*Partenariat scientifique*

# PROGRAMME DE RECHERCHE 2014/2016

# Eléments de structure et dynamique des populations de Cachalot et Globicéphale noir fréquentant le bassin de Méditerranée nord-occidentale

*– RAPPORT FINAL –*
*OCTOBRE 2016*

Rédigé par
Céline TARDY, Nathalie DI-MEGLIO, Marine ROUL, Léa DAVID, Denis ODY, Théa JACOB, Olivier GIMENEZ et Hélène LABACH

# Convention de partenariat
# N° 14-038

**entre :**

## Le Parc national de Port-Cros
## (Animateur de Pelagos France)

**Castel Sainte Claire**
**allée du Castel Sainte Claire**
**BP 70 220**
**83406 Hyères cedex**

**représenté par son Directeur,**

**Et :**

## Le Groupement d'Intérêt Scientifique pour les mammifères marins en Méditerranée et leur environnement (GIS 3M)

**Le kalliste, Bât. B4**
**1 avenue Clément Monnier**
**13960 Sausset-les-pins**

**représenté par son Président,**

Les Partenaires de cette étude au sein du GIS3M

| | |
|---|---|
| Coordinateur : **Hélène Labach** – GIS3M<br>**Céline Tardy** – GIS3M<br>Pour l'analyse de la photo-identification et des abondances relatives | |
| **Denis Ody et Théa Jacob** – WWF-France<br>Pour les données d'effort, d'observations, de photo-identification et les résultats issus des biopsies | |
| **Nathalie Di-Méglio, Léa David et Marine Roul** – EcoOcéan Institut<br>Pour les données d'effort, d'observations, de photo-identification et les analyses et discussions sur les structure et composition de groupe et les cartographies | |
| **Olivier Gimenez** – CEFE<br>Pour les analyses sur les abondances relatives | |

# Résumé


1. Le présent rapport s'inscrit dans le cadre du programme de recherche PELAGOS 2014-2016, il est porté et coordonné par le GIS3M (Groupement d'Intérêt Scientifique pour les Mammifères Marins en Méditerranée et leur environnement), qui a pour principal objectif l'étude de la structure et de la dynamique des populations de Cachalot (*Physeter macrocephalus*) et Globicéphale noir (*Globicephala melas*) fréquentant le bassin Méditerranéen nord-occidental.
2. Le WWF, partenaire scientifique du projet, était en charge de la réalisation de campagnes d'observations afin de collecter des données de photo-identifications ainsi que des biopsies. Ces données ont été compilées avec les données existantes du WWF ainsi qu'avec les données EcoOcéan Institut.
3. Après regroupement des données, 216 observations de Cachalots ont eu lieu et 79 observations de Globicéphales noirs. Ces données sont utilisées pour les analyses spatio-temporelles des groupes.
4. Pour les analyses liées à la photo-identification, un secteur d'étude a été défini. Suite à une notation des photos, 67 Cachalots et 165 Globicéphales noirs différents ont été identifiés dans ce secteur. Seuls 11 Cachalots et 13 Globicéphales noirs ont été observés plusieurs fois au cours de la période d'étude (2006-2014).
5. Pour les Globicéphales noirs, l'analyse de Capture-Recapture basées sur le modèle de Cormack-Jolly-Seber (CJS) pour population ouverte a estimé une abondance moyenne de 552 individus (95% : 313-886) pour la population totale entre 2006 et 2014. 92% des individus n'ont été photographiés qu'une seule fois au cours de l'étude, ce qui suggère qu'un grand nombre d'individus ne fréquente ce secteur que de manière transitoire et/ou que la couverture spatio-temporelle du secteur d'étude n'était pas suffisante.
6. Pour la structure des groupes : les groupes de Globicéphales noirs n'ont été observés qu'en été et en automne (de juin à octobre) dans notre zone d'étude, bien qu'un effort de prospection ait été fait quasiment tout au long de l'année. Les groupes de Globicéphales noirs comprennent en moyenne 19,5 individus (écart-type = 21) avec des rassemblements pouvant atteindre 100 individus. La distribution saisonnière des groupes de Globicéphales noirs montre en été la présence de petits groupes (≤ à 10 individus) dans tous les secteurs pélagiques prospectés. A l'opposé, les grands groupes se concentrent essentiellement dans une bande d'environ 45 MN de large, s'étirant du talus du Golfe du Lion à la mer Ligure. Ces grands groupes sont assimilés à des rassemblements pour des raisons de reproduction et mise-bas. En effet, nous avons pu mettre en évidence que la taille de groupe de Globicéphales noirs est significativement corrélée au nombre de jeunes et de nouveau-nés et que plus les groupes sont importants et plus on observe un nombre important de jeunes et de nouveau-nés.
7. Concernant la composition des groupes, entre 1992 et 2015 on note qu'en moyenne les nouveau-nés représentent 3,8% des individus, les jeunes 11,1% et les adultes et subadultes 85,1%. Quasiment chaque année prospectée, des nouveau-nés et des jeunes ont été observés dans les groupes. En étudiant par décennie ce paramètre, on constate que si la part des jeunes dans les groupes de Globicéphales noirs est très similaire au cours des deux décennies (11% des individus (1992-2002) et 11,2% des individus (2005-2015)), la proportion de nouveau-nés, quant à elle, a légèrement augmenté (respectivement 3,1% et 4,2% des individus) dans notre zone d'étude. Cette tendance est confirmée par ailleurs par une augmentation du taux de reproduction de ces animaux entre ces deux décennies (respectivement 3,05 % et 4,22 % pour une moyenne de 3,78 %).

8. La distribution des groupes comportant des nouveau-nés montre un secteur préférentiel dans une bande d'environ 25 MN de large allant du large du Golfe du Lion (au sud de la Camargue) au large de Cannes, où les densités maximales de nouveau-nés ont été observés sur l'ensemble de la période d'étude.

9. Le fait que les grands groupes reproducteurs et ceux avec des nouveau-nés se localisent préférentiellement quasiment chaque année dans le même secteur, qui est plus restreint que la distribution globale de l'espèce, prouve que ce secteur en Méditerranée nord-occidentale est important pour une des phases vitales de cette espèce : la reproduction et la mise-bas. Ce secteur de prédilection pour la reproduction des Globicéphales noirs semble cependant avoir évolué au cours du temps comme le montre les variations de la distribution des nouveau-nés.

10. Pour les Cachalots, l'analyse de Capture-Recapture basées sur le modèle de Cormack-Jolly-Seber (CJS) pour population ouverte a estimé une abondance moyenne de 111 individus (95% : 30-213) pour la population totale entre 2006 et 2014. 86% des individus n'ont été photographiés qu'une seule fois au cours de l'étude, ce qui suggère qu'un grand nombre d'individus ne fréquente ce secteur que de manière transitoire et/ou que la couverture spatio-temporelle du secteur d'étude n'était pas suffisante.

11. Au cours de cette étude, 24 biopsies de Cachalots ont été analysées afin de connaitre le statut reproducteur des individus. 83% des individus biopsiés sont des mâles et 60% d'entre eux sont inactifs. En ce qui concerne les femelles biopsiées (4 individus soit 17%), 3 femelles étaient cyclées et une était gestante.

12. La présence de femelle Cachalot a été avérée au printemps et en été, avec des densités plus élevées très au large (120MN au sud de Toulon). Les mâles sont plus nombreux et répartis dans l'ensemble de la zone d'étude à toutes les saisons.

13. La présence de femelles avérée, de nouveau-nés, et de grands groupes (correspondant à des unités sociales) est un phénomène récent, visible sur la décennie 2005-2015 et rarement avant (1992-2002).

14. La taille des groupes est corrélée avec la présence de nouveau-nés et de jeunes, prouvant ainsi la présence d'unités sociales en Méditerranée nord-occidentale, essentiellement en été et en automne. Ces grands groupes sociaux comptent en moyenne 6,56 individus (écart-type = 4,42) dont 24,3% de petits (nouveau-nés et jeunes). Le taux de reproduction est de 1,79% la seconde décennie contre 0 pour la première décennie.

15. Les individus isolés ou en petits groupes (assimilés à des mâles) se distribuent sur l'ensemble des habitats, du talus au large, du continent à la Corse. En ce qui concerne les grands groupes, les nouveau-nés et les jeunes, leur distribution est plus restreinte dans l'espace et le temps : ils sont observés essentiellement dans un secteur compris entre le Golfe du Lion (Sud de la Camargue) et Nice principalement au-delà des fonds de 2000m, et pour une part moindre, sur le talus inférieur. Le centre de la Méditerranée nord-occidentale est particulièrement riche en grands groupes et plus spécialement dans un secteur allant du talus à 120MN au large. En Corse c'est uniquement à l'Est qu'un grand groupe a été rencontré.

16. La présence sur un même secteur de toutes les classes d'âge et de sexe correspond à ce qu'on connait aujourd'hui des secteurs de reproduction méditerranéens avérés pour le Cachalot (la fosse Hellénique, les Baléares et la Baie de Naples).

# Sommaire

**Résumé** ..... **i**
**Sommaire** ..... **iii**
**Liste des figures** ..... **vi**
**Liste des tableaux** ..... **vii**
**Liste des cartes** ..... **viii**
**1 Contexte** ..... **1**
1.1 Le Globicéphale noir ..... 1
1.2 Le Cachalot ..... 2
1.3 Objectif de l'étude ..... 3
**2 Matériels et méthodes** ..... **4**
2.1 Collecte de données ..... 4
2.1.1 Campagnes en mer ..... 4
2.1.1.1 Données collectées dans le cadre de cette étude ..... 4
2.1.1.2 Données antérieures ..... 4
2.1.2 Méthode de collecte des données ..... 5
2.1.2.1 Effort de prospection ..... 5
2.1.2.2 Observations ..... 5
2.1.2.3 Photo-identifications ..... 5
2.1.2.4 Biopsies ..... 5
2.1.3 Effort de prospection ..... 6
2.1.4 Observations ..... 12
2.1.4.1 Globicéphale noir ..... 12
2.1.4.2 Cachalot ..... 13
2.1.5 Photo-identification ..... 15
2.1.6 Biopsies ..... 15
2.2 Traitement des données ..... 15
2.2.1 Photo-identification ..... 15
2.2.1.1 Catalogue de photo-identification ..... 15
2.2.1.2 Comparaison des photos ..... 15
2.2.1.3 Notation des photos : Cachalot et Globicéphale noir ..... 15
2.2.1.4 Définition d'une zone d'étude : Cachalot et Globicéphale noir ..... 16
2.2.2 Sexage du Cachalot ..... 16
2.2.2.1 Extraction d'ADN ..... 16
2.2.2.2 Identification du sexe ..... 17
2.2.3 Dosages hormonaux du Cachalot ..... 17
2.2.3.1 Extraction des stéroïdes ..... 17
2.2.3.2 Dosage des stéroïdes par immunodosage ..... 18

2.3 Analyses des données ..... 18
2.3.1 Abondance de la population ..... 18
2.3.1.1 Préparation des données ..... 18
2.3.1.2 Modèle de Cormack-Jolly-Seber ..... 19
2.3.1.3 Hypothèses du modèle CJS ..... 19
2.3.1.4 Construction des modèles ..... 19
2.3.1.5 Procédures de sélection d'un modèle ..... 20
2.3.1.6 Test d'ajustement des modèles ..... 20
2.3.1.7 Abondance totale ..... 20
2.3.2 Structure sociale ..... 20
2.3.2.1 Préparation des données ..... 21
2.3.2.2 Index d'association ..... 21
2.3.3 Distribution spatio-temporelle ..... 21
2.3.3.1 Carte de distribution ..... 21
2.3.3.2 Traitement géostatistique ..... 21
2.3.4 Evolution de la composition des groupes, des classes d'âge ..... 21
2.3.4.1 Régression linéaire ..... 22
2.3.4.2 Taux de reproduction ..... 22
**3 Résultats ..... 23**
3.1 Le Globicéphale noir ..... 23
3.1.1 Photo-Identification et dénombrement des Globicéphales rencontrés ..... 23
3.1.2 Estimation de l'abondance de la population ..... 24
3.1.2.1 Estimation de la survie des adultes ..... 24
3.1.2.2 Probabilités de détection des adultes ..... 24
3.1.2.3 Estimation de l'effectif des adultes ..... 25
3.1.2.4 Estimation de l'effectif total ..... 25
3.1.3 Structure de la population) ..... 26
3.1.4 Analyse spatio-temporelle de la structure de la population ..... 26
3.1.4.1 Etude de la taille des groupes ..... 26
3.1.4.1.1 Evolution annuelle ..... 26
3.1.4.1.2 Evolution saisonnière ..... 30
3.1.4.1.3 Evolution mensuelle ..... 32
3.1.4.2 Composition des groupes ..... 34
3.1.4.2.1 Evolution temporelle ..... 34
3.1.4.2.2 Evolution spatiale ..... 36
3.1.4.3 Relation entre la taille et la composition des groupes ..... 40
3.1.4.4 Taux de reproduction ..... 41
3.2 Le Cachalot ..... 42
3.2.1 Photo-identification et dénombrement des Cachalots rencontrés ..... 42

3.2.2 Abondance de la population ..... 44
3.2.2.1 Estimation de la survie des adultes ..... 44
3.2.2.2 Probabilité de détection des adultes ..... 44
3.2.2.3 Estimation de l'effectif des adultes ..... 45
3.2.2.4 Estimation de l'effectif total ..... 45
3.2.3 Structure sociale du Cachalot ..... 45
3.2.4 Statut reproducteur des individus ..... 45
3.2.5 Analyse spatio-temporelle de la structure de la population de Cachalot ..... 48
3.2.5.1 Sexe-ratio ..... 48
3.2.5.1.1 Evolution temporelle du sex-ratio ..... 48
3.2.5.1.2 Distribution spatiale du sexe-ratio ..... 49
3.2.5.2 Etude de la taille des groupes ..... 51
3.2.5.2.1 Evolution annuelle ..... 51
3.2.5.2.2 Evolution saisonnière ..... 56
3.2.5.2.3 Evolution mensuelle ..... 57
3.2.5.3 Composition des groupes ..... 60
3.2.5.3.1 Evolution temporelle ..... 60
3.2.5.3.2 Evolution spatiale ..... 61
3.2.5.4 Relation entre la taille et la composition des groupes ..... 66
3.2.5.5 Taux de reproduction ..... 67
**4 Discussion ..... 68**
4.1 Le Globicéphale noir ..... 68
4.1.1 Photo-identification ..... 68
4.1.2 Abondance de la population ..... 68
4.1.3 Distribution spatio-temporelle, composition et structure des groupes ..... 69
4.2 Le Cachalot ..... 72
4.2.1 Photo-identification ..... 72
4.2.2 Abondance de la population ..... 72
4.2.3 Statut reproducteur ..... 73
4.2.4 Distribution spatio temporelle, composition et structure des groupes ..... 73
**5 Conclusion ..... 77**
**6 Bibliographie ..... 78**

# Liste des figures

Figure 1 : Electrophorèse sur séquenceur automatique Li-Cor®.. ..... 17
Figure 2 : Processus d'origine du modèle de Cormack-Jolly-Seber. ..... 19
Figure 3 : Nombre de Globicéphales noirs capturés entre 2006 et 2014 dans le secteur d'étude en fonction du nombre de captures par individu. ..... 23
Figure 4 : Nombre cumulé de nouveaux Globicéphales noirs photo-identifiés chaque année de prospection entre 2006 et 2014 dans le secteur d'étude. ..... 24
Figure 5 : Effectifs des Globicéphales noirs estimés sur la période de 2007 à 2014 (± Intervalle de Confiance à 95%). ..... 25
Figure 6 : Diagramme en boîte représentant la variation des tailles de groupes de Globicéphale noir par année, entre 1992 et 2015 en Méditerranée nord-occidentale. ..... 27
Figure 7 : Diagramme en boîte représentant la variation des tailles de groupes de Globicéphale noir par saison, entre 1992 et 2015 en Méditerranée nord-occidentale. ..... 30
Figure 8 : Diagramme en boîte représentant la variation des tailles de groupes de Globicéphale noir par mois, entre 1992 et 2015 en Méditerranée nord-occidentale. ..... 32
Figure 9 : Composition annuelle des groupes de Globicéphale noir entre 1992-2015 en Méditerranée nord-occidentale. ..... 34
Figure 10 : Composition saisonnière des groupes de Globicéphale noir entre 1992-2015 en Méditerranée nord-occidentale.. ..... 34
Figure 11 : Composition mensuelle des groupes de Globicéphale noir entre 1992-2015 en Méditerranée nord-occidentale.. ..... 35
Figure 12 : Composition des groupes de Globicéphale noir durant 2 décennies entre 1992-2015 en Méditerranée nord-occidentale. ..... 35
Figure 13 : Relation entre la taille de groupe des Globicéphale noir et le nombre de nouveau-nés dans le groupe entre 1992 et 2015 en Méditerranée nord-occidentale. ..... 40
Figure 14 : Relation entre la taille de groupe des Globicéphale noir et le nombre de jeunes dans le groupe entre 1992 et 2015 en Méditerranée nord-occidentale. ..... 41
Figure 15 : Nombre de Cachalots capturés entre 2006 et 2014 dans le secteur d'étude en fonction du nombre de captures par individu. ..... 43
Figure 16 : Nombre cumulé de nouveaux Cachalots photo-identifiés chaque année de prospection entre 2006 et 2014 dans le secteur d'étude. ..... 43
Figure 17 : Estimation des effectifs de Cachalots calculés sur la période de 2007 à 2014. ..... 45
Figure 18 : Nombre d'individus Cachalots en fonction du statut reproducteur entre 2012 et 2013. ..... 47
Figure 19 : Composition annuelle du sex-ratio de Cachalot entre 2010 et 2014 en Méditerranée nord-occidentale. ..... 48
Figure 20 : Composition saisonnière du sexe-ratio de Cachalot entre 2010 et 2014 en Méditerranée nord-occidentale. ..... 48
Figure 21 : Composition mensuelle du sexe-ratio de Cachalot entre 2010 et 2014 en Méditerranée nord-occidentale. ..... 49
Figure 22 : Variation des tailles de groupes de Cachalot par année, entre 1992 et 2015 en Méditerranée nord-occidentale. ..... 52
Figure 23 : Variation des tailles de groupes de Cachalot par saison, entre 1992 et 2015 en Méditerranée nord-occidentale.. ..... 56
Figure 24 : Variation des tailles de groupes de Cachalot par mois, entre 1992 et 2015 en Méditerranée nord-occidentale.. ..... 58
Figure 25 : Composition annuelle des groupes de Cachalot entre 1992-2015 en Méditerranée nord-occidentale.. ..... 60
Figure 26 : Composition saisonnière des groupes de Cachalot entre 1992-2015 en Méditerranée nord-occidentale.. ..... 60
Figure 27 : Composition mensuelle des groupes de Cachalot entre 1992-2015 en Méditerranée nord-occidentale.. ..... 61
Figure 28 : Relation entre la taille de groupe de Cachalot et le nombre de jeunes dans le groupe entre 1992 et 2015 en Méditerranée nord-occidentale.. ..... 66

# Liste des tableaux

Tableau 1 : Répartition mensuelle de l'effort de prospection réalisé entre 1992 et 2015 en Méditerranée nord-occidentale ..... 10
Tableau 2 : Répartition saisonnière de l'effort de prospection réalisé entre 1992 et 2015 en Méditerranée nord-occidentale ..... 10
Tableau 3 : Nombre d'observations et d'individus estimé par année de Globicéphale noir entre 1992 et 2015 ..... 12
Tableau 4 : Nombre d'observations et d'individus estimé par année de Cachalot entre 1992 et 2015 ..... 14
Tableau 5 : Nombre de biopsie de Cachalot prélevée par année entre 2010 et 2014. ..... 15
Tableau 6 : Caractéristiques des analyses de photo-identification des Globicéphales noirs dans le secteur d'étude ..... 23
Tableau 7 : Résultats de l'AIC pour les 4 modèles testés. ..... 24
Tableau 8 : Probabilité de détection des Globicéphales noirs dans le secteur d'étude estimée à chaque occasion de capture et leur erreur standard ..... 25
Tableau 9 : Estimation des effectifs et intervalles de confiance par année du Globicéphale noir. ..... 25
Tableau 10 : Taille moyenne annuelle des groupes de Globicéphale noir observés entre 1992 et 2015 ..... 27
Tableau 11 : Taille moyenne saisonnière des groupes de Globicéphale noir entre 1992 et 2015 ..... 30
Tableau 12 : Taille moyenne mensuelle des groupes de Globicéphale noir entre 1992 et 2015 ..... 32
Tableau 13 : Taille moyenne des groupes de Globicéphales noirs en fonctions de la présence de nouveau-nés ou de jeunes ..... 41
Tableau 14 : Taux de reproduction du Globicéphale noir entre 1992 et 2015 ..... 41
Tableau 15 : Caractéristiques des analyses de photo-identification des Cachalots dans le secteur d'étude ..... 42
Tableau 16 : Date d'observations des individus Cachalots capturés au moins 3 fois. ..... 44
Tableau 17 : Résultats de l'AIC pour les 4 modèles testés. ..... 44
Tableau 18 : Estimation des effectifs et intervalles de confiance par année du Cachalot. ..... 45
Tableau 19 : Sexe et statut hormonal des Cachalots biopsiés entre 2012 et 2013 ..... 47
Tableau 20 : Taille moyenne des groupes par années de Cachalot entre 1992 et 2015 ..... 52
Tableau 21 : Taille moyenne des groupes par saisons de Cachalot entre 1992 et 2015 ..... 56
Tableau 22 : Taille moyenne des groupes par mois de Cachalot entre 1992 et 2015 ..... 57
Tableau 23 : Taille moyenne des groupes en fonction de la présence de nouveau-nés ou de jeunes ..... 66
Tableau 24 : Taux de reproduction du Cachalot entre 1992 et 2015 ..... 67

# Liste des cartes

Carte 1 : Routes réalisées en effort de prospection entre 1992 et 2014 en Méditerranée nord-occidentale ..... 6
Carte 2 : Répartition de l'effort de prospection entre 1992 et 1998 en Méditerranée nord-occidentale ..... 7
Carte 3 : Répartition de l'effort de prospection entre 1999 et 2007 en Méditerranée nord-occidentale ..... 8
Carte 4 : Répartition de l'effort de prospection entre 2008 et 2015 en Méditerranée nord-occidentale ..... 9
Carte 5 : Répartition de l'effort de prospection mensuel entre 1992 et 2015 en Méditerranée nord-occidentale .....11
Carte 6 : Répartition de l'effort de prospection saisonnier entre 1992 et 2015 en Méditerranée nord-occidentale.....11
Carte 7 : Distribution des observations en effort et hors effort de Globicéphale noir en fonction du fournisseur entre 1992 et 2015 en Méditerranée nord-occidentale..... 13
Carte 8 : Distribution des observations en effort et hors effort de Cachalot en fonction du fournisseur entre 1992 et 2015 en Méditerranée nord-occidentale ..... 14
Carte 9 : Taille des groupes de Globicéphale noir entre 1992 et 2015 ..... 26
Carte 10 : Taille de groupe de Globicéphale noir par année entre 1994 et 2007 en Méditerranée nord-occidentale..... 28
Carte 11 : Taille de groupe de Globicéphale noir par année entre 2008 et 2015 en Méditerranée nord-occidentale..... 29
Carte 12 : Taille de groupe de Globicéphale noir par saison entre 1992 et 2015 en Méditerranée nord-occidentale..... 31
Carte 13 : Taille de groupe de Globicéphale noir par mois entre 1992 et 2015 en Méditerranée nord-occidentale..... 33
Carte 14 : Densité de nouveau-nés de Globicéphale noir entre 1992 et 2015 en Méditerranée nord-occidentale..... 36
Carte 15 : Densité de jeunes de Globicéphale noir entre 1992 et 2015 en Méditerranée nord-occidentale .... 37
Carte 16 : Evolution de la densité de nouveau-nés de Globicéphale noir entre deux décennies: 1992-2002 et 2005-2015 en Méditerranée nord-occidentale..... 38
Carte 17 : Evolution de la densité de jeunes de Globicéphale noir entre deux décennies: 1992-2002 et 2005-2015 en Méditerranée nord-occidentale: ..... 39
Carte 18 : Distribution spatiale des recaptures de Cachalots photo-identifiés entre 2010 et 2014 dans le secteur d'étude..... 44
Carte 19 : Observation des individus de Cachalots biopsiés entre 2010 et 2014 ..... 46
Carte 20 : Densité de femelles de Cachalot entre 2010 et 2014 en Méditerranée nord-occidentale ..... 50
Carte 21 : Densité de mâles de Cachalot entre 2010 et 2014 en Méditerranée nord-occidentale..... 50
Carte 22 : Distribution des groupes de Cachalot entre 1992 et 2015 en Méditerranée nord-occidentale..... 51
Carte 23 : Taille de groupe de Cachalot par année entre 1994 et 2001 en Méditerranée nord-occidentale..... 53
Carte 24 : Taille de groupe de Cachalot par année entre 2005 et 2010 en Méditerranée nord-occidentale..... 54
Carte 25 : Taille de groupe de Cachalot par année entre 2011 et 2015 en Méditerranée nord-occidentale..... 55
Carte 26 : Taille de groupe de Cachalot par saison entre 1992 et 2015 en Méditerranée nord-occidentale .... 57
Carte 27 : Taille de groupe de Cachalot par mois entre 1992 et 2015 en Méditerranée nord-occidentale ..... 59
Carte 28 : Densité de nouveau-nés de Cachalot entre 1992 et 2015 en Méditerranée nord-occidentale..... 62
Carte 29 : Densité de jeunes de Cachalot entre 1992 et 2015 en Méditerranée nord-occidentale..... 62
Carte 30 : Evolution de la densité de nouveau-nés de Cachalot entre deux décennies: 1992-2002 et 2005-2015 en Méditerranée nord-occidentale ..... 64
Carte 31 : Evolution de la densité de jeunes de Cachalot entre deux décennies: 1992-2002 et 2005-2015 en Méditerranée nord-occidentale..... 65

# 1 Contexte

Dix-huit espèces de cétacés sont présentes, au moins occasionnellement, en Méditerranée nord-occidentale et huit d'entre elles sont considérées comme communes notamment dans les eaux du Sanctuaire Pelagos (Notarbartolo-Di-Sciara *et al.*, 2008) : le Rorqual commun (*Balaenoptera physalus*), le Cachalot commun (*Physeter macrocephalus*), la Baleine à bec de cuvier (*Ziphius cavirostris*), le Globicéphale noir (*Globicephala melas*), le Dauphin de Risso (*Grampus griseus*), le Grand dauphin (*Tursiops truncatus*), le Dauphin bleu et blanc (*Stenella coeruleoalba*) et le Dauphin commun (*Delphinus delphis*).

Le Sanctuaire Pelagos constitue une zone de gestion tripartite entre l'Italie, Monaco et la France pour la protection des mammifères marins qui le fréquentent. De nombreuses études ont lieu dans ce Sanctuaire car il présente une biodiversité remarquable, notamment en ce qui concerne le nombre de prédateurs en haut de la chaîne trophique comme les mammifères marins. Toutefois, cette diversité faunistique coexiste avec une pression humaine omniprésente. Cette coexistence menace fortement les populations de cétacés, notamment les espèces qui sont considérées comme en « en danger » tel que le Cachalot ou les espèces « data deficient » tel que le Globicéphale noir.

## 1.1 Le Globicéphale noir

Le Globicéphale noir appartient aux huit espèces communes des eaux du Sanctuaire Pelagos, mais sa présence est cependant considérée comme faible (Gannier, 2005a). En Méditerranée, il fréquente essentiellement le bassin occidental, et particulièrement la zone du Sanctuaire en période estivale (Gannier, 2006; Laran, 2005; Praca & Gannier, 2008). Dans le bassin occidental, la taille des groupes varie de 10 à 50 individus (Canadas & Sagarminaga, 2000; Gannier, 2005a; Greco, 2011; Laran *et al.*, 2010). Selon Canadas et Sagarminaga (2000), la taille des groupes varie en fonction de la saison, notamment en Mer d'Alboran, les groupes sont plus petits au printemps (d'avril à juin) qu'en été (juillet à septembre). Les groupes sont multi-générationnels et sont constitués le plus souvent des jeunes avec les mères (Ottensmeyer and Whitehead, 2003), comme le suggère des individus biopsiés dans un même groupe dans la région du détroit de Gibraltar qui partage le même haplotype (Verborgh, 2015). Toutefois, les données sur la structure sociale de cette espèce sont peu nombreuses.

D'un point de vu génétique, il existe deux populations de Globicéphale noir en Méditerranée qui sont différentes des populations Atlantique (Verborgh, 2015; Verborgh *et al.*, 2010), une population dans la région du Détroit de Gibraltar et une autre population qui correspond au reste du bassin Méditerranéen occidental.

Dans le bassin Méditerranéen nord-occidental, les Globicéphales noirs sont trouvés dans des profondeurs supérieures à 2 000 m et ils sont rarement associés avec le plateau continental (Azzellino *et al.*, 2008; Laran *et al.*, 2012). De plus, la préférence du Globicéphale noir pour les eaux tempérées et tropicales pourrait expliquer sa présence principalement estivale (Gannier, 2005a; Laran, 2005) qui suggère une migration temporaire en dehors de cette zone durant les autres saisons (Laran *et al.*, 2010).

Bien que des estimations de la taille des populations de Globicéphale noir existent dans le monde, elles sont insuffisantes. Dans le nord de l'océan Atlantique, la population est estimée à 800 000 individus (Buckland *et al.*, 1991; Waring *et al.*, 2007), mais aucune estimation fiable

n'existe pour la mer Méditerranée. Dans le bassin Méditerranéen nord-occidental, 391 individus (IC 95% : 270-565) en été et 369 individus (IC 95% : 128-1108) en hiver ont été estimés via des suivis aériens en 2012 (Pettex *et al.*, 2012). Mais ces estimations doivent être prises avec précautions car elles sont basées sur très peu de signalements. Une taille minimum de 184 individus a été estimée par photo-identification dans le mer Ligure entre 1991 et 2010 (Greco, 2011), ce qui confirme la faible abondance de cette espèce dans la zone.

## 1.2 Le Cachalot

Le Cachalot est présent dans tous les océans du monde et il fait partie des espèces fortement concernées par les interactions avec le trafic maritime. Il est considéré comme une espèce « en danger » selon l'IUCN. Il est le plus grand des odontocètes et atteint une quinzaine de mètres pour les mâles observés en Méditerranée (Drouot *et al*., 2004a). Dans la zone nord-occidentale du bassin Méditerranéen, les groupes de Cachalot sont relativement petits avec une moyenne de 1.3 à 2.6 (Drouot *et al.*, 2004a; Laran & Gannier, 2008).

Les études génétiques via l'ADN mitochondrial montrent qu'il y a une divergence significative entre les populations de Méditerranée et d'Atlantique (Drouot *et al.*, 2004b). Les connaissances sur le comportement des femelles, ainsi que l'observation de nouveau-nés dans le Sanctuaire Pelagos (Laran & Gannier, 2006; Moulins & Würtz, 2005) suggèrent que les femelles restent dans le bassin pour mettre bas. En ce qui concerne les mâles, leurs déplacements restent mal connus.

Dans le bassin Méditerranéen nord-occidental, le Cachalot est présent tout au long de l'année avec un pic en automne (Laran & Gannier, 2006). Cette zone constitue une zone de nourrissage importante pour l'espèce où elle va occuper préférentiellement les zones du talus et du large. En mer Ligure, sa distribution est étalée (Gordon *et al.*, 2000) sur des fonds de 100 à 2800m, ce qui est vraisemblablement lié à son alimentation (Gannier *et al.*, 2002). En été, les individus sont moins présents près des côtes françaises et sont plus concentrés autour des iles Baléares (Gannier, 1999; Gannier *et al.*, 2002). Cette distribution est liée à la production primaire qui est modérée en été en Méditerranée nord-occidentale par rapport au reste du bassin occidental (Gannier *et al.*, 2002; Jaquet *et al.*, 1995; Jaquet & Whitehead, 1996).

En Méditerranée, le régime alimentaire du Cachalot est composé essentiellement de céphalopodes (Astruc, 2005). En phase de prédation, le Cachalot effectue des plongées d'environ 45 minutes, puis remonte à la surface une dizaine de minutes (Drouot *et al.*, 2004b). Au cours de ces plongées, il émet un signal acoustique régulier et quasiment continu, attribué à l'écholocalisation (Whitehead, 2004) mais il reste silencieux lorsqu'il est en surface. Ne passant que 15% de son temps en surface, l'abondance de la population est difficile à déterminer.

La population mondiale actuelle de Cachalot est estimée à 360 000. Cependant, cette estimation est incertaine puisqu'elle a été obtenue par extrapolation. En ce qui concerne plus particulièrement le bassin Méditerranéen, la population est estimée à quelques centaines d'individus (Whitehead, 2002).

Au vu de l'intensification de la navigation, le nombre de collisions avec les Cachalots risque d'augmenter impactant ainsi sa conservation puisque le plus souvent les conséquences sont fatals pour les animaux (Rendell & Frantzis, 2016). Pour cela, il est nécessaire d'améliorer les connaissances sur l'espèce.

## 1.3 Objectif de l'étude

Ce projet a pour objectif d'améliorer les connaissances sur les populations de Cachalot et Globicéphale noir fréquentant le bassin de Méditerranée nord-occidentale. Pour la première fois les données de photo-identifications de Cachalots et Globicéphales noirs collectées par les partenaires de l'étude depuis 1992 seront compilées et analysées.

Ces analyses vont consister à étudier la structure des groupes de Globicéphales noirs observés en Méditerranée nord-occidentale ainsi qu'étudier la dynamique de la population de Cachalots fréquentant cette zone.

Le regroupement de 20 années de données d'observation sur le terrain ainsi que des données de reconnaissance individuelle (photo-ID et génétique) apporteront une vision individuelle et globale de la fréquentation de la zone, ce qui est primordial en termes de conservation pour pouvoir protéger les espèces.

Les analyses d'abondance et de structure prévues permettront d'apporter des éléments démographiques sur les populations de ces deux espèces : sex-ratio, statut reproducteur, observation de jeunes ou nouveau-nés seront analysés à ces fins.

# 2 Matériels et méthodes

## 2.1 Collecte de données

### 2.1.1 *Campagnes en mer*

Des données collectées de juin à septembre 2014 par le WWF lors des missions organisées dans le cadre de cette étude ont été ajoutées à des jeux de données antérieures collectées par le WWF et EcoOcéan Institut (ou EOI) et compilés pour cette étude.

#### 2.1.1.1 *Données collectées dans le cadre de cette étude*

Au cours de cette étude, des sorties en mer ont eu lieu en 2014 du mois de juin à septembre par le WWF France, soit 34 jours de prospection dans la zone du bassin Méditerranéen nord-occidental. Toutes ces sorties ont été organisées à bord d'un catamaran Lagoon 440, en plus de cette plateforme un pneumatique est utilisé pour l'approche des animaux lors des biopsies.

