



Suivi de la population des grands dauphins sédentaires du golfe normand-breton et de la baie de Seine

Rapport de synthèse pour l'année 2013

Avril 2014
François Gally

Etude réalisée avec le concours financier de l'Agence de l'Eau Seine Normandie

Groupe d'Etude des Cétacés du Cotentin
Place des Justes
50 130 Cherbourg-Octeville

02 33 10 22 50 – 06 62 18 40 60 – gecc@hotmail.fr

Table des Matières

	Pages
1. Introduction	7
1.1. Présentation de l'espèce	7
1.1.1. <i>Les classes d'âge</i>	7
1.1.2. <i>Le dimorphisme entre les mâles et les femelles</i>	8
1.1.3. <i>La structure sociale</i>	8
1.2. Réglementation pour la protection des grands dauphins	9
2. Méthodologie	10
2.1. La zone d'étude	10
2.2. Les sorties en mer	11
2.2.1. <i>Les conditions météorologiques et le matériel</i>	11
2.2.2. <i>Les trajets : l'échantillonnage stratifié</i>	11
a. Définition des strates	11
b. Définition des transects	14
2.2.3. <i>Le protocole d'observation</i>	15
a. L'étude du comportement des animaux ou <i>scan sampling</i>	16
b. Les photographies	19
2.3. La photo-identification	20
2.4. Le sexage	22
2.4.1. <i>Les différentes méthodes de sexage du grand dauphin</i>	22
2.4.2. <i>Elaboration d'une méthode de sexage adaptée à la population du golfe normand-breton</i>	24
a. Données utilisées pour le sexage	24
b. Méthodologie	24
b.1. Les indicateurs	24
b.2. Les matrices de confusion	26
b.3. Les résultats	27
2.5. L'estimation de la taille des groupes	29
2.6. L'estimation de la population	30
2.6.1. <i>Description de la méthode choisie pour la population du golfe normand-breton : le programme CAPTURE</i>	31
2.6.2. <i>Le choix des données</i>	32
2.7. La structure sociale	33
2.7.1. <i>Indices d'associations</i>	33
2.7.2. <i>Associations préférentielles</i>	34
2.7.3. <i>Variables sociales de la population</i>	34
2.7.4. <i>Visualiser la structure sociale</i>	34
a. Diagramme de réseau social	35
b. Dendrogramme	35
b.1. La corrélation cophénétiq	35
b.2. La modularité du réseau	35
b.3. Le knot diagram	36
2.7.5. <i>Betweenness et divisions naturelles au sein du groupe</i>	36
2.7.6. <i>Influence du sexe sur la structure sociale</i>	37

	Pages
3. Résultats	38
3.1. Les sorties en mer de l'année 2013	38
3.2. La photo-identification de l'année 2013	41
3.2.1. <i>Photographies analysées</i>	41
3.2.2. <i>Etat du catalogue</i>	43
3.2.3. <i>Morphologies remarquables et pathologies dermatologiques chez les grands dauphins du golfe normand-breton</i>	44
3.3. Le sexage de la population en 2013	49
3.4. Les groupes rencontrés en 2013	49
3.4.1. <i>Taille</i>	49
3.4.2. <i>Mixité</i>	50
3.5. L'estimation de la population de l'année 2013	51
3.6. La structure sociale de la population de 2009 à 2011	52
3.6.1. <i>Choix de l'échantillon</i>	52
3.6.2. <i>Associations préférentielles</i>	53
3.6.3. <i>Variables sociales</i>	53
3.6.4. <i>Visualiser la structure sociale</i>	53
a. Diagramme de réseau social	53
b. Dendrogramme	54
3.6.5. <i>Betweenness et divisions naturelles au sein du réseau</i>	59
3.6.6. <i>Influence du sexe sur la structure sociale</i>	65
3.7. Récapitulatif des résultats du suivi de l'année 2013	65
4. Le suivi de la population de 2009 à 2013	67
4.1. Le travail de terrain	67
4.1.1. <i>Effort de recherche</i>	67
4.1.2. <i>Distribution spatiale</i>	71
4.1.3. <i>Fidélité au site</i>	72
4.2. La photo-identification	73
4.2.1. <i>Etat des lieux</i>	73
4.2.2. <i>Evolution du catalogue</i>	74
4.2.3. <i>Synthèse des identifications</i>	75
4.3. Les groupes du golfe normand-breton	76
4.3.1. <i>Taille</i>	76
4.3.2. <i>Mixité</i>	81
4.4. Les estimations de la population de 2009 à 2013	83
5. Conclusion	87
6. Les travaux annexes au suivi de la population effectués en 2013	88
7. Remerciements	89

	Pages
8. Annexes	90
Annexe 1 : Fiche de Scan sampling	90
Annexe 2 : Fonction de langage R pour le calcul de la couverture de l'échantillon, ou SC	92
Annexe 3 : Détail des 154 grands dauphins compris dans l'échantillon utilisé pour la structure sociale	93
9. Bibliographie	96
Liste des figures :	
Figure 1 : Carte de la zone d'étude prospectée par le GECC en 2013	10
Figure 2 : Cartes saisonnières de densité de premiers contacts pour les années 2007 à 2012	12
Figure 3 : Carte des 26 strates de la zone d'étude	13
Figure 4 : Carte de répartition des différents transects par strate pour l'année 2013	15
Figure 5 : Photographie d'un aileron dorsal et de l'arrière du corps d'un grand dauphin	20
Figure 6 : Numérotation de plusieurs ailerons figurant sur une même photographie	21
Figure 7 : Angle de prise de vue en degrés	21
Figure 8 : Illustration des différents niveaux de marquage	22
Figure 9 : Distribution du pourcentage d'associations partielles des mâles et des femelles de la liste de référence	25
Figure 10 : Distribution du niveau de marquage des mâles et des femelles de la liste de référence	26
Figure 11 : Effort de recherche pour l'année 2013	40
Figure 12 : Points de contact avec les groupes de grands dauphins en 2013	40
Figure 13 : Temps passé avec les groupes de grands dauphins en minutes par maille d'un km ² pour l'année 2013	41
Figure 14 : Femelle grand dauphin affectée d'une malformation de la colonne vertébrale suivie par le GECC de 2005 à 2007	44
Figure 15 : Grand dauphin (N0254) observé entre 2006 et 2012 dont l'aileron est courbé	45
Figure 16 : Grand dauphin jeune non identifié observé en 2013 et affecté de prognathisme	45
Figure 17 : Grand dauphin (N0402) à la peau marbrée	45
Figure 18 : Grand dauphin (NL0533) dont la peau est bosselée par des « verrues »	46
Figure 19 : Grand dauphin (NL0052) vu en 2011 avec des taches grises	46
Figure 20 : Grand dauphin (NL0143) vu en 2008 avec des taches foncées	46
Figure 21 : Grand dauphin (N0112) dont la peau présente des taches jaunes	46
Figure 22 : Grand dauphin (N0557) observé à gauche en 2008 et à droite (au premier plan) en 2013	47
Figure 23 : Grand dauphin observé en 2007 avec un parasite sur l'aileron dorsal	48
Figure 24 : Grand dauphin (N0106) observé depuis 2005 et blessé par un fil de pêche	48
Figure 25 : Jeune grand dauphin échoué mort en avril 2013 et atteint d'une infection mycologique	49

	Pages
Figure 26 : Nombre d'individus sexés par groupe en fonction de la proportion de mâles	51
Figure 27 : Diagramme de réseau social représenté à partir de l'indice d'associations HWI	54
Figure 28 : Variation de la modularité du réseau en fonction de l'indice d'associations	54
Figure 29 : Knot diagram ou diagramme de nœuds	55
Figure 30 : Dendrogramme de la population des grands dauphins du golfe normand-breton	56
Figure 31 : Représentation géographique des individus composant le groupe 1 (en bleu) du dendrogramme	57
Figure 32 : Représentation géographique des individus composant le groupe 2 (en vert) du dendrogramme	57
Figure 33 : Représentation géographique des individus composant le groupe 3 (en rouge) du dendrogramme	58
Figure 34 : Représentation géographique des individus composant les trois groupes (bleu, vert et rouge) du dendrogramme	58
Figure 35 : Répartition en pourcentage des individus des trois groupes du dendrogramme (bleu, vert et rouge) en fonction de la latitude	59
Figure 36 : Diagramme de réseau social représenté à partir des valeurs du <i>betweenness</i>	60
Figure 37 : Variation de la modularité du réseau en fonction de la valeur du <i>betweenness</i>	61
Figure 38 : Représentation du <i>betweenness</i> en fonction des individus de l'échantillon	61
Figure 39 : Diagramme du réseau social après avoir enlevé 92 individus de l'échantillon avec la valeur du <i>betweenness</i> la plus élevée d'après la méthode de Girvan-Newman	62
Figure 40 : Diagramme du réseau social des 92 individus de l'échantillon ayant la valeur du <i>betweenness</i> la plus élevée d'après la méthode de Girvan-Newman	63
Figure 41 : Diagramme du réseau social avec les deux individus dont le <i>betweenness</i> est le plus élevé	63
Figure 42 : Représentation géographique des individus composant les groupes 1 et 2 (turquoise et orange) de l'échantillon	64
Figure 43 : Représentation géographique des individus composant le groupe 3 (rose) de l'échantillon	65
Figure 44 : Effort de recherche pour les années 2008 à 2013 en minutes par maille d'un km ²	68
Figure 45 : Répartition saisonnière des sorties en mer effectuées entre 2009 et 2013	69
Figure 46 : Représentation de la répartition mensuelle des sorties et des observations effectuées entre 2009 et 2013	70
Figure 47 : Localisation des groupes de grands dauphins observés entre 2009 et 2013	71
Figure 48 : Localisation des observations opportunistes de grands dauphins entre 2009 et 2013	72
Figure 49 : Evolution du catalogue entre 2009 et 2013	75
Figure 50 : Représentation graphique du nombre d'individus marqués et lisses identifiés chaque année entre 2009 et 2013 sans 2012	76

	Pages
Figure 51 : Représentation en pourcentage du nombre de groupes rencontrés entre 2009 et 2013, sans 2012, dont la taille a été estimée visuellement et par la photo-identification	77
Figure 52 : Répartition par année de la taille des groupes estimés visuellement	79
Figure 53 : Répartition par année de la taille des groupes estimés par photo-identification	79
Figure 54 : Proportion des mâles en fonction du nombre d'individus sexés par groupe entre 2009 et 2013 sans 2012	82
Figure 55 : Graphique de répartition des groupes de grands dauphins en fonction de leur mixité pour les années 2009 à 2013 sans 2012	82
Figure 56 : Représentation graphique des estimations de population et de leur intervalle de confiance entre 2009 et 2013 sans 2012	85

Liste des tableaux :

Tableau 1 : Répartition des différents transects par strate	14
Tableau 2 : Détail des 18 activités spécifiques et des comportements associés	17
Tableau 3 : Illustrations des 18 activités spécifiques	17
Tableau 4 : Caractéristiques des quatre niveaux d'encoches et de griffures	26
Tableau 5 : Matrice de confusion – forme générique	27
Tableau 6 : Résultats obtenus pour toutes classes d'âge confondues	28
Tableau 7 : Résultats obtenus pour la classe d'âge des adultes	28
Tableau 8 : Comparaison des méthodes pour estimer la taille des groupes	30
Tableau 9 : Détail des 45 sorties en mer effectuées en 2013	38
Tableau 10 : Répartition de l'effort de recherche en fonction des saisons pour l'année 2013	39
Tableau 11 : Synthèse des 214 grands dauphins identifiés à partir du travail de terrain de 2013	42
Tableau 12 : Répartition des groupes de grands dauphins rencontrés en 2013 d'après l'estimation visuelle et la photo-identification	50
Tableau 13 : Détail des 51 groupes rencontrés en 2013 répartis par mois et en fonction de la proportion entre les mâles et les femelles	50
Tableau 14 : Les sessions de l'année 2013	51
Tableau 15 : Récapitulatif des résultats de l'estimation de population pour l'année 2013	52
Tableau 16 : Synthèse des variables sociales	53
Tableau 17 : Sorties et observations effectuées entre 2009 et 2013	68
Tableau 18 : Répartition mensuelle des sorties et des observations effectuées entre 2009 et 2013	70
Tableau 19 : Calcul pour estimer la fidélité au site	73
Tableau 20 : Etat des lieux du travail de photo-identification entre 2007 et 2013	73
Tableau 21 : Evolution du nombre d'individus lisses et marqués par année dans le catalogue sans 2012	74
Tableau 22 : Synthèse du nombre d'individus marqués et lisses identifiés entre 2009 et 2013 sans 2012	75
Tableau 23 : Nombre de groupes rencontrés entre 2009 et 2013, sans l'année 2012, estimés visuellement et par la photo-identification et répartis par intervalles de dix	77
Tableau 24 : Répartition en pourcentage de la taille des groupes par année en fonction de l'estimation visuelle et de la photo-identification	78

	Pages
Tableau 25 : Nombre de groupes estimés visuellement entre 2009 et 2013 en fonction des mois de l'année sans 2012	80
Tableau 26 : Nombre de groupes estimés par la photo-identification entre 2009 et 2013 en fonction des mois de l'année sans 2012	80
Tableau 27 : Répartition du nombre de groupes de grands dauphins en fonction de la mixité entre 2009 et 2013 sans 2012	81
Tableau 28 : Détail des 235 groupes rencontrés entre 2009 et 2013, sans 2012, répartis par mois et en fonction de la proportion entre les mâles et les femelles	83
Tableau 29 : Sessions utilisées pour les estimations de population de 2009 à 2013 sans 2012	84
Tableau 30 : Tableau récapitulatif des résultats des estimations de population pour les années 2009 à 2013 sans 2012	84

Ce document doit être cité de la façon suivante :

GALLY, F., 2014. Suivi de la population des grands dauphins sédentaires du golfe normand-breton et de la baie de Seine. Rapport de synthèse du GECC pour l'année 2013. 103 p.

1. Introduction

Le Groupe d'Etude des Cétacés du Cotentin, ou GECC, a pour mission l'étude et la préservation des mammifères marins en mer de la Manche. Depuis 1997, cette association s'est spécialisée dans le suivi d'une population de grands dauphins sédentaires qui fréquente une zone allant de la baie de Seine à la baie de Saint-Brieuc.

En 2013, l'Agence de l'Eau Seine-Normandie (AESN) a soutenu financièrement le GECC pour aider au suivi de ces mammifères marins. Ce rapport rend compte du travail effectué au cours de cette année : il présente la méthodologie mise en place, les résultats obtenus et compare ces résultats avec ceux des années précédentes.

Ce bilan fait suite à un précédent rapport réalisé en 2011 pour l'AESN également.

1.1. Présentation de l'espèce

Les grands dauphins côtiers de l'espèce *Tursiops truncatus*, dont il est question ici, sont des mammifères marins de couleur gris foncé, voire noire, et gris clair sur les flancs. Leur ventre est blanc avec, parfois, une légère teinte rosée. Ils mesurent de 0,84 m à 1,40 m à la naissance pour un poids compris entre 14 et 20 kg. Les mâles adultes mesurent de 2,44 à 3,81 m et peuvent peser 500 kg. Les femelles adultes sont plus petites et mesurent de 2,28 à 3,66 m pour un poids avoisinant les 250 kg. (Ridgway & Harrison, 1999 ; Reynolds, III, *et al.*, 2000 ; Reeves, *et al.*, 2002 ; Reynolds, III & Wells, 2003 ; Jefferson, *et al.*, 2008).

Les observations de grands dauphins réalisées en mer de la Manche tendent à prouver que les animaux sont plus grands qu'énoncé dans la bibliographie. En 2008, un mâle identifié de la population s'est échoué mort : il mesurait 4,80 m.

L'espérance de vie du grand dauphin est comprise entre 40 et 50 ans (Wells & Scott, 1990). Les femelles atteignent leur maturité sexuelle entre 9 et 11 ans, deux à trois ans plus tôt que les mâles (Cockcroft & Ross, 1989). La gestation est d'une durée de 12 mois (Urian *et al.*, 1996) et la lactation dure en moyenne 18 mois (Cockcroft & Ross, 1989).

1.1.1. Les classes d'âge

La société des grands dauphins se structure en quatre classes d'âge distinctes : les nouveau-nés, les juvéniles, les sub-adultes et les adultes (Mann & Smuts, 1999). Chacune de ces classes correspond à une période particulière de la vie de l'individu à laquelle sont associés des caractères physiques et comportementaux particuliers.

La classe d'âge des nouveau-nés est estimée à 10 semaines (McBride & Kritzler, 1951 ; Mann & Smuts, 1999). Le corps du dauphin est marqué par des plis et des lignes foetales (Mann & Smuts, 1999). Les plis peuvent rester environ une semaine, alors que les lignes peuvent être encore visibles plus de 10 semaines après la naissance. Le corps est de couleur très pâle (Wilson *et al.*, 1999a) et l'aile dorsal n'a pas d'encoches ni de griffures (McBride & Kritzler, 1951 ; Felix, 1997) ; il est très souple (Dearolf *et al.*, 2000). Durant les trois ou quatre premiers jours de vie, des poils autour du rostre du jeune dauphin peuvent être observés (Mann & Smuts, 1999). La nage du nouveau-né est caractérisée par une tendance à se projeter en dehors de l'eau lors de la respiration (Mann & Smuts, 1999). La proximité avec la mère est très forte et les contacts corporels sont nombreux (Mann & Smuts, 1999). Les jeux et les comportements sociaux sont importants durant cette période.

Le grand dauphin de la classe d'âge des juvéniles est associé à sa mère ou aux autres jeunes du groupe (Stanton *et al.*, 2011). Sa couleur de peau est nettement plus pâle que les sub-adultes et les adultes (Wilson *et al.*, 1999a) et sa taille est plus petite que celle des adultes

(Wilson *et al.*, 1999a). Son comportement est proche de celui des nouveau-nés avec beaucoup d'activités sociales et de jeux (Rochelle, 2001 ; Gibson & Mann, 2008b). Cette période est comprise entre les dix semaines et les quatre ans de l'individu.

La séparation avec la mère caractérise la classe des sub-adultes (Stanton *et al.*, 2011). Les individus sub-adultes ont entre 4 et 14 ans. Durant cette période, les dauphins sont sexuellement immatures (Gibson & Mann, 2008a). Leur taille est inférieure ou égale à celle des adultes et le corps est moins robuste (Wilson *et al.*, 1999a). La couleur des sub-adultes est plus pâle que celle des adultes (Wilson *et al.*, 1999a). L'aileron dorsal n'est pas encore marqué ou l'est moins que celui des adultes (Felix, 1997). Les sub-adultes s'associent entre individus de la même classe d'âge ; il n'y a pas d'association régulière avec des nouveau-nés (Felix, 1997).

Les grands dauphins adultes sont robustes et de couleur foncée (Wilson *et al.*, 1999a). L'aileron dorsal est nettement marqué par des griffures ou des encoches (Felix, 1997). Ils sont généralement accompagnés d'individus plus jeunes et/ou d'autres individus adultes (Felix, 1997).

1.1.2. Le dimorphisme entre les mâles et les femelles

Les grands dauphins possèdent un dimorphisme sexuel plus ou moins appréciable suivant l'âge des individus. Les mâles sont un peu plus grands et plus robustes que les femelles pour un poids pouvant être fortement supérieur (Tolley *et al.*, 1995 ; Siciliano *et al.*, 2007). Concernant l'aileron dorsal, Tolley *et al.*, 1995 affirment que celui des mâles est plus large que celui des femelles. D'après Rowe & Dawson, 2009, le contour de l'aileron serait plus entaillé chez les mâles et des griffures recouvriraient généralement plus de 10% de sa surface. Quant aux lésions cutanées, elles seraient plus nombreuses sur l'aileron des femelles.

En ce qui concerne l'analyse de la zone génitale, les mâles ont, comparativement aux femelles, un écart significativement plus grand entre la fente uro-génitale et anale (Tolley *et al.*, 1995 ; Diaz Lopez & Shirai, 2008).

1.1.3. La structure sociale

Les grands dauphins côtiers sont considérés comme constituant une société de fission-fusion. Cela signifie que ces animaux présentent le plus souvent une structure sociale fluide et dynamique, avec la formation de petits groupes dont la taille et la composition varient sur une base horaire ou journalière. Les associations se forment, se modifient et se reforment dans un laps de temps court (Connor *et al.*, 2000).

Les jeunes individus entretiennent une relation très étroite avec leur mère pendant au moins trois ans (Wells *et al.*, 1987). Cette période peut aller jusqu'à huit ans suivant les populations (Wells *et al.*, 1987 ; Grellier *et al.*, 2003). Lors de la première année de vie, les nouveau-nés passent près de 50% de leur temps en association proche avec leur mère (Grellier *et al.*, 2003 ; Gibson & Mann, 2008a).

Une fois séparés de leur mère, les juvéniles sont observés avec d'autres individus, généralement de la même classe d'âge (Mann, 2006 ; Gibson & Mann, 2008a). Lors de la séparation mères-jeunes, les jeunes mâles passent de plus en plus de temps en socialisation avec d'autres individus, alors que les femelles sont généralement plus solitaires et occupent ces moments à développer des stratégies de pêche (Gibson & Mann, 2008b). Jusqu'à l'approche du sevrage, les mâles adultes, étant matures sexuellement, ne s'associent pas avec les individus des groupes mères-jeunes, les femelles suitées n'étant pas fertiles (Gibson & Mann, 2008b). On constate encore que les femelles ayant un nouveau-né se trouvent dans des groupes de taille supérieure à ceux observés lorsque le jeune est plus âgé (Mann *et al.*, 2000).

Les groupes de dauphins sont majoritairement constitués d'individus du même sexe (Wells *et al.*, 1987 ; Connor *et al.* 1992a, 1992b ; Gibson & Mann, 2008b). Les mâles

formeraient des petits groupes qui coopèrent afin d'augmenter leurs chances de se reproduire. Ces groupes peuvent regrouper de deux à quinze individus avec une moyenne de trois individus (Shane *et al.*, 1986). Les individus sub-adultes restent entre individus de la même classe d'âge, mâles et femelles confondus. Il semble que les femelles aient plus d'interactions sociales avec les groupes mères-jeunes (Smolker *et al.*, 1992). Enfin, dans les populations qui comptent peu d'individus, les dauphins mâles et femelles peuvent vivre ensemble et toutes classes d'âge confondues (Lusseau *et al.*, 2003).

1. 2. Réglementation pour la protection des grands dauphins

Comme l'ensemble des mammifères marins, le grand dauphin est protégé par plusieurs conventions européennes et internationales. Sur la liste rouge 2013 de l'UICN (Union Internationale pour la Conservation de la Nature) le grand dauphin *Tursiops truncatus* est classé en « préoccupation mineure », l'espèce n'étant pas en déclin, malgré les multiples menaces qui pèsent sur ce cétacé et son habitat (<http://www.iucnredlist.org/>).

L'annexe II de la CITES (Convention sur le commerce international des espèces de faune et de flore sauvages menacées d'extinction), dans laquelle figure le grand dauphin, liste les espèces qui ne sont pas directement menacées d'extinction, mais qui pourraient le devenir si le commerce de leurs spécimens n'était pas étroitement contrôlé (<http://www.cites.org/fra/app/appendices.php>).

La convention de Berne, qui a pour objectif « d'assurer la conservation de la flore et de la faune sauvage et de leurs habitats naturels », mentionne aussi le grand dauphin dans son appendice II (<http://conventions.coe.int/treaty/fr/Treaties/Html/104-2.htm>). Cette convention a été mise en place entre l'ensemble des pays européens et certains pays africains (Tunisie, Maroc, Sénégal, Burkina Faso).

Enfin, la directive européenne 92/43/CEE, qui concerne la conservation des habitats naturels de la faune et de la flore sauvage, a pour but « d'assurer le rétablissement ou le maintien dans un état de conservation favorable des espèces de grande importance écologique ». Cette directive liste le grand dauphin dans ses annexes II et IV (<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:31992L0043:FR:HTML>), lui offrant ainsi des mesures spéciales de conservation, et inclut la création de Zones Spéciales de Conservation (ZSC).

2. Méthodologie

Nous avons pris le parti de désigner la population des grands dauphins sédentaires dont il est ici question sous le nom de « population des grands dauphins du golfe normand-breton », en raison de la zone géographique où elle est le plus fréquemment observée. Notons, cependant, que cette population ne se limite pas à ce seul golfe, puisque certains individus ont été observés plus loin, en baie de Seine notamment.

Cette partie présente la méthodologie appliquée par le GECC, en 2013, pour effectuer le suivi de la population des grands dauphins du golfe normand-breton.

2.1. La zone d'étude

La zone d'étude sur laquelle le suivi de la population a été effectué en 2013 s'étend de Courseulles-sur-mer, en baie de Seine, au cap Fréhel, et comprend une partie des îles anglo-normandes, à savoir Aurigny, Jersey, les archipels des Ecréhou et des Minquiers (figure 1). Cette zone de prospection a été délimitée en fonction des observations régulières de grands dauphins appartenant à la population du golfe normand-breton. Elle correspond à une surface d'environ 7000 km².

Guernesey et Serk ne sont pas comprises dans cette zone d'étude, car peu d'observations de grands dauphins ont été signalées autour de ces îles.

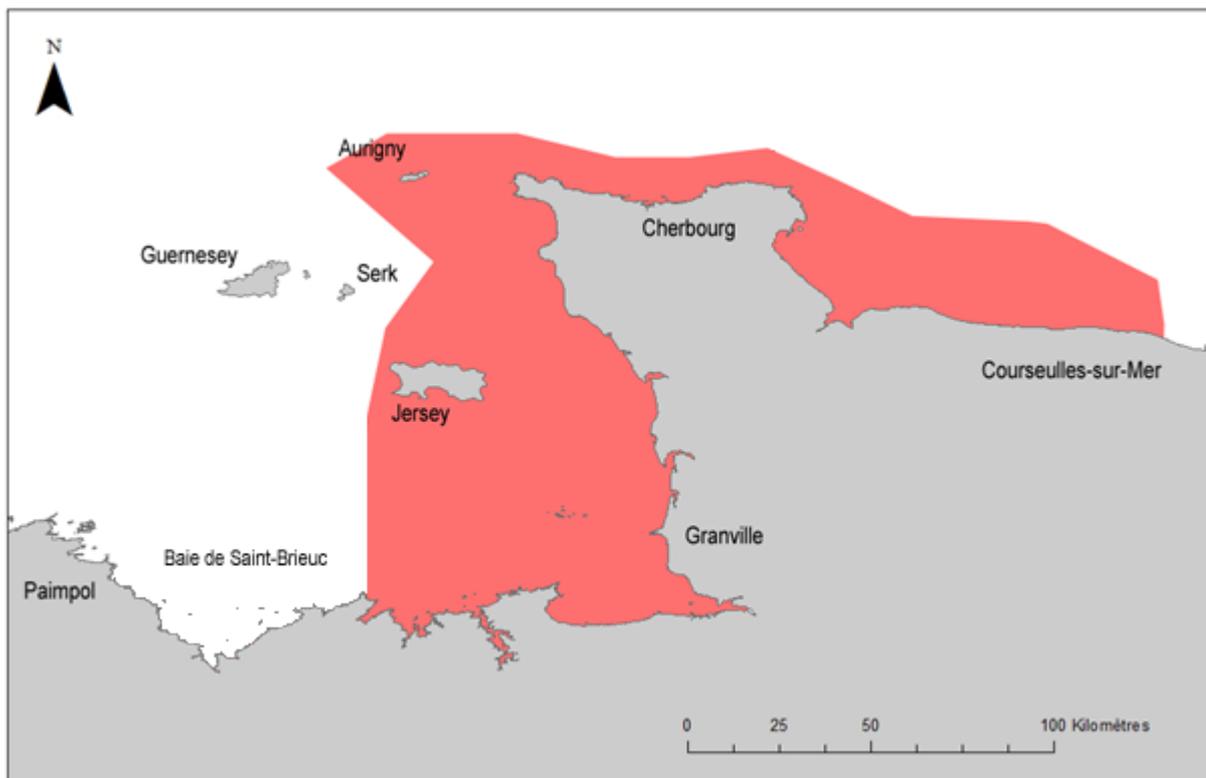


Figure 1 : Carte de la zone d'étude prospectée par le GECC en 2013

2.2. Les sorties en mer

2.2.1. Les conditions météorologiques et le matériel

Le GECC effectue des sorties en mer tout au long de l'année. Les sorties ont lieu lorsque les conditions météorologiques offrent une bonne visibilité pour observer les animaux : le ciel doit être dégagé, sans pluie et sans brouillard, et le vent faible, soit moins de 10 km/heure. Les sorties se font depuis les ports de Granville, de Diélette et de Cherbourg.

Pour l'observation en mer, un équipage de trois personnes au minimum est nécessaire : un pilote et deux observateurs.

Le bateau utilisé pour les sorties en mer est un semi-rigide de 6,20 m. Les photographies des grands dauphins sont prises avec deux appareils différents :

- un reflex numérique Canon avec un objectif de 17-85mm qui permet de prendre les individus proches du bateau ;
- un reflex numérique Canon équipé d'un zoom de 70-300mm permet de prendre les individus qui sont éloignés du bateau.

Le trajet du bateau est systématiquement enregistré. Ce fichier, appelé aussi tracking, est produit par le GPS qui donne une position toutes les minutes.

2.2.2. Les trajets : l'échantillonnage stratifié

Jusqu'alors, le GECC effectuait ses trajets en mer selon un protocole de type « opportuniste » : les trajets étaient choisis pour favoriser le plus possible les rencontres avec les animaux. Les mêmes lieux étaient alors souvent prospectés, introduisant un biais important dans les estimations de populations et limitant les analyses spatiales.

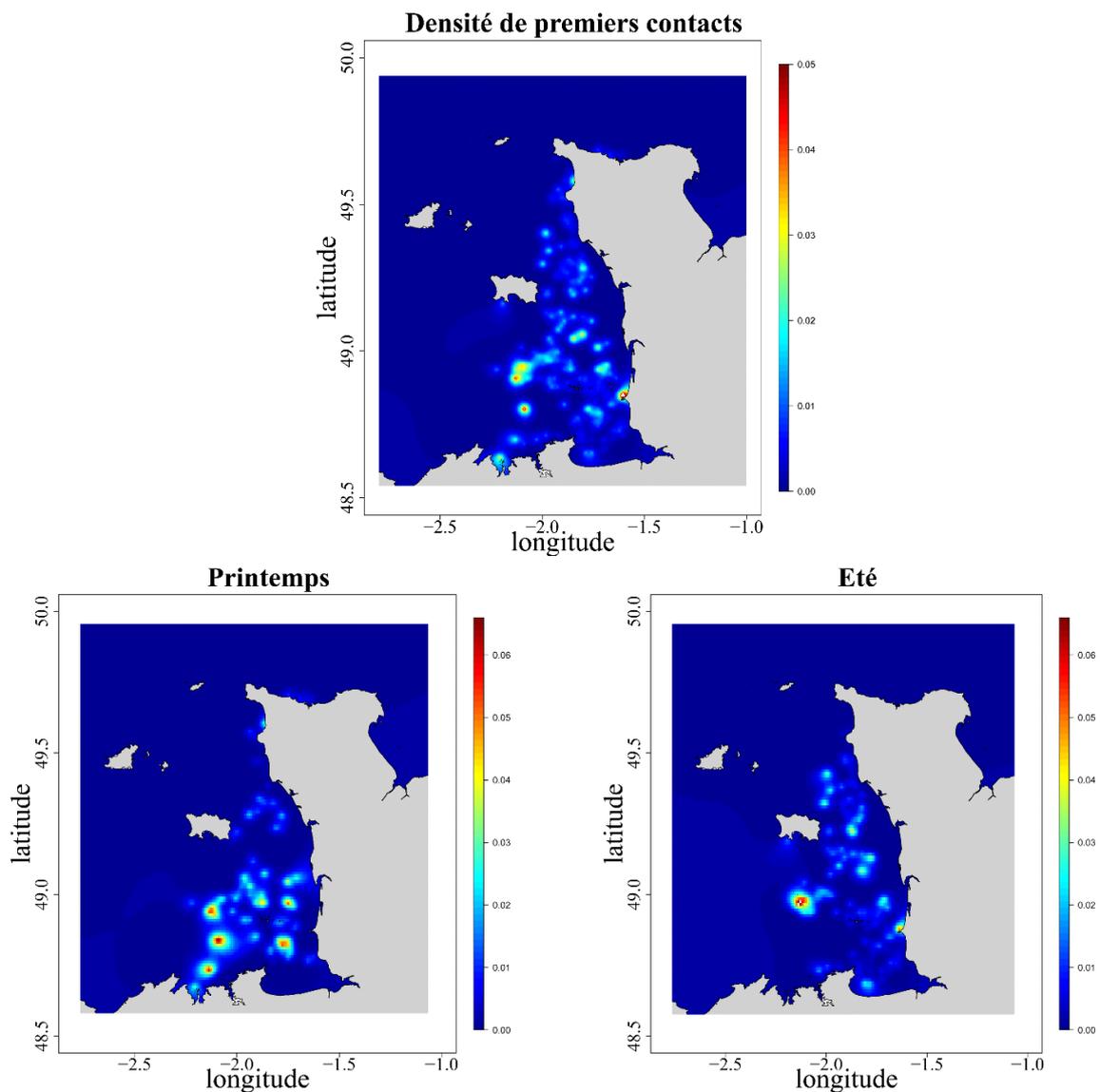
En juillet 2013, le GECC a modifié son protocole et sélectionné ses trajets en mer en fonction d'un « échantillonnage stratifié ». Cette démarche est plus adaptée à la réalité du terrain. De fait, la population des grands dauphins du golfe normand-breton présente une distribution en groupe, appelée aussi agrégée, qui implique l'existence de zones où cette espèce est très abondante et l'existence de zones où cette même espèce est beaucoup moins présente. L'échantillonnage stratifié a pour objectif de favoriser une couverture homogène de la zone à prospecter. Cela consiste à découper l'ensemble de la zone d'étude en plusieurs sous-zones, ou « strates », puis à définir, au sein de chaque strate, un certain nombre de transects afin de permettre un échantillonnage aléatoire et indépendant.

L'échantillonnage stratifié, parce qu'il propose un travail standardisé sur toute la zone et diminue considérablement le facteur humain dans le choix des sites à prospecter (facteur très présent dans le protocole opportuniste), répond mieux aux exigences des modèles d'estimation de population, d'étude de la structure sociale et permet une étude spatiale beaucoup plus précise. En outre, il est adapté aux conditions des protocoles BACI (Before-After Control Impact). Ces méthodes particulières d'échantillonnage mettent en évidence l'impact de perturbations, anthropiques ou non, sur une population. Il s'agit là d'un outil particulièrement intéressant dans une zone qui prévoit l'implantation de deux parcs éoliens (Courseulles-sur-mer et Saint-Brieuc) et d'une ferme pilote d'hydroliennes dans le Raz Blanchard.

a. Définition des strates

Afin de satisfaire au protocole de l'échantillonnage stratifié, la zone d'étude à prospecter a été divisée en 26 strates homogènes, avec une probabilité égale à l'intérieur de chaque strate de rencontrer les animaux. Si certaines strates présentent plus de probabilités de rencontres que d'autres, l'échantillonnage stratifié va permettre de comparer ces différentes strates entre elles.

Le découpage de la zone a été fait à partir des cartes de Philippine Chambault réalisées lors de son stage de Master 2 encadré par Pascal Monestiez, de l'INRA et Christophe Guinet du CEBC-CNRS (Chambault, 2013). Ces cartes, présentées dans la figure 2, ont été élaborées à partir des données collectées par le GECC entre 2007 et 2012. Elles mettent en évidence la densité des premiers contacts avec les grands dauphins. L'échelle à droite de chaque carte représente cette densité, soit le nombre de premiers contacts pondérés par l'effort de recherche (le temps passé à chercher les animaux en mer).



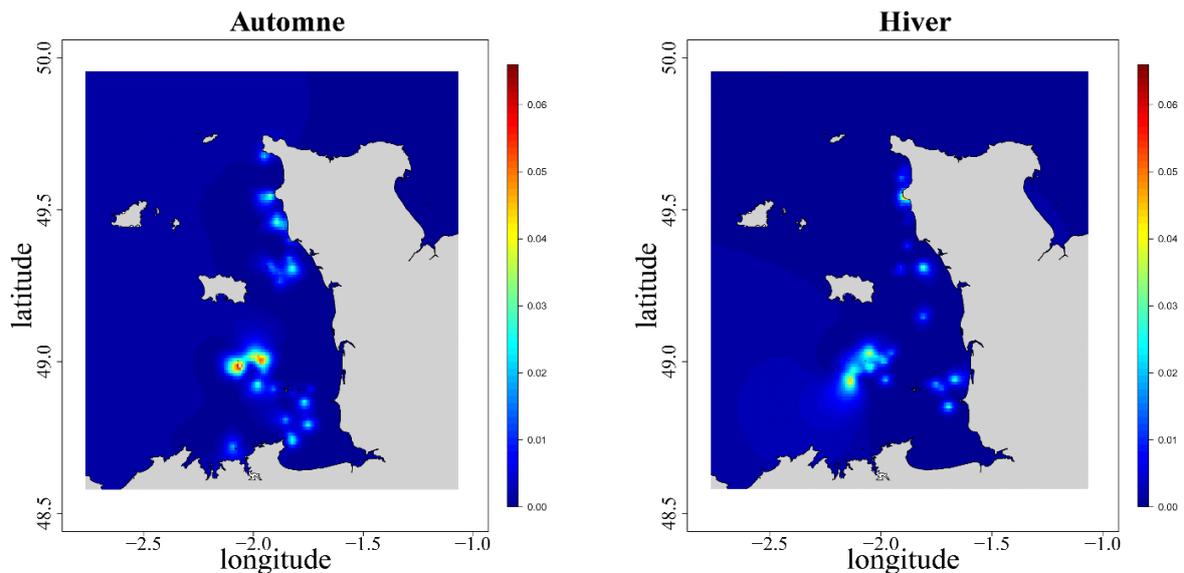


Figure 2 : Cartes saisonnières de densité des premiers contacts pour les années 2007 à 2012

L'association souhaitant étendre la zone d'étude vers la baie de Seine et la baie de Saint-Brieuc, d'autres strates ont alors été définies en utilisant les données du Réseau d'Observateurs (qui fournissent des indications sur la présence des animaux) et la bathymétrie. Les travaux de Philippine Chambault ont prouvé, en effet, que les grands dauphins du golfe normand-breton étaient côtiers ; en conséquence, l'isobathe des 20-30 mètres a été prise comme référence pour délimiter les strates supplémentaires. Au final, la compilation de toutes ces données a conduit à la stratification suivante de la zone (figure 3) :

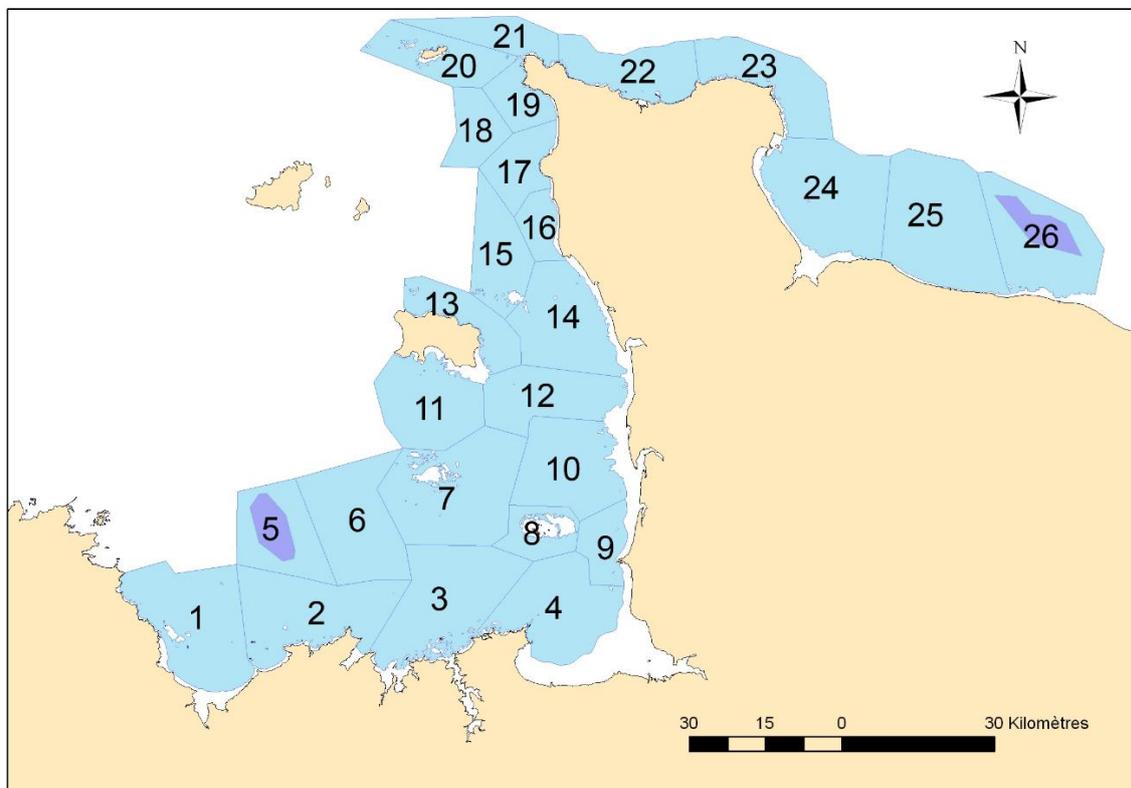


Figure 3 : Carte des 26 strates de la zone d'étude. Les zones violettes représentent les projets d'implantation des parcs éoliens de Saint-Brieuc et de Courseulles-sur-Mer.

b. Définition des transects

Une fois la zone d'étude divisée en différentes strates, il a fallu définir et placer les transects, de telle sorte que chaque strate soit échantillonnée de la manière la plus homogène possible.

