

Estimation d'abondance de la raie brunette dans le Golfe de Gascogne par marquage-recapture

Gérard Biais¹, Cédric Hennache², Éric Stéphan³, Aline Delamare⁴

¹ Institut Français de Recherche pour l'Exploration de la MER (IFREMER), La Rochelle, France,

² Centre Régional d'Expérimentation et d'Application Aquacole (CREAA), Le Château d'Oléron, France

³ Association pour l'Etude et la Conservation des Sélaciens (APECS), Brest, France

⁴ Association du Grand Littoral Atlantique (AGLIA), Rochefort, France

Résumé

Une opération de marquage sur la raie brunette (*Raja undulata*) a été réalisée de fin 2011 à mi 2014 dans le Golfe de Gascogne en partenariat avec des professionnels. Cette étude a démontré que la raie brunette est présente tout le long de la côte française, de l'estuaire de la Loire à la frontière espagnole, formant plusieurs ensembles, le plus important étant probablement celui de la partie centrale du Golfe de Gascogne (zone pertuis Charentais – Gironde). Même dans ce secteur limité, la population est structurée en sous-ensembles ayant un faible taux d'échange entre eux. Cette structuration a permis d'estimer l'abondance par marquage-recapture dans l'estuaire de la Gironde, en utilisant l'estimateur de Petersen. Les conditions qui doivent être respectées pour l'utilisation de cet estimateur de l'abondance d'une population fermée sont analysées.

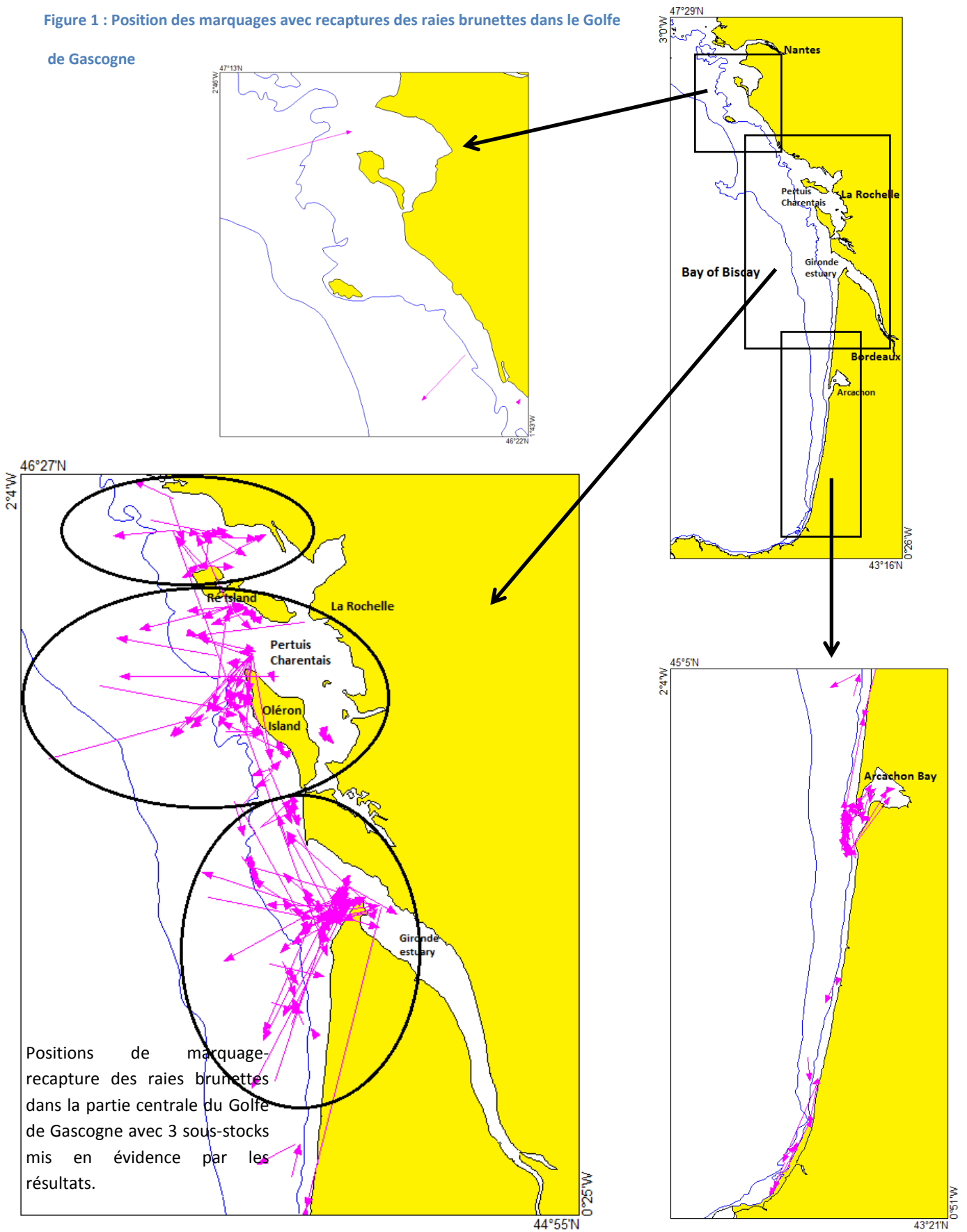
La conclusion est qu'une estimation peut être réalisée si 1) les captures à la palangre des raies de plus de 65cm sont utilisées afin d'avoir une égalité des probabilités de capture et pas d'effet du recrutement ; ii) les recaptures sont faites dans les 4.5mois suivant le marquage en hiver pour pouvoir négliger les pertes de marques ; iii) le nombre de raies marquées est corrigé pour l'émigration et la mortalité.