Lors de ces sorties, l'équipe est constituée d'un chef de mission, d'un coordinateur de mission, d'un tireur et photographe, d'un skipper et d'un second ainsi que de bénévoles. L'équipe minimum d'observateurs est de trois personnes qui surveillent la mer durant des quarts de deux heures. Toutes les deux heures, l'équipe est relayée par trois autres observateurs et ce du lever au coucher du soleil lorsque les conditions le permettent.

Pour l'observation en transect, le matériel nécessaire est une paire de jumelles, des feuilles de saisies et de route ainsi qu'un PAD ou tablette (ordinateur de poche) pour noter toutes les observations et les conditions d'observations. En cas de rencontre avec un animal, tout le matériel de biopsie est embarqué à bord du pneumatique ainsi que les appareils photos pour réaliser la photo-identification.

Les campagnes en mer réalisées lors de cette étude ont permis d'observer 43 Cachalots au cours de 15 observations ainsi que 62 Globicéphales au cours de 3 observations.

Lors de ces observations, 27 photo-identifications de Cachalots ont été réalisées ainsi que 35 photo-identifications de Globicéphales noirs. De même, 15 biopsies de Cachalot ont été prélevées en 2014.

#### 2.1.1.2 *Données antérieures*

Pour cette étude nous avons regroupé deux jeux de données :

- Les données collectées par le WWF France dans le cadre des projets Objectifs-cétacés (2006) et Cap -cétacés (2007 à 2015).
- Les données collectées par EcoOcéan Institut (EOI) et ses partenaires (Cybelle planète, Participe Futur et la SCS) dans le cadre de différents projets (1992-2015).

Dans un souci d'harmonisation des données entre le WWF France et EcoOcéan Institut, il n'a été regroupé que les données collectées à partir de voilier.

### 2.1.2 ***Méthode de collecte des données***

#### 2.1.2.1 *Effort de prospection*

La méthode utilisée sur tous les bateaux pour collecter les données est la méthode du "Transect de ligne" décrite par Buckland *et al.* (2001). De façon générale, cette méthode consiste à détecter avec un maximum d'efficacité les cétacés le long d'un trajet.

Elle n'était mise en place que lorsque les conditions météorologiques étaient conformes au protocole (≤ Beaufort 3 et visibilité au-delà de 5 miles nautiques pour maximiser la probabilité de détection) et que l'embarcation naviguait à une vitesse de 5-6 nœuds. Les routes de prospection étaient aléatoires et guidées principalement par la météo.

Les données de navigation étaient enregistrées à l'aide d'un GPS (Global Positionning System). A chaque relevé correspond un horaire, une position en latitude/longitude, le cap et la vitesse du navire.

De plus, des données de météorologie sont collectées. Le relevé de la météorologie se fait au démarrage de l'effort d'observation et ensuite à chaque changement de ses caractéristiques. On note ainsi, la force et la direction du vent (Beaufort) et de la mer (Douglas), la visibilité, et l'état du temps.

#### 2.1.2.2 *Observations*

Lors de la détection d'animaux, un certain nombre de paramètres sont enregistrés : l'heure de la détection, la distance de détection, les coordonnées géographiques des individus, le nombre d'individus présents et le comportement des individus. A la fin de l'observation, l'heure de fin d'observation et la position GPS sont enregistrées.

#### 2.1.2.3 *Photo-identifications*

Lorsque des Cachalots sont rencontrés, des photos des flancs de l'animal, de préférence le droit et si possible le gauche ainsi que sa nageoire caudale sont prises pour tous les individus.

En ce qui concerne le Globicéphale noir, une série de photos est réalisée de la nageoire dorsale et des flancs, selon les 2 profils, de tous les individus dans la mesure du possible.

Les photos pour l'identification des animaux sont réalisées à l'aide d'appareils photo réflex-numériques munis de zoom ou téléobjectif de longueur focale supérieure à 200 mm. Seules les photos de qualité suffisante (permettant d'identifier et de reconnaître un individu de manière certaine) sont gardées pour la photo-identification.

#### 2.1.2.4 *Biopsies*

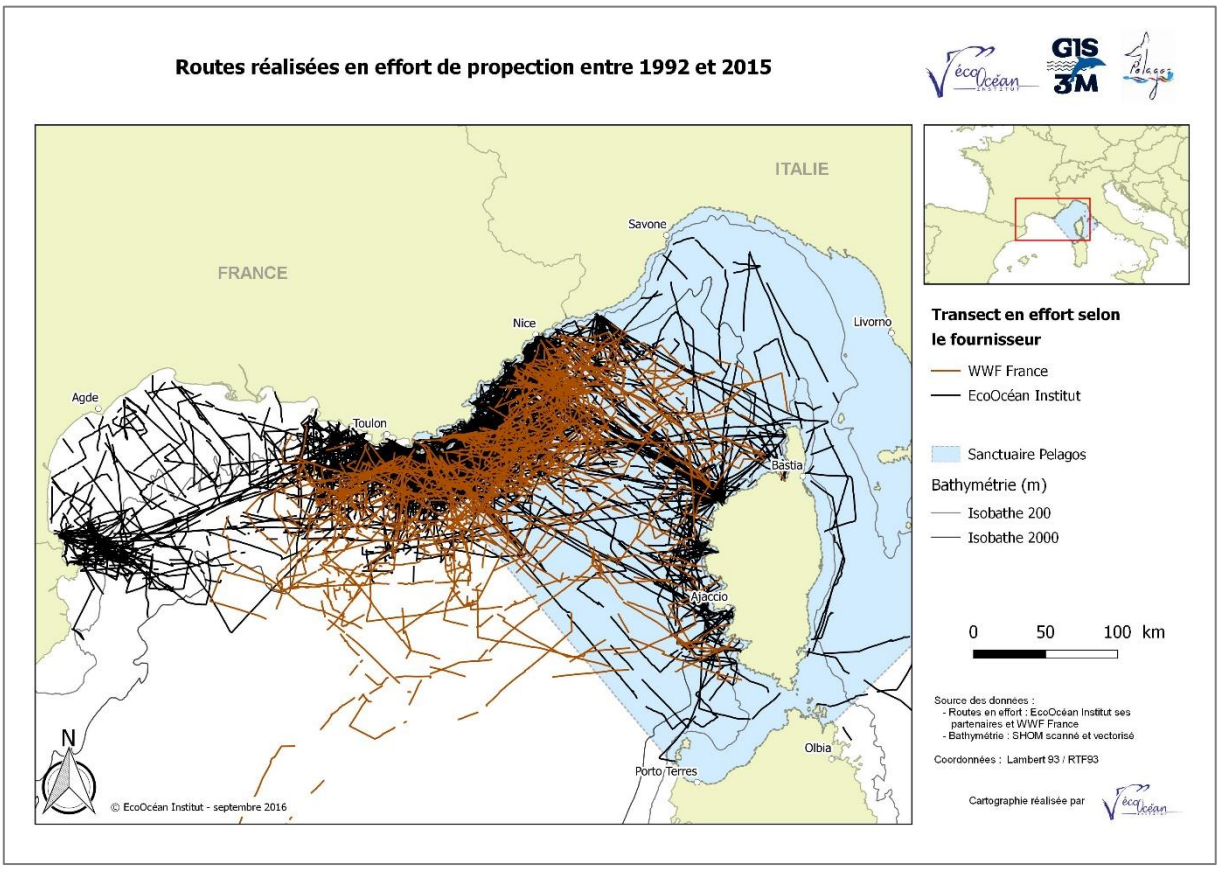
Les échantillons utilisés pour les analyses génétiques et hormonales sont prélevés sur des animaux vivants, dans leur milieu naturel par biopsie. Elles sont réalisées à l'aide d'une arbalète et d'une flèche munie d'un emporte-pièce dans le cadre de l'avis favorable du CNPN n°4.06.2013.

Chaque échantillon recueilli servira pour les études génétique et hormonale. L'échantillon de biopsie est divisé en 2 sous-échantillons, avec séparation de la peau pour les analyses génétiques et du lard pour les analyses hormonales. Les sous-échantillons récoltés sont conservés dans des micro-tubes stériles et individuellement identifiés congelés à -18°C.

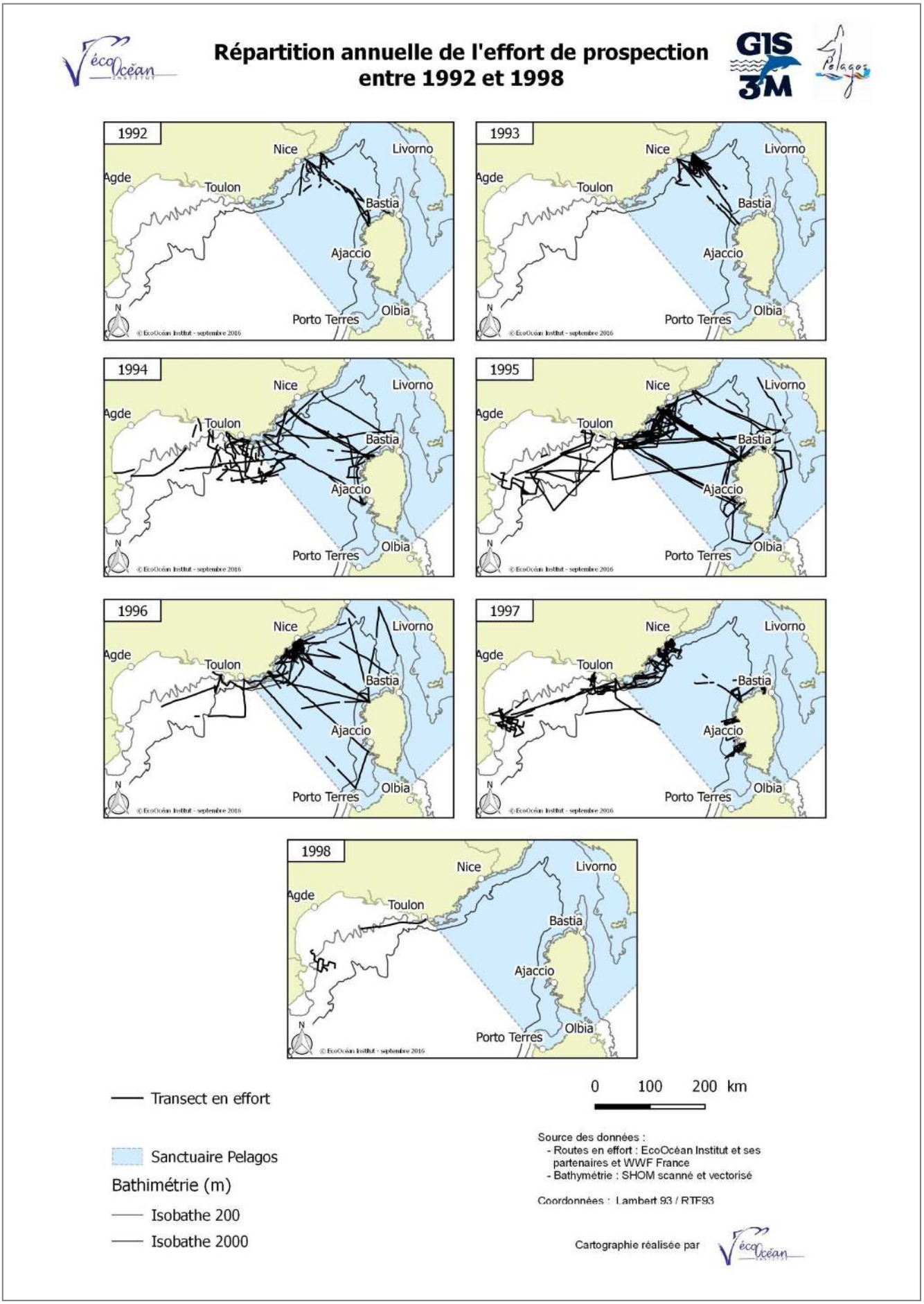
Chaque animal biopsié est conjointement photo-identifié.

### 2.1.3 *Effort de prospection*

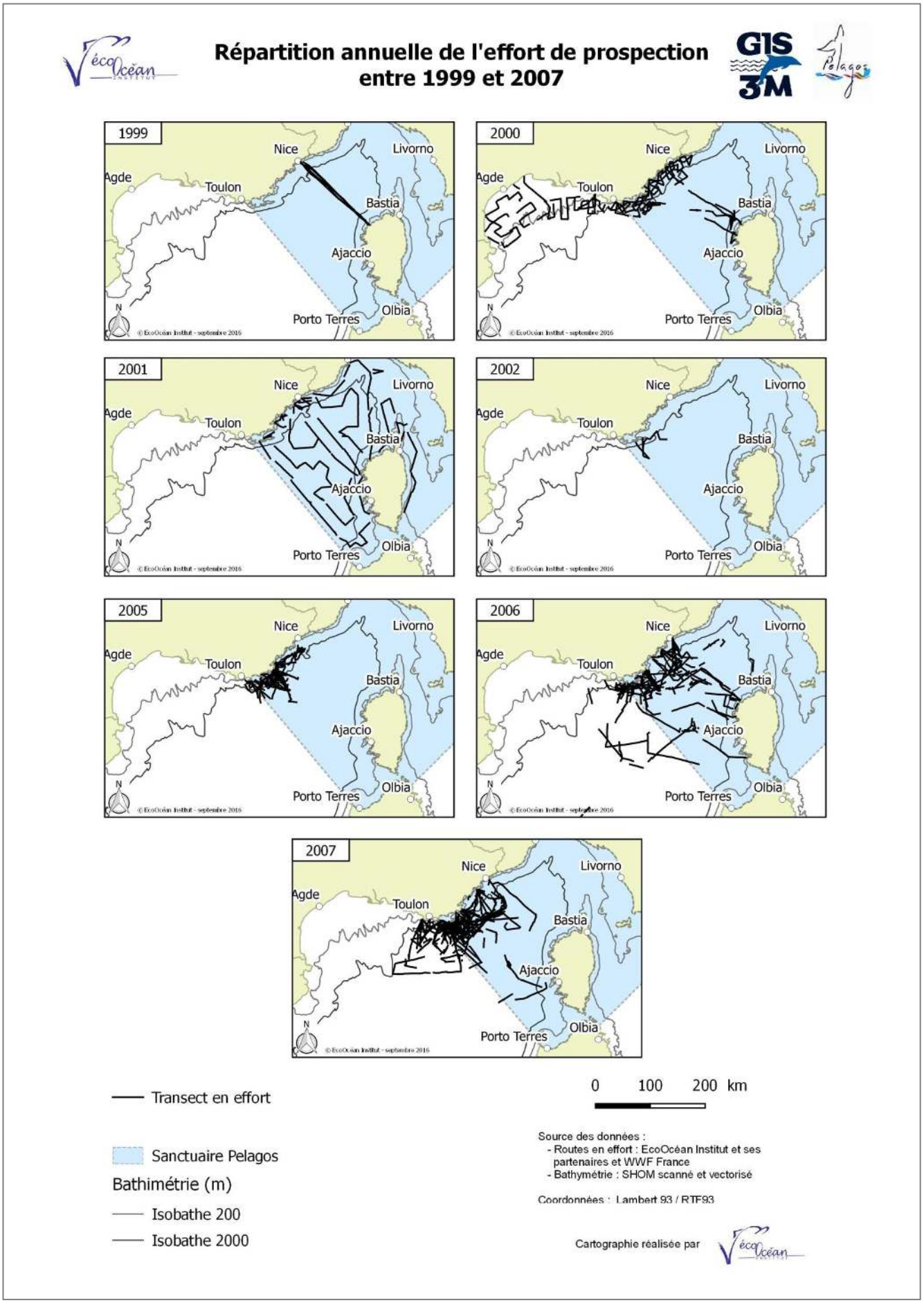
L'ensemble des jeux de données analysé dans cette étude comprend un effort d'observation de 86055 km dont 21150 km effectués par le WWF France et 64905 km par EcoOcéan Institut et ses partenaires. Cet effort a été réalisé entre 1992 et 2015 et se répartit dans la quasi-totalité de la Méditerranée nord occidentale avec un effort maximale dans le secteur Liguro-provençal (Carte 1). Par ailleurs on note que la répartition de l'effort de prospection tout au long de ces années est assez hétérogène avec un effort pouvant être réduit (ex : 2002) ou maximal (ex : 2011) tant au niveau spatial que quantitatif (Carte 2, Carte 3 et Carte 4).



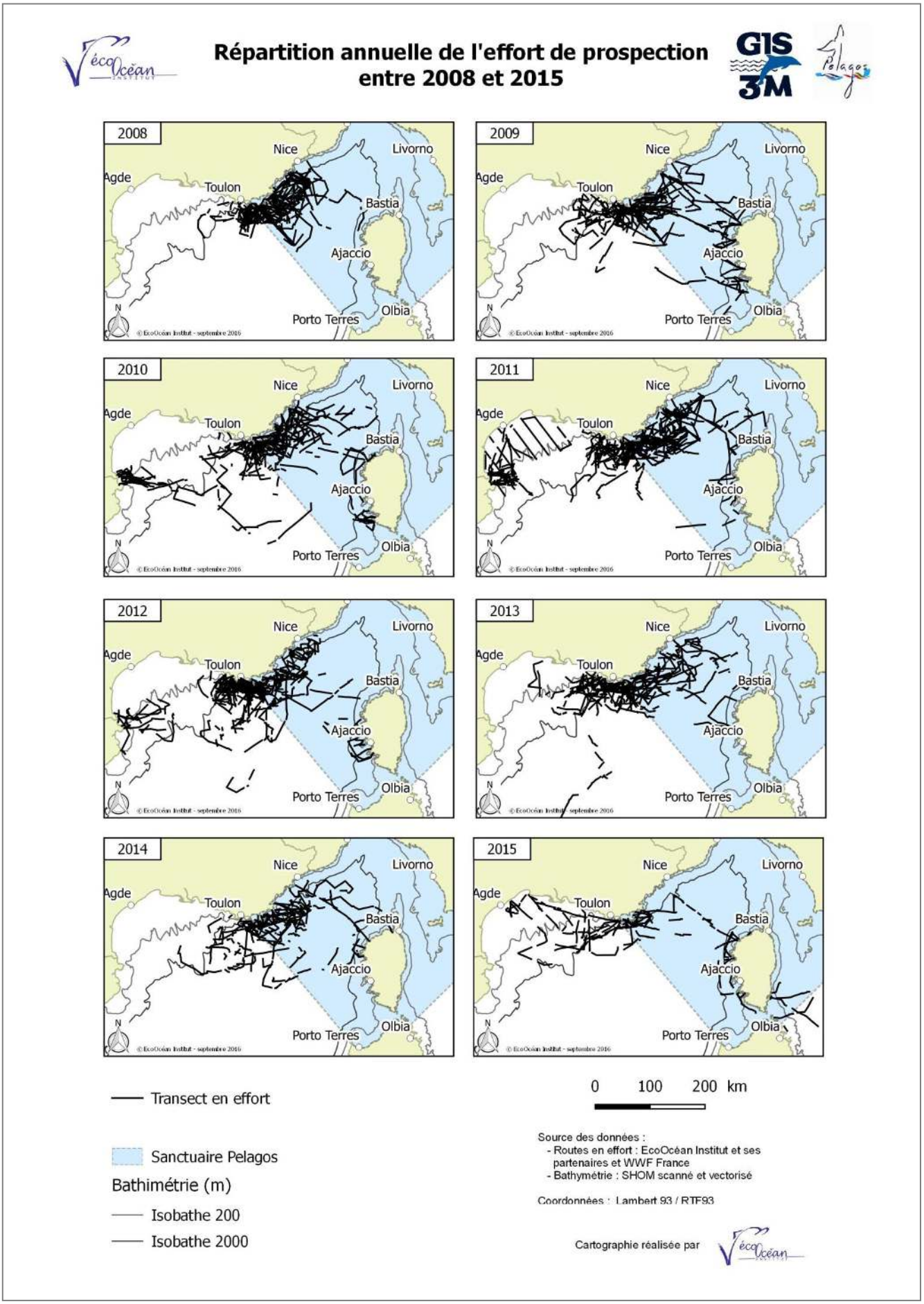

*Carte 1 : Routes réalisées en effort de prospection entre 1992 et 2014 en Méditerranée nord-occidentale*




*Carte 2 : Répartition de l'effort de prospection entre 1992 et 1998 en Méditerranée nord-occidentale*




*Carte 3 : Répartition de l'effort de prospection entre 1999 et 2007 en Méditerranée nord-occidentale*




*Carte 4 : Répartition de l'effort de prospection entre 2008 et 2015 en Méditerranée nord-occidentale*

L'effort de prospection se réparti tout au long de l'année avec un maximum en été (85,9%) et en particulier en juillet et en août où 70,8 % de l'effort a été réalisé (Tableau 1 et Tableau 2).

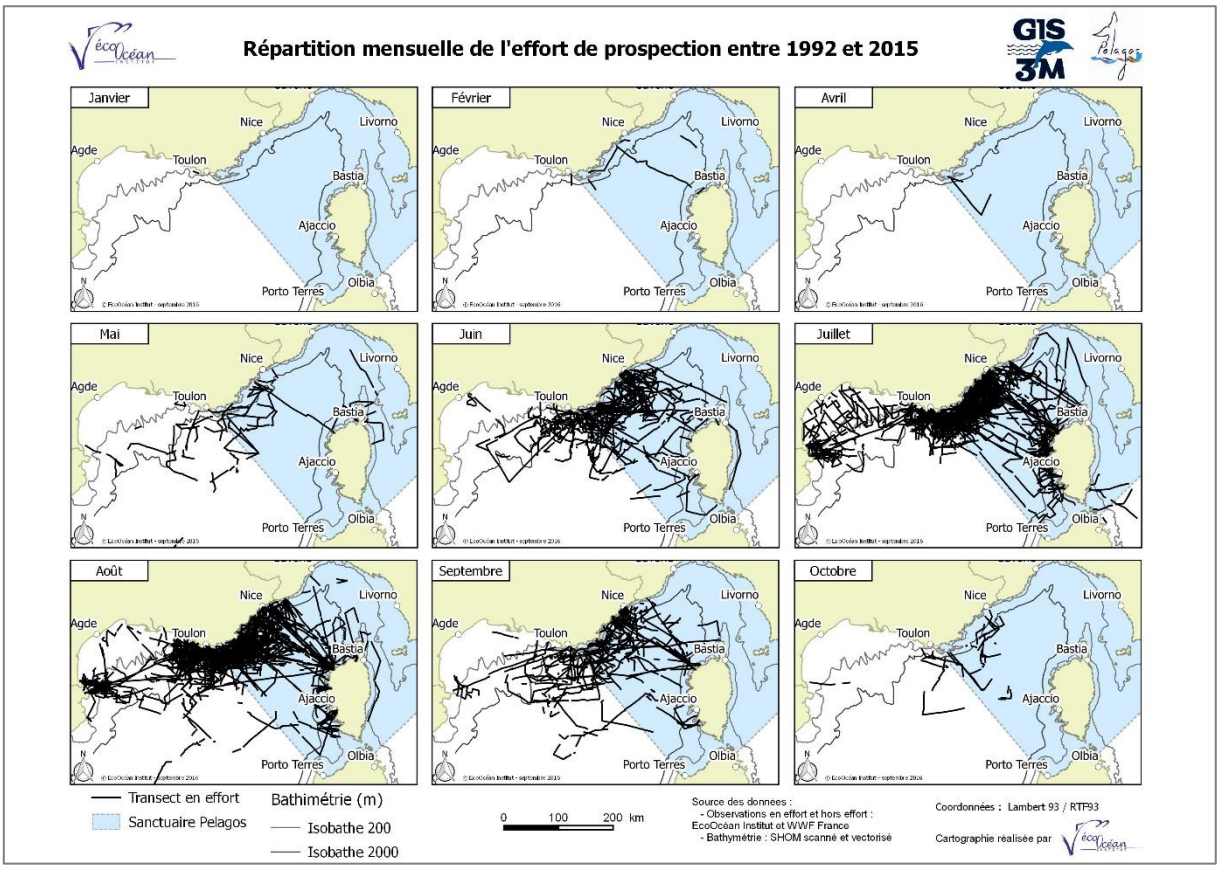
*Tableau 1 : Répartition mensuelle de l'effort de prospection réalisé entre 1992 et 2015 en Méditerranée nord-occidentale*

| Année | Km parcourus | % Km parcourus |
|---|---|---|
| Janvier | 10 | 0,01% |
| Février | 350 | 0,41% |
| Avril | 155 | 0,18% |
| Mai | 2544 | 2,96% |
| Juin | 11278 | 13,11% |
| Juillet | 30545 | 35,49% |
| Août | 30398 | 35,32% |
| Septembre | 9623 | 11,18% |
| Octobre | 1153 | 1,34% |
| **Total** | **86055** | **100%** |

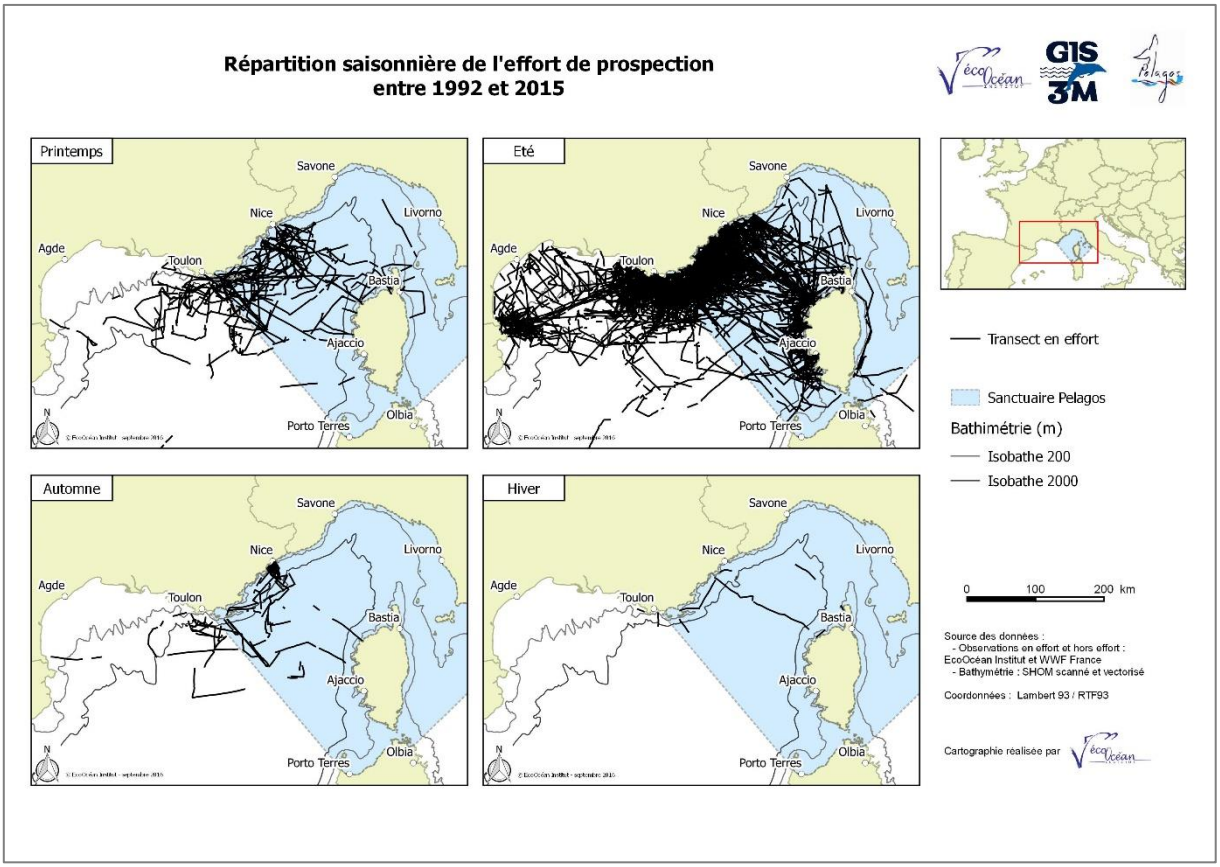
*Tableau 2 : Répartition saisonnière de l'effort de prospection réalisé entre 1992 et 2015 en Méditerranée nord-occidentale*

| Année | Km parcourus | % Km parcourus |
|---|---|---|
| Printemps | 9304 | 10,8% |
| Eté | 73949 | 85,9% |
| Automne | 2442 | 2,8% |
| Hiver | 359 | 0,4% |
| **Total** | **86055** | **100%** |

Spatialement, l'effort de prospection a été important dans l'ensemble de la zone d'étude au printemps et à l'automne (Carte 6) et en particulier de juin à septembre (Carte 5). A l'automne cet effort est beaucoup plus faible bien que distribué du Golfe du Lion à la mer Ligure. En hiver par contre, le peu de prospections n'a été réalisée qu'en mer Ligure et en particulier en février (Carte 5 et Carte 6).




*Carte 5 : Répartition de l'effort de prospection mensuel entre 1992 et 2015 en Méditerranée nord-occidentale*




*Carte 6 : Répartition de l'effort de prospection saisonnier entre 1992 et 2015 en Méditerranée nord-occidentale*

### 2.1.4 ***Observations***

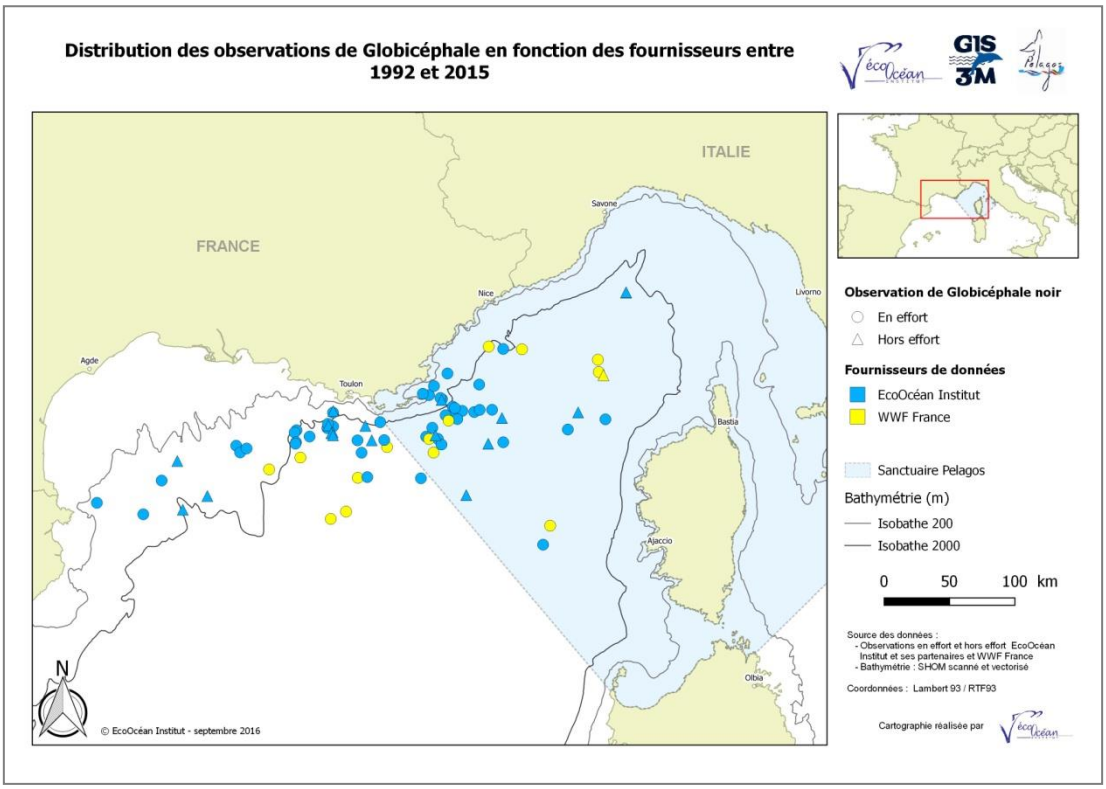
#### 2.1.4.1 *Globicéphale noir*

Afin de disposer d'un maximum d'observations pour cette étude nous avons utilisé l'ensemble des observations de Globicéphale noir dont nous disposions à savoir des observations faites lors de transects avec effort de prospection et celles réalisées en dehors de ces transects (hors effort). Au total 79 rencontres avec 1538 Globicéphales noirs ont ainsi été réalisées entre 1992 et 2015 (Tableau 3). Sur les 22 années (cf. §2.1.3) où il y a eu des prospections en mer, seules 17 présentent des observations de Globicéphale noir (Tableau 3) avec un pic en 2006 où 28 % des individus ont été observés

*Tableau 3 : Nombre d'observations et d'individus estimé par année de Globicéphale noir entre 1992 et 2015*

| Année | Nombre d'observation | | | Nombre estimé d'individus | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Hors effort | En effort | Total | Hors effort | En effort | Total |
| 1994 | 0 | 5 | **5** | 0 | 79 | **79** |
| 1995 | 1 | 8 | **9** | 13 | 77 | **90** |
| 1996 | 3 | 3 | **6** | 41 | 35 | **76** |
| 1997 | 1 | 7 | **8** | 11 | 131 | **142** |
| 2001 | 3 | 1 | **4** | 18 | 3 | **21** |
| 2005 | 0 | 2 | **2** | 0 | 29 | **29** |
| 2006 | 2 | 7 | **9** | 150 | 282 | **432** |
| 2007 | 3 | 3 | **6** | 41 | 25 | **66** |
| 2008 | 1 | 3 | **4** | 17 | 62 | **79** |
| 2009 | 1 | 2 | **3** | 40 | 85 | **125** |
| 2010 | 1 | 3 | **4** | 13 | 51 | **64** |
| 2011 | 1 | 5 | **6** | 1 | 106 | **107** |
| 2012 | 0 | 3 | **3** | 0 | 27 | **27** |
| 2013 | 0 | 2 | **2** | 0 | 57 | **57** |
| 2014 | 0 | 3 | **3** | 0 | 62 | **62** |
| 2015 | 2 | 3 | **5** | 53 | 29 | **82** |
| **Total** | **19** | **60** | **79** | **398** | **140** | **1538** |

Globalement, les observations réalisées se répartissent dans l'ensemble de la Méditerranée nord-occidentale pour EcoOcéan Institut et plutôt dans la zone Liguro-provençale pour le WWF Carte 7), ce qui est le reflet des prospections de chaque structure.




