILLE, Hélène GADENNE, Agathe LEFRANC, Alexis WARGNIEZ, Alexandra ROHR
- Les pêcheurs qui ont signalé des captures de raies marquées
- La Direction des Pêches Maritimes et de l'Aquaculture pour l'établissement des autorisations de pêche scientifique pour la raie brunette
- Sébastien ROCHETTE d'IFREMER pour son aide dans le traitement de certaines données
- Pascal LORANCE de l'unité de recherche Écologie et modèles pour l'halieutique de l'IFREMER Nantes
- Amélia CURD pour la relecture de l'anglais des posters présentés à l'EEA
- Michèle SALAÛN, responsable de la campagne IFREMER EVHOE
- Les membres de l'APECS qui ont embarqué sur la campagne EVHOE en 2011, 2012, 2013, 2014 et contribué à la collecte d'échantillons : Vincent BRETILLE, Charlotte FABJANCZYK, Lou FROTTE, Marie HAEMON, Armelle JUNG, Agathe LEFRANC, Charlène SPAGNOL, Bertrand JACQUEMIN, David LAZIN, Stevonn LAMARCHE
- Franck COPPIN, responsable de la campagne IFREMER CGFS
- Nicolas GOASCOZ du laboratoire ressources halieutiques d'IFREMER Port en Bessin qui a réalisé les prélèvements de raie brunette lors des campagnes CGFS 2013 et 2014
- David LAZIN de l'APECS qui a réalisé des prélèvements lors de la campagne CGFS 2011
- Morgane TRAVERS-TROLET, responsable de la campagne IFREMER CAMANOC
- Jérôme QUINQUIS et Ivan SCHLAICH du laboratoire ressources halieutiques d'IFREMER Port-en-Bessin qui ont réalisé les prélèvements de raie brunette lors de la campagne CAMANOC 2014

- Les membres du comité de pilotage du programme OBSMER
- Emilie MOEC d'Oceanic Developpement et Yanis SOUAMI de SINAY, ainsi que Baptiste BONHOMME, observateur qui a participé à la collecte d'échantillons de raie brunette dans le cadre des embarquements OBSMER
- Samuel IGLESIAS, Pierre-Yves LEBON, Sébastien MAYOT et Jean-Marie CARAGUEL du MNHN - station de Concarneau qui ont contribué à la collecte d'échantillons de tissus
- Edward FARRELL et Simon BERROW pour la mise à disposition d'échantillons de raie brunette issus d'Irlande

Table des matières

Préambule	ii
Citation	ii
Contacts.....	ii
Remerciements	iv
Table des matières	vi
1. Contexte et objectifs du projet RECOAM	1
2. Méthodologie	2
a. Stratégie et zone d'étude	2
b. Echantillonnage prévu.....	3
c. Protocole	3
3. Actions réalisées et jeu de données disponible	6
4. Résultats pour la raie brunette (<i>Raja undulata</i>)	12
a. Biologie et relations morphométriques	12
1. Taille à maturité sexuelle	12
2. Cycle de reproduction	14
3. Croissance.....	15
4. Relation longueur totale / largeur.....	17
b. Déplacements et utilisation de l'espace	19
1. Analyse des captures réalisées lors des marées avec observateur.....	19
2. Marquage	20
3. Marque archive	30
c. Structure de la population	32
1. Analyse du polymorphisme de la région de contrôle mitochondriale.....	32
2. Analyse du polymorphisme de marqueurs microsatellites.....	35
d. Conclusions sur la raie brunette.....	41
5. Résultats pour les autres espèces de raies.....	42
a. Biologie et relations morphométriques	46
1. Taille à maturité sexuelle	46
2. Relations longueur / largeur.....	47
b. Données de marquage / recapture	48
c. Conclusion autres espèces	50
6. Perspectives.....	51

7. Références bibliographiques	52
8. Annexes	55
a. Fiche identification des raies étudiées	55
b. Présentation des projets RaieBECA et RAIMOUEST et articulation entre les projets	56
c. Echelles des stades de maturité pour les espèces ovipares.....	57
d. Affiche d'information	59
e. Autres espèces d'élasmobranches capturées	60

1. Contexte et objectifs du projet RECOAM

Pour la plupart des espèces de raies, les connaissances sur la biologie et l'écologie mais aussi sur la structure des populations et sur les effectifs restent encore limitées. Il est alors difficile pour les scientifiques d'émettre des avis sur le statut de ces espèces.

Pour les espèces exploitées, il est également difficile de définir les unités de gestion à considérer, d'émettre un avis sur l'état de ces stocks et de faire des recommandations pour une gestion efficace. Le risque est alors de voir la mise en place de règlements à l'efficacité incertaine et difficiles à justifier auprès des professionnels de la pêche car non fondés sur un avis scientifique.

Ce constat concerne notamment cinq espèces présentes dans les eaux côtières de France métropolitaine, en Atlantique et en Manche : la raie brunette (*Raja undulata*), la raie lisse (*Raja brachyura*), la raie mûlée (*Raja microocellata*), la raie bouclée (*Raja clavata*) et la raie douce (*Raja montagui*) (Annexe a). Ces espèces sont particulièrement mal connues car difficiles à échantillonner lors des campagnes scientifiques habituelles, en raison notamment de leurs distributions côtières et à priori morcelées. Par ailleurs, mêmes si les choses se sont améliorées ces dernières années, les données de pêche (données de débarquement et de ventes en criée) sont difficilement exploitables pour certaines de ces espèces qui ont tendance à être enregistrées sous des noms erronés (raie lisse et raie douce notamment). Les données antérieures à 2009, année d'introduction dans la réglementation européenne de l'obligation de déclaration séparée de plusieurs espèces de raies, sont encore plus compliquées à utiliser car plusieurs espèces pouvaient en plus être déclarées sous un même nom.

Ces cinq espèces sont gérées dans le cadre de la politique européenne des pêches par des TACs et quotas multisécifiques « raies » depuis 1999 en Mer du Nord (Divisions CIEM IIa et IV) et dans l'ensemble des eaux communautaires depuis 2009. L'année 2009 marque également l'entrée en vigueur dans la réglementation européenne de l'interdiction de débarquer la raie brunette (Règlement CE n°43/2009 du 16 janvier 2009). Cette interdiction a suscité l'incompréhension des professionnels de la pêche de certains secteurs où l'espèce semblait abondante et où les captures étaient à priori stables.

Parallèlement, l'UICN – Union internationale pour la conservation de la nature a publié en 2008 (Gibson *et al.* 2008) le statut de 116 espèces d'élaémobranches d'Atlantique nord-est, évalué entre 2000 et 2006 selon les critères de sa liste rouge (UICN 2012). Les cinq espèces de raies citées ci-dessus ont été évaluées. La raie brunette a été inscrite parmi les espèces menacées avec le statut « En danger » tandis que la raie lisse, la raie mûlée et la raie bouclée ont été considérées comme presque menacées (statut « Quasi menacée »). La raie douce a quant à elle été inscrite comme non menacée (statut « Préoccupation mineure »)¹.

C'est dans ce contexte que l'Association Pour l'Etude et la Conservation des Sélaciens (APECS) a décidé fin 2010, après avoir échangé avec des représentants des professionnels de la pêche, de mettre en place une étude visant à contribuer à l'amélioration des connaissances sur ces cinq espèces. Le projet RECOAM a débuté en 2012 dans le but d'apporter de nouvelles données qui puissent être prises en compte pour préciser les unités de gestion à considérer et pour aider à élaborer des stratégies de gestion et de conservation efficaces en se référant à l'avis du CIEM de 2010 (ICES 2010a). Trois objectifs principaux ont été définis :

- apporter des éléments sur la **biologie** et notamment la **taille à maturité sexuelle**,
- étudier les **mouvements horizontaux** et mieux comprendre l'utilisation de l'espace,
- préciser la **structure des populations**.

¹ Fin 2013, l'UICN a publié une liste rouge nationale pour les élaémobranches de France métropolitaine (UICN France et MNHN 2013). La raie bouclée y est inscrite avec le statut « Vulnérable », les 4 autres espèces avec le statut « Données insuffisantes »

2. Méthodologie

a. Stratégie et zone d'étude

Pour atteindre les objectifs fixés, plusieurs actions ont été envisagées :

- la collecte de données biologiques (stade de maturité sexuelle en particulier) à l'occasion de marées dédiées réalisées en partenariat avec des navires de pêche professionnelle,
- l'analyse des captures réalisées lors de ces marées dédiées,
- la mise en œuvre d'un programme de marquage conventionnel,
- l'étude de la structure génétique des populations, sauf pour la raie bouclée. En effet, cette espèce a déjà fait l'objet d'une telle étude par une équipe britannique (Chevolot *et al.* 2006). La collecte d'échantillons a néanmoins été prévue pour pouvoir alimenter une éventuelle suite aux travaux réalisés.

Le choix de réaliser des opérations de pêche spécifiques, en partenariat avec des pêcheurs professionnels volontaires qui ont été indemnisés, plutôt que de travailler dans le cadre d'opérations de pêche commerciale, a été fait afin d'optimiser le nombre de données collectées, de raies marquées et d'échantillons prélevés. Ces opérations ont été menées dans le Golfe normand-breton en Manche ouest (secteur GNB) et entre l'entrée nord des Pertuis charentais et l'estuaire de la Gironde sur la façade Atlantique (secteur PCG) (Figure 1). Ces deux zones ont été choisies parce que les quelques données disponibles dans la littérature scientifique indiquaient une présence significative des raies (Desaunay 1983, Le Mao 2009, Moreau 1880), mais aussi parce que des enjeux économiques forts sont apparus pour les pêcheurs professionnels lors de la mise en place de l'interdiction de pêche de la raie brunette en 2009. Ces secteurs sont de plus situés dans deux périmètres faisant l'objet de projets de création de parcs naturels marins, celui du « Golfe normand-breton » et celui de « l'estuaire de la Gironde et des Pertuis charentais ». Les pêcheries de raies côtières figurent parmi les enjeux identifiés dans ces deux projets.

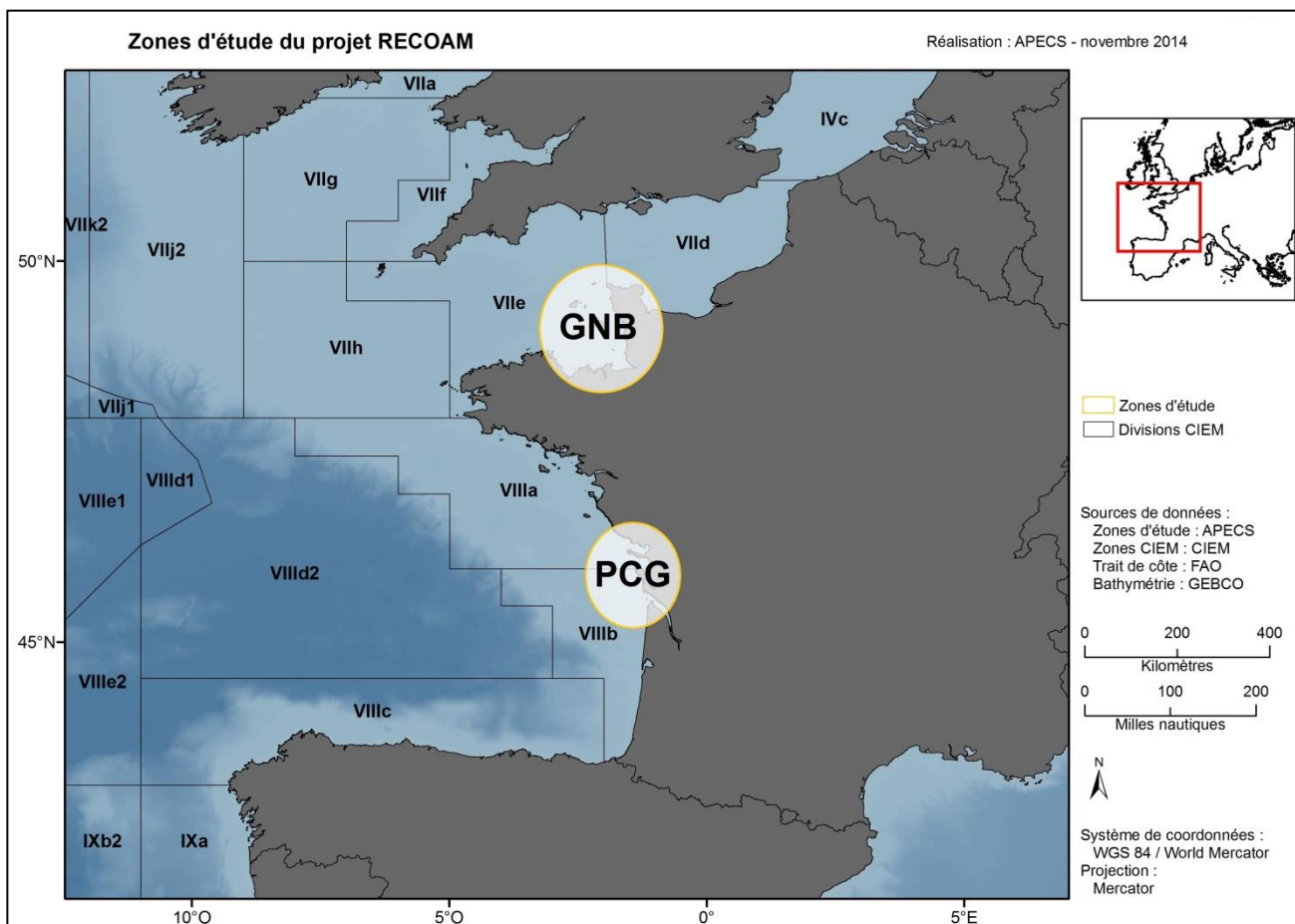


Figure 1 : Localisation des deux zones d'étude

Les données issues de ces affrètements ont été complétées par celles collectées dans le cadre de deux programmes régionaux dont l'APECS a été partenaire, le programme RaieBECA (Raie Brunette Etude Centre Atlantique) qui concerne un secteur s'étendant des Pays de la Loire à l'Aquitaine en Atlantique et le programme RAIMOUEST (Raies Manche Ouest) qui concerne le Golfe normand-breton en Manche ouest avec une extension au Nord du Cotentin (Annexe b).

Un partenariat avec un guide de pêche en mer professionnel a également été mis en place pour la raie brunette sur le secteur Atlantique (PCG). Ce guide, préalablement formé, a participé au marquage des raies et à la collecte de données biologiques.

Pour les besoins de l'étude génétique, des collaborations ont été mises en place afin d'obtenir des échantillons de tissus originaires d'autres secteurs géographiques des eaux françaises métropolitaines mais aussi d'autres zones d'Atlantique nord-est.

b. Echantillonnage prévu

Compte tenu de l'absence d'information précise sur la composition des peuplements de raies sur les deux zones d'étude, le plan d'échantillonnage a été défini de façon globale et calculé de telle sorte qu'environ 6000 raies, toutes espèces confondues, soient échantillonnées, 3000 en Atlantique et 3000 en Manche.

Le nombre d'affrètements à réaliser dans chaque zone d'étude a été calculé en prenant en compte le nombre de raies théoriquement échantillonnées dans le cadre des deux projets régionaux RaieBECA et RAIMOUEST et en considérant qu'une marée de pêche scientifique permettrait de capturer une moyenne de 80 raies au filet et 50 à la palangre, les deux engins de pêche avec lesquels il était envisagé de travailler en priorité. L'utilisation de ces engins de pêche dormants permet, en effet, de remonter à bord des poissons vivants dont le pronostic vital n'est pas altéré et pouvant par conséquent être relâchés marqués (Ellis *et al.* 2008).

Au total, 48 affrètements ont donc été programmés dans le cadre du projet RECOAM, 30 en Manche et 18 en Atlantique (Tableau 1). Pour la Manche, les affrètements ont été répartis entre bateaux bas-normands et bateaux bretons afin d'essayer de couvrir au mieux la zone d'étude.

Les affrètements ont été programmés sur quatre saisons consécutives, automne 2012, printemps et automne 2013 et printemps 2014.

Tableau 1 : Répartition des affrètements prévus par zone d'étude et par saison

	Zone d'étude Manche (GNB)		Zone d'étude Atlantique (PCG)	TOTAL
	Basse-Normandie	Bretagne	Charente-Maritime et Estuaire de la Gironde	
Automne 2012	2 fileyeurs / 1 palangrier	2 fileyeurs / 1 palangrier	1 fileyeur / 2 palangriers	9
Printemps 2013	3 fileyeurs / 2 palangriers	3 fileyeurs / 1 palangrier	2 fileyeurs / 4 palangriers	15
Automne 2013	3 fileyeurs / 1 palangrier	3 fileyeurs / 2 palangriers	2 fileyeurs / 4 palangriers	15
Printemps 2014	2 fileyeurs / 1 palangrier	2 fileyeurs / 1 palangrier	1 fileyeur / 2 palangriers	9
Total	10 fileyeurs / 5 palangriers	10 fileyeurs / 5 palangriers	6 fileyeurs / 12 palangriers	48

c. Protocole

La raie brunette étant interdite à la pêche dans le cadre de la réglementation européenne depuis 2009 (Règlement (CE) n°43/2009), une autorisation de pêche scientifique a été obtenue auprès de la Direction des Pêches Maritimes et de l'Aquaculture pour chacun des bateaux participant à l'étude.

Selon les capacités d'accueil des bateaux, une ou deux personnes ont embarqué. Les caractéristiques de la marée et des opérations de pêche ont été consignées et tous les individus des cinq espèces de raies étudiées ont été traités.

À leur arrivée sur le pont, les raies vivantes ont été, dans la mesure du possible, placées dans un bac de stabilisation alimenté en eau avec la manche à eau du bateau. À défaut, l'observateur s'est organisé pour permettre une remise à l'eau la plus rapide possible. Les individus remontés à bord déjà morts ont été traités en dernier.

Chaque raie a été identifiée, le sexe déterminé et la longueur totale (TL) et la largeur du disque (DW) mesurées au centimètre inférieur sur l'animal posé bien à plat sur sa face ventrale, sans suivre la courbure du dos. Pour les mâles, la longueur du bord interne du ptérygopode droit (CLI) a également été mesurée au demi-centimètre inférieur (Figure 2).



Figure 2 : Mensurations et prélèvements

Le stade de maturité sexuelle a été déterminé à partir de critères anatomiques, selon l'échelle définie lors de deux ateliers de travail internationaux menés sous l'égide du Conseil International pour l'Exploration de la Mer (ICES 2010b & ICES 2013) et présentée en Annexe c. Pour les mâles, seul un examen externe suffit. Cela a donc été fait systématiquement.

Pour les femelles, un examen interne s'impose ce qui nécessite de sacrifier l'animal. Cette donnée n'a donc été relevée que sur les animaux remontés à bord morts et, sur un certain nombre d'individus conservés. Les femelles choisies ont alors été identifiées à bord au moyen d'une étiquette placée sur la queue avec un Colson indiquant les initiales de l'observateur, la date de la marée ainsi que le numéro de l'opération de pêche et le numéro d'ordre de l'individu dans l'opération. Ces poissons ont été traités soit à bord en fin de marée, soit à terre. Dans le cas de la raie brunette, une autorisation de débarquement a été prévue en même temps que l'autorisation de pêche scientifique.

Un prélèvement de tissu non léthal de un ou deux cm² a été réalisé au niveau du bord postérieur d'une nageoire pectorale ou à l'extrémité d'une nageoire dorsale (Figure 2). Chaque échantillon a été placé dans un tube rempli d'éthanol à 70% et bien référencé.

Les raies ont ensuite été marquées sur la nageoire pectorale gauche avec une marque externe colorée et numérotée appelée Disque de Petersen, de 16 mm de diamètre (Figure 3).

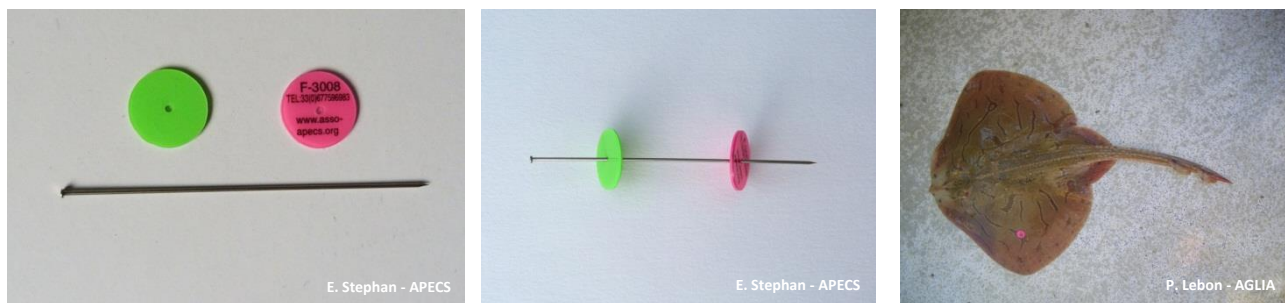


Figure 3 : Disque de Petersen et raie brunette marquée

Les individus très faibles (absence de mouvement des pectorales ou du corps et faibles mouvements des spiracles), même après leur passage dans le bac de stabilisation, n'ont pas été marqués. Leur taux de survie après relâcher risquait d'être très bas. En dessous de 30 cm de longueur totale, les raies n'ont pas non plus été marquées car il aurait fallu laisser beaucoup de jeu au niveau de la marque pour permettre la croissance (épaississement de l'aile) ce qui engendrait un risque important d'accrochage de la marque et de blessure de l'animal.

Bien que le projet vise cinq espèces de raies en particulier, des données ont été collectées pour les autres espèces d'élaasmobranches capturées. Dans la mesure du possible, les individus ont été identifiés, le sexe déterminé et des mesures ont été effectuées, à minima la longueur totale. D'autres données ont parfois été collectées pour alimenter d'autres études (prélèvement de tissus dans le cas de l'émissole en particulier). L'observateur s'est organisé pour ne pas gêner le bon déroulement des opérations sur les raies mais également pour permettre une remise à l'eau la plus rapide possible des individus pouvant être relâchés.

Ce même protocole a été mis en œuvre par les observateurs embarquant dans le cadre des projets RaieBECA et RAIMOUEST pour alimenter le projet en données biologiques (mensurations, sexe et stade de maturité des mâles), en prélèvements et en données de marquage.

Le guide de pêche en mer professionnel ayant participé à l'étude a mis en œuvre un protocole quasiment identique. Seul le stade de maturité sexuelle n'a pas été relevé.

Lors des marquages réalisés en autonomie par les professionnels engagés dans le projet RaieBECA, le sexe, la longueur totale et les positions de capture et de relâcher ont été relevés pour chaque poisson marqué.

En parallèle des opérations de marquage, une campagne d'information a été réalisée afin d'inciter pêcheurs professionnels et plaisanciers à signaler toute capture de raie marquée et pour indiquer comment signaler une capture et quelles informations fournir.

Des affiches (Figure 4 et Annexe d) ont été diffusées de façon ciblée en Atlantique et en Manche aux structures susceptibles de relayer l'information et à l'ensemble des points de débarquements. Cette campagne d'affichage a été commune aux différentes opérations de marquage de raies dans un souci de clarté du message et donc d'efficacité.

Une campagne médiatique a également été réalisée afin d'appeler les acteurs de la vie maritime à signaler les captures de raies marquées.

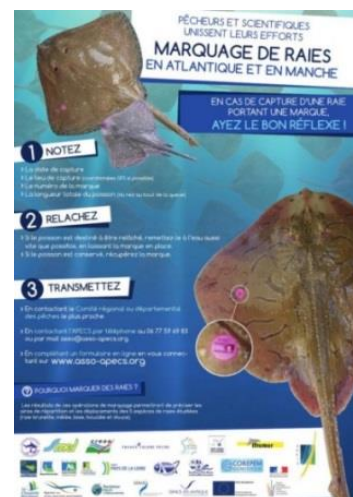


Figure 4 : Affiche d'information



Figure 5 : Casquette envoyée en remerciement

Une casquette, à l'effigie des trois projets RECOAM, RaieBECA et RAIMOUEST, a été envoyée pour chaque signalement de capture d'une raie marquée (Figure 5). Plus qu'une réelle récompense, il s'agissait de faire un geste symbolique mais néanmoins apprécié pour remercier les pêcheurs de leur participation.

3. Actions réalisées et jeu de données disponible

Entre fin octobre 2012 et septembre 2014, 42 affrètements ont été réalisés, 16 en Atlantique et 26 en Manche (Tableau 2). Les navires ont été affrétés à la journée et les connaissances des patrons pêcheurs mises à profit pour réaliser les pêches sur des secteurs propices à la capture de raies.

Au total, 159 opérations de pêche ont été réalisées (Tableau 2). Les filets utilisés sont des filets trémails calés à grandes mailles (maille étirée de 270 mm) utilisés, dans la mesure du possible, avec des durées d'immersion plus courtes qu'en situation de pêche commerciale (24h au lieu de 30-48h) et mis à l'eau que par petits coefficients (inférieur à 70) à cause des courants. Les fileyeurs ayant l'habitude de travailler avec plusieurs engins (types, maillages) en même temps, quelques opérations au filet trémail calé à petites mailles (≤ 150 mm) ont été échantillonnées. Les palangres de fond ont été utilisées avec des temps d'immersion variant de 1 à 6h et par grands coefficients. Aucun palangrier n'ayant été identifié pour participer à l'étude en Manche, des marées ont été réalisées au chalut de fond. (Figure 6)

Le nombre d'affrètements réalisés est légèrement inférieur au nombre prévu (48), principalement à cause des difficultés d'organisation de ces opérations liées aux conditions météorologiques mais aussi à la disponibilité des navires. Le démarrage des opérations en 2012 a également été retardé en raison de délais plus longs que prévus pour la signature des conventions avec certains partenaires.

Toujours en raison des difficultés d'organisation, certains affrètements ont dû être réalisés sur les mois d'été aussi bien en 2013 qu'en 2014.

Tableau 2 : Récapitulatif des affrètements réalisés

Secteur	Période	Nombre de marées réalisées (prévues)	Nombre d'opérations de pêche par métier			
			Filet trémail à raie (≥ 270 mm)	Filet trémail (≤ 150 mm)	Palangre	Chalut
Pertuis charentais & embouchure de la Gironde (PCG)	Automne 2012	3 (3)	1	5	13	
	Printemps/Été 2013	5 (6)	10	2	3	
	Automne 2013	4 (6)			17	
	Printemps/Été 2014	4 (3)	8		3	
	Total	16 (18)	19	7	36	0
Golfe normand-breton (GNB)	Automne 2012	1 (6)	3	1		
	Printemps/Été 2013	11 (9)	30	3		13
	Automne 2013	4 (9)	8	4		5
	Printemps/Été 2014	10 (6)	29	1		
	Total	26 (30)	70	9	0	18

En Atlantique, les marées ont été réalisées principalement au sud de l'embouchure de la Gironde et au nord et au sud de l'Île de Ré. En Manche, elles se répartissent dans la partie sud du Golfe normand-breton et le long de la moitié nord de la façade ouest Cotentin (Figure 7).

Au total, 3589 raies ont été capturées au cours de ces 159 opérations de pêche. Les cinq espèces visées par le projet ont été observées en Manche alors que seules trois espèces ont été capturées en Atlantique, la raie brunette, la raie mûlée et la raie bouclée. La raie brunette est de loin l'espèce qui a été la plus capturée dans les deux zones d'étude. Ceci s'explique en partie par le fait que la majorité des opérations de pêche ont ciblé des secteurs à raie brunette connus des pêcheurs.

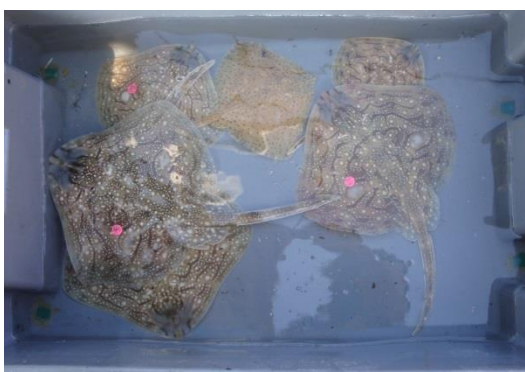


Figure 6 : Reportage photographique. Photos APECS : E. Stephan , H. Gadenne, T. Barreau, A. Wagniez, A. Rohr

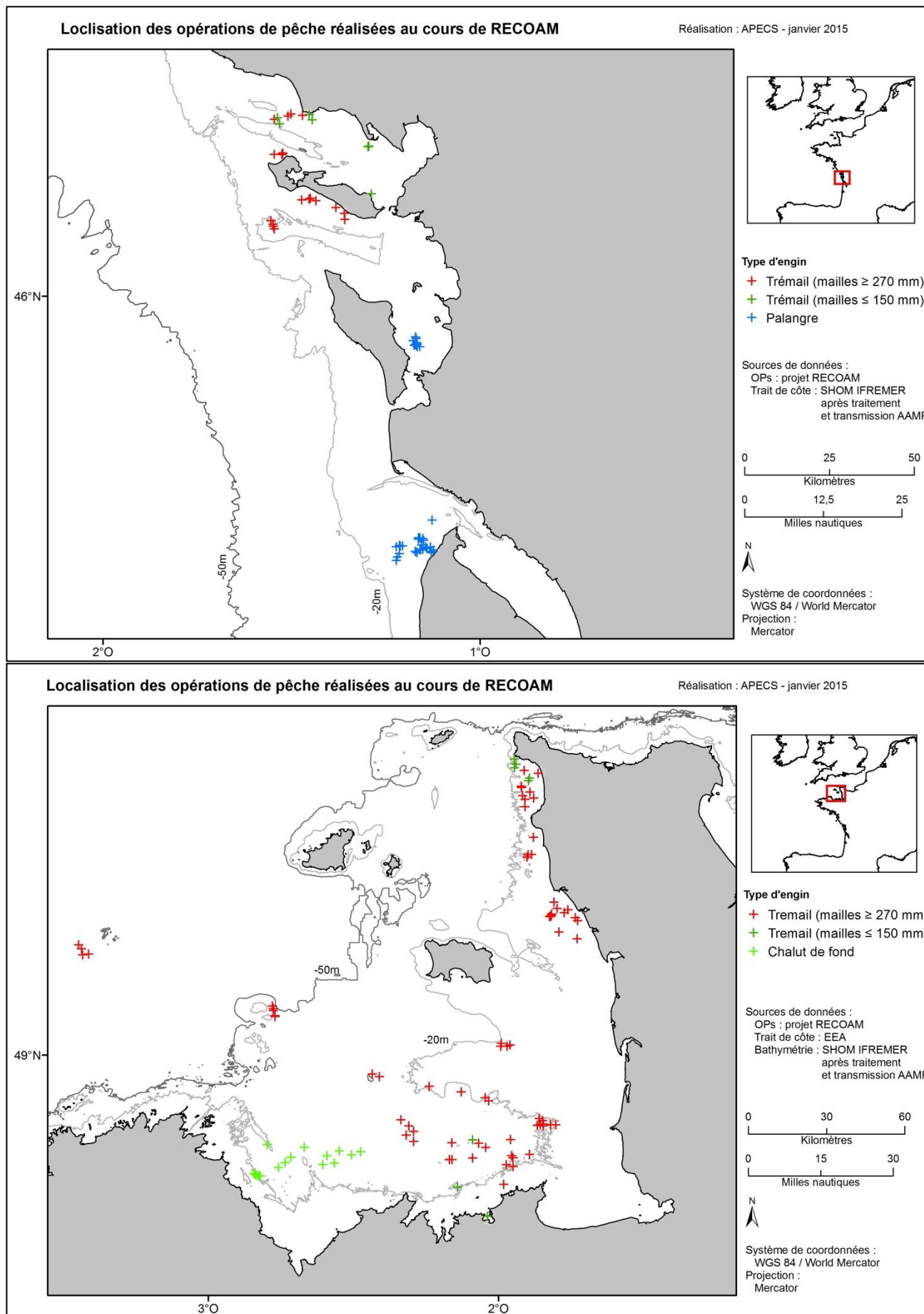


Figure 7 : Localisation des opérations de pêche réalisées dans le cadre de RECOAM dans les secteurs PCG et GNB

Le partenariat avec un guide de pêche d'Oléron a permis le marquage d'une centaine de raies brunettes et la collecte d'échantillons de tissus dans le secteur PCG.

La collaboration établie avec les projets RaieBECA et RAIMOUEST a permis d'obtenir des données collectées au cours d'embarquements ayant eu lieu principalement à l'occasion de marées commerciales. Quelques affrètements ont également été réalisés au cours de ces deux projets. Au total, 56 marées ont été réalisées dans le cadre de RaieBECA (filet calé à petites mailles et palangre surtout) (Figure 8) et 21 dans le cadre de RAIMOUEST (chalut de fond, filet calé à grandes mailles et palangre dans une moindre mesure) (Figure 9). Un partenariat mis en place entre le Comité régional des pêches maritimes et des élevages marins de Basse-Normandie (porteur de RAIMOUEST), l'APECS et le Lycée Maritime Agricole (LMA) de Cherbourg a permis la collecte de données par des élèves du LMA au cours de 16 marées réalisées avec le chalutier école du lycée devant Cherbourg.

