Année universitaire 2017 - 2018

RAPPORT DE STAGE

Estimation de la taille de population de grands dauphins de l'archipel de Molène pour l'année 2017

Maxime Domeau
DUT Génie Biologique – Option Génie de l'Environnement
IUT de Cergy-Pontoise

Maître de stage

François GALLY

Directeur du GECC
Groupe d'Etude des Cétacés du Cotentin

Place des Justes
50130 CHERBOURG EN COTENTIN

Tuteur pédagogique

Magalie MICHIEL

Directrice des Etudes Génie de l'Environnement
IUT DE CERGY PONTOISE
Département Génie Biologique

Site de Saint-Martin
2, avenue Adolphe Chauvin
95302 CERGY PONTOISE CEDEX

REMERCIEMENTS

Je tiens tout d'abord à remercier chaleureusement François GALLY, directeur du Groupe d'Etudes des Cétacés du Cotentin et tuteur professionnel, pour m'avoir accueilli comme stagiaire au sein de son équipe. Sa disponibilité et ses connaissances m'ont permis d'obtenir de précieux et enrichissants conseils, aussi bien sur le plan professionnel que personnel.

Je remercie également Louiselle de RIEDMATTEN, pour sa disponibilité, sa gentillesse, son aide au quotidien et ses conseils avisés pour la rédaction de ce rapport.

Ma reconnaissance va également à Leila BLANDEL pour ses informations et pour sa bonne humeur quotidienne.

J'adresse aussi ma gratitude à l'ensemble des volontaires du GECC, ainsi qu'aux agents du PNMI et à Philippe BORDES qui ont participé à la collecte des données sur lesquelles ce travail est basé.

Enfin, je m'associe au GECC pour remercier MAAF Assurances SA dont le soutien financier permet au GECC d'organiser chaque année des campagnes de terrain sur l'archipel de Molène et d'effectuer l'analyse des données pour cette population des grands dauphins.

Table des matières

Remerciements 1

Table des matières 2

Table des figures 3

Table des tableaux 3

Présentation de la structure 4

1. Contexte et objectifs du stage 5

2. Matériels et méthodes 6

2.1. La zone d'étude 6

2.2. Présentation du grand dauphin 7

2.2.1. Description de l'espèce 7
2.2.2. Menaces et statut de conservation 8

2.3. Présentation des données 9

2.3.1. Les observations et les photographies du jeu de données 9
2.3.2. Les différents contributeurs du jeu de données 9

2.4. La photo-identification 11

2.4.1. Méthodologie 12
2.4.2. Les individus identifiés 13

2.5. Estimation de la taille de population 15

2.5.1. La méthode Capture-Marquage-Recapture (CMR) 15
2.5.2. Calcul de la taille de population 16

3. Résultats 18

3.1. Choix des sessions 18

3.2 Estimation de la taille de population 18

3.2.1. CloseTest 18
3.2.2. MARK 19
3.2.3. Calcul du ratio θ 19

4. Discussion 20

5. Conclusion 22

Apport du stage 23

Références bibliographiques 24

Table des figures

FIGURE 1 : La zone d'étude : le Parc Naturel Marin d'Iroise (PNMI) 6

FIGURE 2 : Photographie d'un grand dauphin 7

FIGURE 3 : Part des contributeurs aux observations de mai à août 2017 pour l'archipel de Molène 10

FIGURE 4 : Evolution du nombre d'observation pour chacun des contributeurs pour Molène durant la période de mai à août 11

FIGURE 5 : Les différents niveaux de marquage à partir de photographies d'ailerons appartenant à la population des grands dauphins de l'archipel de Molène 13

FIGURE 6 : Nombre d'individus différents identifiés par année 14

FIGURE 7 : Nombre de grands dauphins de l'archipel de Molène identifiés dans le catalogue entre 2006 et 2017 14

FIGURE 8 : Histoires de capture des grands dauphins identifiés sur l'archipel de Molène en 2017 15

FIGURE 9 : Affichage du CloseTest pour l'hypothèse d'une population fermée 18

FIGURE 10 : Les estimations de population et de leurs intervalles de confiance entre 2014 et 2017 20

Table des tableaux

TABLEAU 1 : Nombre total d'observations, de photographies et de sorties pour chaque mois entre mai et août 2017 9

TABLEAU 2 : Nombre total d'observations, de photographies et de sorties durant la période de mai à août 2017 10

TABLEAU 3 : Résultats donnés par le logiciel MARK 19

TABLEAU 4 : Estimation de la taille totale de la population pour l'archipel de Molène de 2014 à 2017 avec un indice de confiance de 95% 19

Présentation de la structure

Le Groupe d'Etude des Cétacés du Cotentin (GECC) est une association loi 1901 qui a pour vocation première l'étude et la préservation des mammifères marins en mer de la Manche.

Créée en 1997, l'association se spécialise depuis 2007 dans l'étude des grands dauphins sédentaires de cette zone.

Les actions du GECC se divisent en 4 parties :

- Le suivi des grands dauphins (*Tursiops truncatus*) en mer de la Manche.
- L'analyse scientifique et l'interprétation des données récoltées sur le terrain en collaboration avec différentes universités, laboratoires et/ou agences étatiques (telles que la DREAL ou l'Agence Française pour la Biodiversité), permettant d'approfondir les connaissances scientifiques sur ces cétacés.

  A titre d'exemple, le travail scientifique sur la contamination chimique chez les grands dauphins (Zanuttini, 2016) a été réalisé avec le soutien de l'Agence de l'Eau Seine-Normandie (AESN) et de l'université de Liège.
- Le partage et l'échange des connaissances, au moyen de conférences, d'expositions ou encore d'affiches.
- La promotion des sciences participatives, mission qui occupe une place importante au sein du GECC. En 2016, l'association a lancé « OBSenMER » pour aider à la connaissance et à la préservation du milieu marin. Cette plateforme collaborative propose plusieurs outils en libre partage, tels qu'une application pour smartphone, une base de données et un module d'aide à la photo-identification pour participer à la collecte, à la gestion et à l'analyse des données marines. OBSenMER est gratuit et ouvert à tous.