La biomasse des raies brunettes d'une taille supérieure à 65 cm dans l'embouchure de l'estuaire de la Gironde peut ainsi être estimée entre 51 et 70 tonnes durant l'hiver 2013-2014 (les intervalles de confiance à 95% donnent 30 à 124t). Ce premier test permet de fournir des recommandations pour de futures estimations d'abondance par marquage-recapture, pour une espèce pour laquelle l'utilisation d'autres méthodes pourrait être difficile.

Introduction

Comme présenté lors du groupe de travail WGEF en 2013 (Delamare *et al.*, 2013), une opération de marquage sur la raie brunette (*Raja undulata*) a été réalisée depuis fin 2011 dans le Golfe de Gascogne. Ce projet a été mené jusqu'en 2014, rassemblant des scientifiques de plusieurs organisations (Ifremer, CREAA, APECS et Aglia) et des professionnels. Il a été soutenu par les organisations représentant les professionnels de l'estuaire de la Loire à la frontière espagnole, ce qui correspond à la partie de la côte française où la raie brunette est la plus abondante (Moreau, 1880). L'objectif était tout d'abord d'étudier la structure du stock de cette espèce connu comme ayant une distribution discontinue (Ellis *et al.*, 2012).

Figure 1 : Position des marquages avec recaptures des raies brunettes dans le Golfe de Gascogne



L'existence d'un ensemble isolé dans la partie centrale du Golfe de Gascogne (zone des Pertuis Charentais-Gironde) avait été démontrée par les résultats préliminaires de l'opération de marquage présentés en 2013 au WGEF. Elle reposait sur 98 recaptures pour 1700 marques posées entre novembre 2011 et mai 2013. L'augmentation du nombre de recaptures à 265 pour 2858 marques posées depuis le début du projet jusqu'en mai 2014, confirme cette structuration du stock, même s'il y a une observation d'un déplacement de l'estuaire de la Gironde jusqu'à la sortie du Bassin d'Arcachon (Figure 1). De plus, des marques supplémentaires posées au nord et au sud de la zone pertuis Charentais – Gironde confirment le faible taux d'échange entre ensembles.

Le découpage de la zone Pertuis Charentais-Gironde en trois sous-ensemble est également confirmé (Figure 1) même si, là encore, il y a une exception avec un déplacement du nord des pertuis Charentais vers le sud de l'estuaire de la Gironde. Cette distribution, en sous-ensembles fermés, a permis de réaliser une estimation d'abondance par marquage-recapture, comme discuté dans le document de travail présenté au WGEF en 2013.

L'opération de marquage-recapture

Initialement, l'objectif était de mettre en œuvre une opération de marquage-recapture en prévoyant 15 affrètements de navires de pêche professionnelle à l'automne 2013 suivant la répartition spatiale suivante : 1 journée dans le nord de l'île de Ré, 7 au nord et à l'ouest de l'île d'Oléron et 7 dans l'embouchure de l'estuaire de la Gironde.

Mais, malgré la capture de 912 raies brunettes, aucune raie marquée n'a pu être observée. Le taux de capture était de toute évidence trop bas et l'effort de pêche probablement pas assez largement distribué. Cependant, grâce aux 286 marques qui ont pu être posées durant les affrètements et grâce à un partenariat avec des professionnels qui ont noté leurs captures au début de l'année 2014, on a pu disposer d'une opération de marquage-recapture classique en deux phases, séparées de 4-5 mois.

Des professionnels volontaires ont transmis (par jour de pêche) : la date, la position et le nombre de raies brunettes, selon le poids des individus (plus ou moins de 2kg) avec l'information sur la présence ou non d'une marque. Le choix de séparer les captures selon qu'elles font plus ou moins 2kg a été fait pour permettre aux professionnels d'avoir un critère facile à mettre en œuvre. D'après la relation taille-poids disponible (Dorel, 1986), cela correspond à des raies d'une longueur totale inférieure ou supérieure à 65cm. L'estimation d'abondance devait ainsi être possible pour les raies brunettes d'une longueur totale supérieure à 65cm et pour lesquelles les biais induits par la sélectivité et le recrutement sont limités (Delamare *et al*, 2013).