*Carte 7 : Distribution des observations en effort et hors effort de Globicéphale noir en fonction du fournisseur entre 1992 et 2015 en Méditerranée nord-occidentale*

#### 2.1.4.2 *Cachalot*

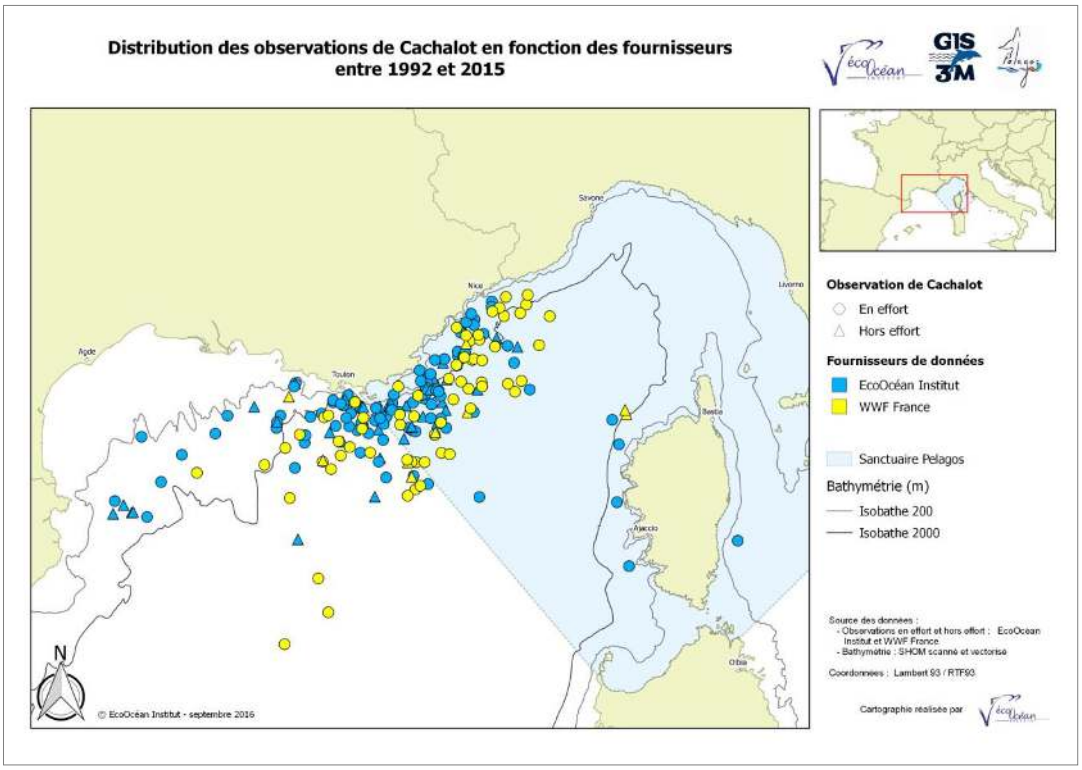
Pour cette étude, le jeu de données était constitué de 216 observations de Cachalot distribuées sur 17 ans entre 1992 et 2015, ce qui représente environ 358 individus (Tableau 4).

La majorité des observations ont eu lieu entre 2006 et 2014. En 2008, 31 observations ont eu lieu avec 39 Cachalots. 2008 fut l'année où le plus grand nombre de rencontres avec ces animaux a été réalisé mais c'est en 2013 où le plus grand nombre d'individus a été comptabilisé, 63 individus.

*Tableau 4 : Nombre d'observations et d'individus estimé par année de Cachalot entre 1992 et 2015*

| ***Année*** | ***Nombre d'observation*** | | | ***Nombre estimé d'individus*** | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | **Hors effort** | **En effort** | **Total** | **Hors effort** | **En effort** | **Total** |
| 1994 | | 1 | **1** | | 1 | **1** |
| 1995 | | 5 | **5** | | 5 | **5** |
| 1996 | | 2 | **2** | | 2 | **2** |
| 1997 | 2 | 8 | **10** | 2 | 9 | **11** |
| 2000 | | 3 | **3** | | 3 | **3** |
| 2001 | | 1 | **1** | | 1 | **1** |
| 2005 | 1 | 5 | **6** | 1 | 5 | **6** |
| 2006 | 5 | 9 | **14** | 5 | 13 | **18** |
| 2007 | 8 | 12 | **20** | 17 | 26 | **43** |
| 2008 | 14 | 17 | **31** | 15 | 24 | **39** |
| 2009 | 1 | 15 | **16** | 1 | 21 | **22** |
| 2010 | 7 | 15 | **22** | 9 | 17 | **26** |
| 2011 | | 11 | **11** | | 28 | **28** |
| 2012 | 4 | 20 | **24** | 4 | 32 | **36** |
| 2013 | 4 | 22 | **26** | 4 | 59 | **63** |
| 2014 | | 15 | **15** | | 43 | **43** |
| 2015 | 1 | 8 | **9** | 1 | 10 | **11** |
| **Total** | **47** | **169** | **216** | **59** | **299** | **358** |

Globalement, les observations réalisées se répartissent dans l'ensemble de la Méditerranée nord-occidentale pour EcoOcéan Institut et principalement dans la zone Liguro-provençale pour le WWF (Carte 8), ce qui est le reflet des prospections de ces deux structures.




*Carte 8 : Distribution des observations en effort et hors effort de Cachalot en fonction du fournisseur entre 1992 et 2015 en Méditerranée nord-occidentale*

#### 2.1.5 *Photo-identification*

Pour les analyses de cette étude, 202 photo-identifications de Cachalot étaient à disposition. 82 ont été réalisées par EcoOcéan Institut(EOI) et ses partenaires, 117 par le WWF et 3 par Souffleurs d'Ecume. Ces photo-identifications représentent 453 photos, 190 profils droits, 138 profils gauches et 125 nageoires caudales.

Pour les analyses de cette étude, 361 photo-identifications étaient disponibles. 241 ont été réalisées par EOI, 109 par le WWF et 11 par Souffleurs d'Ecume. Ces photo-identifications représentent 491 photos, 265 profils droits et 226 profils gauches.

#### 2.1.6 *Biopsies*

Au total 86 biopsies de Cachalot ont été prélevées par le WWF entre 2010 et 2014 (Tableau 5).

*Tableau 5 : Nombre de biopsie de Cachalot prélevée par année entre 2010 et 2014.*

| Année | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | Total |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **Nombre de biopsie prélevée** | 16 | 15 | 14 | 26 | 15 | **86** |

### 2.2 Traitement des données

#### 2.2.1 *Photo-identification*

Les photos collectées au cours de l'étude sont intégrées à l'analyse des photos existantes récoltées par le WWF depuis 2004 et EcoOcéan Institut depuis 1994, afin de mettre à jour les catalogues des différents partenaires puis de les comparer par « matching » de manière à réaliser un catalogue unique de photo-identification des Cachalots et des Globicéphales noirs.

##### 2.2.1.1 *Catalogue de photo-identification*

Une fois les photos prises, elles sont triées par observation et par individu. Les photos pouvant être utilisées pour la photo-identification (montrant les parties du corps de l'animal utilisées pour la photo-identification) sont sélectionnées puis retouchées à l'aide d'un logiciel de développement numérique afin d'améliorer les photos pour une meilleure identification des individus. Ensuite, les meilleures photos de chaque profil sont sélectionnées.

##### 2.2.1.2 *Comparaison des photos*

Les photos sélectionnées sont ensuite comparées à l'œil nu afin de déterminer d'éventuels appariement (« match ») si des individus ont été vus plusieurs fois.

##### 2.2.1.3 *Notation des photos : Cachalot et Globicéphale noir*

Une fois sélectionnée, les photos sont notées en suivant 4 critères : la netteté, l'angle de la photo par rapport à l'animal, l'exposition et le pourcentage de dorsale visible dans le cadre de la photo (Arnbom, 1987; Dufault & Whitehead, 1995). Ces critères peuvent prendre une valeur allant de 1 à 5 (pauvre à idéal).

Suite à cette notation, une sélection des individus via les notes par critère a été réalisée. Cette sélection est propre à l'espèce afin d'avoir une homogénéisation des notations et sélection des photo-identifications avec la littérature.

En ce qui concerne les Globicéphales noirs, seules les images avec des valeurs supérieures ou égales à 3 pour chaque critères sont inclues dans les analyses (Alves *et al.*, 2013; Auger-Méthé & Whitehead, 2007; Ottensmeyer & Whitehead, 2003).

Pour les Cachalots, seules les images avec des valeurs de 4 ou 5 sont considérées comme suffisamment pertinentes pour permettre l'identification d'un individu (Arnbom, 1987; Drouot-Dulau & Gannier, 2007; Dufault & Whitehead, 1995; Frantzis *et al.*, 2014; Whitehead *et al.*, 1998).

##### 2.2.1.4 *Définition d'une zone d'étude : Cachalot et Globicéphale noir*

Une zone d'étude a été définie pour les analyses liées à la photo-identification selon deux paramètres. Tout d'abord, la zone doit être prospectée de manière homogène chaque année. Ensuite, elle doit correspondre à l'habitat favorable de l'espèce. Cette délimitation est nécessaire afin de limiter certains biais qui impacteraient notamment les estimations d'abondance et qui sont dus à une hétérogénéité de probabilité de détection.

Cette zone sera appelée secteur d'étude afin de le différencier de la zone d'étude qui est utilisée pour le reste des analyses et qui correspond à la Méditerranée nord-occidentale.

Le secteur d'étude est délimité via l'effort de prospection à l'ouest par la longitude équivalente à celle de Marseille, à l'est, il suit une droite qui relie le cap corse avec la frontière italienne, au sud ce secteur est délimité par la latitude équivalente à Ajaccio. En ce qui concerne la limite nord, elle varie en fonction de l'espèce puisqu'elle est délimitée par l'habitat préférentiel de l'espèce. Pour les Cachalots la limite est celle correspondante à la côte tandis que pour les Globicéphales noirs la limite est l'isobathe 2000. Les Globicéphales se trouvant majoritairement au-delà de l'isobathe 2000 (Gannier, 2005b; Laran, 2005), tenir compte de la zone côtière entrainerait un biais dans les analyses non négligeable. A contrario, le Cachalot est présent sur le plateau continental ainsi qu'à proximité des canyons, c'est pourquoi la limite nord pour cette espèce est la côte (Drouot, 2003; Gordon *et al.*, 2000).

### 2.2.2 ***Sexage du Cachalot***

##### 2.2.2.1 *Extraction d'ADN*

Le protocole utilisé a été développé dans le laboratoire du CIRAD. L'ADN a été extrait de la peau de chaque biopsie.

Une centaine de milligrammes de peau est broyée dans un mortier avec de l'azote liquide en présence de 100 mg de polyvinyl-poly-pyrolidone (PVPP SIGMA) jusqu'à l'obtention d'une poudre très fine puis transvasée dans un tube de 15 mL. Ajouter 2 mL de tampon MATAB complémenté de 100 µg de protéinase K puis incuber 1h à 37°C. Ajouter 1ml de tampon TE3D et homogénéiser doucement et régulièrement jusqu'à ce que le contenu soit visqueux (pendant 20 à 30 min). Ajouter 250 µL de NH4/Ac (10M) puis homogénéiser doucement (pendant 5 min). Ajouter 1 volume de CiAA (chloroforme-alcool-iso-amylique (24-1)), porter à émulsion puis centrifuger 15 min à 10,000g. Prélever la phase aqueuse et ajouter 1 volume d'isopropanol 80%. Homogénéiser doucement jusqu'à obtenir une pelote d'acide nucléique. Recueillir la pelote avec l'embout d'une pipette pasteur en verre, re-suspendre dans 500 µL de TE (Tris ph7 100mM, EDTA 0,10 mM).

L'intégrité, la qualité et la quantité de l'ADN extrait sont vérifiées respectivement par électrophorèse sur gel d'agarose (0,8%) et par spectrophotométrie aux UV (260 nm et 280 nm).

#### 2.2.2.2 *Identification du sexe*

L'identification du sexe repose sur l'amplification des fragments d'ADN spécifiques du gène ZF-X (porté par le chromosome X) et du gène ZF-Y (porté par le chromosome Y) selon Bérubé et Palsbøll (1996). Le travail a été réalisé sur la plateforme de génotypage du CIRAD.

Une extension d'ADN M13 a été ajoutée à l'extrémité 5' des amorces « reverse » spécifiques des gènes ZF-X et ZF-Y servant à l'amplification d'ADN. La sonde ADN M13 est marquée avec le chromophore IRD700 (« colorant rouge ») dans les réactions de PCR spécifique du gène ZF-X, et avec le chromophore IRD800 (« colorant vert ») dans les réactions de PCR spécifique du gène ZF-Y.

Les produits de l'amplification sont alors visualisés sur un séquenceur automatique (Li-Cor®) qui permet de visualiser 2 images de migration en même temps.

Il est donc possible de multiplexer les produits de PCR obtenus par différents marqueurs à la fois en fonction de la taille des allèles, et selon le marquage des amorces par l'un des 2 colorants IRD700 ou IRD800.

Le fragment amplifié pour le gène ZF-X porté par le chromosome X est constitué de 425 paires de bases fluoresçant en rouge.

Le fragment amplifié pour le gène ZF-Y porté par le chromosome Y est constitué de 269 paires de bases fluoresçant en vert.

L'analyse de l'électrophorèse permet sans ambiguité d'identifier les individus mâles et femelles (Figure 1).

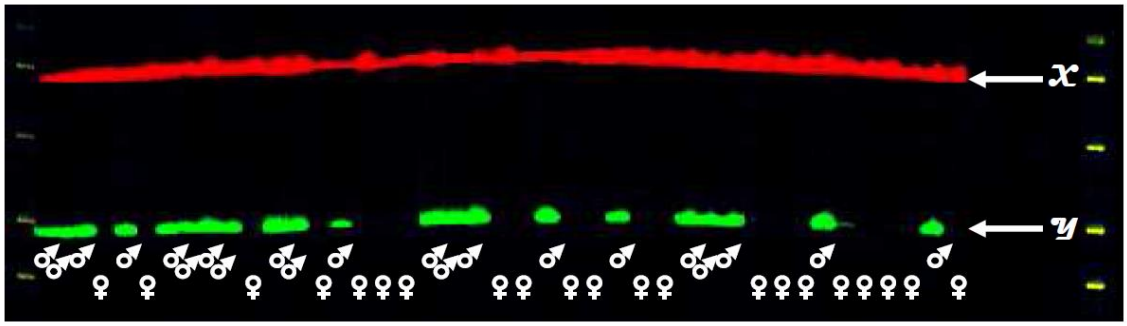



*Figure 1 : Electrophorèse sur séquenceur automatique Li-Cor®. La fluorescence rouge correspond au produit d'amplification marqué au IRD700 spécifique de l'allèle « femelle », et celle en vert correspond au produit d'amplification marqué au IRD800 spécifique de l'allèle « mâle ».*

### 2.2.3 ***Dosages hormonaux du Cachalot***

#### 2.2.3.1 *Extraction des stéroïdes*

Après décongélation, un échantillon exactement pesé, d'au moins 200 mg de graisse, est mis à fondre à 80°C dans une seringue Eppendorf® de 2,5 mL sans piston placée dans un tube de 5 mL (figure 3). 50 µL du résidu huileux obtenu est ensuite pesé et extrait dans un mélange eau/méthanol (1 :4) chauffé à 80 °C pendant 35 minutes. Après centrifugation et séparation des phases, le surnageant (méthanol) est évaporé sous courant d'azote. Le résidu sec est repris avec 300 µL de tampon Tris-Albumine bovine-Triton (pH 7,5). C'est à partir de cette solution, qui contient les stéroïdes présents dans la graisse sous-cutanée et qui possède des caractéristiques physico-chimiques proches du sérum sanguin, que sont mesurées les concentrations de stéroïdes.

#### 2.2.3.2 *Dosage des stéroïdes par immunodosage*

Les concentrations de progestérone, testostérone, androstènedione et œstradiol sont mesurées par immunodosages sur les solutions de reprise post extraction, à l'aide de kits validés pour dosage à partir de produits sanguins.

Les dosages de la progestérone, de la testostérone et de l'androstènedione font appel à des techniques de compétition entre le stéroïde dosé et un analogue marqué à l'iode 125 par rapport à leur anticorps spécifique commun. Après élimination des stéroïdes marqués non fixés aux anticorps, le marquage radioactif est mesuré à l'aide d'un compteur gamma, il est inversement proportionnel au stéroïde naturel présent dans le prélèvement.

Le dosage de l'œstradiol fait appel également à une technique de compétition entre le stéroïde dosé et un analogue conjugué à la HRP (HorseRadish Peroxydase) par rapport à leur anticorps spécifique commun. Après élimination des éléments non fixés aux anticorps, un substrat est oxydé par la peroxydase ce qui le colore et l'intensité de la coloration est mesurée par spectrophotométrie. Cette mesure est inversement proportionnelle au stéroïde naturel présent dans le prélèvement.

La progestérone est dosée grâce au Kit RIA IM1188 Beckman Coulter (le coefficient de variation intra-essai est 5,5 % et inter-essai de 6 %).

La testostérone est dosée grâce au Kit RIA Spectria OD68628 IDS (le coefficient de variation intra-essai est 5 % et inter-essai de 5 %).

L'androstènedione est dosée grâce au Kit RIA IM1322 Beckman Coulter (le coefficient de variation intra-essai est 5 % et inter-essai de 7 %).

L'œstradiol est dosé grâce au Kit Demeditec DE4399 (le coefficient de variation intra-essai est 6 % et inter-essai de 8 %).

## 2.3 Analyses des données

### 2.3.1 ***Abondance de la population***

L'abondance est définie comme le nombre d'individus fréquentant la zone d'étude, ici plus précisément le secteur d'étude pendant la période d'étude (été 2006-2014). Les études basées sur l'observation d'animaux individuellement identifiables au fil du temps sont désignées comme étant des études de « Capture-Recapture » (CR). Des modèles CR ont été appliqués aux données de photo-identification pour estimer l'effectif des Cachalots et des Globicéphales noirs dans le secteur d'étude entre 2006 et 2014.

#### 2.3.1.1 *Préparation des données*

Pour cette analyse, une matrice regroupant les histoires de capture des individus identifiés a été réalisée avec en ligne les individus photo-identifiés et en colonne les occasions de capture. Chaque occasion de capture représente une année, l'année a été choisie car il est nécessaire que le laps de temps entre les occasions de capture soit constant, il y a donc 9 occasions de capture pour cette analyse. La matrice permet d'obtenir une matrice de présence/absence des individus pour chaque occasion de capture. Seuls les individus avec des notes, par critères, supérieures ou égales à 3 pour les Globicéphales noirs et supérieures ou égales à 4 pour les Cachalots sont pris en compte

afin de minimiser les biais d'identification.

#### 2.3.1.2 *Modèle de Cormack-Jolly-Seber*

L'abondance ainsi que la probabilité de survie ont été estimées à l'aide du logiciel R x64 3.3.1 (R Core Team, 2016) via l'interface RMark (Laake & Rexstad, 2008) du programme MARK (White & Burnham, 1999). La « population » étudiée a été considérée comme ouverte démographiquement (i.e. sujette à des évènements de natalité et de mortalité). Le modèle standard de Cormack-Jolly-Seber (CJS) (Cormack, 1964; Jolly, 1965; Seber, 1965) pour population ouverte a été utilisé (Figure 2). L'objectif des analyses CJS est d'estimer la probabilité de survie (φ) et la probabilité de recapture (p) des individus entre les saisons (Lebreton *et al.*, 1992). Les effectifs par saison sont obtenus comme les ratios du nombre d'individus recapturés par saison et de la probabilité de recapture correspondante. La technique du bootstrap a été utilisée pour associer des intervalles de confiance aux estimations d'effectifs obtenues pour chaque saison.

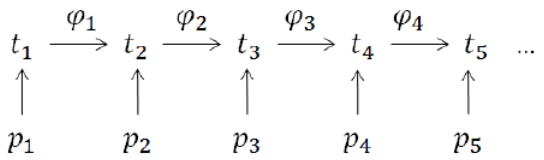



*Figure 2 : Processus d'origine du modèle de Cormack-Jolly-Seber. pi représente la probabilité de recapture à l'occasion ti et φi représente la probabilité qu'un animal survive entre les occasions ti et ti+1 (Lebreton et al., 1992).*

#### 2.3.1.3 *Hypothèses du modèle CJS*

Les principales hypothèses sous-jacentes au modèle CJS sont les suivantes :

- La population est ouverte démographiquement (i.e. évènements de natalité et de mortalité).
- Tous les individus ont été correctement identifiés à chaque occasion de capture.
- Les marques sont considérées comme étant permanentes.

La période d'échantillonnage est de 9 années donc il y a une forte probabilité pour que l'hypothèse de l'ouverture de la population soit respectée. Les deux autres hypothèses sont validées car seuls les individus moyennement et bien marqués avec des photographies de bonne qualité sont inclus dans les analyses. Les marques peuvent changer, cependant comme la période d'échantillonnage est courte et que les sorties sont régulières, il est supposé que tout changement dans les marques serait détecté.

#### 2.3.1.4 *Construction des modèles*

Lorsqu'on analyse des données de CR, il est d'usage d'élaborer plusieurs modèles avec des paramètres différents pouvant avoir un effet sur la survie et la probabilité de recapture. Ces paramètres sont :

- La probabilité de détection : elle peut être constante au cours du temps ou dépendante de l'année.
- L'année : un effet des différentes années est également considéré.
- Au total, les différents paramètres donnent 4 modèles à ajuster :
- Modèle 1 : survie constante et probabilité de détection constante
- Modèle 2 : survie constante et probabilité de détection année-dépendante
- Modèle 3 : survie année-dépendante et probabilité de détection constante
- Modèle 4 : survie année-dépendante et probabilité de détection année-dépendante

#### 2.3.1.5 *Procédures de sélection d'un modèle*

Pour choisir le meilleur modèle parmi ceux construits deux étapes sont nécessaires.

La première étape consiste à déterminer, grâce à un test d'ajustement (goodness-of-fit), si le modèle de Cormack-Jolly-Seber construit est en adéquation avec les données observées. Tester l'ajustement d'un modèle aux données est crucial pour éviter de tirer des conclusions incorrectes. Le défaut d'ajustement du modèle de Cormack-Jolly-Seber peut être dû à plusieurs facteurs biologiques dont l'effet de « transience », qui correspond au caractère transitoire de certains individus qui ne passent dans la zone d'étude qu'une fois et qui ont une probabilité de recapture négligeable (Pradel *et al.*, 1997) et le phénomène de « trap-dependance », lorsque les évènements de capture ne sont pas indépendants les uns des autres. Il est difficile de déterminer avec certitude quel type de « trap-dependence » est en jeu dans une étude donnée (Pradel and Sanz-Aguilar, 2012). L'ajustement des modèles aux données a été vérifié à l'aide du package R2ucare (Gimenez, n.d.) qui permet de détecter ces facteurs.

Si les modèles s'ajustent bien aux données la deuxième étape consiste alors à déterminer lequel, parmi ces modèles, est celui qui atteint le meilleur compromis entre l'ajustement aux données et sa complexité (mesurée par le nombre de paramètres). De manière générale, un modèle avec trop peu de paramètres peut ne pas être capable de modéliser correctement la situation et introduira probablement des biais importants. Inversement, un modèle avec trop de paramètres réduira les biais mais au prix d'une variance élevée des paramètres qui le composent. Pour trouver le compromis, les modèles ont été comparés selon le Critère d'Information d'Akaike (AIC, Akaike, 1973). La procédure de sélection consiste à calculer l'AIC pour chaque modèle considéré et de sélectionner celui avec la plus petite valeur.

#### 2.3.1.6 *Test d'ajustement des modèles*

Le test d'ajustement révèle que les modèles s'ajustent correctement aux données. Il n'est donc pas nécessaire d'intégrer un effet de « transience ».

#### 2.3.1.7 *Abondance totale*

Etant donné qu'une sélection des individus par notation a eu lieu pour les analyses, l'estimation d'abondance ne concerne qu'une proportion d'individus de la population. Par conséquent, afin d'estimer l'abondance totale, le ratio des effectifs obtenus avec la proportion des individus bien noté a été calculé.

### 2.3.2 ***Structure sociale***

La structure sociale, c'est-à-dire les relations entre individus de l'espèce dont les domaines d'activité se chevauchent (Whitehead, 2008), a été étudiée à partir des données de capture et recapture des individus photo-identifiés.

Les interactions comportementales sont admises quand deux individus sont vus dans le même groupe lors d'une sortie. Les individus sont considérés comme appartenant au même groupe si pour les Cachalots la distance qui les sépare est inférieure à 3 fois la taille des individus soit 40m (Gero *et al.*, 2008) et pour les Globicéphales noirs si la distance est inférieure à 1000m (Canadas & Sagarminaga, 2000).

#### 2.3.2.1 *Préparation des données*

Pour cette analyse, une matrice a été créée avec en ligne les individus et en colonne les jours d'observation. Dans cette matrice, il est indiqué l'identifiant du groupe auquel appartient l'individu.

#### 2.3.2.2 *Index d'association*

Pour convertir les associations en mesures de relation nous utilisons le Half-Weight Index (HWI variant de 0 à 1 ; Bejder *et al.*, 1998). Les coefficients d'association entre deux individus vus au moins 2 fois sont calculés pour chaque dyade en utilisant le package R asnipe (Farine, 2016).

Pour tester si les valeurs d'association observées sont plus grandes qu'attendues sous l'hypothèse d'association aléatoire, des tests de permutation sont utilisés (Bejder *et al.*, 1998) basés sur l'erreur standard (SD) du HWI (Whitehead, 2008) et 1000 permutations. L'hypothèse nulle d'association aléatoire est rejetée si la p-valeur du test est inférieure à 0.05 et on conclut alors à des associations préférentielles (Whitehead, 2008).

### 2.3.3 ***Distribution spatio-temporelle***

#### 2.3.3.1 *Carte de distribution*

L'étude de la taille des groupes a été menée car les grands groupes peuvent être le reflet de regroupements ponctuels pour raison de reproduction (Cañadas & Sagarminaga 2000 ; De Stéphanis *et al*., 2008b). Nous nous attacherons donc particulièrement à regarder la distribution spatiale et temporelle de ces grands groupes pour voir s'ils se concentrent dans une zone particulière, ce qui permettrait d'identifier une zone vitale pour l'espèce.

Les cartes de distribution ont été réalisées à partir des observations : en effort et hors effort de prospection, à l'aide du logiciel Qgis 2.4.0.

#### 2.3.3.2 *Traitement géostatistique*

L'abondance relative peut être délicate à cartographier lorsque l'on possède un jeu de données d'effort hétérogène et des observations d'animaux éparses et peu fréquentes. Nous avons donc choisi la méthode de Kernel qui permet d'extrapoler l'information et également de prendre en compte des données d'observations hors effort.

Le logiciel Qgis via le module « Carte de Chaleur » calcule la densité des entités dans le voisinage de ces entités, à partir d'entités ponctuelles.

Il faut définir un rayon de lissage qui va dépendre de la taille et de la répartition spatiale de l'échantillon utilisé. Nous avons ainsi calculé un rayon de lissage de 27 km pour nos 61 observations de Globicéphales noirs et de 19 km pour nos 175 observations de Cachalot .

Les analyses de densité par la méthode de Kernel ont été réalisées de manière globale sur 20 ans et sur un pas de temps de dix ans : 1992-2002 et 2005-2015. Ces analyses ont été faites pour les jeunes et les nouveau-nés.

### 2.3.4 ***Evolution de la composition des groupes, des classes d'âge***

Nous n'avons pris en compte pour les analyses sur les nouveau-nés et les jeunes que les observations pour lesquelles l'information était certaine (absence, présence et nombre).

#### 2.3.4.1 *Régression linéaire*

Afin d'analyser la relation entre la taille des groupes et le nombre de nouveau-nés ou de jeunes présents dans les groupes, nous avons utilisé des nuages de points et des courbes de régression linaire.

Afin de tester la significativité de ces courbes nous avons calculé le coefficient de corrélation : $R^2$.

$$R^2 = \frac{\sum_{i=1}^{n}(\hat{y}_i - \bar{y})^2}{\sum_{i=1}^{n}(y_i - \bar{y})^2}$$

Le coefficient de corrélation varie entre 0 et 1. Lorsqu'il est proche de 0, le pouvoir prédictif du modèle est faible et lorsqu'il est proche de 1, le pouvoir prédictif du modèle est fort.

#### 2.3.4.2 *Taux de reproduction*

Le taux de reproduction d'une espèce dans une zone est calculé en divisant le nombre de nouveau-nés par le nombre total d'individus.

Dans cette étude nous avons décidé de calculer ce taux de reproduction globalement et pour deux décennies (1992-2002 et 2005-2015) afin de voir si les changements que l'on observait en mer, et en particulier pour le Cachalot (Di-Méglio et David 2008), sont l'expression d'une réelle tendance ou pas.

# 3 Résultats

## 3.1 Le Globicéphale noir

Les observations de Globicéphale noir ont été réalisées de manière homogène entre les années. Cependant, en 2006 pour 9 observations faites, 432 individus ont été estimés ce qui représente le plus grand nombre d'individus vu en une année (Tableau 3).

### 3.1.1 *Photo-Identification et dénombrement des Globicéphales rencontrés*

Au cours de la période et dans le secteur d'étude, 361 photo-identifications ont été réalisées. Suite à la notation des photos, 180 photo-identifications ont été conservées.

Au total 165 individus différents ont été photo-identifiés et seuls 13 de ces individus ont été capturés 2 et 3 fois (Figure 3). Le taux de recapture interannuel global est donc de 7% (Tableau 6).

*Tableau 6 : Caractéristiques des analyses de photo-identification des Globicéphales noirs dans le secteur d'étude*

| Année | Nombre de photo-identifications | Nombre d'individus | Nombre d'observations | Nombre de recaptures intra-annuel | Nombre de recaptures inter-annuel | Taux de recapture (en %) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **2006** | 48 | 47 | 5 | 1 | 0 | 0 |
| **2007** | 7 | 7 | 2 | 0 | 1 | 14.3 |
| **2008** | 4 | 4 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| **2009** | 29 | 28 | 4 | 1 | 1 | 3.4 |
| **2010** | 11 | 11 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| **2011** | 39 | 39 | 5 | 0 | 4 | 10.3 |
| **2012** | 9 | 9 | 2 | 0 | 0 | 0 |
| **2013** | 30 | 30 | 2 | 0 | 6 | 20 |
| **2014** | 3 | 3 | 1 | 0 | 1 | 33.3 |
| **Total** | 180 | 178 | 23 | 2 | 13 | 7.2 |

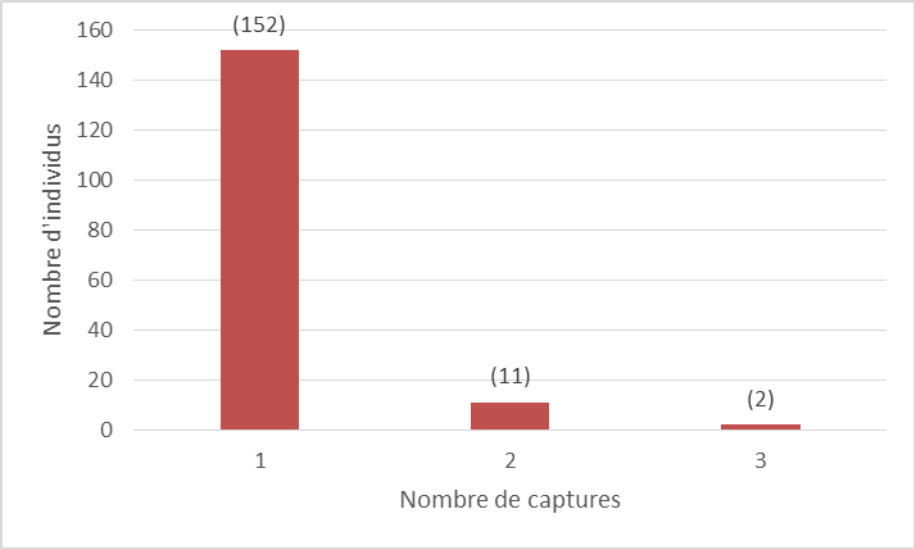



*Figure 3 : Nombre de Globicéphales noirs capturés entre 2006 et 2014 dans le secteur d'étude en fonction du nombre de captures par individu. Le nombre d'individus est indiqué entre parenthèses*

La courbe de découverte de nouveaux individus indique un nombre de nouvelles identifications toujours croissant (Figure 4).

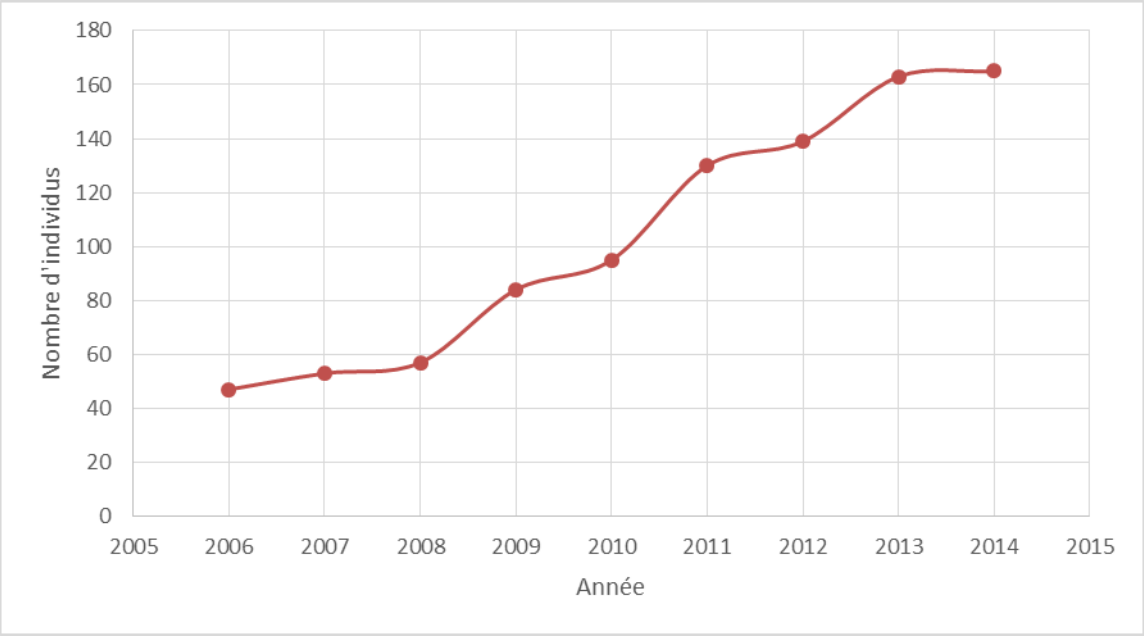



*Figure 4 : Nombre cumulé de nouveaux Globicéphales noirs photo-identifiés chaque année de prospection entre 2006 et 2014 dans le secteur d'étude.*

### 3.1.2 ***Estimation de l'abondance de la population***

La comparaison des 4 modèles sélectionnés, selon le critère AIC, indique que le modèle 2 avec survie constante et probabilité de détection année-dépendante est le meilleur modèle (Tableau 7).

Aucun effet de « trap-dependance » n'a été détecté par le test U-CARE.