D'autres actions mises en place dans le cadre du projet RaieBECA ont permis d'augmenter le nombre de données collectées sur la raie brunette dans la zone d'étude Atlantique. Il s'agit en premier lieu des opérations de marquage en autonomie réalisées par plusieurs navires de pêche, mais aussi de l'étude de l'impact du marquage sur la survie des raies menée fin 2011 et début 2012 par le CREAA (Hennache 2013).

En ajoutant ces données à celles collectées dans le cadre des affrètements RECOAM, nous atteignons un total de **6816 raies échantillonnées**. Le jeu de données complet disponible pour les deux secteurs d'étude est présenté dans le Tableau 3.

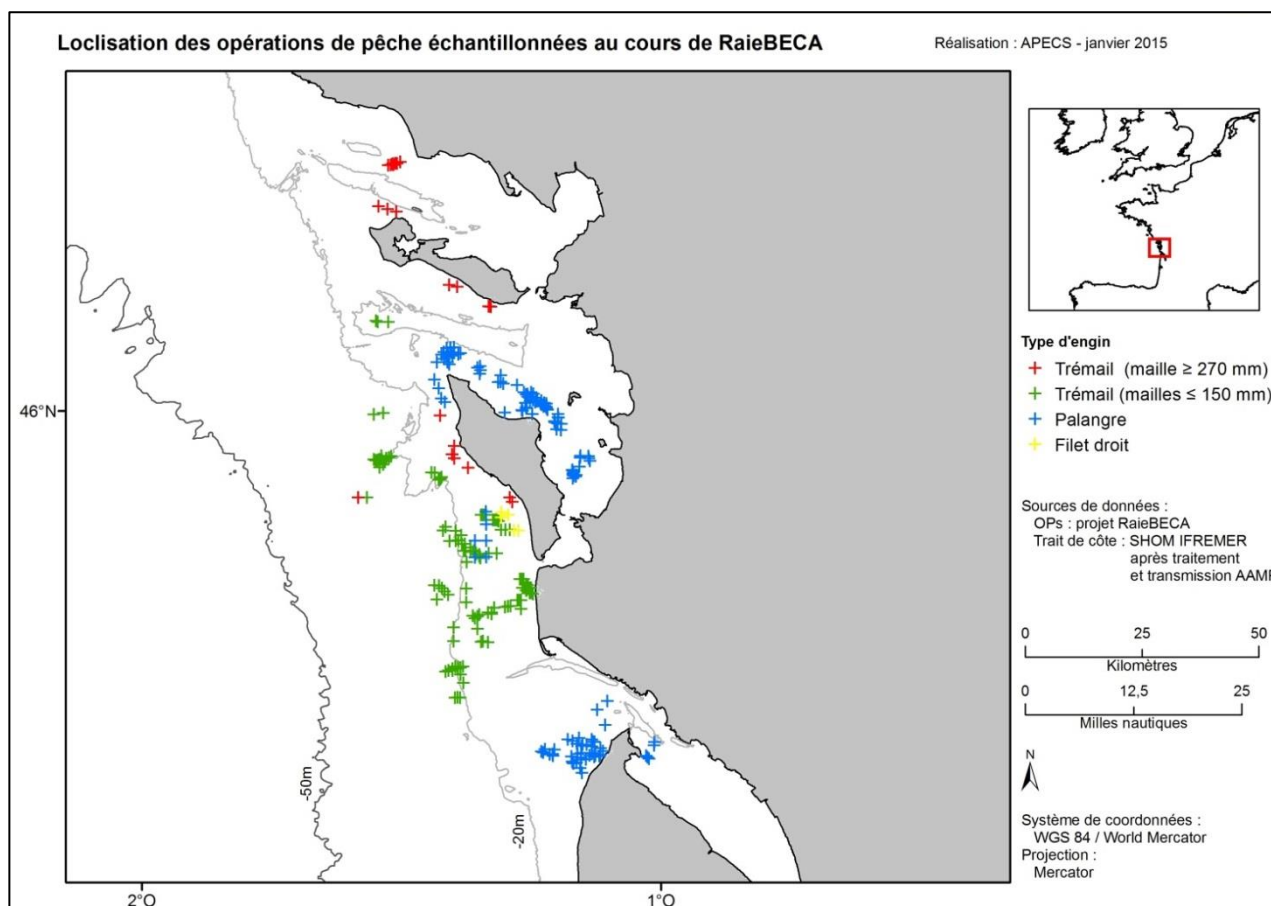


Figure 8 : Localisation des opérations de pêche échantillonnées dans le cadre du projet RaieBEC

Tableau 3 : Résumé des données collectées dans les 2 zones d'étude (PCG = Atlantique, GNB = Manche) pour les espèces de raies étudiées

Secteur	Espèce	Programme	Femelle				Mâle				Ind		Total		
			n	stade maturité	marquage	prélèvements	n	stade maturité	marquage	prélèvements	n	marquage	n	marquage	prélèvements
Pertuis Charentais & embouchure de la Gironde (PCG)	Raie brunette (<i>Raja undulata</i>)	RECOAM affrètements	655	85	493	93	780	571	520	63			1435	1013	156
		RECOAM Guide de pêche	87		72	54	31		30	7	15	15	133	117	61
		RaieBECA embarquements	618	10	320	169	484	227	285	164	1		1103	605	333
		RaieBECA survie	50	7	19		54	34	19		1	1	105	39	0
		RaieBECA professionnels	401		401		303		303		55	55	759	759	0
		Total	1811	102	1305	316	1652	832	1157	234	72	71	3535	2533	550
	Raie mêlée (<i>Raja microocellata</i>)	RECOAM affrètements	42		15	30	65	63	10	24			107	25	54
		RaieBECA embarquements	75	10	5	19	50	47	7	12	28		153	12	31
		Total	117	10	20	49	115	110	17	36	28	0	260	37	85
	Raie bouclée (<i>Raja clavata</i>)	RECOAM affrètements	9		5	7	17	17	10	8			26	15	15
		RaieBECA embarquements	18	3		4	18	5	2	4	22		58	2	8
		Total	27	3	5	11	35	22	12	12	22	0	84	17	23
Total			1955		1330		1802		1186		122	71	3879	2587	
Golfe normand-breton (GNB)	Raie brunette (<i>Raja undulata</i>)	RECOAM affrètements	634	87	538	178	781	746	712	204	45		1460	1250	382
		Raimouest embarquements	261	23	125	66	317	278	170	112	10		588	295	178
		Raimouest LMA	40		38		33		33				73	71	0
		Total	935	110	701	244	1131	1024	915	316	0	55	0	2121	1616
	Raie lisse (<i>Raja brachyura</i>)	RECOAM affrètements	206	25	104	72	239	223	128	97			445	232	169
		Raimouest embarquements	85	6	11	41	81	80	7	49	1		167	18	90
		Raimouest LMA	1	1	1	1	2		2				3	3	1
		Total	292	32	116	114	322	303	137	146	0	1	0	615	253
	Raie bouclée (<i>Raja clavata</i>)	RECOAM affrètements	34	3	21	11	47	42	19	15	1		82	40	26
		Raimouest embarquements	13		3	11	7	6		6			20	3	17
		Raimouest LMA	13		10	1	22	3	20	9	7		42	30	10
		Total	60	3	34	23	76	51	39	30	0	8	0	144	73
	Raie mêlée (<i>Raja microocellata</i>)	RECOAM affrètements	11	1	8	7	10	10	7	8			21	15	15
		Raimouest embarquements	1				4	4	1	3			5	1	3
		Raimouest LMA	2		2	1	1	1	1	1			3	3	2
		Total	14	1	10	8	15	15	9	12	0	0	0	29	19
	Raie douce (<i>Raja montagui</i>)	RECOAM affrètements	3		3	3	10	10	7	6			13	10	9
		Raimouest embarquements	8		1	6	7	7	1	5			15	2	11
		Total	11	0	4	9	17	17	8	11	0	0	28	12	20
Total			1312		865		1561		1108		64	0	2937	1973	

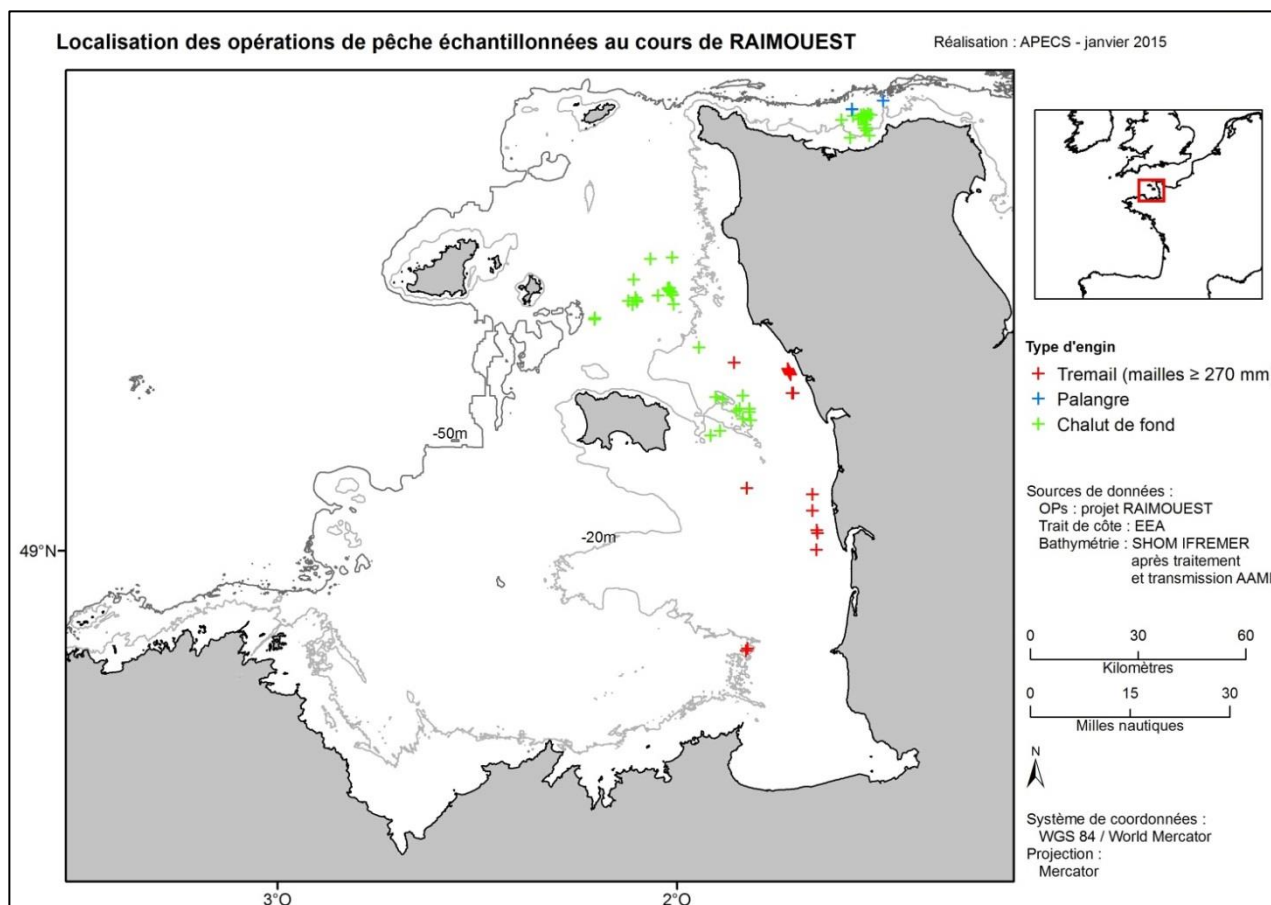


Figure 9 : Localisation des opérations de pêche échantillonnées dans le cadre du projet RAIMOUEST

Des échantillons de tissus provenant de secteurs géographiques situés hors des deux zones d'étude ont été obtenus au travers de différentes collaborations, surtout pour la raie brunette (Tableau 4). Des échantillons ont été collectés en 2013 et 2014 dans le secteur d'Arcachon dans le cadre du programme national d'observation à la mer OBSMER. Des échantillons ont également été prélevés dans ce secteur par un guide de pêche professionnel en 2013. Des prélèvements ont été réalisés en 2013 et 2014 en Manche est (zone CIEM VIIId) à l'occasion des campagnes halieutiques CGFS et CAMANOC de l'IFREMER. Des prélèvements ont également été réalisés par la station de biologie marine de Concarneau dans des criées de Bretagne sud en 2013 et 2014 et 5 échantillons ont été collectés à la criée d'Agadir au Maroc en 2012. Une quinzaine d'échantillons de la Baie de Tralee sur la côte ouest de l'Irlande ont aussi été obtenus. Enfin, l'APECS a mobilisé des prélèvements qu'elle a pu réaliser depuis 2011 dans le Golfe de Gascogne et en Mer Celtique dans le cadre de sa participation à la campagne halieutique d'IFREMER EVHOE et en 2011 lors de sa participation à un leg de la campagne CGFS en Manche Est.

Tableau 4 : Récapitulatif des échantillons disponibles pour les secteurs géographiques hors des deux zones d'étude

Secteur	Raie brunette	Raie lisse	Raie mûlée	Raie douce	Raie boudée	Source
Manche Est (2011-2014)	81	2			23	CGFS (APECS + IFREMER) + CAMANOC (IFREMER)
Ouest Irlande (2014)	16					S. Berrow, E. Farrell
Mer Celtique (2011-2014)		6	9	54	13	EVHOE (APECS) + MNHN Concarneau
Mer d'Iroise (2012)	7					Criée (APECS)
Finistère sud (2009-2011)	20					Criée (MNHN Concarneau)
Finistère sud (2013-2014)	22					Criée (MNHN Concarneau)
Morbihan (2014)	8					Criée (MNHN Concarneau)
Golfe Gascogne nord (2011)					12	EVHOE (APECS)
Golfe Gascogne centre (2012-2014)					13	EVHOE (APECS)
Bassin d'Arcachon (2012-2014)	33					RECOAM + OBSMER
Golfe Gascogne sud (2011-2014)	3				17	EVHOE (APECS) + OBSMER
Maroc (2012)	5					Criée (MNHN Concarneau)

Dans la zone d'étude Atlantique, huit autres espèces d'élasmobranches ont été capturées lors des affrètements RECOAM et des marées RaieBECA : la petite roussette (*Scyliorhinus canicula*), la raie torpille marbrée (*Torpedo marmorata*) et l'émissole tachetée (*Mustelus asterias*) et de façon plus exceptionnelle l'aigle de mer commun (*Myliobatis aquila*), la raie pastenague commune (*Dasyatis pastinaca*), la raie pastenague de Tortonèse (*Dasyatis tortonesei*), le requin hâ (*Galeorhinus galeus*) et le requin renard commun (*Alopias vulpinus*) (Figure 10).

En Manche, les autres espèces observées dans le cadre de RECOAM et de RAIMOUEST sont la petite roussette (*Scyliorhinus canicula*), la torpille marbrée (*Torpedo marmorata*), l'émissole tachetée (*Mustelus asterias*) et la grande roussette (*Scyliorhinus stellaris*), plus occasionnellement le requin hâ (*Galeorhinus galeus*) et la raie pastenague de Tortonèse (*Dasyatis tortonesei*), et de façon exceptionnelle l'aigle de mer commun (*Myliobatis aquila*) et le requin taupe commun (*Lamna nasus*) (Figure 10).

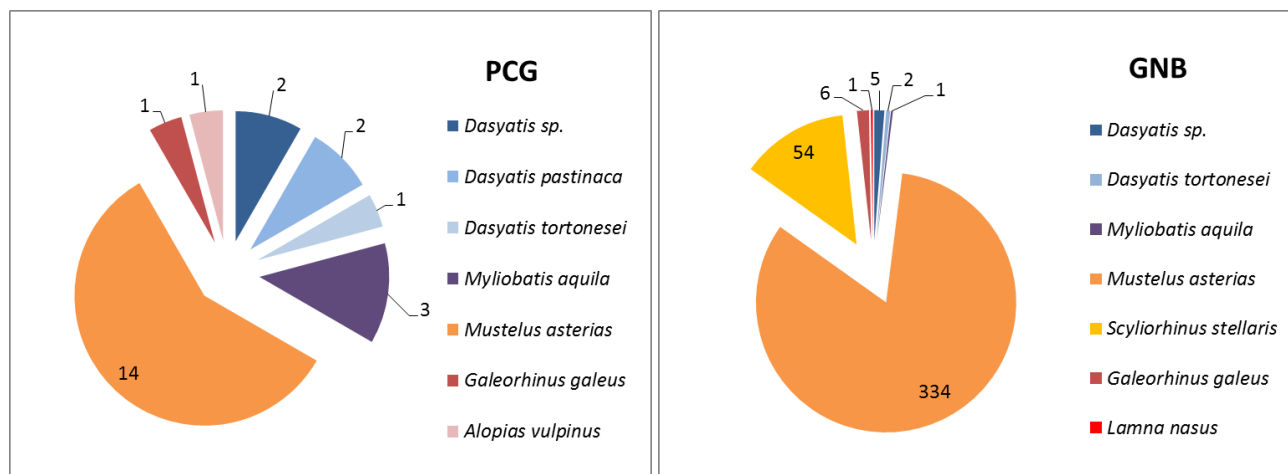


Figure 10 : Nombre d'individus capturés dans les secteurs PCG et GNB pour les autres espèces d'élasmobranches. La petite roussette (*Scyliorhinus canicula*) et la torpille marbrée (*Torpedo marmorata*) qui n'ont pas été systématiquement comptabilisées ne figurent pas sur ce graphique.

4. Résultats pour la raie brunette (*Raja undulata*)

Au total, 5656 raies brunettes ont été échantillonnées, 3535 en Atlantique (secteur PCG) et 2121 en Manche (secteur GNB). Les raies brunettes ont été capturées dans tous les secteurs où des opérations de pêche ont été réalisées. En Atlantique, le marquage en autonomie réalisé dans le cadre de RaieBECA a permis d'étendre la zone couverte à des secteurs situés au nord et au sud de la zone d'étude ainsi qu'au large.

a. Biologie et relations morphométriques

1. Taille à maturité sexuelle

Les données de stade de maturité ont été utilisées pour construire des ogives de maturité par sexe en représentant le pourcentage d'individus matures en fonction de la longueur totale. La L_{50} , longueur totale à laquelle 50% des individus échantillonnés sont matures, a été calculée en ajustant à ces données une courbe du type :

$$P_{Li} = 1 / (1 + e^{-b(L_i - L_{50})})$$

où P_{Li} est la proportion d'individus matures pour une longueur L_i , b est la pente de la courbe de tendance et L_{50} la longueur à laquelle 50% des individus sont matures ($P_{Li} = 0,5$).

C'est cette valeur de L_{50} , accompagnée de la longueur totale du plus petit individu mature et de la longueur

totale du plus grand individu immature, qui sert à caractériser la taille à maturité sexuelle selon les recommandations de McCully *et al.* (2012).

Pour les mâles, le stade de maturité a été déterminé pour 832 individus en Atlantique et 1024 en Manche. Pour les femelles, seule une partie des raies capturées a été conservée et débarquée pour pouvoir déterminer le stade de maturité après examen des organes sexuels internes. Les raies sélectionnées mesuraient principalement entre 70 et 93 cm de façon à couvrir une gamme de tailles comprenant la L_{50} suspectée. Au total, 102 raies ont été conservées en Atlantique et 110 en Manche. Pour les calculs de L_{50} , toutes les femelles de moins de 74 cm de longueur totale ont été considérées comme immatures et celles de plus de 93 cm comme matures. Pour la gamme de taille 74-93 cm, seules les raies pour lesquelles le stade de maturité a été déterminé ont été prises en compte, soit 94 raies en Atlantique et 103 en Manche.

En Atlantique, le plus petit mâle mature mesure 74 cm, le plus grand immature 87 cm et la L_{50} calculée est de 81,2 cm. En Manche, les tailles du plus petit individu mature et du plus grand immature sont similaires à celles d'Atlantique (74 cm et 91 cm respectivement) mais la L_{50} calculée est de 78,4 cm (Tableau 5 et Figure 11).

Ces valeurs sont en accord avec les tailles auxquelles la longueur des ptérygopodes augmente de façon nette, signe de l'acquisition de la maturité (Figure 12).

Dans les deux secteurs, la taille à maturité des femelles est plus élevée que celle des mâles. La L_{50} est de 83,8 cm en Atlantique et de 83,1 cm en Manche. Les tailles des plus petits individus matures observés sont respectivement de 79 et 78 cm (Tableau 5 et Figure 13).

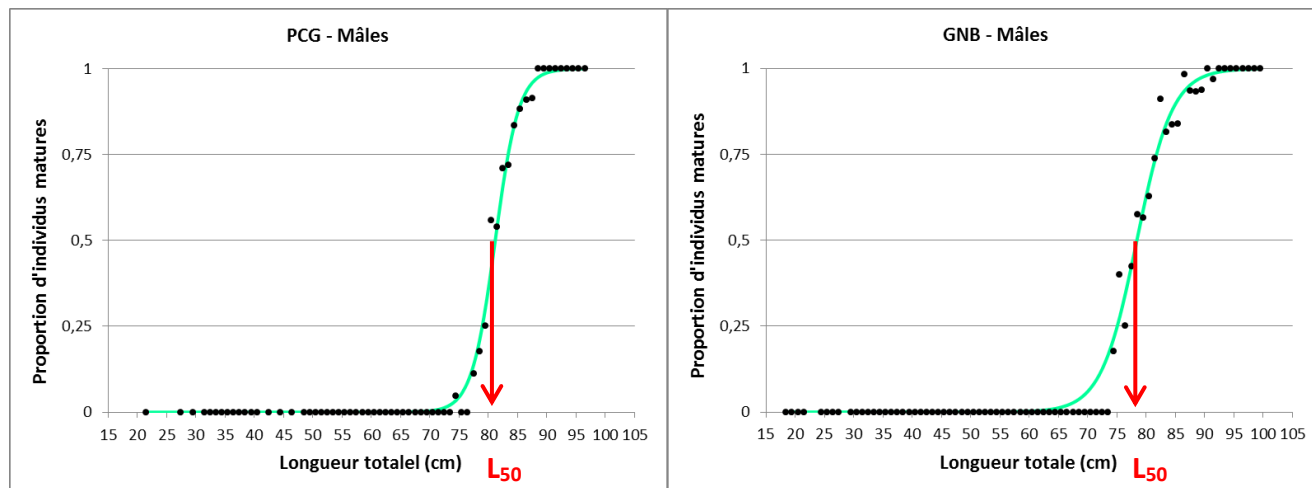


Figure 11 : Ogive de maturité pour les mâles de raie brunette : PCG = zone Atlantique, GNB = zone Manche. Les points représentent le pourcentage d'individus matures pour chaque classe de taille de 1 cm. La courbe (verte) est la courbe de tendance ajustée aux données avec $L_{50} = 81,2$ et $b = 0,49$ pour l'Atlantique et $L_{50} = 78,4$ et $b = 0,31$ pour la Manche

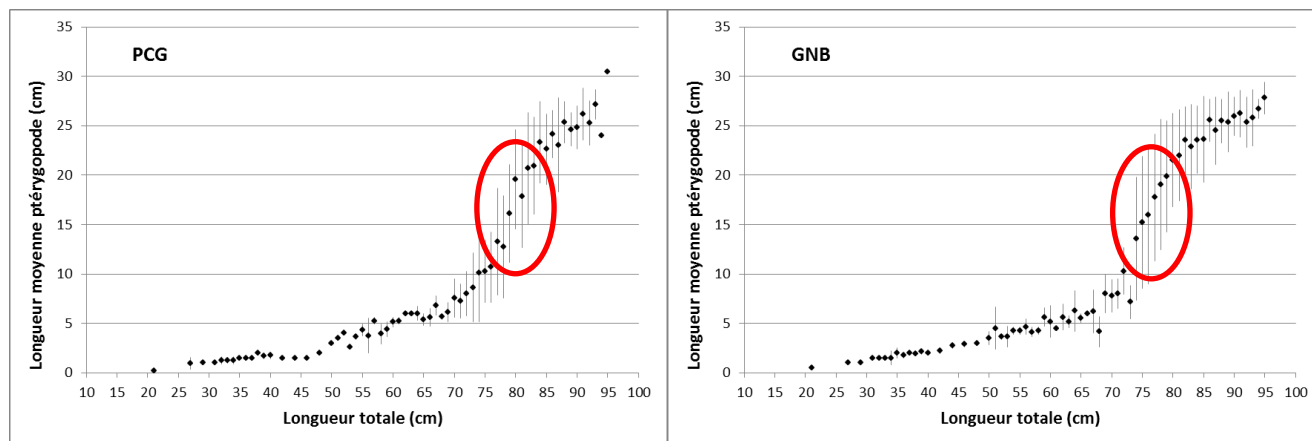


Figure 12 : Relation entre la longueur totale et la longueur moyenne des ptérygopodes : PCG = zone Atlantique, GNB = zone Manche. Le cercle rouge indique l'augmentation nette de la longueur des ptérygopodes.

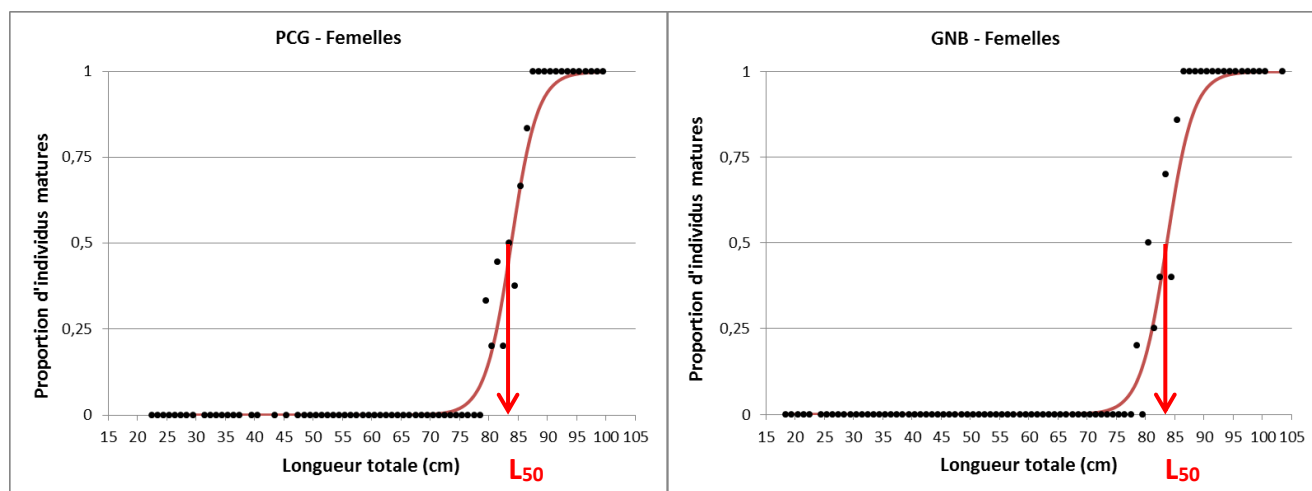


Figure 13 : Ogive de maturité pour les femelles de raie brunette : PCG = zone Atlantique, GNB = zone Manche. Les points représentent le pourcentage d'individus matures pour chaque classe de taille de 1 cm. La courbe (rouge) est la courbe de tendance ajustée aux données avec $L_{50} = 83,8$ et $b = 0,44$ pour l'Atlantique et $L_{50} = 83,1$ et $b = 0,44$ pour la Manche

Les L_{50} calculées sont proches de celles obtenues dans des études menées sur la côte ouest du Portugal ou dans les eaux de Manche et de Mer Celtique qui bordent la Grande-Bretagne. Les valeurs calculées pour le sud du Portugal sont quant à elles inférieures à tous les autres secteurs (Tableau 5). Il est important de noter que les données de taille à maturité jusqu'alors disponibles étaient issues de calculs réalisés à partir de petits échantillons, moins de 100 individus, même pour les mâles.

Tableau 5 : Récapitulatif des données relatives à la taille à maturité de la raie brunette obtenues dans cette étude et dans des études antérieures

Secteur	Sexe	Nombre d'individus	Nombre d'individus matures	Plus petit mature	Plus grand immature	L_{50}	Source
Golfe de Gascogne	M	832	423	74	87	81,2	cette étude
	F	94	86	79	86	83,8	
Manche ouest	M	1024	696	74	91	78,4	cette étude
	F	103	150	78	86	83,1	
Sud Portugal	M	94	19	71	78	73,6	Coelho & Erzini (2006)
	F	93	16	75	78	76,1	
Ouest Portugal	M	90	?	?	?	78,1	Moura <i>et al.</i> (2007)
	F	78	?	?	?	83,8	
UK	M	85	28	80	88	82,3	McCully <i>et al.</i> (2012)
	F	34	1	79	83	NA	

2. Cycle de reproduction

Plusieurs femelles capturées lors d'affrètements RECOAM ont été observées en train de pondre sur le pont du bateau (Figure 14a). Ces observations ont été faites au printemps en Atlantique et au printemps et en été en Manche.

Parmi les femelles conservées pour la détermination du stade de maturité sexuelle, des stades 3b (œufs prêts à être pondus) ont été observés chez des femelles capturées au printemps ou en été (Figure 14b et Figure 15). Les femelles conservées de septembre à décembre étaient toutes en stade 5 correspondant à une phase de régénération se déroulant après une phase de ponte et préparant les ovaires à une nouvelle éventuelle fécondation.

L'échantillonnage n'ayant pas été mis en place dans l'optique d'étudier le cycle de production, ces observations concernent des effectifs faibles et ne couvrent pas toute l'année. L'absence d'observation de janvier à mars ne permet pas de dire si la ponte a lieu uniquement au printemps et en été (mai et juin en particulier) ou si elle se déroule aussi en hiver.

Elles corroborent néanmoins des observations faites sur des raies maintenues en aquarium pour lesquelles les pontes ont été observées principalement au printemps (Aquarium marin de Trégastel, com. Pers.).

Ces observations pourront peut-être également être mises en relation avec les données d'échouages sur les plages de capsules vides recueillies dans le cadre du programme national de sciences participatives CapOeRa (CAPsules d'OEufs de RAies) de l'APECS. Ces données recueillies depuis 2008 (près de 400 000 capsules toutes espèces confondues) seront analysées courant 2015 afin de voir si les capsules constituent de bons indices de présence des raies et si les variations saisonnières du nombre d'échouages peuvent être mises en lien avec un signal biologique. Une saisonnalité de la ponte pourrait alors se retrouver au niveau des échouages de capsules, avec un décalage correspondant à la période d'incubation.

Des échantillonnages complémentaires s'avèrent toutefois nécessaires pour mettre en évidence un éventuel caractère saisonnier du cycle de reproduction.

Même s'il s'agit d'observations exceptionnelles, il est intéressant de noter que 5 accouplements ont été observés en Atlantiques, tous au mois de novembre. Ces observations ont été réalisées lors d'opérations de pêche à la palangre uniquement, le mâle et la femelle accouplés ayant été remontés sur un même hameçon.