Ce partenariat a permis de récupérer des données pour 175 jours de mer avec des captures de raies brunettes, mais la plupart concernent la zone de l'embouchure de l'estuaire de la Gironde et couvrent la période mars-avril 2014 (Tableau 1).

Tableau 1 : Nombre de jours de mer transmis par les professionnels en 2013 avec des captures de raies brunettes.

Zone	Jan.	Fev.	Mars	Avril	Mai	Total
Nord de l'île de Ré	0	0	0	0	0	0
Nord et Ouest de l'île d'Oléron	1	5	14	33	2	55
Embouchure de l'estuaire de la Gironde	17	0	30	67	6	120
Total	18	5	44	100	8	175

Cet effort d'échantillonnage plus important dans l'embouchure de la Gironde correspond aussi à un nombre plus important de raies brunettes marquées dans cette zone d'octobre à décembre 2013, principalement d'individus d'une longueur totale supérieure à 65cm (Tableau 2). Sans surprise, avec un tel écart des nombres d'individus des catégories de taille et d'une zone à l'autre, les recaptures ont toutes été observées près de l'embouchure de la Gironde. Leur nombre a atteint 14 et toutes ont concerné des individus de plus de 65cm. Par conséquent, **l'embouchure de la Gironde est la seule zone pour laquelle l'abondance de raies brunettes peut être estimée grâce à l'opération de marquage-recapture. De plus, cette estimation d'abondance doit être restreinte aux raies brunettes d'une longueur totale supérieure à 65cm** pour être en adéquation avec les longueurs des recaptures.

Tableau 2 : Nombre de raies brunettes marquées entre octobre et décembre 2013 (285 des 286 des affrètements)

Zone	Nombre<65cm	Nombre≥65cm	Total
Nord de l'Île de Ré	0	9	9
Nord et Ouest de l'Île d'Oléron	6	61	67
Embouchure de l'estuaire de la Gironde	28	183	211
Total	34	252	286

Les données de marquage

Trois conditions importantes sont nécessaires pour estimer l'abondance par la méthode de marquage-recapture la plus simple, en utilisant l'estimateur de Petersen (Pine *et al.*, 2003):

1. La probabilité de capture doit être égale pour tous les individus de chaque échantillon,
2. Les marques ne sont ni perdues ni non observées,
3. La population est fermée aux entrées (recrutement ou immigration) et aux sorties (mort ou émigration).

Probabilité de capture

La longueur des individus est le principal facteur qui peut avoir un effet sur la probabilité de capture si l'engin est sélectif. Les informations de recapture et le partenariat avec les professionnels ont principalement concerné des palangriers, comme recommandé dans le document de travail de 2013 (Delamare *et al.*, 2013). En effet, la palangre est l'engin le plus adapté pour pêcher de gros individus, comme cela a été confirmé par les captures en novembre 2013 durant les affrètements (Figure 2). D'autre part, l'effet de la sélectivité est relativement bas pour cet engin quand les individus sont plus grands que 65cm, ce qui est confirmé par la comparaison de la distribution par taille avec des filets à grande maille (Delamare *et al.*, 2013). Par conséquent, **la probabilité de capture durant la période de recapture de l'étude est peu affectée par la longueur des individus capturés à la palangre et d'une longueur supérieure à 65cm**. Il peut aussi être estimé que les captures à la palangre apportent une assez bonne représentation de la distribution par taille dans la population locale au-delà de 65cm.