Dans un premier temps, nous avons évalué le nombre de km à faire en une session. La méthode de Capture-Marquage-Recapture (ou CMR, voir partie 2.4.), utilisée par le GECC pour réaliser l'estimation de population des grands dauphins du golfe normand-breton, prévoit un minimum de deux sessions par an, une session correspondant à la couverture de toute la zone prospectée. En tenant compte des moyens matériels et humains à disposition de l'association et en se basant sur les sorties effectuées en 2009, 2010, 2011 et 2012, le GECC a estimé la durée d'une session à un mois et à 450 km. Le tableau 1 détaille la répartition de ces 450 km entre les 26 strates de la zone, proportionnellement à la superficie de chaque strate.

Tableau 1 : Répartition des différents transects par strate

Strate	Surface en km ²	Nombre de km de transect par strate	Nombre de transects	Nombre total de transects avant tirage au sort
1	435	26,37	5	15
2	417	25,27	5	15
3	274	27,27	5	15
4	378	22,30	4	12
5	450	16,63	4	12
6	368	22,94	5	15
7	477	28,91	6	18
8	103	6,22	4	12
9	121	7,35	4	12
10	334	20,24	4	12
11	311	18,86	4	12
12	277	16,79	4	12
13	179	10,84	4	12
14	340	20,61	4	12
15	221	13,37	4	12
16	88	5,33	2	6
17	155	9,41	3	9
18	139	8,45	3	9
19	113	6,84	3	9
20	206	12,51	3	9
21	151	9,17	3	9
22	247	14,97	4	12
23	269	16,30	4	12
24	462	28,02	4	12
25	517	31,33	4	12
26	391	23,70	4	12
TOTAL :	7423	450	103	

Ensuite, le nombre de kilomètres total par strate a été divisé en plusieurs transects de taille plus ou moins égale. Le nombre et la taille des transects ont été déterminés en fonction de la forme et de la présence de zones non navigables (par exemple des îles) dans les strates. A titre d'exemple, le découpage autour de Chausey, soit la strate 8, comprend plusieurs petits transects, en raison des nombreux îlots et rochers de l'archipel, au contraire de la strate 25,

secteur d'Arromanches, qui possède des transects plus grands. La quatrième colonne du tableau 1 donne le nombre de transects par strate à parcourir dans une session.

Pour réduire au maximum le facteur humain dans le choix des transects et contraindre les observateurs à aller partout, même là où ils n'ont pas l'habitude de se rendre, le nombre de transects par strate a été multiplié par trois dans chaque strate et ces derniers ont été disposés de manière à couvrir uniformément les strates. Le choix des transects à effectuer par strate doit s'effectuer de manière aléatoire : soit par un tirage de nombres avec le logiciel R, soit en tirant au sort des papiers placés dans une corbeille.

La dernière colonne du tableau 1 donne le nombre total de transects placés par strate avant le tirage au sort. En d'autres termes, sur les 15 transects de la strate 1, cinq doivent être tirés au sort et réalisés au cours d'une session, ce qui correspond à 26,37 km. La figure 4 illustre la répartition de l'ensemble des transects sur la zone d'étude pour l'année 2013.

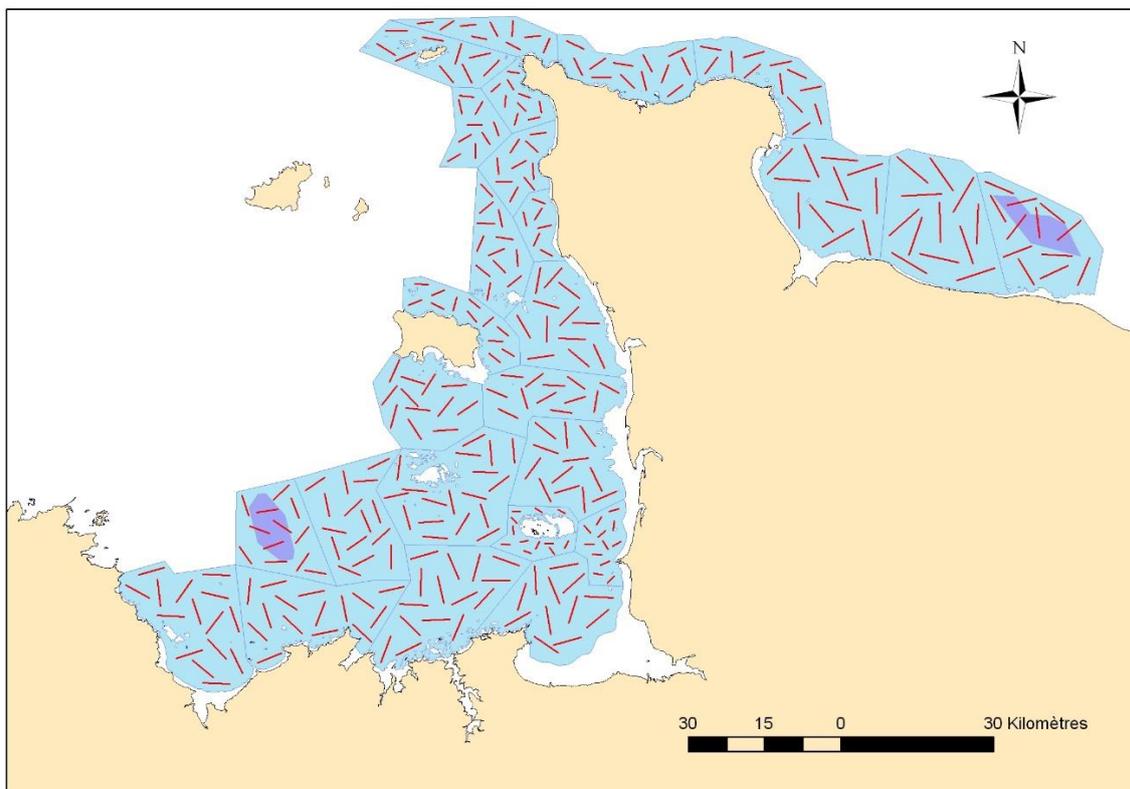


Figure 4 : Carte de répartition des différents transects par strate pour l'année 2013

Tous les transects d'une même strate ne doivent pas être parcourus au cours d'une même sortie. Au contraire, il convient de les étaler dans le temps, l'objectif étant d'avoir couvert tous les transects à la fin de la session. Les transects déjà parcourus lors de précédentes sorties en mer ne sont plus à faire pour la session en cours. Précisons enfin que les transects peuvent être réalisés dans un sens comme dans un autre, cela n'a pas d'importance.

2.2.3. Le protocole d'observation

La durée moyenne des sorties en mer est de quatre à huit heures. En mode de prospection, le bateau se déplace à une vitesse moyenne comprise entre 10 et 15 nœuds. Les déplacements sont entrecoupés de pauses pour favoriser la recherche des animaux. La recherche des animaux s'effectue à partir de l'avant du bateau dans un angle de 180°.

Quand un groupe de grands dauphins est repéré, le bateau s'approche lentement pour s'adapter à leur vitesse tout en conservant une distance de sécurité d'environ 20 m, afin de diminuer le dérangement occasionné. Nous entendons ici par groupe un ensemble d'individus dont la distance qui les sépare ne dépasse pas 500 mètres. A partir de ce moment démarre le travail d'observation, à savoir le *scan-sampling* et la photographie.

A chaque rencontre, le nombre de dauphins qui forme le groupe est estimé et noté par tranche, ou intervalle, de 10 individus. Lorsque l'on juge que l'ensemble des animaux qui compose le groupe a pu être étudié et photographié, le bateau reprend sa prospection. Chaque observation correspond à un groupe.

Au cours des sorties, l'activité à bord du bateau est détaillée avec précision : le temps alloué à la recherche des animaux, le temps passé avec les animaux, le temps de pause. Ces précisions permettront par la suite d'extraire le temps passé à prospecter la zone (effort de recherche) et celui passé en compagnie des dauphins.

a. L'étude du comportement des animaux ou *scan sampling*

Au cours du travail de terrain, une personne a pour tâche de noter le comportement des dauphins rencontrés. La méthode utilisée ici est celle du *scan sampling*, à savoir l'observation sélective et successive des sujets avec un relevé de toutes les activités d'individus pendant une durée déterminée au préalable (Altmann, 1974).

La bibliographie définit cinq comportements prédominants chez les grands dauphins qui se classent et se définissent de la manière suivante (Degradi *et al.*, 2008 ; Kiszka *et al.*, 2011) :

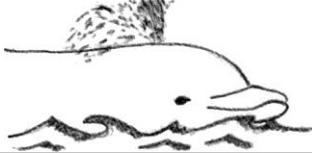
1. Activité de nourrissage/fourrage : ce comportement est caractérisé par la formation dispersée du groupe. Les dauphins nagent en cercle et pourchassent des poissons. Les proies sont alors fréquemment observées à la surface ;
2. Déplacement : ce comportement est caractérisé par le déplacement de tous les membres du groupe dans la même direction ;
3. Activité sociale et/ou activité sexuelle : ce comportement est caractérisé par de fréquentes interactions entre les individus sous la forme de contacts corporels avec des mouvements très rapides, des changements fréquents de direction et des démonstrations aériennes ;
4. Repos : ce comportement est caractérisé par un faible niveau d'activité ;
5. Milling : ce sont des mouvements que l'on ne parvient pas à déterminer précisément. Ce comportement est caractérisé par des mouvements moins rapides avec des changements de direction fréquents.

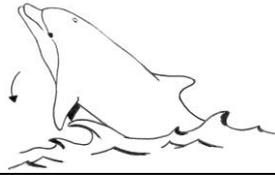
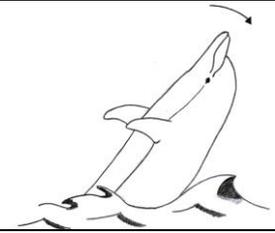
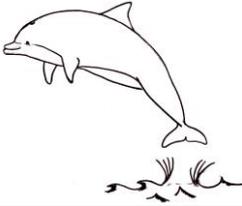
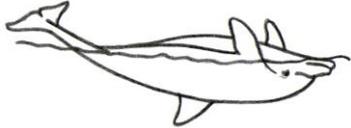
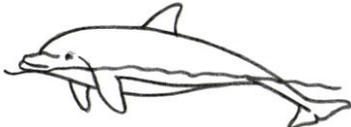
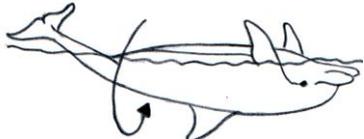
Afin d'éviter une interprétation subjective des différents comportements, nous avons mis en place une grille de 18 activités spécifiques, c'est-à-dire couramment observées sur la population du golfe normand-breton (tableaux 2 et 3). Pour réaliser cette grille, nous nous sommes inspirés des travaux de Goodwin (1985). Les 18 activités ainsi définies ont ensuite été associées à un ou plusieurs comportements, puis schématisées dans la fiche de *scan sampling* (annexe 1) :

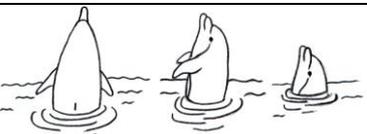
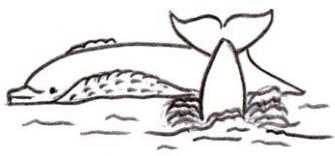
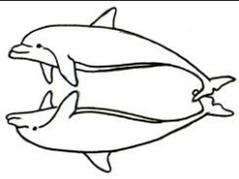
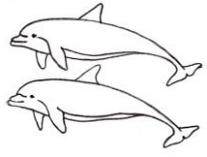
Tableau 2 : Détail des 18 activités spécifiques et des comportements associés

Activités spécifiques	Comportements associés
Bruit	Milling
Coup de queue	Activité sexuelle – Activité sociale (agressive)
Caudale	Activité sexuelle – Activité sociale
Sonde avec caudale	Activité sexuelle – Activité sociale – Activité de fourragement
Sonde dos rond	Activité de fourragement
½ saut	Activité sexuelle – Activité sociale - Activité de fourragement
½ saut arrière	Activité sexuelle – Activité sociale
Saut	Activité sexuelle – Activité sociale
Nage rapide en surface	Activité sexuelle – Activité sociale - Activité de fourragement
Nage rapide sur le dos	Activité de fourragement
Ventre en surface	Activité sexuelle - Activité de fourragement
Bûche/lent	Repos
Tonneau/roule	Activité sexuelle – Activité sociale
Tête avance doucement	Activité sexuelle – Activité sociale
Tête verticale	Activité sexuelle – Activité sociale
Ecume en surface/forte activité	Activité sexuelle – Activité sociale
Ventre contre ventre	Activité sexuelle
Dos contre ventre	Activité sexuelle

Tableau 3 : Illustrations des 18 activités spécifiques

Bruit	
Le dauphin est à la surface et émet, grâce à son évent, un son sourd tel une toux bruyante (souvent lié à une forte expiration).	
Coup de queue	
Le dauphin soulève sa nageoire caudale puis la claque fortement sur la surface produisant un son très fort.	
Caudale	
Le dauphin plonge vers le fond en faisant émerger sa nageoire caudale hors de l'eau et s'immerge en la gardant statique ou en la faisant tourner à la surface.	
Sonde avec caudale	
Le dauphin plonge vers le fond en arrondissant le dos et en faisant émerger sa nageoire caudale hors de l'eau.	
Sonde / dos rond	
Le dauphin plonge vers le fond en arrondissant le dos SANS faire émerger sa nageoire caudale.	

½ saut	
Le dauphin effectue un saut rapide de surface, peu élevé, où la tête, l'aileron dorsal et le ventre sont exposés. La nageoire caudale, quant à elle, ne sort pas toujours de l'eau	
½ saut arrière	
Le dauphin sort de l'eau la tête la première, expose ses nageoires pectorales et son ventre pour se laisser retomber sur le dos.	
Saut	
Le dauphin bondit entièrement de l'eau. Tout le corps est exposé. La tête peut sortir et rentrer en premier dans l'eau mais l'animal peut également rentrer dans l'eau par une autre partie du corps comme le dos ou le côté. Ce comportement provoque, généralement, beaucoup d'écume.	
Nage rapide en surface	
Le dauphin se déplace rapidement en surface, exposant son dos et son aileron dorsal, et créant généralement de l'écume.	
Nage rapide sur le dos	
Le dauphin se déplace rapidement à la surface, exposant son ventre et ses nageoires pectorales, et créant généralement de l'écume.	
Ventre en surface	
Le dauphin est sur le dos, le ventre en surface, et reste stationnaire pendant quelques secondes.	
Bûche / lent	
Le dauphin semble statique à la surface ou présente des mouvements très lents. Le dos et l'aileron dorsal sont exposés.	
Tonneau / roule	
Le dauphin tourne sur lui-même en surface.	

Tête avance doucement	
Le dauphin avance, la tête hors de l'eau pendant au moins 1 à 3 secondes. Généralement, l'aile dorsal reste immergé.	
Tête verticale	
Le dauphin élève seulement sa tête hors de l'eau pendant 1 à 4 secondes, puis s'enfonce lentement dans l'eau. Les nageoires pectorales peuvent parfois être exposées.	
Ecume en surface / forte activité	
Forte activité en surface produisant beaucoup d'écume.	
Ventre contre ventre	
Un dauphin au-dessus d'un autre (chevauchement ventral).	
Dos contre ventre	
Un dauphin au-dessus d'un autre (chevauchement dorso-ventral).	

L'activité d'un individu peut être notée plusieurs fois. Le *scan sampling* peut s'effectuer lorsque l'on parvient à observer un groupe compact de dauphins durant un laps de temps déterminé. Il peut s'agir soit du groupe rencontré dans son ensemble (à la condition que ce dernier soit de petite taille), soit de quelques individus au sein de ce même groupe proches entre eux d'une distance d'environ 10 m (Smolker *et al.*, 1992). On parle alors de *groupe focal*. L'heure, la zone géographique et le nombre d'individus présents dans le groupe étudié sont systématiquement notés. Une session de *scan sampling* dure 25 minutes. Elle se décompose en trois phases d'observation de 5 minutes chacune, entrecoupées de 5 minutes de pause. Au cours de la période d'observation, chaque activité est cochée d'une barre dans la colonne correspondante sur la fiche de *scan sampling* (annexe 1).

En 2013, le GECC a démarré le travail de *scan sampling*. Les données récoltées ne sont pas suffisantes pour débiter des analyses.

b. Les photographies

Chez les grands dauphins, chaque aileron est unique. C'est pourquoi, les encoches, et les griffures, marques naturelles qu'ils se font entre eux, mais aussi les pigmentations de la peau présentes sur l'aile dorsal sont utilisées pour différencier et identifier chaque individu (Würsig & Jefferson, 1990).

Au cours du travail de terrain, deux personnes ont pour tâche de prendre en photographie les ailerons des grands dauphins avec, si possible, l'arrière de leur corps. Ce

dernier peut, au regard des marques qu'il comporte parfois, s'avérer une aide précieuse à l'identification (figure 5).



Figure 5 : Photographie d'un aileron dorsal et de l'arrière du corps d'un grand dauphin

Pour assurer la bonne qualité des photographies, les ailerons doivent être pris perpendiculairement au photographe. Lorsque le groupe comprend des jeunes ou des nouveaux-nés, il est important de les photographier en compagnie des adultes qui les entourent, pour permettre d'identifier par la suite leur mère.

Les photographes doivent veiller à ne pas photographier toujours les mêmes individus. Le regard, en effet, est souvent attiré par des dauphins particuliers qui sont généralement fortement marqués. Il faut alors rester vigilant et éviter, dans la mesure du possible, de choisir les ailerons à photographier. Pour ce faire, il convient de favoriser les photographies sur lesquelles figurent plusieurs individus. Il est important que la personne à bord du bateau qui ne prend pas de photographies conserve une vue d'ensemble sur le groupe d'animaux, pour confirmer que tous les individus ont bien été photographiés, et pas seulement ceux qui sont proches du bateau, l'objectif étant de prendre tous les individus du groupe.

2.3. La photo-identification

La photo-identification consiste en l'identification des grands dauphins du golfe normand-breton à partir des différences qui existent sur leurs ailerons et qui sont visibles sur les photographies.

Une fois la sortie en mer achevée, les photographies sont triées et versées dans une base de données où elles se voient attribuer le numéro de la sortie, le numéro de l'observation (rappelons qu'une observation = un groupe), la date, l'heure, la position GPS, le nombre d'individus et le nombre d'ailerons. Débute alors l'analyse des photographies. Chaque aileron présent sur la photographie reçoit un angle de prise de vue, un numéro d'identification et un niveau de marquage. Précisons ici que si plusieurs ailerons figurent sur une même photographie, un numéro leur est attribué en fonction de la position des individus sur l'image (figure 6) : l'aileton 1 est celui situé au premier plan, et ainsi de suite en s'éloignant du photographe. Si deux ailerons sont sur un même plan, la numérotation s'effectue de la gauche vers la droite.



Figure 6 : Numérotation de plusieurs ailerons figurant sur une même photographie

L'angle de prise de vue, donné en degrés, détermine la position du photographe par rapport à l'aileron (figure 7). Cette information permet de savoir quel côté de l'aileron a été photographié, les grands dauphins n'ayant pas toujours les mêmes marques d'un côté ou de l'autre de leur aileron dorsal.

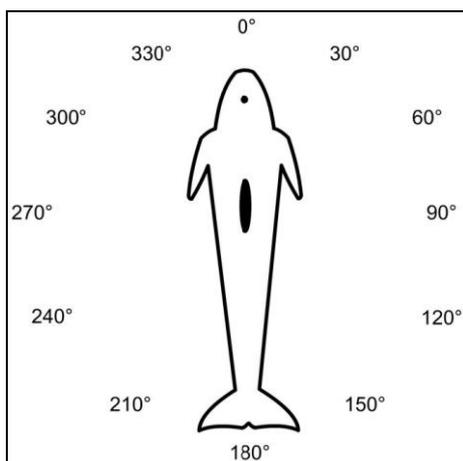


Figure 7 : angle de prise de vue en degrés

Tous les ailerons photographiés sur la zone sont ensuite rassemblés dans un catalogue. Avant de recevoir *un numéro d'identification*, tout nouvel aileron est systématiquement comparé au catalogue : s'il y figure déjà, il reçoit le même numéro que celui de l'aileron identifié, sinon, il reçoit un nouveau numéro.

Enfin, un niveau de marquage est attribué à chaque individu sur une échelle allant de un à quatre :

- M1 : l'aileron ne possède pas d'encoches, il est « lisse ». L'animal peut présenter des marques temporaires (griffures, cicatrices, desquamations) ;
- M2 : l'aileron présente de petites encoches. Il est identifiable mais le risque d'erreur est important (figure 8a) ;
- M3 : l'aileron présente des encoches de taille moyenne. Il est facilement reconnaissable (figure 8b) ;

- M4 : l'aileon possède des encoches de grande taille. Il est très facilement identifiable (figure 8c).



Figure 8 : illustration des différents niveaux de marquage

Toutes les photographies du GECC prises en mer sont analysées selon cette procédure.

2.4. Le sexage

Le GECC s'est penché, en 2013, sur la question du sexage des grands dauphins car cette information présente plusieurs avantages. Premièrement, elle permet de passer d'une vision globale de la population, donnée par les estimations de population, à une vision plus individuelle, parce que sexée. Deuxièmement, la connaissance du sexe des individus conduit à approcher beaucoup d'autres paramètres démographiques que ceux habituellement étudiés, tels que le taux de fécondité ou le taux de naissance, par exemple. Enfin, elle met en évidence les liens entre les mâles et les femelles et permet de s'interroger sur l'influence du sexe dans la structure sociale de la population et de ses groupes.

2.4.1. Les différentes méthodes de sexage du grand dauphin

Pour les cétacés, la détermination du sexe se fait habituellement au moyen de quatre méthodes : l'inspection des parties génitales, les biopsies (ou sexage moléculaire), l'association mère-jeune et l'observation d'un éventuel dimorphisme sexuel.

L'inspection des parties génitales s'effectue soit par l'observation visuelle en surface, soit à partir de séquences de vidéos sous-marines (Mann *et al.*, 2000). Cette méthode de sexage s'avère, dans les faits, une opération particulièrement difficile et aléatoire qui requiert un effort important sur le long terme pour acquérir suffisamment d'observations (Rowe & Dawson, 2009).

Le sexage moléculaire à partir de biopsies consiste en des prélèvements de peau effectués à l'aide d'un trépan. Elles sont une alternative intéressante, mais qui n'est pas sans conséquence pour les animaux (Krutzen *et al.*, 2002). Certes, il est également possible de faire des prélèvements par grattage ; cette procédure, moins intrusive que les biopsies, impose malgré tout un contact avec l'animal (Harlin *et al.*, 1999).

L'association mère-jeune permet de repérer les femelles lorsqu'elles sont en association étroite avec un jeune (Mann *et al.*, 2000). Cette méthode s'avère à la fois efficace, simple à mettre en œuvre et respectueuse des animaux.

Enfin, certaines espèces de cétacés montrent un dimorphisme sexuel évident, ce qui permet de les sexer par la seule observation visuelle. C'est le cas, par exemple, de l'orque, *Orcinus orca* (Olesuik *et al.*, 1990), de la baleine à bec commune, *Hyperoodon ampullatus*

(Gowans *et al.*, 2000), du dauphin à long bec, *Stenella longirostris orientalis* (Perrin, 1975 ; Perrin *et al.*, 1991), ou encore des globicéphales *Globicephala melas* (Olson & Reilley, 2002).

Pour les cétacés ayant un dimorphisme sexuel moins apparent, tels que le grand dauphin, le sexage pose un vrai problème. S'il existe bien un dimorphisme sexuel chez cette espèce, puisque les mâles possèdent un aileron dorsal plus grand que celui des femelles, cette différence est si faible qu'elle s'avère difficile, voire impossible à repérer à l'œil nu sur des photographies (Tolley *et al.*, 1995). Pour tenter de déterminer les mâles et les femelles, certains auteurs ont ajouté à la taille de l'aileron les marques présentes sur celui-ci (Tolley *et al.*, 1995 ; Rowe & Dawson, 2009). Ces marques peuvent être des cicatrices permanentes ou des encoches (Tolley *et al.*, 1995), des traces formant des traits parallèles comme si elles avaient été faites par un râteau (Scott *et al.*, 2005), ou encore des lésions épidermiques (Wilson *et al.*, 1997). Précisons, au passage, que l'ensemble de ces marques est déjà couramment utilisé pour l'identification des individus par la méthode dite de la photo-identification (Würsig & Würsig, 1977).

Dans l'ensemble, nous constatons que l'aileron – sa taille, son contour, ses marques – représente une information essentielle en matière de sexage des grands dauphins. Il peut même faire l'objet d'études statistiques complexes qui, sur le terrain, imposent d'équiper les appareils de prise de vue de lasers permettant de calculer sa surface et sa taille (Iwata & Ukai, 2002). A titre d'exemple, cette méthode utilisée dans le Doubtful Sound, en Nouvelle Zélande, a donné de bons résultats, puisqu'elle a permis de sexer correctement 93% de l'échantillon (Rowe & Dawson, 2009).

Si l'on se base sur l'aileron pour déterminer le sexe des grands dauphins, les auteurs s'accordent pour dire qu'il n'existe pas de différence significative de forme de l'aileron dorsal entre les mâles et les femelles (Tolley *et al.*, 1995 ; Rowe & Dawson, 2009). Il apparaît néanmoins que les ailerons dorsaux des femelles adultes présentent plus de lésions épidermiques que ceux des mâles adultes (Wilson *et al.*, 1997 ; Rowe & Dawson, 2009). Concernant les mâles, en revanche, la proportion d'encoches et de griffures sur leur aileron dorsal permet de les différencier distinctement des femelles. La gravité des blessures sur l'aileron dorsal des grands dauphins est proportionnelle à la concurrence agressive entre individus au sein d'une même population (Lusseau *et al.*, 2003 ; Scott *et al.*, 2005 ; Lusseau, 2007). Or, le niveau de marquage des ailerons mâles diffère d'un site à l'autre. Ainsi, la proportion d'encoches et de griffures sur les ailerons mâles est trois fois supérieure à celle des femelles dans le Doubtful Sound (Rowe & Dawson, 2009), alors que cet indicateur n'a pu être utilisé à Sarasota en Floride, parce que trop variable pour indiquer le sexe des individus (Tolley *et al.*, 1995). Cet exemple illustre clairement que le comportement des animaux varie selon les sites et donc qu'une méthode qui repose sur la proportion des encoches et des griffures sur les ailerons ne peut être valable pour un autre site où les comportements entre mâles se révèlent moins agressifs. L'information que peut nous procurer ces marques est donc à prendre avec précaution.

Au final, il apparaît que certaines méthodes de sexage, telles que les analyses moléculaires, l'observation visuelle des parties génitales ou l'association mère-jeune, s'adaptent à toutes les populations de grands dauphins. En revanche, si l'on veut intégrer les marques présentes sur l'aileron dorsal pour différencier les mâles des femelles, il convient d'adapter cette méthode à la population ciblée et de la valider. Bon nombre d'auteurs, tels que Rowe & Dawson (2009), confirment que les méthodes basées sur le niveau de marquage de l'aileron dorsal ne sont pas transposables d'une population à l'autre.

2.4.2. *Elaboration d'une méthode de sexage adaptée à la population du golfe normand-breton*

En 2012, le GECC a sexé les grands dauphins du golfe normand-breton par sexage moléculaire, à savoir par prélèvements de peau. Cette démarche occasionne beaucoup de dérangements chez les animaux et s'avère coûteuse en temps, en analyses et en matériel ; elle ne peut donc être faite que de manière très ponctuelle. En conséquence, le GECC a cherché à mettre en place une méthode de sexage non invasive, simple et peu coûteuse, qui puisse être pratiquée chaque année, au fur et à mesure de l'analyse des données.

a. Données utilisées pour le sexage

La méthode de sexage développée ici se base sur deux types de données distincts. Le premier comprend les 79 individus de la population du golfe normand-breton qui ont été sexés par analyse moléculaire en 2012 d'après le protocole de Rosel (2003), soit 22 femelles et 57 mâles, dont 58 adultes, 21 sub-adultes. Ces 79 individus dont le sexe est connu avec certitude constituent *la liste de référence* à la lumière de laquelle il a été possible de confronter, de comparer et d'évaluer les différents résultats des méthodes de sexage que nous allons exposer. Le second type de données utilisé ici comprend plus de 70 000 photographies prises au cours de 593 observations de groupes de grands dauphins différents sur une période comprise entre 2004 et 2013.

b. Méthodologie

Chez les grands dauphins, les auteurs s'accordent généralement pour dire que les individus mâles adultes s'associent entre eux, tandis que les femelles adultes s'associent entre elles, mais aussi avec les nouveau-nés et les juvéniles (voir partie 1.1.3). Pour vérifier cette hypothèse, nous avons voulu calculer le pourcentage d'associations partielles de chaque individu. Cet indicateur porte sur la proportion de photographies où un même individu est vu avec un nouveau-né ou un juvénile, par rapport à l'ensemble des photographies où il apparaît avec au minimum un autre individu.

Les auteurs observent également que les nouveau-nés et les juvéniles vivent associés, voire collés à leur mère (voir partie 1.1.3). De nombreuses structures, telles que la *Sea Watch Foundation* par exemple, se basent sur cette évidence pour sexer les femelles et pour suivre les naissances dans la baie de Cardigan, en Angleterre. Pour vérifier sa fiabilité dans le contexte particulier de la population du golfe normand-breton, nous avons cherché sur nos photographies l'association réelle avec un jeune, autrement dit les individus vus à un moment donné en contact rapproché avec un nouveau-né ou un jeune.

Enfin, la bibliographie atteste que les mâles présentent plus de marques (encoches et griffures) sur leur aileron que les femelles (voir partie 1.1.2). Pour vérifier ces dires, nous avons élaboré un nouvel indicateur, appelé indice du niveau de marquage, qui permet d'évaluer le niveau de marquage des ailerons de chaque individu.

b. 1. Les indicateurs

La méthode de sexage arrêtée pour la population du golfe normand-breton repose donc sur les trois indicateurs suivants : le pourcentage d'associations partielles, l'association réelle avec un nouveau-né ou un juvénile et l'indice du niveau de marquage.

1. Le pourcentage d'associations partielles s'obtient en calculant le pourcentage de photographies sur lesquelles apparaît l'individu que nous cherchons à sexer accompagné d'un nouveau-né ou d'un juvénile, divisé par le nombre total de photographies où il apparaît accompagné au minimum d'un autre dauphin.

Pour augmenter l'exactitude de nos résultats, nous nous sommes imposé, de manière arbitraire, trois conditions :

- premièrement l'individu que nous cherchons à sexer doit être identifié sur un minimum de deux années différentes ;
- deuxièmement, ce même individu doit être identifié lors de trois sorties différentes ;
- troisièmement, le nombre de photographies sur lesquelles apparaît l'individu doit être supérieur à 15. Ce chiffre a été choisi arbitrairement.

En respectant ces trois conditions, nous avons pu calculer le pourcentage d'associations partielles pour 63 individus de notre liste de référence. Une représentation des données de type boîte à moustache a permis d'identifier le seuil qui différencie les mâles des femelles (figure 9). Sur ce graphique, 49 mâles et 14 femelles sont représentés. La médiane du pourcentage d'associations partielles pour les mâles est de 5% avec un troisième quartile à 12%. Il y a deux données atypiques pour les mâles, une de 44% et la seconde de 33%. La médiane pour les femelles est de 36% avec un premier quartile à 22%. Ce graphique montre que 75% des mâles ont un pourcentage d'associations partielles compris entre 0 et 12% tandis que 75% des femelles ont un pourcentage d'associations partielles compris entre 22 et 45%. Ces résultats prouvent que les mâles et les femelles se divisent en deux groupes bien distincts autour du seuil de 20% de pourcentage d'associations partielles. Nous retiendrons cette valeur de 20% pour nos tests.

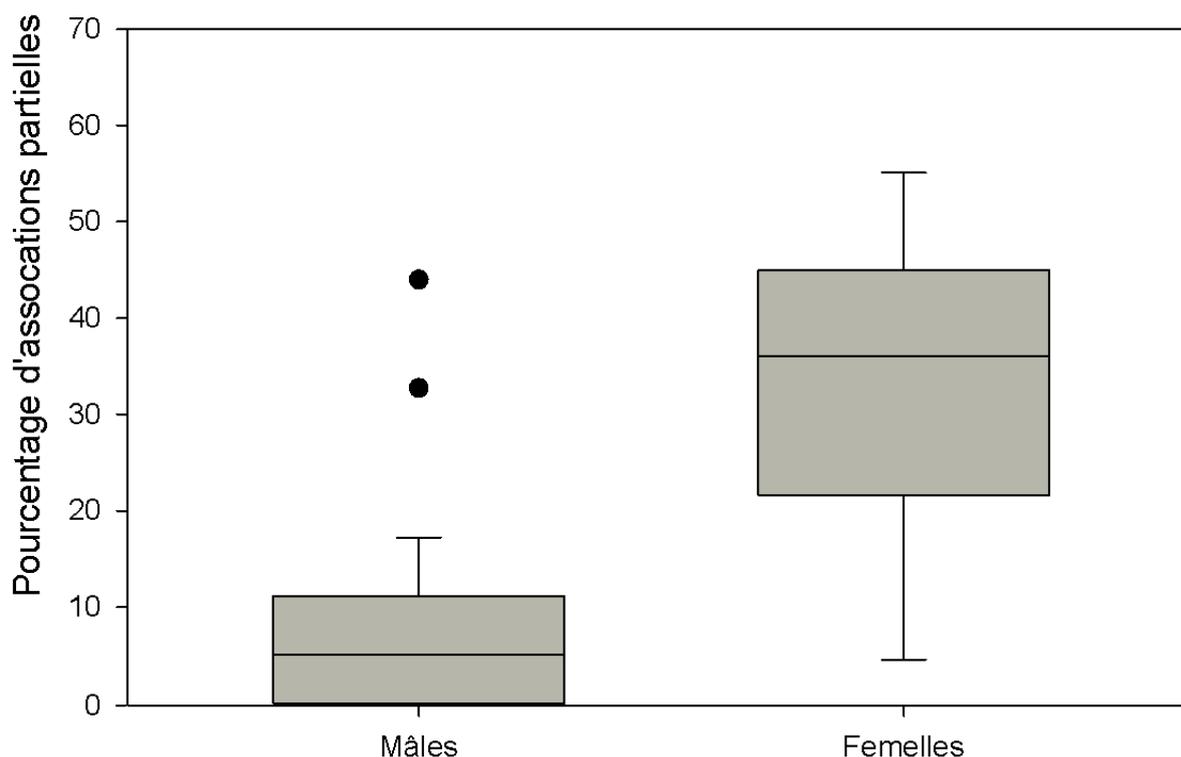


Figure 9 : Distribution du pourcentage d'associations partielles des mâles et des femelles de la liste de référence

2. L'association réelle avec un nouveau-né ou un juvénile est un indicateur qui ne permet de sexer que les femelles adultes. Lorsqu'on repère sur une photographie un individu adulte associé au moins à deux reprises – c'est-à-dire sur deux photographies ne se suivant pas – à un nouveau-né ou un juvénile, nous pouvons l'identifier comme étant une femelle. Dans ce

cas « associé » veut dire que le dauphin touche ou se trouve distant de moins d'une demi-longueur du nouveau-né ou du jeune et que ces deux individus nagent dans la même direction.

3. L'indice du niveau de marquage tient compte de la quantité des encoches présentes sur le tour de l'aileron et des griffures. Pour chacun de ces deux critères, nous avons défini quatre niveaux qui tiennent compte de l'importance des marques (tableau 4). Chaque aileron est noté selon ces deux critères, la moyenne constitue le niveau de marquage.

Tableau 4 : Caractéristiques des quatre niveaux d'encoches et de griffures

	Niveau d'encoches	Niveau de griffures
1	Une ou deux encoches	Moins de deux griffures
2	Quelques encoches bien visibles	Quelques griffures bien visibles.
3	Beaucoup d'encoches mais pas sur toute la longueur de l'aileron.	Beaucoup de griffures mais l'aileron n'a pas encore perdu sa pigmentation pour devenir blanc.
4	Beaucoup d'encoches sur l'ensemble de l'aileron.	Beaucoup de griffures, le haut de l'aileron a perdu sa pigmentation. Il est devenu blanc.

Le calcul du niveau de marquage ne requiert aucune condition. La figure 10 montre la distribution de l'indice du niveau de marquage entre les mâles et les femelles des 79 individus de la liste de référence. Pour les mâles, la médiane est de 3 avec un premier quartile à 2, tandis que chez les femelles, la médiane se situe à 1,5 avec un troisième quartile à 2. Nous constatons, par ailleurs, qu'il n'y a aucune valeur atypique. Ce graphique montre que 75% des mâles ont un niveau de marquage supérieur à 2, tandis que 75% des femelles ont un niveau de marquage inférieur à 2. Ces résultats prouvent que lorsqu'on aborde le niveau de marquage, les mâles et les femelles se divisent entre deux groupes bien distincts, ce qui confirme l'intérêt de cet indice pour le sexage.

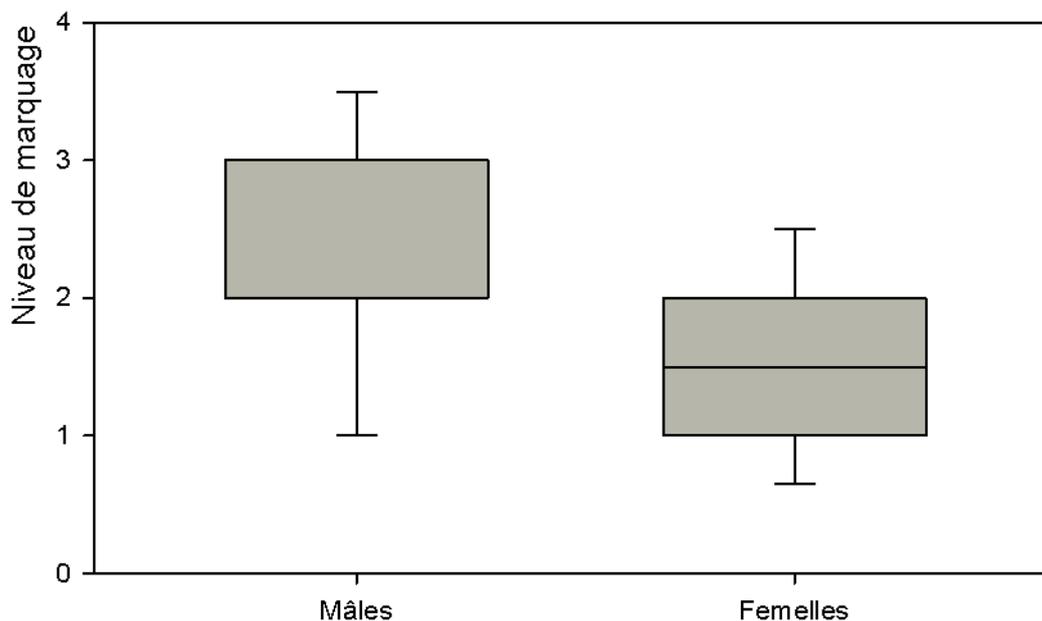


Figure 10 : Distribution du niveau de marquage des mâles et des femelles de la liste de référence

b.2. Les matrices de confusion

Nous avons choisi, sur les conseils de Pascal Monestiez, de l'INRA, de tester les trois indicateurs au moyen des matrices de confusion. Cet outil permet de mesurer la qualité des résultats obtenus par chacun des trois indicateurs en comparant ces derniers à la liste de

référence des 79 individus. Concrètement, les matrices de confusion confrontent les valeurs vraies de la variable – en l’occurrence le sexe des 79 individus sexés par analyses moléculaires, que nous savons être exact et que nous avons désigné ici sous le nom de sexe vrai – avec celles qui sont prédites, puis comptabilisent les bonnes et les mauvaises prédictions. L’intérêt des matrices de confusion réside dans le fait qu’elles permettent à la fois d’appréhender le taux de succès de la méthode et de rendre compte de la manière dont celle-ci fait erreur.