1. Contexte et objectifs du stage

Depuis 2014, le GECC accompagne le Parc Naturel Marin d'Iroise (PNMI) dans le suivi des populations de grands dauphins présentes dans l'archipel de Molène et dans la chaussée de Sein, afin d'étudier et de préserver ces animaux.

En 2017, dans le cadre de son stage de master 2, Valentine ANDRÉ, de l'université de Paris-Sorbonne a étudié les paramètres démographiques pour ces deux populations de grands dauphins pour les années 2006 à 2016. Elle a principalement travaillé sur l'estimation de la taille de ces populations et sur leur taux de survie apparent au moyen des méthodes de photo-identification et de Capture-Marquage-Recapture (CMR).

L'étude présentée ici a pour objectif de poursuivre le travail de Valentine ANDRÉ en proposant une estimation de la taille de population de l'archipel de Molène pour l'année 2017.

2. Matériels et méthodes

2.1 La zone d'étude

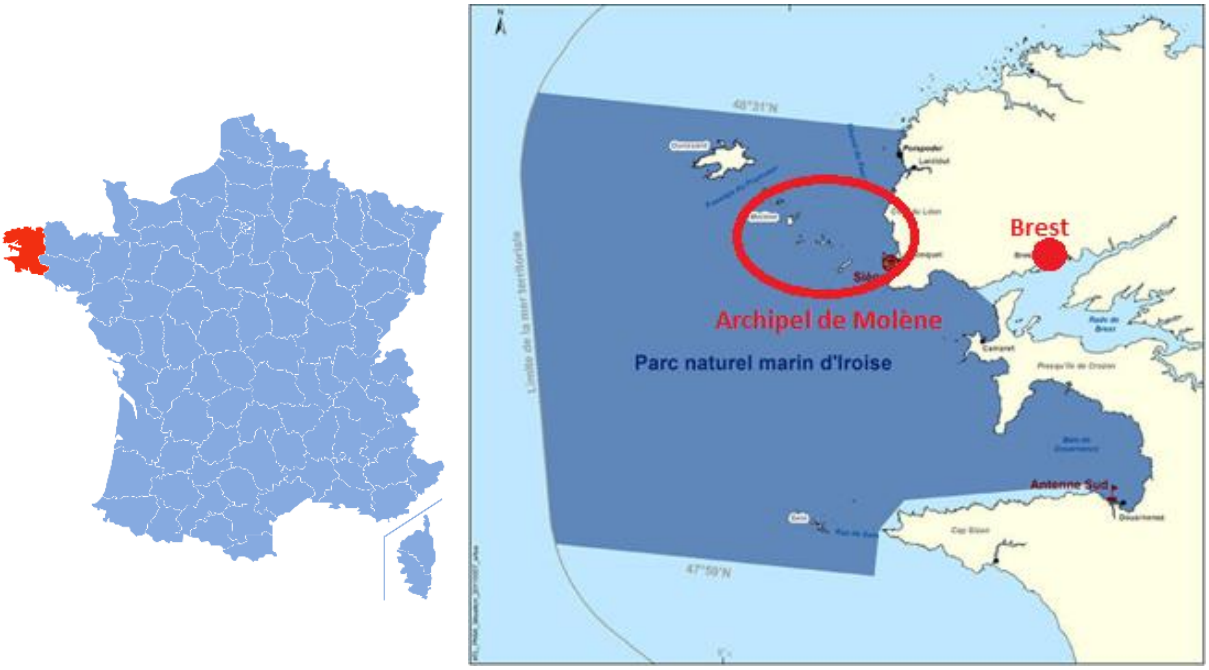


Figure n°1 : La zone d'étude : le Parc Naturel Marin d'Iroise (PNMI)

L'archipel de Molène se situe sur les côtes bretonnes, dans le département du Finistère (29), à proximité de la ville de Brest (Figure 1). Il est constitué de 9 îlots principaux et de 9 îlots annexes. Ces îlots représentent une superficie d'environ 20 000 ha et appartiennent à un vaste plateau sous-marin qui n'excède que rarement 20 m de profondeur (Liret 2001). L'archipel de Molène est très exposé à l'action de la houle et les courants des marées y sont importants.

Cet archipel se situe dans le Parc Naturel Marin d'Iroise, ou PNMI, premier parc naturel marin français qui a vu le jour en septembre 2007. Le PNMI couvre une superficie totale de 3500 km^2. Il a pour mission de protéger et d'étudier cette zone : le « maintien en bon état de conservation des populations des espèces protégées, rares ou menacées et de leurs habitats » est une des dix priorités de gestion mise en place par le PNMI dans son décret de création (PNMI 2012). Cet objectif concerne bien entendu les grands dauphins, espèce protégée aussi bien à l'échelle nationale qu'internationale.

2.2. Présentation du grand dauphin

2.2.1. Description de l'espèce

Les grands dauphins (*Tursiops truncatus*) sont des cétacés à dents (odontocètes) appartenant à la famille des delphinidés. Ils sont gris foncé sur le dos, gris clair sur les flancs et blanc sur le ventre. Ils mesurent entre 0,8 et 1,4 m à la naissance et atteignent en moyenne la taille de 2,3 à 4 m (GECC 2014). Le poids d'un mâle adulte peut dépasser 500 kg, tandis qu'une femelle n'atteint généralement que 250 kg, mais les variations sont importantes selon les régions. (Reynolds, III, *et al.*, 2000 ; Reeves, *et al*., 2002 ; Reynolds, III & Wells, 2003 ; Jefferson, *et al*., 2008).

Figure 2 : Photographie d'un grand dauphin

L'espérance de vie du grand dauphin est comprise entre 40 et 50 ans (Walls & Scott, 1990). Les femelles atteignent leur maturité sexuelle entre 9 et 11 ans, soit 2 à 3 ans plus tôt que les mâles (Cockcroft & Ross, 1989). Elles se reproduisent en moyenne tous les 2 à 3 ans. La gestation est estimée à 12 mois. (Urian *et al.*, 1996).

On distingue 4 classes d'âge chez les grands dauphins (Mann & Smuts, 1999) :

- les nouveau-nés,
- les jeunes,
- les sub-adultes,
- les adultes.