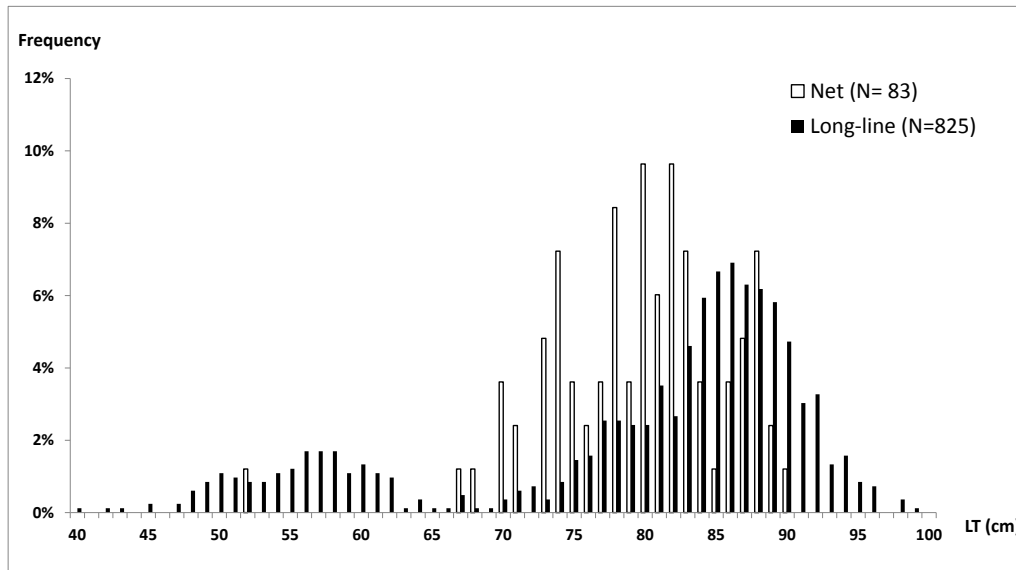


Figure 2 : Fréquence de la longueur totale (LT) des captures de raie brunette par engin (net=filet / long-line=palangre) durant les affrètements de novembre 2013.

La distribution des raies brunettes marquées par longueur dans la population peut ainsi être estimée par la fréquence par taille des raies marquées rapportée à la fréquence par taille des captures à la palangre. De 76 à 94cm, ce rapport est compris entre 0.23 et 0.46 sans tendance, la moyenne étant de 0.34 (Figure 3). Les valeurs les plus basses sont observées en dessous de 75cm et pour les plus grands individus au-dessus de 94cm, mais étant donné que l'estimation d'abondance doit être limitée aux individus plus grands que 65cm, ces deux extrêmes dans la distribution par taille contribuent respectivement pour 5% et 4% aux captures à la palangre. Considérant que la distribution de la population par taille est restreinte aux captures à la palangre d'individus de plus de 65cm, le ratio de marquage dans la population varie donc légèrement avec la taille pour plus de 90% de la population. **La probabilité de capture des individus marqués peut donc être considérée comme peu affectée par la taille des raies brunettes, tant que cette dernière est au-dessus de 65cm et que la palangre est l'engin utilisé.**

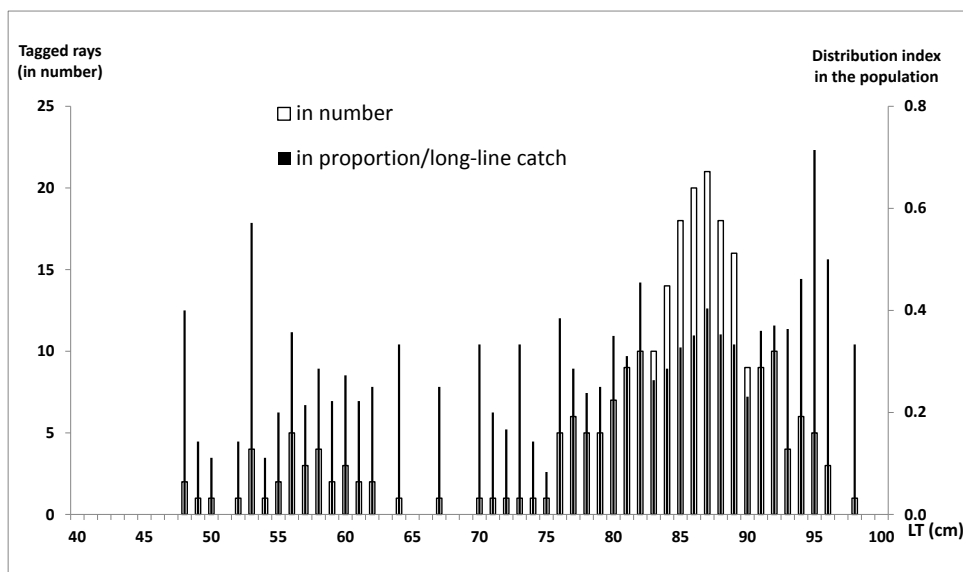


Figure 3 : Distribution en nombre des raies brunettes marquées (tagged rays) en novembre 2013 selon leur longueur totale (LT) et leur proportion dans les captures à la palangre lors des affrètements

Pertes de marque

Il y a eu plusieurs retours d'information de raies brunettes pêchées par la marque, maillée dans le filet et, à une occasion, une marque a été retrouvée dans un filet. Des professionnels ont aussi indiqué que des individus ont été capturés avec une blessure correspondant à l'emplacement habituel de pose des disques de Petersen ou avec seulement l'une des deux pastilles constituant la marque. Il n'y a donc aucun doute sur le fait qu'une perte de marque peut se produire et que cela est principalement dû à un maillage dans le filet.

Un essai d'estimation du pourcentage de perte de marque a été tenté en marquant 292 raies avec un tag spaghetti et un disque de Petersen en mai-juin 2013. 24 de ces individus ont été recapturés par la suite mais seulement 3 après 5 mois. Les autres recaptures ont eu lieu à presque 2 mois après le relâcher ou avant (1,5 et 2 mois pour 17 sur 24). Aucune raie n'a perdu son disque de Petersen avant 2 mois mais une l'a perdu après 5 mois.