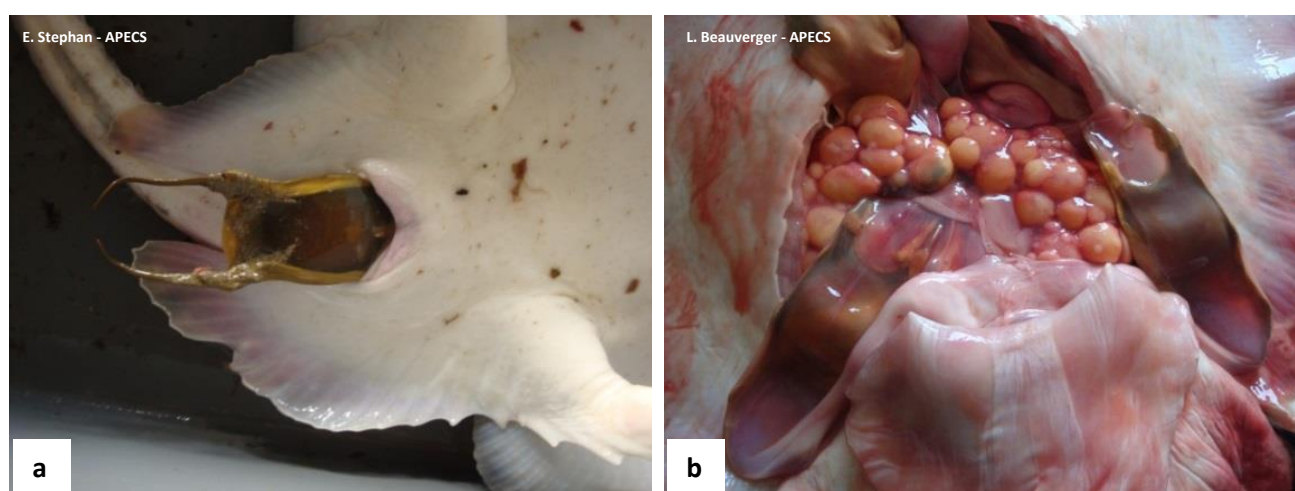


Figure 14 : Observations d'œufs. a : femelle en train de pondre, b : œufs encapsulés dans les voies génitales

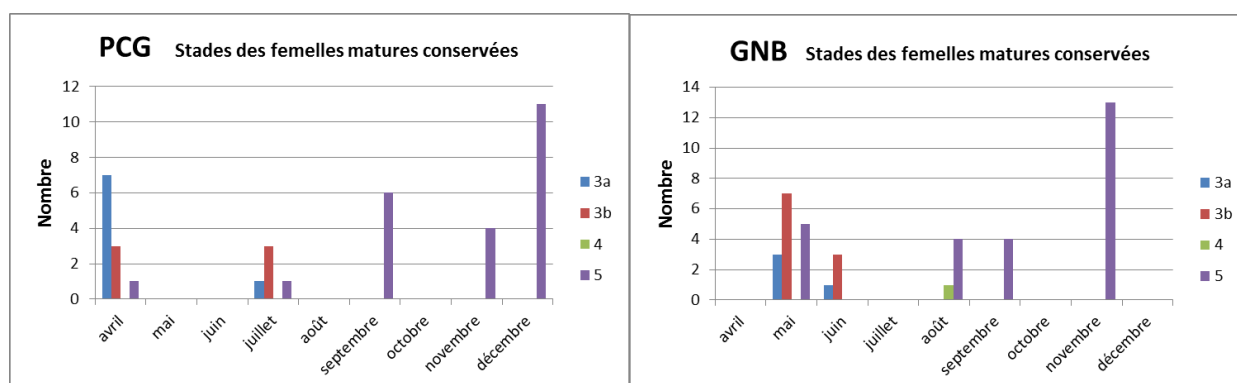


Figure 15 : Stades de maturité observés chez les femelles matures conservées (PCG = Atlantique, GNB = Manche). Voir Annexe c pour la description des stades

3. Croissance

Quelques recaptures de raies marquées ont été réalisées à l'occasion d'affrètements dans le secteur GNB (Tableau 6). Leur nombre reste toutefois limité ce qui ne permet pas d'établir une courbe de croissance. Il a cependant été entrepris, avec le soutien de Pascal LORANCE de l'IFREMER, de comparer les données de taille au marquage, taille à la recapture et temps de liberté avec les modèles de croissance disponibles (Coelho et Erzini 2012, Moura *et al.* 2007).

Les données ont donc été comparées aux trois estimations de croissance établies pour les eaux portugaises (Tableau 7), estimations obtenues par lecture des marques de croissance sur les vertèbres (2) ou sur les épines caudales (1 et 3). Les différences observées entre mâles et femelles n'étant significatives pour aucunes des études, elles ne sont pas considérées ici.

Tableau 6 : Récapitulatif des données de recaptures collectées lors d'affrètements

Sexe	Taille marquage (cm)	Taille recapture (cm)	Nombre de jours de liberté
M	73	78	209
	82	83	320
	83	83	320
	83	85,5	146
	84	84	248
	84	84	209
	86	87	121
	90	91,5	441
F	83	85	159
	84	86	248

Tableau 7 : Paramètres de croissance selon le modèle de Von Bertalanffy établis par des études antérieures

Estimation	L_{∞} (mm)	k	t_0	Source	Secteur
1	110.2	0.11	-1.58	Coelho & Erzini (2002)	Sud Portugal
2	119.3	0.12	-0.41	Moura et al. (2007)	Sud Portugal
3	113.7	0.15	-0.01	Moura et al. (2007)	Ouest Portugal

Les tailles mesurées ont été utilisées de deux façons :

- la taille au marquage a été utilisée pour estimer l'âge au marquage avec le modèle de croissance, et l'âge à la recapture a été calculé en ajoutant le temps de liberté
- la taille à la recapture a été utilisée pour estimer l'âge à la recapture avec le modèle de croissance, et l'âge au marquage a été calculé en déduisant le temps de liberté

On a ainsi obtenu pour chaque individu recapturé, deux paires de tailles (observées) et d'âge (calculés, dont la différence est le temps de liberté observé). L'agrément entre le modèle et les changements de tailles observés a été évalué graphiquement en superposant des flèches représentant le changement de taille des raies à la courbe de croissance théorique (Figure 16).

Pour la gamme de taille que nous avons pu analyser (73-90 cm), les données de marquage recapture apparaissent plutôt en bon accord avec les modèles de croissance théoriques disponibles.

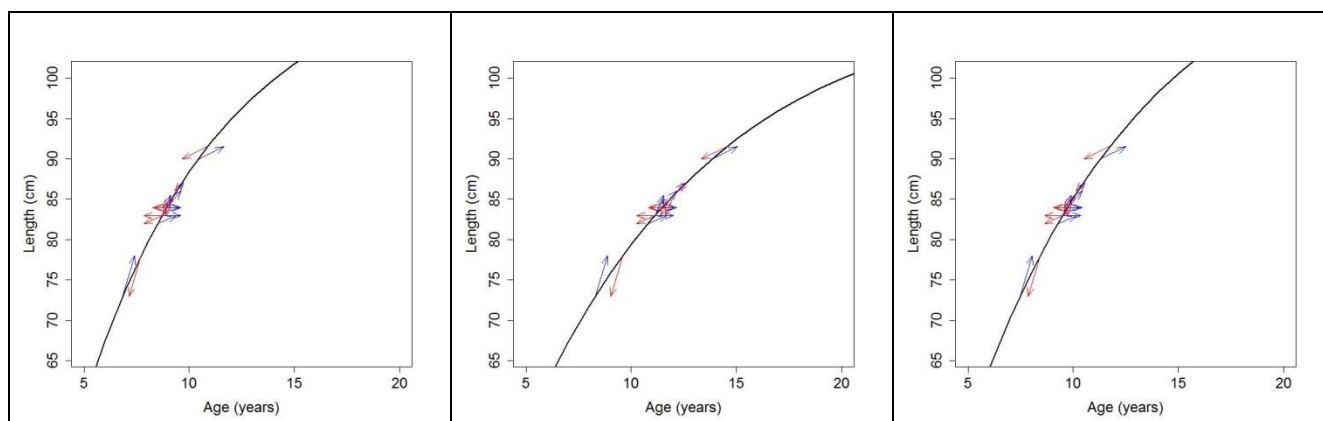


Figure 16 : De gauche à droite, courbes de croissance selon les estimations 1, 2 et 3 (Tableau 7) et report des tailles observées et âges correspondant. Flèches bleues : l'âge au marquage a été calculé comme âge prédit par le modèle selon la taille au marquage. Flèches rouges : l'âge à la recapture a été calculé comme âge prédit par le modèle selon la taille à la recapture.

4. Relation longueur totale / largeur

Alors que les scientifiques ont tendance à relever des longueurs totales, les pêcheurs utilisent plus communément la largeur lorsqu'ils parlent des raies. Il peut donc être intéressant de connaître la relation qui relie la longueur totale (T_L) à largeur du disque (D_W). Nous l'avons calculée pour chaque secteur d'étude et pour les deux sexes, selon l'équation :

$$D_W = aT_L + b$$

Les constantes de cette équation sont présentées dans le Tableau 8 et sur la Figure 17. Dans tous les cas, la corrélation est forte ($R^2 \geq 0,94$) mais les relations sont différentes entre l'Atlantique et la Manche mettant en évidence une différence morphologique entre ces deux secteurs. Pour une longueur donnée, l'envergure des raies du secteur Atlantique est supérieure d'environ 2 cm à celle des raies de Manche. Nous retrouvons ici des différences déjà mises en évidence entre le Portugal et les eaux britanniques (Tableau 9). Les valeurs obtenues pour le secteur GNB sont quant à elles en accord avec celles obtenues à Jersey par Ellis *et al.* en 2010 (Tableau 9).

Ces relations révèlent également un dimorphisme sexuel, les femelles étant, pour une longueur donnée, plus larges que les mâles.

Tableau 8 : Relation entre la longueur totale (T_L) et la largeur du disque (D_W) pour la raie brunette, avec $D_W = aT_L + b$ et r^2 le facteur de corrélation

Secteur	Sexe	Nombre	Gamme de taille (cm)	a	b	r^2
Atlantique (PCG)	M+F	2445	21-99	0,5883	4,8947	0,94
	M	1230	21-96	0,5551	6,602	0,94
	F	1215	22-99	0,6175	3,5097	0,96
Manche (GNB)	M+F	2035	18-103	0,5942	2,5331	0,96
	M	1118	18-99	0,5696	3,747	0,97
	F	917	18-103	0,6134	1,8833	0,98

Tableau 9 : Constantes de l'équation $D_W = aT_L + b$ pour la raie brunette établies par des études antérieures

Secteur	Sexe	Nombre	Gamme de taille (cm)	a	b	r^2	Source
sud Portugal	M+F	182	19-88	0,6211	1,882	0,98	Coelho & Erzini (2002)
Jersey	M+F	97	28-91	0,597	2,4013	0,97	Ellis et al. (2010)
UK	M+F	331	35-100	0,5648	4,713	0,97	McCully et al. (2012)

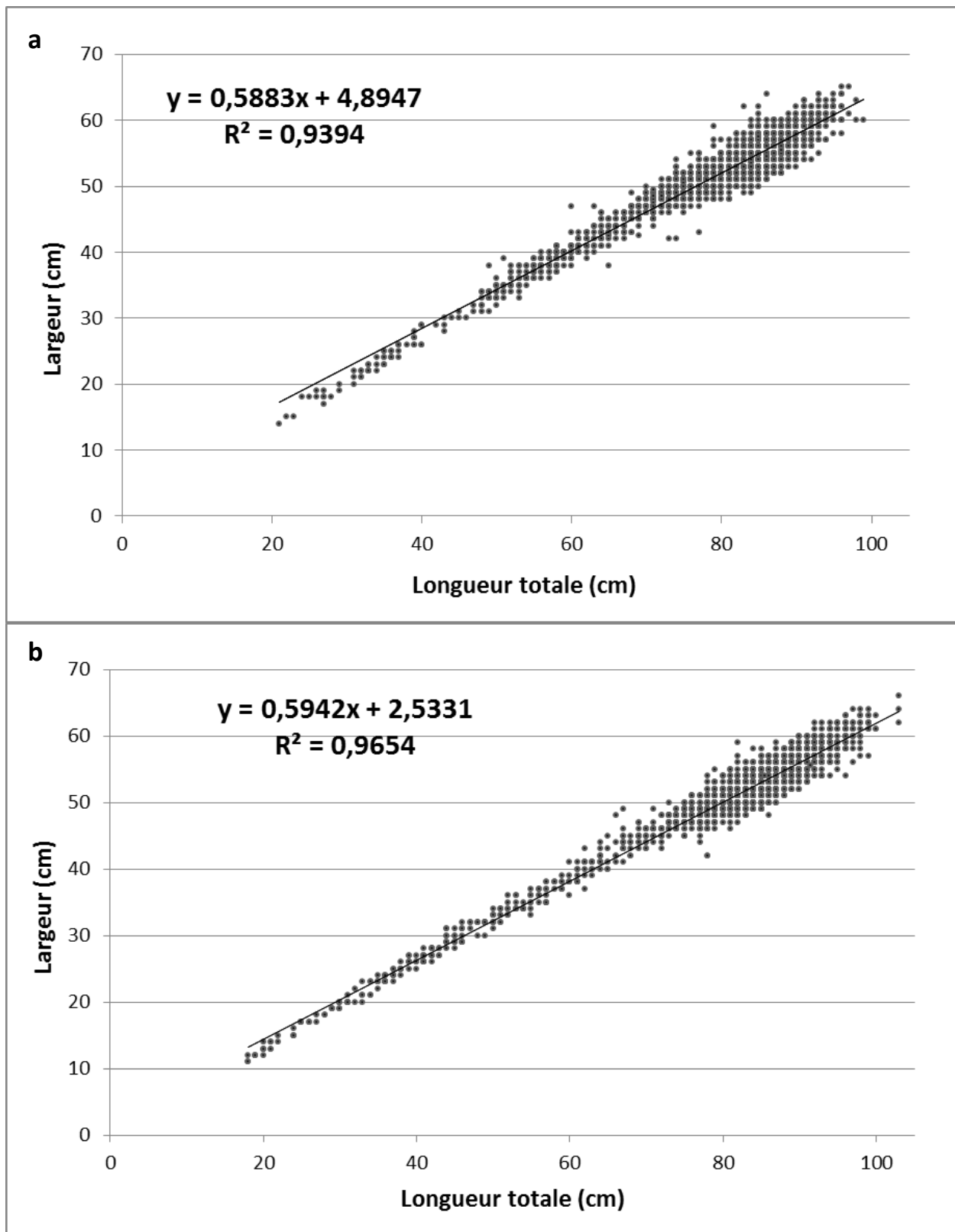


Figure 17 : Relation entre la longueur totale et la largeur chez la raie brunette (a = secteur PCG, b = secteur GNB) avec $y=D_w$ et $x=T_L$

b. Déplacements et utilisation de l'espace

1. Analyse des captures réalisées lors des marées avec observateur

La composition des captures en fonction des engins a été analysée malgré le fait que le plan d'échantillonnage n'ait pas été pensé de façon à avoir un effort d'observation homogène, ni dans l'espace, ni dans le temps. Par ailleurs, certaines opérations de pêche ont ciblé des secteurs à raies brunettes connus des pêcheurs (RECOAM) et pas d'autres (RaieBECA et RAIMOUEST à l'exception de quelques opérations). Les informations qui suivent sont donc qualitatives et représentatives des périodes et secteurs échantillonnés.

Dans les deux secteurs d'étude, les captures couvrent une large gamme de tailles : 21-99 cm dans le secteur PCG en Atlantique et 18-103 cm dans le secteur GNB en Manche. Les distributions en tailles observées diffèrent selon les engins de pêche utilisés et leur sélectivité (Figure 18 et Figure 19) mais sont similaires d'un secteur à l'autre pour un même engin (cas du filet trémail à grandes mailles).

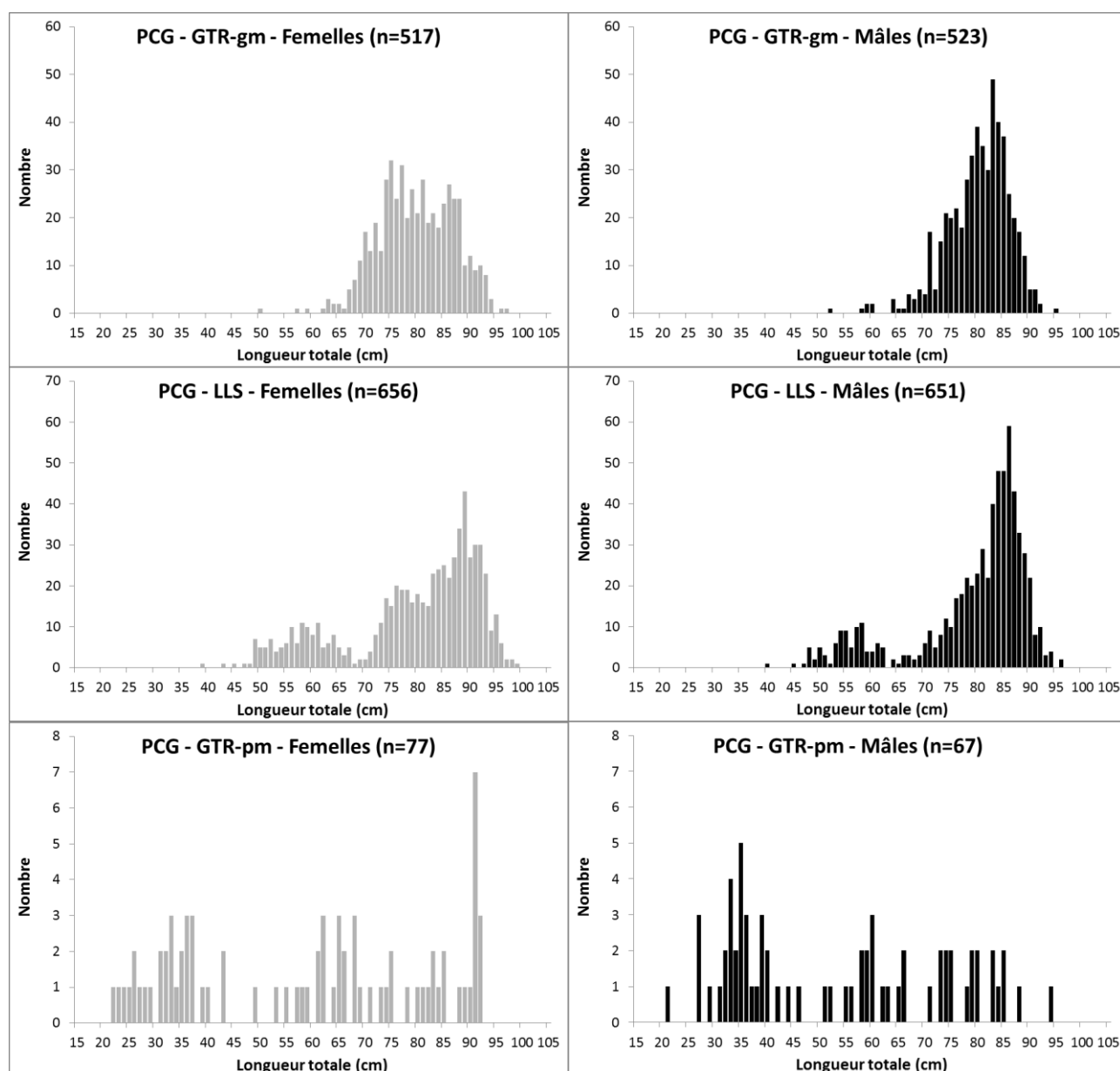


Figure 18 : Distribution en tailles des raies brunettes capturées dans le secteur PCG par sexe et par engin de pêche. GTR-gm = filet trémail à grandes mailles (≥ 270 mm), LLS = palangre, GTR-pm = filet trémail à petites mailles (≤ 150 mm).

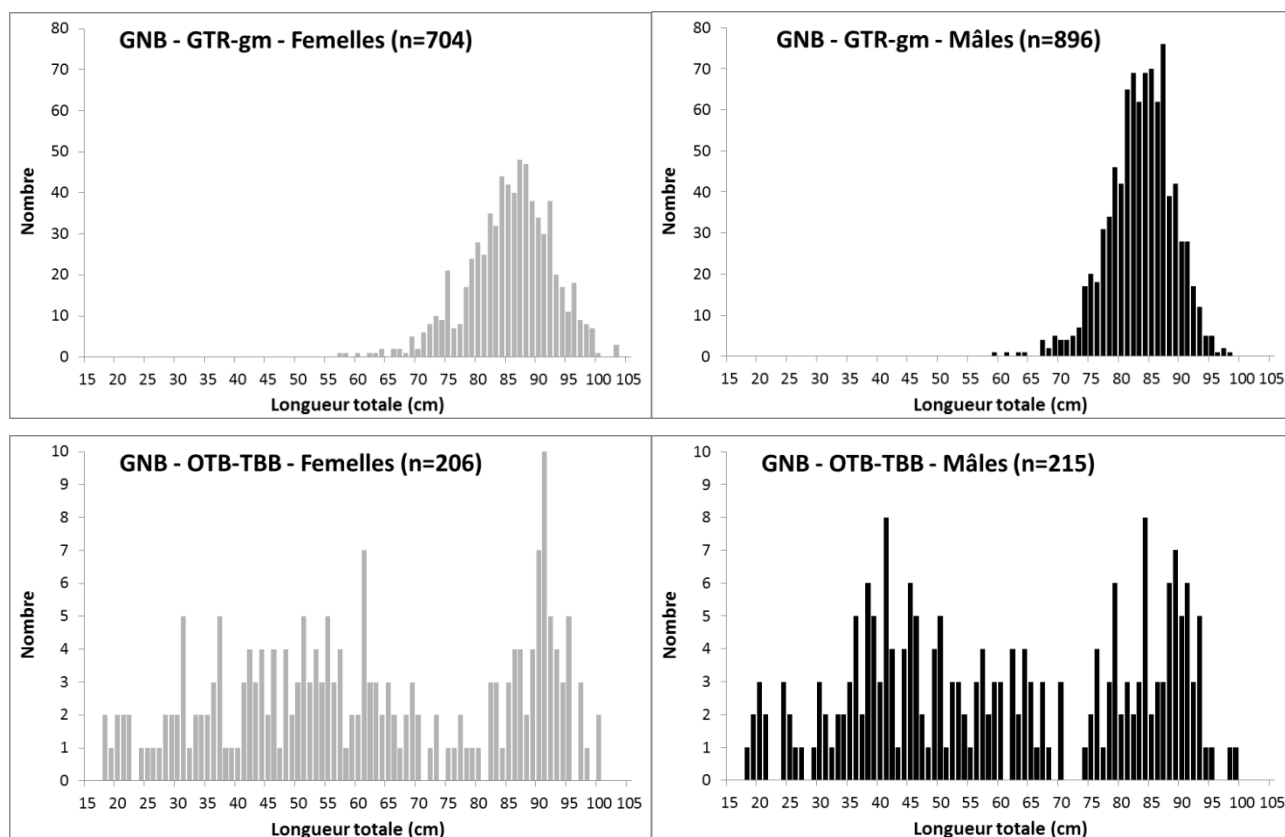


Figure 19 : Distribution en tailles des raies brunettes capturées dans le secteur GNB par sexe et par engin de pêche. GTR-gm = filet trémail à grandes mailles (≥ 270 mm), OTB-TBB =chalut de fond à panneaux ou chalut à perche.

Les individus mesurant entre 30 et 74 cm que nous pouvons considérer tous comme immatures ont été capturés dans l'ensemble des deux secteurs, tout comme les individus plus grands. Les juvéniles ($T_L < 30$ cm) susceptibles d'être capturés uniquement au filet trémail à petites mailles ou au chalut n'ont pas été capturés lors de toutes les opérations de pêche réalisées avec ces engins. Dans le secteur PCG, ils sont issus principalement d'un secteur situé au nord de l'embouchure de la Gironde, tandis qu'en Manche ils ont été capturés au large de Carteret et dans l'ouest de la Baie de Saint-Brieuc. Comme indiqué dans la partie 4.a.2, des femelles avec des œufs ont également été capturées dans les deux secteurs. Seuls les plus petits individus récemment sortis des œufs ($T_L = 10-15$ cm) n'ont pas été capturés.

Ces informations laissent donc penser que les deux secteurs étudiés sont importants pour l'ensemble des phases du cycle de vie de l'espèce. Pour la Manche, elles sont en accord avec les résultats du projet RAIMOUEST (Leblanc et al. 2014). Des études complémentaires sont néanmoins nécessaires pour pouvoir localiser d'éventuelles zones de ponte et/ou de nurserie en Manche et en Atlantique et passent par un échantillonnage plus systématique dans l'espace et dans le temps, en utilisant des engins de pêche adaptés à la capture de petits individus.

2. Marquage

Entre janvier 2012 et septembre 2014, 2533 raies brunettes ont été marquées et relâchées en Atlantique, entre le nord des Pertuis charentais et l'embouchure de la Gironde (Tableau 3 et Figure 20). En Manche, les marquages ont été réalisés de septembre 2012 à septembre 2014 et 1616 raies ont été marquées et relâchées entre la côte nord du Cotentin et la Baie de Saint-Brieuc (Tableau 3 et Figure 21).

La majorité des raies marquées en Atlantique mesurent entre 50 et 95 cm. En Manche, les marquages ont concerné en majorité des raies mesurant entre 70 et 100 cm. Ces gammes de tailles et les distributions en tailles correspondantes (Figure 22) sont directement liées à celles des captures et sont à mettre en relation avec les engins de pêche utilisés. Seuls les plus petits spécimens ($T_L < 30$ cm) sont un peu représentés dans les captures mais pas dans les marquages. Comme précisé dans la présentation du protocole, ils n'ont pas été marqués pour des raisons techniques.

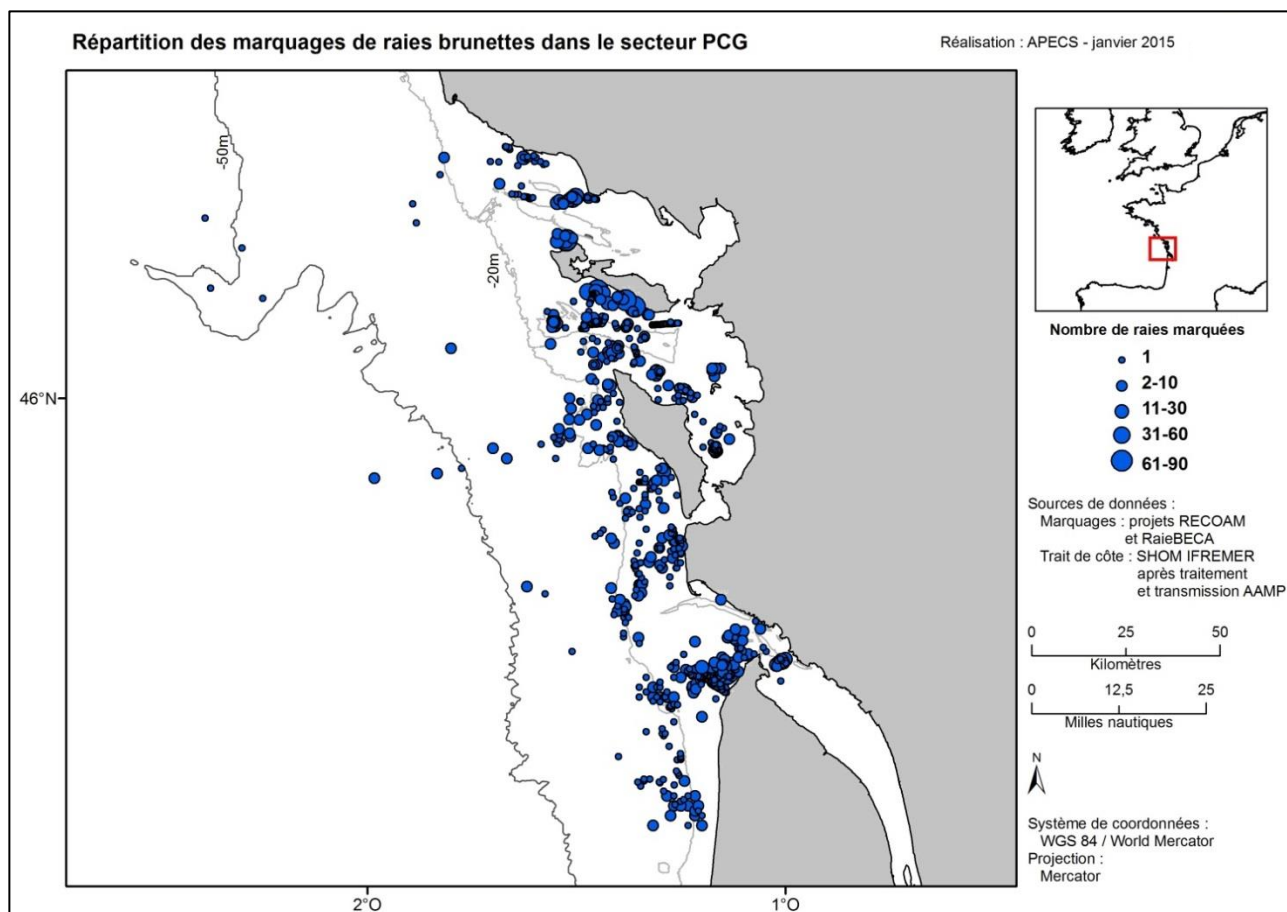


Figure 20 : Répartition des marquages de raies brunettes dans le secteur d'étude Atlantique (PCG)

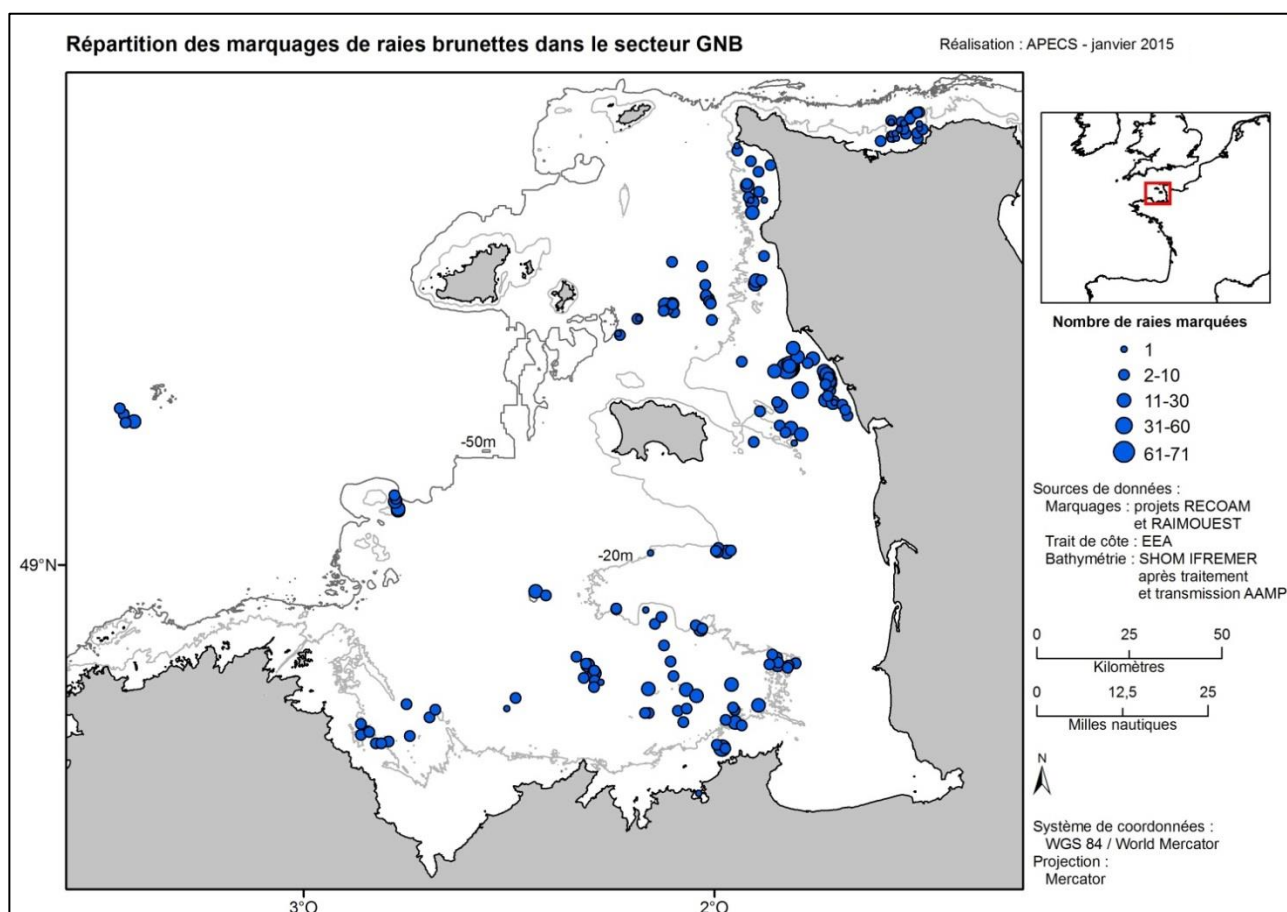


Figure 21 : Répartition des marquages de raies brunettes dans le secteur d'étude Manche (GNB)

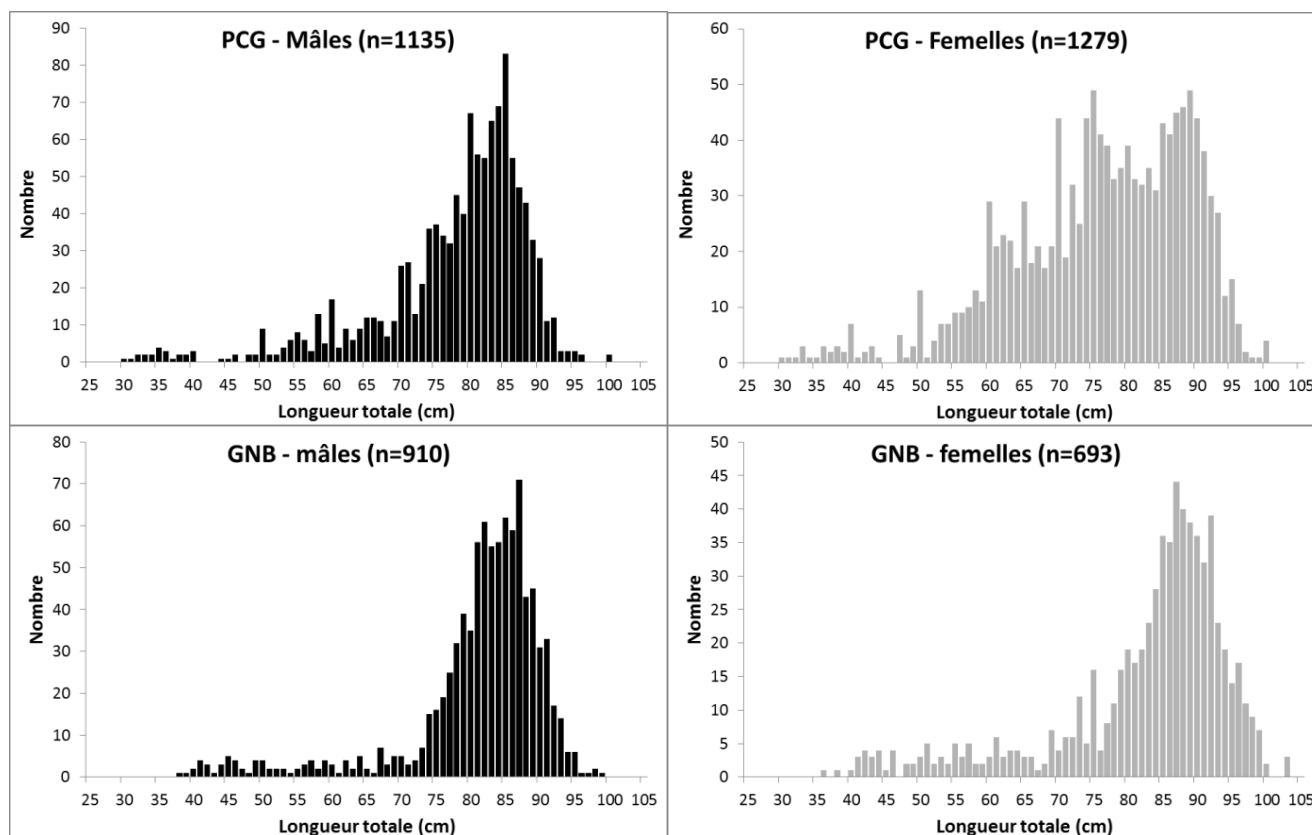


Figure 22 : Distribution en taille des raies marquées par sexe et par secteur d'étude (PCG = Atlantique, GNB = Manche)

Au total, 212 raies marquées dans la zone Atlantique (PCG) ont été recapturées dont 7 à deux reprises ce qui porte à 219 le nombre de recaptures. En Manche (GNB), 109 raies marquées ont été recapturées dont 3 à deux reprises portant à 112 le nombre de recaptures (Tableau 10).