Un individu est considéré comme nouveau-né entre 0 et 10 semaines. Son corps est marqué par des plis et des lignes fœtales. Les plis sont présents environ une semaine et les lignes peuvent être encore visibles plus de 10 semaines après la naissance. Le corps a une couleur très pâle. L'aileron est de petite taille et lisse.

Au-delà de 10 semaines et jusqu'à ses 4 ans, le grand dauphin appartient à la classe d'âge des jeunes. Il est associé à sa mère ou aux autres jeunes du groupe (Stanton *et al*., 2011). Sa couleur est plus pâle que les sub-adultes et les adultes et sa taille est plus petite que celle des adultes (Wilson *et al*., 1999).

La séparation avec la mère caractérise la classe des sub-adultes (Stanton *et al.*, 2011). Ces individus ont entre 4 et 14 ans. Leur taille est inférieure ou égale à celle des adultes et leur corps est moins robuste (Wilson *et al*., 1999). La couleur des sub-adultes est plus pâle que celle des adultes et leur aileron dorsal n'est pas ou peu marqué.

Les grands dauphins adultes ont un corps robuste et gris foncé (Wilson *et al*., 1999). L'aileron dorsal est nettement marqué par des griffures ou des encoches. Ils sont généralement accompagnés d'individus plus jeunes et/ou d'autres individus adultes (Felix, 1997).

Le dimorphisme sexuel chez les grands dauphins est faible et donc difficilement repérable à l'œil nu. Il existe cependant quelques différences : les mâles adultes ont un aileron dorsal plus large que celui des femelles (Tolley et al., 1995), avec plus d'encoches (Rowe & Dawson, 2009). Chez les femelles, les griffures sont plus nombreuses sur leurs ailerons (Rowe & Dawson, 2009 ; Tolley et al., 1995).

2.2.2. Menaces et statut de conservation

Le grand dauphin est protégé par plusieurs conventions européennes et internationales. Il est classé en « préoccupation mineure » sur la liste rouge de l'Union Internationale pour la Conservation de la Nature (IUCN). Cela signifie que l'espèce n'est pas directement en danger d'extinction mais que sa pérennité dépend de sa protection, ainsi que de sa capacité à se développer, à se nourrir et à se reproduire dans son habitat.

Les grands dauphins peuvent être victimes de la chasse, pour la consommation humaine ou pour faciliter la pêche. Ils sont capturés à des fins touristiques, scientifiques ou

militaires. L'espèce est aussi concernée par la dégradation de son milieu de vie, par la surpêche qui réduit les stocks de poissons (Bearzi et al., 2004), par les dérangements liés aux activités humaines (tourisme, plaisance, transports, parcs éoliens et hydroliens, etc.) et par les pollutions chimiques de toutes sortes (Zanuttini, 2016).

2.3. Présentation des données

2.3.1. Les observations et les photographies du jeu de données

Pour l'année 2017, on comptabilise 45 sorties en mer sur l'archipel de Molène entre les mois de mai et d'août. Au cours de ces sorties, 46 observations ont été faites.

Une observation se définit comme un groupe d'individus observé dans un même lieu et au même moment. Un groupe correspond à un ensemble de grands dauphins séparés par moins de 500 m. Au cours de chaque observation, des photographies des ailerons sont prises pour identifier les individus de la population.

Au total, pour l'archipel de Molène, le jeu de données comprend 2333 photographies prises entre mai et août 2017.

Tableau n°1 : Nombre total d'observations, de photographies et de sorties pour chaque mois entre mai et août 2017

Mois	Mai	Juin	Juillet	Août
Total observations	7	12	9	18
Total photos	99	1364	321	549
Total sorties	14	12	9	18

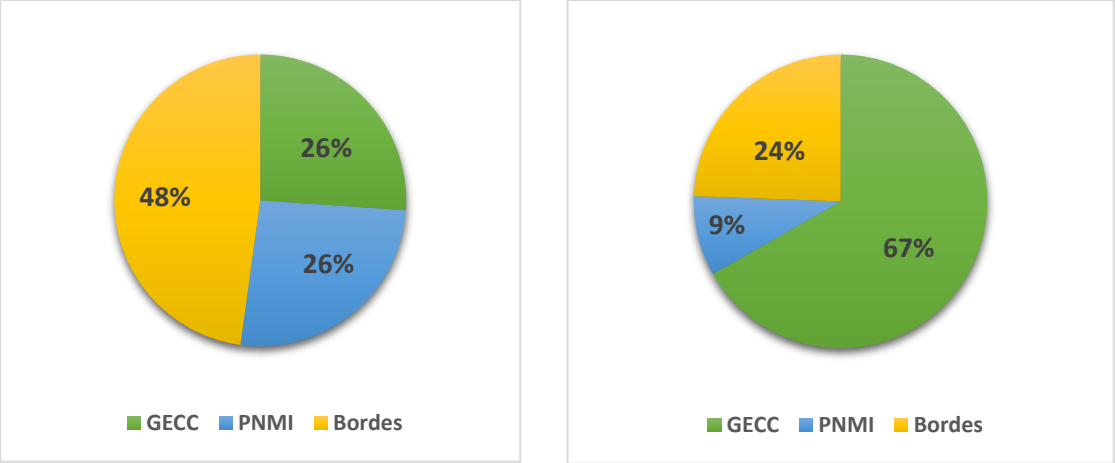
2.3.2. Les différents contributeurs du jeu de données

En 2017, les photographies d'ailerons de l'archipel de Molène ont été prises par trois contributeurs différents, à savoir : les agents du Parc Naturel Marin d'Iroise, Philippe BORDES, un particulier et le GECC qui organise chaque année une campagne de 10 jours sur l'archipel. En 2017, le GECC était présent sur l'archipel du 25 juin au 2 juillet. Le tableau n°2 détaille le nombre total d'observations, de photographies et de sorties réalisées par les différents contributeurs. La figure n°3a illustre la part des contributeurs pour les observations durant la

période de mai à août 2017, alors que la figure n°3b illustre le nombre de photographies prises durant cette période. On note que le GECC, avec le même nombre d'observations que le PNMI, a collecté un plus grand nombre de photographies.