Il est difficile de tirer des conclusions de ce nombre limité de recaptures, sinon qu'il y a un faible risque d'observer une perte de marque avant 2 mois après le relâcher, durant la période et dans la zone du double marquage. Celui-ci s'est effectué de mai à juin. Durant cette période, les filets sont calés plus fréquemment dans la zone côtière qu'en hiver. Cette observation laisse espérer que le risque de perdre une marque est faible quand une opération de recapture est effectuée 4,5 mois après la période de marquage mais principalement en hiver ou dans la première moitié du printemps. Par conséquent, la perte de marque sera **négligée** pour l'estimation d'abondance que la méthodologie de marquage-recapture pourra permettre.

Conditions pour une population fermée

a) Recrutement

La distribution des captures par taille (Figure 2) montre que les groupes d'âge sont probablement différents en-dessous et au-dessus de 65cm. Les raies plus grandes que 65cm forment un groupe qui a à peu près 6 ans et plus, selon le modèle de croissance disponible (Moura *et al.*, 2007). Ce groupe ne devrait pas augmenter avec l'arrivée d'une nouvelle classe d'âge ou la croissance des individus durant une période limitée de moins de 5 mois. D'autre part, cette opération a été réalisée en hiver lorsque la croissance doit être faible. Par conséquent, on peut estimer que **les raies plus grandes que 65cm forment un groupe qui est fermé au recrutement en hiver.**

b) Immigration ou émigration

Au regard de l'immigration ou de l'émigration, les marques posées en novembre-décembre et dans l'embouchure de l'estuaire de la Gironde depuis 2012 montrent que les déplacements n'apparaissent pas orientés dans les mois qui suivent le marquage. Une grande partie est recapturée dans l'embouchure de la Gironde en avril-mai. En janvier-février, toutes les recaptures ont lieu en dehors de l'estuaire de la Gironde mais c'est vraisemblablement parce que ces raies ont été capturées par des fileyeurs à soles qui pêchent plus au large en hiver. De plus, un déplacement de l'ouest de l'estuaire de la Gironde vers l'intérieur de l'embouchure a été observé dans les quelques recaptures de raies marquées en dehors de cette zone. De janvier à avril, 20 % des raies recapturées sont ainsi sorties de l'estuaire contre 33 % qui y sont rentrés. Les déplacements semblent donc équilibrés entre

les entrées et les sorties dans la partie côtière de l'estuaire de la Gironde où les marquages et la plupart des marées de recapture ont eu lieu.

Cependant, parce que les observations de recapture sont principalement à moins de 7 miles nautiques de la position de marquage, cela semble pertinent de considérer que les raies qui se déplacent de plus de 7 miles nautiques ont peu de chance d'être recapturée durant les affrètements de recapture. Pour estimer la probabilité d'un tel déplacement dans la population de raies marquées, le nombre de recaptures a été représenté en fonction de la distance parcourue depuis la position de marquage, quand l'engin est le filet à sole ou le chalut, considérant que l'effort de pêche de ces engins est globalement bien distribué dans la zone de répartition de la raie brunette. Les autres engins sont utilisés principalement dans la bande côtière et leur utilisation pourrait donner une représentation biaisée de la mobilité des raies.

La durée entre deux captures a été fixée entre 3 et 6 mois, pour rester dans l'ordre de grandeur des valeurs observées durant les affrètements de recapture. Deux cas ont été considérés :

- 1) Sélection des marques posées uniquement au cours du dernier trimestre de l'année et avec des recaptures de février à mai, pour être le plus proche possible de la période des affrètements de recapture sans pour autant trop limiter le nombre d'observations,
- 2) Aucune sélection de la période de marquage ou de recapture, considérant que les déplacements ont la même amplitude tout au long de l'année.