Tableau 5 : Matrice de confusion – forme générique

« a » sont les vrais mâles, c’est-à-dire les individus mâles qui ont été classés comme tel et qui le sont réellement. « c » sont les faux mâles, c’est-à-dire les individus qui ont été classés comme mâles et qui sont en réalité des femelles. De la même manière « b » sont les fausses femelles et « d » sont les vraies femelles.

valeurs vraies \ valeurs prédites	mâles	femelles	Total
mâles	a	b	a + b
femelles	c	d	c + d
Total	a + c	b + d	n = a + b + c + d

Dans notre cas la variable, soit le sexe, se divise en deux classes : mâles et femelles. A partir de la forme générique de la matrice de confusion (tableau 5), quatre paramètres sont calculés pour rendre compte de la concordance entre les valeurs vraies et les valeurs prédites :

1 - **Le taux de succès**, ou *accuracy*, correspond à la probabilité que la méthode appliquée détermine correctement le sexe des individus

$$\theta = (a+d)/n$$

2 – **Le taux de vrais mâles** appelé aussi taux de vrais positifs ou *sensibility*, indique la capacité de la méthode à classer les mâles

$$Tvm = TVP = a/(a+b)$$

3 – **Le taux de vraies femelles**, ou *specificity*, indique la capacité de la méthode à classer les femelles

$$Tvf = d/(c+d)$$

4 – **Le taux de succès corrigé**, ou *balanced accuracy*, correspond à la moyenne du taux de vrais mâles et de vraies femelles. Cet indicateur apporte une correction quand les deux classes sont déséquilibrées, ce qui est le cas ici puisque notre liste de référence, soit les 79 individus sexés, est composée de 57 mâles et de 22 femelles.

b. 3. Les résultats

Les résultats des matrices de confusion ont été obtenus à partir des 79 individus de la liste de référence dont le sexe est connu. Dans un premier temps, nous avons travaillé avec toutes les classes d’âge, c’est-à-dire avec les adultes et les sub-adultes de l’échantillon. Ensuite, nous avons travaillé avec les seuls adultes.

Pour chaque partie, nous avons réalisé des matrices de confusion qui confrontent le sexe vrai des individus avec le sexe prédit par chacun des trois indicateurs, puis nous avons réalisé des matrices de confusion qui confrontent le sexe vrai des individus avec le sexe prédit par les indicateurs combinés entre eux.

Dans le cas de la combinaison des indicateurs, nous avons privilégié le résultat dominant. Concrètement, lorsque deux indicateurs combinés s'accordent sur le sexe, cela ne pose pas de difficulté, en revanche, lorsqu'un indicateur affirme que l'individu sexé est un mâle et que l'autre atteste qu'il s'agit d'une femelle, nous avons choisi de ne tenir compte d'aucun des deux résultats. Enfin, lorsque les trois indicateurs ont été combinés ensemble et que deux d'entre eux ont affirmé qu'il s'agissait d'un mâle et que le troisième indiquait une femelle, nous avons choisi de privilégier le sexe le plus souvent énoncé par les indicateurs.

Les résultats mis en évidence par les différentes matrices de confusion sont résumés dans le tableau 6 pour toutes classes d'âge confondues et dans le tableau 7 pour la seule classe d'âge des adultes.

Tableau 6 : Résultats obtenus pour toutes classes d'âge confondues

Comparaison entre le sexe vrai et :	Taux de succès	Taux de vrais mâles	Taux de vraies femelles	Taux de succès corrigé
le pourcentage d'associations partielles	93,6	96	85,7	90,8
le niveau de marquage	72,1	68,4	81,8	75,1
L'association réelle avec un jeune	100	0	100	50
la combinaison du pourcentage d'associations partielles et de l'association réelle avec un jeune	95,2	96	92,3	94,1
la combinaison du niveau de marquage et de l'association réelle avec un jeune	75	68,4	94,7	81,5
la combinaison du pourcentage d'associations partielles et du niveau de marquage	88,3	84,1	100	92
la combinaison des trois indicateurs	100	100	100	100

Tableau 7 : Résultats obtenus pour la classe d'âge des adultes

Comparaison entre le sexe vrai et :	Taux de succès	Taux de vrais mâles	Taux de vraies femelles	Taux de succès corrigé
le pourcentage d'associations partielles	94,5	95,3	91,6	93,4
le niveau de marquage	85	88,4	76,5	82,4
l'association réelle avec un jeune	100	0	100	50
la combinaison du pourcentage d'associations partielles et de l'association réelle avec un jeune	96,3	95,3	100	97,6
la combinaison du niveau de marquage et de l'association réelle avec un jeune	89,5	88,4	92,8	90,6
la combinaison du pourcentage d'associations partielles et du niveau de marquage	100	100	100	100
la combinaison des trois indicateurs	100	100	100	100

Au regard de ces résultats, il apparaît que la méthode la plus adéquate pour le sexage des individus réside dans la combinaison des trois indicateurs. Cette méthode se révèle efficace aussi bien pour les individus de toutes classes d'âge que pour les seuls adultes (tableaux 6 et 7). Un tel succès s'explique en partie par le fait que cette combinaison des trois

indicateurs est très restrictive ; en conséquence, elle isole d'elle-même les mâles sub-adultes qui sont, comme nous l'avons remarqué, une des principales sources d'erreur dans la détermination du sexe. Par cette méthode nous obtenons un taux de succès corrigé de 100%, c'est-à-dire que le sexe de tous les individus qui respectent les conditions fixées par les trois indicateurs est déterminé sans aucune erreur. Ce taux de succès est particulièrement élevé puisque dans le Doubtful Sound il est de 93% (Rowe & Dawson, 2009).

Pour sexer les grands dauphins du golfe normand-breton, nous avons choisi d'utiliser la combinaison des trois indicateurs pour toutes les classes d'âge confondues. Cette méthode permet de sexer 55 individus, soit 70% de notre échantillon, contre 51 individus pour la classe d'âge des adultes, soit 64% de l'échantillon. Dit autrement, la combinaison des trois indicateurs appliquée à toutes les classes d'âge confondues permet non seulement de sexer plus d'individus, mais aussi de sexer des sub-adultes, et donc d'affiner notre connaissance de la population en ne se limitant pas au sexage des seuls adultes.

2.5. L'estimation de la taille des groupes

Pour estimer la taille des groupes rencontrés en 2013, nous avons utilisé l'estimation visuelle et la photo-identification. L'estimation visuelle consiste dans l'estimation de la taille des groupes réalisée à partir du bateau, lors des sorties en mer. La photo-identification consiste dans l'estimation de la taille des groupes obtenue à partir du nombre de dauphins identifiés.

Avant toutes choses, il convient de dire ici qu'aucune de ces deux méthodes n'est tout à fait exacte. L'estimation visuelle donne une fourchette, un ordre de grandeur, car il est impossible de compter précisément le nombre de dauphins présents autour d'un bateau lorsque l'on est en mer. Ce qui se passe sous l'eau échappe totalement aux observateurs. Rappelons que, en mer, la taille des groupes est estimée par tranches, ou intervalles, de 10 individus : un groupe est estimé entre un et 10 dauphins (cet intervalle prend en compte les observations où il n'y a qu'un seul individu) ou entre 10 et 20 dauphins, etc. La photo-identification n'est guère plus précise pour estimer la taille des groupes car nous savons que lors d'une observation, les individus du groupe ne sont pas tous pris en photographie ; il y a toujours des individus qui échappent aux observateurs. En outre, nous ne parvenons pas systématiquement à identifier tous les dauphins photographiés : certaines photographies sont floues et donc inutilisables, certains individus sont lisses et donc impossibles à identifier.

De manière générale, nous aurions tendance à penser que l'estimation visuelle évalue plus précisément la taille des groupes que la photo-identification dont la tendance est de sous-estimer le nombre d'individus présents dans un groupe. Afin de tester cette affirmation, nous avons pris les groupes rencontrés entre 2009 et 2013, sans l'année 2012 (dont la photo-identification n'est pas faite), pour lesquels il était possible de comparer l'estimation visuelle et la photo-identification.

Le tableau 8 présente les résultats obtenus pour 246 groupes qui permettent cette comparaison. Il apparaît que pour 132 groupes, soit 53%, l'estimation visuelle par tranche, ou intervalle, de dizaines d'individus est supérieure au nombre d'individus identifiés par photo-identification ; pour 105 groupes, soit 43%, l'estimation visuelle par tranche de dizaines d'individus comprend le nombre d'individus identifiés par photo-identification ; pour 9 groupes, soit 4%, l'estimation visuelle par tranche de dizaines d'individus est inférieure au nombre d'individus identifiés par la photo-identification.

Tableau 8 : Comparaison des méthodes pour estimer la taille des groupes

Intervalle de taille du groupe	2009-2013 sans 2012	%
Estimation visuelle par tranche de dizaines d'individus > au nombre d'individus identifiés par photo-id	132	53
Estimation visuelle par tranche de dizaines d'individus = au nombre d'individus identifiés par photo-id	105	43
Estimation visuelle par tranche de dizaines d'individus < au nombre d'individus identifiés par photo-id	9	4
	246	100

Pour 53% des groupes de l'échantillon étudié, les résultats confirment l'hypothèse de départ selon laquelle la taille estimée visuellement est plus importante que le nombre d'individus identifiés par photo-identification. Dans 43%, il apparaît que l'estimation visuelle a sous-évalué la taille des groupes, puisqu'elle comprend le nombre d'individus identifiés par photo-identification. Enfin, pour 4% des cas, l'estimation visuelle a grandement sous-estimé la taille des groupes. Nous constatons, en effet, que seule la photo-identification permet d'estimer des groupes importants de grands dauphins, au-delà de 80 individus, alors que l'estimation visuelle les sous-estime systématiquement. Ce dernier point prouve qu'il est impératif de conserver les résultats obtenus par la photo-identification pour estimer la taille des groupes.

Comme il n'existe pas de démarche absolument fiable pour estimer la taille des groupes, il nous est apparu judicieux d'utiliser les données obtenues par l'estimation visuelle et la photo-identification, afin d'avoir une idée un peu plus précise, bien que toujours inexacte, de la taille des groupes de grands dauphins rencontrés dans le golfe normand-breton.

2.6. L'estimation de la population

Les estimations de population sont réalisées en utilisant la méthode dite de Capture-Marquage-Recapture (CMR).

La technique de CMR permet d'estimer les paramètres démographiques d'une population. Elle repose sur le suivi individuel d'une partie de la population. Les individus peuvent être identifiés à l'aide de marques artificielles, par exemple à l'aide de bagues chez les oiseaux (Clobert *et al.*, 1987), ou par des marques naturelles comme les zébrures des tigres (Karanth *et al.*, 2006) ou les encoches et griffures des nageoires des cétacés (Würsig & Jefferson, 1990).

Le premier marquage, ou la première capture, est suivi d'une ou plusieurs recaptures au cours desquelles les animaux sont retrouvés ou non. La succession des informations de présence/absence à chaque occasion de capture va constituer l'histoire de capture d'un individu. Ensuite, les modèles de CMR vont permettre d'analyser les informations issues de ces histoires de capture. A partir du nombre d'animaux marqués et de leur proportion dans les échantillons, des paramètres démographiques comme la taille de la population et la probabilité de survie vont pouvoir être estimés (Seber, 1982 ; Schwarz & Seber, 1999 ; Amstrup *et al.*, 2005).

Les différents types de modèles de CMR utilisés dépendent de l'échantillonnage et du fait que la population soit « ouverte » ou « fermée ». Une population est dite fermée lorsqu'il n'existe pas de phénomènes d'immigration, d'émigration, de naissance ou de mort pendant la

période de l'échantillonnage. Les modèles de CMR adaptés aux populations fermées permettent d'estimer l'abondance et la probabilité de capture (Otis *et al.*, 1978). Peu de populations peuvent être considérées comme fermées. Toutefois, lorsque les phénomènes cités plus hauts sont considérés comme minimes, les effets du non-respect de cette hypothèse sont très faibles (Amstrup *et al.*, 2005).

Pour réaliser les estimations de la population des grands dauphins du golfe normand-breton, nous avons privilégié des modèles adaptés aux populations considérées comme fermées à l'aide du programme CAPTURE du logiciel MARK.

2.6.1. Description de la méthode choisie pour la population du golfe normand-breton : le programme CAPTURE

L'estimation de la taille de la population est réalisée à partir de modèles nécessitant plusieurs occasions de captures pour les populations fermées (Otis *et al.*, 1978). Ces modèles dérivent du modèle de base, appelé modèle nul, noté M(0). Plusieurs hypothèses doivent être respectées pour les appliquer (Otis *et al.*, 1978 ; Pollock *et al.*, 1990) afin d'éviter une sous- ou surestimation de la population :

1. La population est fermée démographiquement et géographiquement. Il n'y a donc pas de perte (mortalité, émigration) ni de gain (naissance ou immigration) ;
2. Tous les individus ont la même probabilité d'être capturés à chaque occasion de capture ;
3. Les marques ne sont pas perdues, ni recherchées en priorité par l'observateur ;
4. Tous les individus marqués sont correctement vus et enregistrés à chaque occasion.

Pour répondre à l'hypothèse 1, il est important de sélectionner correctement la période d'échantillonnage et de bien choisir les sessions. La période d'échantillonnage doit être courte et, au cours de cette période, la zone d'étude doit être régulièrement prospectée, ce qui laisse ainsi peu de chance aux animaux d'entrer dans la zone d'échantillonnage ou de la quitter. Cette hypothèse est vérifiée par le logiciel Close Test qui calcule la probabilité d'erreur (p-value) : si celle-ci est supérieure à 0,05 la population est close.

L'hypothèse 2 qui porte sur l'uniformité des probabilités de capture n'est pas souvent rencontrée. Elle est donc corrigée par trois variations :

- la variation temporelle, notée « t », qui d'une session à l'autre peut faire varier les probabilités de captures ;
- l'hétérogénéité, ou les différences de comportement entre les individus, notée « h » ;
- la réponse comportementale des individus à la première capture, notée « b ».

Ces trois variations peuvent être utilisées seules, ou associées, dans sept nouveaux modèles, dérivés du modèle M(0), à savoir M(0) : M(t), M(h), M(b), M(th), M(tb), M(bh), M(htb). Le programme CAPTURE (Otis *et al.*, 1978) est une interface utilisée par le logiciel MARK qui permet de tester ces différents modèles. Il calcule un critère de sélection pour aider l'utilisateur dans le choix du modèle le plus approprié. La note attribuée aux huit modèles va de 0 à 1. Ce critère de sélection, néanmoins, se révèle peu fiable pour les faibles populations avec peu d'occasions de captures ou de recaptures, ce qui conduit à la sélection d'un modèle inadéquat (Menkens & Anderson, 1988 ; Pollock *et al.*, 1990). Compte tenu de cette faiblesse, Pollock *et al.*, (1990) recommandent de ne considérer que les modèles cohérents avec les conditions d'observation et la biologie de l'espèce.

Dans le cas de la population des grands dauphins du golfe normand-breton, les modèles tenant compte de la variable « b » (réponse comportementale à la première capture) ne sont pas cohérents : il n'existe, au moment des captures, aucun comportement d'évitement ou d'attraction vis-à-vis du bateau, susceptible d'affecter la probabilité d'obtenir une

photographie utilisable d'un individu. En revanche, il convient de tenir compte des variations « t » et « h », la probabilité de capture d'un individu pouvant varier à la fois dans le temps et en fonction des comportements individuelles. Par conséquent, le modèle M(th) apparaît comme le plus cohérent.

Lorsque le modèle est sélectionné, Chao *et al.*, (1992) recommandent l'examen des estimations du coefficient de variation des probabilités de captures individuelles, noté Cv(pi), ainsi que la couverture de l'échantillon (Sample Coverage, ou SC). Le coefficient de variation des probabilités de captures individuelles, CV(pi), est calculé par le programme CAPTURE sous le nom « Gamma ». La couverture de l'échantillon, ou SC, est calculée grâce à une fonction en langage R présentée en annexe 2 (Chao *et al.*, 1992 ; Poncelet, 2003). Dans le cas où la couverture de l'échantillon $SC > 50\%$ et $CV(pi) < 0,4$, Chao *et al.*, (1992) conseillent l'estimateur de Darroch (M(t)). Au contraire, si $SC > 50\%$ et $CV(pi) \geq 0,4$, avec la présence d'occasions de captures importantes, il est préconisé de choisir l'estimateur de Chao (M(th)). Lorsque $SC < 50\%$, l'estimateur de Jackknife (M(h)) est conseillé, mais si la valeur de CV(pi) est petite, l'abondance sera sous-estimée.

Pour répondre à l'hypothèse 3, le travail de photo-identification est fait tout au long de l'année sur le long terme, afin de pouvoir suivre l'évolution des marques de chacun des individus. De plus, les photographies d'ailerons sont faites sans rechercher des individus en particulier et en essayant d'obtenir plusieurs individus sur une même image.

L'hypothèse 4 est respectée en ne travaillant que sur les individus les plus facilement identifiables, soit d'un niveau de marquage M3 et M4, ce qui évite les erreurs d'identification.

En conséquence, les modèles n'estiment que l'abondance de cette partie de la population nommée N'. L'abondance de la population totale N est donc calculée en corrigeant N' par un facteur de correction θ (thêta).

$$N = \frac{N'}{\theta}$$

θ correspond à l'estimation de la proportion d'individus marqués dans la population. Il s'agit de la moyenne du rapport entre le nombre d'individus bien marqués (de type M3, M4) divisé par le nombre d'individus identifiables (de type M1, M2, M3 et M4) pour chaque photographie. Seules les photographies avec au moins deux individus et dont le niveau de marquage de tous les ailerons présents sur l'image était connu ont été utilisées.

La formule suivante est appliquée à chaque photographie :

$\theta = (\text{Nombre d'individus de marquage M3} + \text{M4}) / (\text{Nombre d'individus de niveau de marquage M1} + \text{M2} + \text{M3} + \text{M4})$.

2.6.2. Le choix des données

Le choix de l'échantillonnage de la population se porte sur cinq mois allant de juin à octobre car c'est au cours de ces cinq mois seulement que l'ensemble de la zone d'étude peut être couverte de façon homogène et répétée comme l'exigent les modèles utilisés.

Chaque année, entre sept et neuf sessions sont déterminées durant la période d'échantillonnage. Le choix de ces sessions s'effectue selon les critères suivants :

- chaque session doit s'étendre sur le moins de jour possible ;
- lors de chaque session, l'effort de recherche doit couvrir le plus largement possible la zone d'étude ;
- les sessions doivent être espacées les unes des autres de quelques jours.

Pour chaque année, le coefficient de correction θ est calculé sur la période d'échantillonnage à partir des photographies contenant un minimum de deux ailerons d'une qualité suffisamment bonne pour qu'ils soient identifiables. La moyenne de ces valeurs nous donne le coefficient de correction pour l'année.

2.7. La structure sociale

La structure sociale d'une population animale, entendue ici dans le sens de son organisation sociale, consiste dans l'étude des liens et des variations du comportement social des individus de cette population (Whitehead, 2008). Les interactions et les associations forment la base des relations entre les membres d'une population, et l'ensemble de ces relations définit la structure sociale d'une population (Hinde, 1976).

Les grands dauphins sont des animaux sociaux qui, comme nous l'avons souligné plus haut (1.3.3.), forment des sociétés de fission-fusion caractérisées par des associations dynamiques et fluides qui varient dans le temps (Connor *et al.*, 2000, Ansmann *et al.*, 2012). En conséquence, l'apparition de changements, naturels ou anthropiques, peuvent altérer la structure sociale de ces animaux et avoir des conséquences sur la *fitness* de la population (Silk, 2007), le succès reproducteur (Sterck, 1998), la structure génétique (Altmann *et al.*, 1996 ; Strier, 1997), le transfert des apprentissages entre les individus (Whitehead, 2010) ainsi que sur la transmission de maladies (Corner *et al.*, 2003 ; Cross *et al.*, 2004 ; Hamede *et al.*, 2009). Enfin, la structure sociale apporte également des connaissances sur le type d'associations qui lie les individus entre eux, leur durée et leur évolution (Croft *et al.*, 2008).

Pour étudier la structure sociale des grands dauphins du golfe normand-breton, nous avons rassemblé les données de trois années consécutives, estimant avoir ainsi suffisamment d'informations pour présenter des résultats fiables. La photo-identification de l'année 2012 n'étant pas terminée, il n'a pas été possible d'effectuer la structure sociale de la population jusqu'en 2013. C'est pourquoi, les résultats présentés ici concernant la structure sociale ne portent que sur les données des années 2009 à 2011.

2.7.1. Indices d'associations

La structure sociale se base, nous l'avons dit, sur les interactions et les associations entre les individus d'une même population. Si les interactions entre deux individus sont difficiles à observer, elles surviennent le plus souvent entre deux individus associés. C'est pourquoi on utilise les associations pour étudier la structure sociale d'une population (Whitehead, 1997, 1999).

Les indices d'associations sont calculés en fonction de la proximité physique entre les membres d'un même groupe (qui est synonyme d'affiliation sociale) et le temps passé corrélé avec la force d'affiliation (Bejder *et al.*, 1998). Le *Half Weight Index*, ou HWI, représente l'indice de fréquence d'association entre deux individus (Cairns & Schwager, 1987). Cet indice d'associations a été utilisé dans la plupart des travaux concernant le grand dauphin (Chilvers & Corkeron, 2002 ; Lusseau *et al.*, 2003 ; Manno, 2008 ; Wisniewski *et al.*, 2009). Il est préféré à un autre indice d'associations, le *Simple Ratio*, car il réduit le biais induit par les individus manqués au cours des observations (Whitehead & Dufault, 1999 ; Whitehead, 2009).

Le HWI se quantifie sur une échelle de 0 (individus jamais vus ensemble) à 1 (individus toujours vus ensemble). Il est calculé par la formule suivante :

$$\text{HWI} = x / \sqrt{y_a + y_b}$$

Où x est le nombre de fois où les individus a et b ont été vus ensemble, y_a le nombre de fois où l'individu a a été observé, et y_b le nombre de fois où l'individu b a été observé (Cairns & Schwager, 1987).

Pour la population des grands dauphins du golfe normand-breton, les analyses d'associations ont été réalisées à l'échelle de l'individu. Tous les dauphins identifiés dans un même groupe ont été considérés comme associés. C'est le programme SOCPROG 2.3 (Whitehead, 2009) sous MATLAB qui effectue ce calcul. Au terme de cette opération, on obtient une matrice d'associations, à savoir un tableau qui donne l'indice d'association entre chaque individu. A partir de cette matrice, il va être possible d'effectuer plusieurs tests et calculs, tels que les associations préférentielles, les variables sociales, le *betweenness*, ainsi que la visualisation de la structure sociale.

2.7.2. Associations préférentielles

L'existence d'associations préférentielles entre les individus est testée à l'aide de tests de permutation (Bejder *et al.*, 1998 ; Whitehead, 1999). Ces tests vérifient que le modèle d'association observé entre les individus diffère d'un modèle aléatoire, et donc qu'il s'agit bien d'associations préférentielles, avec des individus « ciblés » et d'autres « évités ». Pour montrer que les individus ont des associés préférentiels, l'écart type des indices d'associations doit être significativement plus grand que les écarts types des jeux de données permutés de manière aléatoire (Whitehead, 1999). Afin de s'assurer de la stabilité des résultats, 10 000 permutations ont été générées, et pour s'assurer de la fiabilité des p-values, le test a été réalisé à trois reprises (Ottensmeyer & Whitehead, 2003).

2.7.3. Variables sociales de la population

A partir des indices d'associations, il est possible de calculer cinq variables qui décrivent différents aspects de connectivité à l'intérieur même du réseau (Ansmann *et al.*, 2012) :

- *Strength* correspond à la somme des associations. Cette mesure équivaut à un indice de gréganisme des individus. Un *strength* élevé indique que l'individu possède des associations fortes avec d'autres individus (Whitehead, 2008) ;
- *Eigenvector centrality* donne la force des associations d'un individu avec tous les autres, et donc la force d'association globale des individus. Pour avoir un *eigenvector centrality* élevé, un individu doit avoir des associations relativement fortes avec d'autres individus qui ont eux-mêmes des associations fortes (Whitehead, 2008) ;
- *Reach* donne la connectivité indirecte. Il correspond à une société où le comportement d'un individu peut influencer le comportement des autres individus (Whitehead, 2008) ;
- *Clustering coefficient* donne la force des associations des associés d'un individu. Il renseigne sur la manière dont les associés d'un individu sont eux-mêmes associés (Holme *et al.*, 2007) ;
- *Affinity* donne la force des associations d'un individu, pondérée par l'indice d'associations entre les individus. Un individu avec une *affinity* élevée possède des associations relativement élevées avec des individus qui ont un *strength* élevé (Whitehead, 2008).

2.7.4. Visualiser la structure sociale

Deux méthodes existent pour visualiser la structure sociale de la population des grands dauphins du golfe normand-breton : le diagramme de réseau social et le dendrogramme.

a. Diagramme de réseau social

La matrice des associations entre individus est représentée dans un diagramme de réseau social, à l'aide du logiciel Netdraw, Analytic Technologies, Needham, MA, USA (Whitehead, 2008, 2009). Cette représentation graphique permet de tester l'unicité de la population.

b. Dendrogramme

Les individus les plus rencontrés peuvent aussi être représentés dans un *average-linkage cluster*, ou dendrogramme. Ce schéma va mettre en évidence la structure de la population et son éventuelle organisation en différents groupes. Pour tester la fiabilité, ou la robustesse, du dendrogramme il convient de calculer la corrélation cophénétique. Puis, la modularité du réseau renseigne sur les divisions des groupes au sein de la population. Enfin, le *knot diagram*, ou diagramme de nœuds, permet de maximiser la modularité en faisant apparaître les sous-groupes (ou unités sociales) au sein de la population.

b.1. La corrélation cophénétique

A partir des distances lues sur le dendrogramme, il est possible de calculer une nouvelle matrice d'associations, c'est la matrice cophénétique. Ensuite, on peut calculer un coefficient de corrélation (r de Pearson, Rho de Spearman) entre cette nouvelle matrice et celle obtenue par le calcul du HWI, afin de quantifier la ressemblance entre les données de départ et les distances contraintes de l'arborescence du dendrogramme. Plus la corrélation cophénétique est proche de 1, plus les distances sont semblables, et plus le dendrogramme représente bien les données d'origine (cours d'Yves Desdevises, de l'Observatoire océanologique de Banyuls, www.educ.upmc.fr).

Au final, le coefficient de corrélation cophénétique permet d'évaluer la fiabilité de l'analyse du dendrogramme. D'après Whitehead (2008), lorsque sa valeur est proche de 0,8, la représentation est considérée comme fiable. C'est le programme SOCPROG 2.3 (Whitehead, 2009) sous MATLAB qui effectue ce calcul.

b.2. La modularité du réseau

Il existe plusieurs techniques pour diviser une matrice d'associations en groupes d'individus. Nous avons choisi de privilégier une technique d'analyse de type modularité de réseau, ou *network modularity*, pour identifier des groupes au sein du réseau social des grands dauphins du golfe normand-breton.

Le coefficient de modularité, noté Q, est utile pour évaluer le degré de regroupement des individus dans une population dont la division sociale n'est pas aléatoire. Appliqué aux indices d'association, le coefficient de modularité se calcule d'après la formule suivante :

$$Q = \frac{\sum_{I,J} \alpha_{IJ} \delta(c_I, c_J)}{\sum_{I,J} \alpha_{IJ}} - \frac{\sum_{I,J} \hat{\alpha}_{IJ} \delta(c_I, c_J)}{\sum_{I,J} \hat{\alpha}_{IJ}}$$

Où α_{IJ} est l'indice d'association entre les individus I et J, $\hat{\alpha}_{IJ}$ est la valeur attendue de α_{IJ} si les individus s'associent de manière aléatoire, $\delta(c_I, c_J) = 1$ si I et J appartiennent au même groupe et $\delta(c_I, c_J) = 0$ si I et J appartiennent à des groupes différents

Le coefficient de modularité prend des valeurs de 0 si les groupes sont assignés aux individus de manière aléatoire et de 1 s'il n'y a aucune association entre les individus de groupes différents. Ce coefficient a l'avantage de considérer la possibilité que tous les individus appartiennent à un même ensemble. Par conséquent, la meilleure division du réseau

social peut être réalisée en maximisant le coefficient de modularité Q.

Nous avons utilisé le coefficient de modularité comme défini par Whitehead (2009) implémenté dans SOCPROG 2.3 qui permet de contrôler la variable *strength* des individus. Dans ce cas, la valeur attendue de l'association entre I et J est définie comme suit :

$$\hat{\alpha}_{IJ} = \frac{S_I S_J}{2m}$$

Où S_I est la *strength* des associations de l'individu I et $m = \sum s_i / 2$ (total de tous les indices d'associations). Newman (2004) suggère que si $Q \geq 0,3$, alors les divisions sociales de la communauté peuvent être considérées comme robustes.

b.3. Le *knot diagram*

Le *knot diagram*, ou diagramme de nœuds, va encore plus loin dans la modularité. Ce diagramme met en évidence le niveau cumulé des bifurcations du dendrogramme en fonction des indices d'associations, pour définir le coefficient de modularité maximisé.

Concrètement, la matrice que l'on obtient en utilisant tous les couples d'individus permet de calculer un vecteur *eigen* de la valeur *eigen* dominante. En réitérant le calcul du coefficient de modularité un grand nombre de fois, il est possible d'obtenir les divisions sociales de la population pour lesquelles ce coefficient est maximisé (Lusseau, 2007). Si l'on construit un dendrogramme par *average-linkage cluster analysis* (Whitehead, 2009), on peut examiner l'intégralité de ce dendrogramme en acceptant ou en rejetant les bifurcations aux nœuds jusqu'à ce que le coefficient de modularité soit maximisé.

2.7.5. *Betweenness et divisions naturelles au sein du réseau*

Partant du principe que tous les individus d'une même population n'occupent pas la même place, le *betweenness centrality coefficient*, ou *betweenness*, permet de mesurer l'influence des individus au sein de la population en considérant le flux d'information qui circule entre eux (Lusseau & Newman, 2004). Le *betweenness* est une mesure de centralité qui met en évidence le rôle central de certains individus au sein d'une population. Le *betweenness* se définit par le nombre de liens directs (shortest paths) qui passent par un individu. Un individu possède un coefficient de *betweenness* nul si aucun lien direct ne passe par lui ; au contraire, son coefficient de *betweenness* sera élevé si plusieurs liens directs passent par lui. Dit autrement, plus le *betweenness* d'un individu est important, plus il a de liens, de connexions avec les autres individus.

Lusseau & Newman (2004) ont montré que les grands dauphins ayant un *betweenness* élevé sont la clé de la société de fission-fusion dans laquelle ils vivent, parce qu'ils sont les garants de la cohésion du groupe en faisant le lien entre les différents sous-groupes de la population. D'autres études ont mis en évidence que ces individus centraux ont une meilleure connaissance de leur environnement et peuvent donc précipiter des changements de comportement au sein de la population (Sueur *et al.*, 2011 ; Lusseau & Conradt, 2009).

En partant du *betweenness*, l'algorithme de Newman fait apparaître les divisions naturelles au sein du réseau (Girvan & Newman, 2002). Concrètement, il s'agit de retirer les individus qui ont un *betweenness* élevé afin de voir comment la population se structure et de montrer la manière dont les groupes se divisent. Ensuite, le coefficient de modularité Q est utilisé pour définir la meilleure division, à savoir les groupes qui présentent plus de liens entre le groupe lui-même qu'entre les groupes de la population (Magileviciute, 2006).

2.7.6. Influence du sexe sur la structure sociale

L'*assortativity coefficient*, ou coefficient d'assortativité, permet de calculer l'influence du sexe sur la structure sociale d'une population. Ce coefficient se définit comme suit (Lusseau & Newman, 2004) :

$$r = [emm+eff-(emm+emf)^2-(eff+efm)^2]/[1-(emm+emf)^2-(eff+efm)^2]$$

Où « emm » correspond aux liens entre les mâles, « eff » aux liens entre les femelles, « emf » aux liens entre les mâles et les femelles et « efm » aux liens entre les femelles et les mâles. Le « r » doit être compris entre 0 et 1. Plus il est proche de 1 plus le sexe aurait un rôle important. Le r peut aussi être calculé pour les classes d'âge. Dans ce cas, c'est l'effet de l'âge et non du sexe qui est observé.

3. Résultats

Cette partie présente les résultats de l'année 2013 pour le suivi de la population des grands dauphins du golfe normand-breton.

3.1. Les sorties en mer de l'année 2013

En 2013, le GECC a effectué 45 sorties au cours desquelles 77 groupes de grands dauphins ont été rencontrés. Au total, 324 heures ont été passées en mer.

Le tableau 9 détaille le déroulement de chacune de ces sorties, soit le jour de la sortie, sa durée totale, le temps alloué à l'observation, le temps alloué aux pauses, l'effort de recherche (le temps passé à rechercher activement les animaux), les espèces de mammifères marins rencontrées et le nombre d'observations réalisées au cours de la sortie.

Tableau 9 : Détail des 45 sorties en mer effectuées en 2013

Numéro	Date	Durée totale de la sortie en h:mn	Durée des observations en h:mn	Durée des pauses en h:mn	Effort de recherche en h:mn	Espèce - Nombre d'observations
1	23/03/2013	6:00	0:51		5:09	grand dauphin – 1
2	21/04/2013	7:46	1:24		6:22	grand dauphin – 1 marsouin – 2 phoque gris – 1
3	28/04/2013	5:59			5:59	0
4	05/05/2013	9:14	1:23		7:51	grand dauphin – 2
5	06/05/2013	10:59	2:19		8:40	grand dauphin – 3 marsouin – 1 phoque gris – 1
6	07/05/2013	5:30	1:37		3:53	grand dauphin – 2 phoque gris – 1
7	16/05/2013	8:00	0:02		7:58	marsouin – 1
8	29/05/2013	7:52	0:19		7:33	grand dauphin – 1
9	07/06/2013	8:06		6:31	1:35	0
10	09/06/2013	1:11	0:40		0:31	grand dauphin – 1
11	10/06/2013	11:08	2:20	2:26	6:22	grand dauphin – 2
12	16/06/2013	6:20			6:20	0
13	25/06/2013	11:50	1:30	0:26	9:54	grand dauphin – 1
14	26/06/2013	8:44	4:25		4:19	grand dauphin – 5
15	01/07/2013	9:41	1:13		8:28	grand dauphin – 2
16	02/07/2013	7:41	1:19		6:22	grand dauphin – 1 marsouin – 1
17	04/07/2013	4:11	1:03		3:08	grand dauphin – 1
18	05/07/2013	10:32	1:58	2:37	5:57	grand dauphin – 5
19	06/07/2013	6:29	2:30	0:34	3:25	grand dauphin – 3
20	14/07/2013	7:56			7:56	0
21	15/07/2013	5:47	2:03		3:44	grand dauphin – 2
22	21/07/2013	7:51	1:05		6:46	grand dauphin – 3
23	22/07/2013	2:55	0:10		2:45	grand dauphin – 1
24	24/07/2013	10:43	1:06		9:37	grand dauphin – 1

25	26/07/2013	6:14	0:25		5:49	grand dauphin – 2 phoque gris – 1
26	01/08/2013	4:14			4:14	0
27	02/08/2013	9:11	0:03		9:08	marsouin – 2 veau-marin – 1
28	06/08/2013	9:26	1:23		8:03	grand dauphin – 3
29	08/08/2013	11:40	1:44		9:56	grand dauphin – 4
30	14/08/2013	5:27	0:53		4:34	grand dauphin – 1 dauphin de Risso – 1
31	15/08/2013	9:17	2:58	3:22	2:57	grand dauphin – 2
32	16/08/2013	3:24	0:50		2:34	grand dauphin – 2
33	17/08/2013	3:22	1:28		1:54	grand dauphin – 1
34	20/08/2013	11:15	2:46		8:29	grand dauphin – 5
35	21/08/2013	6:00	1:10		4:50	grand dauphin – 1
36	29/08/2013	7:31	2:46		4:45	grand dauphin – 3
37	03/09/2013	11:19	3:47		7:32	grand dauphin – 5
38	12/09/2013	8:25	1:33	2:51	4:01	grand dauphin – 2
39	13/09/2013	1:52			1:52	0
40	14/09/2013	1:39			1:39	0
41	15/09/2013	2:12			2:12	0
42	22/09/2013	4:15	1:03		3:12	grand dauphin – 1
43	25/09/2013	7:08	1:13		5:55	grand dauphin – 2
44	07/10/2013	7:58	1:32		6:26	grand dauphin – 2
45	08/10/2013	9:56	3:15	0:47	5:54	grand dauphin – 3

Le tableau 10 montre qu'en 2013 les sorties se sont déroulées du printemps à l'automne : les conditions météo n'ont permis aucune sortie en hiver.

Tableau 10 : Répartition de l'effort de recherche en fonction des saisons pour l'année 2013

Saison	2013		
	Nombre de sorties	Effort de recherche en h:mn	Effort de recherche en %
Hiver	0	0	0%
Printemps	12	68:13	28%
Eté	29	156:50	63%
Automne	4	21:27	9%
Total :	45	246:30	100%

La figure 11 illustre l'effort de recherche de l'année 2013, à savoir le temps passé à rechercher les animaux en minutes et par maille d'un km². Cette carte montre que la zone d'étude a été couverte de manière relativement homogène à l'ouest et au nord du Cotentin. En revanche, la baie de Saint-Brieuc n'a pas été prospectée. Les points de contact avec les grands dauphins en 2013 sont présentés sur la figure 12 et la figure 13 fait état du temps passé, en 2013 toujours, avec les grands dauphins en minutes par maille d'un km².