Les recaptures ont été réalisées principalement par des navires de pêche professionnelle, fileyeurs ou palangriers en Atlantique et fileyeurs ou chalutiers en Manche (Figure 23). Quelques recaptures ont également été signalées par des plaisanciers, 10 en Atlantique et 7 en Manche.

Les distributions en tailles des raies recapturées (Figure 24) sont similaires à celles des raies marquées ce qui peut laisser penser que la taille n'a pas d'influence sur la probabilité de recapture, ni sur la survie après capture et marquage.

Tableau 10 : Résumé du nombre de raies brunettes marquées et recapturées pour les secteurs Atlantique et Manche

	PCG				GNB		
	F	M	Ind	Total	F	M	Total
Marquées	1305	1157	71	2533	701	915	1616
Recapturées	112	102	5	219	53	59	112
% recapture	8,6%	8,8%	7,0%	8,6%	7,6%	6,4%	6,9%

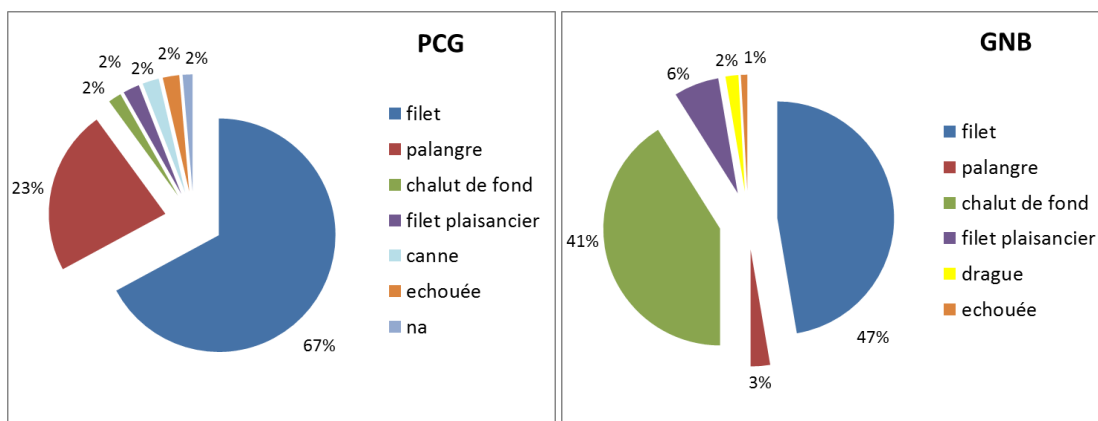


Figure 23 : Répartition des recaptures par engin de pêche pour les deux zones d'étude (PCG = Atlantique, GNB = Manche)

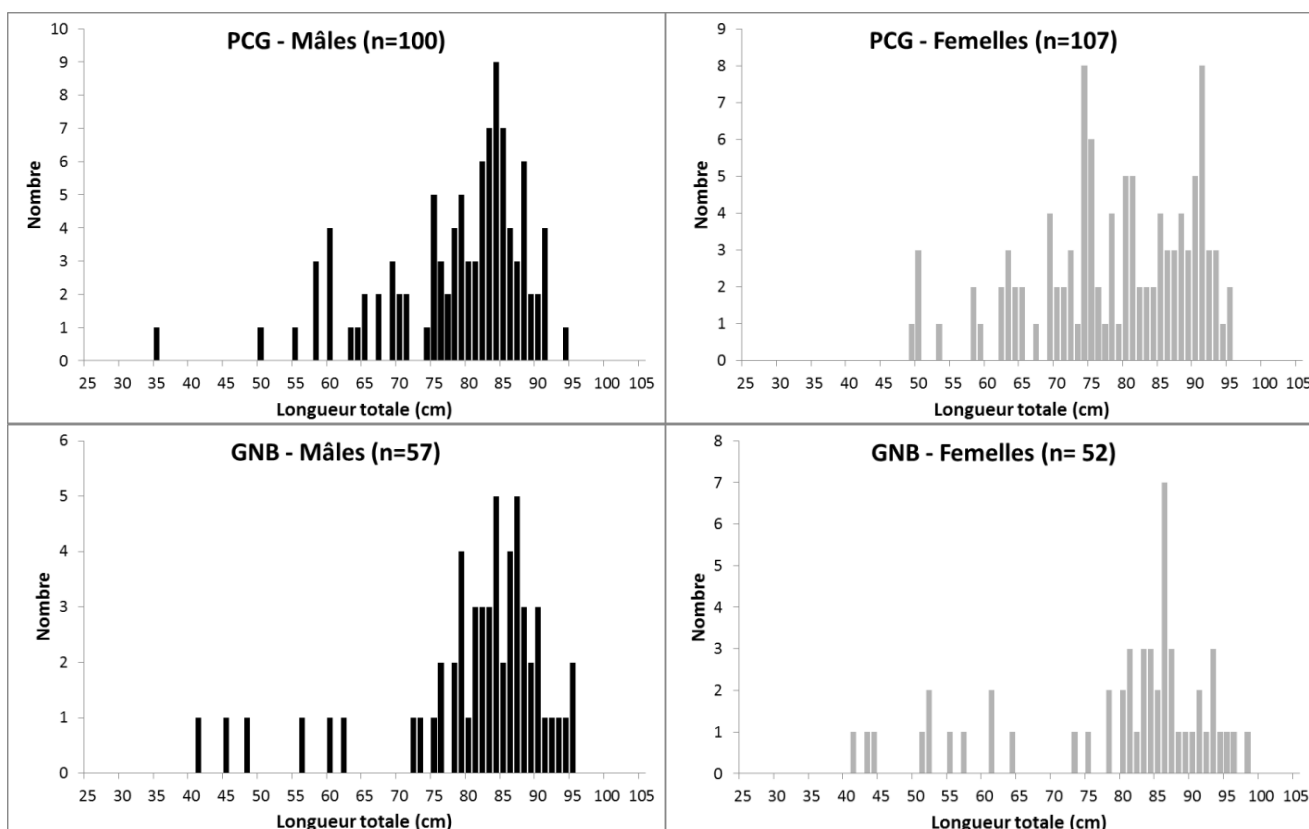


Figure 24 : Distribution en taille (longueur totale enregistrée lors du marquage) des raies recapturées par sexe et par secteur d'étude (PCG = Atlantique, GNB = Manche)

Les données de recapture étant insuffisantes pour entreprendre d'étudier l'influence de la taille sur les déplacements, les analyses ont été réalisées toutes tailles confondues.

Quasiment toutes les raies ont été recapturées dans le secteur où elles avaient été marquées. Les déplacements (calculés en ligne droite entre la position de relâcher et la position de recapture) ont été inférieurs à 5 km pour 105 raies en Atlantique (48%) et 53 raies en Manche (47%), après des durées en mer allant de 1 à 150 jours en Atlantique (moyenne = 92,6 jours) et de 2 à 603 jours en Manche (moyenne = 140,2 jours). Pour les autres raies, les déplacements sont restés inférieurs à 100km, même après de longues périodes passées en mer (Figure 25, Figure 26 et Figure 27). Bien qu'il ne soit pas possible de dire si les raies recapturées sont restées dans le secteur de marquage durant toute la durée passée en mer ou si elles se sont déplacées avant de revenir, ces résultats suggèrent une forte fidélité au secteur.

Seules 4 raies ont été recapturées en dehors des secteurs de marquage à proprement parlé, mais toujours à une distance inférieure à 100 km. Il s'agit d'une raie marquée dans l'embouchure de la Gironde en Atlantique et recapturée dans un secteur plus au sud, le long des côtes de la Gironde et de 3 raies marquées en Manche, dont une a été recapturée sur la côte Est du Cotentin et deux au large, à l'ouest du Golfe normand-breton (Figure 26 et Figure 27).

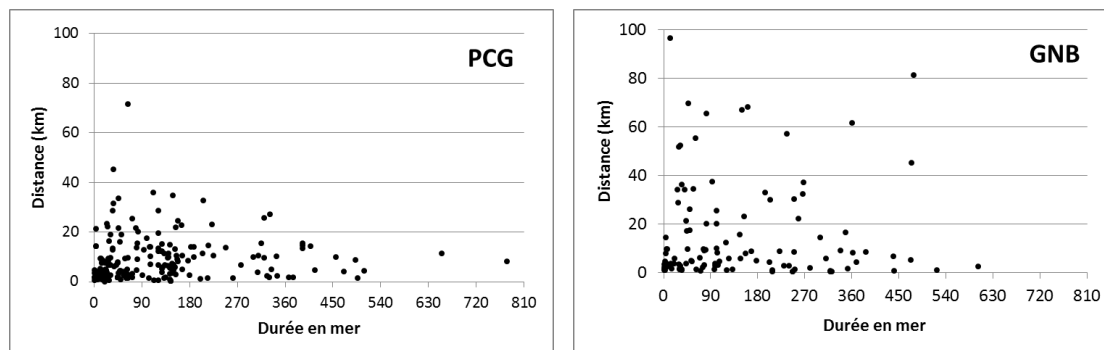


Figure 25 : Distance parcourue en fonction du nombre de jour en mer (PCG = Atlantique, GNB = Manche)

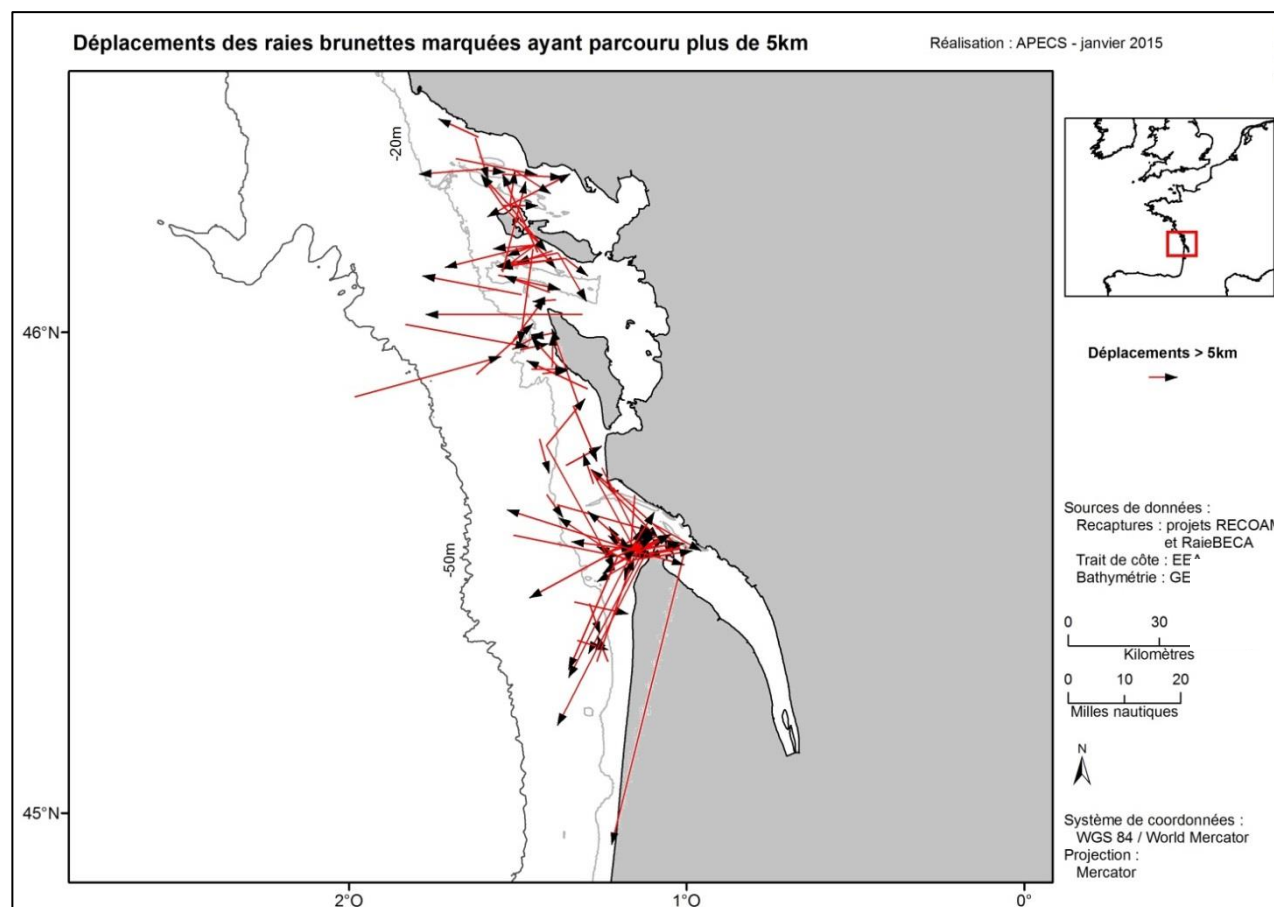


Figure 26 : Déplacements de raies brunettes marquées en PCG ayant parcouru plus de 5 km

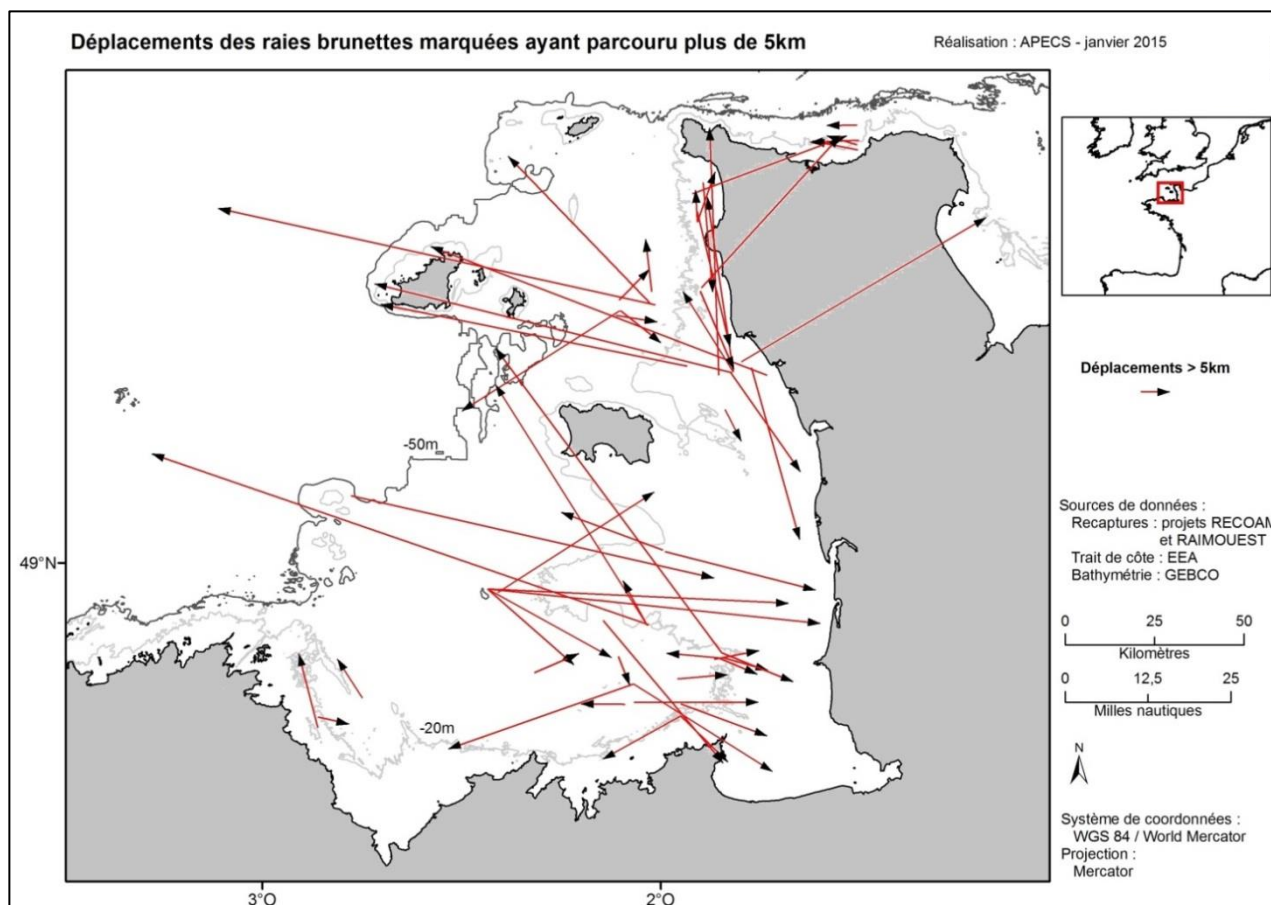


Figure 27 : Déplacements de raies brunettes marquées en GNB ayant parcouru plus de 5 km

Le déplacement moyen est de 8,4 km (IC à 95% = 7,2-9,6) pour le secteur PCG et de 15,1 km (IC à 95% = 11,4-18,8) pour le secteur GNB, cette différence étant significative (t -test, $P = 0,0001$). Aucune différence n'a par contre été mise en évidence entre les sexes pour un secteur donné (t -test, $P = 0,5827$ pour PCG et $P = 0,8761$ pour GNB) (Tableau 11).

Les déplacements plus importants observés en Manche ont été réalisés essentiellement par une partie des raies de plus de 70 cm, aussi bien des mâles que des femelles (Figure 28). Cependant, les données pour les raies de moins de 70 cm étant relativement peu nombreuses, ce résultat est à prendre avec précaution et demande à être confirmé.

Tableau 11 : Récapitulatif des données de recaptures par secteur (PCG = Atlantique, GNB = Manche)

Secteur	Sexe	Nombre de recaptures	Distance moyenne (km)	Intervalle de confiance (IC) à 95%	Distance médiane (km)	Distance maximale (km)	Durée en mer moyenne (jours)	Durée en mer maximale (jours)
PCG	M+F	214	8,4	1,2	5,6	71,5	118,3	778
	M	102	8,0	1,6	4,5	45,1	122,8	778
	F	112	8,7	1,8	6,5	71,5	114,1	510
GNB	M+F	112	15,1	3,7	5,7	96,2	146,8	603
	M	59	14,8	5,1	4,7	81,1	155,9	603
	F	53	15,4	5,5	8,4	96,2	136,8	523

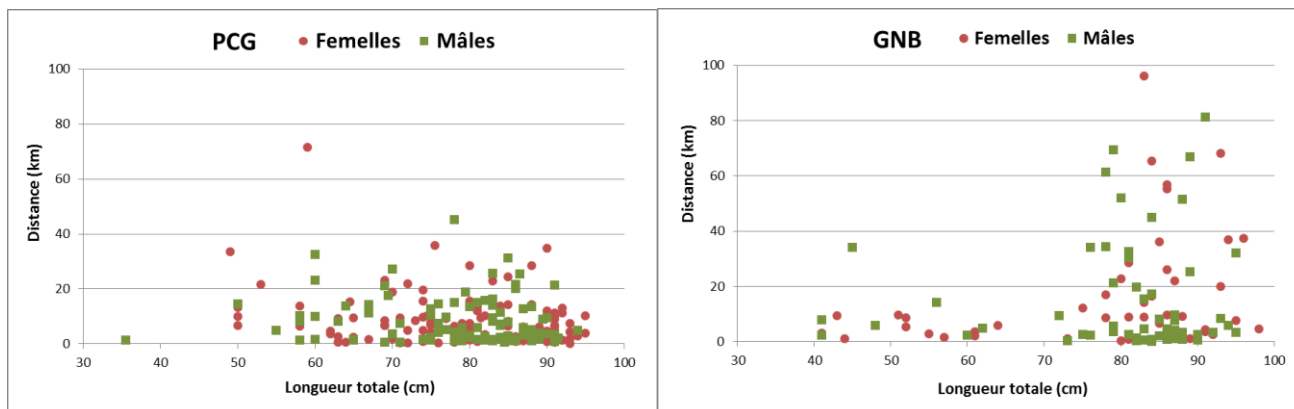


Figure 28 : Distance parcourue en fonction de la longueur totale des raies (PCG = Atlantique, GNB = Manche)

Les figures 33 à 38 qui présentent, pour chaque saison de marquage, les déplacements des raies recapturées ainsi que les saisons de recapture, ne font apparaître aucune tendance claire en termes de mouvements saisonniers, ni en Atlantique, ni en Manche. Les cartes n'ont pas été réalisées pour les raies marquées en hiver compte tenu de leur faible nombre, à mettre en lien avec le faible effort de marquage en hiver. Si en Atlantique, les recaptures hivernales concernent plutôt des fonds de plus de 20 m, soit au large, soit dans des « fosses » au nord et au sud de l'île de Ré (Figure 31 notamment), des recaptures ont également été réalisées proche des côtes.

Mais l'analyse temporelle des données de marquage est rendue difficile par plusieurs facteurs. Tout d'abord, l'effort de marquage n'a pas été constant au cours des saisons. En Atlantique, 48,5% % des raies ont été marquées au printemps, 17,5% en été, 30% à l'automne et 4% en hiver. En Manche, les marquages réalisés au printemps représentent 48%, ceux de l'été 30,5%, ceux de l'automne 20% et ceux de l'hiver 1,5%. Par ailleurs, les recaptures, issues essentiellement de navires de pêche, sont dépendantes de la distribution de l'effort de pêche. Or nous savons que cet effort ne se répartit pas de la même façon au cours de l'année et qu'il y a donc un risque que les éventuels mouvements saisonniers mis en évidence par les données de marquage reflètent les mouvements des flottilles plus que ceux des raies.

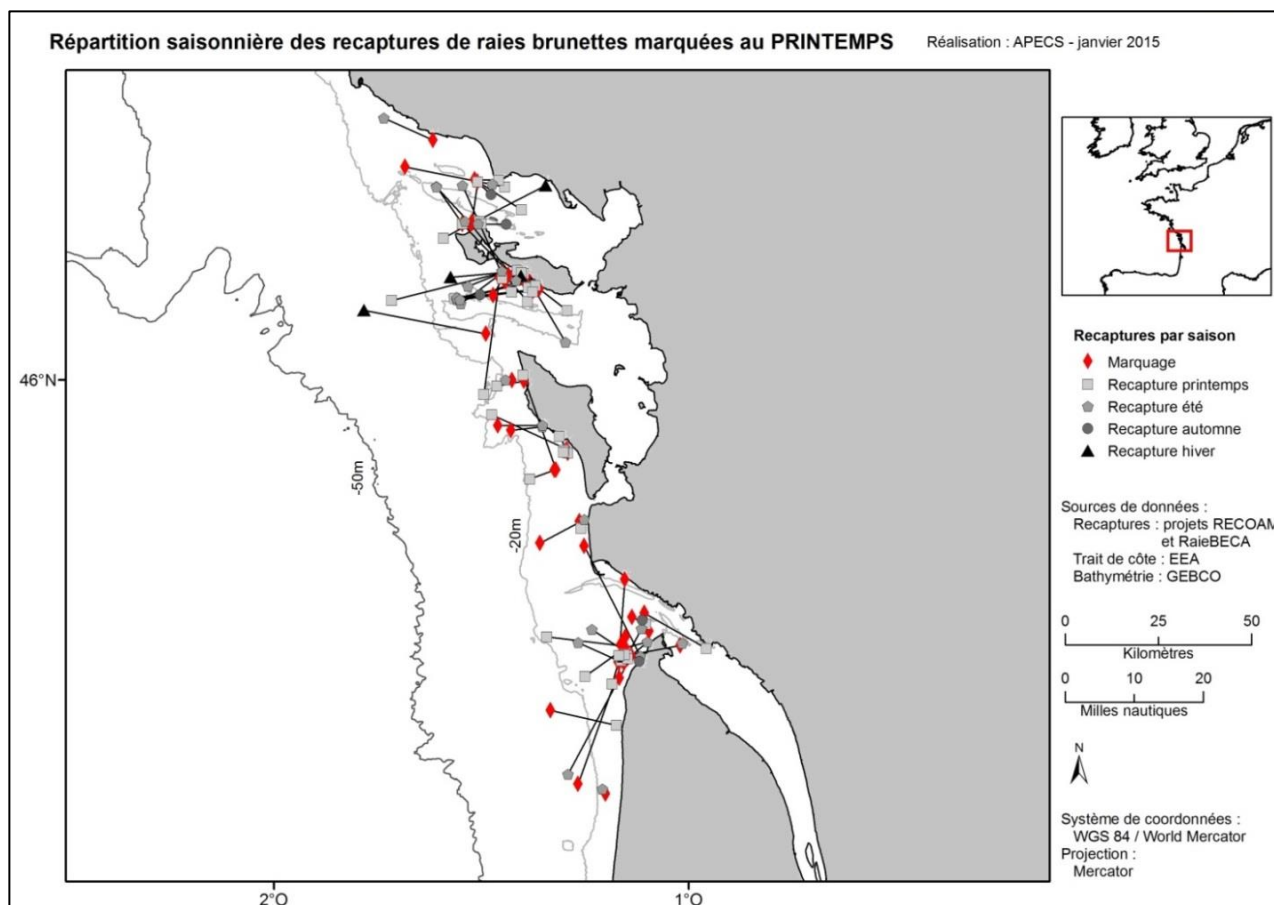


Figure 29 : Déplacements des raies brunettes marquées au printemps dans le secteur PCG

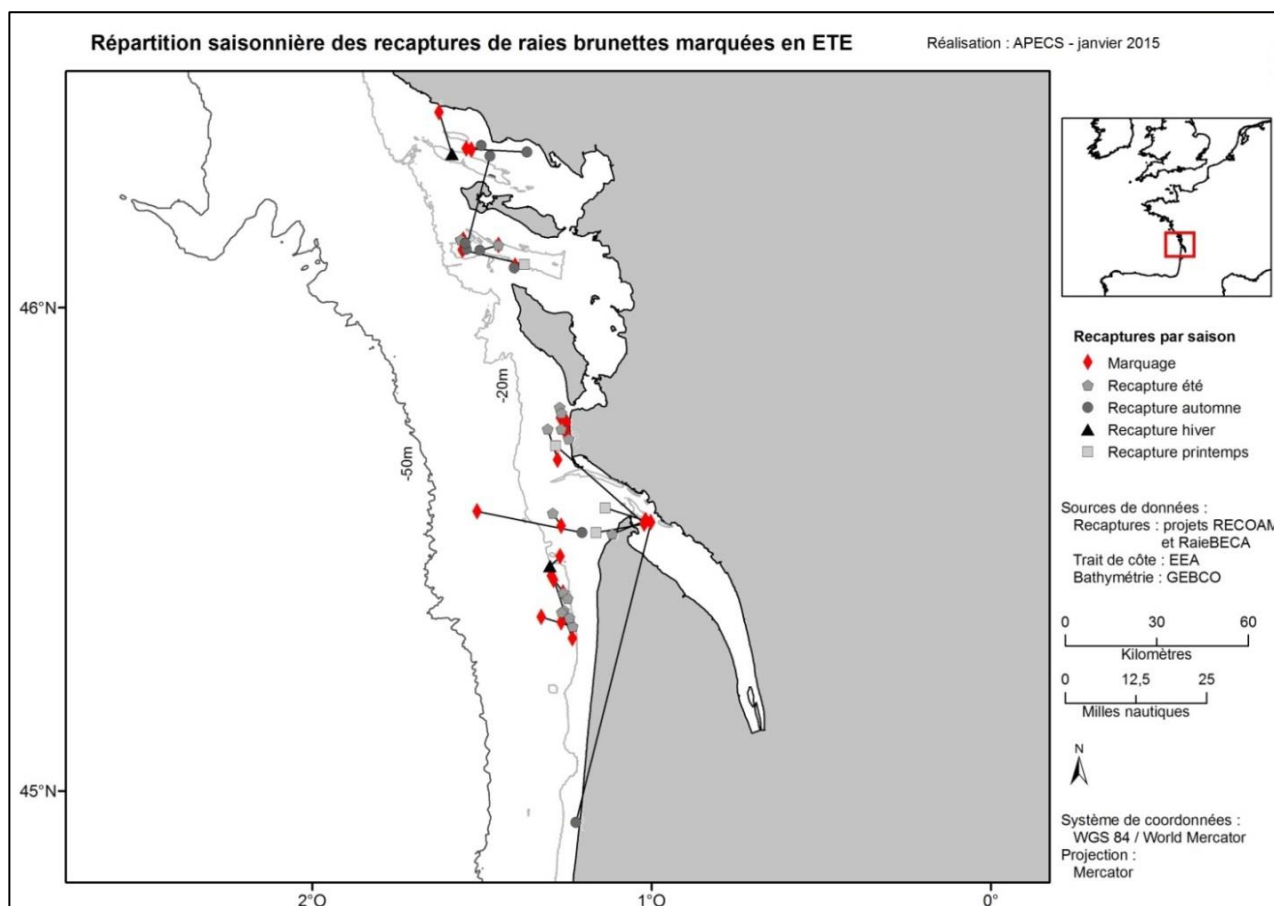


Figure 30 : Déplacements des raies brunettes marquées en été dans le secteur PCG

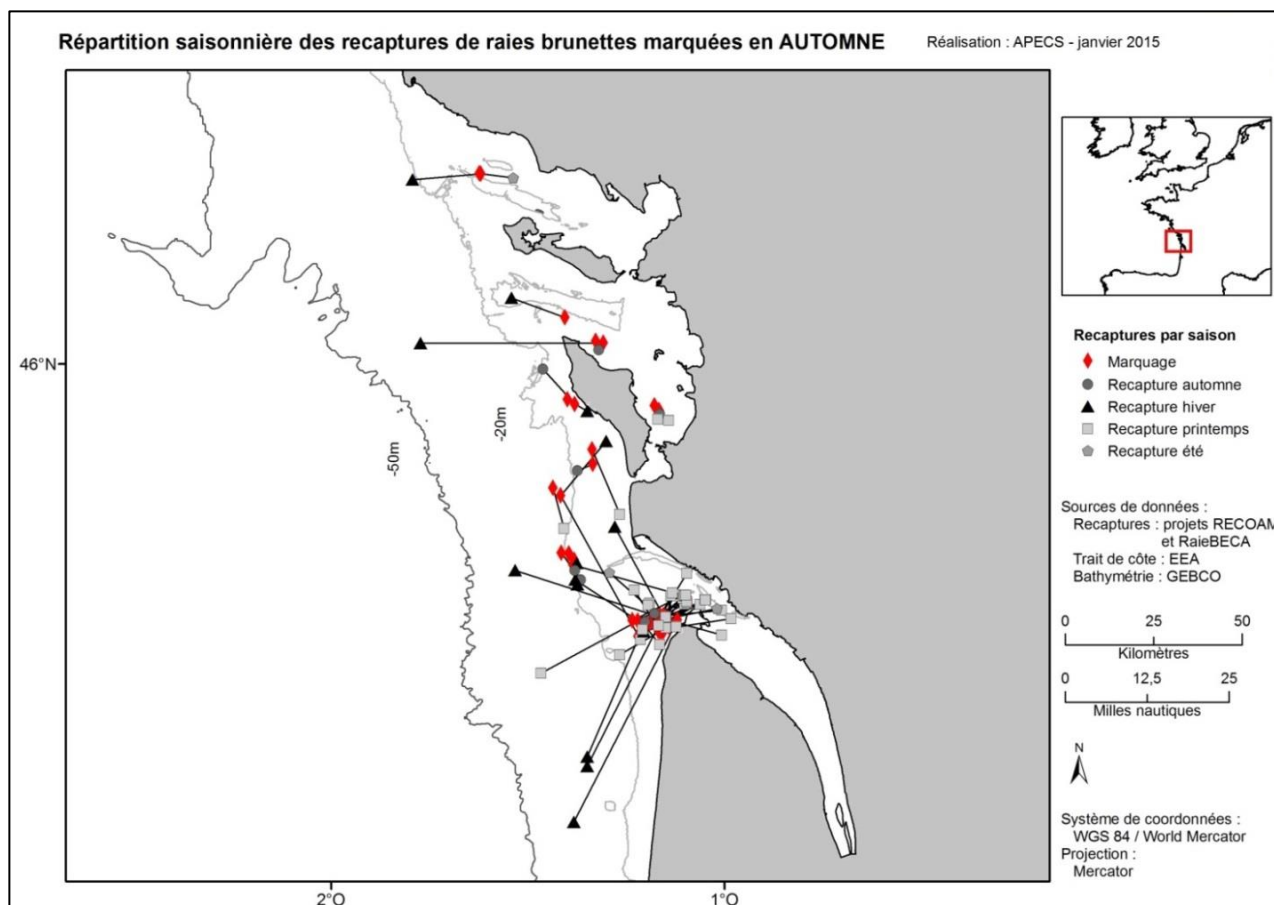


Figure 31 : Déplacements des raies brunettes marquées à l'automne dans le secteur PCG