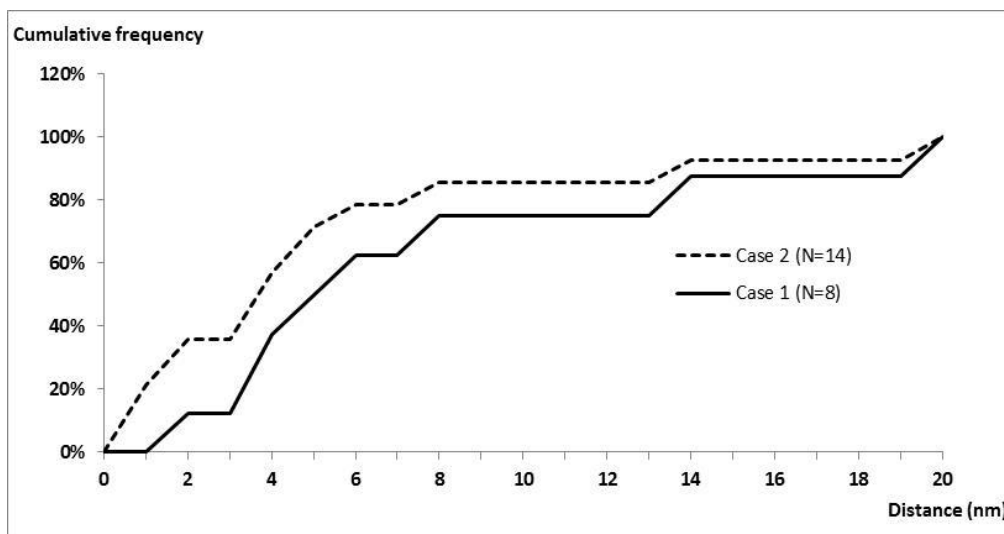


Figure 4 : Fréquence cumulée (en %) des recaptures par des fileyeurs à sole et des chalutiers quand la distance (en mile nautique) depuis la position de marquage augmente (Cas 1: périodes de marquage et de recapture concordent avec le suivi du marquage-recapture; Cas 2 : aucune période sélectionnée).

Dans le premier cas, quand les périodes de marquage et recapture concordent avec la méthodologie de marquage-recapture, 63 % des distances parcourues observées sont inférieures à 7 miles nautiques (Figure 4). Ce pourcentage augmente à 79 % dans le cas 2, quand il n'y a pas de période sélectionnée. La probabilité que les raies marquées soient restées dans la zone des affrètements de recapture de novembre à mai sera considérée comme comprise entre ces deux valeurs. **Ce résultat permet de corriger le nombre de raies marquées pour estimer la taille du groupe d'individus marqués qui reste dans l'embouchure de l'estuaire de la Gironde. Ce dernier forme un**

groupe pour lequel la condition de population fermée est respectée par rapport à l'émigration et à l'immigration.

c) Mortalité

La mortalité doit être limitée à la mortalité naturelle du fait de l'interdiction de débarquer la raie brunette. Coelho *et al.* (2002) l'ont estimée à environ 0,2 pour cette espèce dans le Sud du Portugal. Serra-Pereira *et al.* (2013) l'estiment légèrement au-dessus (entre 0,24 et 0,27) dans le nord et la partie centrale du Portugal. Cela correspond à une réduction de la population de 7 à 10 % en 4,5 mois, ce qui est le temps moyen entre le marquage et la recapture des raies (données des palangriers). La mortalité par pêche causée par la capture accidentelle est probablement basse et sera négligée, étant donnée l'incertitude de l'estimation de la mortalité naturelle.

Cependant un taux de mortalité consécutif au marquage de 6 % a été démontré lors d'une expérimentation menée en 2011 (Hennache, 2013). Cette valeur est seulement indicative, étant donné le nombre limité d'individus à partir duquel elle a été obtenue. Un taux compris entre 3 et 9 % sera donc considéré comme plausible.

Par conséquent, un taux entre 10 et 19 % peut être proposé pour la diminution par mortalité du nombre de raies marquées avant une recapture. **Cette estimation permet de corriger le nombre de raies marquées par la mortalité** pour obtenir le nombre de raies marquées qui survit dans l'embouchure de la Gironde jusqu'à la fin de l'opération de recapture. **Avec cette correction, on obtient un groupe de poissons pour lequel la condition de population fermée est respectée pour ce qui est de la mortalité.**

Estimation d'abondance

Les estimations de la population ont été obtenues en utilisant l'estimateur non biaisé proposé par Bailey (1951) et Chapman (1951) (*in* Ricker, 1980) pour la méthode de Petersen :

$$N = \frac{(M + 1) * (C + 1)}{R + 1}$$

Où M = Nombre d'individus marqués, corrigé pour l'émigration et la mortalité

C = Nombre total d'individus capturés durant la période de recapture

R = Nombre d'individus marqués capturés durant la période de recapture

Les intervalles de confiance pour les estimations de Petersen ont été calculés à partir de la distribution de Poisson, comme cela est recommandé par Ricker (1980).

Résultats

Conformément à l'analyse qui précède, l'estimation d'abondance de la population de raies brunettes est limitée à l'embouchure de l'estuaire de la Gironde et aux individus d'une longueur totale supérieure à 65cm.