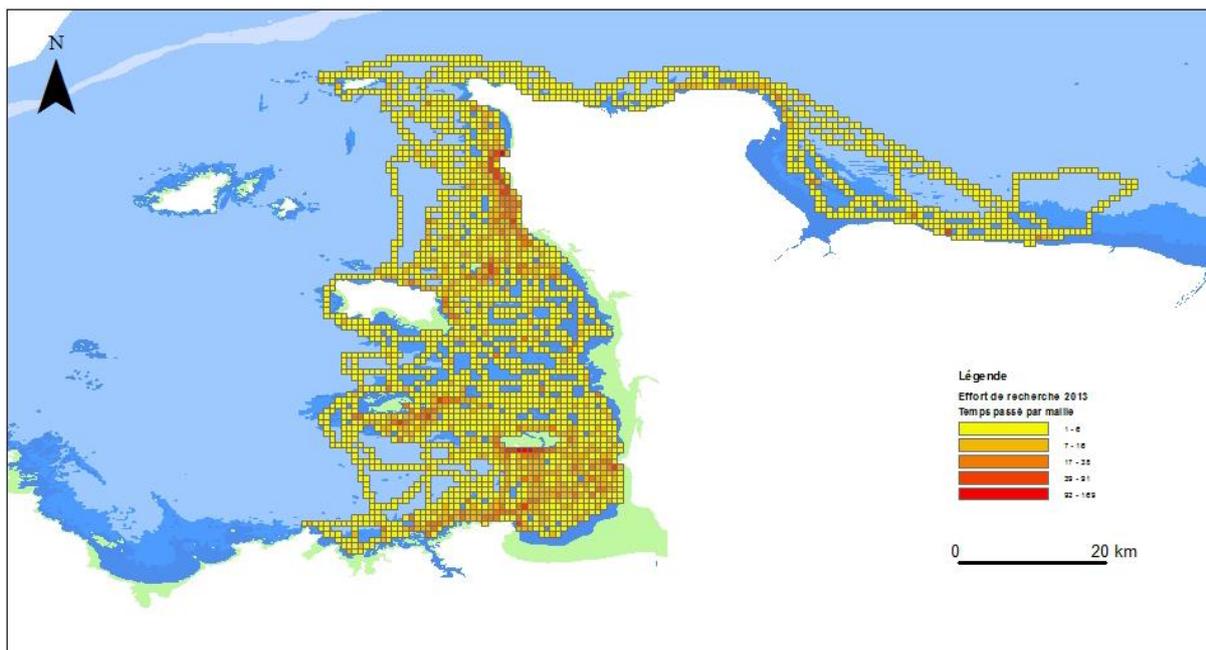


Figure 11 : Effort de recherche pour l'année 2013

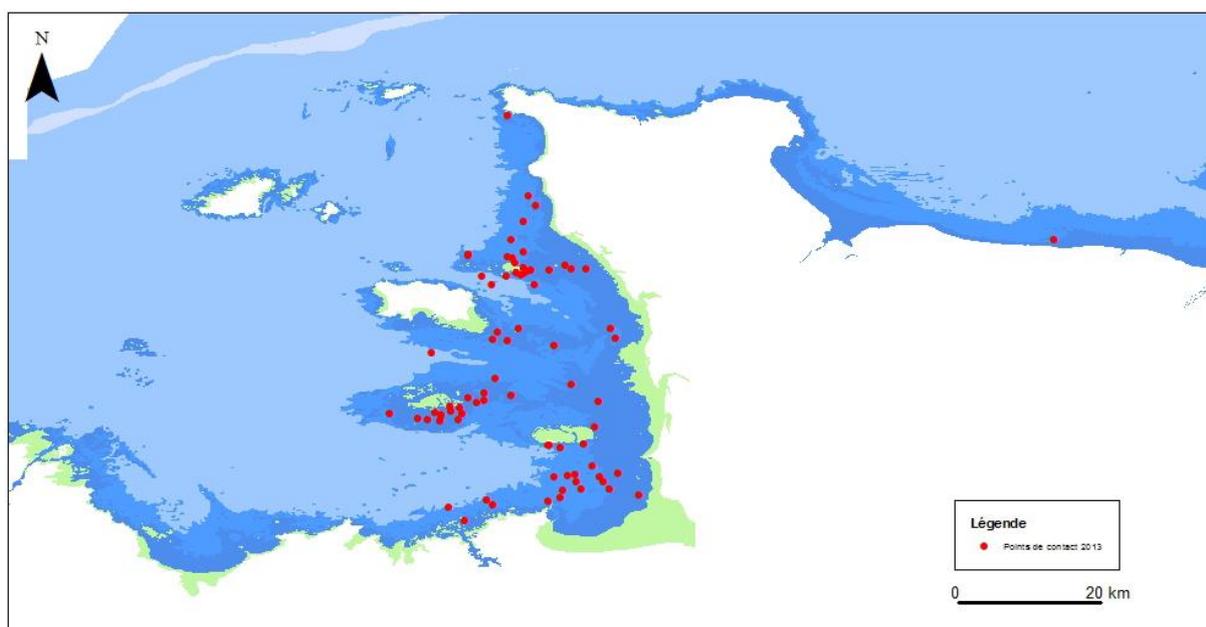


Figure 12 : Points de contact avec les groupes de grands dauphins en 2013

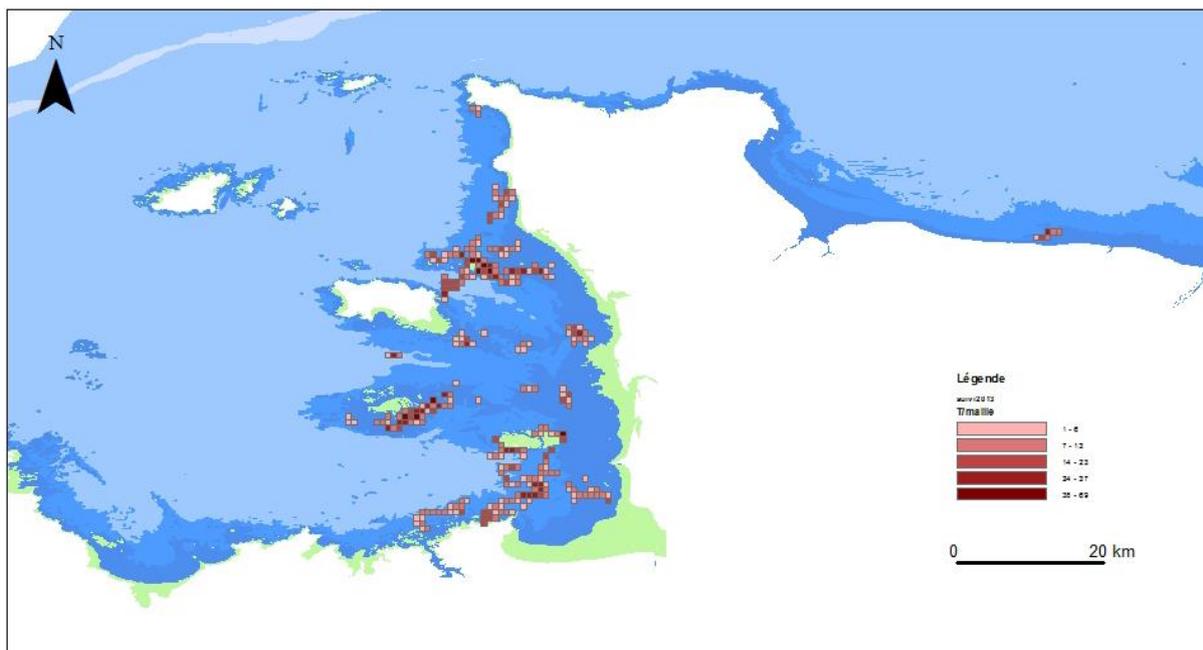


Figure 13 : Temps passé avec les groupes de grands dauphins en minutes par maille d'un km² pour l'année 2013

Les figures 12 et 13 mettent en évidence trois zones distinctes de concentration des grands dauphins : la première se situe entre Chausey et la pointe du Grouin, la seconde au sud des Minquiers et la troisième autour des Ecréhou.

3.2. La photo-identification de l'année 2013

3.2.1. Photographies analysées

En 2013, le GECC a mis l'accent sur la photo-identification afin de rattraper son retard, ou du moins, d'éviter que ce dernier ne se creuse. En conséquence, 5215 photographies prises en 2013 et 10 000 photographies prises en 2011, soit un total de 15215 photographies, ont été analysées en 2013.

Pour l'année 2013, le GECC est à jour dans la photo-identification, ce qui est une première ! Cela signifie que toutes les photographies prises cette année-là, soit 5215 images, ont été traitées dans la base de données de l'association. A partir de ces 5215 photographies, le GECC a identifié 6201 ailerons et 214 individus différents.

Le tableau 11 liste les 214 individus identifiés à partir du travail de terrain de 2013, qui se répartissent comme suit : 20 individus avec un niveau de marquage M1 ; 81 individus avec un niveau de marquage M2 ; 80 individus avec un niveau de marquage M3 ; 33 individus avec un niveau de marquage M4. Parmi cet échantillon figurent également 77 femelles et 94 mâles, ainsi que 158 individus adultes et 16 individus sub-adultes.

Tableau 11 : Synthèse des 214 grands dauphins identifiés à partir du travail de terrain de 2013
 N=individus marqués M2, M3, M4, NL=individus lisses M1, a=adulte, sa=sub-adulte, f=femelle, m=mâle

Identifiant	Sexe	Niveau de marquage	Statut	Identifiant	Sexe	Niveau de marquage	Statut	Identifiant	Sexe	Niveau de marquage	Statut
N0007	m	4	a	N0075	m	3	a	N0195		2	a
N0012	f	3	a	N0077	f	3	a	N0196	f	3	a
N0013	m	4	a	N0079	m	3	a	N0199	f	2	sa
N0015	m	4	a	N0081	f	4	a	N0200	m	2	sa
N0018	f	3	a	N0107	f	2	a	N0201	f	2	a
N0021	f	2	a	N0114	f	2	a	N0202	f	2	a
N0026	f	3	a	N0117	f	3	a	N0206	f	3	a
N0029	m	3	a	N0120	m	3	a	N0208	m	3	a
N0030	m	4	a	N0135	m	3	a	N0093	m	4	a
N0031	m	2	sa	N0137	m	3	a	N0095	f	3	a
N0033	f	3	a	N0138	m	2	sa	N0106	f	3	a
N0034	m	3	a	N0141	m	4	a	N0209	m	2	a
N0035	m	4	a	N0143	m	4	a	N0210	f	2	a
N0037	f	3	a	N0144	m	3	a	N0243		3	a
N0038	m	4	a	N0149	f	2	a	N0261	m	4	a
N0039	m	3	a	N0151	f	3	a	N0262	f	2	a
N0041	f	2	a	N0154	m	2	a	N0263	f	3	a
N0042	m	2	a	N0157	f	3	a	N0265	f	2	sa
N0044	m	3	a	N0158	f	4	a	N0267	m	2	a
N0045	f	4	a	N0161	f	3	a	N0275	f	4	a
N0048	m	4	a	N0162	f	3	a	N0278	m	4	a
N0049	m	4	a	N0163		2	a	N0279	f	3	a
N0051	f	2	a	N0166	m	4	a	N0281	f	3	a
N0052	f	4	a	N0169	f	2	a	N0285	m	4	a
N0054	m	4	a	N0171	f	3	a	N0286	f	2	a
N0055	m	2	a	N0173	m	2	a	N0287	m	3	a
N0056	m	4	a	N0175	f	3	a	N0290	f	3	a
N0057	m	3	a	N0176	f	3	a	N0291	f	2	a
N0060	f	2	a	N0178	m	3	a	N0294	m	3	a
N0061	f	3	a	N0181	m	2	a	N0296	f	3	a
N0062	f	2	a	N0182	m	4	a	N0297	f	3	a
N0063	m	3	a	N0185	m	4	a	N0298	m	4	a
N0066		3	a	N0189	m	2	a	N0300	m	4	a
N0069	f	2	a	N0191	m	2	sa	N0302	f	2	a
N0072	m	3	a	N0193	f	2	a	N0304	m	3	a
N0073	m	3	a	N0194		2	a	N0306	f	3	a
N0307	m	4	a	N0417		2	sa	N0521	m	2	sa
N0310	m	3	a	N0433	m	3	a	N0525		2	sa
N0316	f	2	a	N0437	m	3	sa	N0527		2	sa

Identifiant	Sexe	Niveau de marquage	Statut	Identifiant	Sexe	Niveau de marquage	Statut	Identifiant	Sexe	Niveau de marquage	Statut
N0324	f	2	a	N0438		3	sa	N0529	m	3	a
N0326	m	2	a	N0440		2	a	N0532		2	a
N0329		3	a	N0443		2	a	N0533		3	a
N0330	m	2	sa	N0444		2	sa	N0536		3	a
N0332	m	2	a	N0445	m	2	sa	N0544		3	a
N0336	m	3	a	N0453	m	2	a	N0545		3	a
N0337	m	2	a	N0461	m	2	a	N0552		2	a
N0340	m	3	a	N0462		3	sa	N0553		2	a
N0342	f	2	a	N0470	m	3	a	NL0002	f	1	a
N0346	m	2	a	N0472	f	3	a	NL0019	f	1	a
N0347	f	2	sa	N0473	m	3	a	NL0041	f	1	a
N0348		2	sa	N0475	m	4	a	NL0195	f	1	a
N0348		2	sa	N0476	m	3	a	NL0213	f	1	a
N0350	f	2	a	N0477	m	2	a	NL0248		1	sa
N0351	m	4	a	N0479		3	a	NL0266		1	sa
N0352	m	2	a	N0483		2	sa	NL0272	f	1	a
N0367	m	3	a	N0484	f	2	a	NL0302		1	sa
N0368	m	3	a	N0490	m	3	a	NL0414		1	sa
N0369	m	3	a	N0493	f	2	a	NL0417		1	sa
N0372	m	4	a	N0495	m	3	a	NL0460		1	sa
N0373	f	3	a	N0496	m	3	a	NL0516		1	sa
N0375	m	2	a	N0497	m	3	a	NL0525		1	sa
N0376	m	3	a	N0499		2	a	NL0529		1	sa
N0378	m	2	a	N0501		2	a	NL0530		1	sa
N0381	f	2	sa	N0502	f	3	a	NL0531		1	sa
N0382	f	2	a	N0506	m	2	sa	NL0532		1	sa
N0384	f	3	a	N0509	f	3	a	NL0533		1	sa
N0389	m	3	sa	N0511		3	sa	NL0534		1	sa
N0393	f	2	a	N0514	m	2	a	N0211	m	2	a
N0398	f	2	a	N0515	f	4	sa	N0557		2	a
N0402	m	3	a	N0520	f	2	sa	N0563		2	a
N0566		2	a								

3.2.2. Etat du catalogue

En 2013, le GECC a ajouté 4 nouveaux individus marqués à son catalogue et 6 nouveaux individus lisses.

A ce jour, le catalogue du GECC comprend 418 individus marqués et 433 individus lisses, soit 851 individus au total. Ce chiffre ne représente en aucun cas le nombre total d'individus susceptibles de composer la population des grands dauphins sédentaires du golfe normand-breton. Le catalogue, en effet, compte un certain nombre d'individus vraisemblablement morts, dont nous n'avons pu confirmer la disparition, ainsi qu'un grand nombre de doublons. Le phénomène des doublons est particulièrement important chez les

individus lisses, dont les marques sur les ailerons évoluent très vite, ce qui rend leur identification difficile et augmente le risque de les voir intégrés plusieurs fois au catalogue.

3.2.3. Morphologies remarquables et pathologies dermatologiques chez les grands dauphins du golfe normand-breton

Les photographies prises sur le terrain mettent en évidence l'existence de particularités morphologiques et de pathologies dermatologiques au sein de cette population de grands dauphins. Nous ne faisons pas allusion, ici, aux marques courantes, à savoir les encoches, griffures et dépigmentation de l'aileron dorsal, dont nous avons parlé plus haut et qui sont utilisées pour la photo-identification (parties 2.2.3.b et 2.3.), mais à des marques particulières et inhabituelles laissées sur le corps ou l'aileron du dauphin, et qui découlent d'une malformation, d'une maladie, d'un parasite ou de l'activité humaine. Les individus présentés ici ont été vus entre 2005 et 2013 : certains sont morts ou ont disparu du catalogue (en raison de remaniements), d'autres sont toujours observés.

Parmi les morphologies remarquables, il convient de citer le cas d'une femelle (N0023) suivie durant deux ans, jusqu'à son décès en 2007, qui était affectée d'une déformation de la colonne vertébrale, vraisemblablement depuis sa naissance. Cette malformation consistait en la présence d'une bosse entre l'aileron dorsal et la nageoire caudale, donnant l'impression que l'animal était bossu (figure 14). Une malformation similaire a été décrite chez un grand dauphin aux Açores (<http://www.futura-sciences.com/magazines/nature/infos/actu/d/zoologie-video-acoires-cachalots-adoptent-dauphin-maj-441>).



Figure 14 : Femelle grand dauphin affectée d'une malformation de la colonne vertébrale suivie par le GECC de 2005 à 2007

Deux autres cas de morphologies remarquables ont pu être observés au sein de la population des grands dauphins du golfe normand-breton. Le premier concerne un individu adulte (N0254), vu entre 2006 et 2012, dont l'aileron dorsal est courbé (figure 15). Le second concerne un jeune, non identifié, dont la mâchoire supérieure est atrophiée (prognathisme, figure 16).



Figure 15: Grand dauphin (N0254) observé entre 2006 et 2012 dont l'aileton est courbé



Figure 16 : Grand dauphin jeune non identifié observé en 2013 et affecté de prognathisme

Pour ce qui regarde les pathologies dermatologiques, le suivi de terrain montre que chez certains individus la peau paraît comme marbrée, à l'exemple du grand dauphin N0402, observé depuis 2008 (figure 17). Cette caractéristique semble ne pas affecter la santé de l'individu.



Figure 17 : Grand dauphin (N0402) à la peau marbrée

D'autres pathologies dermatologiques se manifestent sous forme de « pustules » ou de « verrues », comme chez l'individu NL0533 (figure 18), ou sous forme de taches grises (figures 19 et 20), noires ou jaunes, comme chez le grand dauphin N0112 (figure 21). Ces marques s'étendent sur des surfaces plus ou moins importantes du corps selon les animaux.



Figure 18 : Grand dauphin (NL0533) dont la peau est bosselée par des « verrues »



Figure 19 : Grand dauphin (NL0052) vu en 2011 avec des taches grises



Figure 20 : Grand dauphin (NL0143) vu en 2008 avec des taches foncées



Figure 21 : Grand dauphin (N0112) dont la peau présente des taches jaunes

La pollution chimique, les variations de la température de l'eau et de la salinité pourraient être responsables de ces lésions épidermiques. Ces facteurs favoriseraient l'installation de virus dont les poxvirus, agents infectieux observés sur les lésions de plusieurs espèces de dauphins en Méditerranée et autour des îles britanniques (Wilson *et al.*, 1999b ; Van Bresseem, 2003). Les champignons, bactéries ou protozoaires pourraient également en être la cause.

La fréquence des observations de lésions épidermiques chez les grands dauphins juvéniles et chez les sub-adultes pourrait s'expliquer par l'immaturation de leur système immunitaire. Les adultes semblent développer une immunité active suite à une infection (Van Bresseem, 2009). Les nouveau-nés et les jeunes entre six et neuf mois sont en général protégés par l'immunité maternelle (Van Bresseem *et al.*, 1996).

Si certaines lésions persistent durant des années, d'autres, en revanche, semblent guérir et se transforment en marques de couleur gris clair avec, parfois, un contour ou un centre sombre, pour finalement s'estomper progressivement, comme c'est le cas de l'individu N0557 (figure 22).



Figure 22 : Grand dauphin (N0557) observé à gauche en 2008 et à droite (au premier plan) en 2013

Ajoutons encore que quatre grands dauphins ont été observés en 2007 avec un parasite sur l'aileron dorsal (figure 23). Il s'agit certainement d'un *Xenobalanus globicipitis*, un crustacé épizoïte non pathogène de la famille des Cirripèdes. Cette espèce de balane fait partie des épibiontes (commensaux) qui s'alimentent dans leur environnement et se servent de leur hôte uniquement comme substrat (Fertl *et al.*, 2008). Ces organismes ne se fixent apparemment que sur des cétacés nageant lentement, la plupart du temps à cause d'un affaiblissement (Dhermain, 2011). La mort des individus survenant généralement peu après l'installation de *Xenobalanus globicipitis* peut expliquer qu'il n'est qu'exceptionnellement observé sur les grands dauphins de la Manche.



Figure 23 : Grand dauphin observé en 2007 avec un parasite sur l'aileron dorsal

Si la plupart des morphologies remarquables décrites ici semblent avoir une cause naturelle, il reste néanmoins difficile d'évaluer précisément l'impact de l'homme concernant les lésions dermatologiques ou la présence de parasites. Certaines études suggèrent cependant que la pollution chimique, notamment par les métaux lourds, les hydrocarbures ou les organochlorés, affaiblirait le système immunitaire des grands dauphins, favorisant alors l'implantation d'agents pathogènes ou de parasites (Aguilar, 1994 ; Van Bressem, 2003).

En revanche, il apparaît que les marques directement liées aux activités humaines sont très occasionnelles chez les grands dauphins du golfe normand-breton. Seul un individu, le N0106, porte ce type de marque : il s'agit d'un dauphin dont le tronçon caudal a été blessé par un fil de pêche qui est resté longtemps attaché à l'animal et ainsi pu être observé visuellement. Suivi depuis 2005, la blessure de ce dauphin a cicatrisé mais l'encoche est encore très visible.



Figure 24 : Grand dauphin (N0106) observé depuis 2005 et blessé par un fil de pêche

Pour finir, il nous faut encore citer le cas d'un jeune grand dauphin échoué mort en avril 2013 et atteint vraisemblablement d'une lobomycose (figure 25). Rien ne permet de penser que cette infection mycologique, très répandue chez les grands dauphins, ait été à l'origine du décès de cet individu. Cette pathologie, néanmoins, indique une immunité dégradée souvent associée à la présence, dans l'organisme, de contaminants persistants mais pas forcément toxiques, transmis par l'allaitement ou par voie placentaire durant la gestation (informations transmises par Willy Dabin, du Réseau national échouage).



Figure 25 : Jeune grand dauphin échoué mort en avril 2013 et atteint d'une infection mycologique

3.3. Le sexage de la population en 2013

La méthode choisie, à savoir la combinaison des trois indicateurs pour toutes les classes d'âge confondues (tableau 6), a été appliquée à l'ensemble des individus du catalogue, soit 851 individus, chiffre dont nous avons soustrait les 79 individus de la liste de référence, soit un total de 772 individus à sexer.

Sur ces 772 dauphins nous avons pu en sexer 195. Ce résultat peut paraître faible mais il convient de rappeler que le catalogue comprend de nombreux individus qui n'ont été identifiés qu'une seule fois et qui, par conséquent, ne peuvent être pris en compte par les analyses. A ces 195 grands dauphins sexés s'ajoutent les 79 de la liste de référence, ainsi que cinq individus qui ont pu être sexés à partir de photographies.

Ainsi, nous connaissons le sexe de 279 individus de la population des grands dauphins du golfe normand-breton. Cet échantillon se répartit comme suit : 149 mâles dont 11 sub-adultes et 130 femelles dont 12 sub-adultes. Précisons que les 11 sub-adultes mâles n'ont pas été sexés par la méthode qui combine les trois indicateurs, mais par sexage moléculaire et observation visuelle. Pour l'année 2013, nous connaissons le sexe de 168 dauphins sur les 214 identifiés, soit 78%.

3.4. Les groupes rencontrés en 2013

3.4.1. Taille

En 2013, la taille de 62 groupes a été estimée visuellement et la taille de 64 groupes a été estimée à partir du nombre d'individus identifiés par photo-identification. On remarque qu'il existe une différence de deux groupes entre l'estimation visuelle et la photo-identification. Cet écart s'explique par le fait que, pour deux observations, la taille du groupe estimée visuellement a été malencontreusement égarée.

Le tableau 12 montre que, d'après l'estimation visuelle, les groupes rencontrés en 2013 comprenaient entre un et 60 dauphins, avec une majorité de groupes estimés entre un et 10 individus. D'après la photo-identification, les groupes rencontrés comprenaient entre un et 40 dauphins, avec une majorité de groupes estimés entre un et 10 individus. Les résultats obtenus par ces deux méthodes, s'ils diffèrent quelque peu, restent néanmoins assez similaires, avec 72% des groupes estimés visuellement entre un et 20 dauphins et 93% des groupes estimés par la photo-identification dans ces mêmes proportions.

Pour conclure, nous pouvons dire que les groupes rencontrés en 2013 étaient majoritairement des groupes de petite taille. Aucun groupe important, à savoir au-delà de 60 individus, n'a été vu en 2013.

Tableau 12 : Répartition des groupes de grands dauphins rencontrés en 2013 d'après l'estimation visuelle et la photo-identification

Intervalle	Nombre de groupes estimés à partir du bateau	Nombre de groupes calculés à partir du nombre de dauphins identifiés par photo-id
]0 – 10[	29 – 46%	38 – 59%
[10 - 20[	16 – 26%	22 – 34%
[20 -30[	10 – 16%	3 – 5%
[30 - 40[	5 – 8%	1 – 2%
[40 - 50[	1 – 2%	
[50 - 60[	1 – 2%	

3.4.2. Mixité

Pour étudier la mixité des groupes, nous avons sélectionné ceux pour lesquels le sexe d'au moins deux individus était connu. Il a été possible de comparer les proportions entre les mâles et les femelles au sein de 51 groupes observés en 2013. Le tableau 13 montre que 49% des 51 groupes de l'échantillon sont principalement composés d'individus mâles, tandis que seuls 23% de l'échantillon comprennent une majorité de femelles. Les groupes unisexes composés uniquement de mâles ou de femelles sont peu représentés.

Tableau 13 : Détail des 51 groupes rencontrés en 2013 répartis par mois et en fonction de la proportion entre les mâles et les femelles

	Ensemble des groupes	100% femelle	Dominance femelles >50%	Parité	Dominance mâles >50%	100% mâles
janvier						
février						
mars	1					1
avril	1		1			
mai	3		1		2	
juin	6	1	2		3	
juillet	11	1	3	1	6	
août	16	2	3		9	2
septembre	8		1	3	2	2
octobre	5		1	1	3	
novembre						
décembre						
TOTAL	51	4 – 8%	12 – 23%	5 – 10%	25 – 49%	5-10%

En 2013, les quatre groupes composés uniquement de femelles que nous avons rencontrés comptaient moins de cinq individus, tandis que les cinq groupes de mâles que nous avons rencontrés comptaient moins de 10 individus. La figure 26 confirme que plus la taille des groupes augmente, plus on se rapproche d'une parité entre les mâles et les femelles au sein du groupe.

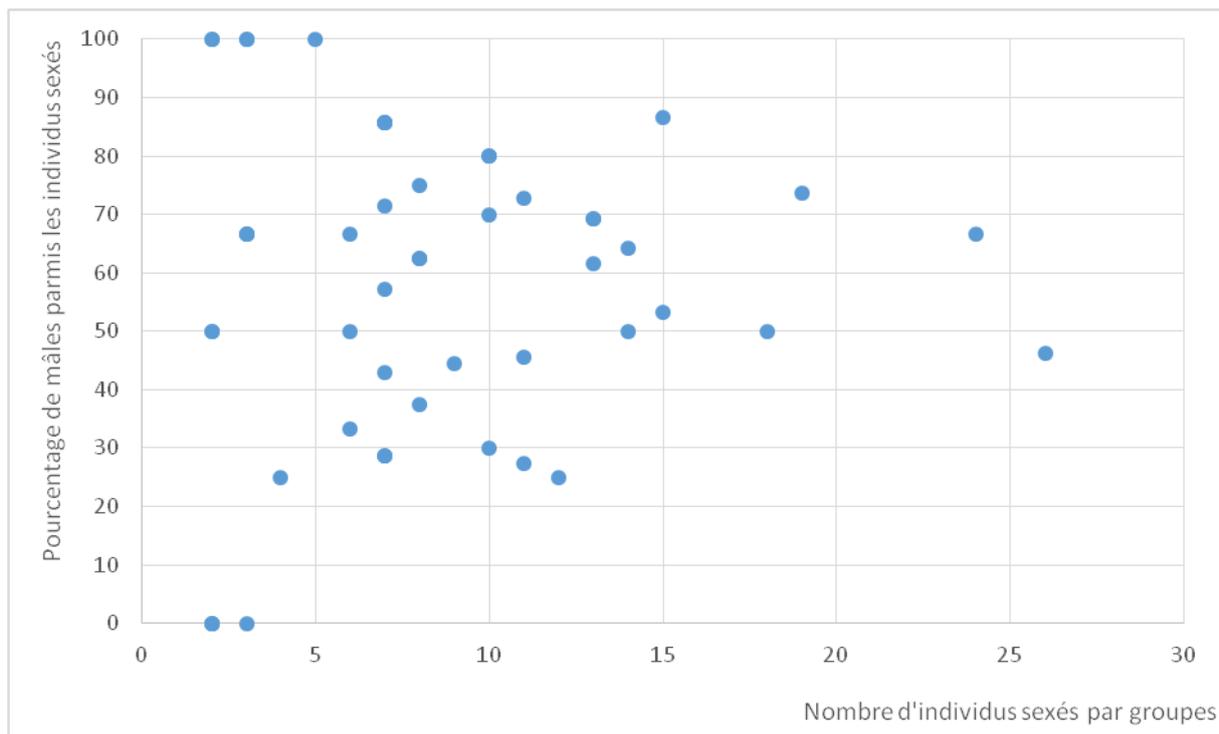


Figure 26 : Nombre d'individus sexés par groupe en fonction de la proportion de mâles

3.5. L'estimation de la population de l'année 2013

Les sessions choisies pour réaliser l'estimation de la population en 2013 sont détaillées dans le tableau 14.

Tableau 14 : Les sessions de l'année 2013

Numéro de la session	Date
Session 1	9 au 10 juin
Session 2	25 au 26 juin
Session 3	1 au 6 juillet
Session 4	21 au 24 juillet
Session 5	6 au 8 août
Session 6	14 au 21 août
Session 7	29 août au 3 septembre
Session 8	22 au 25 septembre
Session 9	7 au 8 octobre

Les résultats obtenus pour l'année 2013 sont présentés dans le tableau 15. La p-value calculée par Close Test est supérieure à 0,05 ce qui veut dire que la population est fermée. Le coefficient de variation des probabilités de capture individuelles, $Cv(pi)$, calculé par le modèle $M(th)$ de Chao, est inférieur à 0,4 et la couverture de l'échantillon (Sample Coverage, SC) est supérieure à 50%. Donc selon les recommandations de Chao *et al.*, (1992), le meilleur estimateur est celui de Darroch $M(t)$. Le facteur de correction θ (thêta) a été calculé à partir de 797 photographies prises entre juin et octobre. Il est, pour 2013, de 0,36. Au regard de ces résultats, l'estimation de la population des grands dauphins sédentaires du golfe normand-breton est de 328 (IC 95% : 311-359) dauphins.

Tableau 15 : Récapitulatif des résultats de l'estimation de population pour l'année 2013

Test pop. ouverte ou fermée p-value calculée par Close Test si p-value > 0,05 pop. fermée	0,08 Pop. fermée
SC / SE	85% / 1,74
CV(pi) Gamma calculée par le modèle conseillé Mth de Chao	0,09
Choix du modèle selon Chao si SC>50% et CV(pi)<0,4 alors modèle M(t) de Darroch	M(t) de Darroch
θ – écart type – variance	0,36 – 0,34 – 0,12
N ² / SE	118 / 4,33
Intervalle de confiance à 95%	112-129
N	328
IC 95%	311-359

3.6. La structure sociale de la population de 2009 à 2011

3.6.1. Choix de l'échantillon

Pour étudier la structure sociale, le GECC a rassemblé les données de trois années consécutives, estimant avoir ainsi suffisamment d'informations pour présenter des résultats fiables. La photo-identification de l'année 2012 n'étant pas faite, il n'a pas été possible d'effectuer la structure sociale de la population jusqu'en 2013. C'est pourquoi, la structure sociale porte, pour l'instant, sur les données des années 2009 à 2011.

D'après Whitehead (2008), lorsque la valeur du coefficient cophénétiq ue est proche de 0,8, la représentation de la structure sociale est considérée comme fiable. Pour atteindre ce résultat, l'auteur recommande d'utiliser les individus vus au minimum cinq fois durant la période d'étude, ainsi que les individus les plus marqués. Ce dernier point a pour objectif d'éviter les animaux susceptibles de changer de statut au cours de la période d'étude.

Nous avons suivi ces recommandations en y ajoutant une condition supplémentaire : n'utiliser que les individus dont le sexe était connu pour pouvoir déterminer ultérieurement l'influence éventuelle de ce paramètre sur la structure de la population. Voyant que le calcul du coefficient cophénétiq ue de cette combinaison était trop éloigné de la valeur recherchée, nous avons augmenté le nombre d'apparition minimal des individus. C'est en choisissant des individus vus huit fois et plus entre 2009 et 2011 et avec un niveau de marquage M3 et M4 que le coefficient de corrélation cophénétiq ue a dépassé la valeur de 0,8. Or ce premier échantillon, composé de 96 grands dauphins, sous-évaluait grandement les femelles : ces dernières, en effet, ne représentaient que 36% des individus de l'échantillon. Pour remédier à ce biais, nous avons alors ajouté les individus ayant un niveau de marquage M1 et M2 facilement identifiables et pour lesquels le statut n'a pas évolué au cours de la période d'étude.

L'échantillon définitif avec lequel la structure sociale de la population pour les années 2009 à 2011 a été calculée comprend 154 grands dauphins répartis dans 130 groupes différents parmi lesquels se trouvent :

- 68 femelles (44%), dont 60 adultes et huit sub-adultes. Le niveau de marquage des 60 adultes se répartit ainsi : deux M1, 27 M2, 25 M3 et six M4. Les deux femelles marquées M1 sont clairement identifiables, car elles possèdent, toutes

les deux, une forte décoloration sur l'aile. Le niveau de marquage des huit sub-adultes est M2 ;

- 86 mâles (56%), dont 79 adultes et sept sub-adultes. Le niveau de marquage des 79 adultes se répartit comme suit : 21 M2, 33 M3 et 25 M4. Le niveau de marquage des sub-adultes est M2.

Pour cet échantillon le coefficient de corrélation cophénétique est de 0,79.

3.6.2. Associations préférentielles

Les tests de permutation ont été effectués à trois reprises pour assurer leur fiabilité et 10 000 permutations ont été générées à chaque fois. L'erreur standard de la matrice initiale est de 0,129. L'erreur standard obtenue après permutation est de 0,122 : elle est donc inférieure à celle de la matrice initiale, ce qui confirme qu'il s'agit bien, pour l'échantillon étudié, d'associations préférentielles avec des individus « ciblés » et d'autres « évités ».

3.6.3. Variables sociales

L'indice d'association moyen est de 0,101 avec un écart type de 0,129. Le tableau 16 présente les variables sociales issues du calcul des indices d'associations. La valeur du *strength* pour l'ensemble des individus est de 15,46 ce qui laisse penser qu'il existe un niveau élevé de grégairisme entre les individus. L'*eigenvector centrality* est plus important pour les associations entre individus du même sexe que pour les mâles et femelles confondus. Concrètement, cela signifie que les individus ayant des relations fortes entre eux sont du même sexe. Les femelles ont une valeur d'*eigenvector centrality* supérieure à celle des mâles. La variable *reach* est nettement supérieure pour les individus des deux sexes mélangés que pour les mâles et les femelles seuls. Les résultats du *clustering coefficient* sont comparables à ceux de l'*eigenvector centrality* avec une valeur plus importante pour les femelles, puis pour les mâles et enfin pour les mâles et les femelles mélangés.

Tableau 16 : Synthèse des variables sociales

	Strength	Eigenvector centrality	Reach	Clustering coefficient	Affinity
Mâles + Femelles	15.46(4.37)	0.07(0.04)	257.94(92.89)	0.23(0.04)	16.32(1.84)
F - F	7.22(2.18)	0.11(0.04)	56.79(19.12)	0.26(0.04)	7.77(0.55)
M - M	8.85(2.47)	0.09(0.05)	84.29(30.98)	0.25(0.04)	9.33(1.13)

3.6.4. Visualiser la structure sociale

a. Diagramme de réseau social

La figure 27 représente le réseau social des 154 grands dauphins de l'échantillon : chaque triangle est un individu, chaque trait représente le lien qui les unit. Précisons que plus ce trait est long, moins les individus sont « proches » et, inversement, plus le trait qui les unit est court, plus les individus sont « proches ». Les triangles dont la pointe est située en haut sont des mâles, les triangles dont la pointe est dirigée vers le bas sont des femelles. Ce diagramme montre que tous les individus de l'échantillon sont en lien car aucun individu, ou groupe d'individus, ne se démarque des autres dauphins. On peut alors dire que cette population est unie.

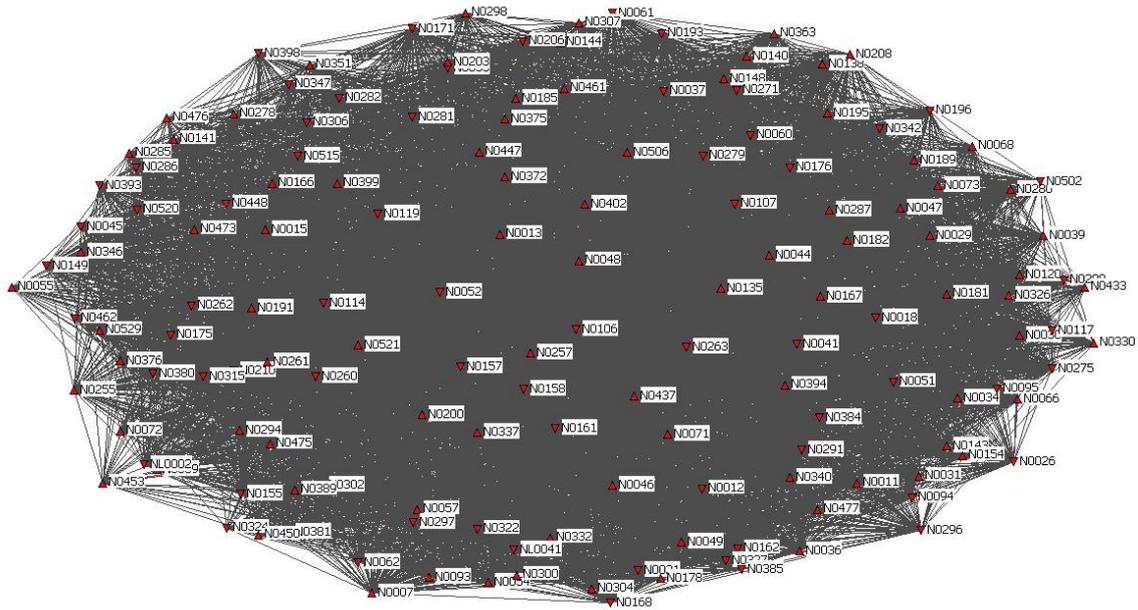


Figure 27 : Diagramme de réseau social représenté à partir de l'indice d'associations HWI
 Chaque individu est représenté par un triangle. Les triangles dont la pointe est située en haut sont des mâles, les triangles dont la pointe est dirigée vers le bas sont des femelles.

b. Dendrogramme

Le dendrogramme a pour objectif de mettre en évidence une éventuelle division de la population. La modularité du réseau permet de déterminer l'indice d'associations à partir duquel il existe une division dans le dendrogramme. La figure 28 présente la variation du coefficient de modularité en fonction de l'indice d'associations. La division du dendrogramme a lieu lorsque l'indice d'associations correspond à la valeur maximale du coefficient de modularité Q . Dans notre cas, Q max est de 0,34 ce qui permet de diviser le dendrogramme à partir de l'indice d'association de 0,098. La valeur de Q étant supérieure à 0,3, la division du réseau est robuste aux dires de Newman (2004).

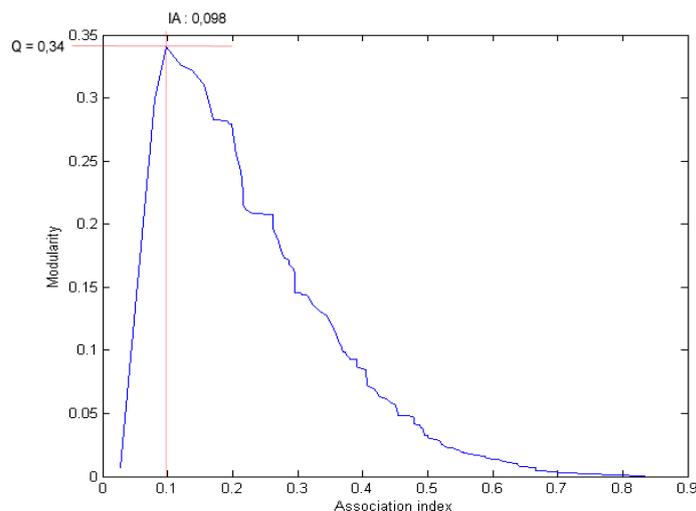


Figure 28 : Variation de la modularité du réseau en fonction de l'indice d'associations

Pour savoir si d'autres divisions existent dans cette population, le coefficient de modularité a été maximisé au moyen de la méthode du *knot diagram* (figure 29). On remarque que sur ce graphique, les points qui forment la courbe ne montrent pas de décrochement particulier, ce qui laisse supposer qu'il n'existe pas de sous-divisions au sein du dendrogramme.

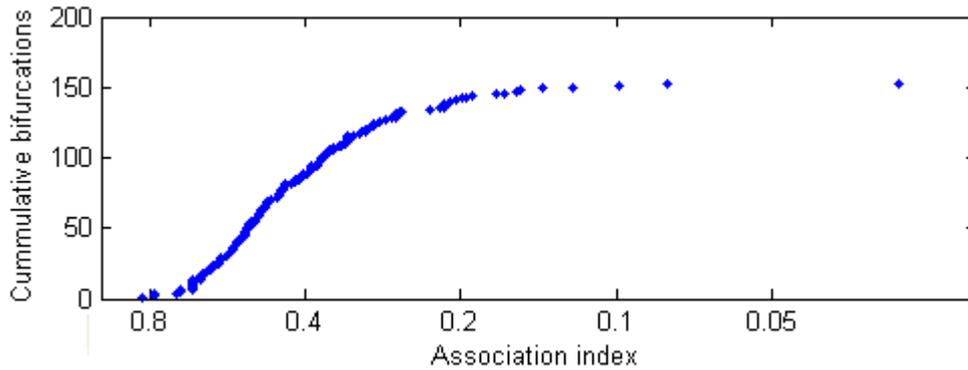


Figure 29 : *Knot diagram* ou diagramme de nœuds

Le dendrogramme de l'échantillon étudié, soit des 154 grands dauphins du golfe normand-breton, met en évidence la présence de trois groupes distincts au sein de cette population (figure 30). Le groupe 1, en bleu, est composé de 34 individus, donc 14 femelles et 20 mâles. Le groupe 2, en vert, comprend 68 individus, dont 28 femelles et 40 mâles. Le groupe 3, en rouge, compte 52 individus, dont 26 femelles et 26 mâles (annexe 3).