*Tableau 7 : Résultats de l'AIC pour les 4 modèles testés.*

| **Modèle n°** | **1** | **2** | **3** | **4** |
|---|---|---|---|---|
| **AIC** | 124.50 | 123.71 | 136.29 | 136.94 |

#### 3.1.2.1 *Estimation de la survie des adultes*

L'estimation de la survie entre deux années est de 0.94 ± 0.13.

#### 3.1.2.2 *Probabilités de détection des adultes*

La probabilité de détection est plus importante en 2013 ainsi qu'en 2007. La détection semble très faible en 2008, 2010 et 2012. La probabilité de détection n'a pas été calculée en 2006 puisque c'est la première occasion de capture (Tableau 8). Il n'y a donc pas d'estimations d'effectif possible pour 2006, 2008, 2010 et 2012).

*Tableau 8 : Probabilité de détection des Globicéphales noirs dans le secteur d'étude estimée à chaque occasion de capture et leur erreur standard*

| Année | Probabilité de détection | SE |
|---|---|---|
| **2006** | - | - |
| **2007** | $4.85*10^{-2}$ | $3.42*10^{-2}$ |
| **2008** | $1.52*10^{-28}$ | $1.13*10^{-28}$ |
| **2009** | $2.21*10^{-2}$ | $2.35*10^{-2}$ |
| **2010** | $5.26*10^{-23}$ | $3.89*10^{-23}$ |
| **2011** | $3.20*10^{-2}$ | $2.76*10^{-2}$ |
| **2012** | $4.52*10^{-10}$ | $2.08*10^{-6}$ |
| **2013** | $6.44*10^{-2}$ | $4.49*10^{-2}$ |
| **2014** | $9.11*10^{-3}$ | $1.06*10^{-2}$ |

#### 3.1.2.3 *Estimation de l'effectif des adultes*

L'effectif moyen des Globicéphales noirs sur la période 2007-2014 a été estimé à 552 individus [IC 95% : 313-886]. Les effectifs annuels varient de 165 individus en 2007 [IC 95% : 61-288] à 1123 individus en 2011 [IC 95% : 780-1404] (Tableau 9).

Les effectifs ont eu une tendance à augmenter jusqu'en 2011 pour ensuite diminuer jusqu'en 2014 (Figure 5).

*Tableau 9 : Estimation des effectifs et intervalles de confiance par année du Globicéphale noir.*

| Année | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Effectif estimé [IC 95%]** | 165 [61-288] | - | 678 [338-1040] | - | 1123 [780-1404] | - | 465 [279-605] | 329 [109-1097] |

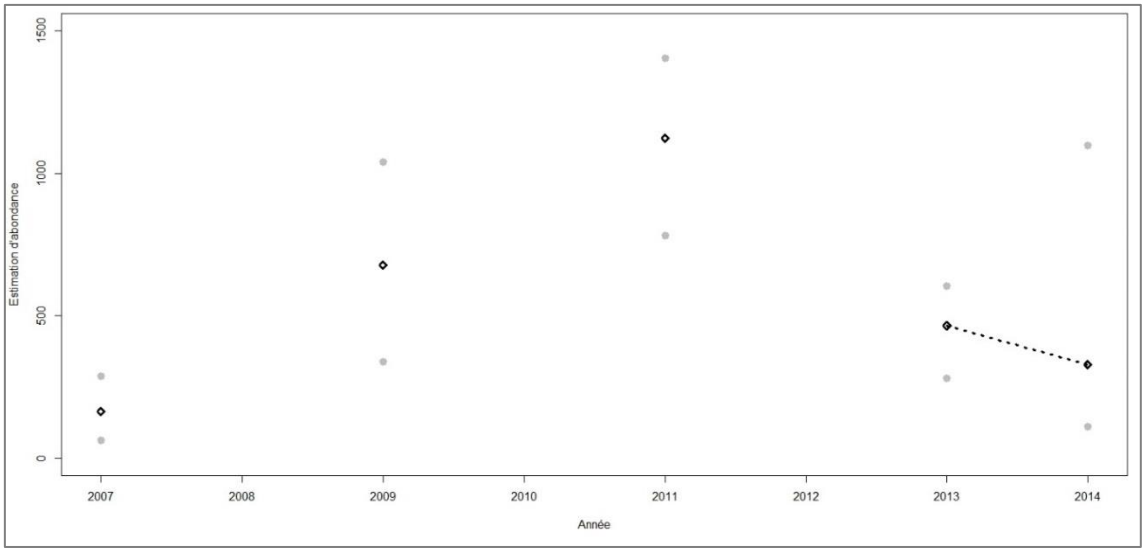



*Figure 5 : Effectifs des Globicéphales noirs estimés sur la période de 2007 à 2014 (± Intervalle de Confiance à 95%).*

#### 3.1.2.4 *Estimation de l'effectif total*

L'effectif total moyen des Globicéphales noirs dans la zone d'enquête, corrigé par la proportion d'individus total photo-identifiés, a été estimé à 1107 individus [IC 95% : 627-1777].

### 3.1.3 *Structure de la population)*

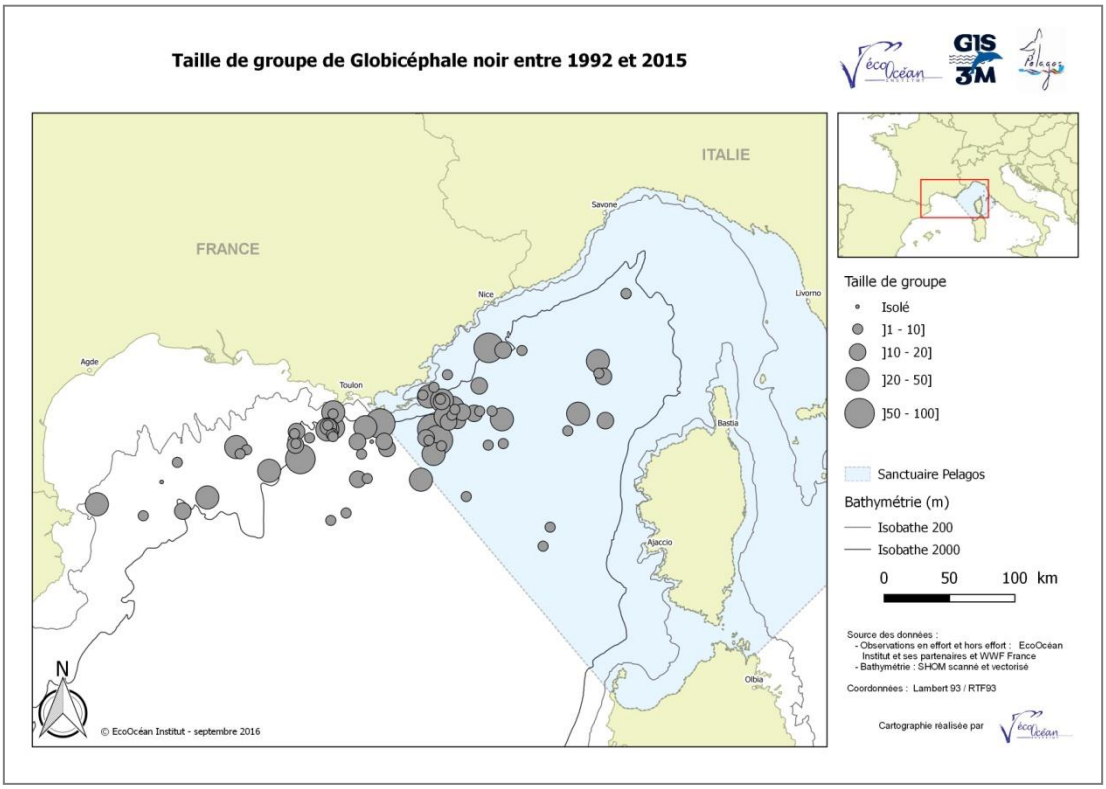
Le taux de recapture étant très faible (7%), il est difficile d'étudier une structure sociale.

Parmi les 13 individus recapturés, seuls 3 individus ont été vus 2 fois ensembles mais au sein de 2 groupes différents. En ce qui concerne les 10 autres individus, ils ont été recapturés séparément et jamais au sein du même groupe.

### 3.1.4 *Analyse spatio-temporelle de la structure de la population*

#### 3.1.4.1 *Etude de la taille des groupes*

La distribution des groupes de Globicéphales noirs (Carte 9) montre la présence de petits groupes (≤ à 10 individus) dans tous les secteurs pélagiques prospectés. A l'opposé, les grands groupes se concentrent essentiellement dans une bande d'environ 45MN de large du talus du Golfe du Lion à la mer Ligure. Enfin, on note que les zones où se localisent des grands groupes se trouvent également des groupes de petite taille, ce qui n'est pas le cas en sens inverse.




*Carte 9 : Taille des groupes de Globicéphale noir entre 1992 et 2015*

##### 3.1.4.1.1 <u>Evolution annuelle</u>

La taille moyenne de groupe des Globicéphales noirs rencontrés en Méditerranée nord-occidentale entre 1992 et 2015 est de 19,5 individus (Tableau 10). Cette taille moyenne semble fluctuer en fonction des années et atteint des valeurs maximales en 2006 et 2009 (Tableau 10 et Figure 6) : années où l'on note que respectivement 78% et 100% des groupes sont de grande taille (plus de 10 individus) avec des maximales de 70 individus (2009) et 100 individus (2006) (Carte 10 et Carte 11).

*Tableau 10 : Taille moyenne annuelle des groupes de Globicéphale noir observés entre 1992 et 2015*

| Année | Nb d'observation | Moyenne | Min | Max | Ecart-type |
|---|---|---|---|---|---|
| 1994 | 5 | 15.8 | 2 | 33 | 14.7 |
| 1995 | 9 | 10.0 | 1 | 26 | 8.1 |
| 1996 | 6 | 12.7 | 2 | 30 | 11.9 |
| 1997 | 8 | 17.8 | 3 | 44 | 13.5 |
| 2001 | 4 | 5.3 | 3 | 10 | 3.3 |
| 2005 | 2 | 14.5 | 9 | 20 | 7.8 |
| 2006 | 9 | 48.0 | 10 | 100 | 36.1 |
| 2007 | 6 | 11.0 | 5 | 30 | 9.6 |
| 2008 | 4 | 19.8 | 15 | 27 | 5.3 |
| 2009 | 3 | 41.7 | 15 | 70 | 27.5 |
| 2010 | 4 | 16.0 | 3 | 30 | 11.2 |
| 2011 | 6 | 17.8 | 1 | 60 | 22.8 |
| 2012 | 3 | 9.0 | 3 | 18 | 7.9 |
| 2013 | 2 | 28.5 | 12 | 45 | 23.3 |
| 2014 | 3 | 20.7 | 5 | 50 | 25.4 |
| 2015 | 5 | 16.4 | 3 | 50 | 19.4 |
| **Global** | **79** | **19.5** | **1** | **100** | **21.0** |

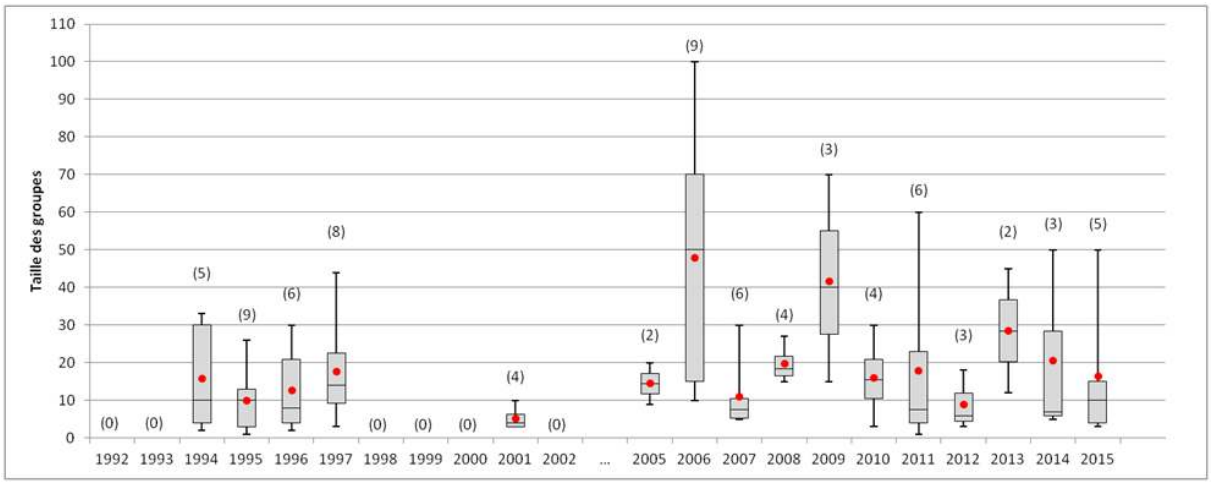
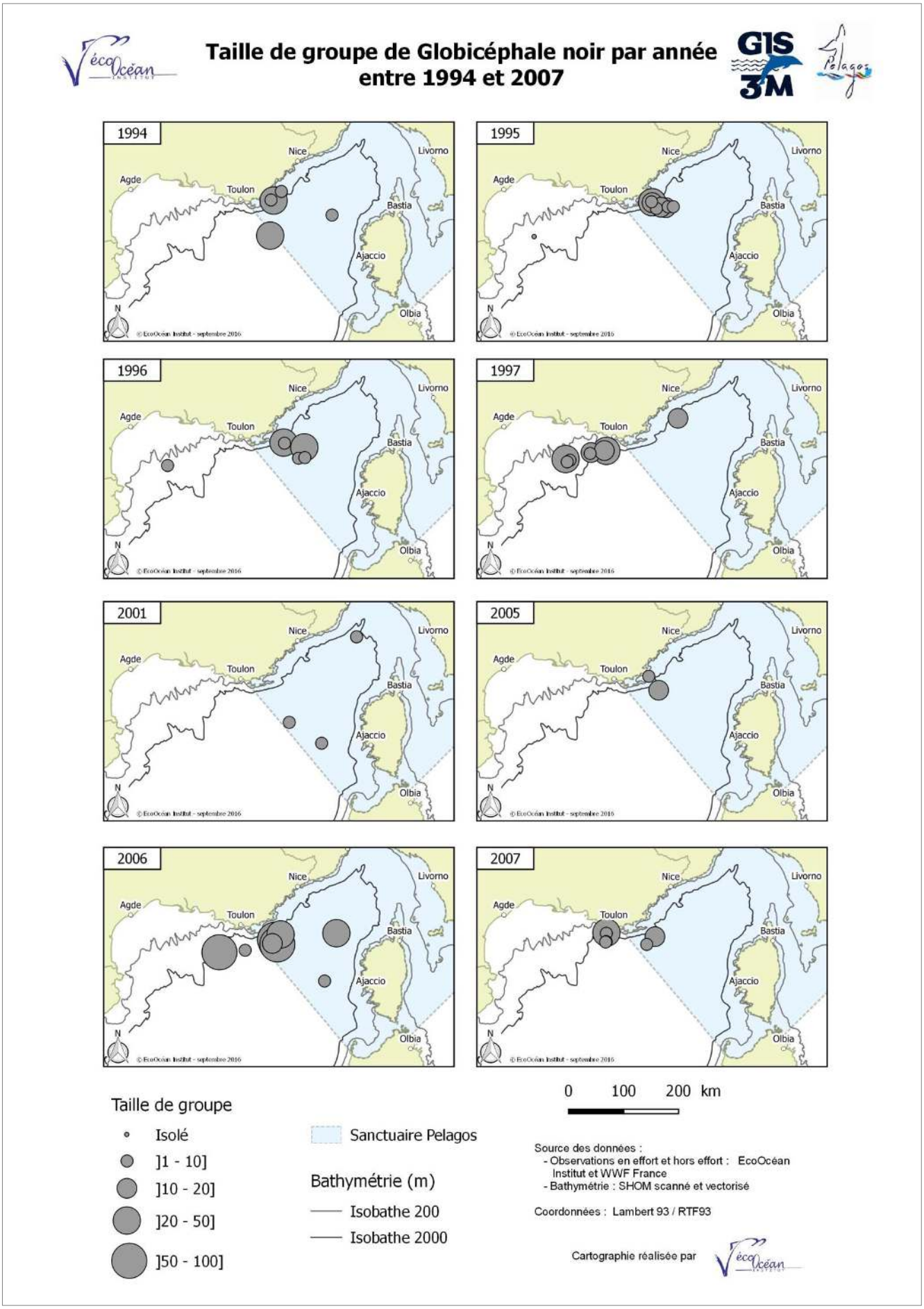
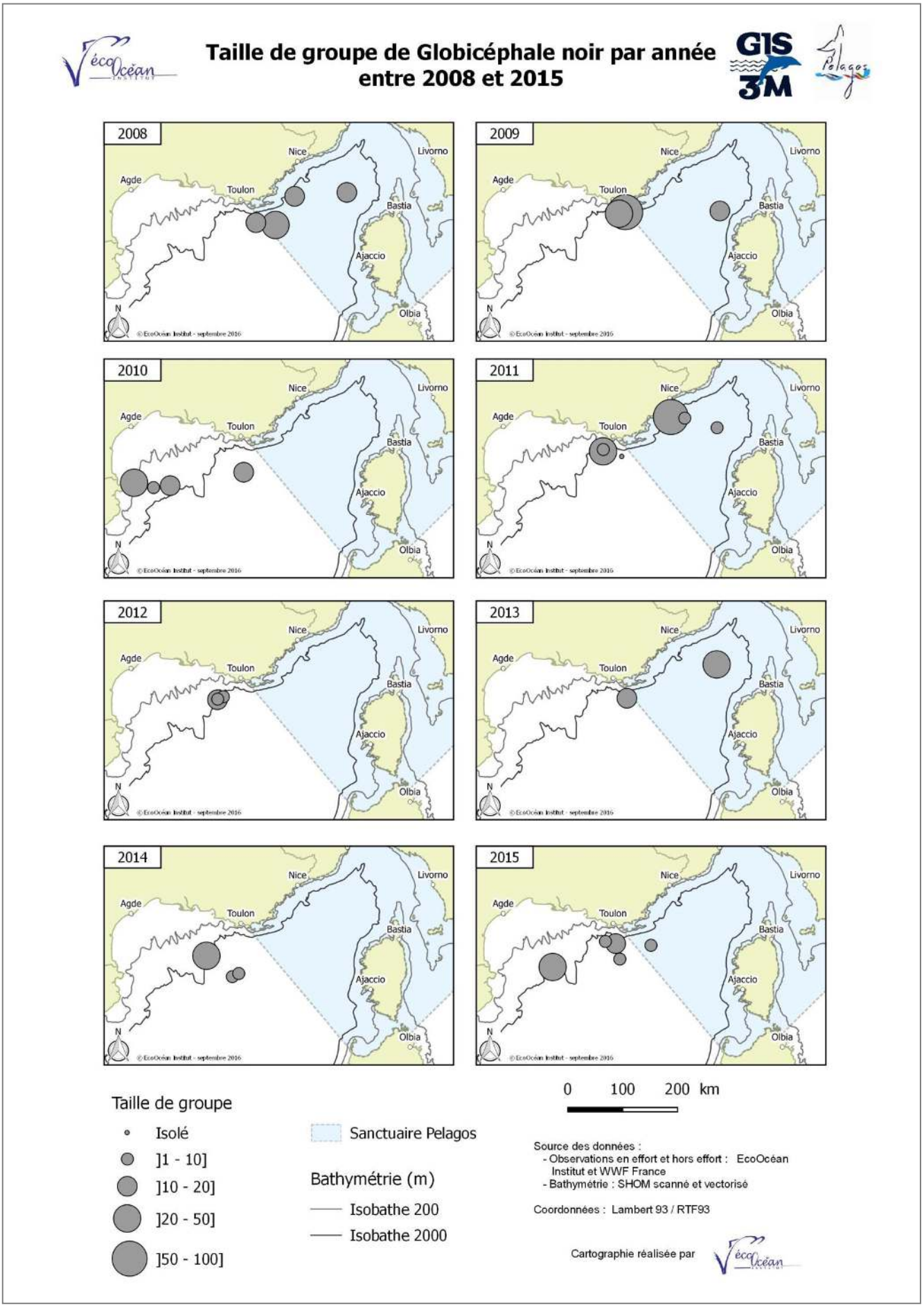



*Figure 6 : Diagramme en boîte représentant la variation des tailles de groupes de Globicéphale noir par année, entre 1992 et 2015 en Méditerranée nord-occidentale. Le rectangle représentant la limite du 1er et du 3ème quartile, et le trait central la médiane, le point rouge représente la moyenne et N est donné entre parenthèses.*

Enfin, on observe que spatialement, les groupes de Globicéphales ne sont pas rencontrés dans les mêmes secteurs toutes les années et ce, quel que soit l'effort considéré (Carte 10 et Carte 11). En effet, si l'on compare par exemple les années comprises entre 2010 et 2013 où l'effort effectué recouvrait spatialement des secteurs très semblables (cf. § 2.1.3), on remarque que les groupes de Globicéphales rencontrés se trouvent dans des secteurs qui sont différents d'une année à l'autre (Carte 11).




*Carte 10 : Taille de groupe de Globicéphale noir par année entre 1994 et 2007 en Méditerranée nord-occidentale*




*Carte 11 : Taille de groupe de Globicéphale noir par année entre 2008 et 2015 en Méditerranée nord-occidentale*

#### 3.1.4.1.2 Evolution saisonnière

Les Globicéphales noirs n'ont été rencontrés qu'en été et à l'automne malgré un effort de prospection important au printemps et faible en hiver (cf §2.1.3, Carte 6). Bien que les tailles de groupes maximales de cette espèce soient bien plus importantes en été (maxi 100 individus) qu'en automne (maxi 27 individus), les moyennes saisonnières sont peu différentes entre ces deux saisons : respectivement 19,6 et 16,5 individus par groupe (Tableau 11 et Figure 7).

*Tableau 11 : Taille moyenne saisonnière des groupes de Globicéphale noir entre 1992 et 2015*

| Saison | Nb d'observation | Moyenne | Min | Max | Ecart-type |
|---|---|---|---|---|---|
| Eté | 75 | 19.6 | 7 | 27 | 8.2 |
| Automne | 4 | 16.5 | 1 | 100 | 21.4 |

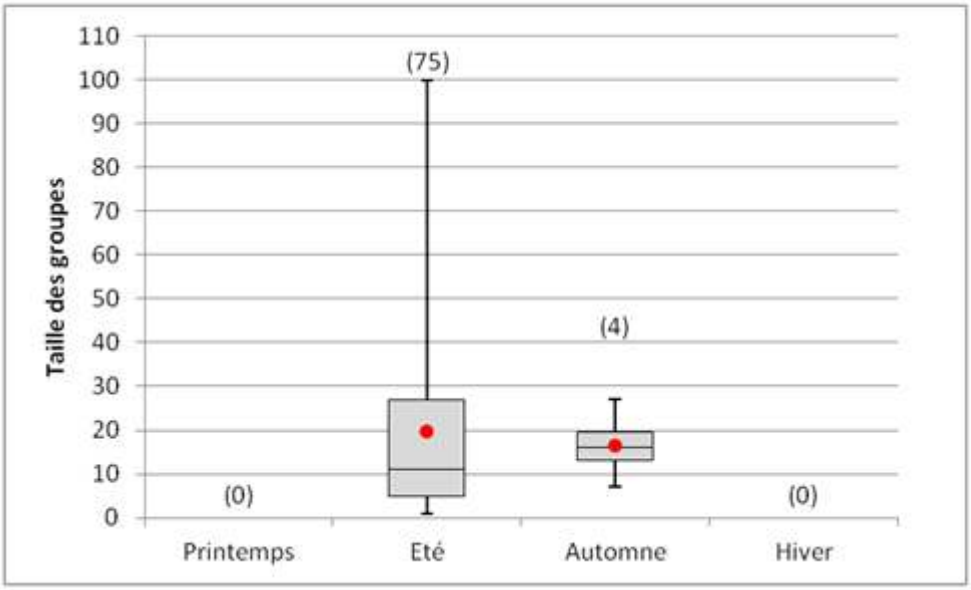
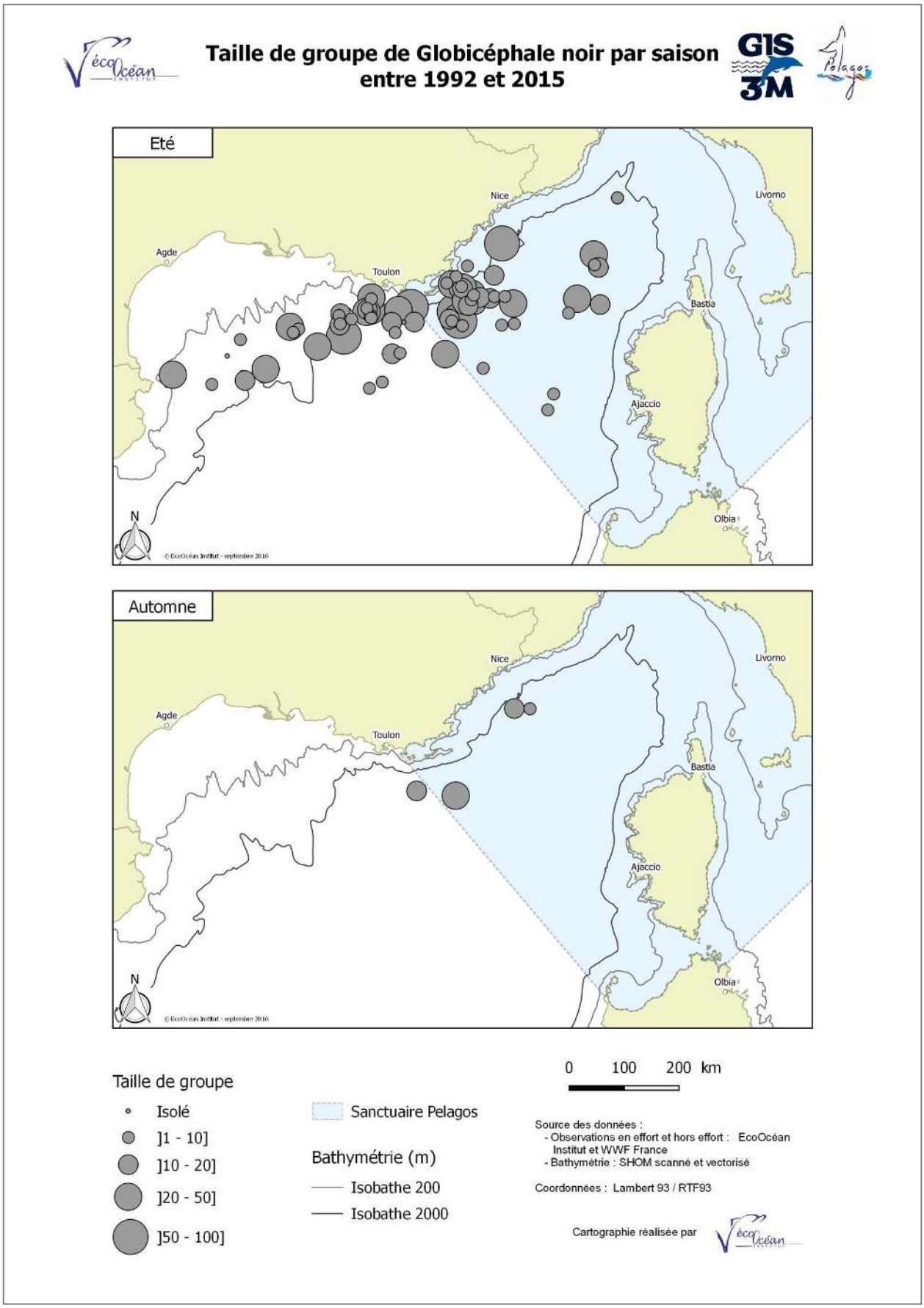



*Figure 7 : Diagramme en boîte représentant la variation des tailles de groupes de Globicéphale noir par saison, entre 1992 et 2015 en Méditerranée nord-occidentale. Le rectangle représentant la limite du 1er et du 3ème quartile, et le trait central la médiane, le point rouge représente la moyenne et N est donné entre parenthèses.*

Spatialement, la distribution saisonnière des groupes de Globicéphales noirs (Carte 12) montre en été la présence de petits groupes (≤ à 10 individus) dans tous les secteurs pélagiques prospectés. A l'opposé, les grands groupes se concentrent essentiellement dans une bande d'environ 45MN de large du talus du Golfe du Lion à la mer Ligure. Durant cette saison les zones où se trouvent les grands groupes accueillent aussi des groupes de petite taille, ce qui n'est pas toujours le cas en sens inverse.

En automne, par contre, les observations sont moins nombreuses qu'en été (Tableau 11) et se localisent dans un secteur plus restreint situé sur des fonds de plus de 2000 m entre Toulon et Nice (Carte 12). Un seul petit groupe a été observé au large de Nice.




*Carte 12 : Taille de groupe de Globicéphale noir par saison entre 1992 et 2015 en Méditerranée nord-occidentale*

#### 3.1.4.1.3 Evolution mensuelle

Sur les neuf mois prospectés, seuls cinq présentent des observations de Globicéphales noirs : juin à octobre (Figure 8 ; cf.§2.1.3.3 Carte 5). Les mois de juillet et septembre sont les mois où la taille moyenne de groupe est la plus élevée. Cependant bien que la taille moyenne maximale soit observée en septembre, c'est en juillet que les tailles de groupes maximales sont atteintes (Tableau 12). En juin et octobre les quelques groupes observés étaient de petite taille. Enfin on note que de juillet à septembre les grands groupes et les petits groupes de moins de 10 individus sont le plus souvent vus dans les mêmes secteurs.

*Tableau 12 : Taille moyenne mensuelle des groupes de Globicéphale noir entre 1992 et 2015*

| | Nb d'observation | Moyenne | Min | Max | Ecart-type |
|---|---|---|---|---|---|
| Juin | 1 | 1.0 | 1 | 1 | - |
| Juillet | 36 | 21.8 | 1 | 100 | 25.6 |
| Août | 21 | 14.0 | 2 | 50 | 12.3 |
| Septembre | 20 | 22.6 | 2 | 60 | 19.0 |
| Octobre | 1 | 7.0 | 7 | 7 | - |

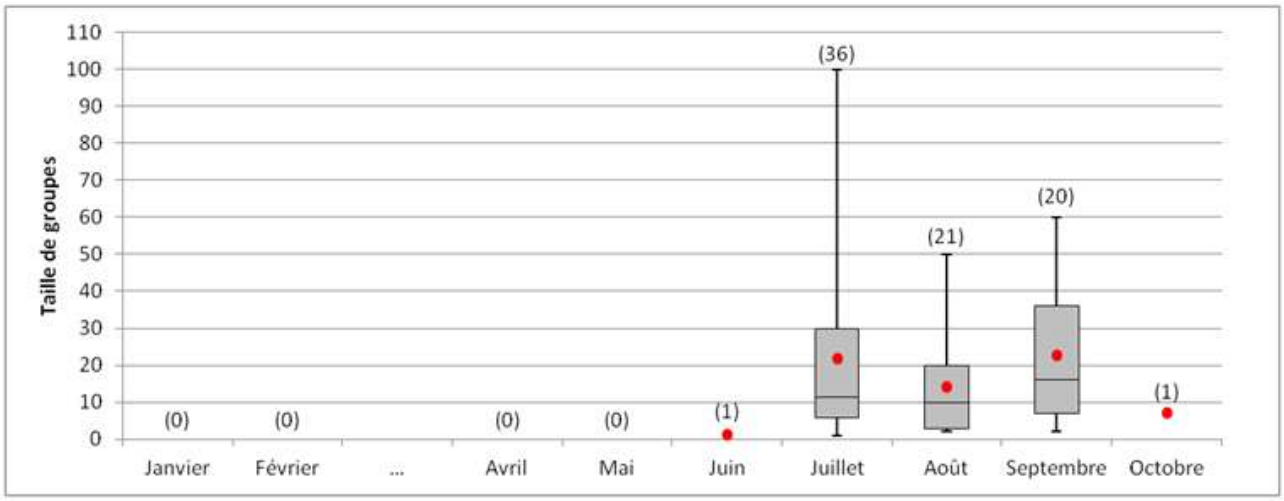
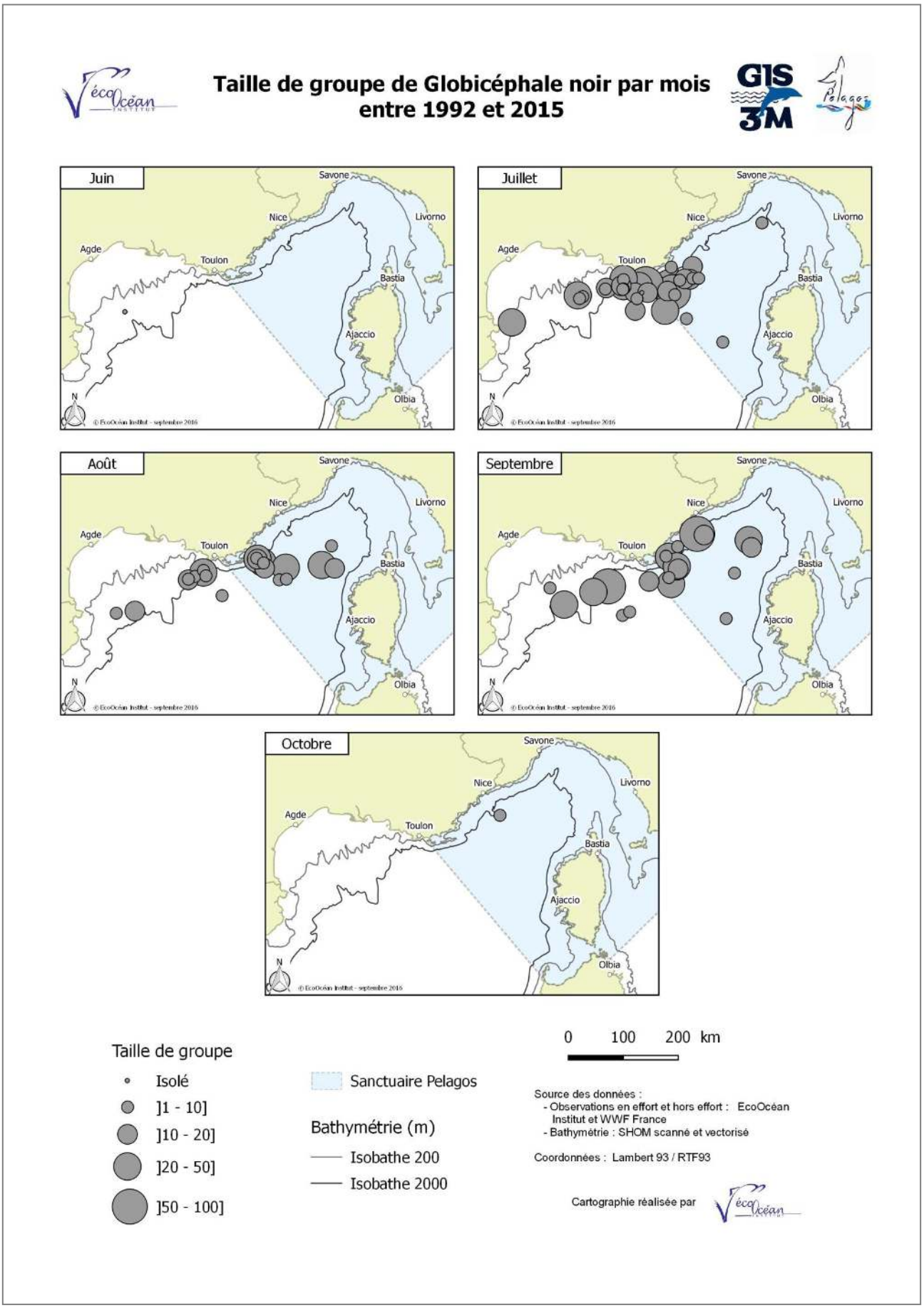



*Figure 8 : Diagramme en boîte représentant la variation des tailles de groupes de Globicéphale noir par mois, entre 1992 et 2015 en Méditerranée nord-occidentale. Le rectangle représentant la limite du 1er et du 3ème quartile, et le trait central la médiane, le point rouge représente la moyenne et N est donné entre parenthèses.*

Tout au long des mois les groupes de Globicéphales noirs semblent se distribuer de façon différente en Méditerranée nord-occidentale (Carte 13). En effet, quel que soit le mois considéré, on note que l'effort d'observation se réparti dans l'ensemble de la Méditerranée nord-occidentale (cf. Carte 5). Cependant la distribution des groupes de Globicéphales noirs varie mensuellement. Ainsi, en juin bien que l'effort soit important dans l'ensemble de la zone d'étude la seule observation a été faite au large du Golfe du Lion. De même, malgré un effort mensuel important très semblable dans l'ensemble de la zone d'étude entre juillet et septembre, on note que les groupes de Globicéphales sont majoritairement plus à l'Ouest en juillet, et s'étalent dans toute la zone en août et septembre. Puis ils se localisent plus à l'Est en octobre malgré un effort réparti dans la zone Ligure et Provençale (Carte 13).