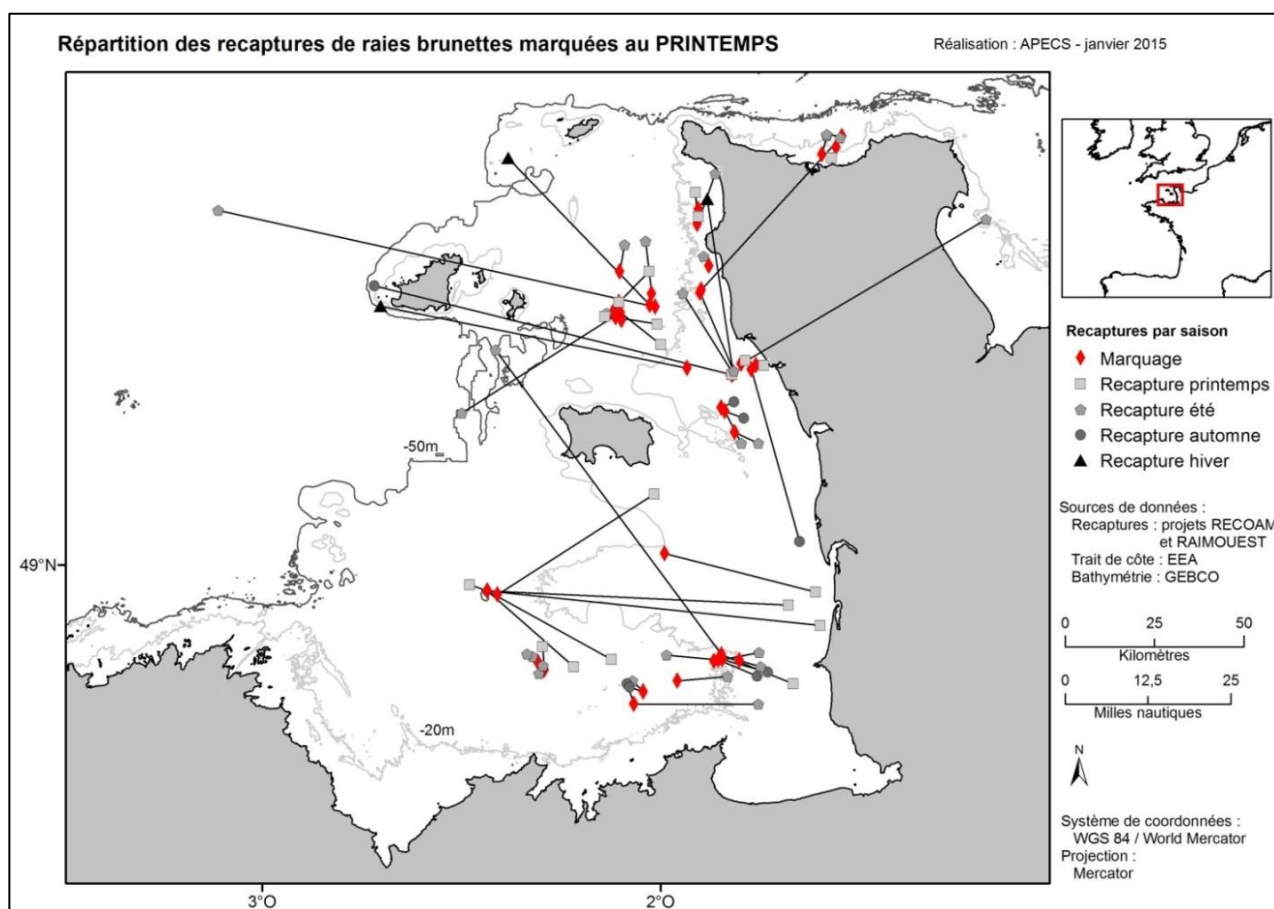


Figure 32 : Déplacements des raies brunettes marquées au printemps dans le secteur GNB

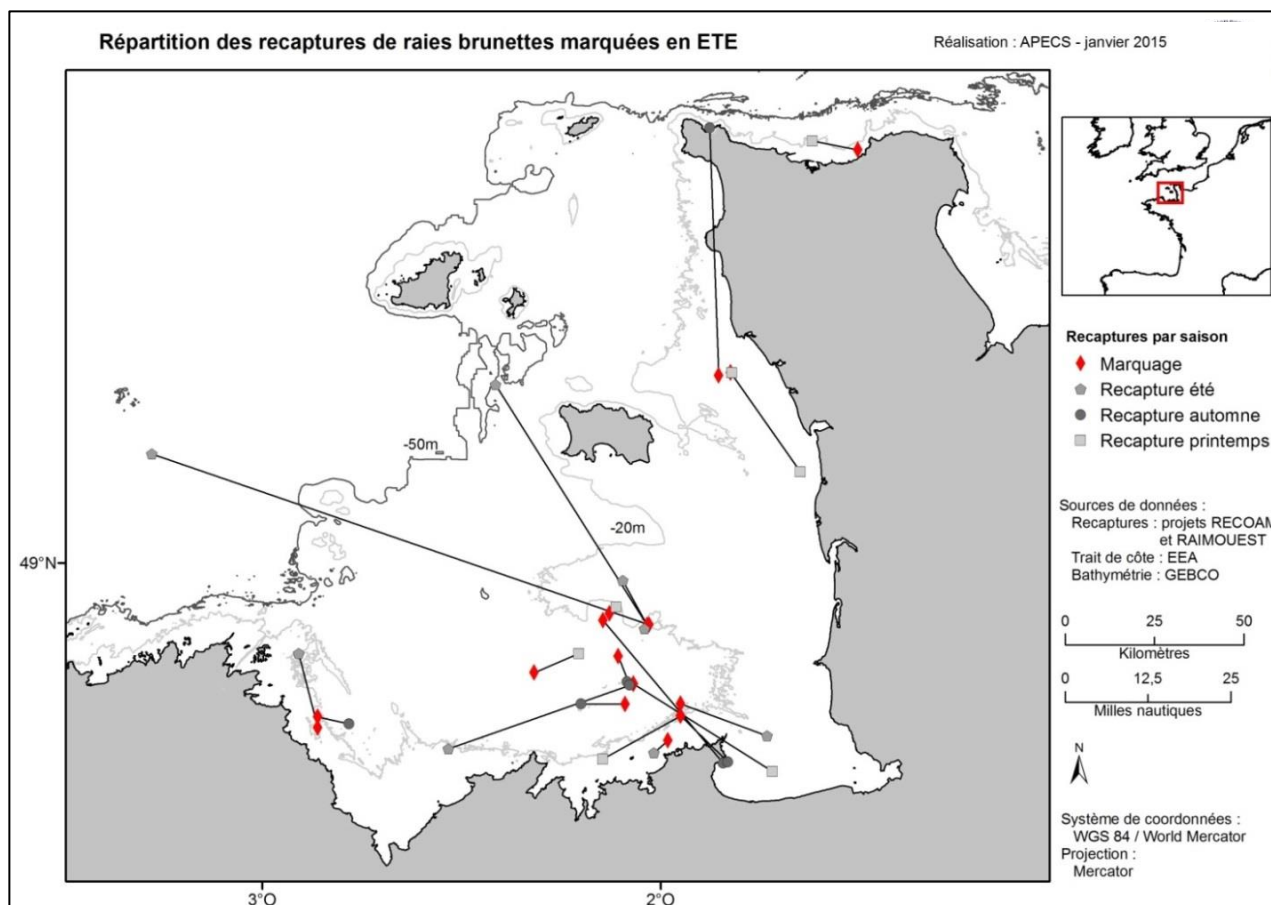


Figure 33 : Déplacements des raies brunettes marquées en été dans le secteur GNB

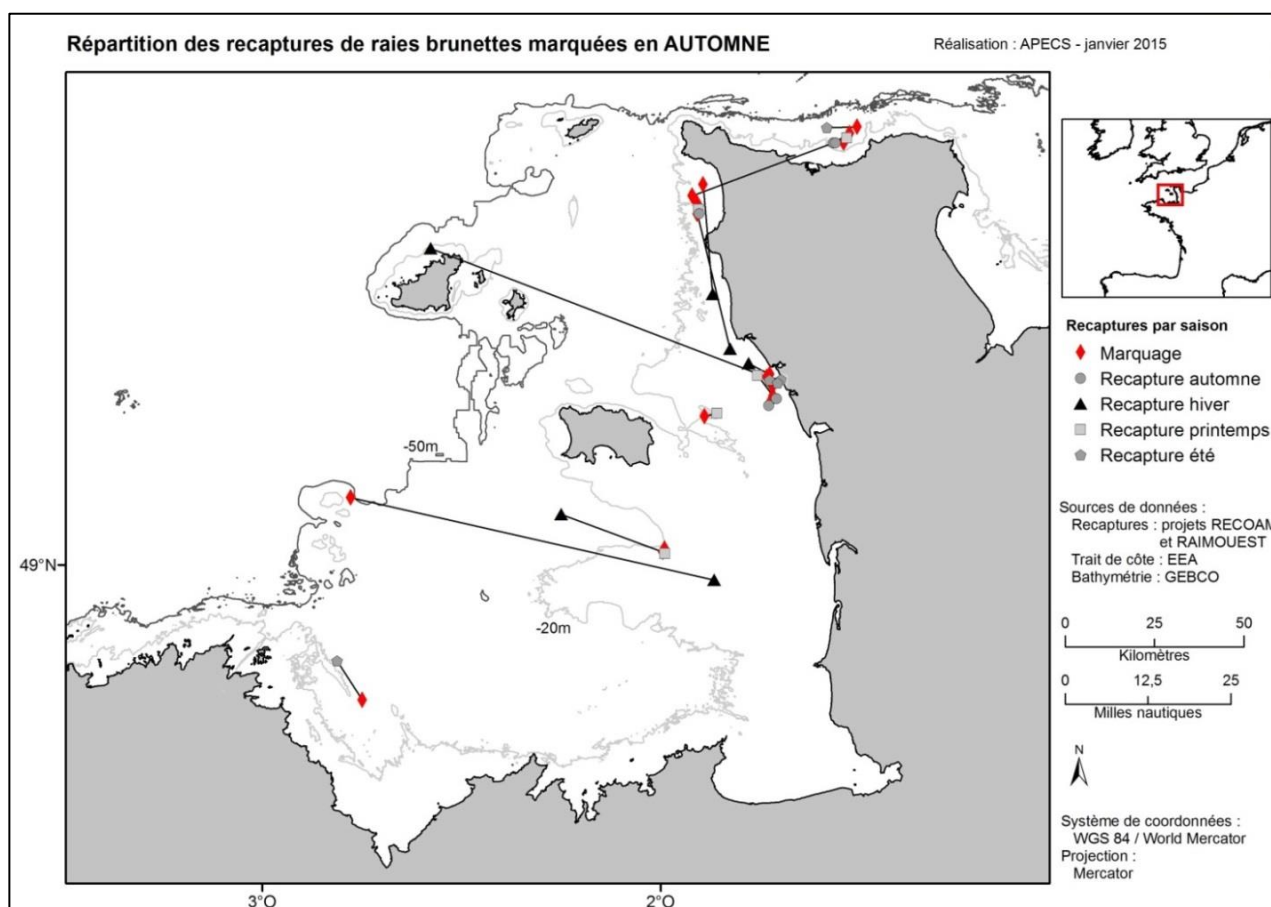


Figure 34 : Déplacements des raies brunettes marquées à l'automne dans le secteur GNB

3. Marque archive

23 marques archives type CEFAS-G5 (Cefas Technology Limited, Lowestoft, UK - Figure 35) ont été mises à disposition gracieusement par le laboratoire ressources halieutiques de l'IFREMER La Rochelle-L'Houmeau dans le cadre du projet RaieBECA et posées en Atlantique en novembre et décembre 2012 lors de marées RaieBECA (16) et d'affrètements RECOAM (7). Ces marques archives, placées sur une des nageoires pectorales, ont une mémoire qui stocke en temps réel et à une fréquence programmée les mesures de pression (profondeur) et de température de l'eau. Elles ont été posées, en plus du disque de Petersen, sur 11 femelles ($T_L = 80-96$ cm) et 12 mâles ($T_L = 71-89$ cm). Une récompense de 100 euros pour tout retour de marque a été prévue sur les financements RECOAM.



Figure 35 : Marque archive type CEFAS-G5 utilisée sur les raies brunettes

Une seule marque a été récupérée à ce jour. Posée sur un mâle mature de 88 cm, elle a permis d'enregistrer des données du 11/12/2012 au 16/08/2013 (248 jours). Cette raie, marquée au sud de l'embouchure de la Gironde, a été recapturée environ 13,5 km au nord-ouest de la position de relâcher (Figure 36).

La profondeur moyenne journalière enregistrée oscille entre 10 et 20 mètres de décembre à mi-mars (1 seule valeur au-delà de 20 m début février) puis entre 5 et 15 mètres de mi-mars à début juillet, avec deux valeurs à plus de 15 mètres. A partir de début juillet, la profondeur moyenne augmente à nouveau pour osciller entre 10 et 25 mètres (Figure 37).

Ce profil ne met pas en évidence de déplacement vers des secteurs plus profonds (> 20m) en hiver et confirme le fait qu'au moins certains individus restent près des côtes à cette période de l'année. Il apparaît par contre que cette raie a fréquenté des zones peu profondes (5-15 m) de mi-mars à début juillet, donc probablement des secteurs très côtiers. Deux événements exceptionnels marqués par des flèches sur le graphique peuvent être notés. Le premier est intervenu entre le 16 et le 20 mai. Des variations importantes de la profondeur moyenne (passage de 10 à 4,5 m puis à 18 m avant un retour à 10m) sont observés durant 3 jours et s'accompagnent d'une baisse de l'ordre de 2°C de la température moyenne de l'eau. Le second a eu lieu entre le 3 et le 6 juillet et marque une augmentation de la profondeur moyenne journalière enregistrée dont les variations deviennent plus importantes jusqu'à la fin du suivi, tout comme celles de la température moyenne journalière. Ces événements pourraient être liés à des changements de secteurs que des travaux en cours à l'IFREMER (développement de modèles sur les caractéristiques hydrologiques des petits fonds de la partie centrale du Golfe de Gascogne) permettront peut-être de caractériser.

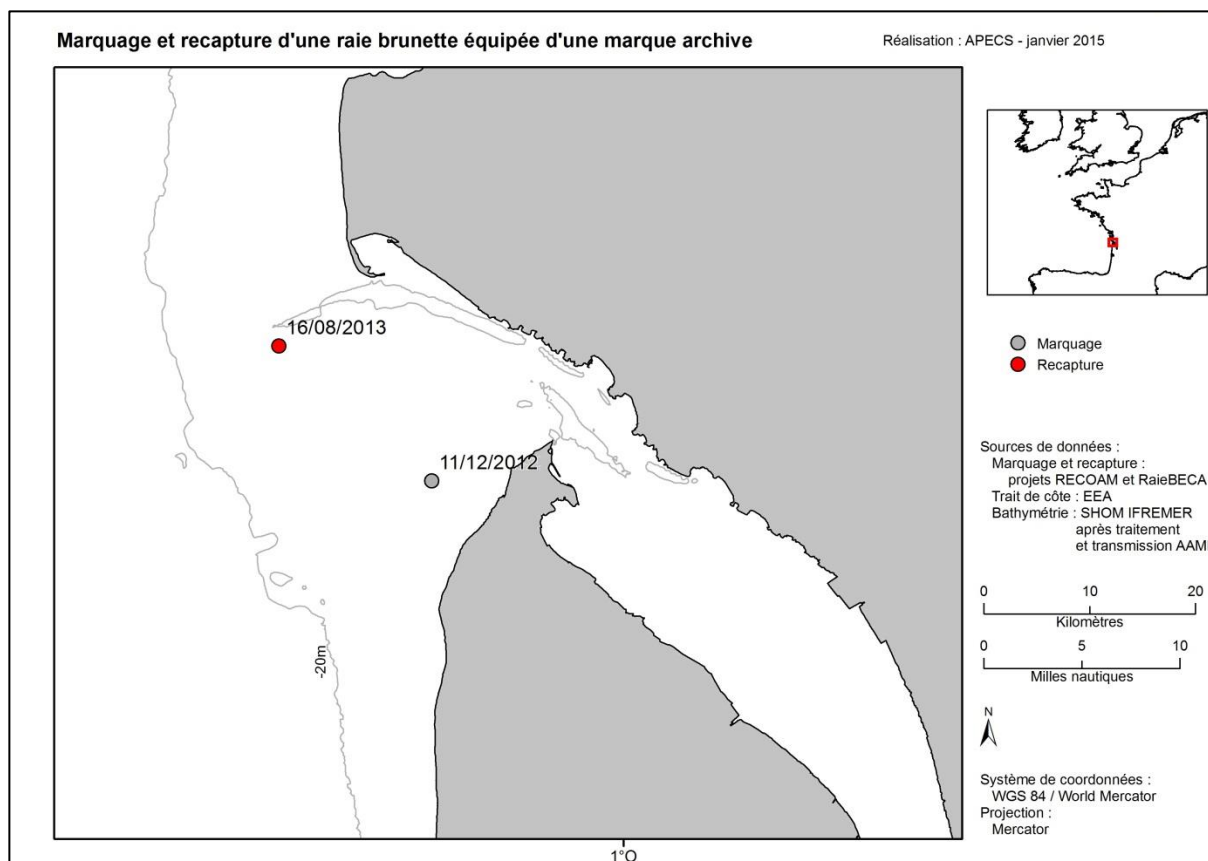


Figure 36 : Positions de marquage et de recapture d'une raie brunette équipée d'une marque archive

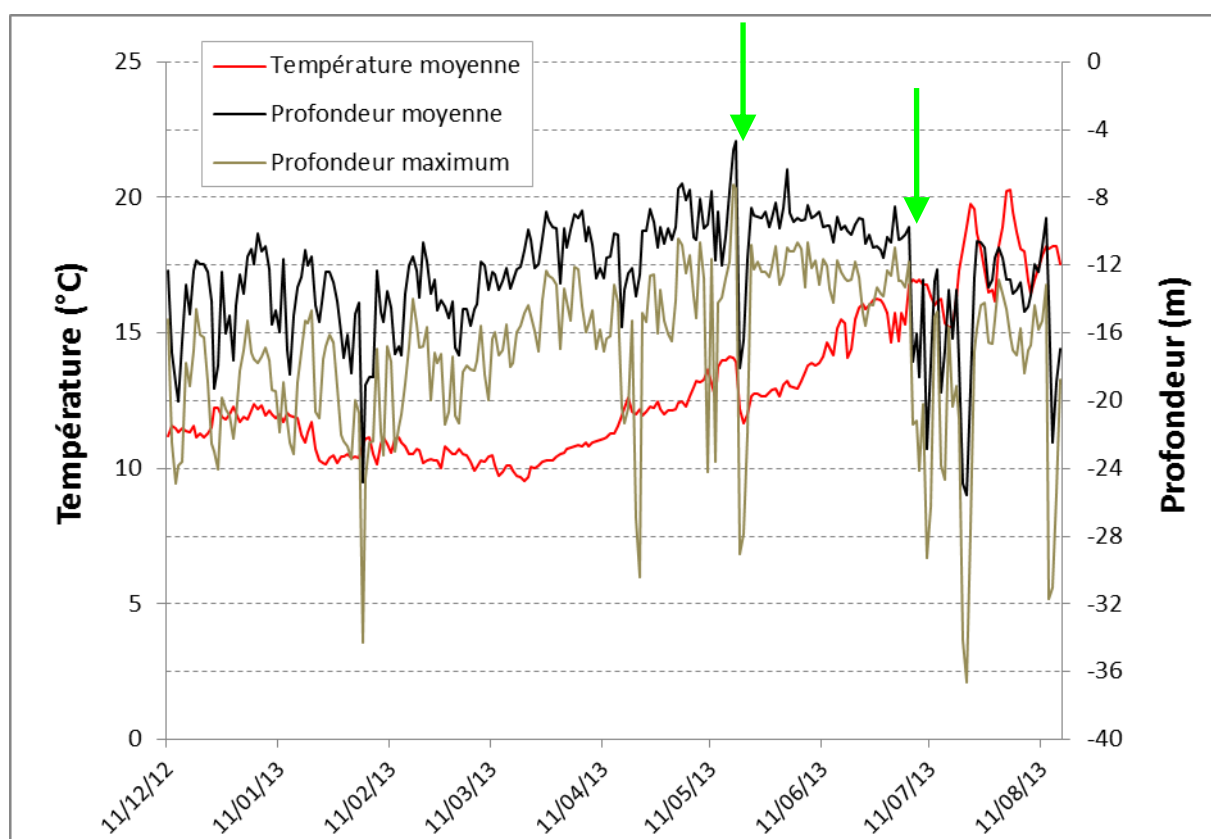


Figure 37 : Evolutions de la température moyenne journalière, de la profondeur moyenne journalière et de la profondeur maximum journalière enregistrées par une marque archive posée sur une raie brunette

c. Structure de la population

Faute de moyens financiers suffisants et en raison des dates de réalisation de certains prélèvements, la totalité des échantillons présentés dans les tableaux 3 et 4 n'a pu être intégrée à l'étude. C'est donc une étude préliminaire de génétique des populations qui a été réalisée en partenariat avec le laboratoire BioGeMME de l'Université de Bretagne Occidentale.

Un certain nombre de raies, toutes considérées comme immatures (longueur totale inférieure ou égale à 77cm), a été intégré à cette étude préliminaire visant à estimer la diversité génétique au sein de l'échantillon et à s'intéresser aux éventuelles différences entre les secteurs géographiques, d'abord à grande échelle (différence Manche - golfe de Gascogne), puis de manière plus précise entre plusieurs sites de prélèvements. L'étude était prévue initialement pour porter uniquement sur l'ADN mitochondrial, mais celui-ci s'est révélé très peu polymorphe. Plusieurs marqueurs nucléaires ont donc aussi été analysés.

Des biopsies de 148 raies brunettes ont été utilisées (Tableau 12). Les prélèvements sont originaires de 3 sites des côtes de la Manche (Haute-Normandie, Cotentin et Baie de Saint-Brieuc) et de 3 sites des côtes Atlantiques (Finistère sud, Pertuis charentais et Arcachon). Cinq prélèvements provenant du Maroc (côte Atlantique) et un prélèvement venant d'Irlande ont également été intégrés à l'étude.

Toutes les techniques d'analyse de l'ADN non spécifiées ici sont décrites dans Alfonsi *et al.* (2012, 2013).

Tableau 12 : Description des individus analysés. Sites d'échantillonnage et sex-ratio

Site (période de prélèvement)	Total	Mâle	Femelle	sex ratio (M/F)
Arcachon (2012-2014)	24	9	15	0,6
Pertuis Charentais (printemps 2012)	31	17	14	1,2
Baie de St Brieuc (été 2013)	31	17	14	1,2
Ouest Cotentin (printemps 2013)	31	18	13	1,4
Finistère sud (2009-2013)	22	-	-	-
Haute Normandie (automne 2013)	9	4	5	0,8
Maroc (2012)	5	-	-	-
Irlande	1	-	-	-

L'extraction de l'ADN génomique des 148 échantillons a été réalisée avec succès à l'aide du kit « DNeasy Blood and Tissue kit » (Qiagen) selon le protocole du fabricant. La qualité et la quantité de l'ADN extrait ont été estimées par électrophorèse sur gel d'agarose et coloration au bromure d'éthidium ainsi que par spectrométrie UV (nanodrop 1000, Thermo Scientific). Les concentrations d'ADN obtenues allaient de 1,84 à 312,8 ng/μL pour une moyenne de 89,7 ng/μL, montrant des rendements moyens d'extraction corrects. Sur gels d'électrophorèse, tous les extraits montraient un signal de haut poids moléculaire (> plusieurs dizaines de milliers de pb).

1. Analyse du polymorphisme de la région de contrôle mitochondriale

Une étude exploratoire du polymorphisme de la région de contrôle de l'ADN mitochondrial a été conduite sur 25 échantillons, 19 tirés aléatoirement au sein des sites français plus les 5 échantillons du Maroc et celui d'Irlande.

Amplification et séquençage

Huit couples d'amorces d'amplification, utilisées dans des études portant sur d'autres espèces de la famille des Rajidae (Valsecchi *et al.* 2005, Griffiths *et al.* 2010), ont été testés afin d'optimiser les conditions de la réaction d'amplification (PCR) (Tableau 13). Les conditions réactionnelles utilisées sont dérivées de celles décrites par les différents auteurs.

Tableau 13 : Description des amorces pour l'amplification de la région de contrôle mitochondriale (MCR). Les valeurs de début et de fin sont données en référence au génome mitochondrial complet de *Raja porosa* (référence Genbank AY525783)

Nom	Référence	sens	amorce (5'>3')	espèces cibles	Début	Fin
RayDloopFor	Griffiths et al. 2010	f	CATTAATCGACTRTCAACTATTTCAAT	Rajidae (family)	15777	15803
Ray12s	Griffiths et al. 2010	r	TACTGAGGCTAGGACCAAAC	Rajidae (family)	76	95
RajinaeP7r	Valsecchi et al. 2005	r	AAACTGGGAGGGCTGGAAATCTTGA	Rajinae (sub-family)	16371	16395
DLRajaR	Valsecchi et al. 2005	r	CCATACACACATGTGTAATGAAATAGTTG	Raja (genus)	15977	16005
EIDloopR	Valsecchi et al. 2005	r	GTATATTAAGGGGGAGGGGGGT	elasmobranches	16850	16871
EIDloopF	Valsecchi et al. 2005	f	TCCCAAAGCCAAGATTCTGC	elasmobranches	15628	15647

La Figure 38 présente les résultats d'amplification sur un individu (RuArc7). Les couples d'amorces RayDloopFor/Ray12S, RayDloopFor/RajinaeP7r et RayDloopFor/DLRajaR présentent une amplification de taille attendue. Les autres couples d'amorces présentent tous des co-amplifications.

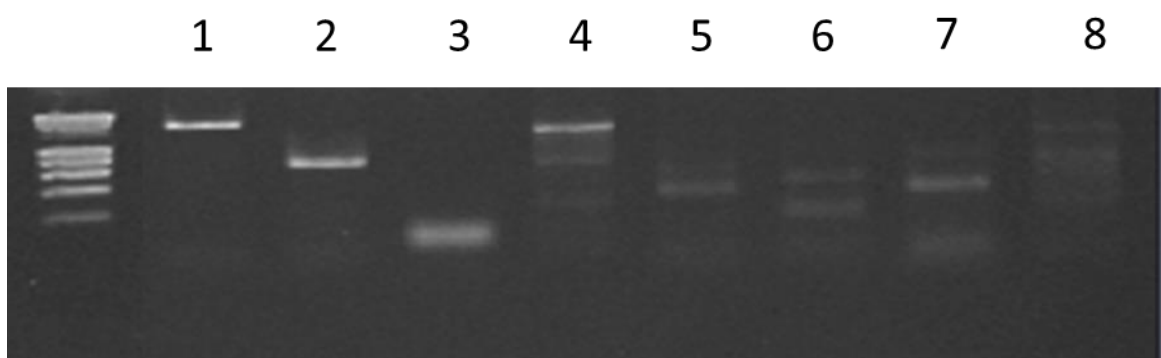


Figure 38 : Electrophorèse sur gel représentant les différents couples d'amorces mitochondriales testés. (1) RayDloopFor/Ray12S, (2) RayDloopFor/RajinaeP7r, (3) RayDloopFor/DLRajaR, (4) RayDloopFor/EIDloopR, (5) EIDloopF/Ray12S, (6) EIDloopF/RajinaeP7r, (7) EIDloopF/DLRajaR, (8) EIDloopF/EIDloopR

L'amplification de la partie centrale (entre les positions 16020 et 16812 de la séquence de référence, tableau 14) de la région de contrôle de l'ADN mitochondrial a donc été réalisée sur les 25 individus choisis en présence du couple d'amorces RayDloopFor/Ray12S.

Les produits PCR ont été purifiés avec le kit « MiniElute PCR purification » (Qiagen) selon le protocole du fournisseur. Le séquençage a été réalisé par un prestataire (GATC, Allemagne), en présence de l'une des amorces RayDloopFor ou Ray12s.

Traitement des séquences

Les chromatogrammes ont été analysés et édités à l'aide du logiciel SequenceScanner (AppliedBiosystems), puis les séquences ont été alignées grâce à l'algorithme CLUSTAL W (Thompson *et al.* 1994) en utilisant le logiciel BioEdit (Hall 1999).

Statistiques descriptives et arbres phylogénétiques

Le nombre de sites polymorphes (S), le nombre d'haplotypes (h), la diversité haplotypique (Hd) et la diversité nucléotidique (π) ont été déterminés grâce au logiciel DnaSP 5.10 (Librado et Rozas 2009) et sont présentés dans le Tableau 14.

Tableau 14 : Données du polymorphisme génétique pour le marqueur MCR

	Total	France	Maroc
Number of sequences	25	19	5
Sequences lenght	729	729	729
Haplotype	4	1	3
Polymorphic sites	4	0	4
Haplotypic diversity	0,367	0	0,7
Nucleotidic diversity	0,00115	0	0,00165

À partir du fichier d'alignement de séquences, des arbres phylogénétiques ont été déterminés par différentes méthodes (parcimonie, distances génétiques, maximum de vraisemblance ou analyse bayésienne) à l'aide de la plateforme "Phylogenie.fr" (Dereeper *et al.* 2008). Les différentes méthodes utilisées pour la réalisation des arbres phylogénétiques ont donné des résultats similaires à celui présenté (Figure 39).