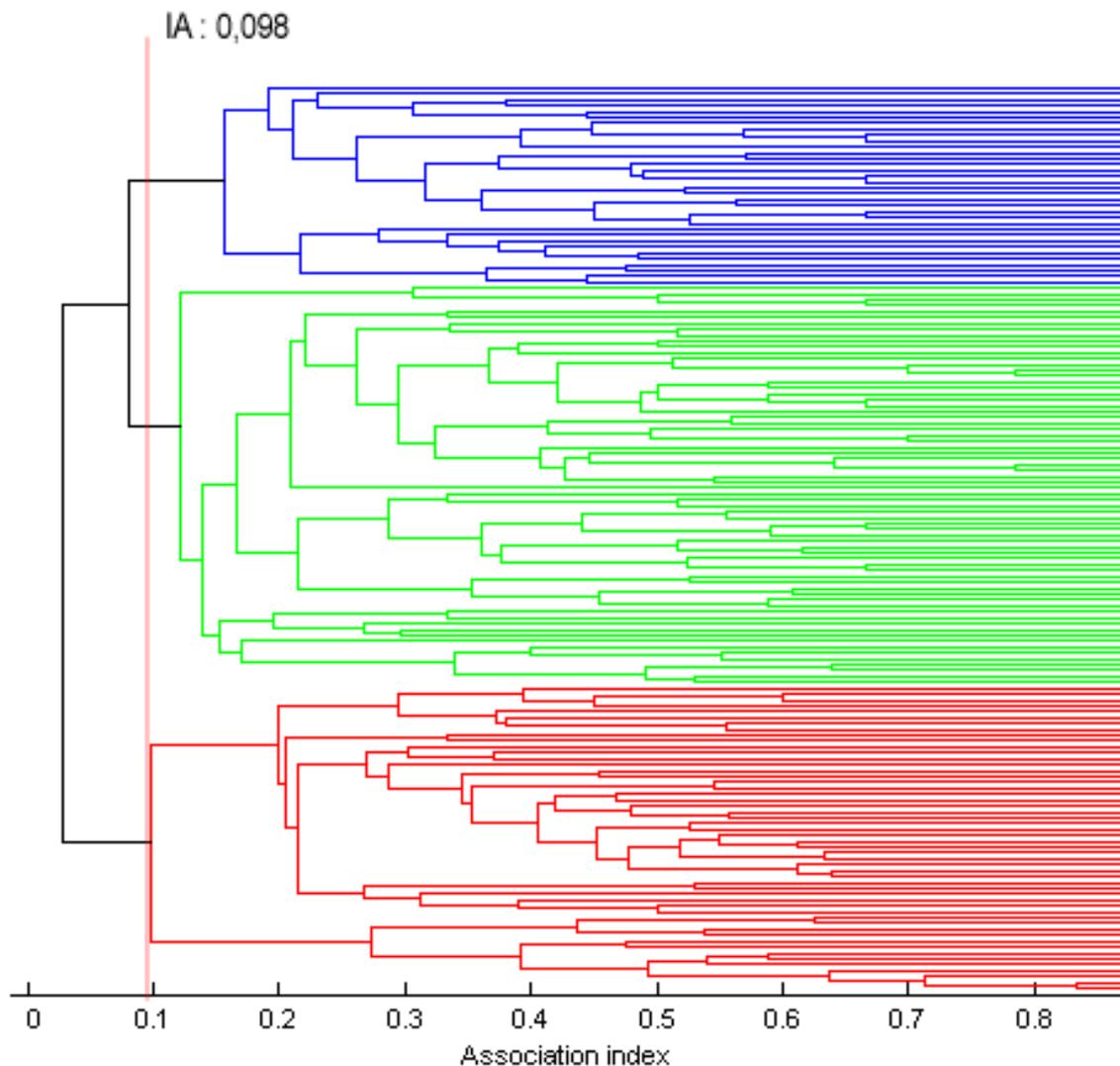


Figure 30 : Dendrogramme de la population des grands dauphins du golfe normand-breton

Pour comprendre ce qui différencie ces trois groupes, nous avons voulu savoir s'ils avaient la même répartition géographique. L'ensemble des positions connues pour chaque individu de l'échantillon a donc été projeté sur des cartes en sachant qu'un point représente un individu mais qu'un individu peut être vu plusieurs fois à des endroits différents. D'après les données, en effet, certains grands dauphins ont été observés entre huit et 28 fois durant la période étudiée, soit entre 2009 et 2011.

La figure 31 illustre la localisation du groupe 1 du dendrogramme, à savoir le groupe bleu. Ces individus sont principalement localisés dans le sud de la zone d'étude, en baie du Mont Saint-Michel, mais aussi aux Minquiers et, pour quelques individus seulement, dans le nord. La figure 32 montre la localisation du groupe 2 du dendrogramme, à savoir le groupe vert. On note que ces grands dauphins utilisent la zone d'étude dans son ensemble, du nord au sud. La figure 33 représente le groupe 3 du dendrogramme, à savoir le groupe rouge, qui fréquente le nord de la zone, ainsi que les Minquiers et, pour quelques individus seulement, le sud au niveau de Saint-Malo. La répartition géographique des trois groupes du dendrogramme est représentée dans la figure 34. On note alors que certaines zones géographiques sont fréquentées par les individus de deux ou trois groupes différents.

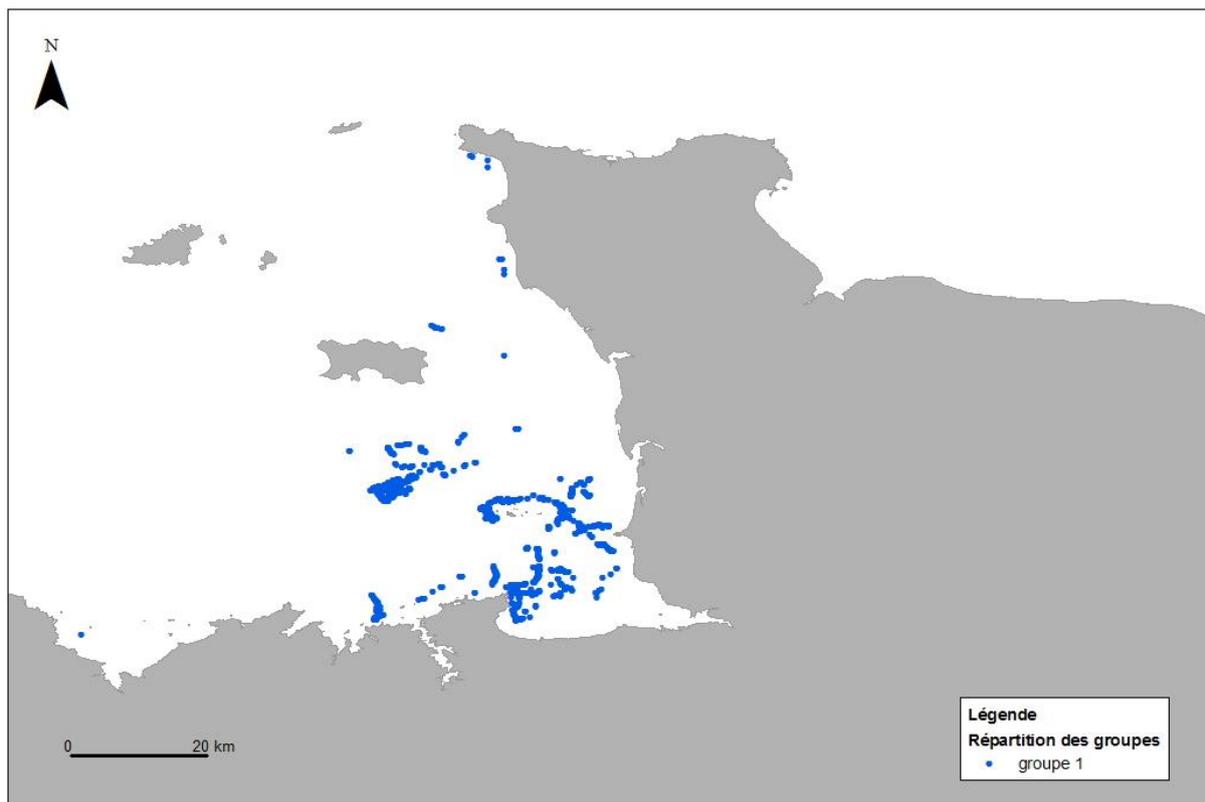


Figure 31 : Représentation géographique des individus composant le groupe 1 (en bleu) du dendrogramme

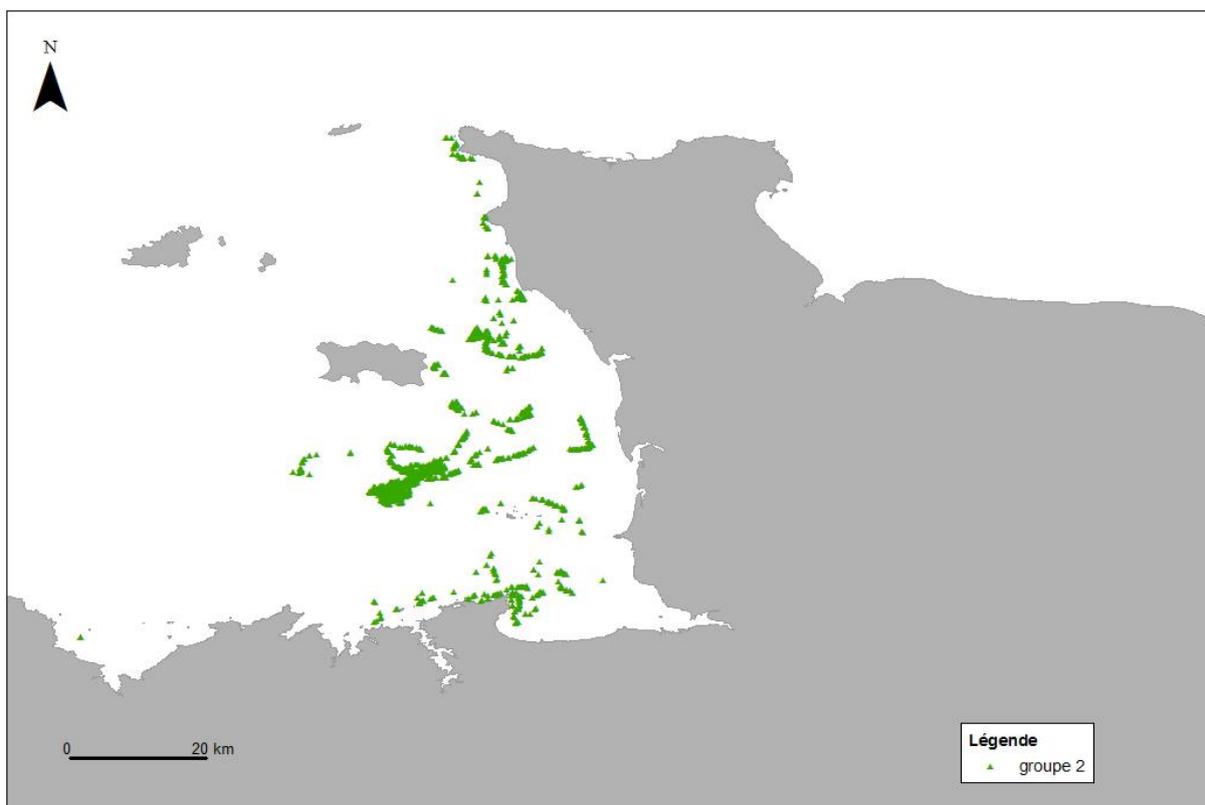


Figure 32 : Représentation géographique des individus composant le groupe 2 (en vert) du dendrogramme

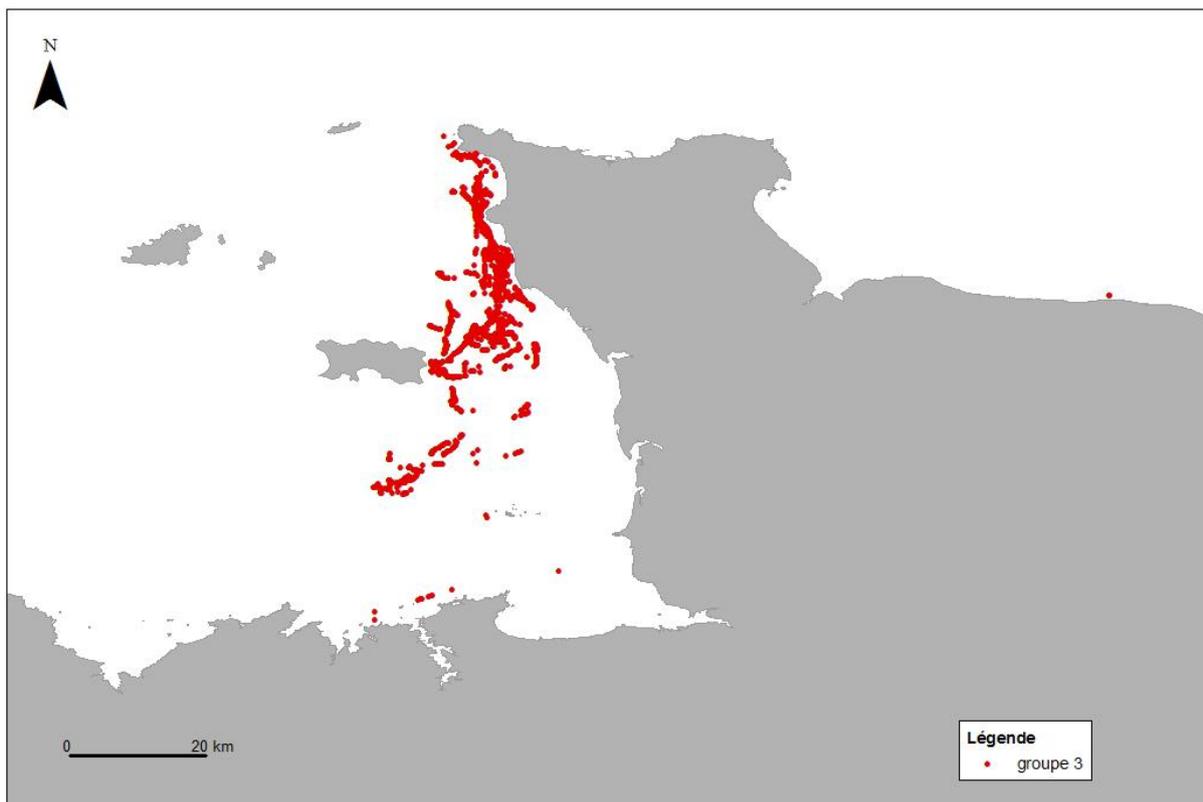


Figure 33 : Représentation géographique des individus composant le groupe 3 (en rouge) du dendrogramme

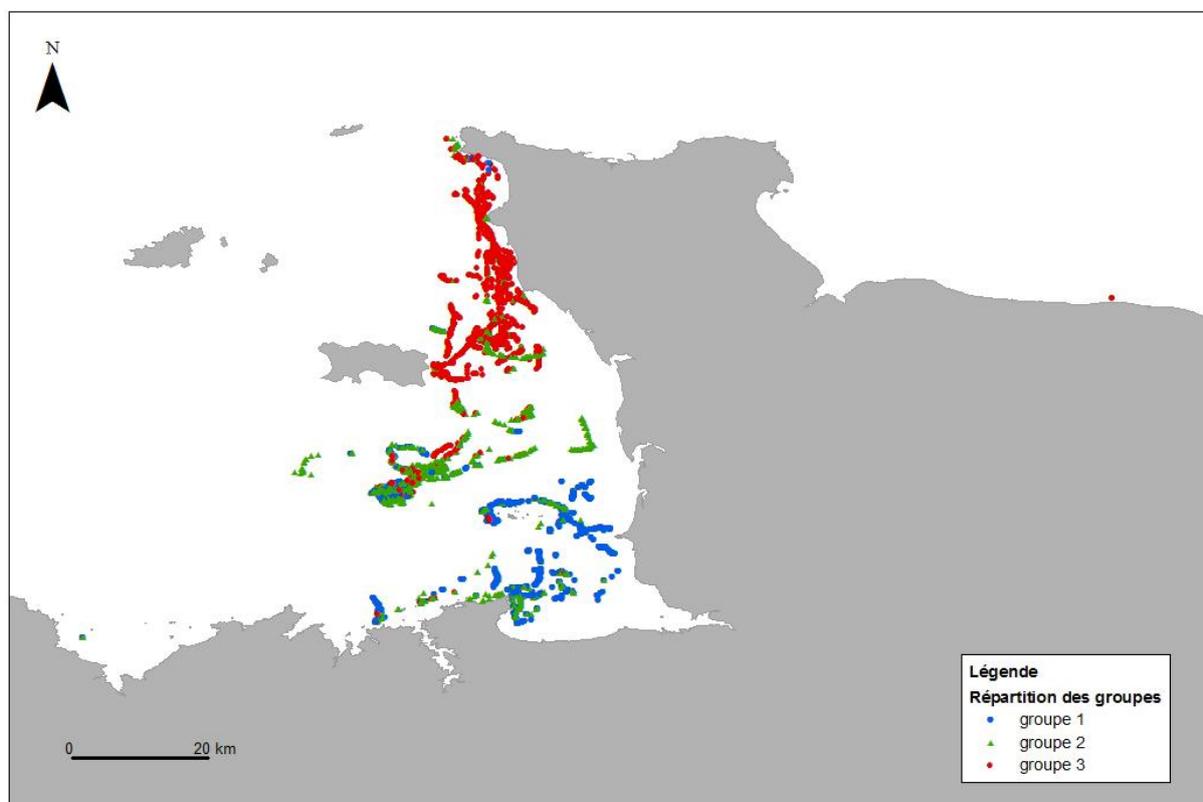


Figure 34 : Représentation géographique des individus composant les trois groupes (bleu, vert et rouge) du dendrogramme

La figure 35 représente la proportion de fréquentation de chacun des groupes en fonction de la latitude. Si le groupe 1 (bleu) domine effectivement dans les basses latitudes (48,6 à 48,8), force est de constater que des individus des groupes 2 (vert) et 3 (rouge) sont également observés dans ces latitudes, mais en proportion moindre. A partir des latitudes 48,9 et 49, qui correspondent à l'archipel des Minquiers, le groupe 2 (vert) domine largement aux côtés des groupes 1 (bleu) et 3 (rouges), présents eux aussi, mais dans une moindre proportion, dans cette zone. A partir des latitudes 49,1 à 49,6, qui correspondent à la zone allant de Jersey à la baie de Vauville, on remarque que le groupe 3 (rouge) est largement prédominant, avec la présence du groupe 2 (vert) et du groupe 1 (bleu) dans une moindre mesure. Enfin, le groupe 2 (vert) domine au cap de la Hague, à savoir à la latitude 49,7, avec le groupe 3 (rouge). Cette figure confirme qu'à aucun moment un groupe n'est absolument seul dans une zone géographique : il y a toujours superposition entre deux, voire trois groupes différents.

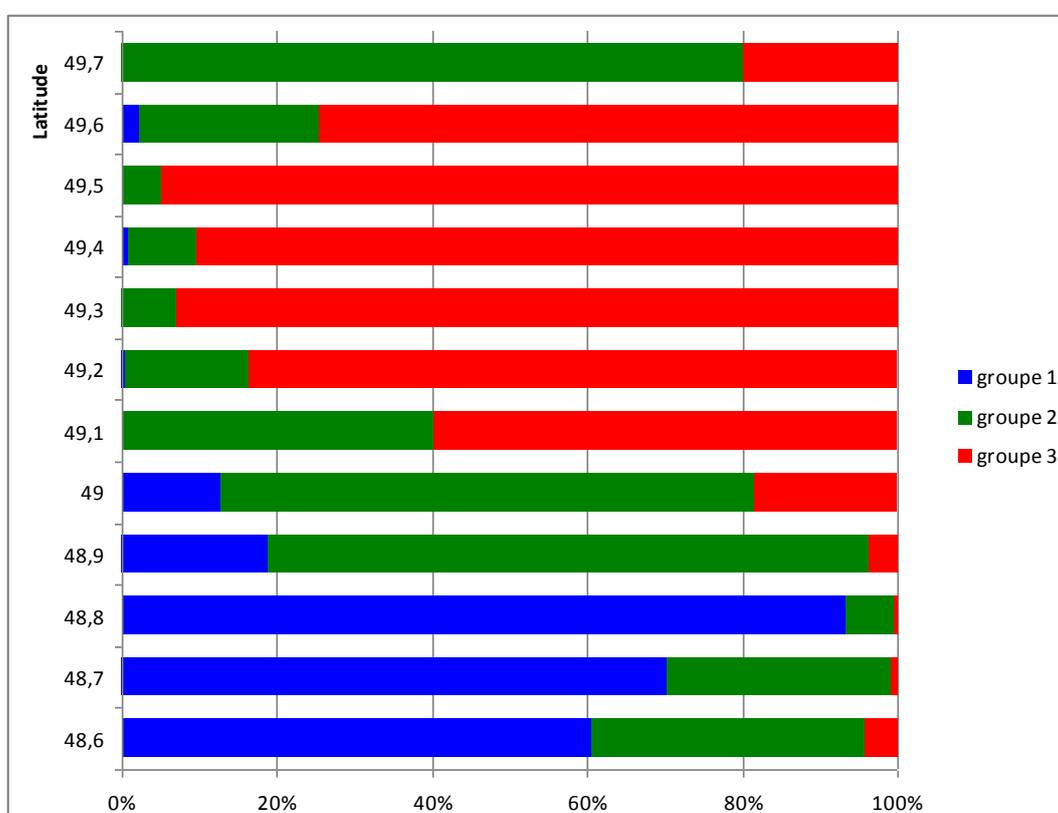


Figure 35 : Répartition en pourcentage des individus des trois groupes du dendrogramme (bleu, vert et rouge) en fonction de la latitude

L'étude de la répartition géographique renseigne sur les préférences spatiales des trois groupes du dendrogramme et met en évidence une utilisation géographique différente entre les groupes, notamment entre le groupe 1 (bleu) vu principalement au sud, et le groupe 3 (rouge), vu surtout au nord.

3.6.5. *Betweenness et divisions naturelles au sein du réseau*

Le *betweenness* a été calculé pour chaque individu à l'aide de Netdraw (Whitehead, 2009). Les valeurs du *betweenness* pour les 154 individus de l'échantillon sont comprises entre 2 et 171 (annexe 3). La figure 36 représente le schéma du réseau social en faisant apparaître entre chaque individu la valeur du *betweenness*. Chaque triangle représente un

individu. La taille des triangles est proportionnelle au *betweenness* : plus le triangle est grand, plus la valeur du *betweenness* est importante. Il apparaît que, sur ce schéma, les individus des deux extrémités sur la droite ne sont pas reliés entre eux directement, mais seulement par l'intermédiaire d'autres individus dans l'échantillon.

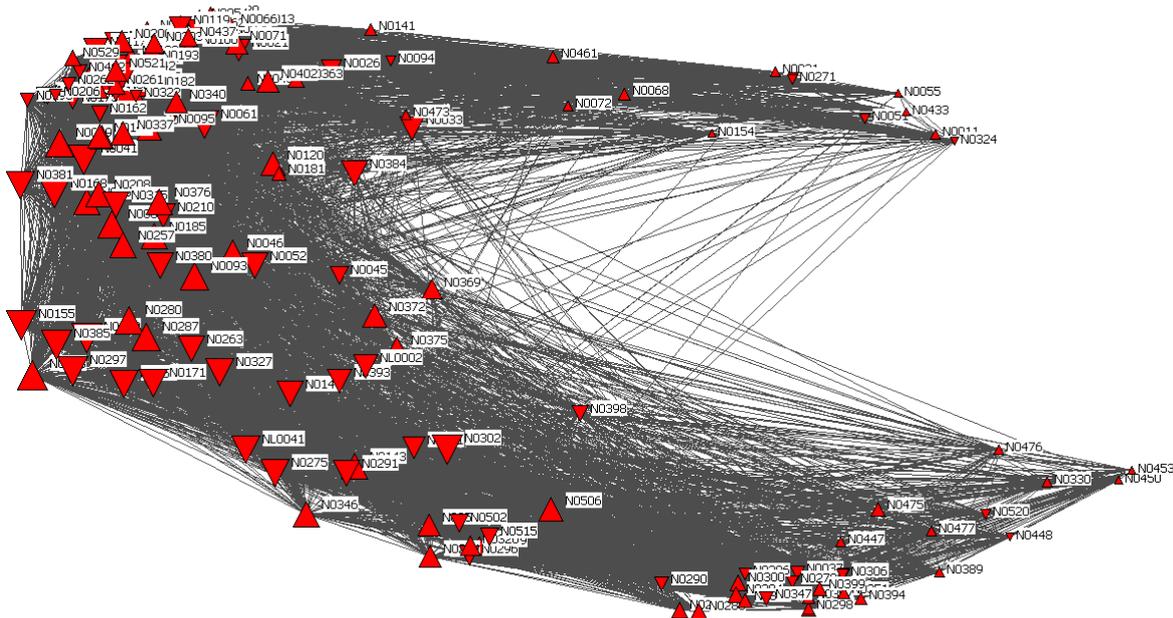


Figure 36 : Diagramme de réseau social représenté à partir des valeurs du *betweenness*. Chaque individu est représenté par un triangle. La taille des triangles est proportionnelle au *betweenness*. Les triangles dont la pointe est située en haut sont des mâles, les triangles dont la pointe est dirigée vers le bas sont des femelles.

Les divisions naturelles au sein du réseau ont été identifiées à l'aide de l'algorithme de Girvan-Newman (Girvan & Newman, 2002). Le maximum de l'indice de modularité $Q = 0,493$ a été atteint après avoir enlevé 92 individus, soit 60% de notre échantillon, avec la valeur de *betweenness* la plus élevée (figure 37). La valeur du *betweenness* est de 19,8 quand le coefficient de modularité maximal est atteint. La figure 38 montre qu'à partir de cette valeur l'échantillon se divise en deux groupes avec, d'un côté, 60% des individus ayant un *betweenness* élevé et, de l'autre, 40% ayant un *betweenness* faible.

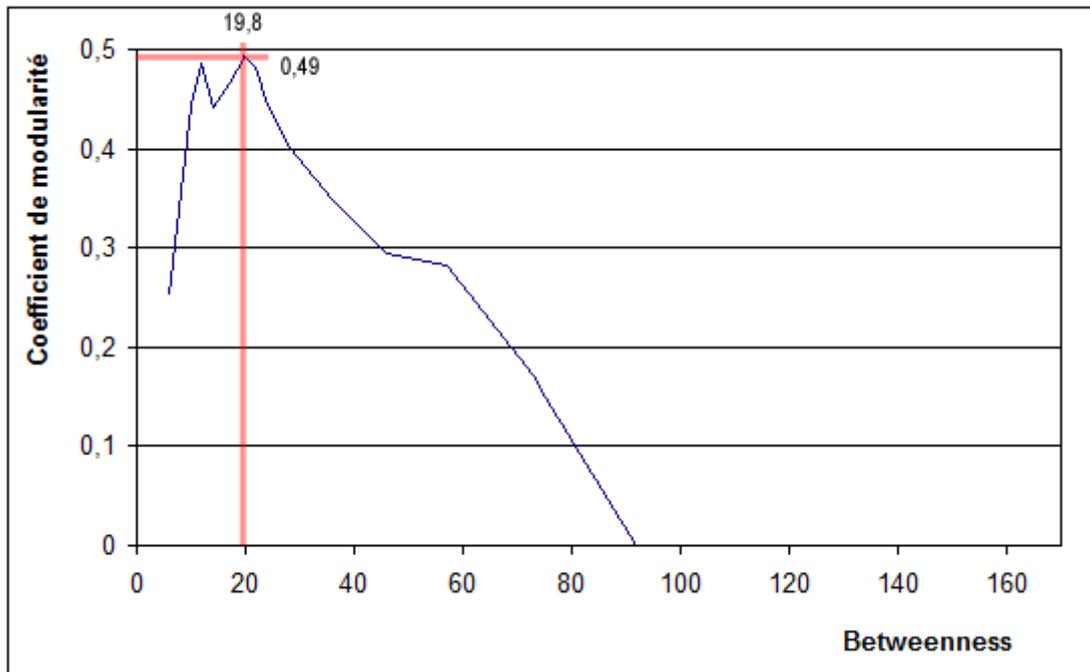


Figure 37 : Variation de la modularité du réseau en fonction de la valeur du *betweenness*

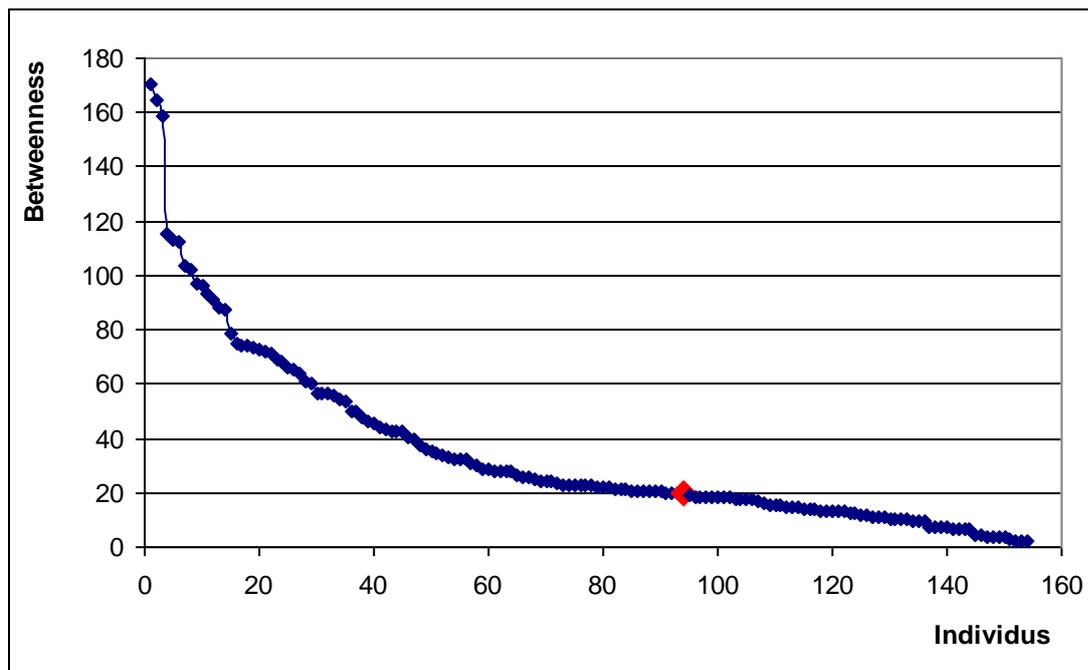


Figure 38 : Représentation du *betweenness* en fonction des individus de l'échantillon
Le point rouge correspond au point de rupture à l'intérieur du réseau.

La figure 39 représente le schéma du réseau social après avoir ôté les 92 individus ayant le *betweenness* le plus élevé. Elle montre que les individus ayant un *betweenness* bas sont divisés, eux aussi, en deux groupes (turquoise et orange) qui n'ont que très peu de lien entre eux, mais aussi entre les individus de chaque groupe.

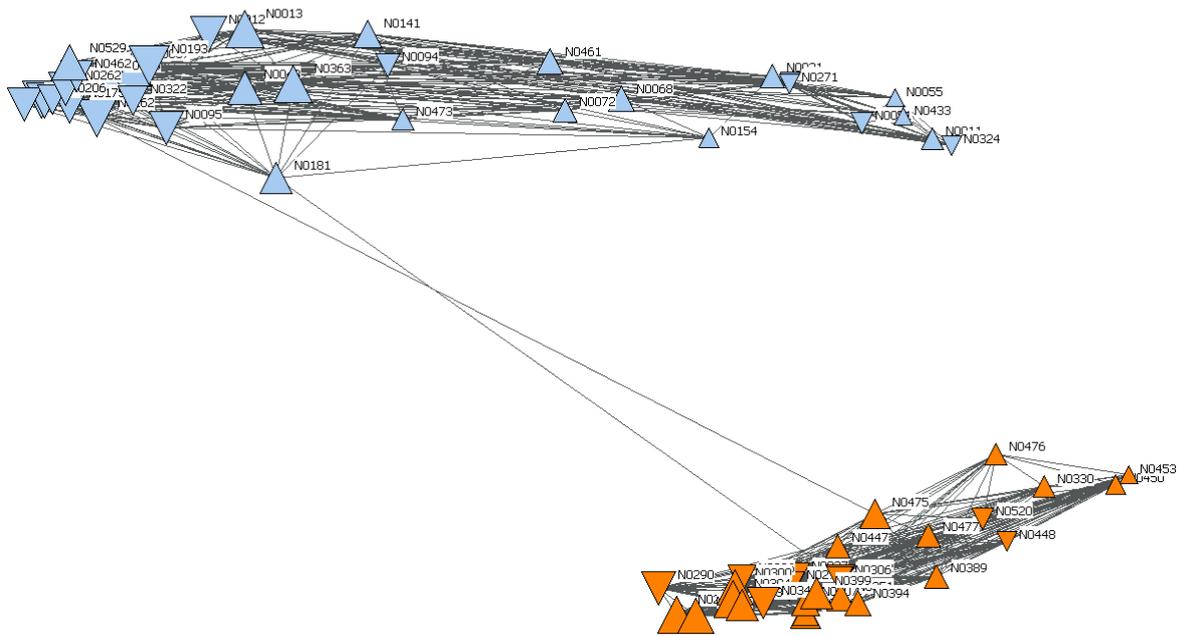


Figure 39 : Diagramme du réseau social après avoir enlevé 92 individus de l'échantillon avec la valeur du *betweenness* la plus élevée d'après la méthode de Girvan-Newman
 Chaque individu est représenté par un triangle. La taille des triangles est proportionnelle au *betweenness*. Les triangles dont la pointe est située en haut sont des mâles, les triangles dont la pointe est dirigée vers le bas sont des femelles.

La figure 40 représente le schéma du réseau social des 92 individus ayant le *betweenness* le plus élevé. On constate qu'ils ne forment qu'un seul groupe, avec de nombreux liens entre tous les individus de l'échantillon. Pour illustrer cette comparaison, nous avons ajouté les deux individus ayant la valeur du *betweenness* la plus élevée, à savoir une valeur de 164 et 171, aux deux groupes dont la valeur du *betweenness* est basse (figure 41) : on note que ces derniers ont des liens avec un très grand nombre d'individus des groupes turquoise et orange.

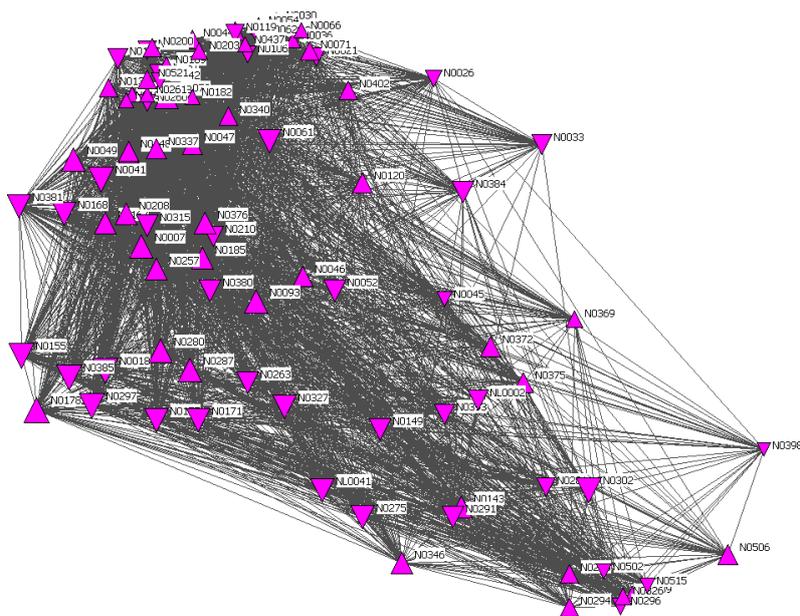


Figure 40 : Diagramme du réseau social des 92 individus de l'échantillon ayant la valeur de *betweenness* la plus élevée d'après la méthode de Girvan-Newman. Chaque individu est représenté par un triangle. La taille des triangles est proportionnelle au *betweenness*. Les triangles dont la pointe est située en haut sont des mâles, les triangles dont la pointe est dirigée vers le bas sont des femelles.

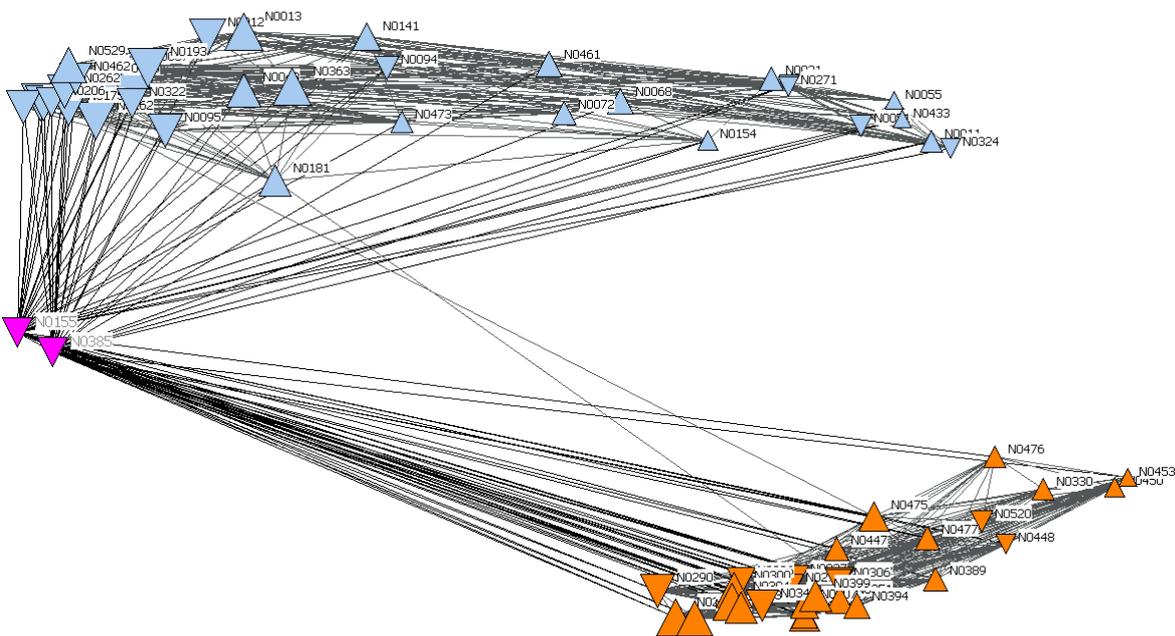


Figure 41 : Diagramme du réseau social avec les deux individus dont le *betweenness* est le plus élevé

A partir de la méthode de Girvan-Newman (Girvan & Newman, 2002) nous obtenons donc trois groupes distincts au sein de notre échantillon : le groupe 1, de couleur turquoise, et le groupe 2, de couleur orange, n'entretiennent que peu de liens. En revanche, le groupe 3, de couleur rose, entretient de nombreux liens avec les individus des groupes 2 et 3. Plus précisément encore, nous pouvons dire que le groupe 1 (turquoise), est composé de 17 femelles et de 16 mâles, avec des valeurs de *betweenness* comprises entre deux et 19 ; le groupe 2 (orange) est composé de neuf femelles et 19 mâles, avec des valeurs de *betweenness*

comprises, comme pour le groupe 1, entre deux et 19 ; le groupe 3 comprend 42 femelles et 51 mâles, avec des valeurs du *betweenness* plus élevées, comprises entre 20 et 171 (annexe 3).

Si on illustre la répartition géographique de ces trois groupes, on remarque que les groupes 1 et 2 (figure 42), occupent des zones différentes : le groupe 1 se situe à l'ouest et au sud de la zone, de la baie de Saint-Brieuc jusqu'au sud de Jersey, tandis que le groupe 2 occupe le nord et l'est de la zone, de l'archipel des Minquiers à la baie de Seine. Si des individus de ces deux groupes peuvent effectivement fréquenter la même zone géographique, ils n'entretiennent, toutefois, que de rares liens (figure 39). La figure 43 illustre, quant à elle, la distribution spatiale du groupe 3 et montre que les individus de ce groupe occupent l'ensemble de la zone, du nord au sud, jusque dans ses extrêmes, à savoir la baie de Seine à l'est et la baie de Saint-Brieuc à l'ouest. De par leur *betweenness* élevé, nous savons que les grands dauphins de ce groupe entretiennent de nombreux liens avec les individus des groupes 1 et 2, comme le montre la figure 41 pour seulement deux individus du groupe 3.