*Carte 13 : Taille de groupe de Globicéphale noir par mois entre 1992 et 2015 en Méditerranée nord-occidentale*

#### 3.1.4.2 *Composition des groupes*

##### 3.1.4.2.1 Evolution temporelle

A l'exception de 2001, où seuls des adultes ont été vus, on remarque qu'en Méditerranée nord-occidentale les groupes de Globicéphales noirs observés présentent en général des jeunes individus et régulièrement des nouveau-nés quelle que soit l'année considérée (Figure 9). Entre 1992 et 2015 on note en moyenne, dans les groupes de Globicéphales rencontrés, que les nouveau-nés représentent 3,8% des individus, les jeunes 11,1% et les adultes et subadultes 85,1%.

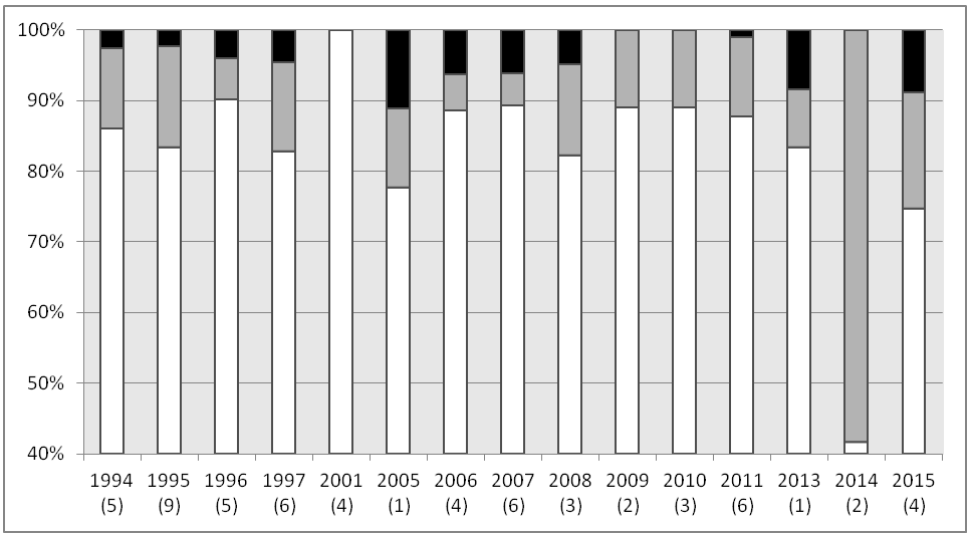



*Figure 9 : Composition annuelle des groupes de Globicéphale noir entre 1992-2015 en Méditerranée nord-occidentale. La partie blanche du graphe représente le % d'adulte, en gris le % de jeune et en noir le % de nouveau-nés. Le nombre d'observations en effort et hors effort donné entre parenthèse sous chaque année.*

Globalement on remarque qu'en été les nouveau-nés représentent un pourcentage des individus plus important qu'en automne : 4% en été contre 1,5% en automne. A l'inverse les jeunes représentent une part plus élevée en automne, soit 18,2% des individus contre 10,5% en été (Figure 10).

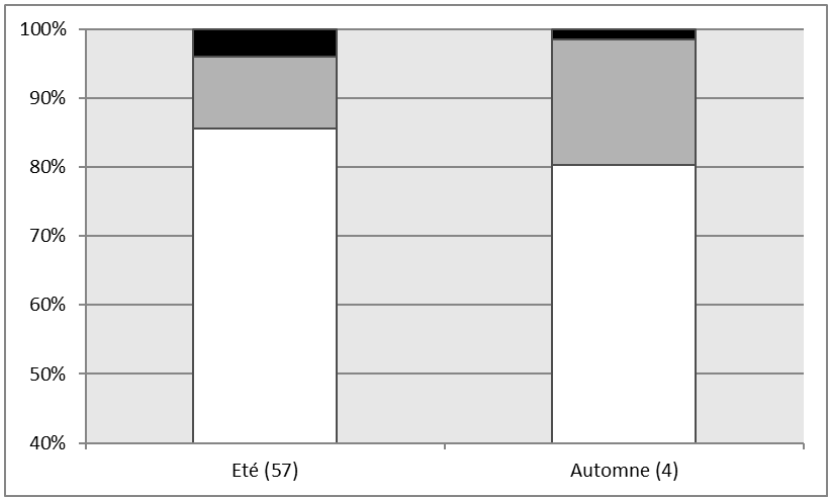



*Figure 10 : Composition saisonnière des groupes de Globicéphale noir entre 1992-2015 en Méditerranée nord-occidentale. La partie blanche du graphe représente le % d'adulte, en gris le % de jeune et en noir le % de nouveau-nés. Le nombre d'observations en effort et hors effort donné entre parenthèse sous chaque saison.*

Par ailleurs, si aucun nouveau-né n'a été vu en juin et octobre, la proportion de ceux-ci dans les groupes en juillet et août est très similaire (respectivement 3,4 et 3,5%) et légèrement plus importante en septembre (4,4%) (Figure 11). De même la présence de jeunes dans les groupes apparait seulement en juillet avec des proportions semblables en juillet et en août : respectivement 10,1% et 9,5%. En septembre cette proportion augmente (12,4%) jusqu'à atteindre un maximum en octobre de 42,9% des individus.

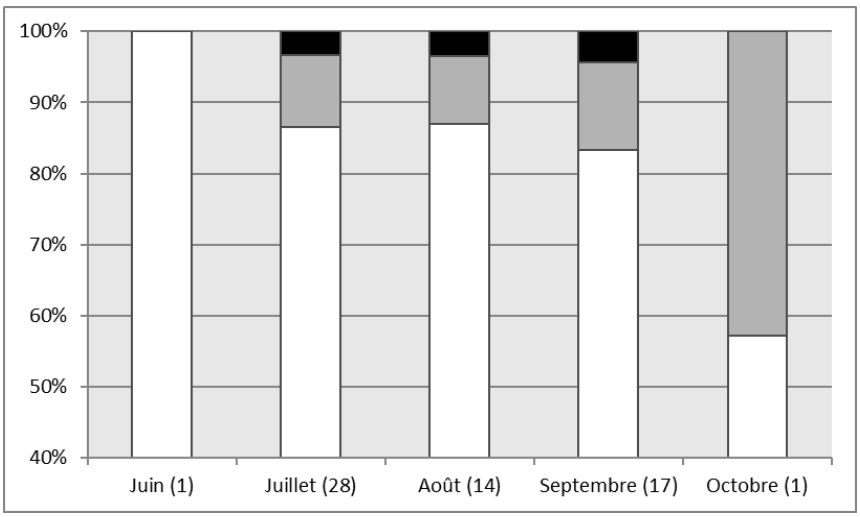



*Figure 11 : Composition mensuelle des groupes de Globicéphale noir entre 1992-2015 en Méditerranée nord-occidentale. La partie blanche du graphe représente le % d'adulte, en gris le % de jeune et en noir le % de nouveau-nés. Le nombre d'observations en effort et hors effort donné entre parenthèse sous chaque mois.*

Enfin, la Figure 12 montre que le pourcentage de jeunes dans les groupes de Globicéphale noir est très similaire au cours des deux décennies (respectivement 11% et 11,2% des groupes) et que, la proportion de nouveau-nés a légèrement augmenté (respectivement 3,1% et 4,2% des groupes) dans notre zone d'étude.

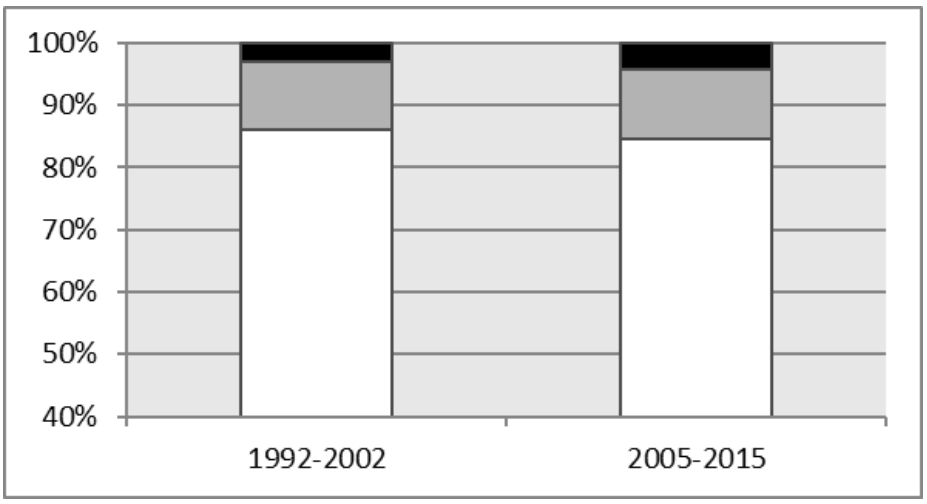
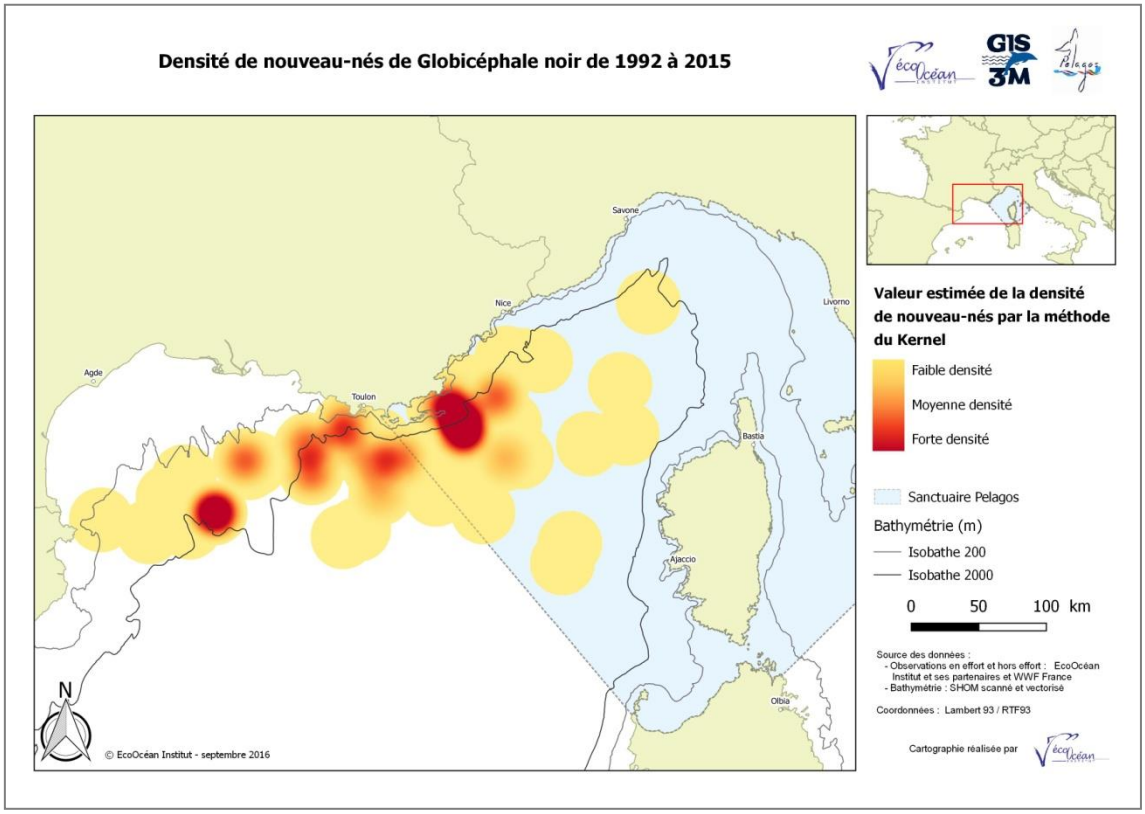


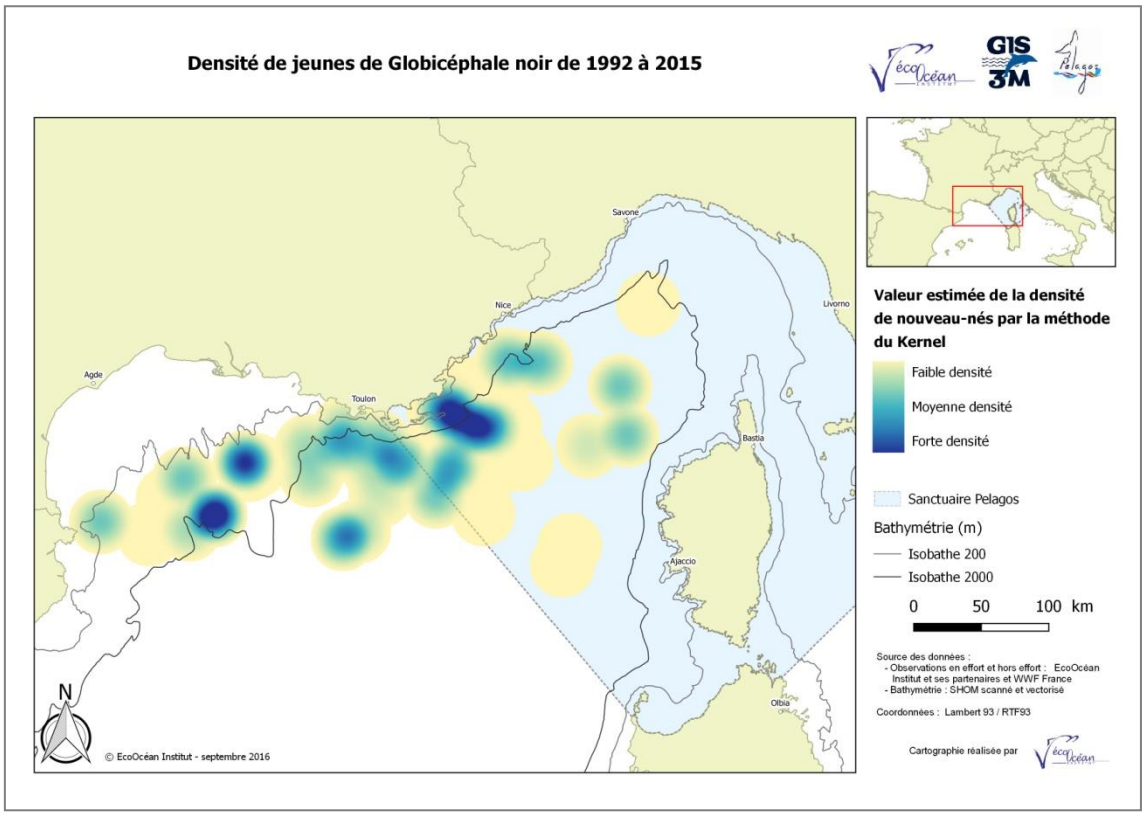

*Figure 12 : Composition des groupes de Globicéphale noir durant 2 décennies entre 1992-2015 en Méditerranée nord-occidentale. La partie blanche du graphe représente le % d'adulte, en gris le % de jeune et en noir le % de nouveau-nés. Le nombre d'observations en effort et hors effort donné entre parenthèse sous chaque mois*

#### 3.1.4.2.2 Evolution spatiale

Dans ce paragraphe nous avons voulu mettre en évidence si les Globicéphales noirs utilisaient des zones préférentielles pour mettre bas et/ou s'il existait une ségrégation spatiale des groupes comportant des jeunes. Les analyses montrent , globalement, qu'entre 1992 et 2015, les densités maximales de nouveau-nés se situent dans une bande d'environ 25MN de large allant du large du Golfe du Lion (au sud de la Camargue) au large de Cannes (Carte 14). Par contre la présence des jeunes semble se répartir sur une plus large zone qui s'étire plus à l'Est qu'à l'Ouest de la zone précédente, même si on note que les densités maximales se situent dans un secteur très semblable à celui des nouveau-nés (Carte 15).

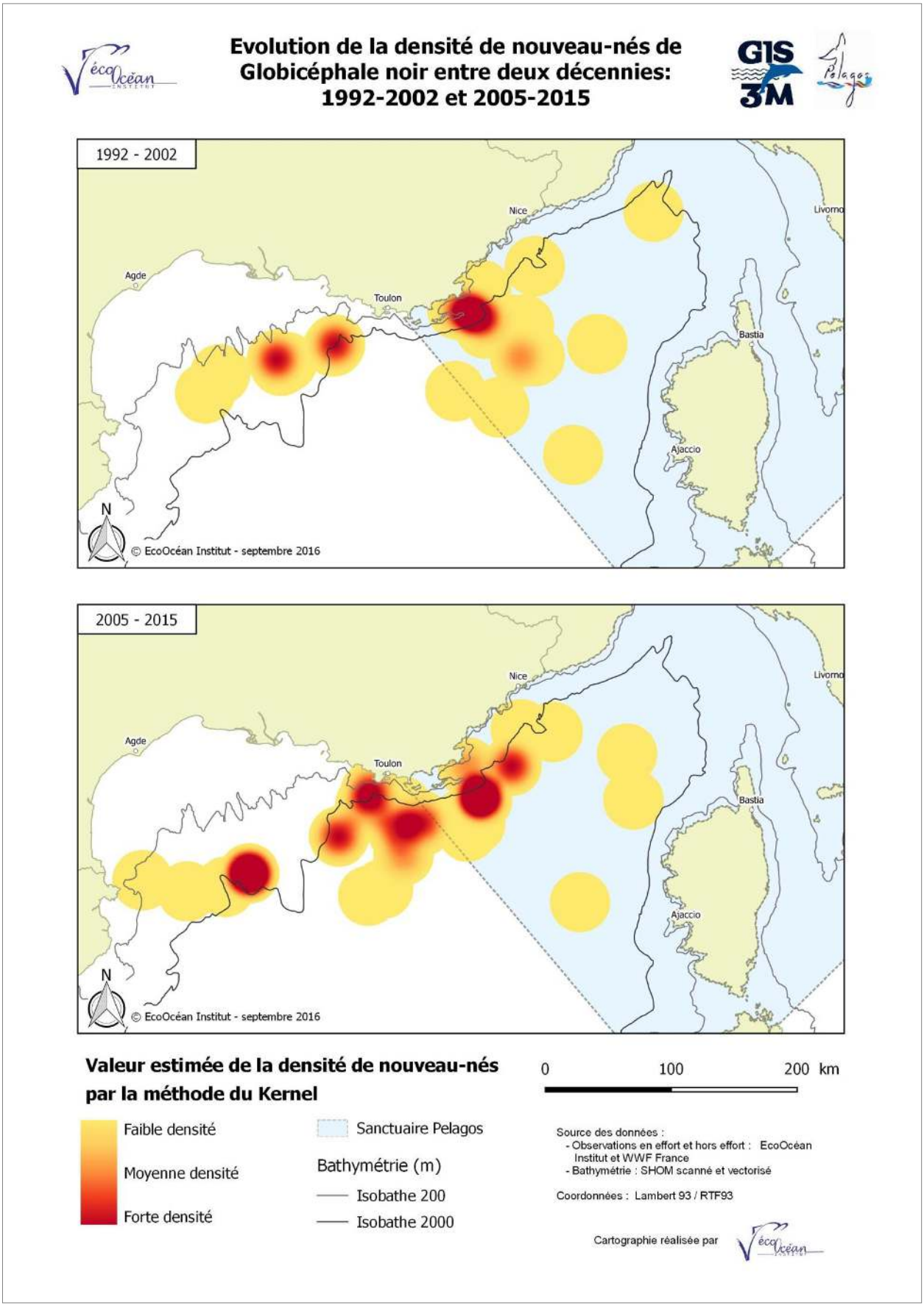



*Carte 14 : Densité de nouveau-nés de Globicéphale noir entre 1992 et 2015 en Méditerranée nord-occidentale*

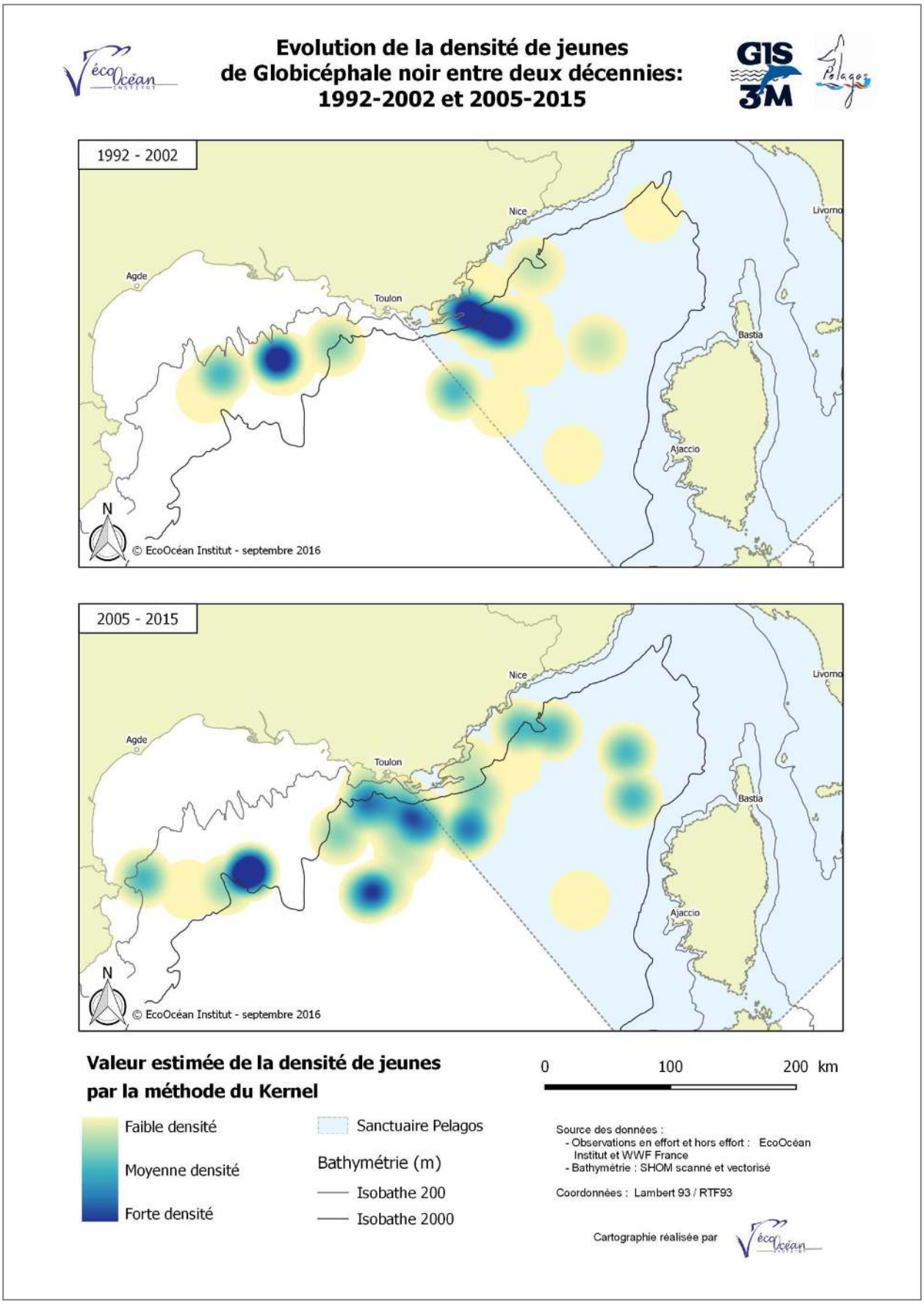



*Carte 15 : Densité de jeunes de Globicéphale noir entre 1992 et 2015 en Méditerranée nord-occidentale*

Par ailleurs, si l'on compare les deux décennies (1992-2002 et 2005-2015) on observe que la distribution spatiale des densités de nouveau-nés de Globicéphales noirs a varié (Carte 16). En effet, entre 1992 et 2002 les maximums de densité de nouveau-nés se répartissent à l'Est et à l'Ouest du secteur varois majoritairement sur le talus. Par contre entre 2005 et 2015 ces densités maximales se localisent dans un secteur plus étalé (une bande d'environ 20MN de large) allant du large du Golfe du Lion (au sud de la Camargue) au large de Cannes et situé sur des fonds plus importants au-delà du talus inférieur (Carte 16). La même tendance est observée pour la distribution des densités maximales de jeunes entre les deux décennies bien que les jeunes semblent se répartir sur une zone plus étendue à l'Est et à l'Ouest et plus au large.




*Carte 16 : Evolution de la densité de nouveau-nés de Globicéphale noir entre deux décennies: 1992-2002 et 2005-2015 en Méditerranée nord-occidentale*




*Carte 17 : Evolution de la densité de jeunes de Globicéphale noir entre deux décennies: 1992-2002 et 2005-2015 en Méditerranée nord-occidentale:*

#### 3.1.4.3 *Relation entre la taille et la composition des groupes*

On observe qu'entre 1992 et 2015 la taille de groupe des Globicéphales noirs est significativement corrélée au nombre de jeunes et de nouveau-nés et que plus les groupes sont importants et plus on observe un nombre élevé de jeunes et de nouveau-nés (Figure 13 et Figure 14). Globalement les groupes ne présentant ni jeunes ni nouveau-nés n'excèdent jamais la taille de 10 individus et ont en moyenne une taille de 4,3 individus. Par contre des groupes de moins de 10 individus peuvent parfois abriter des nouveau-nés ou des jeunes mais cela reste dans des proportions assez faibles : respectivement 10.5% et 25% des groupes. Par ailleurs, les groupes présentant des nouveau-nés ont une taille moyenne de 22,9 individus et cette taille moyenne semble avoir légèrement évolué dans le temps puisqu'elle était de 24,7 individus entre 1992- et 2002 et qu'elle est de 22,1 individus entre 2005 et 2015 (Tableau 13).Les groupes présentant des jeunes quant à eux comportent en moyenne 19,8 individus, avec une taille en moyenne moins importante entre 1992 et 2002 et légèrement supérieure entre 2005 et 2015 (Tableau 13).

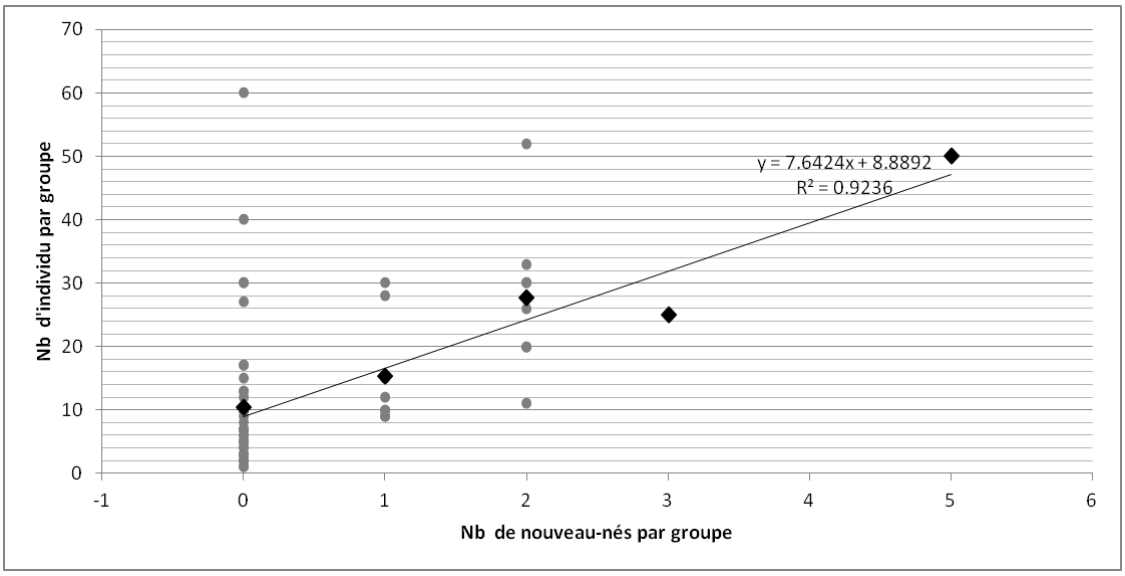



*Figure 13 : Relation entre la taille de groupe des Globicéphale noir et le nombre de nouveau-nés dans le groupe entre 1992 et 2015 en Méditerranée nord-occidentale. ( ● : le nombre d'individu par groupe (avec N=61), ♦ : la moyenne du nombre d'individu en fonction du nombre de nouveau-né et le trait noir est la régression linéaire de la moyenne).*

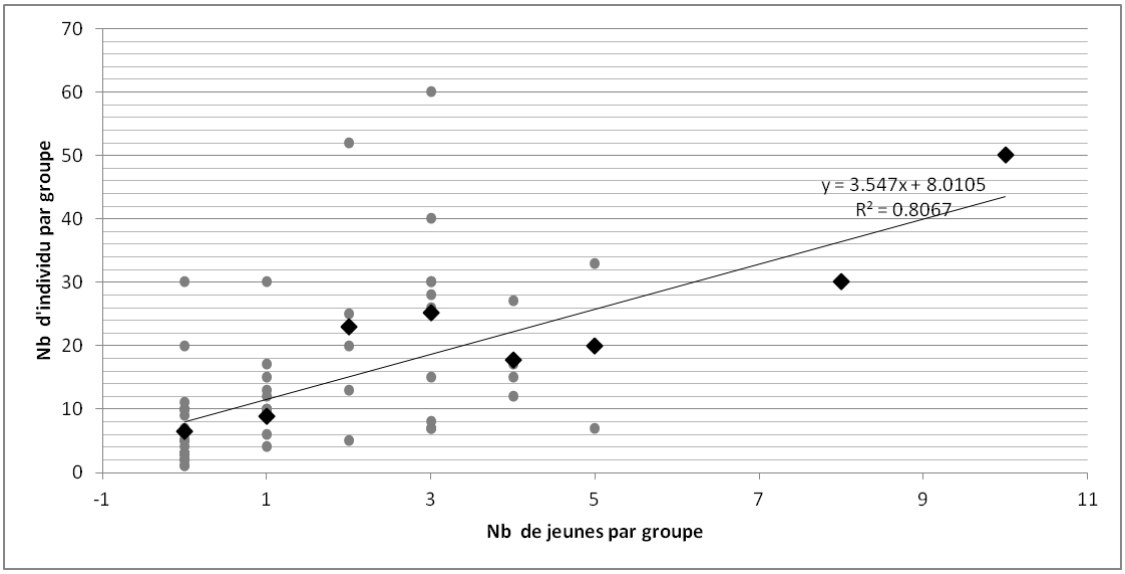



*Figure 14 : Relation entre la taille de groupe des Globicéphale noir et le nombre de jeunes dans le groupe entre 1992 et 2015 en Méditerranée nord-occidentale. ( ● : le nombre d'individu par groupe (avec N=61), ♦ : la moyenne du nombre d'individu en fonction du nombre de jeunes et le trait noir est la régression linéaire de la moyenne).*

*Tableau 13 : Taille moyenne des groupes de Globicéphales noirs en fonctions de la présence de nouveau-nés ou de jeunes*

| | **1992-2002** | | | **2005-2015** | | | **Global** | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | N | Taille moyenne de groupes | σ | N | Taille moyenne de groupes | σ | N | Taille moyenne de groupes | σ |
| Groupe **sans** nouveau-né | 23 | 7,8 | 6,8 | 19 | 13,6 | 15,3 | 42 | 10,4 | 11,7 |
| Groupe **avec** nouveau-né | 6 | 24,7 | 8,9 | 13 | 22,1 | 14,6 | 19 | 22,9 | 12,9 |
| Groupe **sans** des jeunes | 17 | 6,1 | 6,8 | 8 | 7,3 | 6,2 | 25 | 6,4 | 6,5 |
| Groupe **avec** des jeunes | 12 | 18,8 | 9,0 | 24 | 20,3 | 16,2 | 36 | 19,8 | 14,1 |

#### 3.1.4.4 *Taux de reproduction*

En moyenne sur les deux décennies le taux de reproduction est de 3,78 % dans notre zone d'étude. Cependant, ce taux de reproduction se montre plus faible entre 1992 et 2002 qu'entre 2005 et 2015 où il atteint un maximum de 4,22% (Tableau 14).

*Tableau 14 : Taux de reproduction du Globicéphale noir entre 1992 et 2015*

| | **Taux reproduction** | **Nb estimé d'individu** | **Nb de nouveau-né** |
|---|---|---|---|
| 1992-2002 | 3,05% | 328 | 10 |
| 2005-2015 | 4,22% | 545 | 23 |
| **Total** | **3,78%** | **873** | **33** |

## 3.2 Le Cachalot

Durant cette étude, la majorité des observations de Cachalot ont été faites entre 2006 et 2014 (Tableau 4). 2008 fut l'année la plus favorable pour l'observation (31 observations avec 39 individus) mais c'est en 2013 où le plus grand nombre d'individus a été comptabilisé soit 63 individus.