Tableau n°2 : Nombre total d'observations, de photographies et de sorties durant la période de mai à août 2017

Contributeurs	GECC	PNMI	Philippe BORDES	Total
NB total d'observations 2017	12	12	22	46
NB total photos 2017	1558	205	570	2333
NB total de sorties 2017	12	11	22	45



a) Pourcentage d'observations *b) Pourcentage de photographies prises*

Figure n°3 : Part des contributeurs aux observations de mai à août 2017 pour l'archipel de Molène

Comme le montre la figure 4, même si la contribution de Philippe BORDES est la plus importante pour l'année 2017, on remarque cependant qu'elle est près de 50% inférieure à celle de 2016. Quant au PNMI, leurs observations sont légèrement plus importantes en 2017 qu'en 2016. Enfin, les observations du GECC sont en légère baisse en 2017 par rapport à l'année précédente.

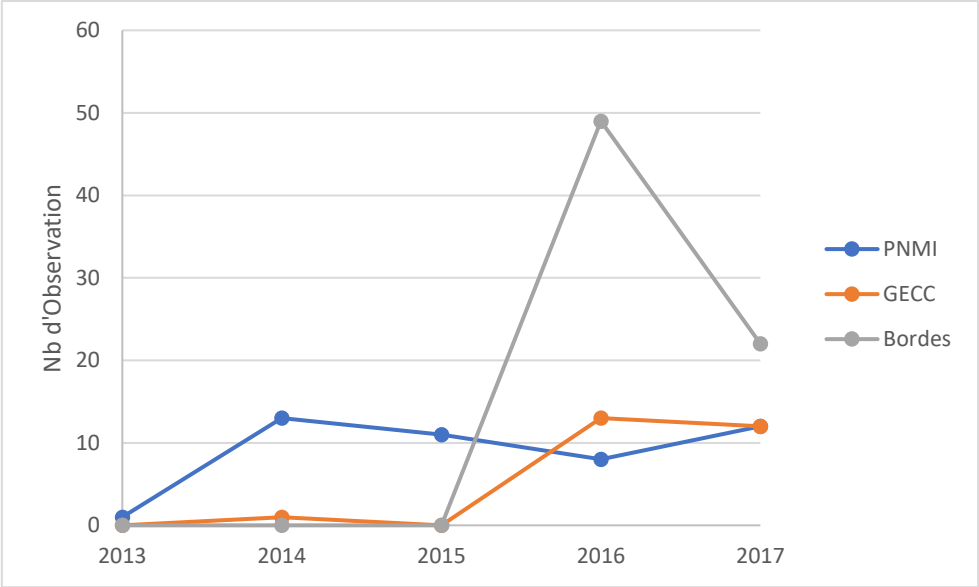


Figure n°4 : Evolution du nombre d'observation pour chacun des contributeurs pour Molène durant la période de mai à août.

2.4 La photo-identification

La photo-identification consiste à identifier les grands dauphins de l'archipel de Molène à partir des différentes marques visibles sur leur aileron dorsal ou sur leur corps. Il faut savoir, en effet, que chez les grands dauphins chaque aileron est unique. Ces marques sont donc utilisées pour différencier et identifier chaque individu (Würsig & Jefferson, 1990). Elles peuvent prendre la forme :

- d'encoches : ce sont des entailles plus ou moins profondes, sans doute dues à des morsures,
- de griffures, parfois symétriques, dues probablement à des traces de dents,
- de pigmentations différentes de la peau dues à la cicatrisation des blessures (présence de traces blanchâtres).

La photo-identification est indispensable pour l'étude et le suivi à long terme des populations de grands dauphins, car elle permet de donner accès aux paramètres démographiques de la population (nombre d'individus, taux de survie, taux de naissances …) et signale les changements susceptibles de survenir dans la population (croissance, stagnation ou décroissance de la population). En clair, sans photo-identification aucun suivi n'est possible.

2.4.1. Méthodologie

Après chaque sortie en mer, les photographies collectées sont triées et transférées dans la base de données OBSenMER où elles se voient attribuer : un numéro de sortie, un numéro d'observation, la position GPS, la date, l'heure, le nombre d'individus et le nombre d'ailerons visibles sur l'image.

Ensuite commence l'analyse des photographies. Chaque aileron présent reçoit un angle de prise de vue (droite – gauche), un numéro d'identification et un niveau de marquage. Plusieurs individus peuvent apparaître sur une même photographie. Dans ce cas, chaque aileron est numéroté par rapport à sa position sur la photographie. L'aileron numéro 1 est celui qui est situé sur le premier plan, le numéro 2 juste derrière et ainsi de suite. Si plusieurs ailerons sont sur le même plan, on effectue la numérotation de la gauche vers la droite.

Les ailerons des grands dauphins de l'archipel de Molène sont rassemblés dans un catalogue. Cet outil recense tous les grands dauphins rencontrés au moins une fois dans la zone et suffisamment marqués pour être identifiables. Tout nouvel aileron est systématiquement comparé au catalogue : s'il existe déjà, l'aileron reçoit le même numéro que celui de l'aileron identifié, sinon il obtient un nouveau numéro.

Il existe quatre niveaux de marquage des ailerons comme le montre la figure 5 :

- M1 : l'aileron ne présente ni d'encoche ni griffure. Il est considéré comme « lisse ».
- M2 : l'aileron présente une ou plusieurs petites encoches ou griffures. Il peut être identifiable mais le risque d'erreur est élevé.
- M3 : l'aileron présente des encoches de taille moyenne qui permettent de reconnaître l'individu facilement.
- M4 : l'aileron présente des encoches de très grande taille qui le rendent très facilement reconnaissable. Le taux d'erreur d'identification est presque inexistant.

a) Individu M1

b) Individu M2

c) Individu M3

d) Individu M4

Figure n°5 : Les différents niveaux de marquage à partir de photographies d'ailerons appartenant à la population des grands dauphins de l'archipel de Molène

2.4.2. Les individus identifiés

Entre mai et août 2017, 63 grands dauphins de l'archipel de Molène ont été identifiés. Cet échantillon compte 34 adultes et 29 sub-adultes. 7 individus ont un niveau de marquage M1, 23 ont un niveau de marquage de M2, 26 possède un niveau de marquage M3 et 7 ont un niveau de marquage M4.