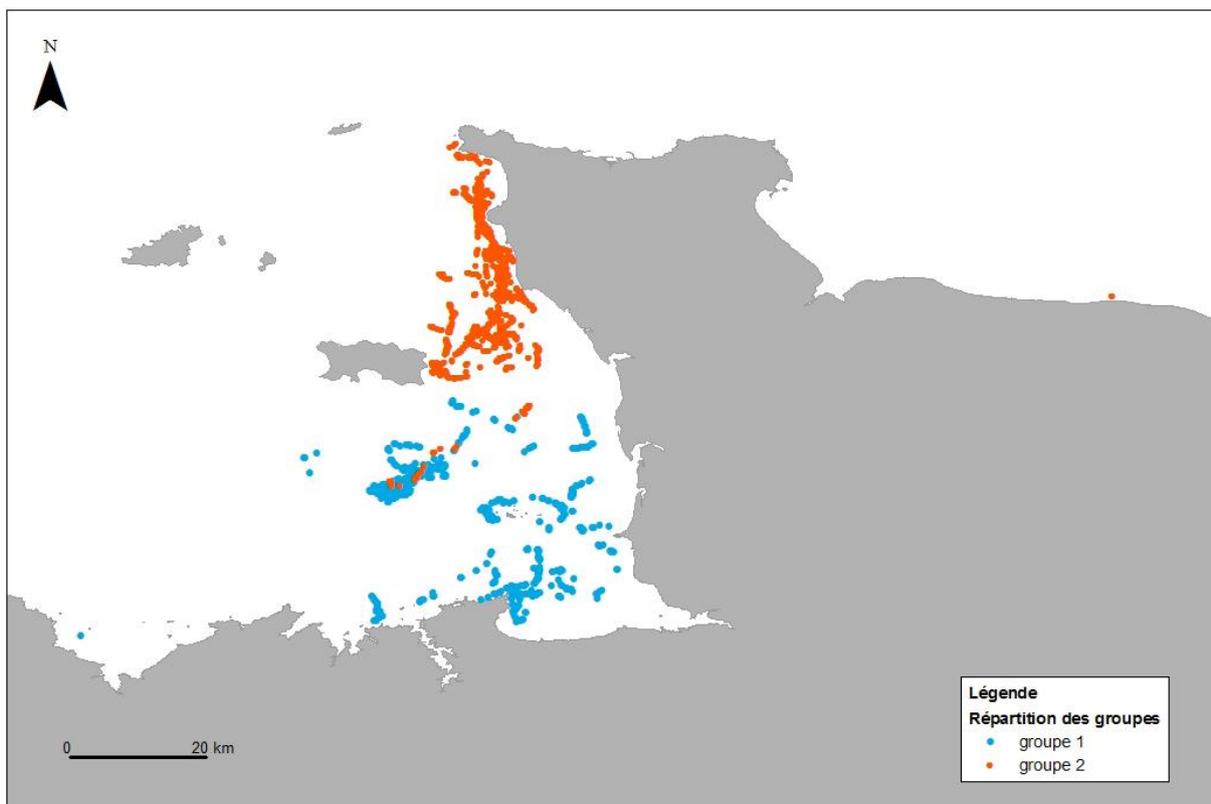


Figure 42 : Représentation géographique des individus composant les groupes 1 et 2 (turquoise et orange) de l'échantillon

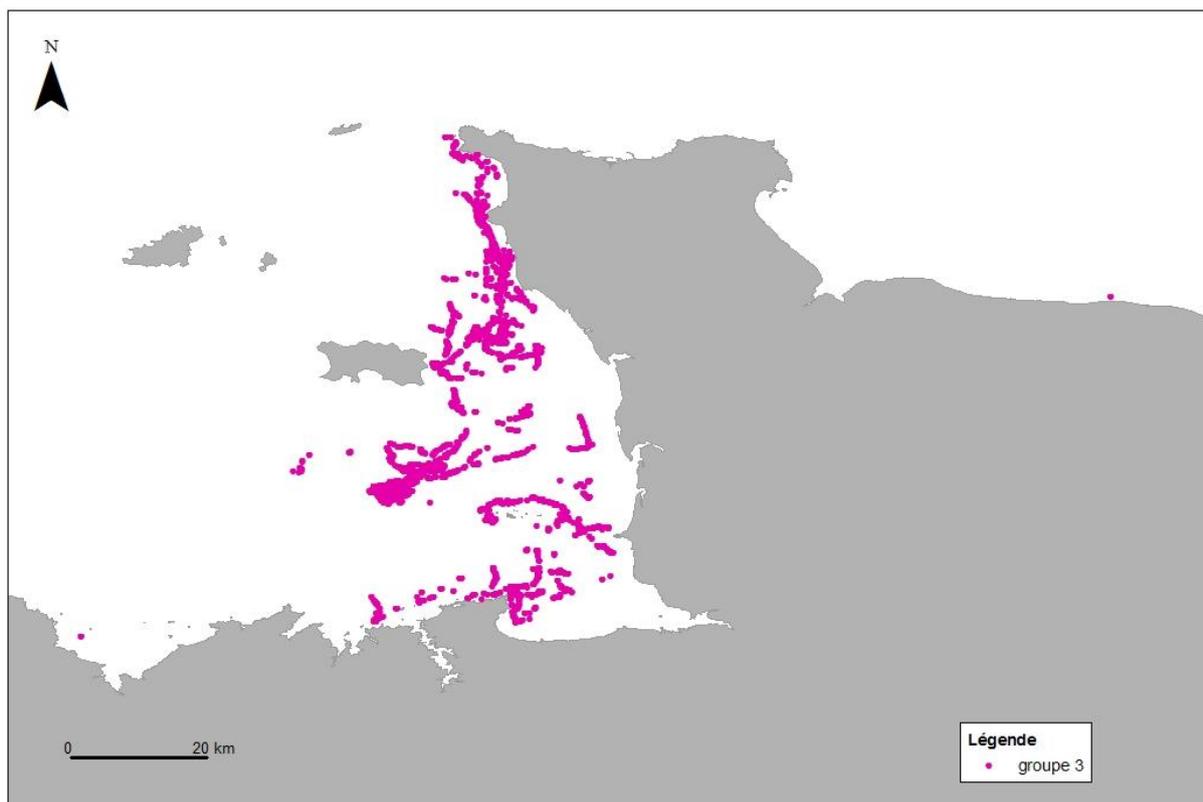


Figure 43 : Représentation géographique des individus composant le groupe 3 (rose) de l'échantillon

3.6.6. Influence du sexe sur la structure sociale

Dans un premier temps, nous avons voulu savoir si les individus ayant un *betweenness* élevé étaient plutôt des mâles ou des femelles. Pour répondre à cette question, nous avons comparé les moyennes de *betweenness* entre les deux sexes. Les femelles ont une moyenne de *betweenness* de 41,243 (écart type de 37,789) et les mâles ont une moyenne de *betweenness* de 30,192 (écart type de 26,541). Bien que les femelles aient une moyenne supérieure à celle des mâles la p-value (0,13) faite à partir d'un test de Mann Whitney Wilcoxon nous informe qu'il n'y a pas de différence significative entre les moyennes de *betweenness* selon le sexe. En d'autres termes, les individus ayant un *betweenness* élevé sont aussi bien des mâles que des femelles.

Dans un second temps, nous avons voulu savoir si le sexe des individus de la population, tout *betweenness* confondu, avait une influence sur la structure sociale. Pour ce faire, nous avons calculé le coefficient d'assortativité ou « r », sur la base de la méthode définie par Lusseau & Newman (2004). D'après les calculs effectués, la valeur de « r » est de 0,014. Cette valeur étant proche de 0, cela signifie que le sexe n'a pas d'influence sur la structure sociale.

3.7. Récapitulatif des résultats du suivi de l'année 2013

En 2013, le GECC a effectué 45 sorties en mer au cours desquelles il a rencontré 77 groupes de grands dauphins. Au total, 324 heures ont été passées sur l'eau. Les sorties se sont principalement déroulées entre le printemps et l'automne. Cette année, il n'y a eu aucune sortie en mer en hiver, en raison des conditions météorologiques. L'effort de recherche sur la zone a été conduit de manière homogène, mais la baie de Saint-Brieuc n'a pas été prospectée. Les contacts avec les grands dauphins ont eut principalement lieu dans le golfe normand-

breton et en baie de Seine. Finalement, le travail de terrain de cette année a montré trois zones de concentration de grands dauphins : Chausey et la pointe du Grouin, le sud des Minquiers et les Ecréhou.

Les 5215 photographies prises au cours des 45 sorties en mer de l'année 2013 ont toutes été analysées : c'est la première fois que l'association est à jour dans son travail de photo-identification. Au total, 6201 ailerons et 214 individus différents ont été identifiés en 2013. Parmi ces 214 individus figurent 77 femelles et 94 mâles, ainsi que 158 individus adultes et 16 individus sub-adultes.

En 2013, le GECC a ajouté 4 nouveaux individus marqués à son catalogue et 6 nouveaux individus lisses. A ce jour, ce catalogue comprend 851 individus, dont 418 individus marqués et 433 individus lisses.

L'analyse des photographies met en évidence quelques morphologies remarquables parmi les grands dauphins du golfe normand-breton (aileron dorsal recourbé et prognathisme). En outre, un certain nombre d'individus présente des pathologies dermatologiques (peau marbrée, pustules ou taches) dont l'origine reste difficilement explicable. Si certaines de ces lésions persistent, on note, en revanche, que d'autres évoluent et semblent s'estomper avec le temps. Quatre individus ont été observés avec un parasite sur l'aileron, vraisemblablement un *Xenobalanus globicipitis*, un crustacé épizoïte non pathogène de la famille des Cirripèdes. Enfin, l'autopsie d'un jeune grand dauphin échoué mort en avril 2013 a révélé que ce dernier souffrait d'une infection mycologique, sans doute une lobomycose. De manière générale, les individus de cette population ont peu de marques liées directement à l'activité humaine : seul un grand dauphin présente une profonde encoche sur le tronçon caudal faite par un fil de pêche qui est resté longtemps attaché à l'animal.

En 2013, le GECC a sexé 279 individus de la population des grands dauphins du golfe normand-breton. Cet échantillon se répartit comme suit : 149 mâles dont 11 sub-adultes et 130 femelles dont 12 sub-adultes. Sur les 214 grands dauphins identifiés en 2013 nous comptons 77 femelles et 94 mâles.

Les groupes de grands dauphins rencontrés en 2013 sont des groupes de petite taille, comprenant entre un et neuf individus. Aucun groupe important, à savoir au-delà de 60 individus, n'a été vu cette année-là. Ces groupes comprennent une majorité d'individus mâles mais on note que plus la taille des groupes augmente, plus on s'oriente vers une parité entre les mâles et les femelles au sein du groupe.

En 2013, l'estimation de la population des grands dauphins du golfe normand-breton est de 328 (IC 95% : 311-359) individus.

La population des grands dauphins du golfe normand-breton est une population unie qui, d'après le dendrogramme, se structure en trois groupes distincts. Il apparaît que chaque groupe possède une répartition spatiale qui lui est propre, même si aucun des trois groupes n'est tout à fait seul dans sa zone géographique préférentielle. Concernant la division naturelle au sein du réseau, l'algorithme de Girvan-Newman montre que 60% des individus de l'échantillon étudié peuvent être considérés comme les garants de la cohésion et de l'unicité de la population en raison de leur *betweenness* élevé. Ces individus occupent toute la zone d'étude. Les résultats disent encore que les 40% des individus restant qui ont un *betweenness* faible se divisent en deux groupes qui entretiennent peu de lien, aussi bien entre eux qu'avec les autres individus de la population. Il est à noter que ces deux groupes occupent des zones géographiques différentes, l'un résidant au nord et l'autre au sud de la zone. Enfin, le sexe n'a pas d'influence sur la structure sociale de cette population. Cela pourrait s'expliquer par le fait que dans la population du golfe normand-breton, les groupes sont majoritairement mixtes.

4. Le suivi de la population de 2009 à 2013

Cette partie a pour objectif de replacer le suivi de l'année 2013 dans un contexte plus large en le comparant avec les résultats obtenus lors des années précédentes. Elle porte sur les sujets pour lesquels nous avons des données avant 2013, à savoir les sorties en mer, la photo-identification, la taille et la mixité des groupes, ainsi que les estimations de la population.

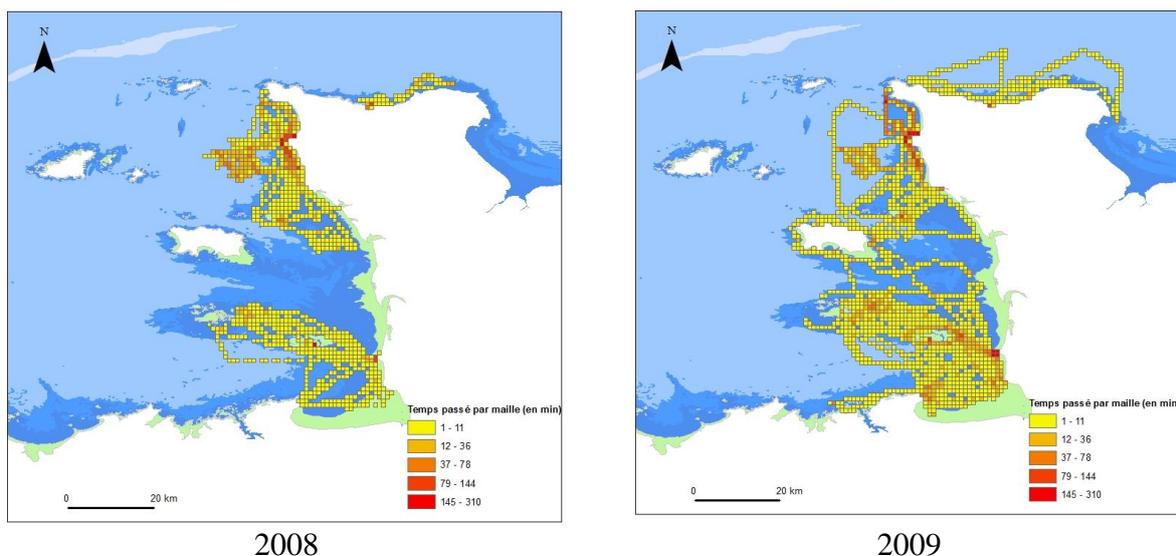
4.1. Le travail de terrain

4.1.1. Effort de recherche

Entre 2004 et 2006, la zone prospectée par le GECC pour le suivi de la population se limitait à la baie du Mont Saint-Michel. En 2008, cette zone s'est agrandie et partagée en deux parties distinctes : le sud, avec la baie du Mont Saint-Michel et les Minquiers, et le nord, des Ecréhou jusqu'au cap de la Hague, avec quelques sorties effectuées depuis Cherbourg. Ce n'est qu'à partir de 2009 que le golfe normand-breton a commencé à être prospecté de manière plus systématique et surtout plus uniforme, avec des liens entre le sud et le nord de la zone.

Les cartes d'effort de recherche (figure 44) illustrent l'évolution du travail de terrain du GECC entre 2008 et 2013. Précisons que l'effort de recherche, représenté en minutes par maille d'un km², se définit comme le temps passé à chercher activement les dauphins en mer. Ces cartes montrent que, durant ces six années, la zone a été prospectée de manière toujours plus homogène, avec des débordements plus ou moins importants suivant les années, vers la baie de Seine et la baie de Saint-Brieuc. Elles mettent également en évidence l'intérêt de l'échantillonnage stratifié qui va nous contraindre à prospecter désormais chaque année de manière uniforme toute la zone, de la baie de Seine à la baie de Saint-Brieuc.

Cette évolution dans le travail de terrain explique pourquoi nous utilisons, dans nos analyses, les sorties effectuées à partir de 2009 uniquement, sans intégrer celles de 2008 : ces dernières, en effet, ne couvrent pas la zone de manière satisfaisante, ce qui introduit un biais important dans les analyses.



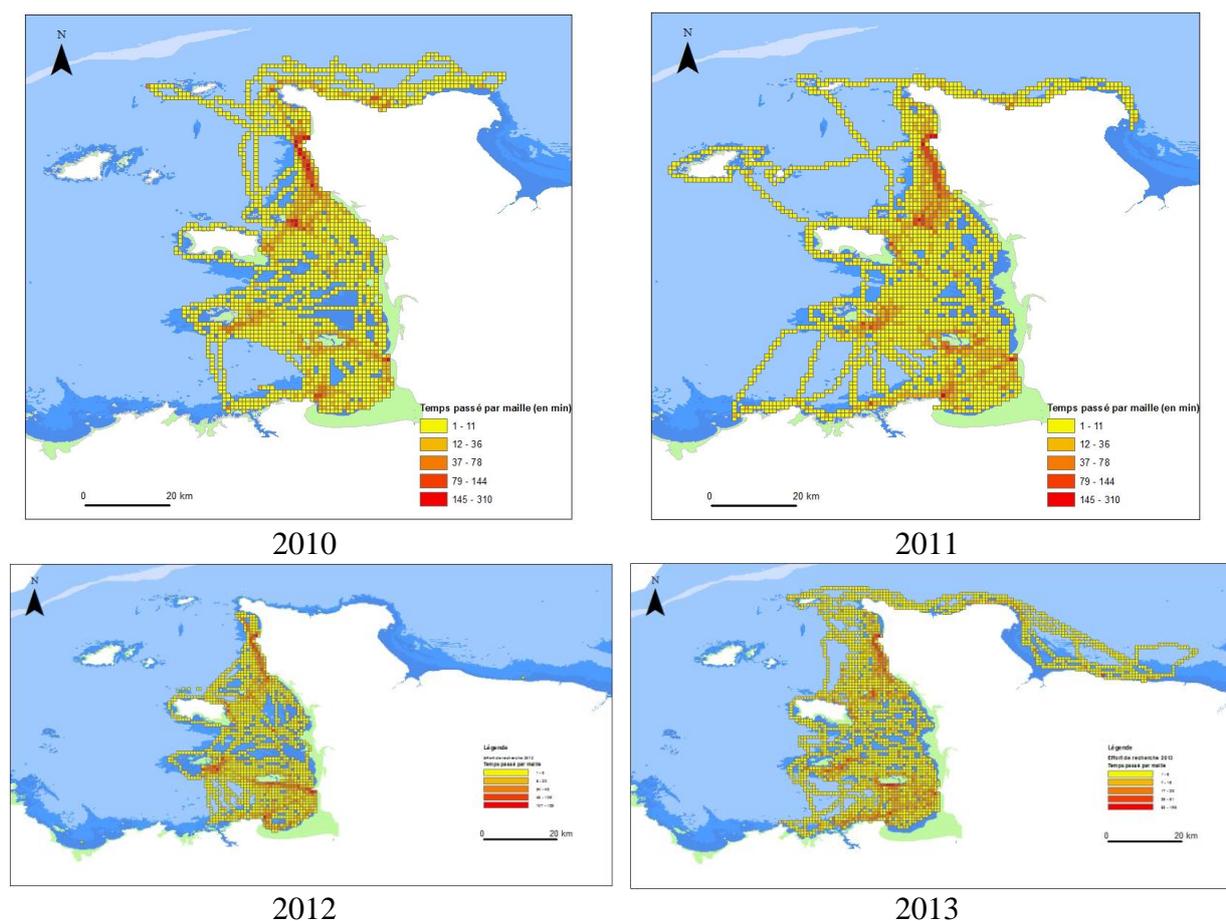


Figure 44 : Effort de recherche pour les années 2008 à 2013 en minutes par maille d'un km²

Si l'on observe le nombre des sorties effectuées entre 2009 et 2013, on remarque, là encore, de fortes variations entre les années (tableau 17). En 2011, par exemple, les sorties ont été deux fois plus nombreuses qu'en 2013, ce qui justifie un nombre d'observations, lui aussi, beaucoup plus élevé que les autres années. Or, il est intéressant de noter que si cette multiplication des sorties a certainement permis de collecter plus de données, elle n'a, en revanche, pas forcément été très pertinente sur le terrain : la figure 41 montre qu'en 2011, la zone n'a pas été mieux couverte qu'en 2013. Dit autrement, en 2011 le GECC a le plus souvent prospecté les mêmes endroits pour favoriser la rencontre avec les animaux. Par ailleurs, le nombre de photographies prises cette année était tellement important qu'il n'a pas été possible de toutes les analyser (voir plus loin, partie 4.2).

Tableau 17 : Sorties et observations effectuées entre 2009 et 2013

Année	Nombre de sorties	Nombre d'observations	Effort de recherche (heure)
2009	64	61	248
2010	69	70	338
2011	81	113	400
2012	54	69	246
2013	45	76	274
TOTAL	313	389	

Si une telle intensification du travail de terrain apporte certainement plus d'informations sur la population, elle a aussi un coût, aussi bien en termes d'essence, d'usure

du matériel que de temps de travail pour l'analyse des données, et ce dernier est élevé : nous avons évalué à plus de 10 000 euros le coût des sorties de 2011 pour lesquelles la photo-identification n'a pas encore été faite. Cette somme représente une perte sèche pour l'association.

Ces considérations posent de manière cruciale la question de l'optimisation du travail de terrain : à partir de combien de sorties par an récolte-t-on suffisamment de données pour effectuer de manière efficace et fiable le suivi de la population ? Faut-il sortir beaucoup et tout au long de l'année, ou, au contraire, évaluer un nombre de sortie dans un laps de temps donné (un mois, deux mois, peut-être plus ?) au-delà duquel il n'est pas nécessaire d'aller ? A ce jour, nous n'avons pas la réponse à ces interrogations.

Ajoutons que les sorties dans la zone dépendent aussi d'un facteur incontournable et souvent changeant : la météo. La baisse drastique des sorties survenue en 2012 et 2013 (tableau 17) est due à des facteurs météorologiques plutôt qu'à une éventuelle volonté d'optimisation du travail de terrain. Les vents forts, la pluie et la brume ont restreint *de facto* le nombre de sorties ces années-là. Si l'on se penche sur la répartition des sorties dans l'année, on constate que plus de 50% des sorties en mer effectuées entre 2009 et 2013 ont eu lieu en été (figure 45), en raison, bien entendu, des conditions météorologiques favorables à l'observation des mammifères marins à cette époque de l'année.

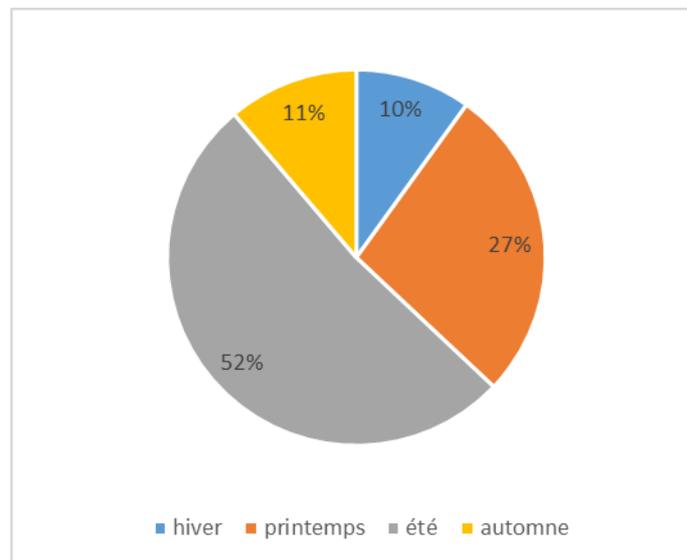


Figure 45 : Répartition saisonnière des sorties en mer effectuées entre 2009 et 2013

La répartition mensuelle des sorties durant ces cinq années (tableau 18 et figure 46) montre que le « pic » des sorties se situe entre les mois de juin et d'octobre. Les sorties en hiver, et plus particulièrement en décembre, sont rares, en raison des vents qui secouent la zone.

Tableau 18 : Répartition mensuelle des sorties et des observations effectuées entre 2009 et 2013

	2009		2010		2011		2012		2013	
	Nombre de sorties	Nombre d'observations								
janvier	2	1	0	0	2	2	3	7	0	0
février	5	3	2	2	3	0	3	3	0	0
mars	5	2	4	2	6	9	3	0	1	1
avril	5	7	6	6	13	5	4	7	2	1
mai	8	6	7	3	8	1	9	11	5	8
juin	2	5	6	5	8	13	3	7	6	9
juillet	14	16	14	14	11	25	12	16	11	20
août	18	19	13	11	10	25	9	8	11	22
septembre	5	2	7	16	10	27	4	6	7	10
octobre	0	0	4	3	5	5	2	1	2	5
novembre	0	0	6	8	4	1	2	3	0	0
décembre	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0

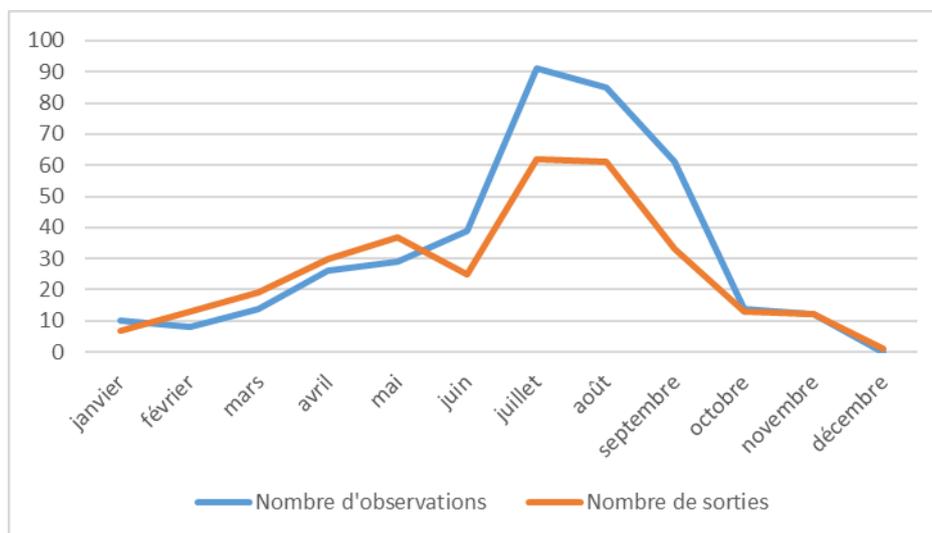


Figure 46 : Représentation de la répartition mensuelle des sorties et des observations effectuées entre 2009 et 2013

Ces informations confirment que les grands dauphins sont observés tout au long de l'année dans le golfe normand-breton, même si les données sont plus rares en hiver. Philippine Chambault (2013) a mis en évidence dans ses travaux l'existence de déplacements saisonniers au sein de cette population, avec des mouvements de concentration des animaux en hiver autour des Minquiers et des mouvements de dispersion au printemps et en été au sud de la zone, à savoir dans la baie du Mont Saint-Michel.

4.1.2. Distribution spatiale

La figure 47 rend compte de la localisation de tous les groupes de grands dauphins rencontrés entre 2009 et 2013 par le GECC. Cette carte montre que les groupes sont principalement observés dans l'ouest Cotentin, au sein d'un triangle qui va du cap de la Hague, au nord, à la baie du Mont Saint-Michel, au sud, et au cap Fréhel, à l'ouest. A cela s'ajoutent quelques observations en baie de Seine, au niveau de Courseulles-sur-Mer, dans le nord Cotentin, au niveau de Cherbourg, et en baie de Saint-Brieuc.

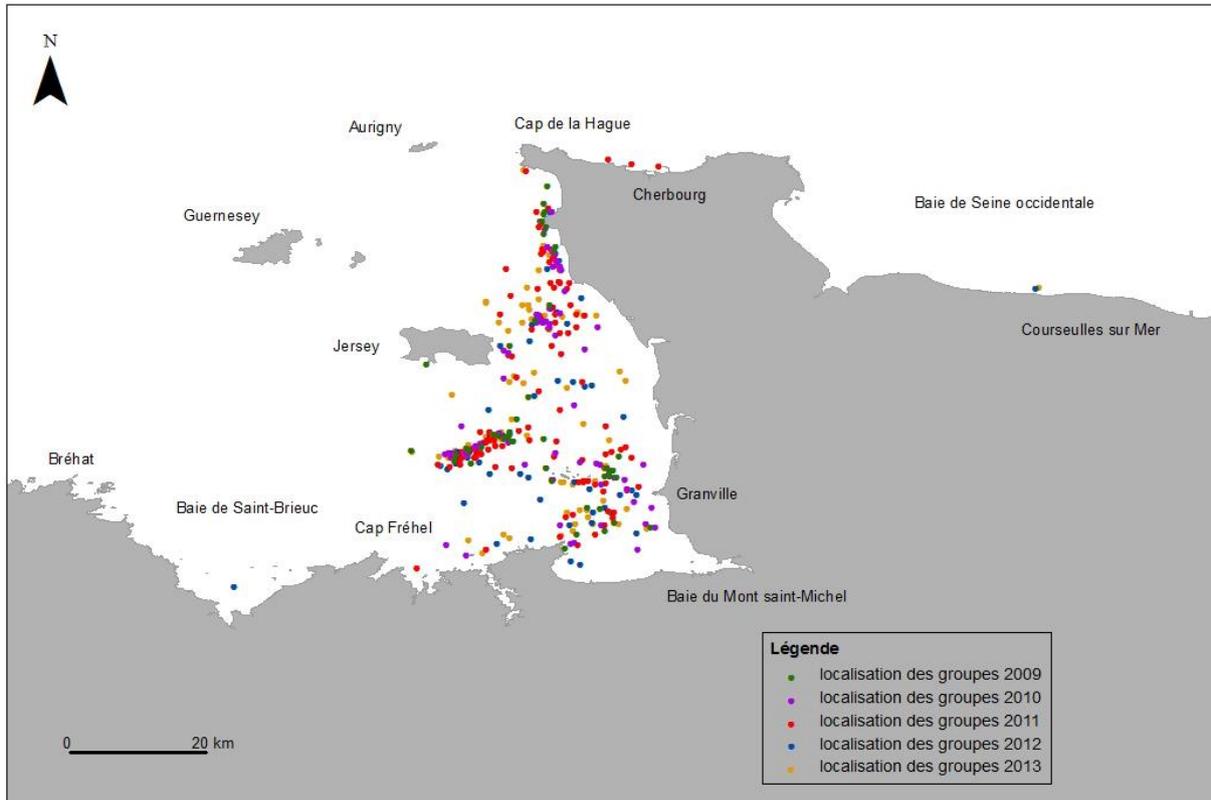


Figure 47 : Localisation des groupes de grands dauphins observés entre 2009 et 2013

Il est intéressant de comparer cette carte avec celle des observations opportunistes de grands dauphins entre 2009 et 2013 (figure 48). Rappelons que les observations opportunistes proviennent de promeneurs et d'usagers de la mer : aucun effort de recherche ne peut être associé à ces données. Si la localisation des données opportunistes confirme indéniablement la présence des grands dauphins dans le golfe normand-breton durant ces cinq dernières années, elle montre une distribution spatiale beaucoup plus vaste, qui s'étend sur tout le littoral de Courseulles-sur-Mer à la baie de Saint Brieuc et qui se concentre principalement le long des côtes et autour des îles anglo-normandes, à l'exception d'Aurigny.

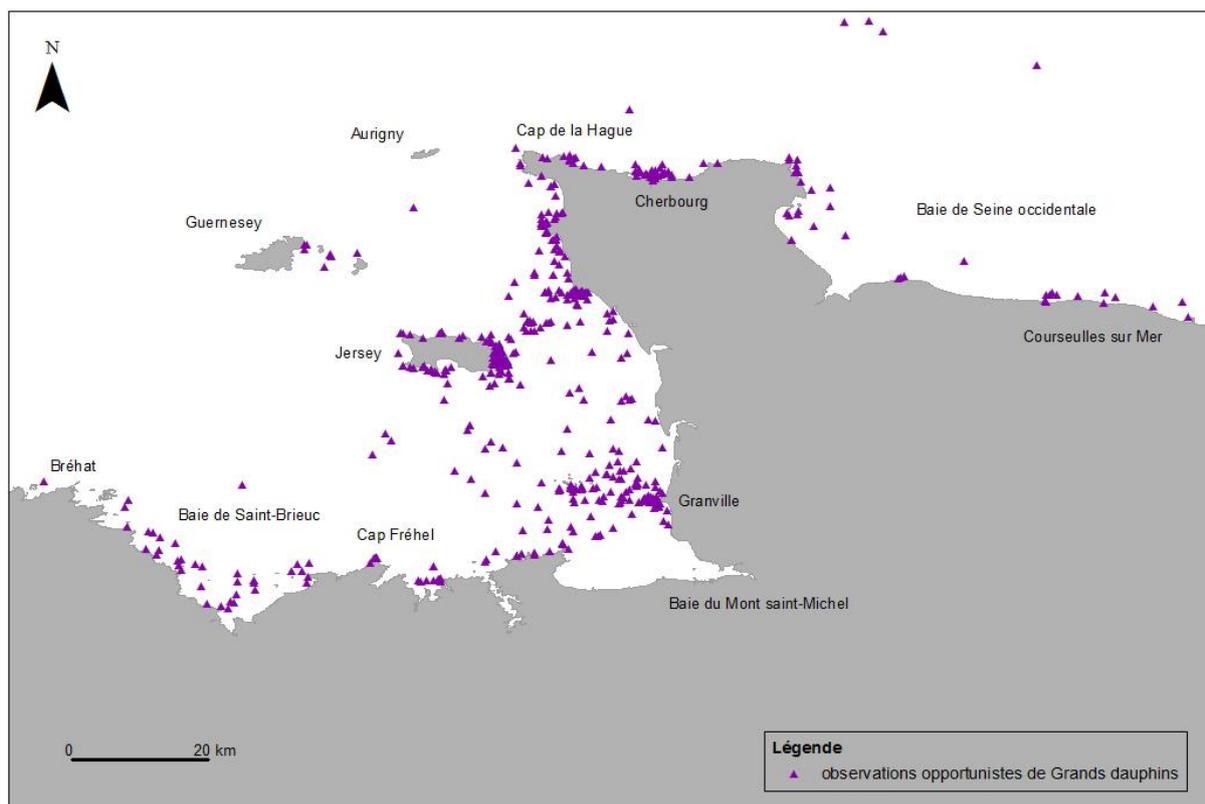


Figure 48 : Localisation des observations opportunistes de grands dauphins entre 2009 et 2013

Ces informations rejoignent les travaux de Philippine Chambault (2013), et plus spécifiquement les modèles prédictifs réalisés à partir d'un modèle d'habitat. Ces modèles prédictifs, en effet, mettent en évidence trois zones dans lesquelles les grands dauphins seraient potentiellement susceptibles d'étendre leur aire de distribution, à savoir la baie de Seine occidentale, Guernesey et la baie de Saint-Brieuc.

Ces différents éléments prouvent à quel point il est important de ne pas limiter l'étude spatiale des grands dauphins à la seule zone du golfe normand-breton, mais d'étendre la prospection au nord-est et au sud-ouest.

4.1.3. Fidélité au site

En considérant les cartes de distribution spatiale de la population des grands dauphins entre 2009 et 2013, on en vient légitimement à se demander si ce sont les mêmes individus qui, d'une année sur l'autre, sont observés sur cette zone. La photo-identification permet de répondre à cette question.

Pour mesurer la fidélité au site, nous avons utilisé tous les individus marqués, c'est-à-dire avec un niveau de marquage M2, M3 et M4, identifiés entre 2009 et 2013, sans l'année 2012, dont la photo-identification n'est pas faite. Puis nous avons calculé le pourcentage des individus revus durant deux ans, trois ans et quatre ans. Le tableau 19 résume les résultats obtenus : sur 319 dauphins marqués et identifiés entre 2009, 2010, 2011 et 2013, 80% ont été observés durant deux années, pas forcément consécutives, 67% ont été vus durant trois ans et 41% durant les quatre années.

Tableau 19 : Calcul pour estimer la fidélité au site

Fréquence	Pourcentage %
Individus observés 2 ans sur les 4	80%
Individus observés 3 ans sur les 4	67%
Individus observés 4 ans sur les 4	41%

Ces chiffres tendent à prouver que les grands dauphins sont fidèles au golfe normand-breton, puisque, dans l'ensemble, on les retrouve d'une année sur l'autre. Pour confirmer cette affirmation, le catalogue du GECC a été comparé à d'autres catalogues de grands dauphins, dont celui de la mer d'Iroise et ceux de la baie de Cardigan et de l'île de Mann, en Angleterre. Aucun individu identifié dans le golfe normand-breton n'a été retrouvé dans ces différents catalogues.

En revanche, en 2007, un groupe de 37 grands dauphins a été observé et identifié en baie du Mont Saint-Michel : ces animaux étaient vus sur cette zone pour la première fois. Ils étaient différents des individus habituels, car plus petits et plus toniques. A partir de 2011, un individu de ce groupe, le N0243, a été observé de manière régulière dans la population du golfe normand-breton. Notons encore qu'en mai 2012, un individu du groupe de 2007, le N0241, a été observé et identifié dans les Pertuis charentais (photographies Hélène Peltier).

Ces éléments nous amènent à penser qu'il existe effectivement des mouvements d'émigration et d'immigration entre la population du golfe normand-breton et les populations voisines et qu'il serait particulièrement intéressant, à l'avenir, de parvenir à les détailler avec plus de précision.

4.2. La photo-identification

4.2.1. Etat des lieux

La photo-identification est un élément essentiel du travail de l'association qui nécessite à la fois des compétences particulières (minutie, patience) et beaucoup de temps.

Le tableau 20 résume le travail de photo-identification réalisé au GECC depuis 2007, et ce qui reste encore à faire. Il apparaît clairement que, en dépit de l'analyse de 76 774 photographies en sept ans, la photo-identification de l'association est loin d'être à jour, puisque seules les photographies de l'année 2013 ont été entièrement et complètement analysées. On remarque également que des années pour lesquelles les photographies ont été extrêmement nombreuses, comme en 2010 ou 2011, leur analyse, en revanche, n'a pas suivi, puisqu'il reste encore 3000 images à traiter pour 2010 et 4000 pour 2011.

Tableau 20 : Etat des lieux du travail de photo-identification entre 2007 et 2013

Années	photographies analysées	ailerons identifiés	photographies à analyser
2007	12 129	10 980	2000
2008	8930	8741	1000
2009	14 270	13 562	2000
2010	20 084	22 108	3000
2011	16 146	10 496	4000
2012	Rien	Rien	3700
2013	5215	6258	Rien
Total	76 774	72 145	15 700

Pour remédier à ce retard récurrent dans la photo-identification, le GECC a décidé de limiter le nombre de photographies prises en mer, puis, au moment du versement de ces dernières dans la base de données, d'effectuer un tri drastique pour ne conserver que les images de bonne qualité qui facilitent l'identification des individus. L'association a également pris la décision de professionnaliser la photo-identification, trop souvent laissée aux volontaires de l'association qui se décourageaient devant l'ampleur de la tâche : en 2013, une personne en CDD a été embauchée pour achever la photo-identification de l'année en cours, corriger les erreurs les plus évidentes et rattraper une partie du retard.

4.2.2. Evolution du catalogue

Le catalogue recense tous les ailerons de grands dauphins différents rencontrés sur la zone d'étude. Il s'agit d'un outil de référence qui évolue sans cesse. Il est divisé en fonction du niveau de marquage des individus : il y a d'un côté les individus « lisses », c'est-à-dire peu marqués et donc difficilement identifiables (marquage M1) et, de l'autre, les individus « marqués », c'est-à-dire facilement identifiables par les encoches et griffures sur leurs ailerons (marquage de M2 à M4).

Pour rappel, le catalogue du GECC comprend 418 individus marqués et 433 individus lisses, soit 851 individus au total. Insistons sur le fait que ce chiffre ne représente en aucun cas le nombre total d'individus susceptibles de composer la population de grands dauphins sédentaires du golfe normand-breton (partie 3.2.2.).

Le tableau 21 et la figure 49 montrent que le nombre de nouveaux individus ajoutés chaque année au catalogue se stabilise depuis 2010. Cette constatation nous amène à penser que la grande majorité des individus de la population a été identifiée et intégrée au catalogue.