Les valeurs suivantes ont été utilisées pour les estimations de Petersen :

M = 183, avant les corrections pour l'émigration et la mortalité (Tableau 2)

C = 1514, nombre de captures à la palangre dans la zone de la Gironde (Figure 5)

R = 13, nombre de raies marquées plus grandes que 65cm et capturée durant la période de recueil de données par les palangriers (Figure 5)

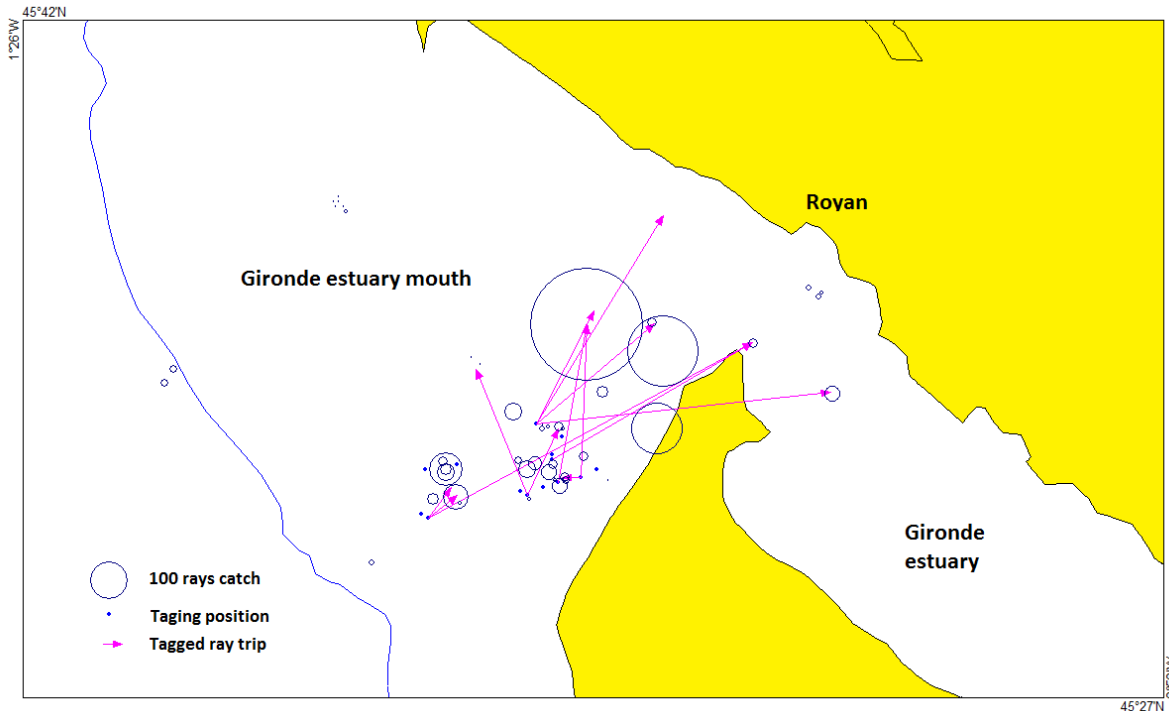


Figure 5 : Positions dans l'estuaire de la Gironde des marquages de raies brunettes (nov.-déc. 2013), des recaptures (avril-mars 2014) and des captures des palangriers (Jan.-May 2014)

Deux jeux de résultats ont été obtenus en utilisant l'estimateur de Petersen pour une probabilité de déplacement inférieure à 7 miles nautiques estimée entre 0.63 et 0.79 (Tableau 3). Pour chacune de ces probabilités, la diminution des effectifs par mortalité a été fixée à 10 et 19 %. Les intervalles de confiance à 95 % sont donnés. L'estimation de la population en nombre a été convertie en biomasse en utilisant la relation taille-poids disponible (Dorel, 1986).

Tableau 3 : Estimation de la population et de la biomasse dans l'embouchure de la Gironde

Probabilité de déplacement en deçà de 6 miles nautiques	0.63		0.79	
	10%	19%	10%	19%
Estimation d'abondance en nombre	11337	12014	14188	12780
Intervalles de confiance à 95 % de l'estimation d'abondance	6812-20090	5137-18100	8525-25144	7649-22649
Estimation de la biomasse en tonne	56	51	70	63
Intervalles de confiance à 95 % de l'estimation de la biomasse	34-99	30-90	42-124	38-112

D'après ces résultats, la biomasse de raies brunettes de longueur supérieure à 65 cm pourrait atteindre 51 à 70 tonnes dans l'embouchure de la Gironde durant l'hiver 2013-2014. Cependant, les intervalles de confiance à 95% augmentent cette fourchette à 30-124t.

Conclusion

Cette estimation par marquage-recapture de l'abondance de la raie brunette s'est heurtée à la difficulté d'avoir un laps de temps entre les phases de marquage et de recapture qui devait s'étendre à 5 mois. Pour ce qui du problème des pertes de marque, un délai plus court doit être privilégié car, même si elle est peu importante, la perte de marque augmente avec le temps. Cependant, même si ce laps de temps peut être plus court, il est intéressant de faire systématiquement du double-marquage dans les zones où des filets sont calés.

Toutefois, la raie brunette ne se déplace pas rapidement et, de plus, elle forme parfois des agrégations stables, comme l'ont démontré certaines recaptures. Par conséquent, réduire la durée à moins d'un mois, pour être plus en adéquation avec des études similaires (Pine *et al*, 2003), n'est probablement pas à recommander. D'après les déplacements moyens observés en fonction de la durée entre deux captures, 45 jours semblent être la durée minimale pour permettre aux raies brunettes marquées de se mélanger au reste de la population.