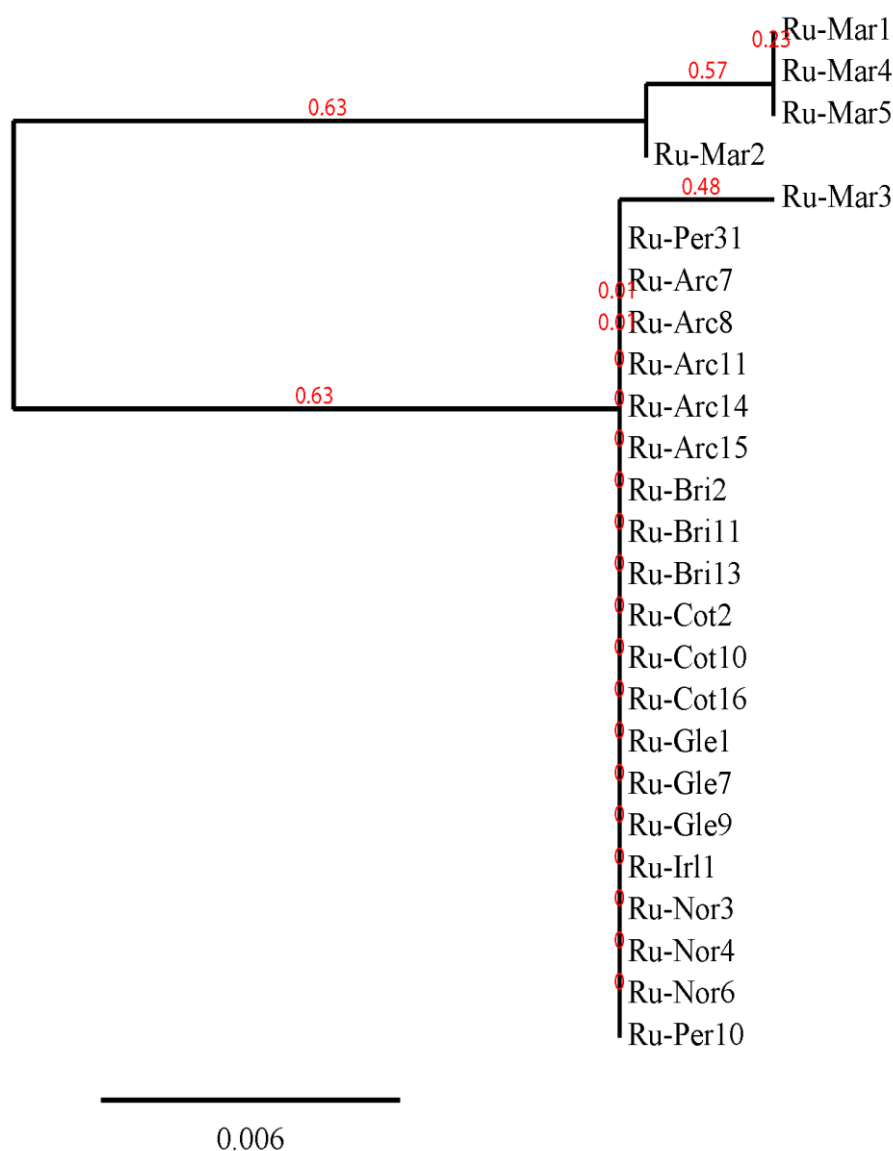


Figure 39 : Arbre phylogénétique calculé par maximum de vraisemblance utilisant la région de contrôle de l'ADN mitochondrial. La robustesse des nœuds a été testée par un test de maximum de vraisemblance (valeurs en rouge).

Seulement quatre sites polymorphes ont été déterminés, permettant de définir quatre haplotypes. Trois de ces haplotypes sont exclusifs aux individus du Maroc. Tous les individus provenant des côtes françaises et celui d'Irlande présentent le même haplotype. Les individus issus des régions les plus nordiques (France et Irlande) et les individus marocains ne partagent donc aucun haplotype et la différenciation génétique des raies brunettes occupant ces deux zones géographiques apparaît très clairement au niveau de l'arbre phylogénétique.

L'hypothèse d'une installation chronologique différentielle de *Raja undulata* entre l'Afrique du nord (Maroc) et l'Europe de l'ouest (France et Îles britanniques) pourrait expliquer ces résultats. L'expansion de l'espèce le long des côtes atlantiques, en Manche et en Mer Celtique (limite nord de l'aire de répartition) serait plus récente que son expansion le long des côtes atlantiques du Maroc.

L'absence de polymorphisme entre les individus français testés pour ce marqueur mitochondrial nous a conduit à étudier des marqueurs nucléaires pour essayer de mieux caractériser la structure de la population à l'échelle des eaux françaises.

2. Analyse du polymorphisme de marqueurs microsatellites

Des loci contenant des microsatellites potentiellement polymorphes ont été définis pour différentes espèces de raies par différents auteurs lors d'études précédentes, et les données nécessaires à leur analyse sont accessibles librement. Nous avons testé les conditions d'amplification et le polymorphisme de 8 loci microsatellites décrits pour la raie bouclée (*Raja clavata*) (Chevolot *et al.* 2005, El Nagar *et al.* 2010) pour 7 individus tirés aléatoirement au sein de notre échantillonnage. Les séquences des amorces et les conditions de réactions sont présentées dans le Tableau 15. La qualité des profils, la taille des fragments et les différents allèles ont été déterminés à l'aide du logiciel GeneMarker (SoftGenetics).

Tableau 15 : Description des amorces et des conditions spécifiques pour les différents loci microsatellites

Locus	Références		Amorce	Motif répété	Intervalle de taille	T° H	Nombre de cycles	[Amorce] (μM)	[MgCl ₂] (mM)
Rc-B3	Chevolot 2005	F R	CTGGCTGGAGTTTTGAAGG CACCAACCTACCATTTGATGA	(GA)17T(GA)	213-233	58	5 + 32	0.4	1.5
Rc-B4	Références	F - Fam R	CACAGATTACTCAGGGCAACA TGGTATCAGCCACTTGGACA	(GA)15(GGA)5(GA)21	151-228	55	5 + 32	0.15	2
Rc-E9	Chevolot 2005	F - Hex R	TGCCAAGTACTGCAGGTGTC TGAAGGCAGAGACATGATGC	(GA)14(GGGA)2	256-301	60	35	0.5	2
Rc-B6	Chevolot 2005	F R	CCATGATGCATTGAATCGAA GGCTTTCTTCACTGCCTGCT	(GA)17(GGGA)2GGGG	170-291	52	5 + 32	0.5	2
Rc-G2	Chevolot 2005	F - DragonFly R	GCTACAAGCATGAGCCGATT CAAAGCCTATGTGGTTTGATTG	(CT)16GTG(CT)3	170-192	60	5 + 32	0.6	3
LERI26	El Nagar 2010	F - Hex R	GGAGCAGCAGTGAGGACAAT CTCCTACCGTCATGCCTCAT	(GA)12	123-137	53	30	0.5	2.5
LERI27	El Nagar 2010	F - Fam R	AACTGGGCAACTGACCAACA AACGTTCTGGGTGCTGTAC	(CT)15	206-218	60	35	0.5	2.5
LERI34	El Nagar 2010	F - DragonFly R	CTTGCAATCTTTTGCCGAGT GTTTCATCGGCTCTTGATGT	(GT)11	273-277	53	30	0.5	2.5

Cinq de ces huit loci (LERI 27 et LERI34, RcB4, RcE9 et RcG2) présentant un amplicon de taille attendue ont été retenus (Figure 40). Bien que différentes conditions de concentrations d'amorces et MgCl₂ ainsi que différentes températures d'hybridation (58°C, 60°C, 62°C) aient été testées, les loci RcB3 et RcB6 présentaient de nombreuses co-amplifications (Figure 40). Le loci LERI 26 présentait après génotypage un fragment de taille constante de 128 pb pour les 7 individus testés et a donc été considéré comme non polymorphe.

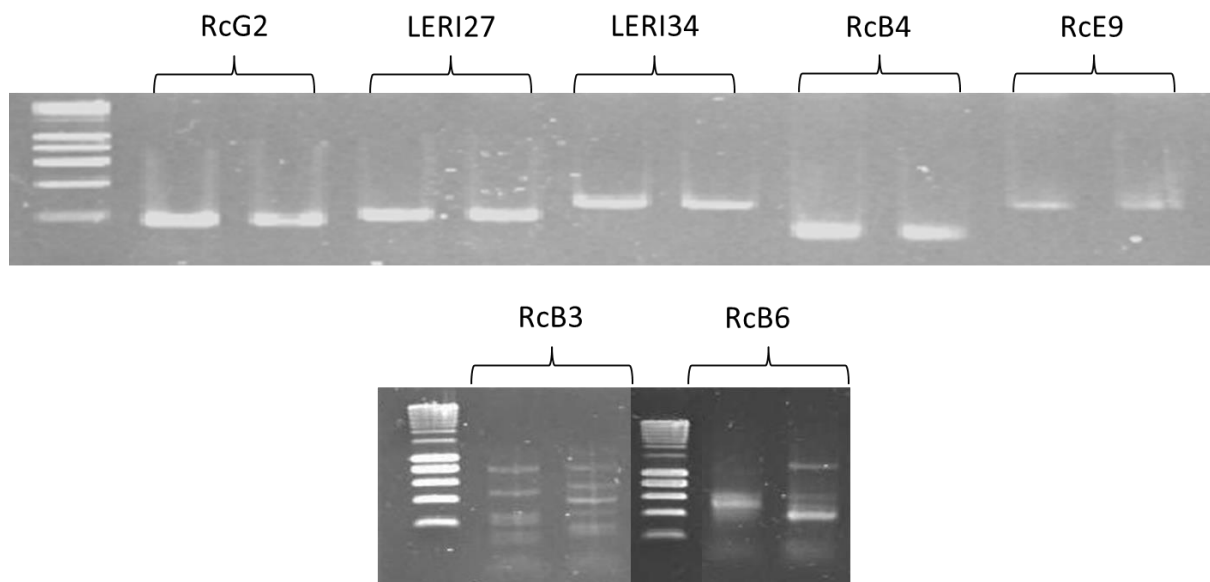


Figure 40 : Electrophorèse sur gel représentant les amplicons obtenus en présence des différents couples d'amorces microsatellites testés pour deux individus (RuArc 16 et RuArc 24)

Selon Hale *et al.* (2012) et Chevolot *et al.* (2006), pour des études de structure génétique basées sur les microsatellites, des groupes de 25 à 30 individus sont nécessaires pour des estimations de fréquences alléliques significatives. Seules 4 unités d'échantillonnage ont donc été conservées pour l'analyse : Arcachon (N=24), Pertuis charentais (N=31), Baie de Saint-Brieuc (N=31) et Ouest Cotentin (N=31).

Le Tableau 16 présente le taux de réussite pour chaque locus, c'est-à-dire le pourcentage d'individus pour lesquels les profils microsatellites étaient exploitables. LERI27, LERI34, RcB4 et RcG2 montrent de 94 à 99% de réussite, alors que RcE9 montre seulement 72% de réussite.

La probabilité de l'existence d'allèles nuls a été estimée grâce au logiciel FreeNA (Chapuis and Estoup 2007). Les allèles nuls peuvent être des allèles non ou peu amplifiés lors de la PCR, par exemple à cause de mutations au niveau des zones flanquantes du microsatellite où s'hybrident les amorces (Chapuis and Estoup 2007). Seul le locus RcE9 présentait une probabilité importante de présence d'allèles nuls (Tableau 17).

En fonction de ce résultat, toutes les estimations suivantes ont été réalisées avec ou sans le locus RcE9.

Tableau 16 : Taux de réussite (en %) pour chaque locus

Locus	LERI 27	LERI 34	Rc B4	Rc E9	Rc G2
Taux de réussite	97	94	99	72	97
Nombre d'allèles	4	3	8	7	4

Tableau 17 : Probabilité de présence d'allèles nuls pour chaque locus (FreeNA)

Locus	Estimation de la fréquence d'allèles nuls	
LERI 27	0,04155	negligeable
LERI 34	0,00011	negligeable
RcB4	0,0373	negligeable
RcE9	0,23621	élevé
RcG2	0,01721	negligeable

Diversité génétique et statistiques descriptives

Le nombre d'allèles par locus (A) et la richesse allélique (RA) ont été calculés grâce au logiciel FSTATS v2.9.3 (Goudet 2002). Le calcul de richesse allélique représente le nombre d'allèle par locus pondéré par le plus petit échantillon analysé. Les taux d'hétérozygotie observée (Ho) et attendue (He) ont été calculés à l'aide du logiciel GENETIX (Belkhir *et al.* 2004). L'indice de l'écart à l'équilibre de Hardy-Weinberg F_{IS} , calculé selon Weir et Cockerham (1984) avec la correction de Bonferroni, a été calculé avec le logiciel FSTATS. Les résultats sont présentés dans le Tableau 18.

La richesse allélique (RA) va de 2,1 (pour LER127) à 6,1 (pour RcB4). L'hétérozygotie observée par locus va de 0,137 (RcE9) à 0,748 (RcB4) et l'hétérozygotie attendue par locus de 0,176 (LER127) à 0,789 (RcB4). En excluant le locus RcE9, aucun écart à l'équilibre d'Hardy-Weinberg n'a été détecté ni par locus, ni au niveau global (F_{IS} non significatifs après correction de Bonferroni) (Tableau 18).

Tableau 18 : Données du polymorphisme génétique des microsatellites. Détail par locus et par site pour les 117 individus. RA = richesse allélique, He = hétérozygotie attendue, Ho = hétérozygotie observée et F_{IS} (Weir & Cockerham, 1984). Les p-value significatives (après correction de Bonferroni) sont montrées en caractères gras.

Locus	Sites	Arcachon	Pertuis	St Brieuc	Cotentin	Moyenne/locus
LER127	RA	1.5	3.1	1.9	2.0	2.1
	He	0.043	0.258	0.158	0.245	0.176
	Ho	0.044	0.143	0.172	0.286	0.161
	F_{IS}	0.000	0.460	-0.077	-0.149	0.059
LERI 34	RA	2.9	2.9	2.1	2.8	2.7
	He	0.434	0.360	0.130	0.283	0.302
	Ho	0.478	0.348	0.138	0.286	0.312
	F_{IS}	-0.080	0.056	-0.042	0.007	-0.015
RcB4	RA	4.9	6.3	6.6	6.5	6.1
	He	0.723	0.823	0.781	0.827	0.789
	Ho	0.739	0.793	0.607	0.852	0.748
	F_{IS}	0.000	0.054	0.239	-0.110	0.046
RcE9	RA	4.0	3.7	2.4	3.3	3.4
	He	0.641	0.571	0.302	0.427	0.485
	Ho	0.091	0.200	0.120	0.136	0.137
	F_{IS}	0.870	0.664	0.615	0.693	0.711
RcG2	RA	1.9	3.2	2.7	2.6	2.6
	He	0.122	0.376	0.226	0.271	0.249
	Ho	0.130	0.458	0.250	0.172	0.253
	F_{IS}	-0.048	-0.199	-0.086	0.378	0.011
RA moyenne		3.0	3.8	3.2	3.4	
He moyenne		0.392	0.478	0.319	0.410	
Ho moyenne		0.296	0.388	0.257	0.346	
F_{IS} multilocus		0.277	0.207	0.211	0.175	
F_{IS} multilocus (sans RcE9)		-0.031	0.060	0.116	0.036	

Différenciation génétique entre secteurs géographiques

Divers indices existent afin de quantifier les divergences génétiques à partir des données de fréquences alléliques. Nous avons utilisé l'indice de fixation F_{ST} de Wright calculé selon la méthode de Weir et Cockerham (1984) avec le logiciel FSTATS. Cet indice est un indicateur de divergence génétique entre groupes. La divergence est considérée comme faible pour une valeur comprise entre 0 et 0,05, modérée entre 0,05 et 0,15 et importante entre 0,15 et 0,25. Au-delà de 0,25, la divergence est très importante.

Nous avons calculé cet indice sans prendre en compte le locus RcE9, pour des groupes définis *a priori* en fonction de la zone géographique (Atlantique ou Manche) et du sexe des individus, puis pour comparer deux à deux les sites d'échantillonnage.

Aucune différenciation génétique claire n'a été détectée entre les individus de l'Atlantique et les individus de Manche, tous sites confondus (Tableau 19). Par contre, une différence faible mais significative a été mise en évidence entre les femelles de l'Atlantique et celles de Manche, alors qu'aucune différence n'est observée entre les mâles de l'Atlantique et les mâles de Manche (Tableau 19).

Tableau 19 : Différenciation génétique estimée par l'indice F_{ST} calculé selon Weir & Cockerham (1984) entre groupes définis à priori. Les valeurs de F_{ST} et les p-value (après 10000 permutations) sont présentées. Seules les valeurs de F_{ST} ayant une p-value inférieure à 0,05 sont considérées comme significatives.

Groupes	F_{ST}	p value
Atlantique (N=51) / Manche (N=57)	0,007	0,1069
F-Atl (N=27)/ F-Manche (N=26)	0,022*	0,0248
M-Atl (N=24) / M-Manche (N=31)	-0,003	0,2967

Comparaison des sites deux à deux

Le site d'Arcachon présente des différences significatives (p-value de 0,006 à 0,02) avec les 3 autres sites d'échantillonnage. Le site des Pertuis charentais présente une différence significative seulement avec le site d'Arcachon (F_{ST} 0,018 ; p-value 0,02). Les sites de St-Brieuc et du Cotentin présentent des différences significatives avec le site d'Arcachon et une différence significative entre eux (F_{ST} 0,019 ; p-value 0,007) (Tableau 20). Bien que significatives, les différences mises en évidence correspondent à des valeurs de F_{ST} relativement peu élevées dans tous les cas.

En première analyse, il apparaît que ces différences puissent être corrélées avec la distance géographique entre les sites de prélèvement (Figure 41). Plus la distance géographique augmente, plus la distance génétique semble importante. Cette corrélation apparaît assez nettement entre Arcachon et les autres sites.

Tableau 20 : Différenciation génétique entre les sites d'échantillonnage. Les valeurs de F_{ST} et les p-value (après 10 000 permutations) sont présentées.

$F_{ST} \setminus pvalue$	Arcachon	Pertuis	St Brieuc	Cotentin
Arcachon	-	0,0252	0,0061	0,0006
Pertuis	0,018*	-	0,0575	0,6579
St Brieuc	0,034**	0,015	-	0,0072
Cotentin	0,035***	-0,009	0,019**	-

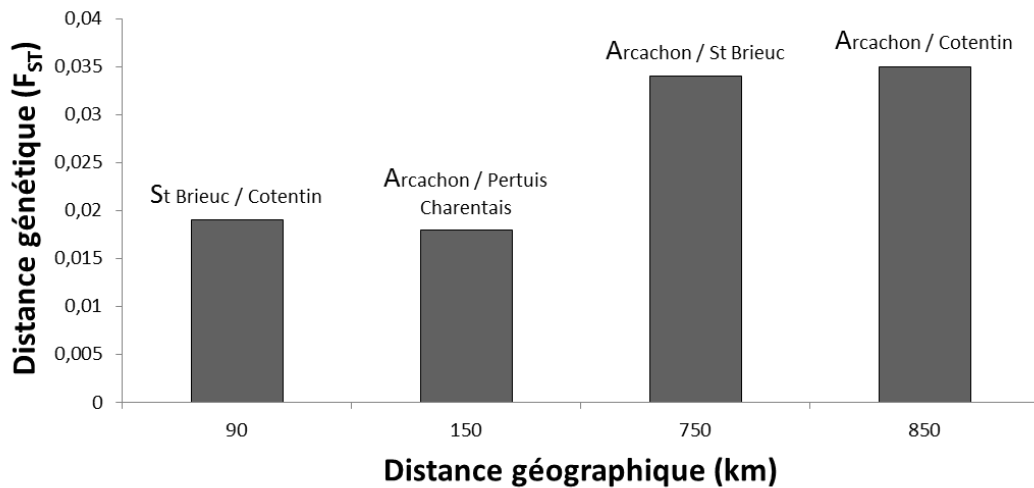


Figure 41 : Distances génétiques et géographiques par paires de sites d'échantillonnage.

Recherche de groupes génétiques non-attendus au sein de notre échantillonnage par analyse Bayésienne

La présence potentielle de groupes génétiques au sein de l'échantillonnage a également été testée à l'aide d'une approche sans *a priori*, par analyse bayésienne réalisée à l'aide du logiciel STRUCTURE (Pritchard *et al.* 2000). Cette approche permet d'assigner les individus d'un échantillonnage à des groupes génétiques (cluster) dont le nombre est fixé pour chaque analyse, en fonction de leur génotype et sur la base de l'équilibre d'Hardy-Weinberg.

La sortie graphique du logiciel (Figure 42) ne met aucune structure génétique en évidence, quel que soit le nombre de groupes testé (de 2 à 5). Sur cette représentation, les individus sont présentés en abscisse et leur probabilité d'appartenir à un des groupes est présentée en ordonnée. Ce résultat est cohérent avec le calcul d'un *Fis* non significatif pour notre population.

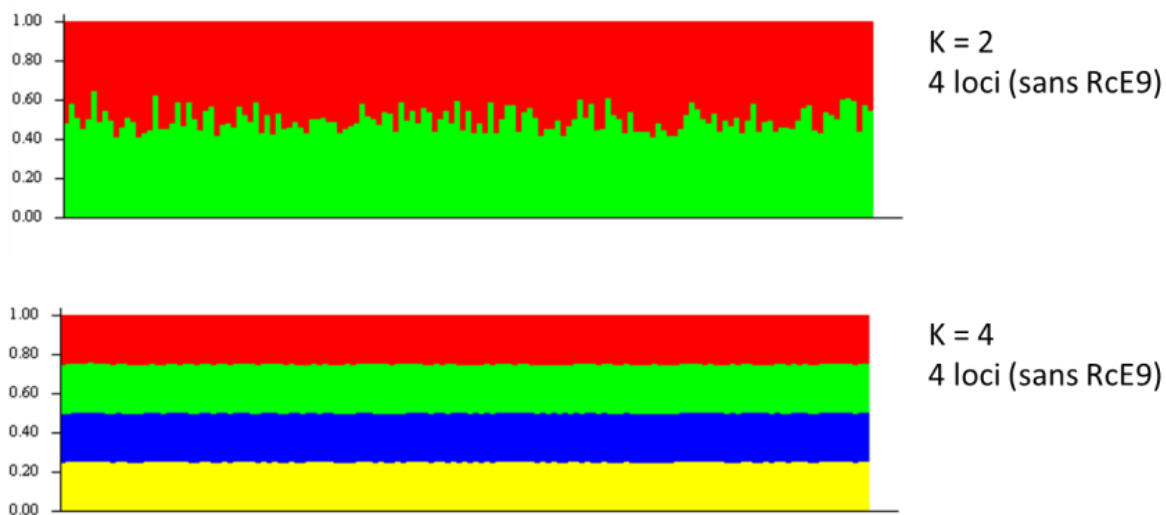


Figure 42 : Représentation graphique de résultats d'analyses réalisées à l'aide du logiciel STRUCTURE pour 2 et 4 clusters (*K*) avec les 117 individus analysés.

Les marqueurs nucléaires s'avèrent donc plus polymorphes que la région de contrôle de l'ADN mitochondriale. Ils nous renseignent à différents niveaux (tout en gardant à l'esprit que pour l'instant seul 4 loci ont été étudiés). Tout d'abord, des divergences génétiques ont été détectées entre certains des sites étudiés. Ces différences suggèrent peut être un phénomène d'isolement par la distance. Le bassin d'Arcachon pourrait représenter à ce titre un site particulier. Les opérations de marquage-recapture présentées dans la partie 4.b.2

ayant mis en évidence des déplacements limités peuvent également laisser penser à un certain isolement des sites. Cette hypothèse est aussi renforcée par les résultats des marquages réalisés dans le cadre du projet RaieBECA sur trois autres secteurs géographiques, la moitié sud des côtes de Gironde en particulier l'entrée du bassin d'Arcachon, l'Aquitaine et les Pays de la Loire. Pour ces secteurs, les recaptures se cantonnent aussi plutôt aux secteurs de marquage (Figure 43 et Figure 44, résultats non représentés pour les Pays de la Loire car seulement 3 recaptures).

Mais il semble néanmoins aussi exister un flux de gènes entre Atlantique et Manche, puisqu'aucune différence génétique marquée n'a été mise en évidence entre ces deux grandes zones géographiques. Ceci peut bien sur provenir d'un manque de puissance de notre analyse, préliminaire et basée sur seulement 4 marqueurs différents. Néanmoins, notre analyse aboutit aussi à suggérer une différence majeure entre mâles et femelles, puisque si aucune différence génétique n'est détectée entre les échantillonnages de mâles de l'Atlantique et de la Manche (tout comme pour l'échantillonnage global), les femelles elles semblent génétiquement différentes (F_{ST} faible mais significatif). Cette différence ne provient *a priori* pas d'un trop faible nombre d'individus échantillonnés. Une hypothèse pourrait dès lors être qu'un flux de gènes entre les sites, et entre les grandes zones géographiques soit assuré plutôt par les mâles. On ne peut donc exclure l'existence de déplacements plus importants que ceux mis en évidence pour l'instant par les marquages. La poursuite de l'enregistrement des recaptures est donc importante.

Les résultats de cette étude génétique sont à considérer comme préliminaires et demandent à être étoffés en ajoutant de nouveaux marqueurs ainsi que des échantillons provenant de nouveaux secteurs géographiques. En effet, même si la taille des échantillons apparaît satisfaisante pour pouvoir détecter les événements génétiques majeurs, le faible nombre de marqueurs utilisés réduit la puissance de l'analyse.

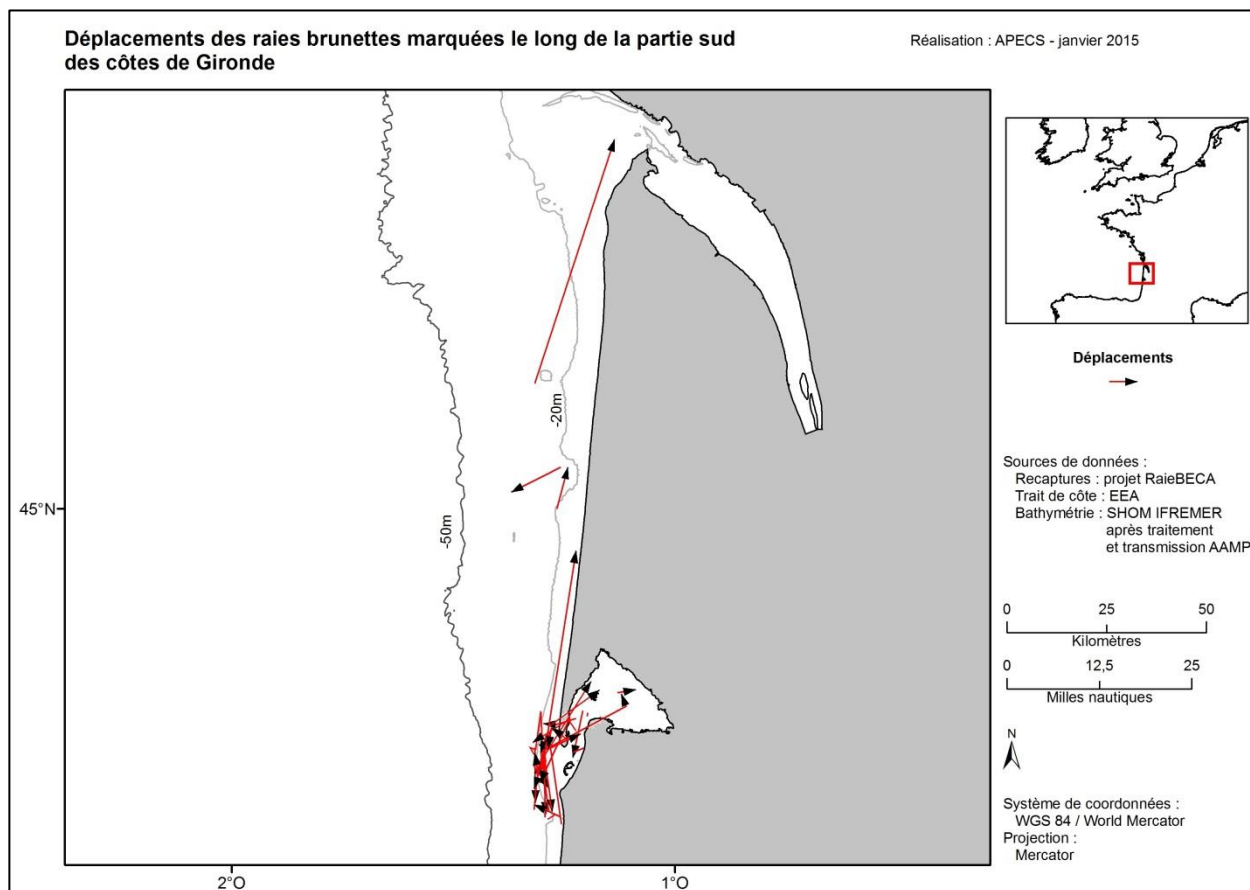


Figure 43 : Déplacements des raies brunettes marquées dans la partie sud de la Gironde (données RaieBECA)

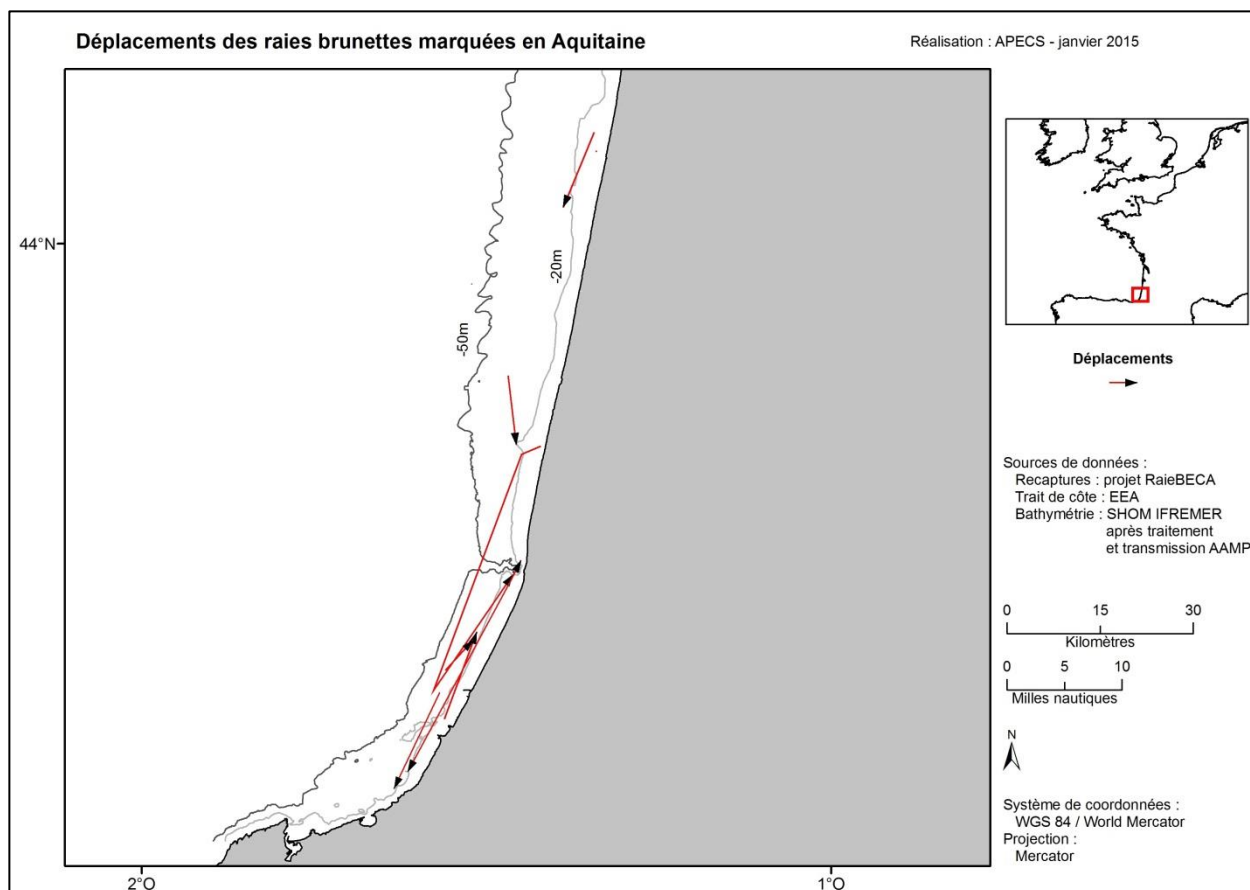


Figure 44 : Déplacements des raies brunettes marquées en Aquitaine (données RaieBECA)

d. Conclusions sur la raie brunette

Tous les résultats tendent à mettre en évidence des différences entre les raies brunettes d'Atlantique (secteur PCG) et celles de Manche ouest (secteur GNB). Les tailles à maturité sexuelle sont plus élevées en Atlantique, la morphologie est différente (raies plus larges en Manche), les déplacements semblent plus importants en Manche et des différences génétiques sont suspectées. Bien que significatives, ces différences sont faibles et ne suffisent pas à conclure de façon certaine à l'existence de populations séparées. Cependant, elles aident à supporter l'hypothèse de stocks séparés (Pawson and Ellis 2005), tout comme les données de marquage qui vont dans le sens d'un certain isolement géographique. Si des études complémentaires sont nécessaires, ces premiers résultats peuvent justifier des gestions distinctes entre l'Atlantique et la Manche.

Les tailles à maturité sexuelle estimées dans le cadre de ce projet sont du même ordre de grandeur que les résultats obtenus dans d'autres études (Moura *et al.* 2007, McCully *et al.* 2012) et sont particulièrement élevées. Elles sont nettement supérieures à celles obtenues pour des espèces de Rajidae atteignant des tailles maximales similaires, à savoir la raie bouclée (*Raja clavata*) et la raie mûlée (*Raja microocellata*). Pour la raie bouclée, la L_{50} varie, en fonction de différentes études récentes, de 58,8 cm à 67,9 cm pour les mâles et de 70,5 cm à 78,4 cm pour les femelles (Mc Cully *et al.* 2012). Pour la raie mûlée, les valeurs sont de 68,9 cm pour les mâles et 77,9 cm pour les femelles (Mc Cully *et al.* 2012).

Cette maturité particulièrement tardive est un élément à prendre en compte dans les réflexions sur les mesures de gestion à mettre en place pour une exploitation durable de cette espèce. Le fait que les déplacements semblent relativement réduits et que la raie brunette apparaisse comme une espèce présentant un fort degré de fidélité aux secteurs fréquentés devrait aussi être considéré.