### 3.2.1 *Photo-identification et dénombrement des Cachalots rencontrés*

Au cours de la période d'étude (2006-2014) ainsi que dans le secteur d'étude, 361 photo-identifications ont été réalisées. Suite à la notation des photos, 85 photo-identifications ont été conservées.

Un total de 67 individus différents ont été photo-identifiés et seuls 11 de ces individus ont été capturés plusieurs fois (Figure 15). Le taux de recapture global est de 12% (Tableau 15).

*Tableau 15 : Caractéristiques des analyses de photo-identification des Cachalots dans le secteur d'étude*

| Année | Nombre de photo-identifications | Nombre de recaptures intra-annuel | Nombre de recaptures interannuel | Taux de recapture (en %) |
|---|---|---|---|---|
| **2006** | 2 | 0 | 0 | 0 |
| **2007** | 10 | 0 | 0 | 0 |
| **2008** | 3 | 1 | 0 | 0 |
| **2009** | 5 | 0 | 0 | 0 |
| **2010** | 3 | 0 | 0 | 0 |
| **2011** | 18 | 1 | 0 | 0 |
| **2012** | 14 | 4 | 3 | 16.7 |
| **2013** | 13 | 0 | 3 | 23.0 |
| **2014** | 17 | 2 | 4 | 23.5 |
| **Total** | 85 | 8 | 10 | 11.8 |

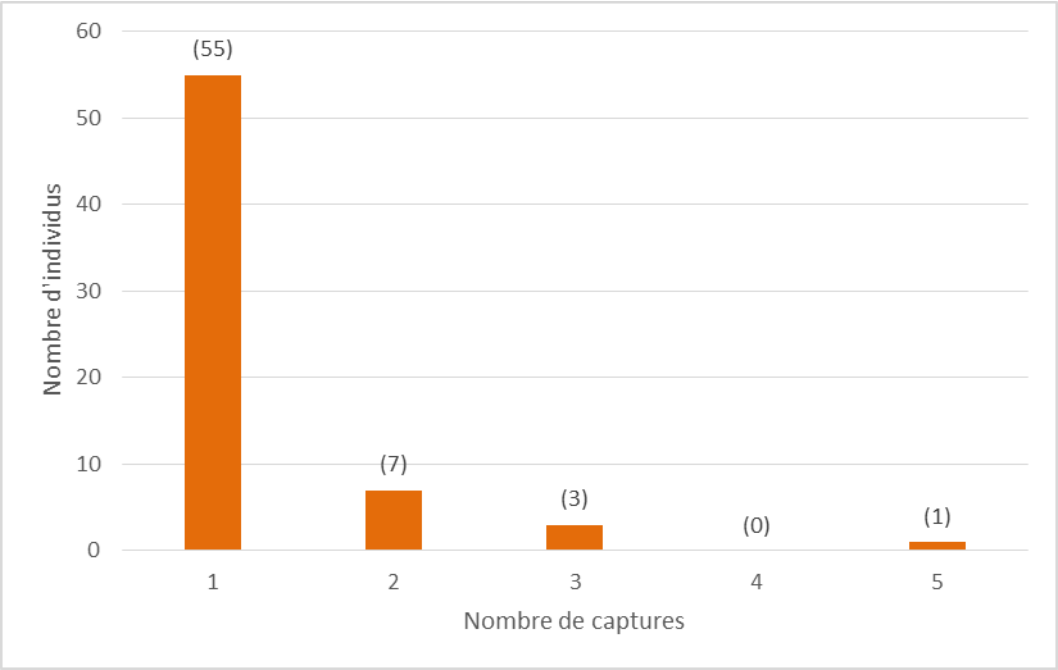



*Figure 15 : Nombre de Cachalots capturés entre 2006 et 2014 dans le secteur d'étude en fonction du nombre de captures par individu. Nombre d'individus noté entre parenthèses.*

La courbe de découverte de nouveaux individus indique un nombre de nouvelles identifications toujours croissant (Figure 16).

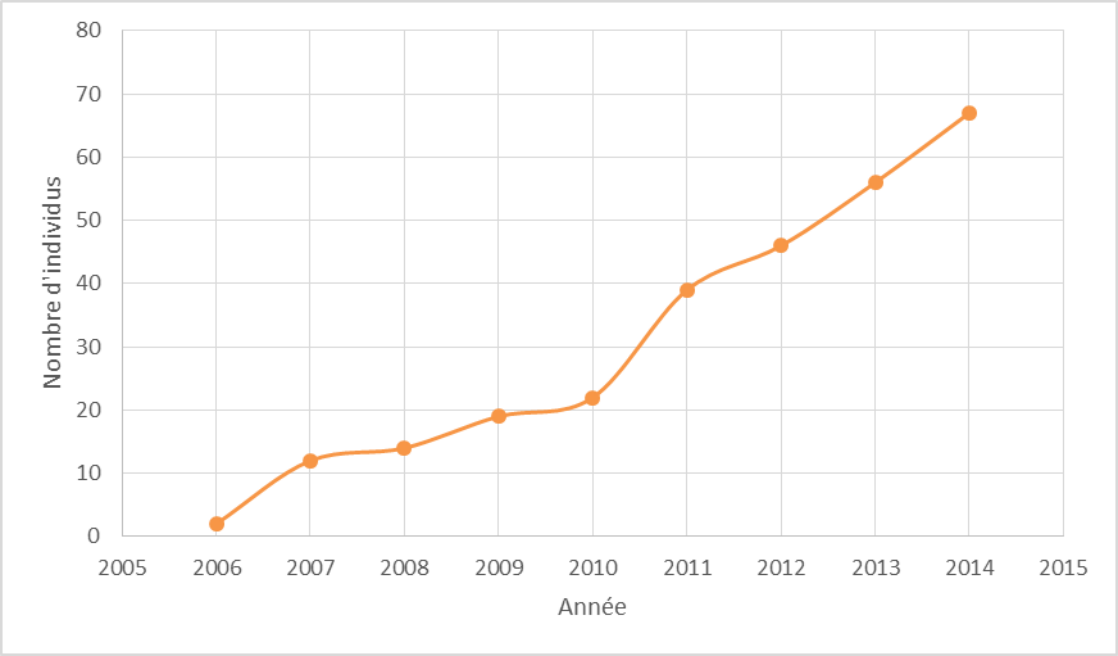
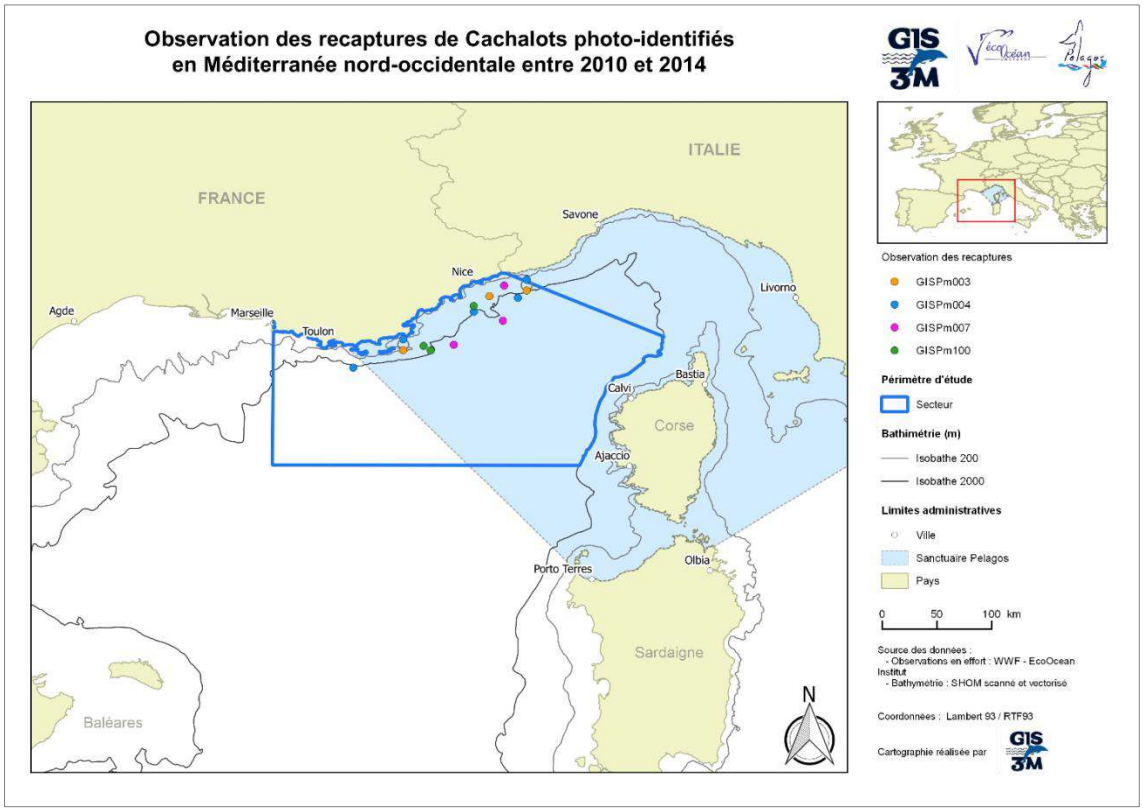



*Figure 16 : Nombre cumulé de nouveaux Cachalots photo-identifiés chaque année de prospection entre 2006 et 2014 dans le secteur d'étude.*

La localisation des observations des individus capturés au moins 3 fois ne montre pas de préférence des individus pour une zone précise du secteur d'étude (Carte 18). L'intervalle entre 2 captures est variable et compris de 2 mois à 2 ans (Tableau 16).




*Carte 18 : Distribution spatiale des recaptures de Cachalots photo-identifiés entre 2010 et 2014 dans le secteur d'étude.*

*Tableau 16 : Date d'observations des individus Cachalots capturés au moins 3 fois.*

| | 1ère capture | 2ème capture | 3ème capture | 4ème capture | 5ème capture |
|---|---|---|---|---|---|
| **GISPm003** | 03/06/20012 | 19/09/2012 | 11/08/2014 | - | - |
| **GISPm004** | 07/08/2009 | 03/06/2012 | 19/09/2012 | 28/08/2013 | 30/07/2014 |
| **GISPm007** | 20/07/2010 | 13/06/2012 | 10/06/2014 | - | - |
| **GISPm100** | 01/08/2011 | 08/10/2011 | 10/08/2012 | - | - |

### 3.2.2 *Abondance de la population*

La comparaison des 4 modèles sélectionnés, selon le critère AIC, indique que le modèle 1 avec survie et probabilité de détection constantes est le meilleur modèle (Tableau 17). Aucun effet de « trap-dependance » n'a été détecté par le test U-CARE.

*Tableau 17 : Résultats de l'AIC pour les 4 modèles testés.*

| Modèle n° | 1 | 2 | 3 | 4 |
|---|---|---|---|---|
| **AIC** | 75.45 | 81.54 | 81.79 | 100.75 |

#### 3.2.2.1 *Estimation de la survie des adultes*

La constante de l'estimation de la survie entre deux années est de 0.63 ± 0.13.

#### 3.2.2.2 *Probabilité de détection des adultes*

La constante de la probabilité de détection est de 0.17 ± 0.08.

#### 3.2.2.3 *Estimation de l'effectif des adultes*

L'effectif moyen des Cachalots sur la période 2007-2014 a été estimé à 47 individus [IC 95% : 13-90]. Les effectifs annuels varient de 11 individus [IC 95% : 5-46] en 2008 à 86 individus [IC 95% : 5-126] en 2014 (Tableau 18).

Les effectifs ont eu une tendance à augmenter tout au long de l'étude (Figure 17).

*Tableau 18 : Estimation des effectifs et intervalles de confiance par année du Cachalot.*

| Année | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Effectif estimé [IC 95%]** | 57 [5-89] | 11 [5-46] | 28 [5-63] | 17 [5-77] | 57 [28-92] | 51 [23-109] | 74 [34-120] | 86 [5-126] |

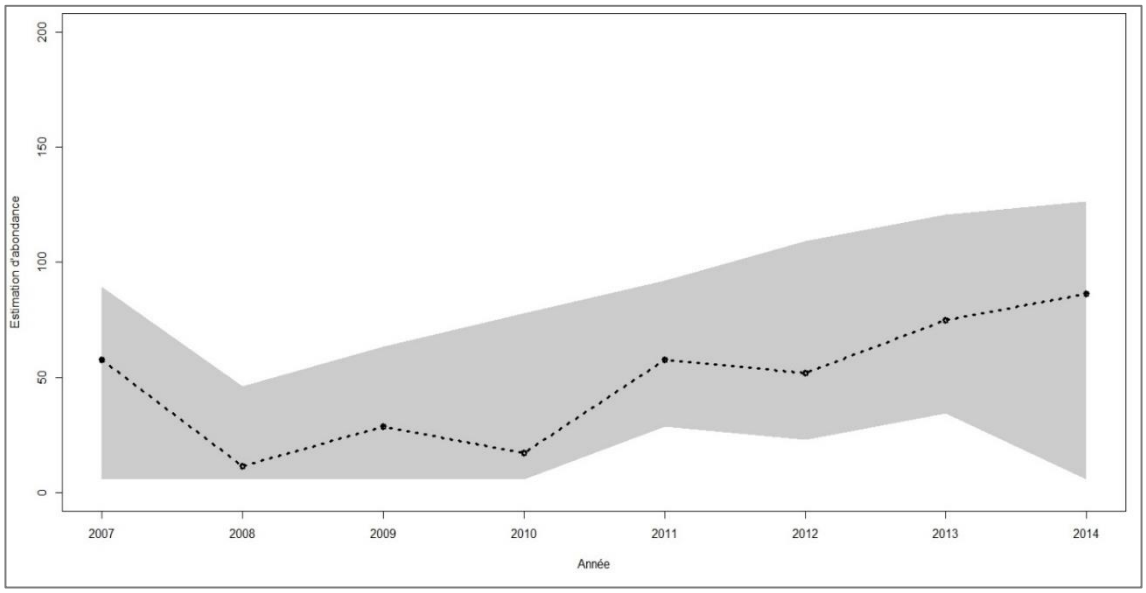



*Figure 17 : Estimation des effectifs de Cachalots calculés sur la période de 2007 à 2014. La ligne en pointillés correspond aux effectifs estimés tandis que la zone grisée représente l'intervalle de confiance à 95%.*

#### 3.2.2.4 *Estimation de l'effectif total*

L'effectif total moyen des Globicéphales noirs dans le secteur d'étude, corrigé par la proportion d'individus photo-identifiés, a été estimé à 111 individus [IC 95% : 30-213].

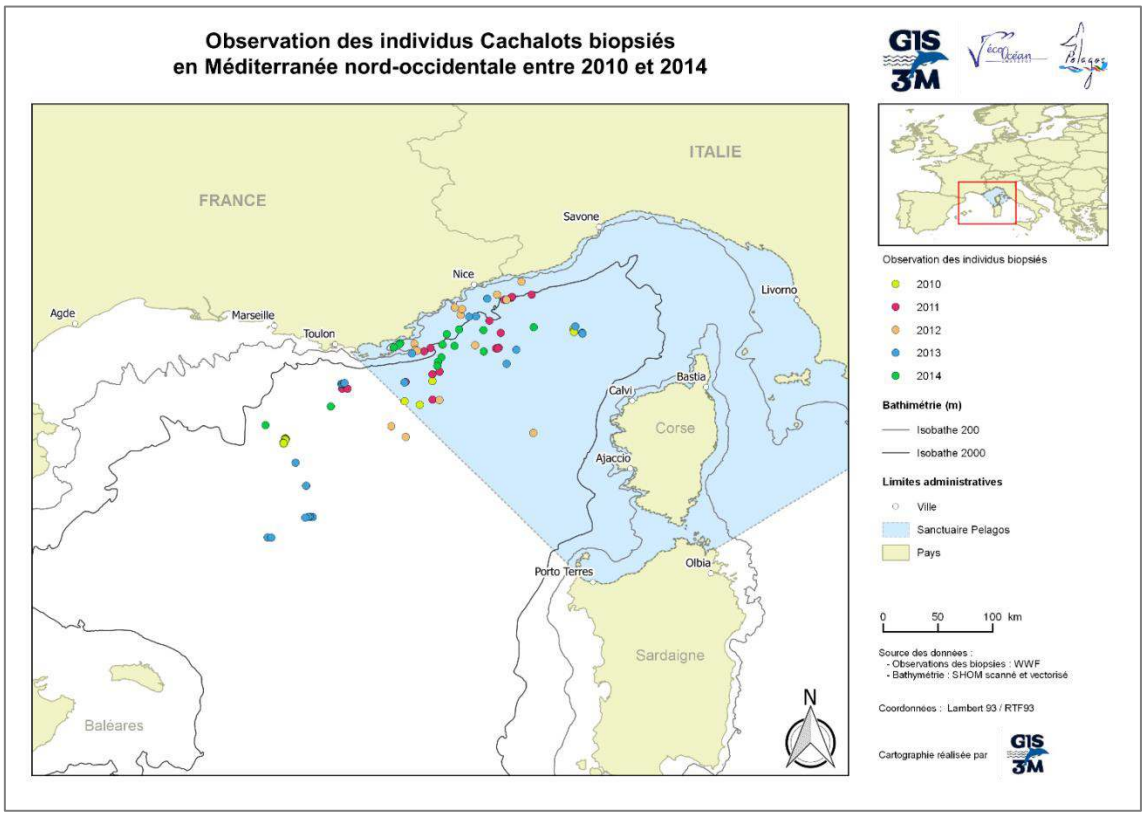
### 3.2.3 ***Structure sociale du Cachalot***

Le taux de recapture (12%) et l'observation de groupes étant faible, il est difficile d'étudier la structure sociale.

Parmi les 11 individus recapturés, deux individus ont été capturés 2 fois ensembles en 2012 avec une semaine entre les 2 captures et deux autres individus ont été capturés 2 fois ensembles en 2012 avec 3 mois d'écart entre les 2 captures.

### 3.2.4 ***Statut reproducteur des individus***

Les biopsies ont été prélevées de manière aléatoire et homogène que ce soit d'un point de vue spatial ou temporel (Carte 19).




*Carte 19 : Observation des individus de Cachalots biopsiés entre 2010 et 2014*

En raison de la faible quantité de gras récolté lors des biopsies de Cachalot, la double analyse contaminants/hormones n'a pas toujours été possible (priorité à l'étude des contaminants sur cette espèce). Quand cela a été possible les faibles quantités d'huile obtenues à partir de la graisse n'ont pas toujours permis de réaliser correctement toutes les analyses. C'est pourquoi sur les 86 biopsies prélevées entre 2010 et 2014, seules 24 (14 en 2012 et 10 en 2013) ont été analysées pour connaitre le statut reproducteur des individus (Tableau 19).

*Tableau 19 : Sexe et statut hormonal des Cachalots biopsiés entre 2012 et 2013*

| Date | Numéro de la biopsie | Sexe | Statut hormonal |
|---|---|---|---|
| 29/05/2012 | GC1 | M | Inactif |
| 29/05/2012 | GC2 | F | Cyclée |
| 03/06/2012 | GC3 | M | Inactif |
| 03/06/2012 | GC4 | M | Actif |
| 03/06/2012 | GC5 | M | Actif |
| 06/06/2012 | GC6 | M | Inactif |
| 06/06/2012 | GC7 | M | Inactif |
| 13/06/2012 | GC8 | F | Cyclée |
| 13/06/2012 | GC9 | M | Inactif |
| 13/06/2012 | GC10 | M | Actif |
| 14/06/2012 | GC11 | M | Inactif |
| 06/09/2012 | GC12 | M | Inactif |
| 18/09/2012 | GC13 | M | Inactif |
| 19/09/2012 | GC14 | M | Actif |
| 16/06/2013 | HC5 | M | Inactif |
| 18/08/2013 | HC6 | M | Inactif |
| 18/08/2013 | HC7 | M | Actif |
| 18/08/2013 | HC8 | M | Actif |
| 18/08/2013 | HC9 | M | Inactif |
| 18/08/2013 | HC10 | M | Actif |
| 18/08/2013 | HC11 | M | Actif |
| 22/08/2013 | HC14 | F | Gestante |
| 23/08/2013 | HC16 | M | Inactif |
| 23/08/2013 | HC18 | F | Cyclée |

20 mâles (83%) ont été identifiés dont 8 actifs et 12 inactifs. En ce qui concerne les 4 femelles (17%), 3 d'entre elles étaient cyclées tandis que la quatrième était gestante (Figure 18).

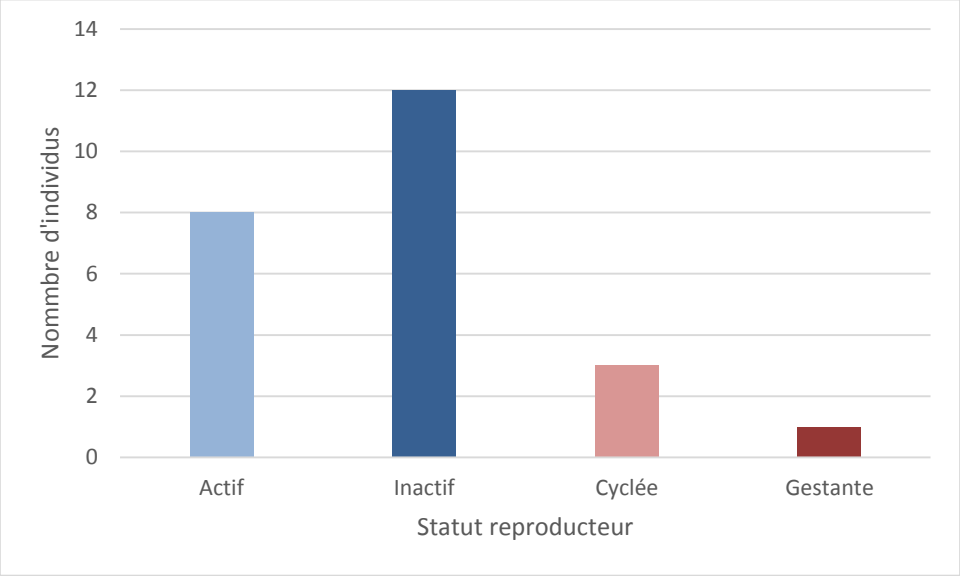



*Figure 18 : Nombre d'individus Cachalots en fonction du statut reproducteur entre 2012 et 2013.*

### 3.2.5 *Analyse spatio-temporelle de la structure de la population de Cachalot*

#### 3.2.5.1 *Sexe-ratio*

##### 3.2.5.1.1 Evolution temporelle du sex-ratio

Les biopsies réalisées entre 2010 et 2014 ont mis en évidence la présence de femelles uniquement en 2011, 2012 et 2013 et en des proportions faibles : entre 10 et 25 % des animaux biopsiés (Figure 19).

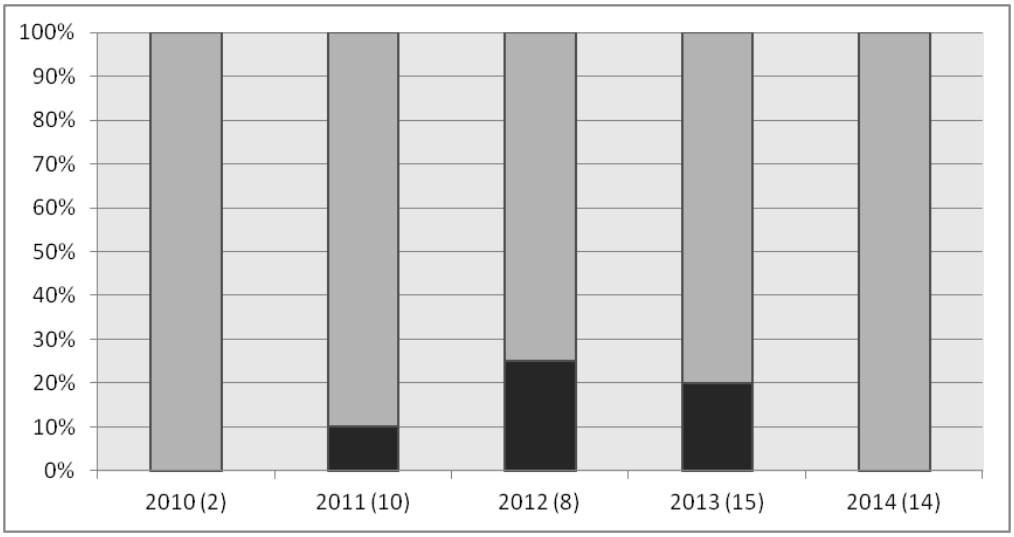



*Figure 19 : Composition annuelle du sex-ratio de Cachalot entre 2010 et 2014 en Méditerranée nord-occidentale. La partie grise du graphe représente le % de mâle et en noir le % de femelle. Le nombre e biopsies réalisées est entre parenthèse sous chaque année.*

C'est au printemps que le plus de femelles ont été biopsiées (20% des 10 animaux biopsiés), puis en été (11% des 37 animaux biopsiés) (Figure 20). En automne, seuls des mâles ont été biopsiés.

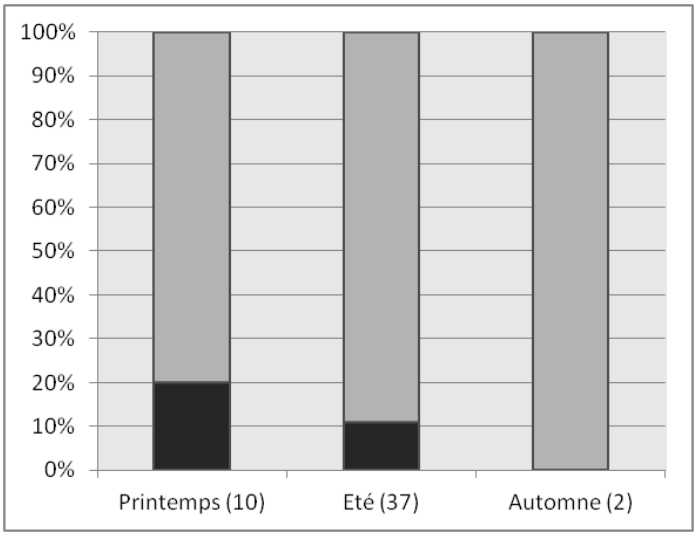



*Figure 20 : Composition saisonnière du sexe-ratio de Cachalot entre 2010 et 2014 en Méditerranée nord-occidentale. La partie grise du graphe représente le % de mâle et en noir le % de femelle. Le nombre e biopsies réalisées est entre parenthèse sous chaque année.*

A l'exception de juillet et octobre où seuls des mâles ont été biopsiés, la présence de femelle a été constatée au cours de tous les autres mois et dans des proportions différentes : de 7 % des animaux biopsiés en juin à 100% en mai (Figure 21).

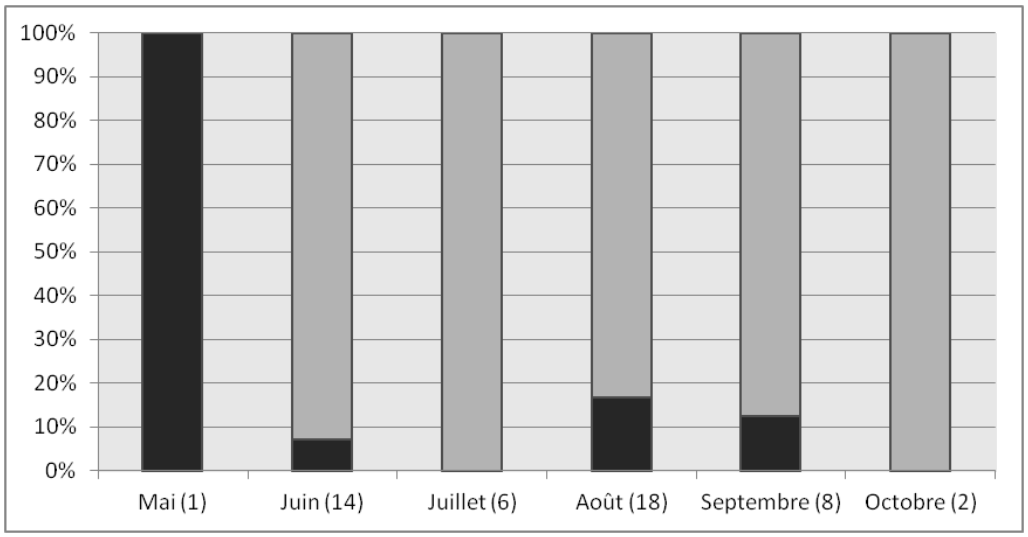
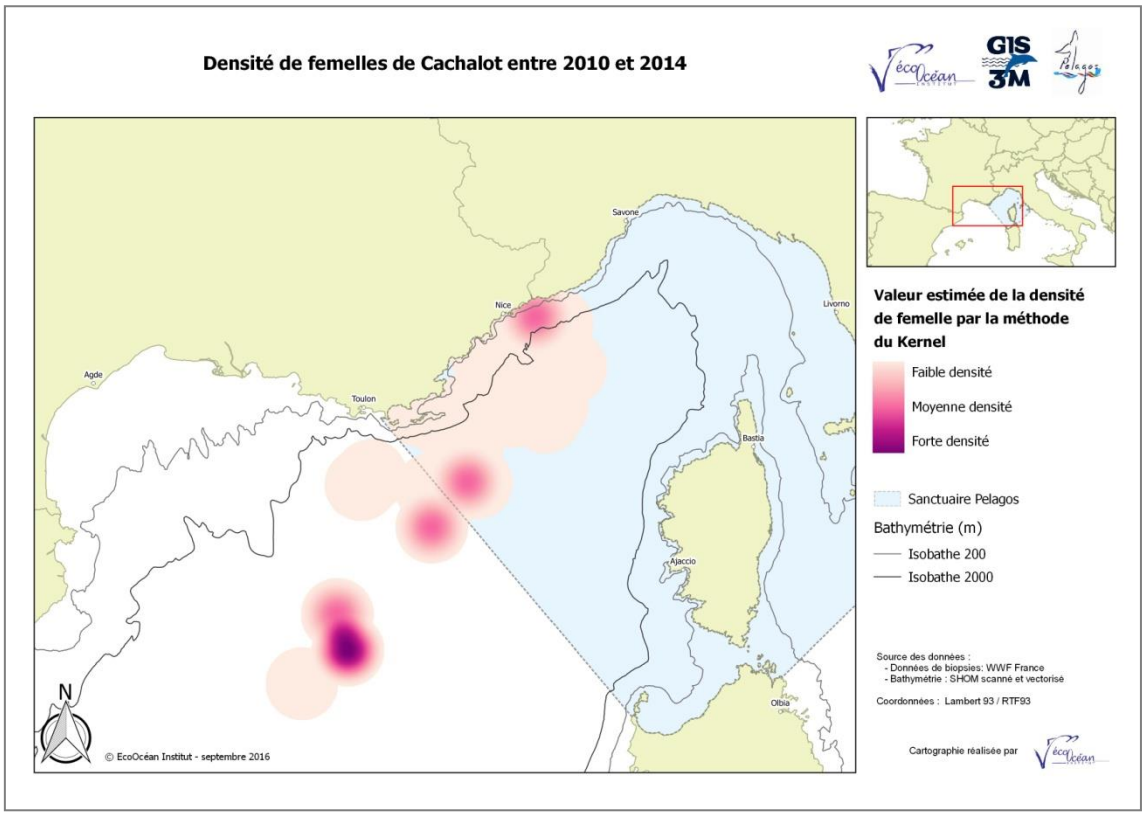


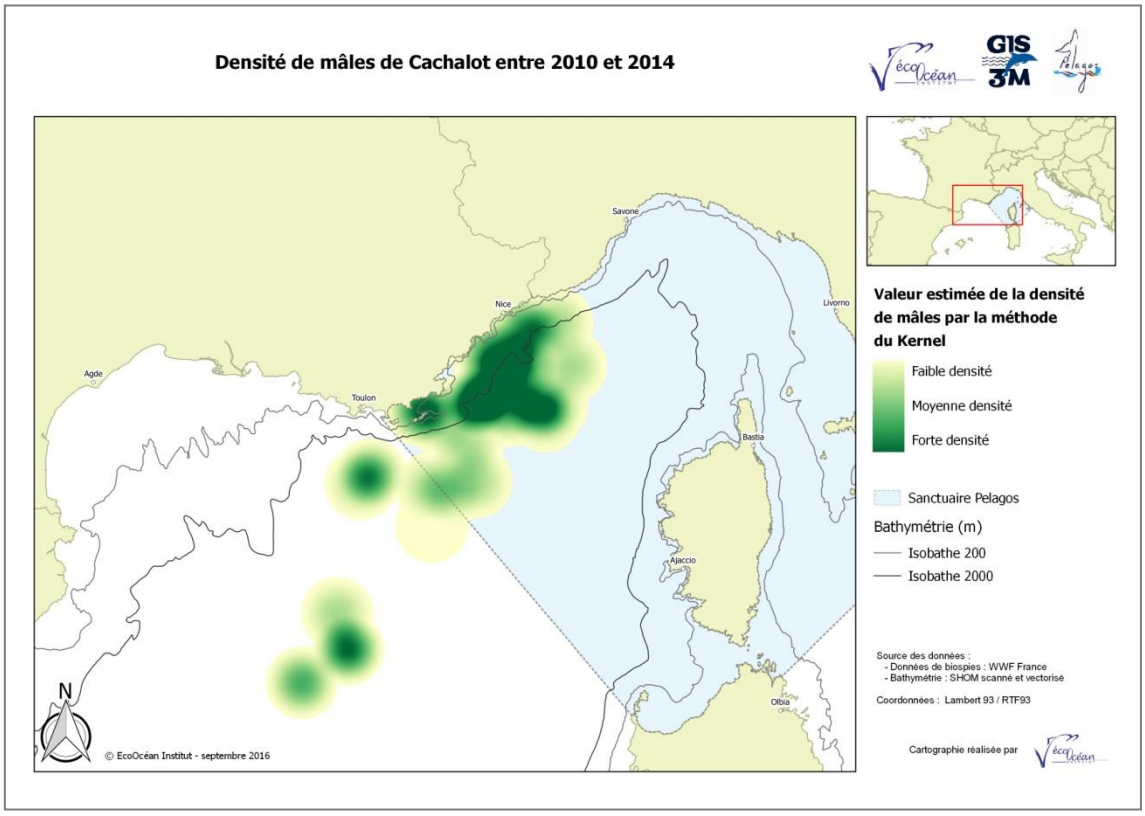

*Figure 21 : Composition mensuelle du sexe-ratio de Cachalot entre 2010 et 2014 en Méditerranée nord-occidentale. La partie grise du graphe représente le % de mâle et en noir le % de femelle. Le nombre e biopsies réalisées est entre parenthèse sous chaque année.*

#### 3.2.5.1.2 Distribution spatiale du sexe-ratio

Globalement les femelles ont été vues entre 2010 et 2014 majoritairement sur des fonds de plus de 2000m avec une forte densité située au large du secteur varois entre 30 et 75 MN de la côte (Carte 20). Les mâles, bien que présents au large du secteur varois dans le même secteur que les femelles, montrent, quant à eux, une forte concentration dans une bande plus côtière et en particulier dans le secteur liguro-provençal compris entre les îles d'Hyères et Nice où une forte densité est notée aussi bien sur le talus que sur les fonds de plus de 2000m (Carte 21).