Un autre problème a été que l'opération de recapture n'a pas pu s'étendre à toute la zone qui doit correspondre à l'habitat de la raie brunette. Elle peut se déplacer au-delà de 7 miles nautiques en moins d'un mois. Cependant, les déplacements sont rarement supérieurs à 20 miles nautiques. Des contraintes budgétaires ont conduit à essayer de réaliser les opérations de recapture en partenariat avec des pêcheurs professionnels. Les résultats sont plus que satisfaisants et montrent que cette solution est à considérer autant que possible afin d'augmenter la quantité de données dans la phase de recapture d'un tel projet. Des affrètements supplémentaires auraient été utiles, particulièrement entre 7 et 20 miles nautiques, mais le problème devrait être moins important quand le projet ne cible pas une espèce pour laquelle les débarquements sont interdits.

Cette estimation d'abondance par marquage-recapture apporte des éléments qui devraient permettre de l'estimer l'abondance de la raie brunette à une plus large échelle dans le Golfe de Gascogne. Cela peut être d'une aide intéressante pour évaluer l'abondance d'une espèce pour laquelle l'utilisation d'autres méthodes doit faire face à une distribution variable et côtière, à l'absence de séries de statistiques de pêche et à des difficultés d'âge.

Remerciements

Les résultats présentés dans ce document de travail ont été obtenus dans le cadre des projets RaieBECA et RECOAM. Le projet RaieBECA est financé par les Conseils Régionaux d'Aquitaine, de Poitou-Charentes, des Pays de la Loire et de Bretagne et par France Filière Pêche en 2013-2014, et il était une partie du projet Interreg IVb MAIA en 2012. Le projet RECOAM est soutenu par les fonds de l'Agence des Aires Marines Protégées, de France Filière Pêche via le Comité National des Pêches Maritimes et des Elevages Marins, le Ministère en charge de l'environnement et la DREAL Bretagne, les Conseils Régionaux de Basse Normandie et de Bretagne, les Fondation Nature et Découverte et Save Our Seas. Nous remercions nos collègues du CEFAS pour la mise à disposition de 100 disques de Petersen qui ont permis de débiter le travail dès fin 2011. Les professionnels qui ont contribué aux marquages ou/et aux recaptures, ou/et qui ont accueilli des observateurs à leur bord sont chaleureusement remerciés.

References

- Coelho R., L. Bentes, C. Correia, J.M.S. Gonçalves, P.G. Lino, P. Monteiro, J. Ribeiro and K. Erzini, 2002. Fisheries biology of the undulate ray, *Raja undulata*, in the Algarve (southern Portugal). Scientific Council Research Document 02/89. Northwest Atlantic Fisheries Organisation, Nova Scotia. https://ccmar.uaig.pt/cfrg/documents/Poster_2002_4.pdf
- Delamare A., C. Hennache, E. Stéphan and G. Biais, 2013. Bay of Biscay undulate ray (*Raja undulata*) abundance estimate by mark-recapture. Working document presented to WGEF, Lisbon, 17-21 June 2013. 11p.
- Dorel D., 1986. Poissons de l'Atlantique Nord-Est. Relations Taille-Poids. *Rapport interne Ifremer*, DRV-86-001/RH/NANTES. 183p.
- Ellis, J. R., McCully S. R. and Brown M. J. , 2012. An overview of the biology and status of undulate ray *Raja undulata* in the north-east Atlantic Ocean. *Journal of Fish Biology* 2012, doi:10.1111/j.1095-8649.2011.03211.x. Available at [ww.wileyonlinelibrary.com](http://www.wileyonlinelibrary.com).
- Hennache, C., 2013. Etude du taux de survie de raies brunettes marquée à l'aide de disque de Petersen. 7p.
- Moreau, E, 1880. Histoire naturelle des poissons de la France. Tome premier: 478 p.
- Moura, T., Figueiredo, I., Farias, I., Serra-Pereira, B., Coelho, R., Erzini, K., Neves, A. and Gordo, L. S., 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. Available at <http://www.publish.csiro.au/?paper=MF07042>
- Pine, W. E., Pollock K. H., Hightower J. E., Kwak T. J. and Rice J. A., 2003. A review of tagging methods for estimating fish population size and components of mortality. *Fisheries*, vol. 28 n°10 : 10-23.
- Ricker, W. E., 1980. Calcul et interprétation des statistiques biologiques des populations de poisson. *Bull. Fish. Res. Board. Can.* 191F: 409p.
- Serra-Pereira B., C. Maia and I. Figueiredo, 2013. Remarks on the reproduction strategy of *Raja undulata* from mainland Portugal. Working document presented to WGEF, Lisbon, 17-21 June 2013. 2p.