Quant au sexe des individus identifiés, 23 sont supposés être des mâles et 15 sont supposés être des femelles. Dans le cadre de cette étude, le sexage a été réalisé par l'observation à partir des photographies collectées sur le terrain. Cela signifie que ce sexage n'est pas certain à 100%. Lorsqu'un individu n'est jamais observé en compagnie d'un nouveau-né ou d'un jeune et que son aileron comporte de nombreuses encoches, il peut être considéré comme un mâle. Au contraire, lorsqu'un individu est régulièrement observé avec un nouveau-né ou un jeune et que son aileron compte peu d'encoches, on peut penser qu'il s'agit d'une femelle.

La figure 6 présente le nombre d'individus différents identifiés par année sur Molène (André, 2017). A partir de 2014, les données collectées sont plus nombreuses et le nombre d'individus identifiés oscille entre 57 et 63.

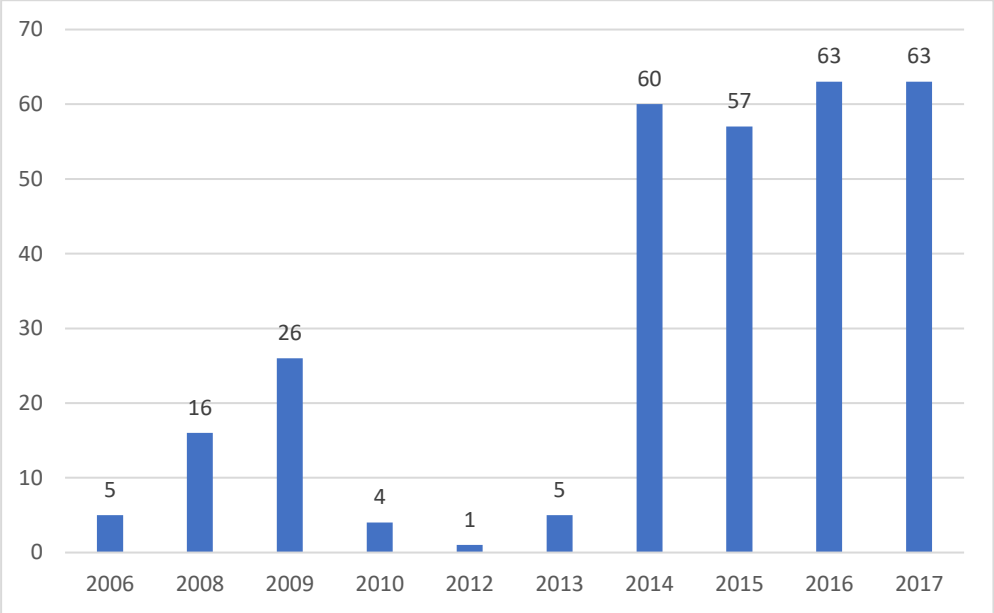


Figure n°6 : Nombre d'individus différents identifiés par année

Depuis 2006, 91 grands dauphins ont été identifiés dans la population de Molène et versé au catalogue. Entre 2016 et 2017, 11 nouveaux individus sont entrés au catalogue (figure 7).

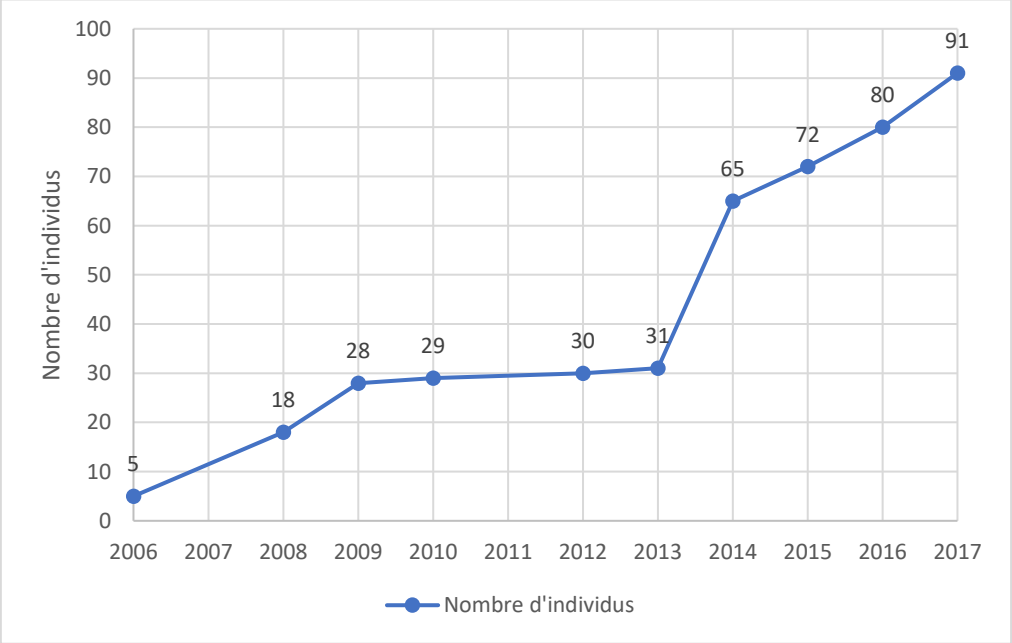


Figure n°7 : Nombre de grands dauphins de l'archipel de Molène identifiés dans le catalogue entre 2006 et 2017

2.5. Estimation de la taille de population

2.5.1. La méthode Capture-Marquage-Recapture (CMR)

La méthode CMR est la reconnaissance d'un individu dans une population à l'aide de marques artificielles, comme les bagues pour les oiseaux, ou de marques naturelles, comme les écailles chez les tortues marines ou les ailerons chez les grands dauphins.

Pour effectuer le suivi d'un individu marqué, plusieurs sessions de terrain sont nécessaires. Elles sont nommées « occasions de capture ». Le terme « capture » ne désigne pas forcément une capture physique de l'individu. Dans le cas du grand dauphin, par exemple, il s'agit d'une observation des marques naturelles sur son aileron dorsal. A partir de plusieurs occasions de capture de l'individu, il est possible de constituer son histoire de capture. Celle-ci est représentée par une succession binaire : pour chaque session, un chiffre est donné « 0 » si l'individu n'est pas observé et « 1 » si l'individu est observé. Ainsi, sur la figure n°8, l'individu de référence N0133 a été observé durant les sessions de juin et d'août mais n'a pas été observé durant les sessions de mai, juillet et septembre. Son « histoire de capture » se compose donc comme suit : « 01010 ».