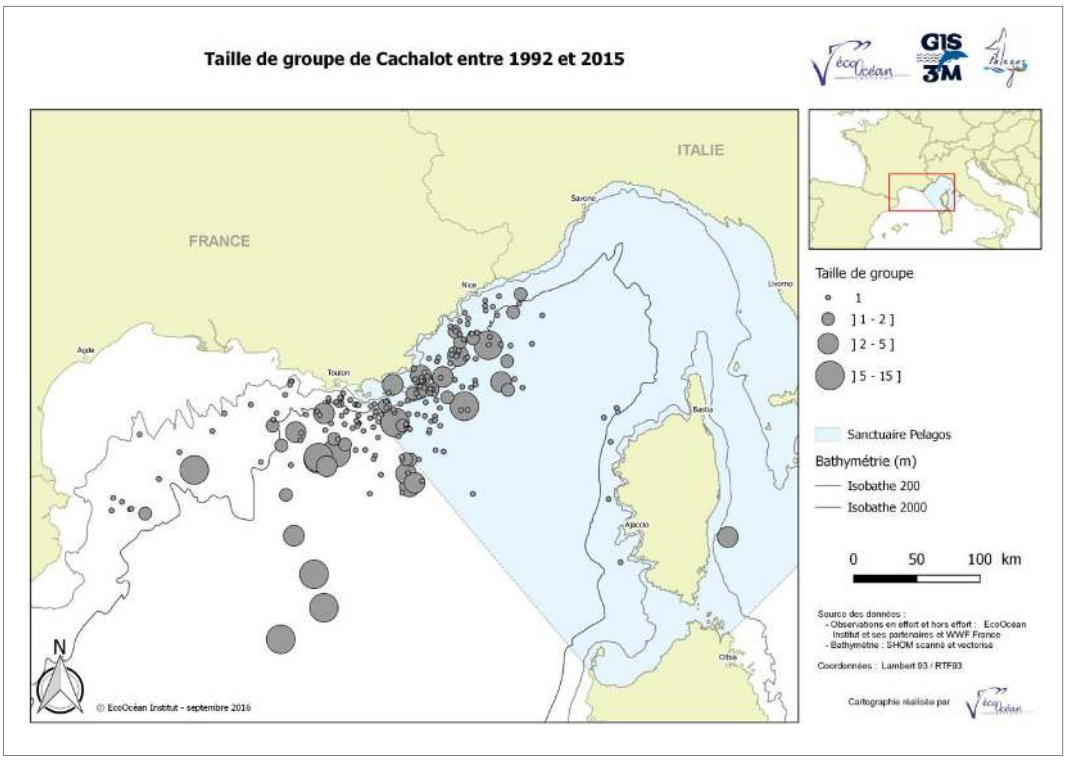

*Carte 20 : Densité de femelles de Cachalot entre 2010 et 2014 en Méditerranée nord-occidentale*




*Carte 21 : Densité de mâles de Cachalot entre 2010 et 2014 en Méditerranée nord-occidentale*

#### 3.2.5.2 *Etude de la taille des groupes*

Globalement les grands groupes de Cachalots (plus de 5 individus) ont tous été rencontrés sur des fonds de plus de 2000m à l'exception d'un groupe vu au large du Golfe du Lion sur le talus (Carte 22). Les petits groupes sont quant à eux, vus aussi bien sur le talus qu'au large.




*Carte 22 : Distribution des groupes de Cachalot entre 1992 et 2015 en Méditerranée nord-occidentale*

##### 3.2.5.2.1 Evolution annuelle

La taille moyenne de groupe des Cachalots rencontrés en Méditerranée nord-occidentale entre 1992 et 2015 est de 1,7 individus (écart-type = 2) (Tableau 20). Cette taille moyenne semble stable entre 1994 et 2005 : 1 à 1,1individu par groupe. En revanche à partir de 2007, elle fluctue en fonction des années et atteint des valeurs maximales en 2011 (2,5 ind/groupe) et 2014 (2,9 ind/groupe) (Tableau 20 et Figure 22). A partir de 2007, les grands groupes de Cachalots se localisent plutôt au large sur les fonds majoritairement supérieurs à 2000m (Carte 23, Carte 24 et Carte 25). Les années 2013 et 2014 se démarquent des autres années. En 2013, un regroupement de plusieurs grands groupes de Cachalots a été observé dans un secteur situé à environ 120MN au Sud du Golfe du Lion. C'est également l'une des années avec 2011 où les plus grands groupes de Cachalots ont été rencontrés : soit 14 individus en 2013 et 15 individus en 2011. L'année 2014, quant à elle, se caractérise par la présence de nombreux groupes (40% des observations) de plus de deux individus sur et proche du talus continental.

Enfin, on observe que spatialement, les grands groupes de Cachalots ne sont pas rencontrés dans les mêmes secteurs toutes les années. Si l'on compare par exemple les années comprises entre 2010 et 2014, où l'effort effectué recouvrait spatialement des secteurs très semblables (§ 2.1.3), on remarque que les grands groupes ne sont pas dans les mêmes secteurs (Carte 25).

*Tableau 20 : Taille moyenne des groupes par années de Cachalot entre 1992 et 2015*

| Année | Nb d'observation | Moyenne | Min | Max | Écart type |
|---|---|---|---|---|---|
| 1994 | 1 | 1.0 | 1 | 1 | - |
| 1995 | 5 | 1.0 | 1 | 1 | 0.0 |
| 1996 | 2 | 1.0 | 1 | 1 | 0.0 |
| 1997 | 10 | 1.1 | 1 | 2 | 0.3 |
| 2000 | 3 | 1.0 | 1 | 1 | 0.0 |
| 2001 | 1 | 1.0 | 1 | 1 | - |
| 2005 | 6 | 1.0 | 1 | 1 | 0.0 |
| 2006 | 14 | 1.3 | 1 | 3 | 0.6 |
| 2007 | 20 | 2.2 | 1 | 7 | 2.0 |
| 2008 | 31 | 1.3 | 1 | 7 | 1.1 |
| 2009 | 16 | 1.4 | 1 | 4 | 0.8 |
| 2010 | 22 | 1.2 | 1 | 3 | 0.6 |
| 2011 | 11 | 2.5 | 1 | 15 | 4.2 |
| 2012 | 24 | 1.5 | 1 | 10 | 1.8 |
| 2013 | 26 | 2.4 | 1 | 14 | 3.6 |
| 2014 | 15 | 2.9 | 1 | 9 | 2.6 |
| 2015 | 9 | 1.2 | 1 | 3 | 0.7 |
| **Global** | **216** | **1.7** | **1** | **15** | **2.0** |

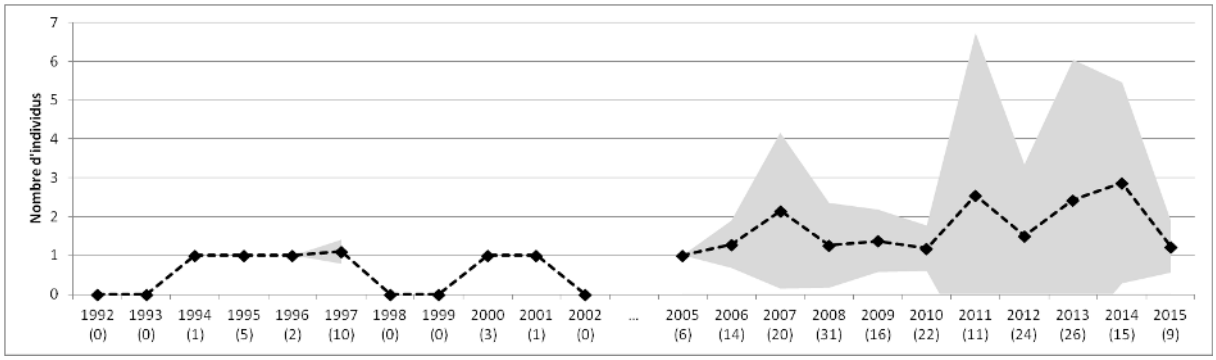
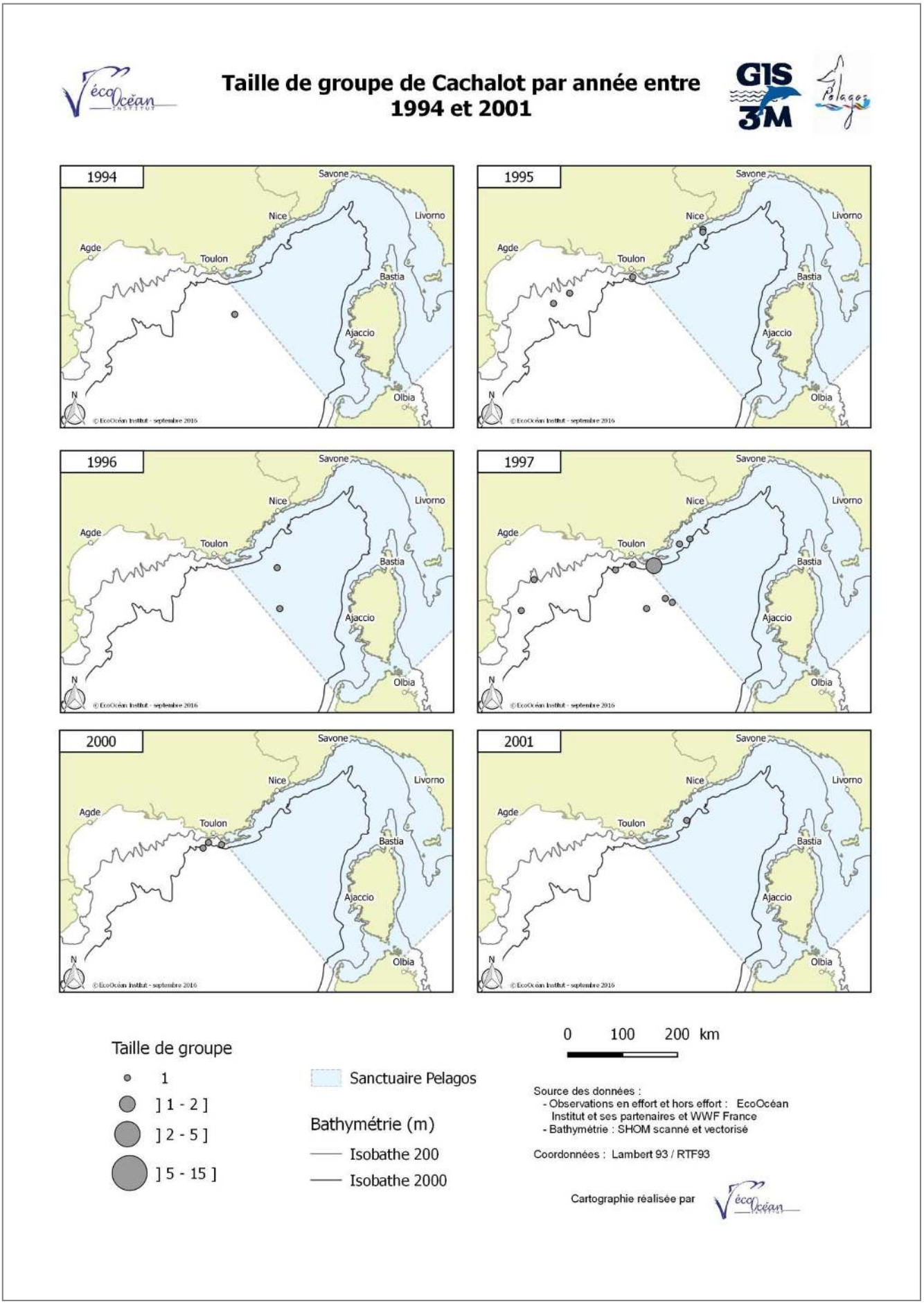
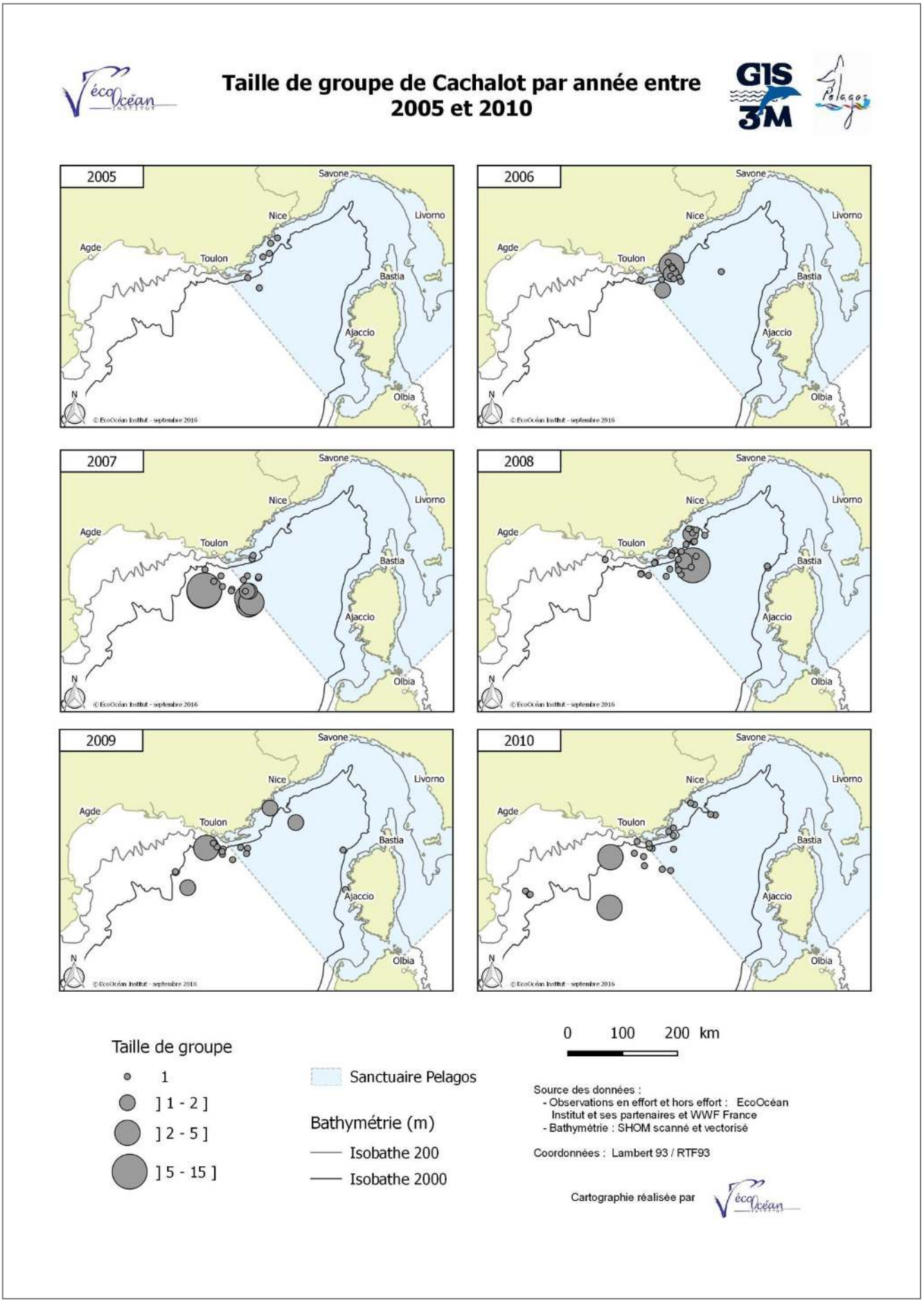


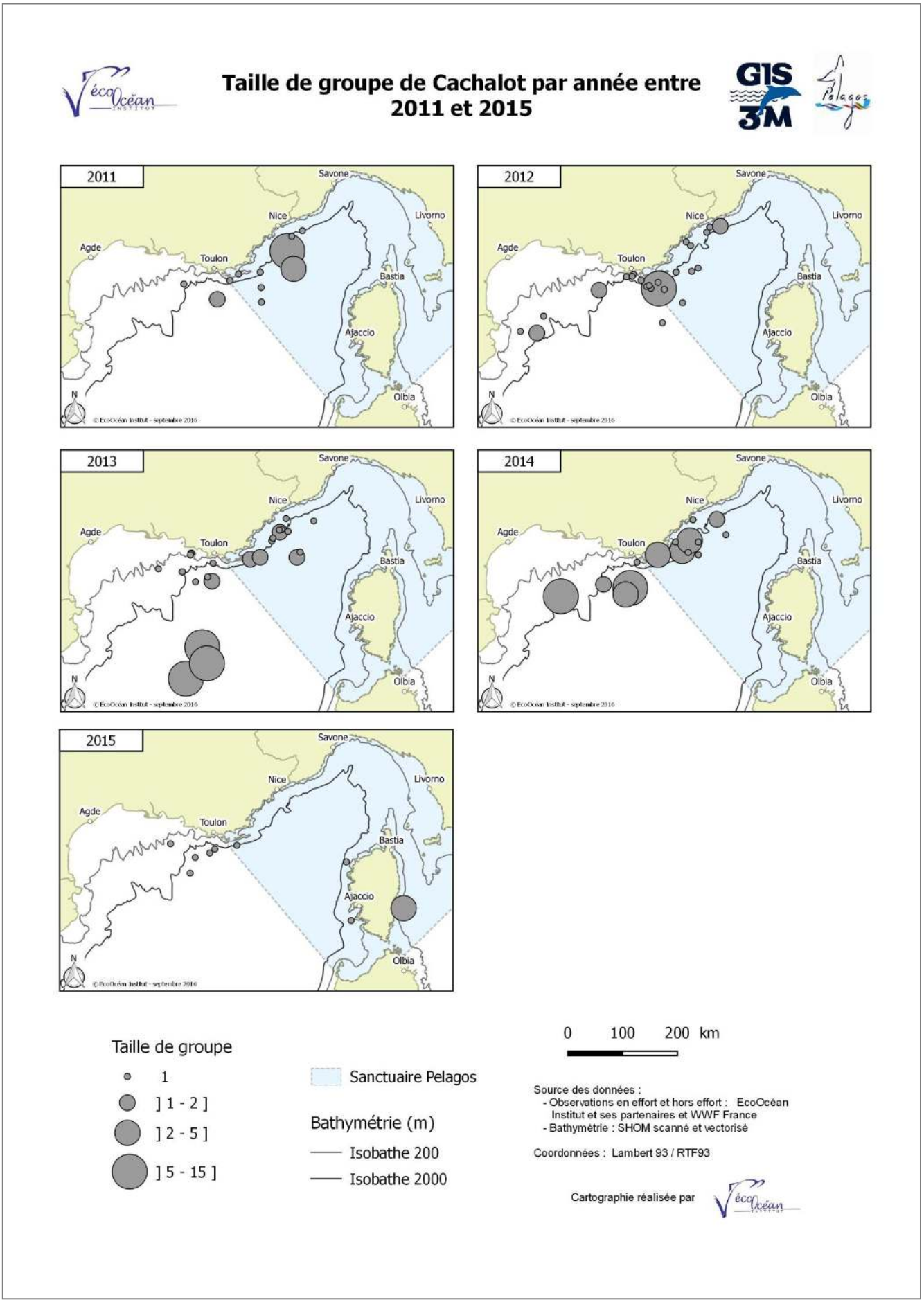

*Figure 22 : Variation des tailles de groupes de Cachalot par année, entre 1992 et 2015 en Méditerranée nord-occidentale. La courbe noire représentant la moyenne et l'aplat gris la variation de l'écart type. Le N est donné entre parenthèse sous l'année.*




*Carte 23 : Taille de groupe de Cachalot par année entre 1994 et 2001 en Méditerranée nord-occidentale*




*Carte 24 : Taille de groupe de Cachalot par année entre 2005 et 2010 en Méditerranée nord-occidentale*




*Carte 25 : Taille de groupe de Cachalot par année entre 2011 et 2015 en Méditerranée nord-occidentale*

#### 3.2.5.2.2 Evolution saisonnière

Bien que toutes les saisons aient fait l'objet de prospection en mer, les Cachalots n'ont été rencontrés qu'au printemps, en été et à l'automne avec toutefois une part importante des observations en été (89,3% des observations). Les groupes les plus importants de cette espèce ont été observés en été et en automne : respectivement 14 et 15 individus. Cependant, les tailles moyennes de groupe à ces deux saisons sont très différentes avec une taille moyenne maximale en automne de 6,0 individus par groupe (écart-type=6,6) (Tableau 21 et Figure 23). Globalement la taille moyenne des groupes augmente du printemps à l'automne.

*Tableau 21 : Taille moyenne des groupes par saisons de Cachalot entre 1992 et 2015*

| Saison | Nb d'observation | Moyenne | Min | Max | Écart type |
|---|---|---|---|---|---|
| Printemps | 19 | 1.3 | 1 | 4 | 0.7 |
| Eté | 193 | 1.6 | 1 | 14 | 1.9 |
| Automne | 4 | 6.0 | 1 | 15 | 6.6 |

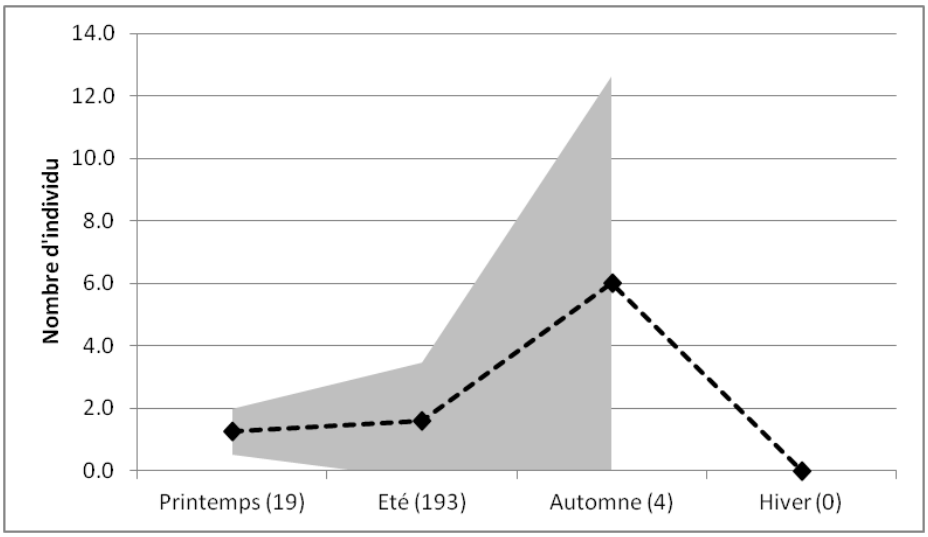
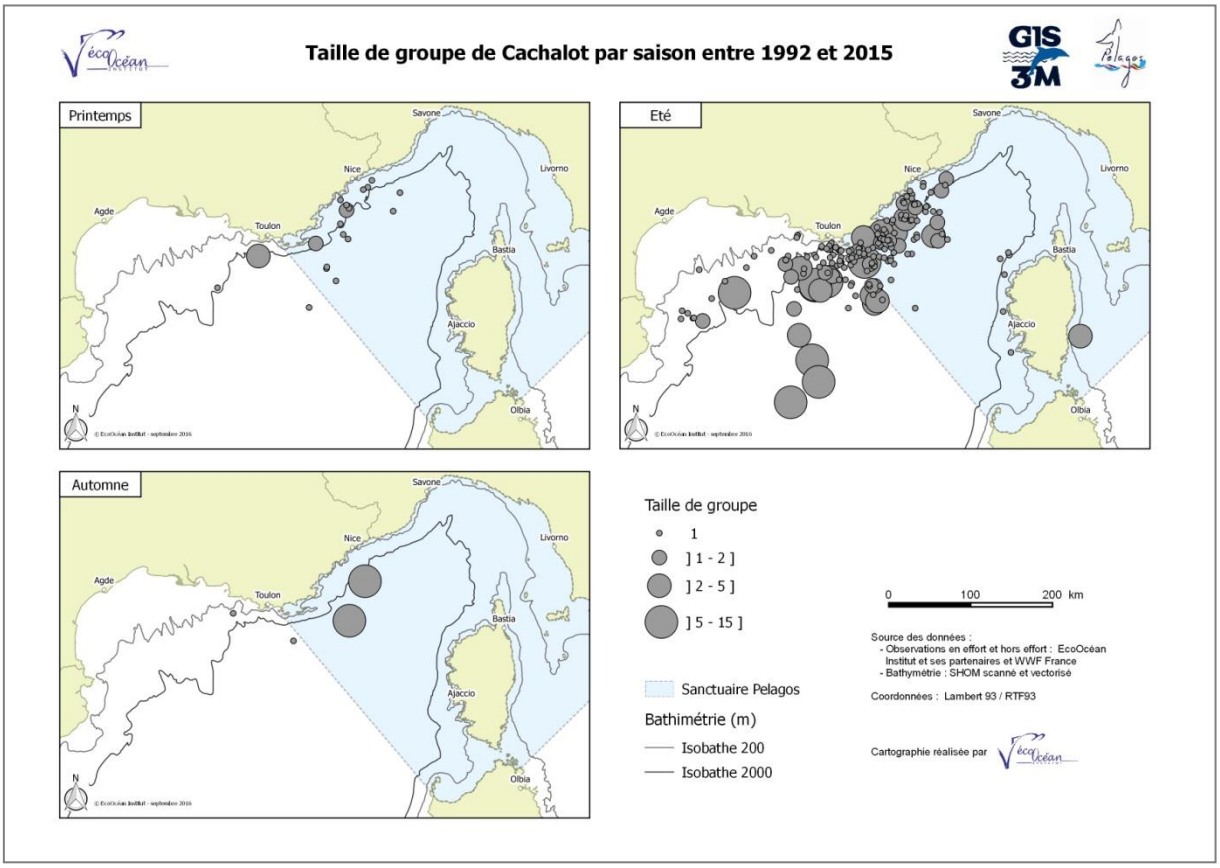



*Figure 23 : Variation des tailles de groupes de Cachalot par saison, entre 1992 et 2015 en Méditerranée nord-occidentale. La courbe noire représentant la moyenne et l'aplat gris la variation de l'écart type. Le N est donné entre parenthèse sous l'année.*

Spatialement, la distribution saisonnière des groupes de Cachalot (Carte 26) montre au printemps une majorité de petits groupes (1 seul groupe de plus de 5 individus a été observé) à la fois sur le talus et au large des côtes provençales.

En été, les groupes de petite taille (≤ à 2 individus) sont rencontrés du Golfe du Lion jusqu'à la Corse à la fois au large et sur le talus avec une grande concentration d'animaux isolés sur et aux abords du talus situé entre Toulon et Nice (Carte 26). Les groupes de grande taille, quant à eux, sont observés dans un secteur plus restreint compris entre le Golfe du Lion (Sud de la Camargue) et Nice principalement au-delà des fonds de 2000m, et pour une moindre part, sur le talus inférieur. Le centre de la Méditerranée nord-occidentale est particulièrement riche en grands groupes et plus spécialement dans un secteur allant du talus à 120MN au large. Le Golfe du Lion, quant à lui, présente essentiellement des individus isolés et sur le talus : seul un groupe de plus de 5 individus a été noté dans ce secteur. En Corse on note une séparation Est-Ouest, avec à l'Ouest des individus isolés à la fois sur le talus et au large et à l'Est un seul groupe de 3 à 5 individus sur le talus (Carte 26).

En automne, seuls 4 groupes de Cachalots ont été rencontrés entre 1992 et 2015 et tous se situent dans le secteur liguro-provençal. Les groupes de petite taille se situent uniquement dans la zone provençale sur et au-delà du talus. Les deux grands groupes, quant à eux, ont été rencontrés sur des fonds de plus de 2000m en mer Ligure entre Saint-Tropez et Nice (Tableau 21 et Carte 26).




*Carte 26 : Taille de groupe de Cachalot par saison entre 1992 et 2015 en Méditerranée nord-occidentale*

#### 3.2.5.2.3 Evolution mensuelle

Sur les neuf mois prospectés, six présentent des observations de Cachalots : mai à octobre (Figure 24). De mai à juillet, la taille moyenne des groupes est proche de 1 (1,2 à 1,3 ind/groupe) avec un écart type inférieur à 1. D'août à octobre, la taille moyenne des groupes augmente pour atteindre son maximum en octobre (11 individus, écart-type=5,7) (Tableau 22). La zone d'étude étant largement prospectée entre mai et octobre (cf § 2.1.3, Carte 5), la taille des groupes ne semble pas liée à l'effort de prospection.

*Tableau 22 : Taille moyenne des groupes par mois de Cachalot entre 1992 et 2015*

| Mois | Nb d'observation | Moyenne | Min | Max | Écart type |
|---|---|---|---|---|---|
| Mai | 3 | 1.3 | 1 | 2 | 0.6 |
| Juin | 24 | 1.3 | 1 | 4 | 0.9 |
| Juillet | 73 | 1.2 | 1 | 4 | 0.6 |
| Août | 83 | 1.7 | 1 | 14 | 2.2 |
| Septembre | 31 | 2.4 | 1 | 10 | 2.7 |
| Octobre | 2 | 11.0 | 7 | 15 | 5.7 |

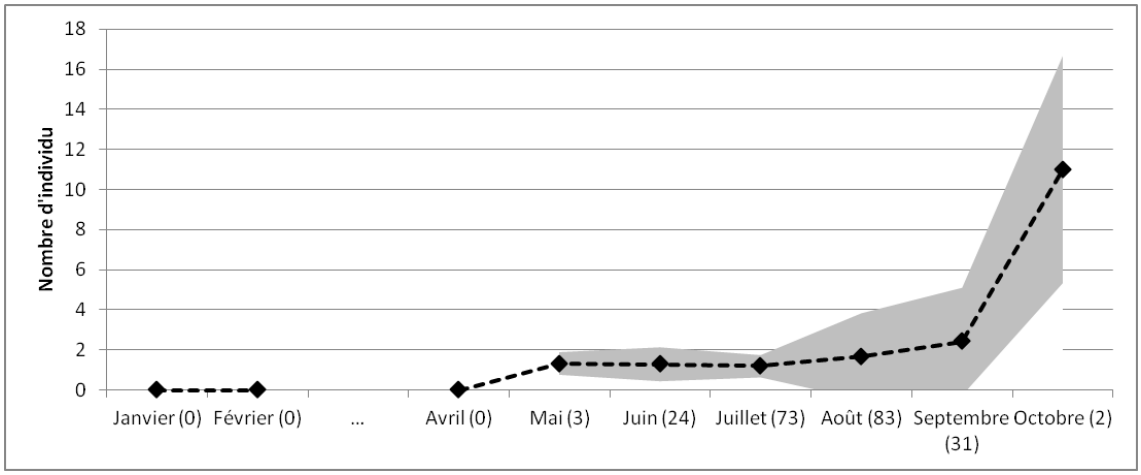
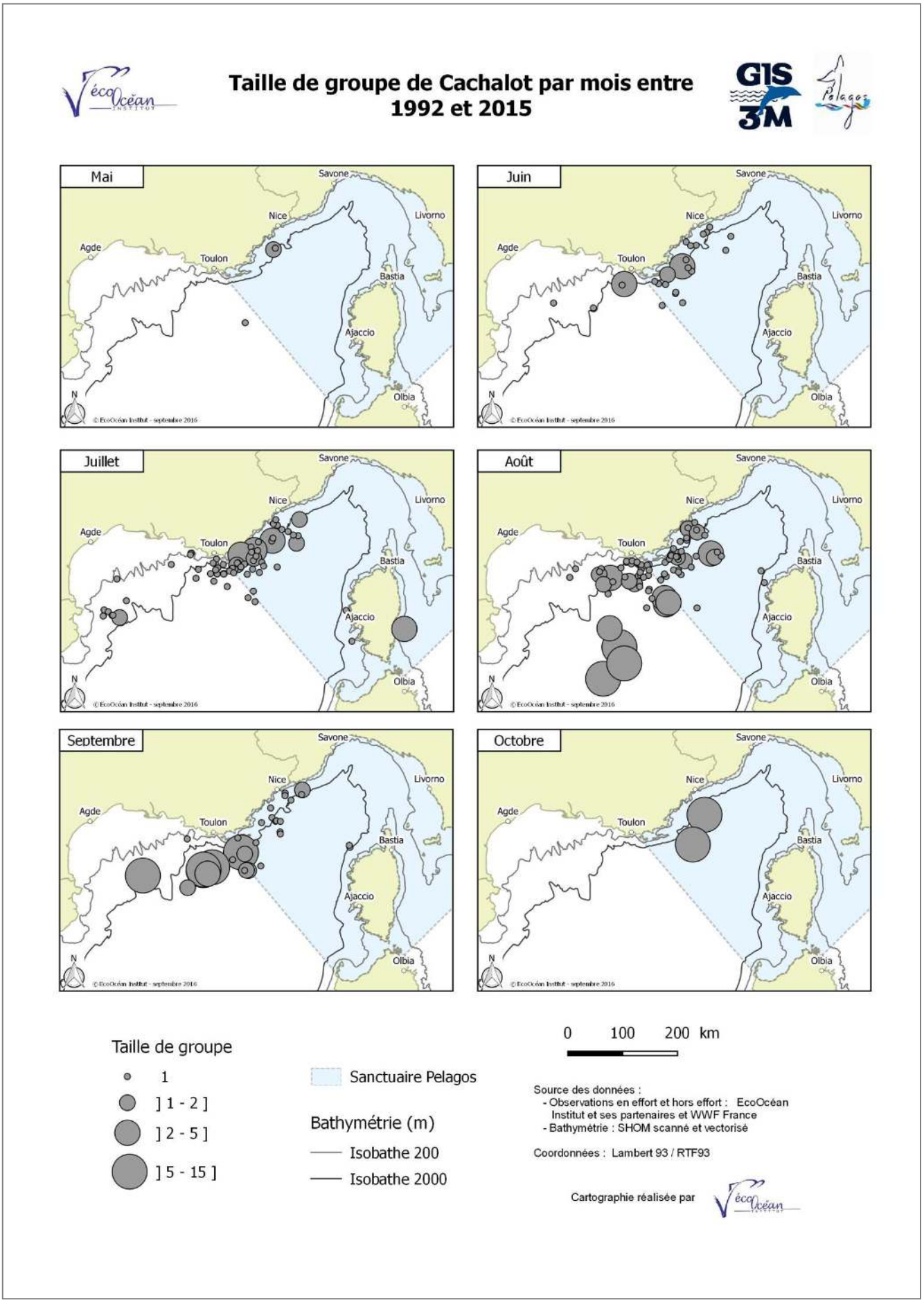



*Figure 24 : Variation des tailles de groupes de Cachalot par mois, entre 1992 et 2015 en Méditerranée nord-occidentale. La courbe noire représentant la moyenne et l'aplat gris la variation de l'écart type. Le N est donné entre parenthèse sous l'année.*

Spatialement, on retrouve ce que l'on a vu précédemment, les groupes sont rencontrés en plus grand nombre entre juillet et septembre. Les petits groupes fréquent à la fois le talus et le large mais se regroupent majoritairement au niveau du secteur liguro-provençal, et cela quel que soit le mois considéré (Carte 27). En juin et juillet commence à apparaitre des groupes de taille moyenne (3 à 5 individus) principalement sur les côtes provençales sur et aux abords du talus inférieur. Les grands groupes, eux, commencent à apparaitre en août (6% des groupes) et vont se faire de plus en plus présent jusqu'en octobre où ils représenteront 100 % des groupes. En août et en septembre, les groupes de plus de 5 individus fréquentent presque exclusivement les fonds de plus de 2000m situés au large de la zone provençale (du talus jusqu'à environ 120MN des côtes). Au contraire les individus isolés et les petits groupes de moins de 5 individus se répartissent dans le secteur liguro-provençale (entre l'Ouest de la Provence et Nice) aussi bien sur le talus qu'au large. Au mois d'octobre, seulement, deux grands groupes ont été vu au large de Nice.