5. Résultats pour les autres espèces de raies

Les autres espèces de raies concernées par le projet ont été beaucoup moins capturées dans la mesure où la majorité des opérations de pêche réalisées dans le cadre de RECOAM a ciblé des secteurs propices à la capture de raies brunettes. Au vu des captures constatées lors des premiers affrètements, il est en effet apparu nécessaire de se focaliser sur une espèce en particulier pour obtenir suffisamment de données et la raie brunette a été choisie compte tenu du contexte.

Seules deux espèces ont été capturées en Atlantique en plus de la raie brunette, la raie mûlée et la raie bouclée, avec respectivement 260 et 84 individus (Tableau 3). Ces captures ont été réalisées uniquement au nord et au sud de l'embouchure de la Gironde (Figure 46) et concernent des individus mesurant entre 40 et 94 cm pour la raie bouclée et entre 26 et 85 cm pour la raie mûlée.

En Manche, ces deux espèces ont également été capturées, 29 raies mûlées ($T_L = 51-85$ cm) et 144 raies bouclées ($T_L = 40-103$ cm), ainsi que 28 raies douces ($T_L = 20-86$ cm) et 615 raies lisses (Tableau 3, Figure 47, Figure 48). Une large gamme de taille (14-129 cm) de raies lisses a été capturée (Figure 45). Une dizaine de raies de moins de 19 cm, des juvéniles sortis des œufs depuis quelques semaines (Clark 1922), a été capturée au chalut en mai et juin. Des femelles avec des œufs ont été capturées de mars à août. Des individus immatures et des adultes matures des deux sexes ont également été capturés dans l'ensemble du secteur, notamment le long de la partie nord de la côte ouest Cotentin. Ces éléments laissent donc penser que le secteur GNB est important pour la totalité des phases du cycle de vie de la raie lisse.

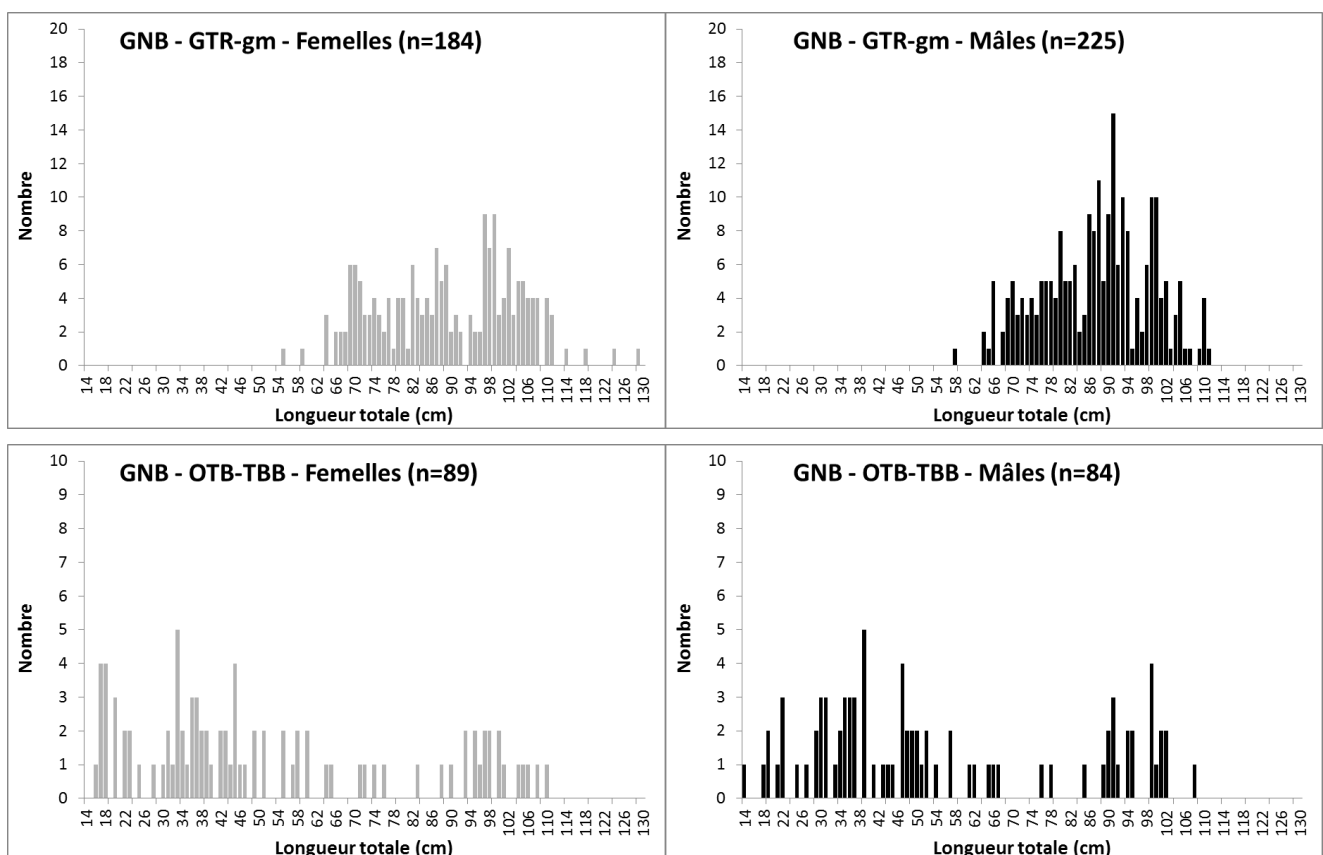


Figure 45 : Distribution en tailles des raies lisses capturées dans le secteur GNB par sexe et par engin de pêche. GTR-gm = filet trémail à grandes mailles (≥ 270 mm), OTB-TBB = chalut de fond à panneaux ou chalut à perche

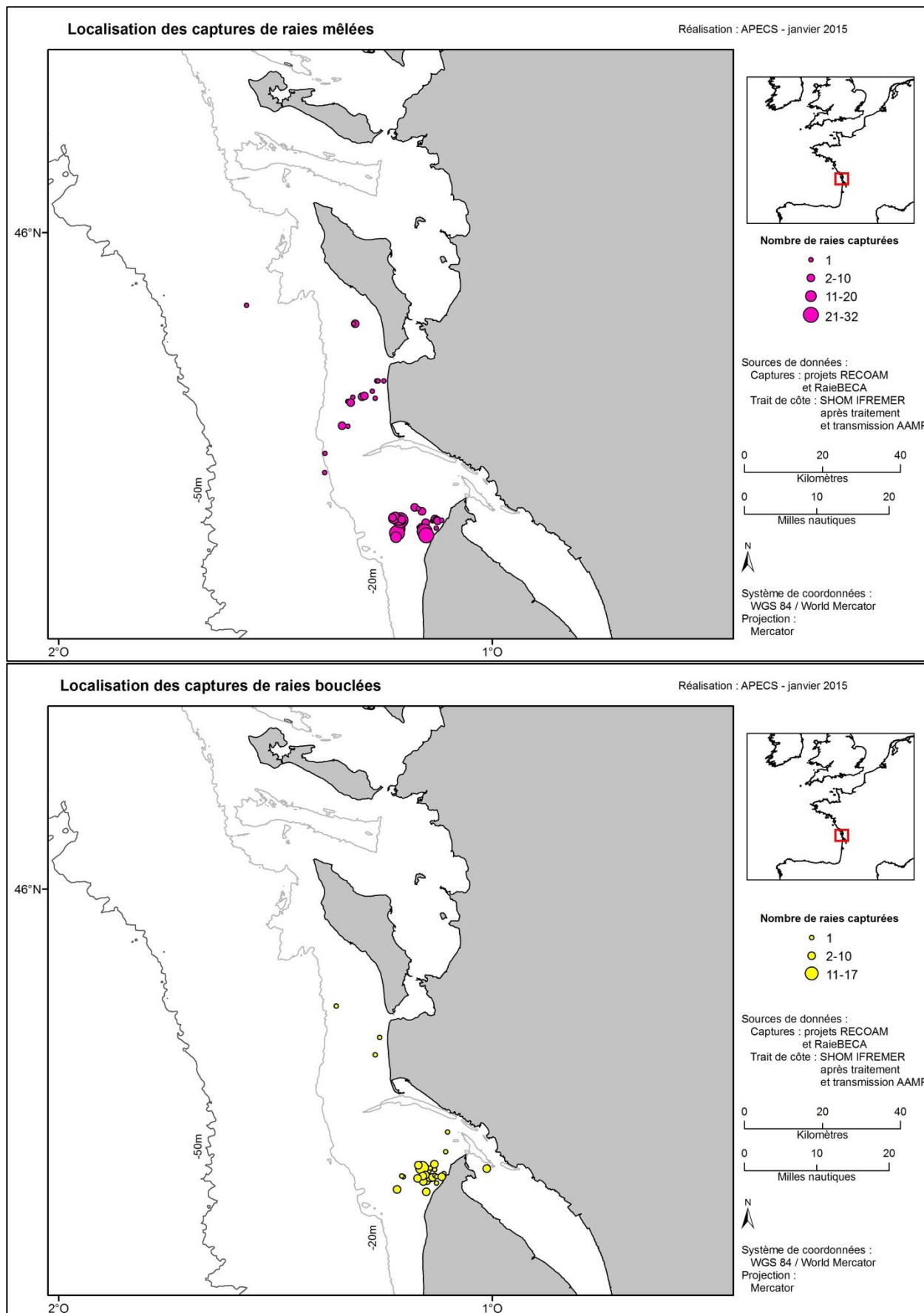


Figure 46 : Localisation des captures de raie mêlée et raie bouclée dans le secteur PCG (Atlantique)

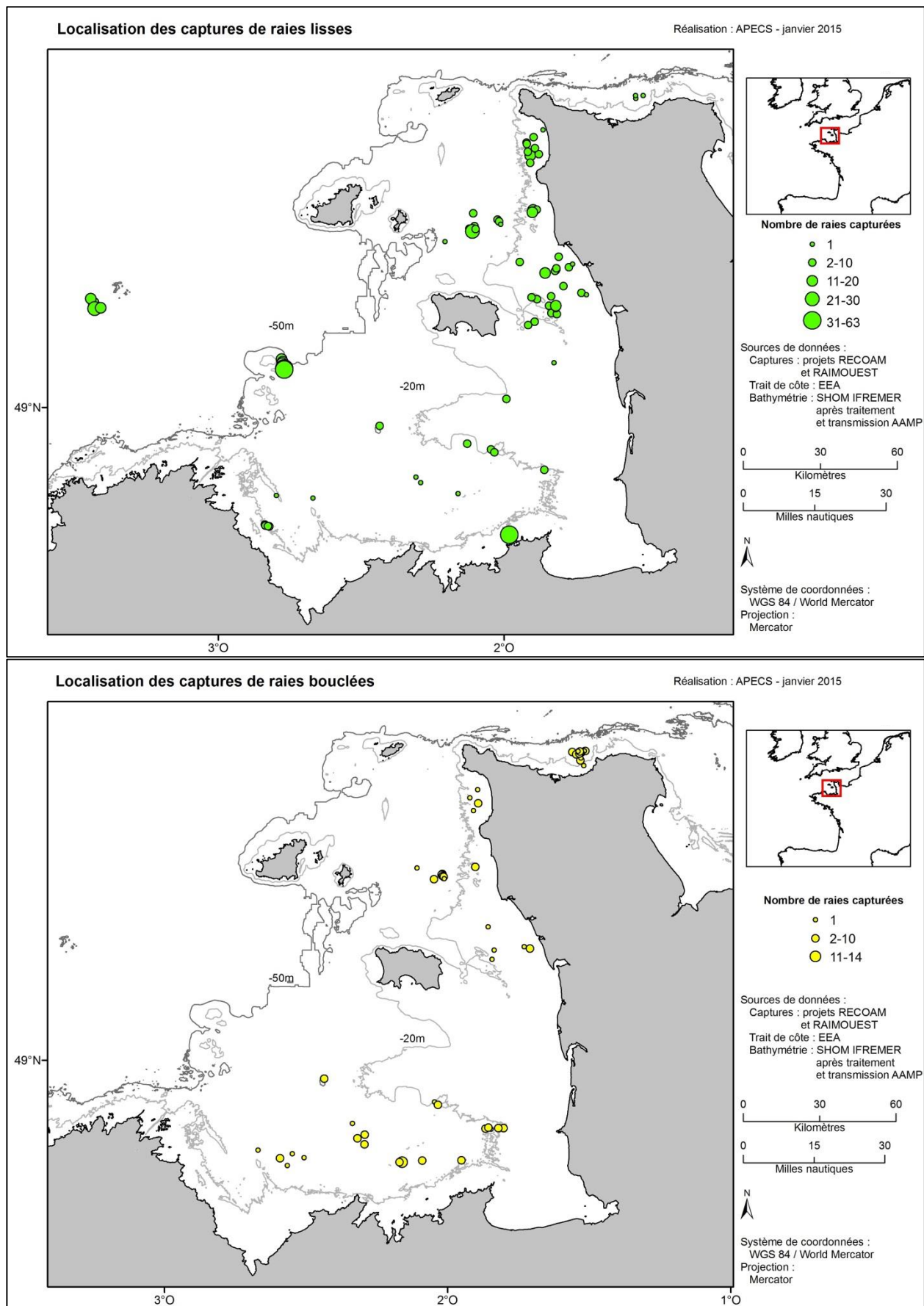


Figure 47 : Localisation des captures de raie lisse, raie bouclée dans le secteur GNB (Manche)

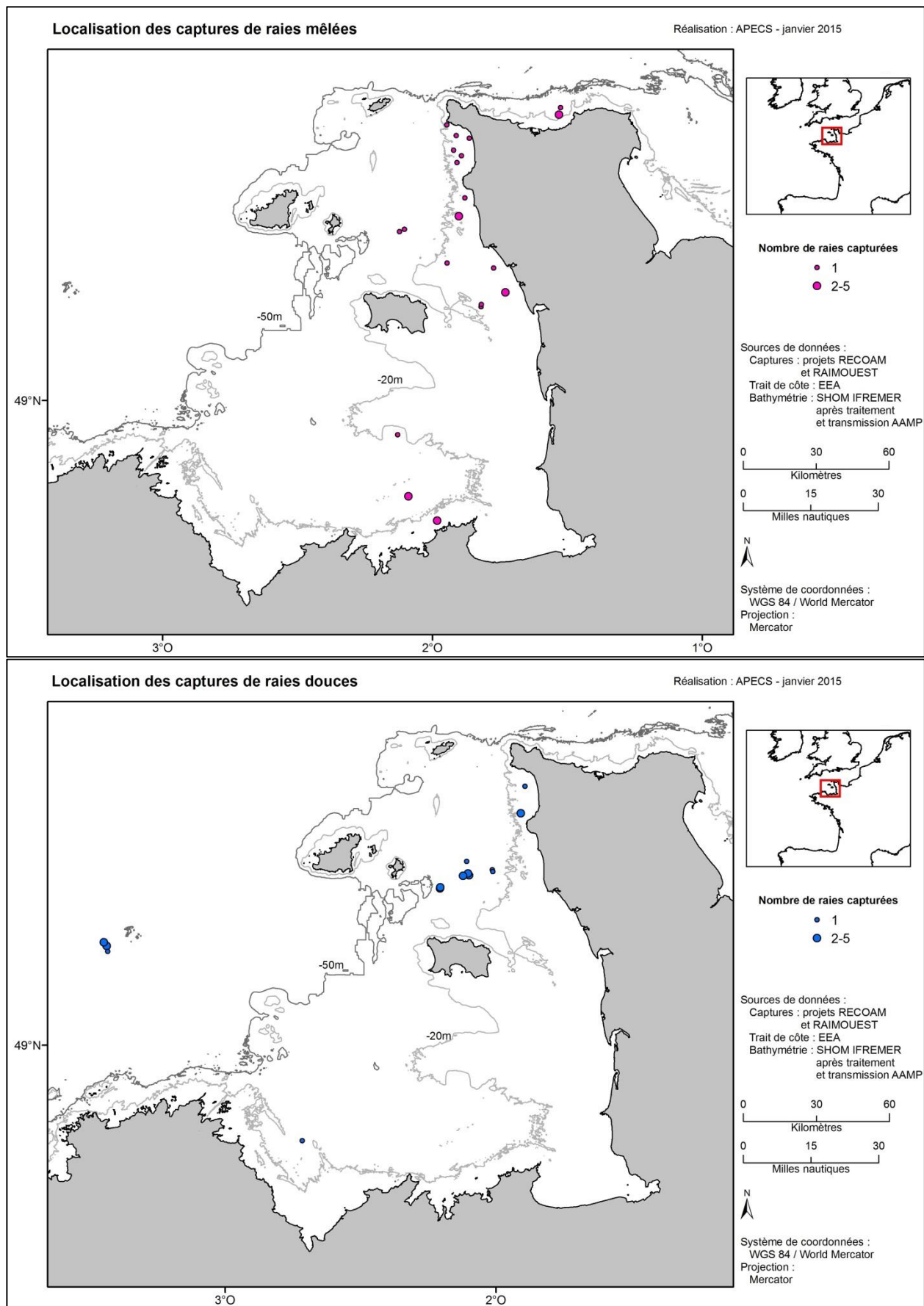


Figure 48 : Localisation des captures de raie mêlée et raie douce dans le secteur GNB (Manche)

a. Biologie et relations morphométriques

1. Taille à maturité sexuelle

La taille à maturité (L_{50}) n'a pu être estimée que pour les mâles de raie lisse dans le secteur GNB, selon la méthode décrite dans la partie 4.a.1. et sur la base des 303 mâles pour lesquels le stade de maturité sexuelle a été déterminé. La L_{50} calculée est de 87,9 cm (Figure 49), le plus petit mâle mature observé mesurant 82 cm et le plus grand immature 96 cm. Cette valeur est en accord avec la taille à laquelle la longueur des ptérygopodes augmente de façon nette, signe de l'acquisition de la maturité (Figure 50).

Cette valeur est très nettement supérieure à celles calculées dans deux études précédentes concernant les eaux britanniques (Tableau 21). McCully *et al.* (2012) précisent qu'il s'agit d'un résultat préliminaire dans la mesure où peu d'individus matures ont été examinés (25 sur 359 raies). Ils précisent par ailleurs que des erreurs d'identification entre la raie lisse et la raie douce sont possibles et que les plus petits individus matures enregistrés pourraient correspondre en réalité à des raies douces. Ces deux facteurs auraient pour effet de faire diminuer la L_{50} calculée et pourraient donc expliquer la différence avec nos résultats. Les estimations de Gallagher *et al.* (2005) sont quant à elle basées sur un nombre d'individus relativement faible.

Faute de données, ce paramètre n'a pu être calculé ni pour les femelles, ni pour les autres espèces observées.

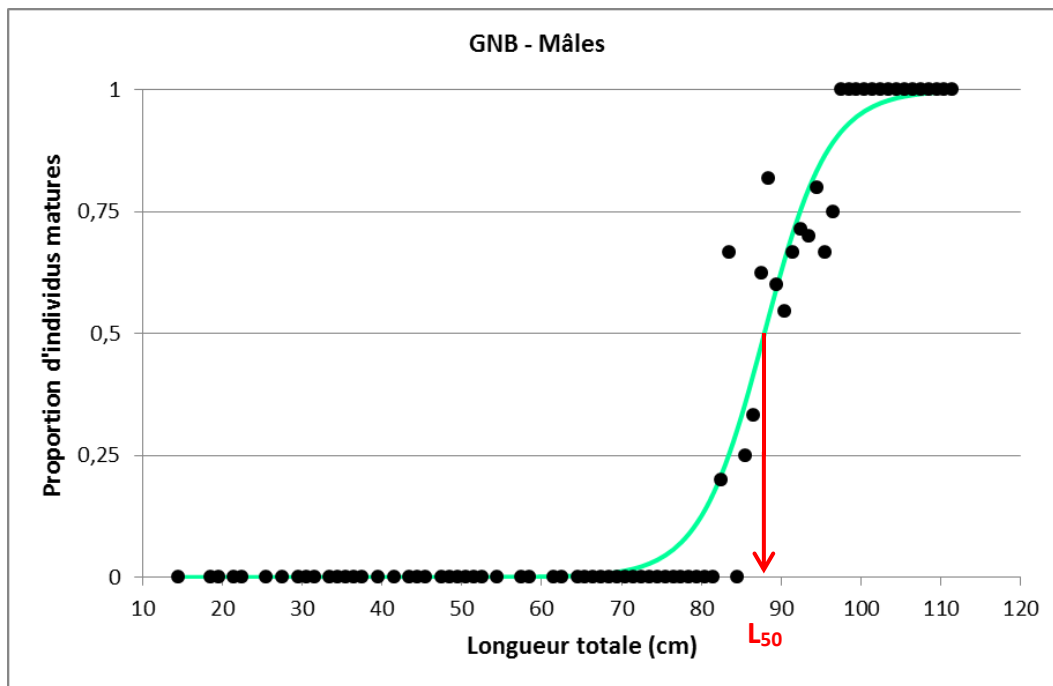


Figure 49 : Ogive de maturité pour les mâles de raie lisse dans le secteur GNB (Manche). Les points représentent le pourcentage d'individus matures pour chaque classe de taille de 1 cm. La courbe (verte) est la courbe de tendance ajustée aux données avec $L_{50} = 87,9$ cm et $b = 0,25$

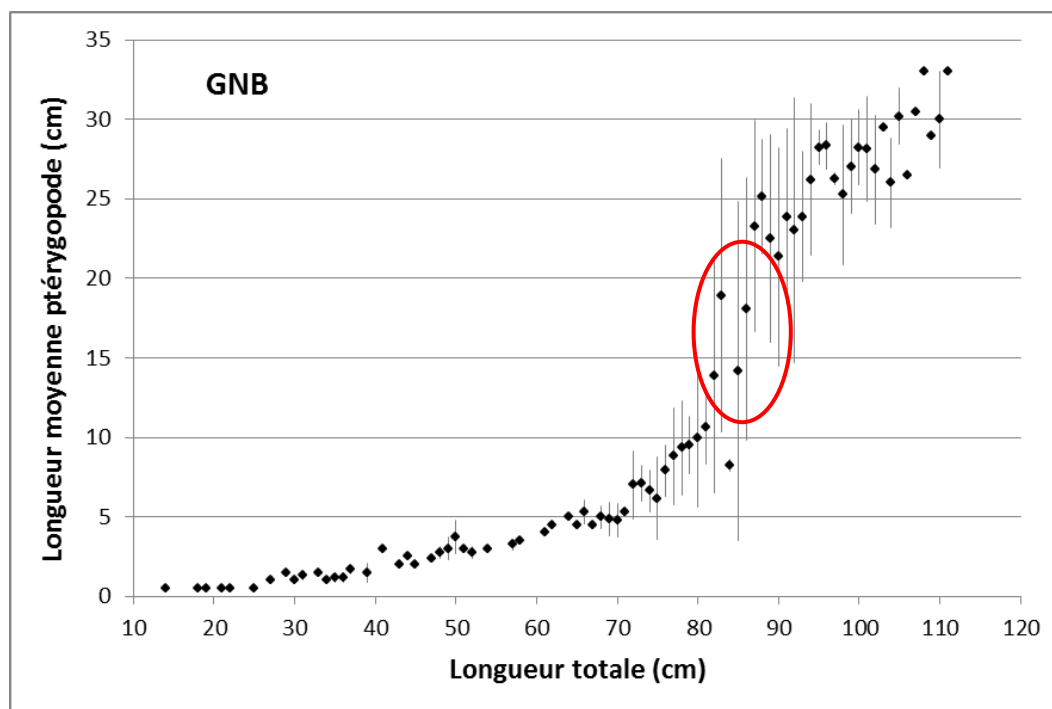


Figure 50 : Relation entre la longueur totale et la longueur moyenne des ptérygopodes pour la raie lisse dans le secteur GNB (Manche). Le cercle rouge indique l'augmentation nette de la longueur des ptérygopodes.

Tableau 21 : Récapitulatif des données relatives à la taille à maturité de la raie lisse obtenues dans cette étude et dans des études antérieures

Secteur	Sexe	Nombre d'individus	Nombre d'individus matures	Plus petit mature	Plus grand immature	L ₅₀	Source
Manche ouest	M	303	130	82	96	87,9	cette étude
	F	32	26	88	99	NA	
Mer d'Irlande	M	123	?	?	?	81,9	Gallagher <i>et al.</i> (2005)
	F	61	?	?	?	83,6	
UK	M	359	25	55	91	78	McCully <i>et al.</i> (2012)
	F	387	17	60	93	83,4	

2. Relations longueur / largeur

Les relations reliant la longueur totale (T_L) et la largeur (D_W) ont été établies pour 3 espèces, lorsque les données étaient suffisantes (Tableau 22 et Figure 51). Comme chez la raie brunette, un dimorphisme sexuel existe chez ces 3 espèces, les femelles étant, pour une longueur donnée, plus larges que les mâles.

Tableau 22 : Relation entre la longueur totale (T_L) et la largeur du disque (D_W) pour 3 espèces, avec $D_W=aT_L+b$ et r^2 le facteur de corrélation.

Espèce	Secteur	Sexe	Nombre	Gamme de taille (cm)	a	b	r^2
Raie lisse (<i>Raja brachyura</i>)	GNB	M+F	583	14-129	0,7	-0,0028	0,98
		M	309	14-111	0,6749	1,1951	0,98
		F	274	16-129	0,7222	-0,8421	0,99
Raie mêlée (<i>Raja microocellata</i>)	PCG	M+F	227	26-85	0,6576	2,1173	0,93
		M	114	26-78	0,6084	4,222	0,96
		F	113	27-85	0,6792	1,7991	0,96
Raie bouclée (<i>Raja clavata</i>)	GNB	M+F	130	40-103	0,6382	2,1429	0,93
		M	74	40-96	0,5476	7,808	0,93
		F	56	41-103	0,6874	-0,0073	0,97

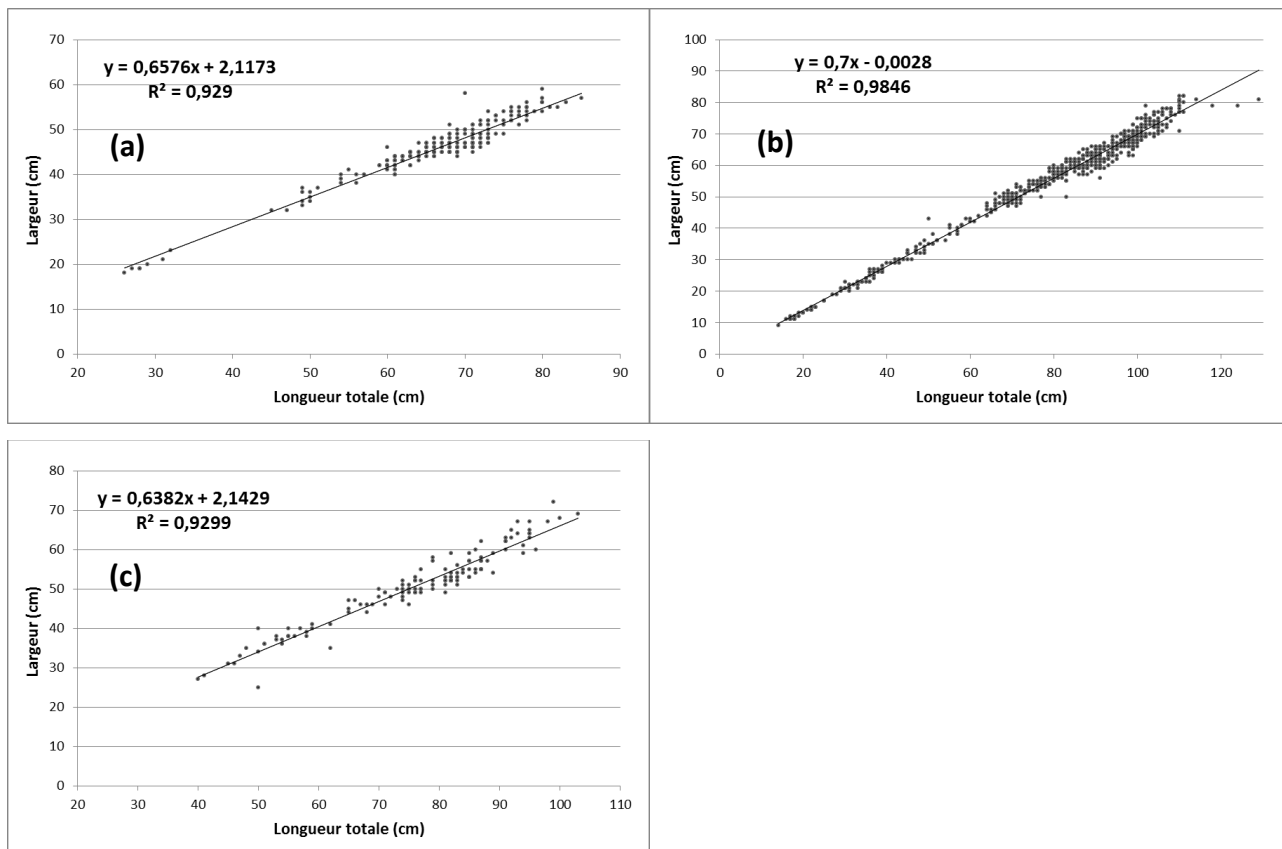


Figure 51 : Relations entre la longueur totale et la largeur chez la raie mêlée en PCG (a), la raie lisse en GNB (b) et la raie bouclée en GNB (c), avec $y=D_W$ et $x=T_L$

b. Données de marquage / recapture

Pour ces espèces, les marquages sont restés limités. Lorsqu'elles ont été capturées lors d'embarquements RaieBECA ou RAIMOUEST, les raies n'ont pu être relâchées marquées qu'exceptionnellement. Dans le cadre des affrètements RECOAM, elles ont été traitées après les raies brunettes et il est arrivé que les captures importantes de raies brunettes ne permettent pas un traitement optimal des autres espèces. Les raies affaiblies n'ont alors pas été marquées. Finalement, seules 37 raies mêlées et 17 raies bouclées ont été relâchées marquées en Atlantique (Tableau 23). En Manche, ce sont 357 raies qui ont été relâchées marquées, 253 raies lisses, 73 raies bouclées, 19 raies mêlées et 12 raies douces (Tableau 23).

Les recaptures sont peu nombreuses (Tableau 23). Les 4 raies mêlées et la raie bouclée recapturées en Atlantique l'ont toutes été à proximité de leur lieu de relâcher (moins de 10 km). Les raies lisses marquées en GNB mesuraient entre 39 et 111 cm (Figure 52) et ont été relâchées surtout dans la partie nord et à l'ouest du Golfe normand-breton (Figure 53). Le déplacement moyen des raies recapturées est de 21,9 km (IC à 95% = 6,8-37,0) et le plus grand déplacement de 109 km après 322 jours en liberté (Figure 53). Les raies bouclées (T_L = 41-95 cm, Figure 54) ont été marquées surtout au sud du secteur GNB et devant Cherbourg (Figure 55). Le déplacement moyen calculé est de 27,5 km (IC à 95% = 14,3-40,7) et le plus grand déplacement enregistré de 55,5 km après 361 jours en liberté.

Si, comme pour la raie brunette, la plupart des recaptures ont été réalisées dans les secteurs de marquage pour ces autres espèces, le faible nombre de données ne permet de tirer aucune conclusion.