J10 | N0315

	A	B	C	D	E	F
1	Referenc	Mai	Juin	Juillet	Aout	Septembc
2	N0131	1	1	1	1	0
3	N0132	1	1	1	1	0
4	N0133	0	1	0	1	0
5	N0134	0	1	1	1	0
6	N0135	0	1	1	1	0
7	N0312	1	1	1	1	0
8	N0313	0	1	1	1	0
9	N0314	0	1	1	1	0
10	N0315	1	1	1	1	0
11	N0316	1	1	1	1	0
12	N0317	0	0	1	1	0
13	N0318	1	1	1	1	0
14	N0319	0	1	1	1	0
15	N0323	0	0	1	1	0
16	N0324	1	1	1	1	0

Figure n°8 : Histoires de capture des grands dauphins identifiés sur l'archipel de Molène en 2017.

Les analyses de CMR reposent sur l'hypothèse que tous les individus ne sont pas observés à chaque occasion de capture. Elles se basent sur des modèles dont le principe est

d'utiliser les histoires de capture pour estimer la probabilité de détection de l'individu à chaque session.

2.5.2. Calcul de l'estimation de la taille de population

Pour réaliser les estimations de la population des grands dauphins de l'archipel de Molène, nous avons privilégié des modèles adaptés aux populations considérées comme fermées à l'aide du programme CAPTURE du logiciel MARK. Une population dite « fermée » se compose d'un groupe d'individus dont le nombre reste inchangé (pas de décès, pas de naissances, d'immigration, d'émigration, etc.).

L'estimation de la taille de population est réalisée à partir de modèles nécessitant plusieurs occasions de capture pour populations fermées (Otis et *al*., 1978). Ces modèles dérivent du modèle de base, appelé modèle nul, noté M0. Plusieurs hypothèses doivent être respectées afin de les appliquer (Otis et *al.*, 1978 ; Pollock et *al.*, 1990) pour éviter une sous ou une 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 de rentrer ou de sortir de la zone. Le logiciel « CloseTest » permet de vérifier l'hypothèse de population fermée. Les tests de Stanley & Burnham et d'Otis et *al*. (1978) doivent avoir une p-value > 0.05 pour que la condition de fermeture de population soit respectée et, ainsi, permettre l'estimation de la taille de population.

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 capture ;
- L'hétérogénéité, ou les différences de comportement entre les individus notée « h » ;
- La réponse comportementale des individus à la première capture, notée « b ».

Ces variations peuvent être utilisées seules ou associées dans sept nouveaux modèles, dérivés du modèle M0, à savoir Mt, Mh, Mb, Mth, Mtb, Mbh, Mtbh. Le programme CAPTURE du logiciel MARK permet alors de tester ces différents modèles. Au final, on sélectionne le modèle ayant l'AIC (statistique utilisée pour mesurer la qualité de l'ajustement pour un modèle) le plus bas. Si la différence d'AIC entre deux modèles est inférieure à 2, ces derniers sont considérés équivalents. Suivant le principe de parcimonie, le modèle ayant le moins de paramètres à estimer est alors retenu.

Pour l'hypothèse 3, le travail de photo-identification est fait tout au long de l'année, afin de suivre l'évolution des marques de chaque individu. 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 M2 à M4 pour Molène, ce qui permet d'éviter les erreurs d'identification. En conséquence, les modèles n'estiment que l'abondance de cette partie de la population, nommée N'. Cet effectif estimé doit être corrigé pour obtenir la taille de la population totale en prenant en compte la présence d'individus lisses non identifiables. Il s'agit donc de connaître la proportion d'individus marqués M2, M3 et M4 qui ont été pris en compte dans la construction des histoires de capture sur le total de la population. L'effectif de population totale N est donc calculé en corrigeant N' par un facteur de correction θ (thêta). 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 M2, 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 est connu ont été utilisées.

La formule suivante est appliquée à chaque photographie :

θ = (Nombre d'individus de marquage M2 + M3 + M4) / (Nombre d'individus de niveau de marquage M1 + M2 + M3 + M4).

Le ratio θ et son erreur standard sont obtenus à partir d'un script réalisé sous R.

3. Résultats

3.1 Choix des sessions

D'après l'étude de Valentine ANDRÉ, les sessions les plus favorables au calcul de l'estimation de population des grands dauphins de l'archipel de Molène se situent entre les mois de mai et de septembre de chaque année. Dans le cadre de cette étude, nous n'avons eu aucune donnée pour le mois de septembre 2017. C'est pourquoi, ce travail porte sur quatre sessions pour l'année 2017, à savoir mai, juin, juillet et août.

3.2 Estimation de la taille de population

3.2.1. CloseTest

D'après la figure n°9, nous apercevons que le p-value (en rouge) du test de Stanley & Burnham et Otis et al (1978) sont tous les deux supérieurs à 0,05. On peut alors dire que l'hypothèse d'une population fermée est acceptée.

```
Data Input File= C:\Users\win7\Desktop\suivi grand
dauphin\PNMI\histoireCapture_mark.inp
N hat=  57
M_t+1=  57
Occasions=  4
CH Data Format= List-directed input - Frequency Format

Stanley & Burnham Closure Test (Low p-values suggest population
not closed):
Chi-square statistic=     4.55683
df=          3.
p-value=     0.20728

Otis et al. (1978) Closure Test (Low p-values suggest population
not closed):
z-value=    -1.37469
p-value=     0.08461
```

Figure n°9 : Affichage du CloseTest pour l'hypothèse d'une population fermée

3.2.2. MARK

Le tableau n°3 montre que les modèles ayant l'AIC le plus faible sont le Mtbh et le Mth : on constate, en effet, que moins de 2 points séparent ces modèles qui sont alors considérés comme équivalents. Toutefois, le Mth comportant moins de paramètres, c'est ce dernier modèle qui a été choisi.