Tableau 21 : Evolution du nombre d'individus lisses et marqués par année dans le catalogue sans 2012

	Nombre de nouveaux individus marqués identifiés dans l'année	Nombre d'individus marqués au catalogue	Nombre de nouveaux individus lisses identifiés dans l'année	Nombre d'individus lisses au catalogue
2007	130	253	17	17
2008	53	306	84	101
2009	43	349	151	252
2010	45	394	149	401
2011	20	414	26	427
2012	En cours			
2013	4	418	6	433

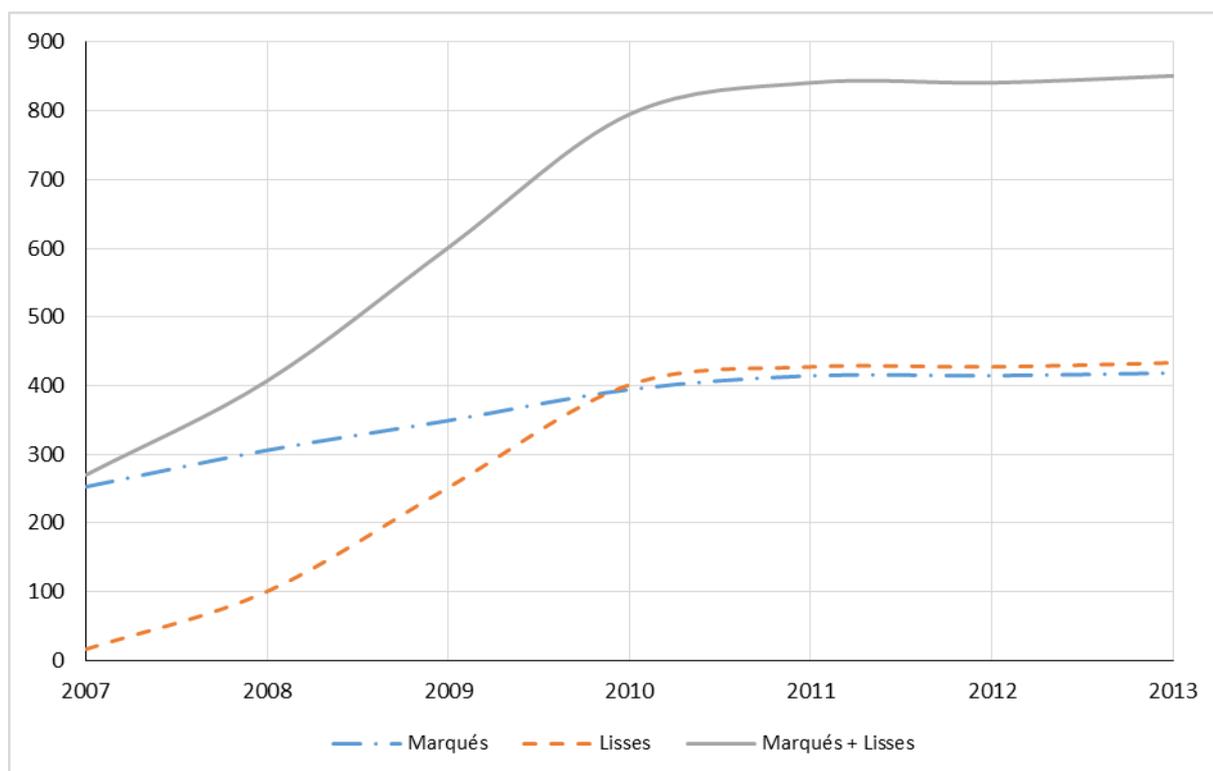


Figure 49 : Evolution du catalogue entre 2009 et 2013

On note que l'évolution des individus lisses augmente rapidement jusqu'en 2010, puis se stabilise (figure 49). Cet état de fait illustre l'effort particulier fait entre 2009 et 2011 pour identifier ces individus. Par la suite, ce travail n'a pas été poursuivi car il prenait trop de temps. De plus, nous avons constaté que les griffures et autres décolorations observées sur les ailerons lisses changeaient rapidement, ce qui diminuait les chances de reconnaître l'individu d'une année sur l'autre.

4.2.3. Synthèse des identifications

Le tableau 22 et la figure 50 synthétisent le nombre d'individus marqués et lisses identifiés chaque année à partir du catalogue. La baisse du nombre d'individus marqués identifiés à partir de 2013 s'explique principalement par le fait que, dès 2012, le nombre de sorties en mer a significativement diminué, passant de 81 sorties en 2011 à seulement 54 sorties en 2012 et à 45 sorties en 2013 (tableau 17).

Tableau 22 : Synthèse du nombre d'individus marqués et lisses identifiés entre 2009 et 2013 sans 2012

Année	Nombre d'individus marqués	Nombre d'individus lisses	Nombre d'individus
2009	229	166	395
2010	244	191	435
2011	241	66	307
2012			
2013	194	20	214

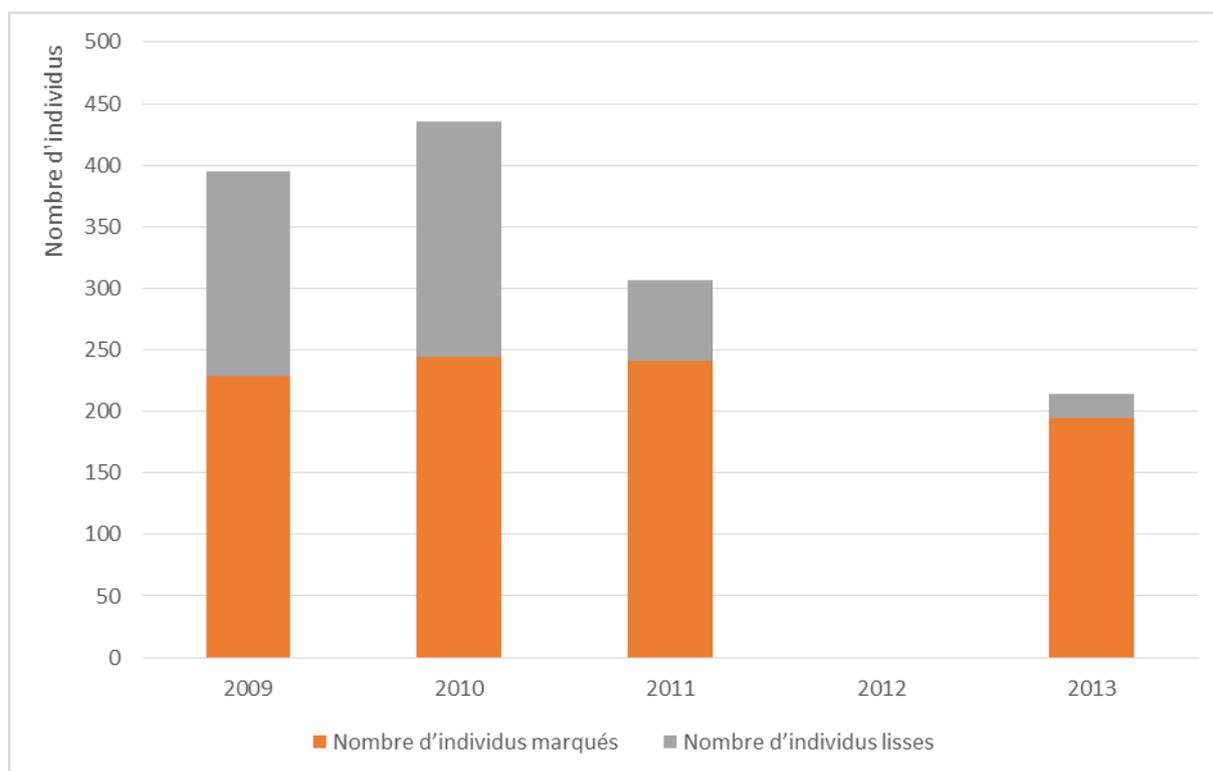


Figure 50 : Représentation graphique du nombre d'individus marqués et lisses identifiés chaque année entre 2009 et 2013 sans 2012

4.3. Les groupes du golfe normand-breton

La discussion porte ici sur la taille et la mixité des groupes rencontrés entre 2009 et 2013, hormis l'année 2012.

4.3.1. Taille

Le tableau 23 détaille le nombre de groupes rencontrés entre 2009, 2010, 2011 et 2013 dont la taille a été estimée visuellement et par photo-identification. Les différents groupes ont été répartis par intervalles de 10. Le groupe le plus important, estimé par la photo-identification, comprenait environ 111 dauphins. Il a été observé le 14 février 2010.

Ce tableau donne le nombre de groupes estimés par les deux méthodes (méthode visuelle et photo-identification) et la valeur en pourcentage. Entre 2009 et 2013, 336 groupes ont été estimés visuellement et 283 ont été estimés par la photo-identification. Cet écart entre les deux méthodes s'explique par le fait que la photo-identification n'a pas été faite pour toutes les observations des années 2009, 2010 et 2011.

Tableau 23 : Nombre de groupes rencontrés entre 2009 et 2013, sans l'année 2012, estimés visuellement et par la photo-identification et répartis par intervalles de dix

Intervalle	Nombre de groupes estimés visuellement	Nombre de groupes estimés par photo-identification
]0 - 10[	154 – 45,83%	149 - 52,65%
[10 - 20[	71 – 21,13%	70 – 24,73%
[20 - 30[	31 – 9,23%	33 – 11,66%
[30 - 40[	33 – 9,82%	18 - 6,36%
[40 - 50[	18 – 5,36%	5 – 1,77%
[50 - 60[	15 – 4,46%	1 – 0,35%
[60 - 70[	4 – 1,19%	1 – 0,35%
[70 - 80[	5 – 1,49%	0 – 0%
[80 - 90[	2 – 0,60%	2 – 0,71%
[90 - 100[	3 – 0,89%	3 – 1,06%
[100 - 110[	0 – 0%	0 – 0%
[110 - 120[	0 – 0%	1 – 0,35%
Total :	336 – 100%	283 – 100%

La figure 51 représente graphiquement le tableau 23 avec la valeur en pourcentage du nombre de groupes estimés par les deux méthodes. Il apparaît que les groupes de petite taille, soit entre un et neuf individus, dominent largement, aussi bien pour l'estimation visuelle (46%) que pour l'estimation par photo-identification (53%). Ensuite, le nombre de groupes comprenant plus de neuf individus diminue de manière radicale. Au-delà de 60 individus, les groupes sont rares. Quant au seul groupe de très grande taille observé durant ces quatre années, composé de plus de 100 individus, il a été détecté par la photo-identification et non par l'estimation visuelle.

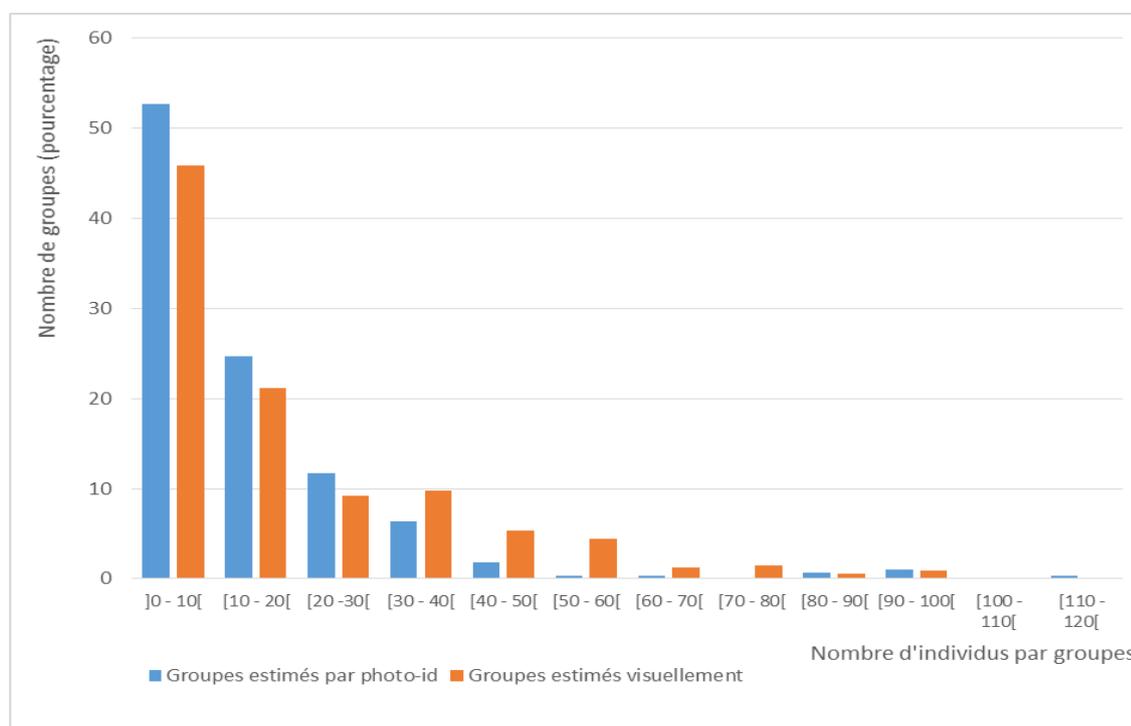


Figure 51 : Représentation en pourcentage du nombre de groupes rencontrés entre 2009 et 2013, sans 2012, dont la taille a été estimée visuellement et par la photo-identification

Au final, nous pouvons dire que plus de la majorité des groupes observés dans le golfe normand-breton en 2009, 2010, 2011 et 2013 ont été estimés, soit visuellement, soit par la photo-identification, comme étant des groupes de petite taille, entre un et neuf dauphins.

La taille de groupes évolue-t-elle dans le temps ? Pour répondre à cette question, le tableau 24 détaille, pour chaque année, la répartition des groupes dont la taille a été estimée visuellement et par photo-identification. La taille des groupes est classée par intervalle de 10 individus. En 2009, par exemple, 29% des groupes rencontrés ont été estimés entre un et 10 individus, tandis que 51% ont été estimés à cette même taille par la photo-identification.

Tableau 24 : Répartition en pourcentage de la taille des groupes par année en fonction de l'estimation visuelle et de la photo-identification

Taille des groupes	2009		2010		2011		2013	
	visuel	photo-id	visuel	photo-id	visuel	photo-id	visuel	photo-id
]0 - 10[	29	51	42	38	53	60	47	59
[10 - 20[	33	19	19	21	16	24	26	34
[20 - 30[	6	13	8	21	8	9	16	5
[30 - 40[	20	11	9	10	8	5	8	2
[40 - 50[	6	2	9	3	5	2	2	0
[50 - 60[	4	0	8	1	4	0	2	0
[60 - 70[	0	0	1	1	2	0	0	0
[70 - 80[	2	0	3	0	1	0	0	0
[80 - 90[	0	0	1	3	1	0	0	0
[90 - 100[	0	4	1	1	1	0	0	0
[100 - 110[	0	0	0	0	0	0	0	0
[110 - 120[	0	0	0	1	0	0	0	0

Cette répartition est illustrée dans les figures 52 et 53. La figure 52 présente les résultats de l'estimation visuelle et la figure 53 ceux de l'estimation par photo-identification. On note une évidente similitude dans la forme générale des courbes, qui tend à prouver que la majorité des groupes rencontrés entre 2009 et 2013, sont des groupes de petite taille, soit compris entre un et neuf individus. La figure 52 met en évidence un « pic » de groupes estimés visuellement entre 30 et 40 grands dauphins en 2009. On remarque également que les groupes de grande taille, soit de plus de 60 individus, se font de plus en plus rares au cours des années : repérés par la photo-identification en 2009 et 2010 (figure 53) et par l'estimation visuelle en 2011 (figure 52), ils disparaissent en 2013.

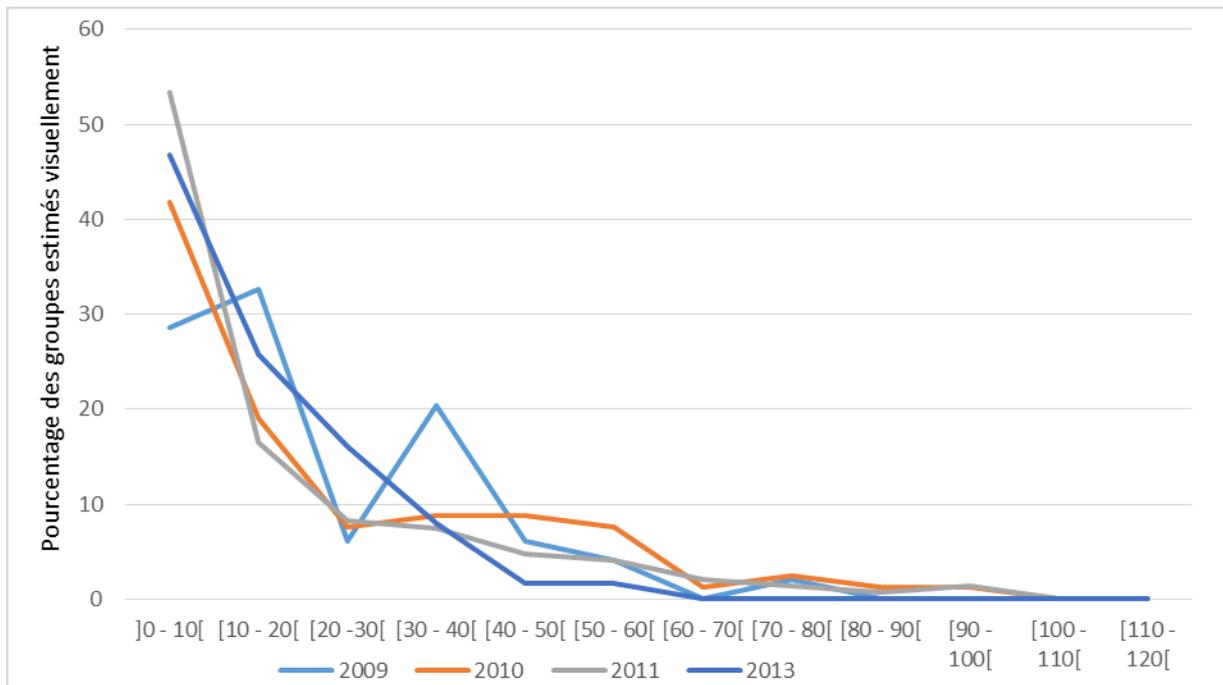


Figure 52 : Répartition par année de la taille des groupes estimés visuellement

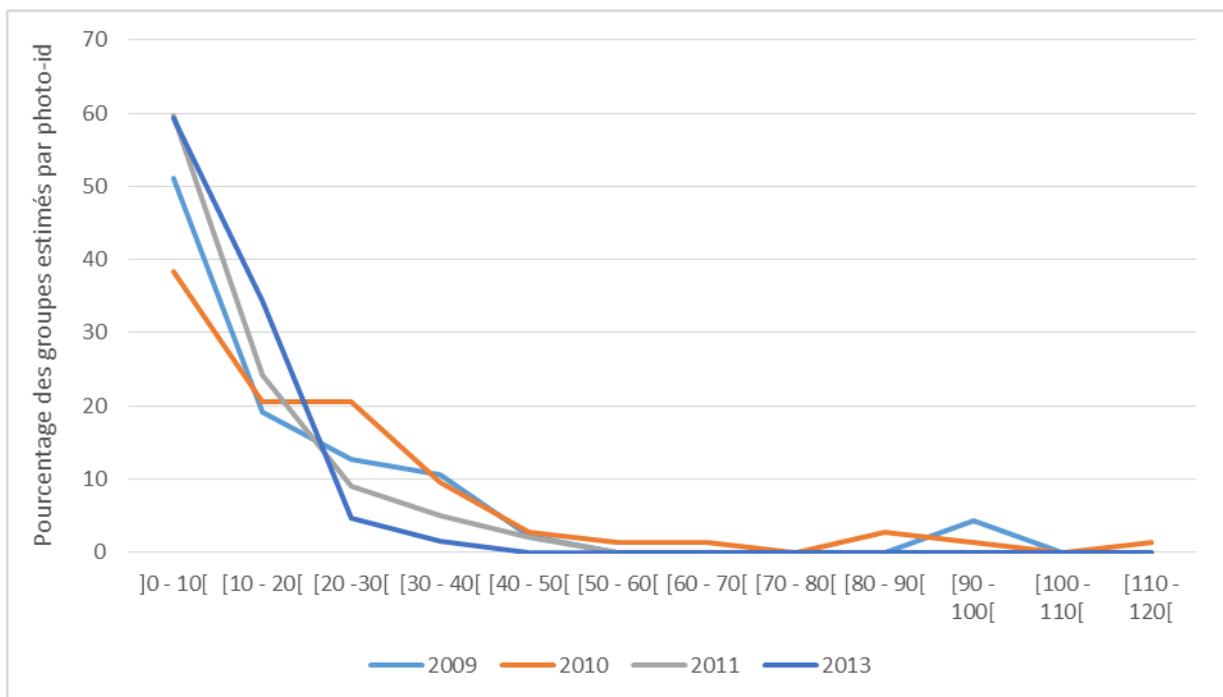


Figure 53 : Répartition par année de la taille des groupes estimés par photo-identification

Existe-t-il une corrélation entre la saisonnalité et la présence plus ou moins importante de groupes de grande ou de petite taille ? Au regard des tableaux 25 et 26, il apparaît que les groupes de petite taille sont principalement observés entre avril et septembre, tandis que les groupes de grande taille sont observés en février, mars, mai, et de juillet à octobre. Ces tableaux ne montrent aucune tendance particulière. On peut donc affirmer que les groupes, quelle que soit leur taille, peuvent être rencontrés à n'importe quelle période de l'année entre juillet et novembre. Pour décembre, les données manquent.

Tableau 25 : Nombre de groupes estimés visuellement entre 2009 et 2013 en fonction des mois de l'année sans 2012

Taille des groupes	janvier	février	mars	avril	mai	juin	juillet	août	septembre	octobre	novembre	décembre
]0 – 10[		2	6	12	18	14	35	29	21	8	9	
[10 – 20[	1	1	4	5	5	8	13	14	14	5	1	
[20 -30[			1	1	1	3	11	8	3	2		
[30 – 40[		1	2	6	5	6	5	3	5			
[40 – 50[	1	1	2			1	2	3	5	1	2	
[50 – 60[					1	1	4	3	3	1	1	
[60 – 70[			1		1				2			
[70 – 80[						2		1	1		1	
[80 – 90[					1		1			1		
[90 – 100[
[100 – 110[
[110 – 120]												
Total groupes	2	5	16	24	33	35	71	63	55	18	14	0

Tableau 26 : Nombre de groupes estimés par la photo-identification entre 2009 et 2013 en fonction des mois de l'année sans 2012

Taille des groupes	janvier	février	mars	avril	mai	juin	juillet	août	septembre	octobre	novembre	décembre
]0 – 10[		2	5	7	8	16	31	38	27	10	5	
[10 – 20[			4	4	2	7	21	18	10	3		
[20 -30[		1		2	2	4	7	5	11	1	1	
[30 – 40[			3	1	2	1	2	4	2	1	2	
[40 – 50[	1						1	1	2	1		
[50 – 60[
[60 – 70[							1					
[70 – 80[
[80 – 90[			1					1				
[90 – 100[								2				
[100 – 110[
[110 – 120]		1										
Total des groupes	1	4	13	14	14	28	63	69	53	16	8	0

4.3.2. Mixité

L'échantillon sélectionné pour la période de 2009 à 2013, sans l'année 2012, comprend 235 groupes pour lesquels le sexe d'au moins deux individus est connu. Le nombre d'individus sexés dans les groupes va de deux à 79. La proportion d'individus mâles par rapport aux femelles a été calculée pour ces 235 groupes.

Les résultats obtenus (tableau 27) sont les suivants : sept groupes, soit 3% de l'échantillon, comptent au maximum cinq individus et sont composés uniquement de femelles ; 27 groupes, soit 11% de l'échantillon, comprennent entre deux et 10 individus et sont composés uniquement de mâles ; 32 groupes, soit 14% de l'échantillon, comptent entre deux et 38 individus et sont composés à 50% de mâles et à 50% de femelles. De plus, 63 groupes, soit 27% de l'échantillon, comptent plus de femelles que de mâles et 106 groupes, soit 45% de l'échantillon, comptent plus de mâles que de femelles. Ce dernier chiffre, toutefois, doit être pris avec précaution, car l'identification des femelles étant plus difficile, il est fort probable que le nombre de femelles par groupe ait été sous-estimé. Enfin, il apparaît que 86% des groupes sont mixtes.

Tableau 27 : Répartition du nombre de groupes de grands dauphins en fonction de la mixité entre 2009 et 2013 sans 2012

	Nombre de groupe	100% femelles	Dominance femelles >50%	Parité	Dominance mâles >50%	100% mâles
2009	41	1	16	3	19	2
2010	63	0	15	11	29	8
2011	80	2	20	13	33	12
2012						
2013	51	4	12	5	25	5
Total :	235	7	63	32	106	27

La figure 54 illustre le pourcentage d'individus mâles dans chaque groupe en fonction de la taille du groupe. On remarque que les groupes composés d'individus du même sexe sont généralement de petite taille et qu'il s'agit majoritairement de groupes de mâles. Plus la taille des groupes augmente, plus les proportions se rapprochent de la parité, qui correspond aux 50% sur l'axe vertical.

La figure 55 illustre la mixité des 235 groupes rencontrés entre 2009 et 2013, sans 2012. De manière générale, on ne remarque pas d'évolution particulière de la mixité des groupes au cours des années : les groupes à dominance mâle sont toujours majoritaires. En revanche, on observe qu'en 2013, les groupes composés uniquement de femelles ont été plus nombreux que pour les autres années.

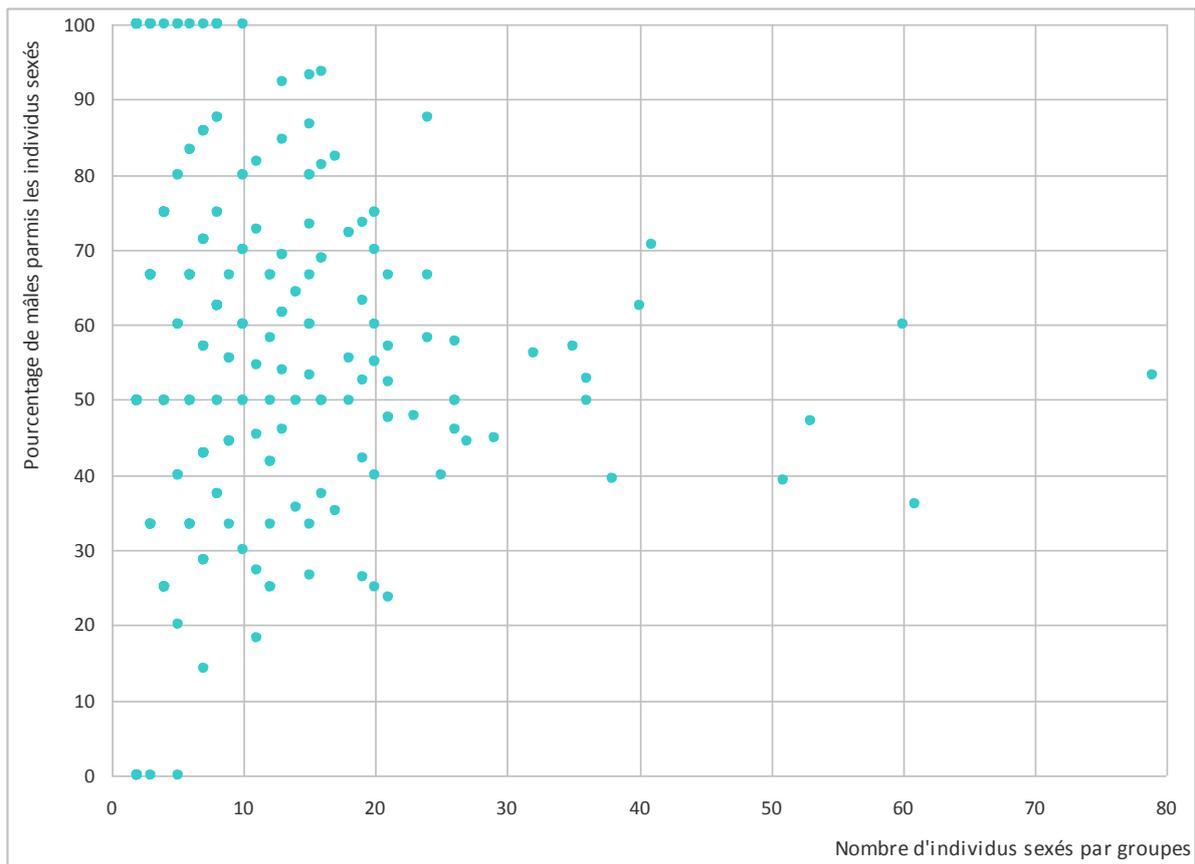


Figure 54 : Proportion des mâles en fonction du nombre d'individus sexés par groupe entre 2009 et 2013 sans 2012

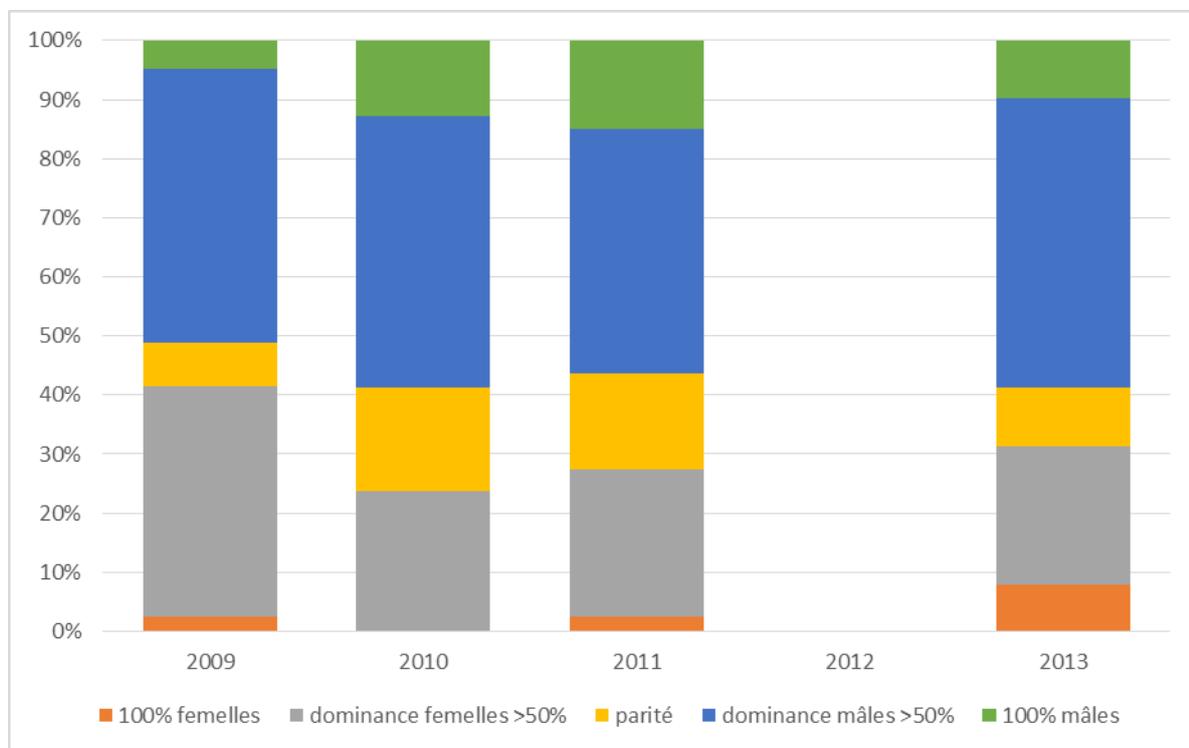


Figure 55 : Graphique de répartition des groupes de grands dauphins en fonction de leur mixité pour les années 2009 à 2013 sans 2012

Au regard de ces résultats, on peut s’interroger sur l’existence d’un lien éventuel entre mixité et saisonnalité. Pour ce faire, nous avons observé la répartition mensuelle des 235 groupes de l’échantillon (tableau 28). Il est intéressant de constater que les groupes composés uniquement de femelles sont vus entre juin et septembre seulement. Cette information, toutefois, doit être prise avec une certaine prudence, car elle ne concerne que sept groupes sur quatre ans, ce qui est peu.

Tableau 28 : Détail des 235 groupes rencontrés entre 2009 et 2013, sans 2012, répartis par mois et en fonction de la proportion entre les mâles et les femelles

	Ensemble des groupes	100% femelle	Dominance femelles >50%	Parité	Dominance mâles <50%	100% mâles
janvier	1		1			
février	4		3		1	
mars	11		5	2	2	2
avril	11		6	2	1	2
mai	11		3		6	2
juin	22	2	7	1	11	1
juillet	51	1	9	10	28	3
août	57	3	18	4	24	8
septembre	48	1	9	7	24	7
octobre	13		2	4	6	1
novembre	6			3	2	1
décembre						
TOTAL	235	7 – 3%	63 – 27%	33 – 14%	105 – 45%	27 – 11%

4.4. Les estimations de la population de 2009 à 2013

Le tableau 29 récapitule les sessions qui ont été choisies pour faire les estimations de population entre 2009 et 2013, sans l’année 2012.

Les résultats obtenus pour chacune des quatre années sont résumés dans le tableau 30. La p-value calculée par Close Test est supérieure à 0,05 ce qui veut dire que la population est fermée. Le coefficient de variation des probabilités de capture individuelles, $Cv(\pi)$, calculé par le modèle $M(th)$ de Chao, est inférieur à 0,4 et la couverture de l’échantillon (Sample Coverage, SC) est supérieure à 50%. Donc, d’après les recommandations Chao *et al.* (1992), le meilleur estimateur est celui de Darroch (Mt).

Concrètement, il apparaît que :

- l’estimation de population de l’année 2009 est de 384 individus (IC 95% : 348-451). Il s’agit de l’estimation la plus importante pour ces cinq années ;
- celle de 2010 est de 372 individus (IC 95% : 347-405) ;
- celle de 2011 est de 314 individus (IC 95% : 292-355). Il s’agit de l’estimation la plus basse pour ces cinq années ;
- celle de l’année 2013 est de 328 individus (IC 95% : 311-359).

Ces résultats sont représentés graphiquement dans la figure 56.

Tableau 29 : Sessions utilisées pour les estimations de population de 2009 à 2013 sans 2012

	2009	2010	2011	2013
Session 1	5 juillet	10 au 12 juillet	25 au 27 juin	9 au 10 juin
Session 2	20 juillet	18 au 19 juillet	4 juillet	25 au 26 juin
Session 3	25 juillet	24 au 30 juillet	25 au 29 juillet	1 au 6 juillet
Session 4	31 juillet	8 août	1 au 2 août	21 au 24 juillet
Session 5	4 au 5 août	11 août	19 au 20 août	6 au 8 août
Session 6	13 au 15 août	4 au 5 septembre	1 au 2 septembre	14 au 21 août
Session 7	23 au 24 août	17 au 18 septembre	27 au 28 septembre	29 août au 3 septembre
Session 8	19 septembre	28 septembre		22 au 25 septembre
Session 9				7 au 8 octobre

Tableau 30 : Tableau récapitulatif des résultats des estimations de population pour les années 2009 à 2013 sans 2012

	2009	2010	2011	2013
Test pop. ouverte ou fermée p-value calculée par Close Test si p-value > 0,05 pop. fermée	0,19 Pop. fermée	0,71 Pop. fermée	0,07 Pop. fermée	0,08 Pop. fermée
SC / Ecart type	74% / 14,8	86% / 8,73	77% / 14,23	85% / 1,74
CV(pi) Gamma calculée par le modèle conseillé Mth de Chao	0,06	0,05	0,19	0,09
θ – écart type - variance	0,33 – 0,34 – 0,11	0,36 – 0,36 – 0,30	0,36 – 0,36 – 0,13	0,36 – 0,34 – 0,11
Choix du modèle selon Chao si SC>50% et CV(pi)<0,4 alors modèle M(t) de Darroch	M(t) de Darroch	M(t) de Darroch	M(t) de Darroch	M(t) de Darroch
N ^o / Ecart type	127 / 8,61	134 / 5,18	113 / 5,72	118 / 4,33
Intervalle de confiance à 95%	115-149	127-161	105-128	112-129
N	384	372	314	328
IC 95%	348-451	347-405	292-355	311-359

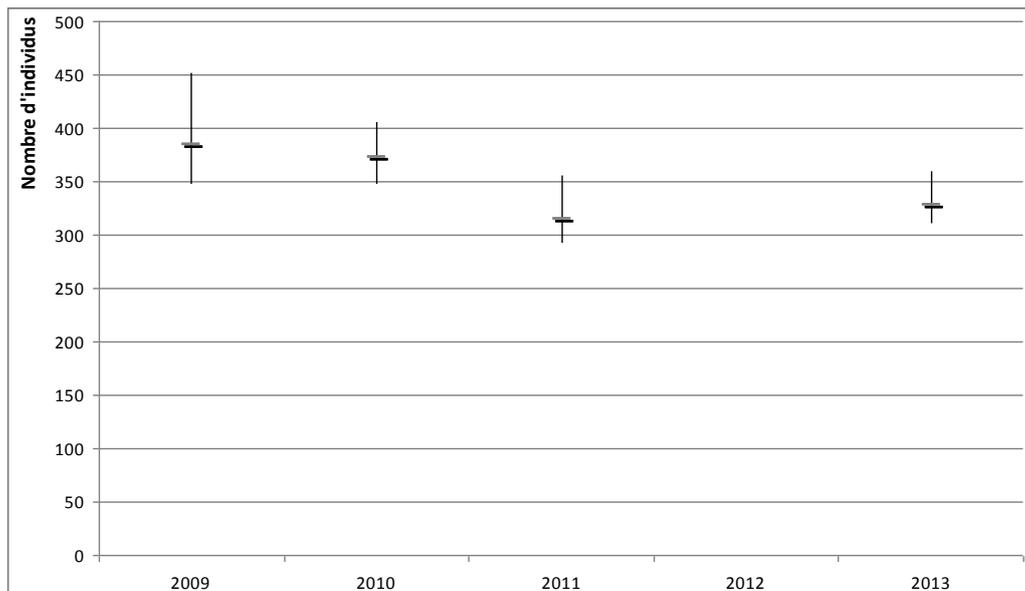


Figure 56 : Représentation graphique des estimations de population et de leur intervalle de confiance entre 2009 et 2013 sans 2012

On remarque que le coefficient de correction θ varie, pour cette population, entre 0,33 et 0,36, suivant les années. Cette valeur est particulièrement basse au regard des autres populations de grands dauphins : dans l'estuaire du Shannon, en Irlande, elle est comprise entre 0,60 et 0,63 (Berrow *et al.*, 2012), entre 0,57 et 0,61 dans le nord-est de l'Ecosse (Moray Firth) (Wilson *et al.*, 1999a), ou entre 0,52 et 0,66 dans la baie de Cardigan, en Grande-Bretagne (Feingold & Evans, 2013). Cela signifie que la proportion d'individus marqués est faible dans la population du golfe normand-breton, soit en raison du grand nombre de jeunes, soit parce que, de manière générale, les individus très marqués (M3 M4) sont peu nombreux.

Quant à l'écart type qui estime l'erreur de N', à savoir l'estimation des individus de marquage M3 et M4 de la population, nous constatons qu'il est particulièrement faible en 2010, 2011 et 2013 (entre 5,72 et 4,33), et plus fort en 2009, avec 8,61. A titre de comparaison, l'écart type calculé dans le nord-est de l'Ecosse se situe, en 1999, autour de 10 (Wilson *et al.*, 1999a). Dans l'estuaire de Shannon, l'écart type varie entre 12,02 et 23,60 (Berrow *et al.*, 2012) et dans la baie de Cardigan, entre 7,49 et 28,04 suivant les années (Feingold & Evans, 2013). Il apparaît donc que l'écart type calculé pour la population des grands dauphins du golfe normand-breton est équivalent, voire inférieur à celui des populations voisines. Cela dénote un faible taux d'erreur et laisse supposer que les données de terrain permettent des estimations fiables.

Au regard des résultats obtenus, nous pouvons dire que la population des grands dauphins du golfe normand-breton oscille entre 384 (IC 95% : 348-451) et 314 (IC 95% : 292-355) individus. A ce stade, aucune tendance particulière ne ressort de ces chiffres, si ce n'est que la population semble stable. A titre de comparaison, la population de grands dauphins du nord-est de l'Ecosse (Moray Firth) a été estimée, en 1999, à 129 individus (IC 95% : 110-174) (Wilson *et al.*, 1999a). En 2012, la population des grands dauphins de l'estuaire de Shannon, en Irlande, a été estimée à 107 individus (IC 95% : 83-131) (Berrow *et al.*, 2012). En 2012 toujours, la Seawatch Foundation a estimé la population de la baie de Cardigan à 270 individus (IC 95% : 122-175) (Feingold & Evans, 2013). Enfin, le Circé estime les populations des grands dauphins du golfe de Cadix et du détroit de Gibraltar à 300 individus depuis 2004 (Chico Portillo *et al.*, 2011).

Nous pouvons donc déduire de ces différents résultats que la population du golfe normand-breton s'apparente par sa taille aux deux populations du sud de l'Espagne. Il s'agit incontestablement d'une des plus importantes populations de grands dauphins étudiées en Europe.