Tableau 23 : Résumé des données de recapture

Espèce		PCG				GNB		
		F	M	Ind	Total	F	M	Total
Raie lisse (<i>Raja brachyura</i>)	Marquées					116	137	253
	Recapturées					9	6	15
	% recapture					7,8%	4,4%	5,9%
Raie bouclée (<i>Raja clavata</i>)	Marquées	5	12		17	34	39	73
	Recapturées	0	1		1	8	4	12
	% recapture	0,0%	8,3%		5,9%	23,5%	10,3%	16,4%
Raie mée (<i>Raja microocellata</i>)	Marquées	20	17		37	10	9	19
	Recapturées	3	1		4	3	1	4
	% recapture	15,0%	5,9%		10,8%	30,0%	11,1%	21,1%
Raie douce (<i>Raja montagui</i>)	Marquées					4	8	12
	Recapturées					0	0	0
	% recapture					0,0%	0,0%	0,0%

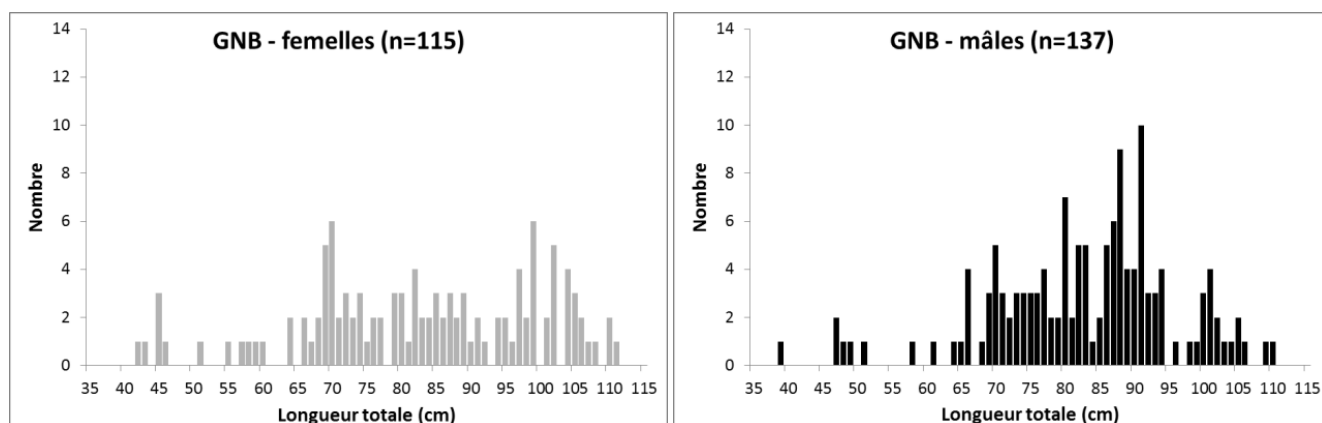


Figure 52 : Distribution en tailles des raies lisses marquées en GNB

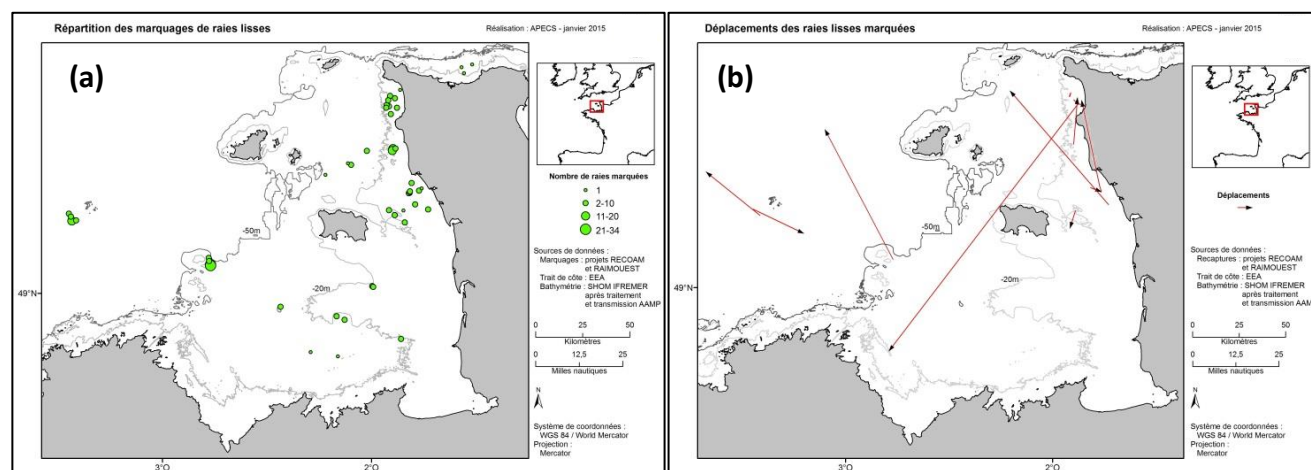


Figure 53 : Répartition des marquages de raies lisses en GNB (a) et déplacements (b)

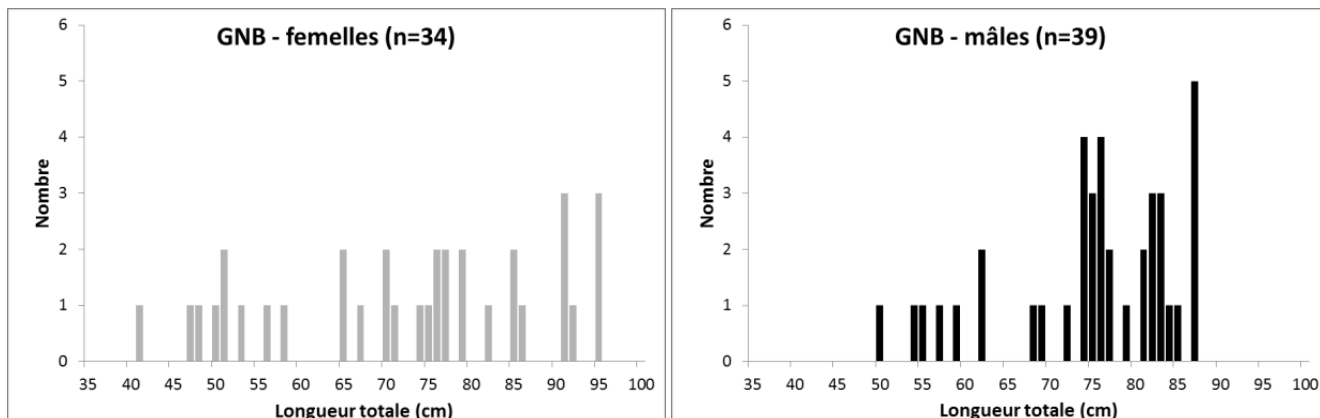


Figure 54 : Distribution en tailles des raies bouclées marquées en GNB

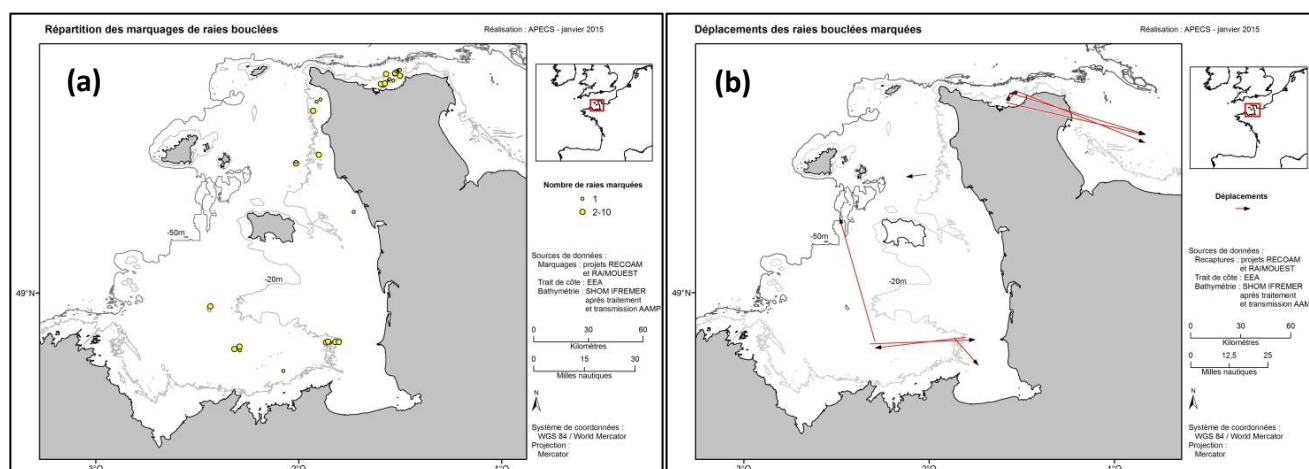


Figure 55 : Répartition des marquages de raies bouclées en GNB (a) et déplacements (b)

c. Conclusion autres espèces

Les informations relatives aux quatre autres espèces que la raie brunette recueillies dans le cadre de ce projet permettent de se faire une idée des peuplements de chacun des deux secteurs d'étude. Les données demandent cependant à être complétées afin de pouvoir répondre aux objectifs fixés. Quelques opérations de pêche ciblées permettraient d'apporter assez rapidement de nouvelles données sur la raie lisse (*Raja brachyura*) en Manche et sur la raie mêlée (*Raja microocellata*) en Atlantique. L'étude des déplacements nécessiterait d'augmenter significativement le nombre de raies marquées pour chacune des espèces, compte tenu des taux de recapture constatés pour la raie brunette. Enfin, le projet a permis d'alimenter la banque d'échantillons de l'APECS avec les prélèvements réalisés sur les deux secteurs d'étude (Tableau 3). Cette banque pourra être mobilisée en accord avec les partenaires pour de futures études de la structure génétique des populations.

6. Perspectives

En ce qui concerne la raie brunette (*Raja undulata*), la principale suite à envisager est de compléter l'étude préliminaire de génétique afin de mieux caractériser la structure de la population. Cela passe par une augmentation du nombre de marqueurs et l'ajout de nouveaux secteurs géographiques. Des échantillons en nombre suffisant sont d'ores et déjà disponibles pour la Manche Est. Une collaboration à l'échelle européenne pourrait être envisagée afin d'appréhender la structure à l'échelle de l'Atlantique nord-est.

Il serait également intéressant de pouvoir préciser le cycle de reproduction et son éventuelle saisonnalité et de pouvoir localiser des secteurs importants pour la réalisation de certaines phases du cycle de vie telles que les secteurs de ponte et de nurserie. L'étude du cycle de reproduction avec différentes méthodes (index gonadosomatique, dosage d'hormones, suivi en aquarium) nécessiterait d'avoir accès à un certain nombre de femelles. De nouvelles campagnes de pêche scientifique seraient par ailleurs nécessaires pour échantillonner les secteurs étudiés de façon plus systématique et avec d'autres engins de pêche permettant la capture de petits individus. La pose de marques électroniques telles que les marques archives pourraient également apporter des informations intéressantes sur les déplacements et les secteurs fréquentés, tout comme des analyses d'isotopes stables qui permettraient, en travaillant sur différents tissus, d'essayer d'identifier d'éventuelles modifications des zones fréquentées au cours de la vie.

Parmi les autres espèces, la poursuite des travaux pourrait concerner en premier lieu la raie lisse (*Raja brachyura*) et la raie douce (*Raja montagui*), deux espèces importantes dans les données françaises de débarquements d'éla-smobran-ches. La raie lisse apparait comme bien présente dans le Golfe normand-breton mais est également connue dans d'autres secteurs côtiers, par exemple en Mer d'Iroise ou en Mer d'Irlande. La raie douce, peu capturée au cours du projet, semble moins côtière. Pour ces deux espèces, l'étude de la structure des populations reste prioritaire. Le Golfe normand-breton apparaissant comme un secteur important pour la raie lisse, il serait souhaitable de mieux identifier les secteurs clés pour cette espèce de grande taille.

Le projet ayant clairement mis en évidence la présence de la raie mûlée (*Raja microocellata*) au niveau de l'estuaire de la Gironde, des études complémentaires pourraient être envisagées sur cette espèce dont la structure de la population est également totalement inconnue.

La raie bouclée (*Raja clavata*), espèce relativement mieux connue que les autres, apparait comme moins prioritaire. Cette espèce va cependant faire l'objet à partir de 2015 d'une étude impliquant l'IFREMER, le laboratoire LEMAR de Brest et l'APECS. Ce projet intitulé Genopoptaille vise à évaluer l'intérêt de nouvelles méthodes génétiques pour estimer le nombre d'adultes dans une population. Dans ce cadre, une étude de la structure génétique de la population sera réalisée en préalable, étude pour laquelle les échantillons collectés au cours de RECOAM pourront être mis à disposition.

7. Références bibliographiques

- Alfonsi E, Hassani S, Carpentier F-G, Le Clec'h J-Y, Dabin W, Van Canneyt O *et al.* (2012) A European Melting Pot of Harbour Porpoise in the French Atlantic Coasts Inferred from Mitochondrial and Nuclear Data. PLoS ONE, 7(9), e44425. doi:10.1371/journal.pone.0044425.t001
- Alfonsi E, Méheust E, Fuchs S, Carpentier F-G, Quillivic Y, Viricel A *et al.* (2013) The use of DNA barcoding to monitor the marine mammal biodiversity along the French Atlantic coast. ZooKeys, 365:5-24. doi:10.3897/zookeys.365.5873.app2
- Belkhir K, Borsa P, Chikhi L, Raufaste N & Bonhomme F 1996-2004 GENETIX 4.05, logiciel sous Windows TM pour la génétique des populations. Laboratoire Génome, Populations, Interactions, CNRS UMR 5000, Université de Montpellier II, Montpellier (France).
- Chapuis MP and Estoup A (2007) Microsatellite Null Alleles and Estimation of Population Differentiation. Molecular Biology and Evolution, 24(3):621-631.
- Chevolot M, Reusch TBH, Boele-Bos S, Stam WT, Olsen JL (2005) Characterization and isolation of DNA microsatellite primers in *Raja clavata* L. (thornback ray, Rajidae). Molecular Ecology Notes, 5: 427-429.
- Chevolot M, Ellis JR, Hoarau G, Rijnsdorp AD, Stam WT, Olsen JL (2006) Population structure of the thornback ray (*Raja clavata* L.) in British waters. Journal Of Sea Research, 56(4): 305-316.
- Clark RS (1922) Rays and skates (Raiaae). No. I. Egg capsules and young. Journ. of Mar. Biol. Asso. of the UK., 12(4): 577-643
- Coelho R and Erzini K (2002) Age and growth of the undulate ray, *Raja undulata*, in the Algarve (southern Portugal). Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom, 82: 987-990.
- Coelho R and Erzini K (2006) Reproductive aspects of the undulate ray, *Raja undulata*, from the south coast of Portugal. Fisheries Research, 81: 80-85
- Dereeper A, Guignon V, Blanc G, Audic S, Buffet S *et al.* (2008) Phylogeny.fr: robust phylogenetic analysis for the non-specialist. Nucleic Acids Research, 36: W465-W469.
- Desaunay Y (1983) Description globale des ressources halieutiques de la Baie du Mont Saint Michel. Rapport ISTPM. 17 pp.
- Ellis JR, Burt G and Cox L (2008) Thames ray tagging and survival. CEFAS, Fishery Science Partnership. Programme 19. 53 pp.
- Ellis JR, Morel G, Burt G and Bossy S (2010) Preliminary observations on the life history and movements of skates (rajidae) around the Island of Jersey, western English Channel. Journ Mar Biol Ass of the UK, 91(6): 1185-1192.
- El Nagar A, McHugh M, Rapp T, Sims DW, Genner MJ (2009) Characterisation of polymorphic microsatellite markers for skates (Elasmobranchii: Rajidae) from expressed sequence tags. Conserv Genet, 11: 1203-1206.
- Gallagher MJ, Nolan CP and Jeal F (2004) Age, growth and maturity of the commercial ray species from the Irish Sea. J. Northw. Atl. Fish. Sci., 35: 47-66
- Gibson C, Valenti SV, Fordham SV and Fowler SL (2008) The Conservation of Northeast Atlantic Chondrichthyans: Report of the IUCN Shark Specialist Group Northeast Atlantic Red List Workshop. viii + 76pp
- Goudet J (2001) FSTAT, a program to estimate and test gene diversities and fixation indices (version 2.9.3). Available at <http://www2.unil.ch/popgen/softwares/fstat.htm>: 1-1.

Griffiths AM, Sims DW, Cotterell SP, Nagar EI A, Ellis JR et al. (2010) Molecular markers reveal spatially segregated cryptic species in a critically endangered fish, the common skate (*Dipturus batis*). Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences, 277: 1497-1503.

Hale ML, Burg TM, Steeves TE (2012) Sampling for microsatellite-based population genetic studies: 25 to 30 individuals per population is enough to accurately estimate allele frequencies. PLoS ONE, 7(9): e45170. doi:10.1371/journal.pone.0045170

Hall TA (1999) BioEdit: a user-friendly biological sequence alignment editor and analysis program for Windows 95/98/NT. Nucleic Acids Symposium Series, 41: 95-98.

Hennache C (2013) Etude du taux de survie de raies brunettes marquée à l'aide de disque de Petersen. Rapport CREAA. 7 pp.

ICES (2010a) Special request advice on Raja undulata in Celtic Sea and Biscay-Iberia ecoregions. ICES Advice 2010, Book 9

ICES (2010b) Report of the workshop on sexual maturity staging of elasmobranchs (WKMSSEL), 11-15 October 2010, Valetta, Malta. ICES CM 2010/ACOM: 48. 32 pp.

ICES (2013) Report of the workshop on sexual maturity staging of elasmobranchs (WKMSSEL) , 11-14 December 2012, Lisbon, Portugal. ICES CM 2012/ACOM: 59. 66 pp.

Leblanc N, Tétard A, Legrand V, Stéphan E, Hegron Macé L (2014) RAIMOUEST: la pêcherie de raies dans le Golfe normand-breton. Rapport final. 59p.

Le Mao P (2009) Inventaire de la biodiversité marine dans le Golfe normano-breton. Agnathes, Chondrichthyens et Osteichthyens. Rapport IFREMER. 106 pp.

Librado P and Rozas J (2009) DnaSP v5: a software for comprehensive analysis of DNA polymorphism data. Bioinformatics, 25: 1451-1452.

McCully SR, Scott F and Ellis JR (2012) Lengths at maturity and conservation factors for skates (Rajidae) around the British Isles, with an analysis of data in the literature. ICES Journal of marine Science, 69(10): 1812-1822

Moreau E (1880) Histoire naturelle des poisons de la France. T1. 478 pp.

Moura T, Figueiredo I, Farias I, Serra-Pereira B, Coelho R, Erzini K, Neves A and Gordo LS (2007) The use of caudal thorns for ageing Raja undulata from the Portuguese continental shelf, with comments on its reproductive cycle. Marine and Freshwater Research, 58:983-992.

Pawson MG and Ellis JR (2005) Stock identity of elasmobranchs in the Northeast Atlantic in relation to assessment and management. J. Northw. Atl. Fish. Sci., 35: 173-193

Pritchard JK, Stephens M, Donnelly P (2000) Inference of Population Structure Using Multilocus Genotype Data. Genetics, 155: 945-959.

Thompson JD, Higgins DG, Gibson TJ (1994) CLUSTAL W: improving the sensitivity of progressive multiple sequence alignment through sequence weighting, position- specific gap penalties and weight matrix choice. Nucleic Acids Research, 22: 4673-4680.

UICN (2012) Catégories et Critères de la Liste rouge de l'UICN : Version 3.1. Deuxième édition. Gland, Suisse et Cambridge, Royaume-Uni: UICN. vi + 32pp.

UICN France & MNHN (2013) La liste rouge des espèces menacées en France. Chapitre requins, raies et chimères de France métropolitaine. Paris, France. 107 pp.

Valsecchi E, Vacchi M, Notarbartolo di Sciara G (2005) Characterization of a New Molecular Marker for Investigating Skate Population Genetics: Analysis of Three Mediterranean Skate Species (genus *J*). *North Atl Fish Sci*, 35: 225-231.

Weir BS, Cockerham CC (1984) Estimating F-statistics for the analysis of population structure. *Evolution*, 38: 1358-1370.

8. Annexes

a. Fiche identification des raies étudiées

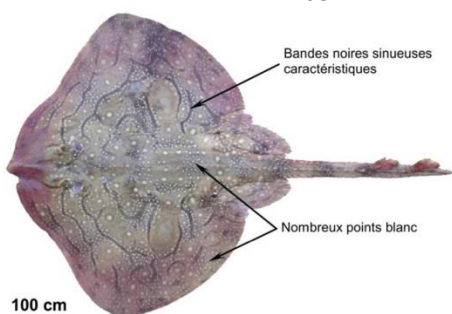
Fiche d'identification des raies étudiées dans le cadre du projet RECOAM

Réalisé par l'Association Pour l'Etude et la Conservation des Séliaciens (crédit photo : Samuel IGLESIAS – MNHN)



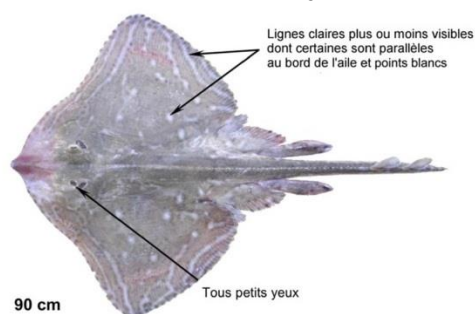
Nom commun	Nom scientifique
Raie brunette	<i>Raja undulata</i>

RJU



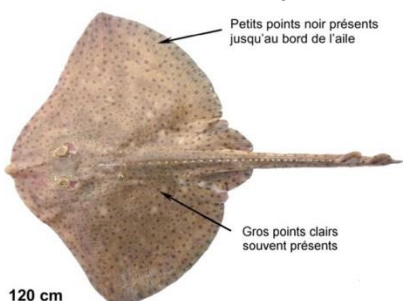
Nom commun	Nom scientifique
Raie mée	<i>Raja microocellata</i>

RJE



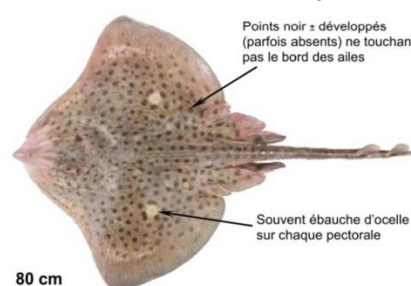
Nom commun	Nom scientifique
Raie lisse	<i>Raja brachyura</i>

RJH



Nom commun	Nom scientifique
Raie douce	<i>Raja montagui</i>

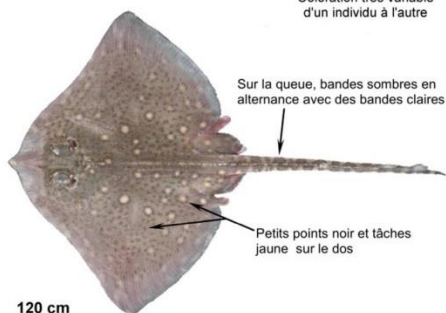
RJM



Nom commun	Nom scientifique
Raie bouclée	<i>Raja clavata</i>

RJC

Coloration très variable d'un individu à l'autre



Contact :
Association Pour l'Etude et la Conservation des Séliaciens (APECS)
BP 51151 - 29211 BREST CEDEX 1
asso@asso-apecs.org
Tel : 02 98 05 40 38 / 06 77 59 69 83

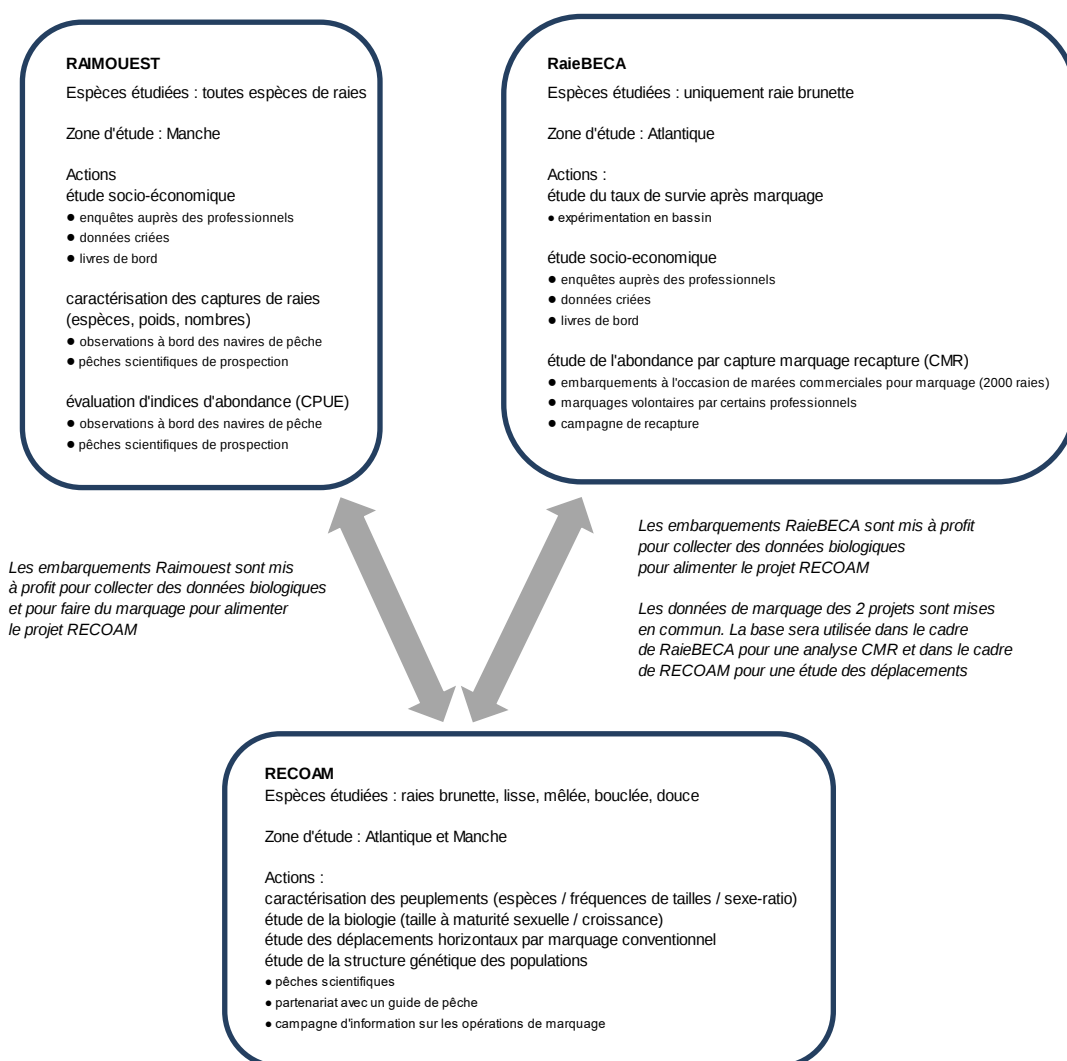
b. Présentation des projets RaieBECA et RAIMOUEST et articulation entre les projets

Le programme **RaieBECA** porté par l'Association Grand Littoral Atlantique (AGLIA) associée au Centre Régional d'Expérimentation d'Application Aquacole (CREAA), a été mené en partenariat avec les Comités régionaux des pêches maritimes et des élevages marins de Poitou-Charentes, d'Aquitaine et des Pays de la Loire, l'IFREMER et l'APECS (<http://www.aglia.org/node/40>).

Il avait pour objectif de rassembler des informations sur la pêcherie de raie brunette avant l'interdiction de 2009 par un système d'enquêtes auprès des professionnels, d'évaluer l'impact du marquage sur la survie des raies brunettes et d'essayer d'estimer l'abondance locale de cette espèce par la technique de capture/marquage/recapture (CMR), si les recaptures de raies marquées laissaient supposer l'existence d'un stock local. Des embarquements d'observateurs sur des navires de pêche et une campagne de recaptures ont été réalisés ainsi que du marquage de raies brunettes en autonomie, par des bateaux de pêche volontaires munis de kits de marquage.

Le programme **RAIMOUEST**, porté par le Comité régional des pêches maritimes et des élevages marins de Basse-Normandie, a été mené en partenariat avec le Syndicat mixte pour l'équipement du littoral (SMEL), l'IFREMER et l'APECS (<http://www.crpb.fr/actions/connaissance-halieuistique/raimouest/>).

Il prévoyait de rassembler des informations sur la pêcherie de raies avant et après l'interdiction de pêche de la raie brunette, de caractériser les captures et d'essayer d'obtenir des indices d'abondance. Des embarquements sur des navires de pêche au cours de marées commerciales ont été réalisés et des données issues du Système d'Information Halieutique (SIH) de l'IFREMER ont été analysées.



c. Echelles des stades de maturité pour les espèces ovipares



APECS / www.asso-apecs.org / asso@asso-apecs.org

MALES – Espèces ovipares et vivipares			
	Stade	Critères d'identification	Photos
IMMATURE	1	- Ptérygopodes courts, ne dépassant pas le bord des nageoires pelviennes, et non calcifiés	
	2	- Ptérygopodes allongés qui dépassent le bord des nageoires pelviennes - La partie terminale se structure mais le squelette est toujours souple et flexible	
MATURE	3a Capable de se reproduire	- Ptérygopodes longs - Squelette interne dur, calcifié et anguleux - Rotation libre	
	3b Actif	- Ptérygopodes longs, rougeâtres et gonflés - Glandes siphonales gonflées - Du sperme s'écoule lorsque l'on exerce une pression au niveau du cloaque	Pas de photo

ATTENTION : chez certaines espèces de requins (grande roussette par exemple), les ptérygopodes peuvent ne pas dépasser le bord des nageoires pelviennes, même aux stades 2 et 3. Inversement, chez d'autres espèces (requin peau bleue par exemple), les ptérygopodes dépassent toujours le bord des nageoires pelviennes, même au stade 1.



FEMELLES – Espèces OVIPARES			
Stade	Critères d'identification	Photos	
IMMATURE	1	- Ovaires petits, minces et blanchâtres - Follicules non différenciés (structure interne de l'ovaire gélatineuse ou granuleuse) - Utérus fins - Glande coquillière non formée - Cloaque peu différencié	  A. Rott - APECS L. Beauregard - APECS
	2	- Ovaires plus gros - Follicules différenciés, de couleur blanchâtre, petits ou moyen (visibles que du côté dorsal en début de stade) - Présence possible de quelques follicules jaunes petits ou moyens - Utérus plus larges et plus épais - Glande coquillière visible - Cloaque se développe	 E. Stephan - APECS Vue dorsale de l'ovaire avec follicules visibles Glande coquillière en développement (taille d'une cacahuète) Utérus plus épais Cloaque en développement
MATURE	3a Capable de se reproduire	- Ovaires de grandes tailles - Présence de gros follicules jaunes de plusieurs cm de diamètre près pour l'ovulation, en plus de follicules plus petits en développement - Utérus développés - Glande coquillière développée - Cloaque développé	 IFMAR Gros follicules jaunes Glande coquillière formée (taille d'une noix de cajou) Cloaque développé
	3b Actif	- Même description que le stade IIIa mais présence de capsules totalement ou partiellement formées dans les utérus - Cloaque dilaté	 D. Lutz - APECS Capsule  E. Stephan - APECS  Capsule en formation
	4 Post-ponte	- Ovaires « ratatinés » - Quelques follicules atrétiques (dégénération) de différentes tailles - La glande coquillière peut avoir diminué de taille - Utérus dilatés et flasques - Cloaque dilaté	
	5 Régénération	- Ovaires de grandes tailles - Follicules petits ou moyens mais pas de gros follicules pré-ovulatoires - Utérus larges - Glande coquillière bien développée - Cloaque dilaté	 A. Rott - APECS

ATTENTION : Il est important d'inspecter les ovaires des deux côtés pour les deux premiers stades car les follicules ne sont visibles que du côté dorsal de l'ovaire au début du stade II.

d. Affiche d'information

PÊCHEURS ET SCIENTIFIQUES
UNISSENT LEURS EFFORTS

MARQUAGE DE RAIES

EN ATLANTIQUE ET EN MANCHE

EN CAS DE CAPTURE D'UNE RAIE
PORTANT UNE MARQUE,
AYEZ LE BON RÉFLEXE !



1 NOTEZ

- › La date de capture
- › Le lieu de capture (coordonnées GPS si possible)
- › Le numéro de la marque
- › La longueur totale du poisson (du nez au bout de la queue)

2 RELACHEZ

- › Si le poisson est destiné à être relâché, remettez-le à l'eau aussi vite que possible, en laissant la marque en place.
- › Si le poisson est conservé, récupérez la marque.



3 TRANSMETTEZ

- › En contactant le Comité régional ou départemental des pêches le plus proche
- › En contactant l'APECS par téléphone au 06 77 59 69 83 ou par mail asso@asso-apecs.org
- › En complétant un formulaire en ligne en vous connectant sur www.asso-apecs.org



POURQUOI MARQUER DES RAIES ?

Les résultats de ces opérations de marquage permettront de préciser les aires de répartition et les déplacements des 5 espèces de raies étudiées (raie brunette, mûlée, lisse, bouclée et douce).



Crashlane: www.ton-kis.com

e. Autres espèces d'élasmobranches capturées

Le protocole prévoyait la collecte de données pour les autres espèces d'élasmobranches capturées. Dans la pratique, cela n'a pas été compatible avec le travail à réaliser sur les raies pour les espèces les plus abondantes. Ainsi, la petite roussette (*Scyliorhinus canicula*) et de la torpille marbrée (*Torpedo marmorata*) n'ont pas été comptabilisées systématiquement, et les données de base (sexe et longueur totale) n'ont pas toujours été relevées pour l'émissole tachetée (*Mustelus asterias*). Les données disponibles restent donc limitées.

Des prélèvements de tissu ont néanmoins été réalisés pour certaines émissoles tachetées (9 en PCG, 20 en GNB) afin d'alimenter une étude de génétique visant à compléter les travaux de Farrell et al. (2009)² sur le genre *Mustelus* suggérant que seule l'espèce *M. asterias* est présente en Atlantique nord-est. Des prélèvements ont également été réalisés sur certaines raies pastenagues afin de pouvoir préciser l'espèce par la technique du barcoding moléculaire. Ce travail a été réalisé en partenariat avec la station de biologie marine de Concarneau (MNHN).

² Farrell ED, Clarke MW and Mariani S (2009) A simple genetic identification method for Northeast Atlantic smoothhound sharks (*Mustelus spp.*). ICES Journal of Marine Science, 66: 561–565