Tableau n°3 : Résultats donnés par le logiciel MARK

Modèles	AIC	Nbr de paramètres
Mtbh	-171,4871	7
Mth	-171,1166	6
Mtb	-154,7569	5
Mt	-151,5015	4
Mb	-124,8103	3
Mbh	-122,043	5
M0	-90,0476	1
Mh	-87,6221	3

3.2.3. Calcul du ratio θ

Le calcul du ratio θ ne peut s'effectuer qu'à partir des individus bien marqués de la population. En conséquence, les individus M1 dont l'aileron est lisse et sans marques distinctives permettant de les identifier ont été retirés de l'échantillon. Au final, ce dernier passe de 63 à 56 individus différents identifiés. Pour l'année 2017 notre ratio θ est de 0.69 avec un intervalle de confiance de 95% = (0,64-0,74). Quant à l'estimation de la taille de population de l'archipel de Molène, elle s'élève de 82 individus avec un intervalle de confiance de 95% = (77-88).

Tableau n°4 : Estimation de la taille totale de la population pour l'archipel de Molène de 2014 à 2017 avec un indice de confiance de 95% :

Année	Estimation individu Molène
2014	80 [71 - 91]
2015	68 [61 - 77]
2016	66 [64 - 69]
2017	82 [77 - 88]

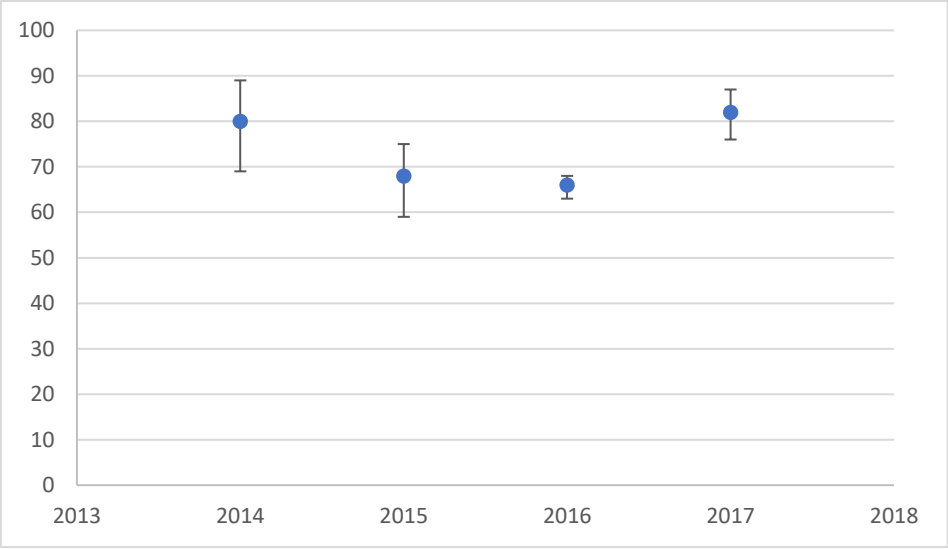


Figure n°10 : Les estimations de la population et de leurs intervalles de confiance entre 2014 et 2017

4. Discussion

L'estimation de l'effectif total de la population de l'archipel de Molène pour l'année 2017 s'élève à 82 (IC 95% : 77 – 88) individus.

Concernant l'échantillonnage de l'année 2017 plusieurs points méritent notre attention.

Premièrement, rappelons qu'il n'existe aucune donnée concernant les grands dauphins de l'archipel de Molène pour le mois de septembre 2017. Cette absence s'explique par le fait que les contributeurs habituels de la zone (le PNMI, Philippe BORDES et le GECC) n'ont pas collecté de données grands dauphins à cette époque sur Molène. Ce manque n'a pas permis de respecter les recommandations de Valentine ANDRÉ qui conseillait de travailler sur 5 sessions (de mai à septembre). Toutefois, les résultats de l'estimation de population 2017 sont faiblement impactés par l'absence de données en septembre, comme le prouve le faible intervalle de confiance.

Deuxièmement, nous constatons des inégalités dans la collecte des données par les différents contributeurs. Concernant Philippe BORDES, il existe d'importantes variations selon les années et 2017 n'a, de tout évidence, pas été une année très « riche » en données pour ce contributeur. Quant à la contribution du PNMI, elle a très légèrement augmenté par rapport

aux années précédentes. Enfin, la contribution du GECC est plus importante par rapport aux années précédentes, mais elle s'effectue sur une période très courte, soit 8 jours en 2017 seulement.

Au final, l'effectif total de la population pour l'année 2017 est légèrement supérieur aux effectifs des années 2015 et 2016 avec respectivement 68 (IC 95% : 61 – 77) et 66 (IC 95% : 64 – 69) individus. Par contre, elle est similaire à l'effectif de l'année 2014 avec 80 (IC 95% : 71 – 91) individus (tableau 4)

Cette disparité dans les estimations de la population peut s'expliquer de différentes manières. Tout d'abord, le nombre d'individus identifiés ayant un niveau de marquage M2, M3 et M4 retenu pour estimer la population via la méthode CMR est nettement différente entre les années 2015, 2016 et 2017. Pour l'année 2017, on comptabilise 55 individus différents, soit 5 de plus qu'en 2016 qui en compte 50, et 7 de plus qu'en 2015, qui en compte 48. Ensuite, au vu du nombre important de nouveaux individus ajoutés chaque année au catalogue de Molène, tout porte à penser que l'ensemble des individus de la population n'est pas encore entièrement connu. A titre de comparaison, on verse deux fois plus de nouveaux individus au catalogue de Molène chaque année qu'au catalogue de la Mer de la Manche. Le fait que toute la population de Molène ne soit pas connue pourrait expliquer les étonnantes variations des estimations de population.

A l'heure actuelle, ces différences dans les estimations de population à Molène sont difficiles à expliquer. Il conviendrait d'avoir un jeu de données sur une plus longue période pour voir si elles perdurent.

Conclusion

Pour améliorer les estimations de la population des grands dauphins de l'archipel de Molène, voici quelques recommandations :

- Augmenter le nombre de sorties dédiées à l'observation des grands dauphins.
- Effectuer des sorties tout au long de l'année avec un effort plus soutenu de mai à septembre.
- Améliorer la qualité des photographies sur le terrain.
- Proposer aux agents du PNMI une formation spécifique pour le suivi des grands dauphins.