5. Conclusion

Le suivi des grands dauphins du golfe normand-breton, tel qu'il a été réalisé entre 2009 et 2013 par le GECC, livre les informations suivantes sur ces mammifères marins :

- les grands dauphins sont principalement observés dans l'ouest Cotentin, au sein d'un triangle qui va du cap de la Hague, au nord, à la baie du Mont Saint-Michel, au sud, et au cap Fréhel, à l'ouest. A cela s'ajoutent quelques observations en baie de Seine, au niveau de Courseulles-sur-Mer, dans le nord Cotentin, au niveau de Cherbourg, et en baie de Saint-Brieuc ;
- les grands dauphins sont observés tout au long de l'année, même si les données sont plus rares en hiver. L'existence de déplacements saisonniers au sein de cette population et dans cette zone a été prouvée, avec des mouvements de concentration en hiver autour des Minquiers et des mouvements de dispersion au printemps et en été au sud de la zone, à savoir dans la baie du Mont Saint-Michel ;
- cette population est côtière : elle ne dépasse pas l'isobathe des 20-30 mètres ;
- cette population est sédentaire puisque, dans l'ensemble, on retrouve les mêmes individus d'une année sur l'autre ;
- les groupes rencontrés sont principalement de petites tailles, de un à neuf dauphins. En 2010, un groupe de 111 individus identifiés a été observé : c'est le groupe le plus important jamais vu dans cette zone. Ces groupes sont principalement mixtes (86%). Les groupes composés uniquement de mâles ou de femelles sont de petite taille ;
- cette population comprend entre 314 (IC 95% : 292-355) et 384 (IC 95% : 348-451) grands dauphins. C'est l'une de plus importantes populations sédentaires étudiées en Europe ;
- cette population est unie et structurée en trois groupes, dans lesquels certains individus ne se côtoient jamais, tandis que d'autres jouent un rôle central pour la cohésion de la population.

Pour ce qui regarde le travail du GECC à proprement parler, nous pouvons dire que :

- le catalogue de l'association comprend, à ce jour, 851 individus au total, dont 418 individus marqués et 433 individus lisses. Depuis 2010, le nombre de nouveaux individus versés au catalogue diminue, ce qui donne à penser que la majorité des grands dauphins de cette population a été identifiée ;
- la photo-identification accuse un certain retard. Le GECC a pour objectif d'être à jour dans l'analyse des photographies pour l'année en cours tout en essayant, en parallèle, de réduire le décalage accumulé. Pour ce faire, il prévoit de consacrer plus de temps à cette activité et de la professionnaliser en ne la déléguant plus aux seuls volontaires ;
- le GECC attend beaucoup de l'échantillonnage stratifié mis en place en juillet 2013, non seulement pour améliorer la qualité de ses résultats, mais aussi pour mettre en évidence les déplacements des animaux et quantifier un éventuel impact (naturel ou anthropique) susceptible d'affecter cette population ;
- le GECC a le projet, pour l'année 2014, d'intégrer à ses travaux le suivi des naissances et l'analyse des comportements (*scan sampling*).

6. Les travaux annexes au suivi de la population effectués en 2013

En parallèle au suivi de la population, le GECC a initié, en 2013, deux études dont l'objectif était de répondre à une problématique ciblée sur les grands dauphins du golfe normand-breton.

En juin 2013, Philippine Chambault a achevé un Master 2 encadré par Pascal Monestiez, de l'INRA, et Christophe Guinet du CEBC-CNRS de Chizé et intitulé : *Distribution spatiale et utilisation de l'habitat de la population de grands dauphins (Tursiops truncatus) du golfe normand-breton*. Un article est en cours d'élaboration.

En octobre 2013, Marie Louis a achevé une étude sur la génétique des grands dauphins à l'échelle européenne. Ce travail a été présenté dans un rapport intitulé : *Structure génétique et conservation des populations de grands dauphins en Europe*, et diffusé auprès de l'AESN et de la Fondation Total. Les résultats de cette étude ont fait l'objet d'un article publié dans *Molecular Ecology* :

LOUIS M., VIRICEL A., LUCAS T., PELTIER H., ALFONSI E., BERROW S., BROWNLOW A., COVELO P., DABIN W., DEAVILLE R., GALLY F., GAUFFIER P., PENROSE R., SILVA M. A., GUINET C., SIMON-BOUHET B., 2014. Habitat-driven population structure of bottlenose dolphins, *Tursiops truncatus*, in the North-East Atlantic. *Molecular Ecology*. **23** (4) : 857-874

7. Remerciements

Le GECC remercie toutes les bénévoles, stagiaires et étudiantes qui ont participé au travail de terrain de l'année 2013 et qui, par leur implication, leur réflexion et leurs compétences ont fait avancer les travaux de l'association.

Notre gratitude va en particulier à :
Manoëlle Chauveau pour son implication patiente et minutieuse dans la photo-identification ;
Jennifer Libotte pour son travail sur le sexage ;
Pauline Couet pour son aide importante dans la mise en place de l'échantillonnage stratifié ;
Maria Cuenca Cambronerà pour sa réflexion sur l'optimisation du travail de terrain ;
Léna Thomas, Marion Bourasseau, Carmen Robillon, Alessandra Suardi pour le travail de terrain et la photo-identification ;
Philippine Chambault pour ses travaux sur l'utilisation du site et de l'habitat ;
Marie Louis pour ses travaux sur la génétique des grands dauphins.

Notre reconnaissance va aussi à Robert Guégan pour avoir su maintenir le flux (dans ce cas précis, le x se prononce !) informatique du GECC dans un « continuum spatio-temporel » équilibré et fluide... La mission paraissait particulièrement délicate et elle a été accomplie avec succès. Merci !

Ce rapport s'est inspiré des travaux de la Seawatch Fondation et nous remercions Daphna Feingold et Danielle Gibas pour leur merveilleux accueil et leurs judicieux conseils.
Dear Daphna and Danielle, thank you very much for everything!

Le GECC remercie l'Agence de l'Eau Seine-Normandie pour son soutien financier et ses conseils avisés, ainsi que les différents partenaires qui veillent depuis plusieurs années au bon fonctionnement de l'association.

Merci à l'Agence des Aires marines protégées, au Fonds de Dotation pour la Biodiversité, au Ministère de l'Environnement, à la DREAL de Basse-Normandie, à la Fondation Total, à AREVA, au Département de la Manche et à la Ville de Cherbourg.

8. Annexes

ANNEXE 1 : Fiche de Scan sampling

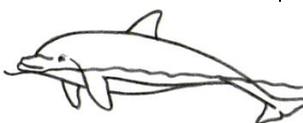
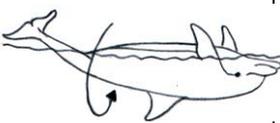
Date de la sortie : Heure : N° d'observation : Secteur :

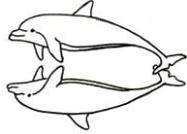
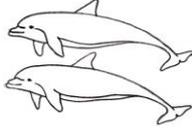
..... Observateur :

Nb individus : Min : Max : Nb de groupes :

Orientation :

Nb de jeunes : Autres observations.....

<p>Structure du groupe</p> <p>1 2 3 - - - compact compact compact -lâche -lâche -lâche -dispersé -dispersé -dispersé</p> <p>Nage de groupe</p> <p>1 2 3 -à la -à la -à la suite suite suite -en ligne -en ligne -en ligne -pls -pls -pls plans plans plans</p>	<p>Distance du bateau</p> <p>1 2 3</p> <p>Vitesse du bateau</p> <p>1 2 3</p>	 <p>Caudale</p> <p>1 2 3</p>	 <p>Sonde avec caudale</p> <p>1 2 3</p>						
 <p>Coup de queue</p> <table border="1"> <tr> <td>1</td> <td>2</td> <td>3</td> </tr> </table>	1	2	3	 <p>Sonde/dos rond</p> <table border="1"> <tr> <td>1</td> <td>2</td> <td>3</td> </tr> </table>	1	2	3	 <p>Bruit</p> <p>1 2 3</p>	 <p>Saut</p> <p>1 2 3</p>
1	2	3							
1	2	3							
 <p>½ saut</p> <p>1 2 3</p>	 <p>½ saut arrière</p> <p>1 2 3</p>	 <p>Nage rapide en surface</p> <p>1 2 3</p>	 <p>Nage rapide sur le dos</p> <p>1 2 3</p>						
 <p>Ventre en surface</p> <p>1 2 3</p>	 <p>Bûche / lent</p> <p>1 2 3</p>	 <p>Tonneau / roule</p> <p>1 2 3</p>	 <p>Tête avance doucement</p> <p>1 2 3</p>						

 <p>Tête verticale</p> <p>1 2 3</p>	 <p>Ecume en surface/forte act.</p> <p>1 2 3</p>	 <p>Ventre contre ventre</p> <p>1 2 3</p>	 <p>Dos contre ventre</p> <p>1 2 3</p>
<p>Longues apnées</p> <p>1 2 3</p>	<p>Synchronisation</p> <p>1 2 3</p>	<p>Poissons</p> <p>1 2 3</p>	<p>Interactions avec objet</p> <p>1 2 3</p>

ANNEXE 2 : Fonction de langage R pour le calcul de la couverture de l'échantillon, ou SC

```
# Couverture echantillon
# structure du document idem mark 010010 1; avec une extension en .inp ou .INP
# dans setwd indiquer le chemin du dossier contenant le script et les fichiers, attention il faut
remplacer les \ par des /
# R ne prend en compte que les / (diviser)
# pour lancer la commande ecrire sam.cover("lenomdufichieravecextension")

setwd("C:/Users/win7/Documents/R")
getwd()
sam.cover<-function(monfichier.inp){
readLines(monfichier.inp)->CH
gsub("00","0,0",CH)->CH
gsub("01","0,1",CH)->CH
gsub("10","1,0",CH)->CH
gsub("11","1,1",CH)->CH
gsub(" 1;","",CH)->CH
gsub("00","0,0",CH)->CH
gsub("01","0,1",CH)->CH
gsub("01","1,0",CH)->CH
gsub("11","1,1",CH)->CH
write.table(CH,"temporaryfile.txt",quo=F,sep="","",row=F,col=F)
as.matrix(read.table("temporaryfile.txt",sep=","))->CH
matrix(CH,nr=dim(CH)[ 1])->CH
apply(CH,1,sum)->SUM
CF<-999
t<-dim(CH)[ 2]
for(i in 1:t){
CF<-c(CF,sum(SUM==i))
}
cat("Capture frequencies : ", "\n")
print(rbind(1:i,CF[ -1])->CF)
f1<-CF[ 2,1]
f2<-CF[ 2,2]
f3<-CF[ 2,3]
cat("Sample coverage estimates : ", "\n")
cat("C1-hat =",1-f1/sum(apply(CF,2,prod)), "\n")
cat("C2-hat =",1-(f1-2*f2/(t-1))/sum(apply(CF,2,prod)), "\n")
cat("C3-hat =",1-(f1-2*f2/(t-1)+6*f3/(t-1)/(t-2))/sum(apply(CF,2,prod)), "\n")
}
```

ANNEXE 3 : Détail des 154 grands dauphins compris dans l'échantillon utilisé pour la structure sociale avec : leur répartition dans les différents groupes du dendrogramme, la valeur de leur *betweenness*, leur répartition dans les différents groupes divisés par l'algorithme de Girvan-Newman, leur statut, leur sexe et leur niveau de marquage.

Identification	Groupe du dendrogramme	<i>Betweenness</i>	Division naturelle	Statut	Sexe	Marquage	Identification	Groupe du dendrogramme	<i>Betweenness</i>	Division naturelle	Statut	Sexe	Marquage
N0007	2	102	3	a	m	4	N0208	2	71	3	a	m	3
N0011	1	5	1	a	m	3	N0210	2	43	3	a	f	2
N0012	1	18	1	a	f	3	N0255	3	36	3	a	m	3
N0013	1	19	1	a	m	3	N0257	2	61	3	a	m	3
N0015	1	28	3	a	m	3	N0260	2	25	3	a	f	4
N0018	2	115	3	a	f	3	N0261	2	22	3	a	m	4
N0021	1	29	3	a	f	2	N0262	2	15	1	sa	f	2
N0026	1	24	3	a	f	3	N0263	2	68	3	a	f	4
N0029	2	22	3	a	m	3	N0271	1	4	1	a	f	3
N0030	1	23	3	a	m	3	N0275	3	72	3	a	f	4
N0031	1	7	1	sa	m	2	N0278	3	19	2	a	m	4
N0033	1	43	3	a	f	3	N0279	3	13	2	a	f	3
N0034	1	23	3	a	m	3	N0280	2	75	3	a	m	4
N0036	1	21	3	a	m	3	N0281	3	31	3	a	f	2
N0037	3	13	2	a	f	3	N0282	3	12	2	a	f	2
N0039	3	21	3	a	m	3	N0285	3	18	2	a	m	4
N0041	2	103	3	a	f	2	N0286	3	11	2	a	f	2
N0044	1	32	3	a	m	3	N0287	2	73	3	a	m	3
N0045	2	21	3	a	f	4	N0290	3	17	2	a	f	3
N0046	2	50	3	a	m	4	N0291	3	54	3	a	f	2
N0047	2	48	3	a	m	4	N0294	3	28	3	a	m	3
N0048	2	16	1	a	m	4	N0296	3	27	3	a	f	3
N0049	2	75	3	a	m	4	N0297	3	113	3	a	f	3
N0051	1	7	1	a	f	2	N0298	3	10	2	a	m	4
N0052	2	56	3	a	f	4	N0300	3	17	2	a	m	4
N0054	1	24	3	a	m	4	N0302	3	113	3	a	f	2
N0055	1	2	1	a	m	2	N0304	3	19	2	a	m	3
N0057	2	18	1	a	m	3	N0306	3	10	2	a	f	3
N0060	1	4	1	a	f	2	N0307	3	13	2	a	m	4
N0061	1	73	3	a	f	2	N0315	2	57	3	a	f	2
N0062	1	24	3	a	f	2	N0322	2	13	1	a	f	2
N0066	1	21	3	a	m	3	N0324	1	4	1	a	f	2
N0068	1	10	1	a	m	4	N0326	3	23	3	sa	m	2
N0071	1	30	3	a	m	4	N0327	3	88	3	a	f	2
N0072	2	7	1	a	m	4	N0330	3	7	2	a	m	2

Identification	groupe du dendrogramme	Betweenness	division naturelle	Statut	Sexe	Marquage	Identification	groupe du dendrogramme	Betweenness	division naturelle	Statut	Sexe	Marquage
N0073	1	93	3	a	m	3	N0332	3	15	2	a	m	2
N0093	2	91	3	a	m	4	N0337	2	37	3	a	m	2
N0094	2	9	1	a	f	2	N0340	2	35	3	a	m	3
N0095	2	16	1	a	f	3	N0342	2	24	3	a	f	2
N0106	1	28	3	a	f	3	N0346	3	64	3	a	m	2
N0107	2	18	1	a	f	2	N0347	3	15	2	sa	f	2
N0114	1	34	3	a	f	2	N0351	3	11	2	a	m	4
N0117	2	44	3	a	f	3	N0363	1	19	1	a	m	3
N0119	1	28	3	a	f	2	N0369	2	23	3	a	m	2
N0120	2	46	3	a	m	3	N0372	2	46	3	a	m	3
N0135	2	33	3	a	m	3	N0375	2	43	3	a	m	2
N0138	2	21	3	a	m	2	N0376	2	66	3	a	m	3
N0140	2	40	3	a	m	3	N0380	2	69	3	a	f	2
N0141	1	12	1	a	m	4	N0381	2	79	3	sa	f	2
N0143	3	56	3	a	m	4	N0384	1	56	3	a	f	3
N0144	3	13	2	a	m	3	N0385	3	171	3	a	f	2
N0148	2	39	3	a	m	2	N0389	3	10	2	sa	m	2
N0149	3	60	3	a	f	2	N0393	2	43	3	sa	f	2
N0154	2	3	1	a	m	2	N0394	3	10	2	a	m	2
N0155	3	164	3	a	f	2	N0398	3	20	3	a	f	2
N0157	3	96	3	a	f	3	N0399	3	14	2	a	m	3
N0158	2	21	3	a	f	3	N0402	2	32	3	a	m	3
N0161	2	25	3	a	f	3	N0433	1	2	1	a	m	3
N0162	2	19	1	a	f	3	N0437	1	20	3	a	m	3
N0166	2	11	1	a	m	4	N0447	3	10	2	sa	m	2
N0167	2	65	3	a	m	3	N0448	3	4	2	sa	f	2
N0168	2	74	3	a	f	3	N0450	3	3	2	a	m	2
N0171	3	97	3	a	f	3	N0453	3	2	2	a	m	2
N0175	2	17	1	a	f	4	N0461	1	11	1	a	m	2
N0176	2	18	1	a	f	3	N0462	2	14	1	sa	f	3
N0178	2	159	3	a	m	4	N0473	2	7	1	a	m	3
N0181	2	14	1	a	m	2	N0475	3	14	2	a	m	4
N0182	2	22	3	a	m	4	N0476	3	7	2	a	m	3
N0185	2	53	3	a	m	4	N0477	3	7	2	a	m	2
N0189	2	21	3	a	m	2	N0502	3	20	3	a	f	3
N0191	2	26	3	sa	m	2	N0506	3	50	3	sa	m	2
N0193	2	20	1	a	f	2	N0515	3	21	3	sa	f	4
N0195	2	22	3	a	m	2	N0520	3	6	2	sa	f	2
N0196	2	16	1	a	f	3	N0521	2	28	3	sa	m	2
N0200	2	33	3	a	m	2	N0529	2	17	1	a	m	2

Identification	groupe du dendrogramme	Betweenness	division naturelle	Statut	Sexe	Marquage	Identification	groupe du dendrogramme	Betweenness	division naturelle	Statut	Sexe	Marquage
N0203	1	23	3	a	m	2	NL0002	3	36	3	a	f	1
N0206	2	13	1	a	f	3	NL0041	3	88	3	a	f	1

Bibliographie

- AGUILAR, A. & BORRELL, A., 1994. Assessment of organochlorine pollutants in cetaceans by means of skin and hypodermic biopsies. *Lewis Publishers* : 245-267.
- ALTMANN, J., 1974. Observational study of behavior: sampling methods. *Behaviour*, 49 :227–267.
- ALTMANN, J., ALBERTS, S. C., HAINES, S. A., DUBACH, J., MURUTHI, P., COOTE, T., GEFFEN, E., CHEESMAN, D. J., MUTUTUA, R. S., SAIYALEL, S. N., *et al.*, 1996. Behavior predicts genetic structure in a wild primate group. *Proceedings of the National Academy of Sciences, U.S.A.*, 93 : 5797-5801.
- AMSTRUP, S. C., McDONALD, T. L. & MANLY B. F., 2005. Handbook of Capture-Recapture Analysis. Princeton University Press, 313 p.
- ANSMANN, I. C., PARRA, G. J., CHILVERS, B. L. & LANYON, J. M., 2012. Dolphins restructure social system after reduction of commercial fisheries. *Animal Behaviour*, 84 : 575-581.
- BEJDER, L., FLETCHER, D. & BRAGER, S., 1998. A method for testing association patterns of social animals. *Animal Behaviour*, 56 : 719-725.
- BERROW, S., O'BRIEN, J., GROTH, L., FOLEY, A. & VOIGH, K., 2012. Abundance Estimate of Bottlenose Dolphins (*Tursiops truncatus*) in the Lower River Shannon candidate Special Area of Conservation, Ireland. *Aquatic Mammals*, 38(2) : 136-144.
- BRIDGE, P. D., 2003. Classification. In Biological data analysis, ed. J. C. Fry. Oxford : Oxford. University Press, p. 219-242.
- CAIRNS, S. J. & SCHWAGER, S. J., 1987. A comparison of association indices. *Animal Behaviour*, 35/5 : 1454-1469.
- CHAMBAULT, P., 2013. Distribution spatiale et utilisation de l'habitat de la population de grands dauphins (*Tursiops truncatus*) du golfe normand-breton. Mémoire de Master recherche : Océanographie et Environnements Marins. Université Pierre et Marie Curie, Paris VI, 35 p.
- CHAO, A., LEE, S.-M. & JENG, S.-L., 1992. Estimating population size for capture-recapture data when capture probabilities vary by time and individual animal. *Biometrics*, 48 : 201-216.
- CHICO PORTILLO, C., JIMENEZ TORRES, C., PEREZ, S., VERBORGH, P., GAUFFIER, P., ESTEBAN, R., GIMENEZ, J., SANTOS VEGA, M. E., CAZALLA, E. and DE STEPHANIS, R., (2011). Survival rate, abundance and residency of bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*) in the Strait of Gibraltar. In 25th Conference of the European Cetacean Society Long-term datasets on marine mammals: learning from the past to manage the future 21st-23rd March 2011, Cadiz, Spain.
- CHILVERS, B. L. & CORKERON, P., 2002. Association patterns of bottlenose dolphins (*Tursiops aduncus*) off Point Lookout, Queensland, Australia. *Canadian Journal of Zoology*, 80/6 : 973-979.

CLOBERT, J., LEBRETON, J. D. & ALLAINE, D., 1987. A general approach to survival rate estimation by recaptures or resightings of marked birds. *Ardea*, 75 : 133-142.

COCKCROFT, V. G. & ROSS, G. J. B., 1989. Observations on the early development of a captive bottlenose dolphin calf. In : Leatherwood, S. & R.R. Reeves, eds. *The Bottlenose Dolphin*, p. 461-478. San Diego : Academic Press.

CONNOR, R. C., SMOLKER, R. A & RICHARDS, A. F., 1992a. Two levels of alliance formation among male bottlenose dolphins (*Tursiops* sp.). *Proceedings of the National Academy Sciences*, 89 : 987-990.

CONNOR, R. C., SMOLKER, R. A & RICHARDS, A. F., 1992b. Dolphin alliances and coalitions. In : A. H. Harcourt & F. B. M. de Waal, (eds), *Coalitions and competition in animals and humans*. Oxford University Press, New York and Oxford : 415-442.

CONNOR, R. C., WELLS, R., MANN, J. & READ, A., 2000. The bottlenose dolphin: social relationships in a fission–fusion society. In: *Cetacean Societies : Field Studies of Dolphins and Whales* (Ed. By J. Mann, R. C. Connor, P. L. Tyack & H. Whitehead), p. 91–126. Chicago : University of Chicago Press.

CORNER, L. A. L., PFEIFFER, D. U. & MORRIS, R. S., 2003. Social-network analysis of *Mycobacterium bovis* transmission among captive brushtail possums (*Trichosurus vulpecula*). *Preventive veterinary medicine*, 59(3) : 147-162

CROFT, D. P., JAMES, R. & KRAUS, J., 2008. *Exploring animal social networks*. Princeton University Press, 192 p.

CROSS, P. C., LLOYD-SMITH, J. O., BOWERS, J. A., HAY, C. T., HOFMEYR, M. & GETZ, W. M., 2004. Integrating association data and disease dynamics in a social ungulate : bovine tuberculosis in African buffalo in the Kruger National Park. *Annales Zoologici Fennici*, 41 : 879-892.

DEAROLF, J. L., MCLELLAN, W. A., DILLAMAN, R. M., FRIERSON Jr., D. & PABST, D. A., 2000. Precocial development of axial locomotor muscle in bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*). *Journal of Morphology*, 244 : 203–215.

DEGRATI, M., DANS, S. L., PEDRAZA, S. N., CRESPO, E. A., GARAFFO, G., (2008). Diurnal behaviour of dusky dolphins, *Lagenorhynchus obscurus*, in Golfo Nuevo, Argentina. *Journal of Mammalogy*, 89 :1241–1247.

DERMAIN, F., DUPRAZ, F., DUPONT, L., KECK, N., GODENIR, J., CESARINI, C. & WAFO, E., 2011. Recensement des échouages de cétacés sur les côtes françaises de Méditerranée. Années 2005-2009. *Sci. Rep. Port-Cros natl. Park*, 25 : 121-141.

DIAZ LOPEZ, B. & SHIRAI, J. A. B., 2008. Marine aquaculture and bottlenose dolphins' (*Tursiops truncatus*) social structure. *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 62 : 887–894.

- FEINGOLD, D. & EVANS, P., 2013. Bottlenose Dolphin and Harbour Porpoise Monitoring in Cardigan Bay and Pen Llŷn a'r Sarnau Special Areas of Conservation. Interim report, Seawatch Foundation, 86 p.
- FELIX, F., 1997. Organization and social structure of the coastal bottlenose dolphin *Tursiops truncatus* in the Gulf de Guayaquil, Ecuador. *Aquatic Mammals*, 23(1) : 1-16.
- FERTL D., & NEWMAN W. A., 2008. Barnacles. Encyclopedia of marine mammals. Second edition. *Academic Press* : 3p.
- GIBSON, Q. A. & MANN, J., 2008a. Early social development in wild bottlenose dolphins : Sex differences, individual variation and maternal influence. *Animal Behaviour*, 76 : 375-387.
- GIBSON, Q. A. & MANN, J., 2008b. The size, composition and function of wild bottlenose dolphin (*Tursiops* sp.) mother-calf groups in Shark Bay, Australia. *Animal Behaviour*, 76 : 389-405.
- GIRVAN, M. & NEWMAN, M. E. J., 2002. Community structure in social and biological networks. *Proceeding of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 99 : 7821-7826.
- GODDE, S., 2011. Etude des Facteurs influençant la structure sociale des femelles d'une population naturelle de chèvres de montagne (*Oreamnos americanus*). Mémoire de Master 2 en Biologie, université du Québec, Montréal, 61 p.
- GOODWIN B., 1985. Diurnal behavior patterns of *Tursiops truncatus* off mobile point, Alabama. Thesis San Francisco State University. 63 p.
- GOWANS, S., DALEBOUT, M. L., HOOKER, S. K., WHITEHEAD, H., 2000. Reliability of photographic and molecular techniques for sexing northern bottlenose whales (*Hyperoodon ampullatus*). *Canadian Journal of Zoology*, 78 : 1224-1229.
- GRELLIER, K., HAMMOND, P. S., WILSON, B., SANDERS-REED, C. A. & THOMPSON, P. M., 2003. Use of photo-identification data to quantify mother-calf association patterns in bottlenose dolphins. *Canadian Journal of Zoology*, 81 : 1421-1427.
- HAMEDE, R. K., BASHFORD, J., MCCALLUM, H. & JONES, M., 2009. Contact network in a wild Tasmanian devil (*Sarcophilus harrisii*) population: using social network analysis to reveal seasonal variability in social behaviour and its implications for transmission of devil facial tumour disease. *Ecology Letters*, 12 (11) : 1147-1157.
- HARLIN, A. D., WURSIG, B., BAKER, C. S. & MARKOWITZ, T. M., 1999. Skin swabbing for genetic analysis : Application to dusky dolphins (*Lagenorhynchus obscurus*). *Marine Mammal Science*, 15 : 409-425.
- HINDE, R. A., 1976. Interactions, relationships and social structures. *Man*, 11 : 1-17.
- HOLME, P., MIN PARK, S., KIM, B.J., EDLING, C.R., 2007. Korean university life in a network perspective : dynamics of a large affiliation network. *Physica A : Statistical and Theoretical Physics*, 373 : 821-830.

- IWATA, H. & UKAI, Y., 2002. A computer program package for quantitative evaluation of biological shapes based on elliptic Fourier descriptors. *Journal of Heredity*, 93 : 384–385.
- JEFFERSON, T. A., WEBBER, M. A. & PITMAN, R. L., 2008. Marine mammals of the world : a comprehensive guide to their identification. London : Academic Press.
- KARANTH, K. U., NICHOLS, J. D., KUMAR, N. S. & HINES, J. E., 2006. Assessing tiger population dynamics using photographic capture-recapture sampling. *Ecology*, 87 : 2925-2937.
- KISKA J., SIMON-BOUHET B., MARTINEZ L., PUSINERI C., RICHARD P., RIDOUX V., 2011. Ecological niche segregation within a community of sympatric dolphins around a tropical island. *Marine ecology progress series*, 433 : 273-288, 2011.
- KRUTZEN, M., BARRE, L. M., MOLLER, M. L., HEITHAUS, M. R. & SHERWIN, W. B., 2002. A biopsy system of small cetaceans : Darting success and wound healing in *Tursiops* spp. *Marine Mammal Science*, 18 : 863–878.
- LOUIS, M., 2010. Dynamique de population et structure sociale du grand dauphin, *Tursiops truncatus*, en Normandie. Mémoire de Master recherche : Approches intégrées des Ecosystèmes Littoraux. Université de la Rochelle, 40 p.
- LUSSEAU, D., 2003. The emergent properties of a dolphin social network. *Proceedings of the Royal Society of London, Series B (Biological Sciences)*, 270, suppl. 2 : 186-188.
- LUSSEAU, D., 2007. Why are male social relationships complex in the Doubtful Sound bottlenose dolphin population? *PLoS ONE*, 2 : e348.
- LUSSEAU, D., SCHNEIDER, K., BOISSEAU, O. J., HAASE, P., SLOOTEN, E. & DAWSON, S. M., 2003. The bottlenose dolphin community of Doubtful Sound features a large proportion of long-lasting associations. *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 54(4) : 396-405.
- LUSSEAU, D. & NEWMAN, M. E. J., 2004. Identifying the role that animals play in their social networks. *Proceedings of the Royal Society of London, Series B (Biological Sciences)*, 271 : 477-481.
- LUSSEAU, D. & CONRADT, L., 2009. The emergence of unshared consensus decisions in bottlenose dolphins. *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 63 : 1067-1077.
- MAGILEVICIUTE, E., 2006. Social network of bottlenose dolphins *Tursiops truncatus* in Cardigan Bay, Wales. Thesis. School of Biological Sciences, University of Wales, Bangor, 118 p.
- MANN, J. 2006. Sociosexual behaviour among Indian Ocean bottlenose dolphins and the development of male-male bonds. In : Vasey P. and V. Sommer (eds), *Homosexual Behaviour in Animals : An Evolutionary Perspective* Cambridge University Press. Chapter 4, p. 107-130.
- MANN, J. & SMUTS, B., 1999. Behavioral development in wild bottlenose dolphin newborns (*Tursiops* sp.). *Behaviour*, 136 : 529-566.

- MANN, J., CONNOR, R. C., BARRE, L. M. & HEITHAUS, M. R., 2000. Female reproductive success in bottlenose dolphins (*Tursiops* sp.) : life history, habitat, provisioning, and group-size effects. *Behavioral Ecology*, 11(2) : 210–219.
- MANNO, T. G., 2008. Social networking in the Columbian ground squirrel, *Spermophilus columbianus*. *Animal Behaviour*, 75/4 : 1221-1228.
- MCBRIDE, A. F. & KRITZLER, H., 1951. Observations on pregnancy, parturition, and postnatal behavior in the bottlenose dolphin. *Journal of Mammalogy*, 32(3) : 251-266.
- MENKENS, G. E. & ANDERSON, S. H., 1988. Estimation of Small-Mammal population size. *Ecology*, 69 : 1952-1959.
- NEWMAN, M. E. J., 2004. Fast algorithm for detecting community structure in networks. *Physical Review*, 69 : 1-5.
- OLESIUK, P. F., BIGG M. A. & ELLIS, G. M., 1990. Life history and population dynamics of resident killer whales (*Orcinus orca*) in the coastal waters of British Columbia and Washington State. Report of the International Whaling Commission (Special Issue 12) : 209–242.
- OLSON, P. A. & REILLY, S. B., 2002. Pilot whales : 898–903 in : W. F. Perrin, B. Wursig and J. G. M. Thewissen, eds. Encyclopedia of marine mammals. Academic Press, San Diego, CA.
- OTIS, D. L., BURNHAM, K. P., WHITE, G. C. & ANDERSON, D. R., 1978. Statistical inference from capture data on closed animal populations. *Wildlife Monography*, 62 : 1-135.
- OTTENSMEYER, C. A. & WHITEHEAD, H., 2003. Behavioural evidence for social units in long-finned pilotwhales. *Canadian Journal of Zoology*, 81 : 1327-1338.
- PERRIN, W. F., 1975. Variation of spotted and spinner porpoise (genus *Stenella*) in the eastern Pacific and Hawaii. *Bulletin of the Scripps Institution of Oceanography*, 21 : 1–206.
- PERRIN, W. F., AKIN P. A., KASHIWADA J. V., 1991. Geographic variation in external morphology of the spinner dolphin *Stenella longirostris* in the eastern Pacific and implications for conservation. *Fishery Bulletin*, 89 : 411–428.
- POLLOCK, K. H., NICHOLS, J. D., BROWNIE, C. & HINES, J. E., 1990. Statistical inference for capture-recapture experiments. *Wildlife Monography*, 107 : 1-97.
- PONCELET, E., 2003. Dynamique d'une population d'orques en déclin dans l'archipel Crozet, Océan Indien : une approche modélisatrice. DEA de l'Université Claude Bernard Lyon 1. 33 p.
- REEVES, R. R., STEWART, B. S., CLAPHAM, P. J. & POWELL, J. A., 2002. Guide to Marine Mammals of the World. National Audobon Society/Alfred A. Knopf, Inc., New York. 528 p.
- REYNOLDS, III, J., WELLS, R. & EIDE, S., 2000. The Bottlenose Dolphin. Gainesville, Florida : University Press of Florida.

REYNOLDS, III, J. & R. WELLS, R., 2003. Dolphins, Whales, and Manatees. Gainesville, Florida : University Press of Florida.

RIBEIRO F. B., CARVALHO, V. L., LEAL BEVILAQUA, C. M. & ARRUDA BEZERRA, L., E., 2010. First record of *Xenobalanus globicipitis* (Cirripedia : Coronulidae) on *Stenella coeruleoalba* (Cetacea : Delphinidae) in the oligotrophic waters of north-eastern Brazil. *Marine Biodiversity Records*, 3 : 5 p.

RIDGWAY, S. & HARRISON, S., 1999. Handbook of Marine Mammals. London : Academic Press.

ROCHELLE, C., 2001. Increased avoidance of swimmers by wild bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*) due to long-term exposure to swim-with-dolphin tourism. *Marine Mammal Science*, 17(4) : 689-702.

ROSEL, P. E., 2003. PCR-based sex determination in Odontocete cetaceans. *Conservation Genetics*, 4 : 647-649.

ROWE, L. E. & DAWSON, S. M., 2009. Determining the sex of bottlenose dolphins from Doubtful Sound using dorsal fin photographs. *Marine Mammal Science*, 25 : 19-34.

SCHWARZ, J. C. & SEBER, G. A. F., 1999. A review of estimating animal abundance III. *Statistical Science*, 14 (4) : 427-456.

SCOTT, E. M., MANN, J., WATSON-CAPPS, J. J., SARGEANT, B. L. & CONNOR, R. C., 2005. Aggression in bottlenose dolphins : Evidence for sexual coercion, male-male competition, and female tolerance through analysis of tooth-rake marks and behaviour. *Behaviour*, 142 : 21-44.

SEBER, G. A. F., 1982. *The Estimation of Animal Abundance and Related Parameters*. 2nd ed. Arnold, London, UK.

SHANE, S. H., WELLS, R. S. & WÜRSIG, B., 1986. Ecology, behavior, and social organization of the bottlenose dolphin. *Marine Mammal Science*, 2(1) : 34-63.

SICILIANO, S., RAMOS, R. M. A., DI BENEDITTO, A. P. M., SANTOS, M. C O., FRAGOSO, A. B., BRITO Jr., J. L., AZEVEDO, A. F., VICENTE, A. F. C., ZAMPIROLI, E., ALVARENGA, F. S., BARBOSA, L. & LIMA, N. R. W., 2007. Age and growth of some delphinids in south-eastern Brazil. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 87 : 293-303.

SILK, J. B., 2007. Social components of fitness in primate groups. *Science*, 317 : 1347-1351

SMOLKER, R. A., RICHARDS, A. F., CONNOR, R. & PEPPER, J. W., 1992. Sex differences in patterns of association among Indian ocean bottlenose dolphins. *Behaviour*, 123/1-2 : 38-69.

STANTON, M. A., GIBSON, Q. A. & MANN, J., 2011. When mum's away : a study of mother and calf ego networks during separations in wild bottlenose dolphins (*Tursiops sp.*). *Animal Behaviour*, 82 : 405-412.

- STERCK, E. H. M., 1998. Female dispersal, social organization, and infanticide in langurs : are they linked to human disturbance? *American Journal of Primatology*, 44 : 235-254.
- STRIER, K. B., 1997. Mate preferences of wild muriqui monkeys (*Brachyteles arachnoides*): reproductive and social correlates. *Folia Primatology*, 68 : 120-133.
- SUEUR, C., JACOBS, A., AMBLARD, F., PETIT, O. & KING, A. J., 2011. How can social network analysis improve the Study of primate Behaviour ? *American Journal of Primatology*, 71 : 1-17.
- TOLLEY, K. A., READ, A. J., WELLS, R. S., URIAN, K. W., SCOTT, M. D., IRVINE, A. B. & HOHN, A. A., 1995. Sexual dimorphism in wild bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*) from Sarasota, Florida. *Journal of Mammalogy* 76 : 1190-1198.
- URIAN, K. W., DUFFIELD, D. A., READ, A. J., WELLS, R. S. & SHELL, E. D., 1996. Seasonality of reproduction in bottlenose dolphins, *Tursiops truncatus*. *Journal of Mammalogy*, 77/2 : 394-403.
- VAN BRESSEM, M., F. & VAN WAEREBEEK, K., 1996. Epidemiology of a poxvirus in small cetaceans from the eastern South Pacific. *Marine Mammal Science* 12 (3) : 371-382.
- VAN BRESSEM, M., F., GASPAR, R. & AZNAR, F. J., 2003. Epidemiology of tattoo skin disease in bottlenose dolphins *Tursiops truncatus* from the Sado estuary, Portugal. *Diseases of Aquatic Organisms*, 56 (2) : 171-179.
- VAN BRESSEM, M., F., VAN WAEREBEEK, K *et al.*, 2009. Epidemiological pattern of tattoo skin disease: a potential general health indicator for cetaceans. *Diseases of Aquatic Organisms*, 85 : 225-237.
- WELLS, R. S., SCOTT, M. D. & IRVINE, A.B., 1987. The social structure of free-ranging bottlenose dolphins. *Current mammalogy*, 1 : 247-305.
- WELLS, R. S. & SCOTT, M. D., 1990. Estimating bottlenose dolphin population parameters from individual identification and capture-release techniques. *Science*, 4(2) : 154-162.
- WHITEHEAD, H., 1995. Investigating structure and temporal scale in social organizations using identified individuals. *Behavioral Ecology*, 6 : 199-208.
- WHITEHEAD, H., 1997. Analyzing animal social structure. *Animal Behaviour*, 53 : 1053-1067
- WHITEHEAD, H., 1999. Testing association patterns of social animals. *Animal Behaviour*, 57 : 26-29.
- WHITEHEAD, H., 2008. Analyzing Animal Societies : Quantitative Methods for Vertebrate Social Analysis. Chicago : University of Chicago Press.
- WHITEHEAD, H., 2009. SOCPROG programs : analyzing animal social structures. *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 63 : 765-778.

WHITEHEAD, H. & DUFAULT, S., 1999. Techniques for analyzing vertebrate social structure using identified individuals: review and recommendations. *Advances in the Study of Behaviour*, 28 : 33-74.

WILSON, B., THOMPSON, P. M. & HAMMOND, P. S., 1997. Skin lesions and physical deformities in bottlenose dolphins in the Moray Firth : Population prevalence and age-sex differences. *Ambio*, 26 : 243–247.

WILSON, B., HAMMOND, P. S. & THOMPSON, P. M., 1999a. Estimating size and assessing trends in a coastal bottlenose dolphin population. *Ecological Applications*, 9(1) : 288-300.

WILSON, B., ARNOLD, H., BEARZI, G, FORTUNA, C. M., GASPAR, R., INGRAM, S., LIRET, C., PRIBANIC, S., READ, A. J., RIDOUX, V., SCHNEIDER, K., URIAN, K. W., WELLS, R. S., THOMPSON, P. M. & HAMMOND, P. S., 1999b. Epidermal diseases in bottlenose dolphins : impacts of natural and anthropogenic factors. *Proceedings of the Royal Society of London, Series B (Biological Sciences)*, 266 : 1077-1083.

WILSON, B., GRELLIER, K., HAMMOND, P. S., BROWN, G. & THOMPSON, P. M., 2000. Changing occurrence of epidermal lesions in wild bottlenose dolphins. *Marine Ecology Progress Series*, 205 : 283-290.

WISZNIEWSKI, J., ALLEN, S. J & MÖLLER, L. M., 2009. Social cohesion in a hierarchically structured embayment population of Indo-Pacific bottlenose dolphins. *Animal Behaviour*, 77 : 1449-1457.

WÜRSIG, B. & WÜRSIG, M., 1977. The photographic determination of group size, composition, and stability of coastal porpoises (*Tursiops truncatus*). *Science*, 198 : 755–756.

WÜRSIG, B. & JEFFERSON T. A., 1990. Methods of photo-identification for small cetaceans. In : Individual Recognition of Cetaceans : Use of Photo-Identification and Other Techniques to Estimate Population Parameters, P.S. Hammond, S.A. Mizroch, and G.P. Donovan (eds). *Reports of the International Whaling Commission; Special Issue*, 12 : 43–52.

Sites internet :

<http://www.educ.upmc.fr/sdv/desdevises/masterbip/PDFs/Topo7/pdf>.

Master Biologie Intégrative 2013-2014. Biostatistiques avancées. Responsable de cours : Yves Desdevises. Travaux dirigés n° 7.

<http://www.futura-sciences.com/magazines/nature/infos/actu/d/zoologie-video-acoers-cachalots-adoptent-dauphin-maj-441>.