Pour conclure, il convient d'insister sur le fait que plus les données sont nombreuses, plus les résultats sont précis et faciles à commenter.

Apport du stage

Ce stage au sein du GECC m'a permis de découvrir toutes les étapes d'un jeu de données, de sa collecte à son analyse. J'ai pu ainsi identifier les qualités et les faiblesses d'un jeu de données et travailler à obtenir les résultats les plus précis possible.

J'ai pu comprendre et réaliser des techniques statistiques (indice de confiance, calcul d'estimation de la taille d'une population) et utiliser différents logiciels.

J'ai aussi eu l'occasion de réaliser l'estimation d'une population de grands dauphins du début jusqu'à la fin.

J'ai pu en apprendre énormément sur la rédaction d'un rapport de stage, aussi bien sur le fond que sur la forme (présentation et analyse du jeu de données, discussion des résultats, etc).

Professionnellement, ce stage m'a conforté sur le choix de continuer dans la voie de la préservation de la faune sauvage.

Références bibliographiques

ANDRE V. Les grands dauphins (*Tursiops truncatus)* de la chaussée de Sein et de l'archipel de Molène : Estimation des paramètres démographiques à partir de modèles de Capture-Marquage-Recapture et recommandations pour une optimisation du protocole de suivi. » *Rapport de stage de Master 2* (2017).

BEARZI, G., D. HOLCER, and G. NOTARBARTOLO DI SCIARA. The role of historical dolphin takes and habitat degradation in shaping the present status of northern Adriatic cetaceans. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems* 14.4 (2004) : 363-379

COCKCROFT, V. G. & ROSS, G. J. B., Observations on the early development of a captive bottlenose dolphin calf. In "The bottlenose dolphin", LEATHERWOOD, S., REEVES, R. R (eds). *Academic Press, San Diego, CA,* (1989) 461-478.

ZANUTTINI C. Les contaminants chez les grands dauphins (*Tursiops truncatus*) du golfe normand-breton. Analyses et résultats obtenus à partir d'individus échoués entre 1999 et 2015. *Etude scientifique, GECC* (2016) 125p.

GALLY, F., COUET P., DE RIEDMATTEN, L. 2018. Suivi de la population des grands dauphins sédentaires en mer de la Manche. Rapport de synthèse du GECC pour l'année 2016. 30 p.

JEFFERSON, T. A., WEBBER, M. A. & PITMAN, R. L., Marine mammals of the world: a comprehensive guide to their identification. *Academic Press, London,* (2008) : 592 p.

LIRET, C. Domaine vital, Home range, habitat and resource use: Bottlenose dolphins, *Tursiops truncatu*s of l'île de Sein. *Ph.D. dissertation, University of Bretagne Occidentale, Brest, France* (2001). 155p

OTIS, D. L., et al. Statistical inference from capture data on closed animal populations. *Wildlife monographs* (1978).

PNMI. Orientation de gestion [en ligne]. (2012). http://www.parc-marin-iroise.fr/Le-Parc/Objectifs/Orientations-de-gestion

POLLOCK, K. H., NICHOLS, J. D., BROWNIE, C. & HINES, J. E., Statistical inference for capture-recapture experiments. Wildlife Monography, 107 (1990): 1-97.

REEVES, R. R., STEWART, B. S., CLAPHAM, P. J. & POWELL, J. A. Guide to Marine Mammals of the World. *National Audobon Society* / Alfred A. Knopf, Inc., New York, (2002): 528p.

REYNOLDS, III, J., WELLS, R. & EIDE, S. The Bottlenose Dolphin. University Press of Florida, Gainesville, (2000), 328p.

REYNOLDS, III, J. & R. WELLS, R. Dolphin, Whales, and Manatees of Florida. *University Press of Florida*, Gainesville, (2003), 18p

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

STANLEY, T. R., & K. P. BURNHAM. A closure test for time-specific capture-recapture data. Environmental and Ecological Statistics 6.2 (1999): 197-209.

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

TOLLEY, K. A., READ, A. J., WELLS, R. S., URIAN, K. W., SCOTT, M. D., IRVINE, A. B. & HOHN, A. A. Sexual dimorphism in wild bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*) from Sarasota, Florida. Journal of Mammalogy 76, (1995): 1190-1198.

URIAN, K. W., DUFFIELD, D. A., READ, A. J., WELLS, R. S. & SHELL, E. D. Seasonality of reproduction in bottlenose dolphins, *Tursiops truncatus*. Journal of Mammalogy, 77 (2), 1996: 394-403.

WELLS, R. S. & SCOTT, M. D. Estimating bottlenose dolphin population parameters from individual identification and capture-release techniques. Science, 4(2), (1990): 154-162.

WHITE. G. C.& K. P. BURNHAM. Program MARK: survival estimation from populations of marked animals. *Bird study* 46.sup1 (1999): S120-S139

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

WÜRSIG, B. & JEFFERSON T. A. 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). Report of the International Whaling Commission, Special Issue,12, (1990): 43–52.

Résumé

Les mammifères marins sont des espèces « sentinelles », bio-indicatrices de l'état de santé des écosystèmes marins. Ils sont aujourd'hui menacés par les impacts des changements environnementaux et anthropiques. Afin de mettre en place des mesures de gestion-conservation adaptées, il est nécessaire d'augmenter nos connaissances pour suivre sur le long terme ces populations. Cette étude porte sur l'estimation de population des grands dauphins (*Tursiops truncatus*) de l'archipel de Molène présents dans le Parc Naturel Marin d'Iroise (PNMI) pour l'année 2017. Elle présente les méthodologies nécessaires pour réaliser une estimation de la taille de population des grands dauphins, c'est-à-dire la photo-identification et les modèles de Capture-Marquage-Recapture (CMR). L'estimation de la taille de population de grands dauphins de l'archipel de Molène pour l'année 2017 est de 82 individus avec un intervalle de confiance de 95% = (77-88). Le facteur de correction θ est de 0,69 avec un intervalle de confiance de 95% = (0,64-0,74). Les principales recommandations concernent le travail de terrain, à savoir une augmentation des sorties en mer et l'amélioration de la quantité et de la qualité des photographies pour faciliter l'identification des individus.