*Carte 27 : Taille de groupe de Cachalot par mois entre 1992 et 2015 en Méditerranée nord-occidentale*

#### 3.2.5.3 *Composition des groupes*

##### 3.2.5.3.1 Evolution temporelle

Avant 2006, les groupes de Cachalots sont constitués quasi exclusivement d'adulte à l'exception de 1997 où un jeune a été observé. Après 2007, la présence de jeunes au sein des groupes est constatée quasiment chaque année (sauf en 2010) et des nouveau-nés sont régulièrement observés. Entre 2007 et 2015 les nouveau-nés représentent, les années où ils sont vus, entre 3,1 et 4,8 % des individus (Figure 25). Globalement entre 1992 et 2015 les nouveau-nés ont représenté 2,0% des individus, les jeunes 7,9% et les adultes 90,2% des Cachalots rencontrés.

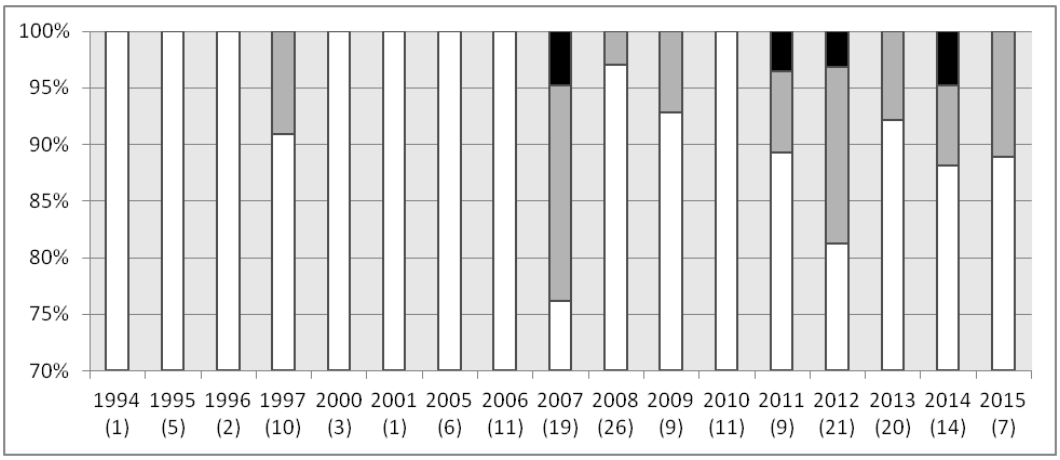



*Figure 25 : Composition annuelle des groupes de Cachalot entre 1992-2015 en Méditerranée nord-occidentale. La partie blanche du graphe représente le % d'adulte, en gris le % de jeune et en noir le % de nouveau-nés. Le nombre d'observations en effort et hors effort donné entre parenthèse sous chaque année.*

Globalement on remarque que, quelle que soit la saison, la part de jeunes varie peu soit entre 8,5% et 9% des individus. Les nouveau-nés quant à eux sont présents uniquement en été et en automne avec un maximum de 4,4% des individus en automne (Figure 26).

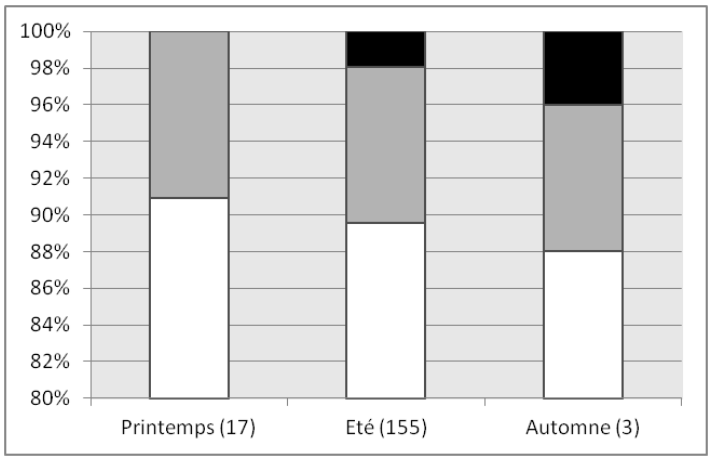



*Figure 26 : Composition saisonnière des groupes de Cachalot entre 1992-2015 en Méditerranée nord-occidentale. La partie blanche du graphe représente le % d'adulte, en gris le % de jeune et en noir le % de nouveau-nés. Le nombre d'observations en effort et hors effort donné entre parenthèse sous chaque année.*

Les nouveau-nés sont observés uniquement entre août et octobre avec une part maximale en septembre et octobre où ils représentent 4,5% des individus des groupes. Les jeunes sont présents quant à eux, dès le mois de juin et jusqu'en octobre avec une proportion maximale en septembre, où ils constituent 20,6 % des groupes (Figure 27).

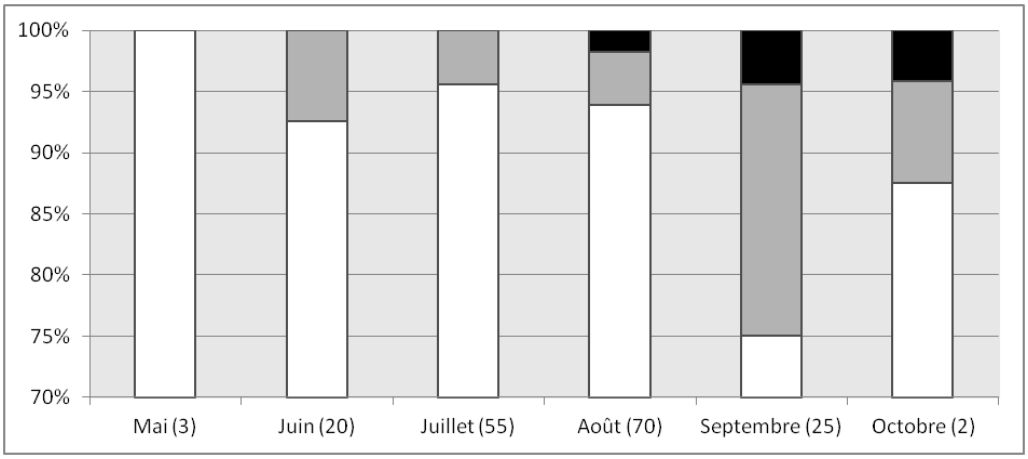
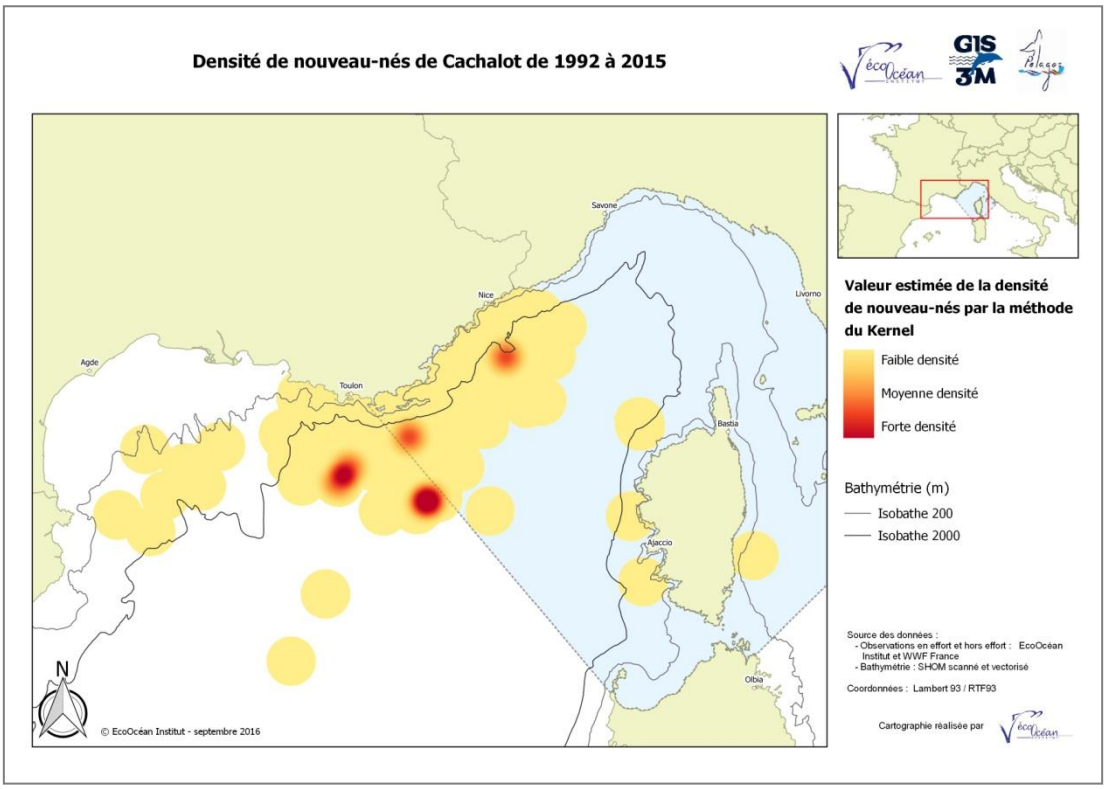



*Figure 27 : Composition mensuelle des groupes de Cachalot entre 1992-2015 en Méditerranée nord-occidentale. La partie blanche du graphe représente le % d'adulte, en gris le % de jeune et en noir le % de nouveau-nés. Le nombre d'observations en effort et hors effort donné entre parenthèse sous chaque année.*

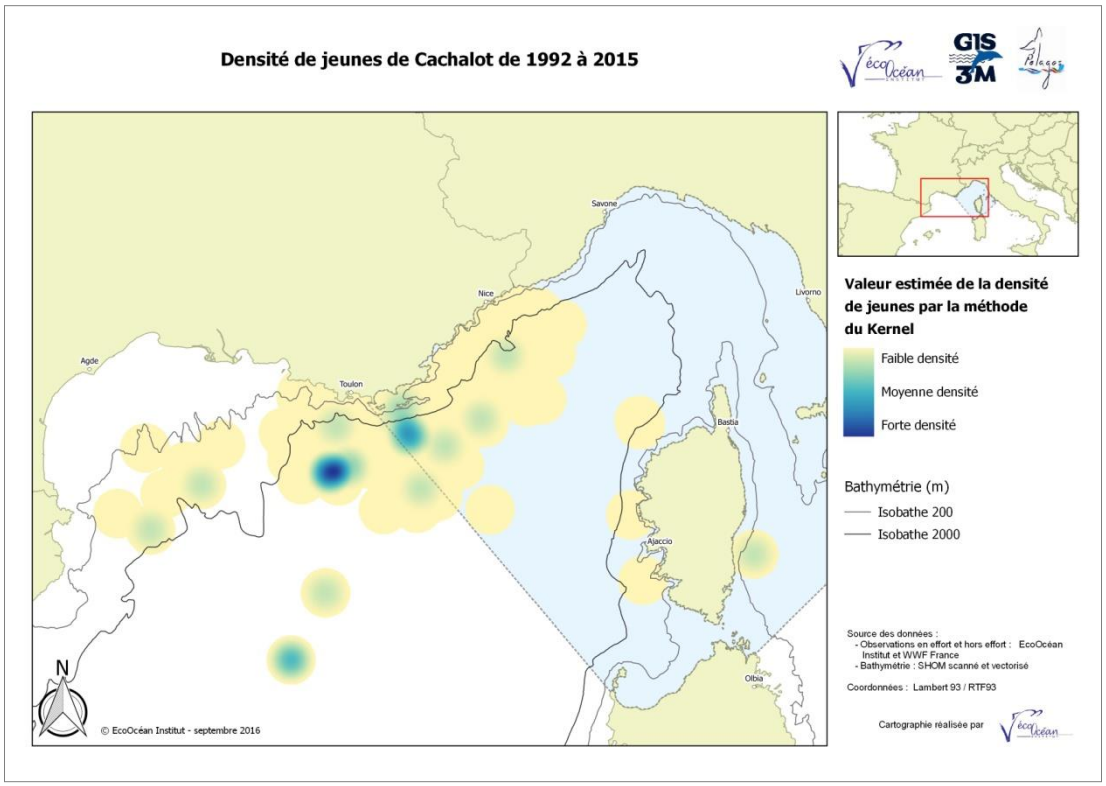
#### 3.2.5.3.2 Evolution spatiale

Dans ce paragraphe nous avons tenté d'identifier chez le Cachalot des zones préférentielles pour la mise bas et/ou des zones préférentielles où les groupes présentant des jeunes se regroupaient.

Les analyses montrent ainsi que, globalement entre 1992 et 2015, les densités maximales de nouveau-nés se situent au-delà du talus dans deux secteurs. L'un est situé au large des côtes varoises sur des fonds de plus de 2000m et l'autre aux abords du talus continental au Sud de Nice (Carte 28). La présence des jeunes, quant à elle, semble se répartir sur une plus large zone allant du Golfe du Lion à Nice du coté continental et à l'Est de la Corse (Carte 29). Cependant, les plus fortes densités de jeunes se distribuent dans deux secteurs plus restreints situés l'un au larges des côtes varoises et l'autre à environ 120MN au Sud du Golfe du Lion (Carte 29).

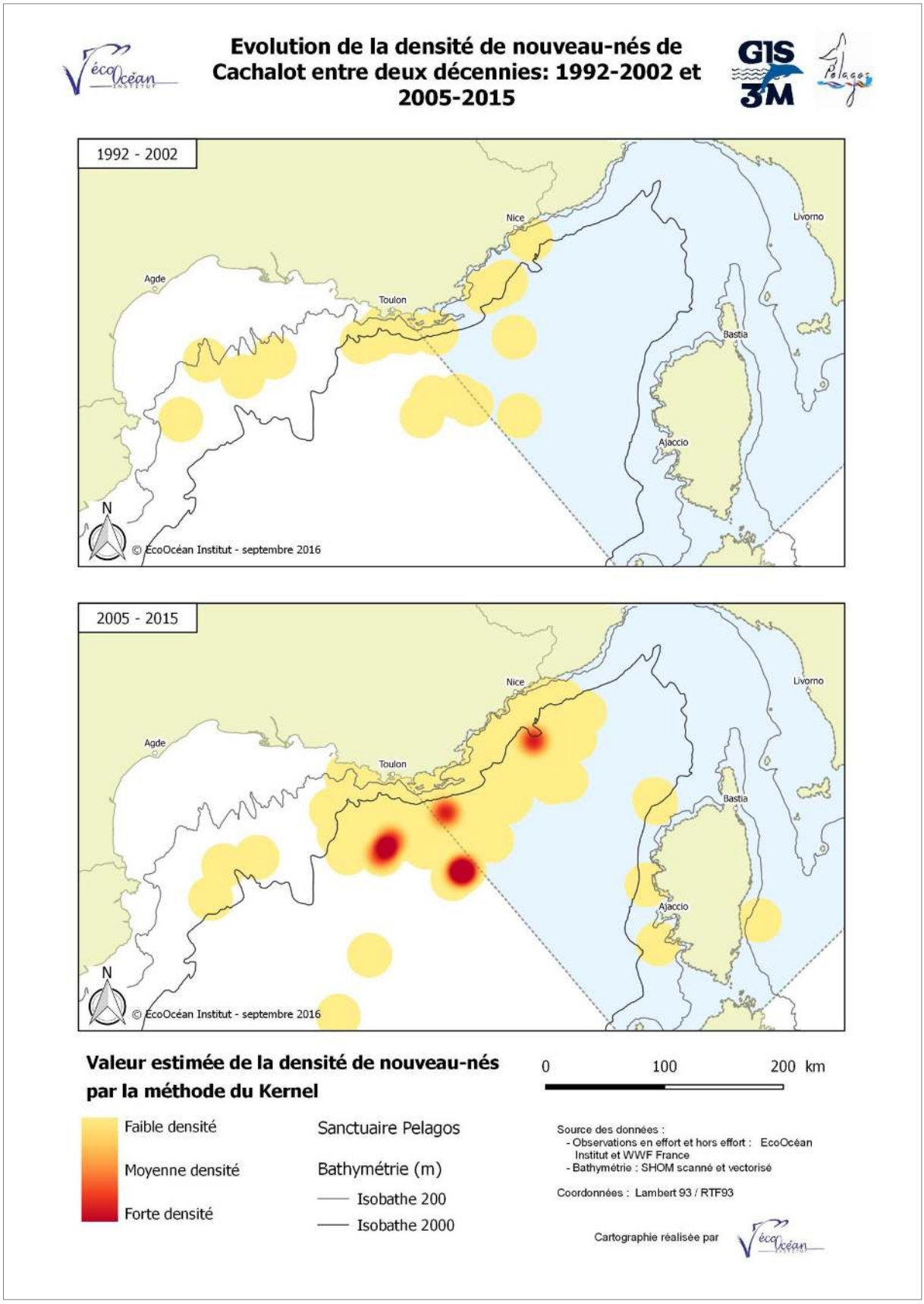



*Carte 28 : Densité de nouveau-nés de Cachalot entre 1992 et 2015 en Méditerranée nord-occidentale*

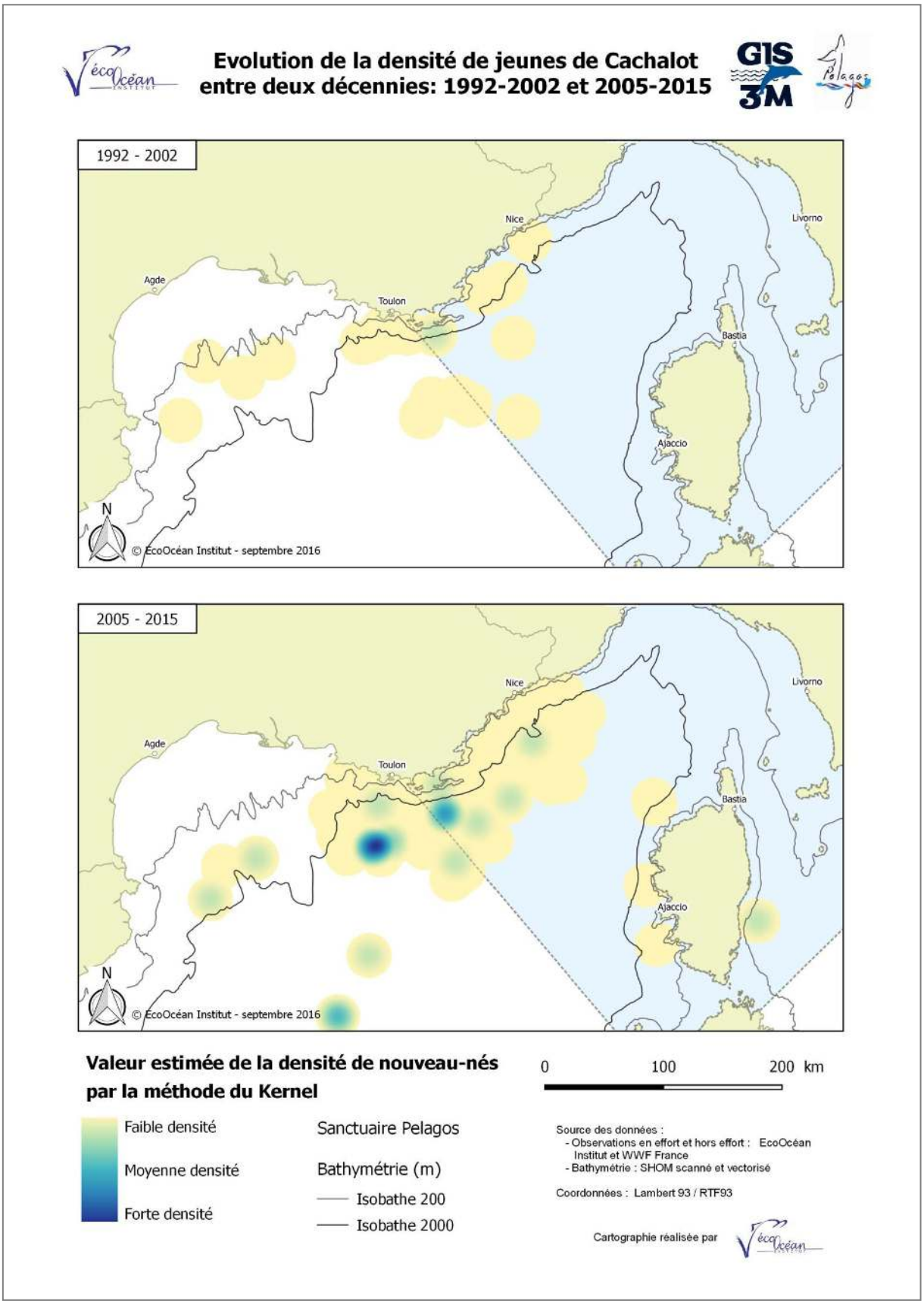



*Carte 29 : Densité de jeunes de Cachalot entre 1992 et 2015 en Méditerranée nord-occidentale*

Par ailleurs, si l'on compare les deux décennies (1992-2002 et 2005-2015) on note une réelle différence dans la distribution spatiale des densités de nouveau-nés et de jeunes Cachalots (Carte 30 et Carte 31). En effet, entre 1992 et 2002, un seul jeune et aucun nouveau-né n'ont été observés dans la zone d'étude alors qu'entre 2005 et 2015, la zone a été un secteur fréquenté par les mères avec des nouveau-nés ainsi que par des groupes avec des jeunes. Les « hots spots » de densité pour les jeunes et les nouveau-nés observés durant cette dernière décennie (2005 et 2015) (Carte 28 et Carte 29), sont donc les mêmes que ceux que nous avons décrit précédemment pour la période globale 1992-2015 (Carte 30 et Carte 31). Enfin, le jeune Cachalot observé entre 1992 et 2002 a été vu sur le talus inférieur devant les îles d'Hyères.




*Carte 30 : Evolution de la densité de nouveau-nés de Cachalot entre deux décennies: 1992-2002 et 2005-2015 en Méditerranée nord-occidentale*




*Carte 31 : Evolution de la densité de jeunes de Cachalot entre deux décennies: 1992-2002 et 2005-2015 en Méditerranée nord-occidentale.*

#### 3.2.5.4 *Relation entre la taille et la composition des groupes*

Il n'a pas été possible de réaliser une courbe de régression pour les nouveau-nés de Cachalot globalement ni par décennie car il y a trop peu de groupes présentant des nouveau-nés. Cependant on constate qu'en moyenne entre 1992 et 2015, les groupes présentant des nouveau-nés sont plus grands que ceux sans nouveau-nés : respectivement 7,7 individus (σ= 4,5) et 1,5 individus (σ = 1,8) (Tableau 23). Cette tendance est par ailleurs aussi constatée pour chacune des décennies (Tableau 23).

Entre 1992 et 2002 un seul groupe avec un jeune a été rencontré, il n'a donc pas été possible de réaliser une courbe de régression pour les jeunes sur cette décennie. Nous avons donc réalisé une courbe de régression sur l'ensemble de la période 1992 – 2015 et nous avons constaté que la taille de groupe de Cachalots est - significativement corrélée au nombre de jeunes et que plus les groupes sont importants et plus on observe un nombre important de jeunes (Figure 28). De même on observe que la taille moyenne des groupes de Cachalots avec des jeunes est globalement, et quelle que soit la décennie concernée, plus importante lorsqu'ils contiennent des jeunes (Tableau 23). Cependant on note, entre les deux décennies, que si la taille des groupes sans jeunes est très similaire (respectivement 1 et 1,3 individus) ce n'est pas le cas pour les groupes présentant des jeunes. En effet, entre 1992 et 2002 cette taille moyenne n'est que de 2 individus alors qu'elle est de 7,1 individus entre 2005 et 2015.

*Tableau 23 : Taille moyenne des groupes en fonction de la présence de nouveau-nés ou de jeunes*

| | **1992-2002** | | | **2005-2015** | | | **Globale** | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | N | Taille moyenne de groupes | σ | N | Taille moyenne de groupes | σ | N | Taille moyenne de groupes | σ |
| Groupe **sans** nouveau-né | 22 | 1,1 | 0,2 | 147 | 1,60 | 1,9 | 169 | 1,5 | 1,8 |
| Groupe **avec** nouveau-né | 0 | - | - | 6 | 7,7 | 4,5 | 6 | 7,7 | 4,.5 |
| Groupe **sans** des jeunes | 21 | 1,0 | 0,0 | 138 | 1,3 | 0,7 | 159 | 1,2 | 0,6 |
| Groupe **avec** des jeunes | 1 | 2,.0 | - | 15 | 7,1 | 4,7 | 16 | 6,8 | 4,7 |

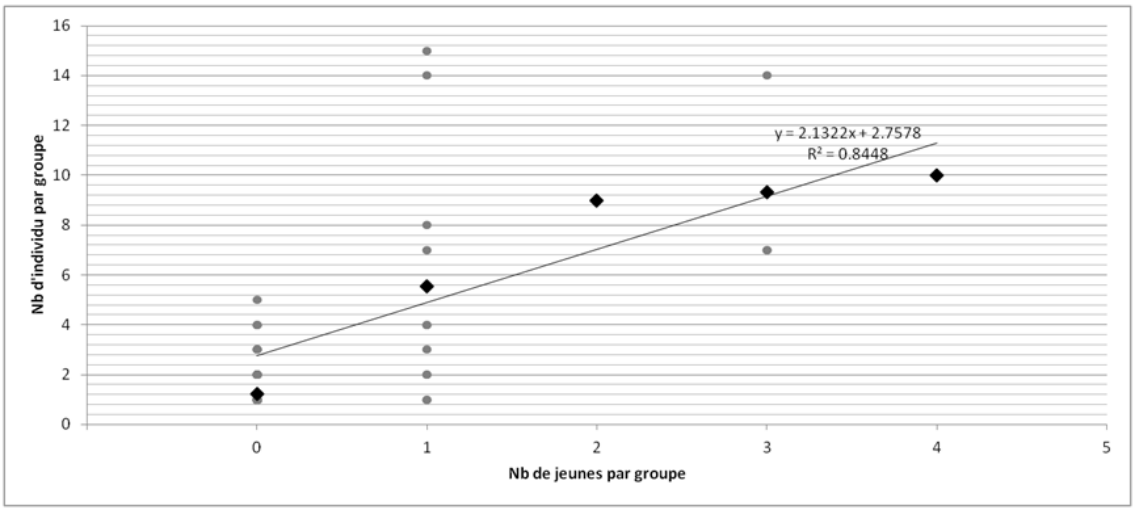



*Figure 28 : Relation entre la taille de groupe de Cachalot et le nombre de jeunes dans le groupe entre 1992 et 2015 en Méditerranée nord-occidentale. Les points gris représentent le nombre d'individu par groupe (avec N=1751), le losange noir la moyenne du nombre d'individu en fonction du nombre de jeunes et le trait noir est la régression linéaire cette moyenne.*

#### 3.2.5.5 *Taux de reproduction*

En moyenne sur les deux décennies le taux de reproduction est de 1,68% dans notre zone d'étude. Cependant, ce taux de reproduction est nul entre 1992 et 2002 alors qu'entre 2005 et 2015, il atteint presque 1,8% (Tableau 14).

*Tableau 24 : Taux de reproduction du Cachalot entre 1992 et 2015*

| | Taux reproduction | Nb estimé d'individu | Nb de nouveau-né |
|---|---|---|---|
| 1992-2002 | 0.00% | 23 | 0 |
| 2005-2015 | 1.79% | 335 | 6 |
| **Total** | **1.68%** | **358** | **6** |

# 4 Discussion

## 4.1 Le Globicéphale noir

### 4.1.1 *Photo-identification*

Cette étude a permis d'identifier 165 Globicéphales noirs différents. Seuls 13 individus ont été recapturés dont 2 qui ont été photo-identifiés 3 fois. Le fait que 92% des individus n'aient été observés qu'une fois indiquent que seule une minorité de la population a été identifiée, ceci peut être dû à des migrations d'individus, à un effort de prospection spatio-temporel insuffisant, … L'augmentation continue de la courbe de découverte montre donc une augmentation du nombre d'individus identifiés au cours des années, qui peut être due à une augmentation de l'effort de photo-identification ainsi qu'une augmentation de la qualité des photos (Verborgh *et al.*, 2009).

L'existence de recaptures interannuelles indique que quelques individus sont présents régulièrement ou reviennent dans la zone, notamment 3 individus ont été capturés 2 fois ensemble avec 7 ans d'écart entre les 2 captures. Ce genre d'observation a déjà eu lieu avec des individus qui ont été recapturés ensemble au bout de cinq années (Mussi *et al.*, 2000). Ces comportements laissent suggérer une certaine fidélité au site. Les résultats montrent aussi que des individus naviguent entre les groupes puisque notamment les individus recapturés étaient dans des groupes différents lors de leurs captures. Cependant vu le nombre de données, il est difficile de conclure sur un éventuel comportement.

La poursuite de la photo-identification pour cette espèce est plus que nécessaire puisque les données sont encore largement insuffisantes et que cette espèce est considérée comme « Data deficient » par l'IUCN.

### 4.1.2 *Abondance de la population*

Le modèle utilisé pour estimer l'abondance de la population permet d'estimer le taux de survie des individus. Au cours de cette étude, ce taux de survie est estimé à 0.94 ± 0.13. Cette estimation est proche de celle obtenue au cours de l'étude de Verborgh et ses collaborateurs (2009) au niveau du Détroit de Gibraltar. De même, la valeur obtenue au cours de cette étude est similaire à celle obtenue en mer d'Alboran qui est comprise entre 0.915 (IC 95% : 0.854-0.956) et 0.995 (IC95% : 0.952-0.999) entre 1992 et 2009 (Wierucka *et al.*, 2014). Un taux de survie élevée comme au cours de cette étude, confirme le fait que c'est une espèce longévive (Bloch *et al.*, 1993; Verborgh *et al.*, 2009).

Le faible taux de recapture n'a pas permis d'estimer l'abondance de la population pour toutes les années. Les effectifs de Globicéphales noirs fréquentant le secteur d'étude sur la période de 2007 à 2014 par la technique de capture-recapture varient de 165 (IC 95% : 61-288) à 1 123 (IC 95% : 780-1404). L'abondance totale est estimée à 1 107 individus (IC 95% : 627-1777) dans ce secteur. Les valeurs obtenues lors de cette étude sont supérieures aux estimations déjà réalisées (Greco, 2011; Pettex *et al.*, 2012). Cependant, ces estimations ont été réalisées via différentes méthodes : la photo-identification et le suivi aérien ce qui rend la comparaison difficile.

Les effectifs ont une tendance à augmenter jusqu'en 2011 pour ensuite diminuer. Toutefois, il est difficile de savoir s'il y a une réelle diminution ou si elle est due à un manque d'échantillonnage, car depuis 2011, aucune augmentation de la mortalité n'a été mise en évidence

par une quelconque menace anthropique. Cependant, si la diminution de la population était avérée, elle pourrait être due notamment au morbillivirus qui a été responsable de la diminution de 25% de la population de Globicéphale noir du détroit de Gibraltar (Verborgh *et al.*, 2016).

Les valeurs obtenues au cours de cette étude ainsi que les valeurs existantes sont à prendre avec prudence, car elles ont été estimées à partir de faible taux de recapture et peu de captures.

#### 4.1.3 *Distribution spatio-temporelle, composition et structure des groupes*

**Taille des groupes**

Le Globicéphale noir en Méditerranée fréquente essentiellement le bassin occidental (Notarbartolo di Sciara & Birkun, 2010) où il a fait l'objet de plusieurs études et en particulier en mer d'Alboran (Cañadas & Sagarminaga, 2000) et dans le détroit de Gibraltar (De Stephanis *et al.,* 2008 ; De Stephanis *et al.,* 2008b ; Verborgh 2015) où l'on observe de grandes concentrations tout au long de l'année. Dans le Nord de la Méditerranée occidentale, cette espèce est aussi connue des Baléares à la mer Ligure en passant par le Golfe du Lion et la Provence (Azzelino *et al.,* 2012 ; Di-Méglio et David, 2010 ; Laran *et al.,* 2012 ; Panigada *et al.,* 2011 ; Pettex *et al.,* 2014 ; Praca & Gannier, 2008 ; Raga & Pantoja, 2004) avec une affinité importante pour la zone pélagique située au-delà du plateau continental et plus particulièrement sur des fonds de plus de 2000m (Azzelino *et al.,* 2008 ; Laran *et al.,* 2012 ; Di-Méglio et David, 2010 ; Praca & Gannier, 2008). Notre étude confirme la présence de cette espèce du Golfe du Lion à la mer Ligure où 79 groupes de Globicéphales noirs ont pu être rencontrés entre 1992 et 2015. De façon générale, la distribution spatiale de ces groupes semble varier tout au long de l'année et d'une année sur l'autre (cf.§3.1.3.1.1). Ceci peut s'expliquer par le fait de changements dans l'écosystème marin ponctuels comme une productivité moins importante certaines années (lors d'hivers doux par exemple), ou des conditions océanographiques variables pouvant influencer la distribution de ces animaux (température de surface, thermocline, etc.). Ainsi, il a été montré que la distribution des Globicéphales noirs semble influencée par la présence de températures de surface froides (SST : Sea Surface Temperature) (Hamazaki, 2002), de tourbillons (Davis *et al.,* 2002) et une thermocline peu profonde (Ballance *et al.,* 1997). De même, des changements plus globaux comme le changement climatique peuvent affecter les écosystèmes, incluant les cétacés (Mac Léod, 2009 ; Kaschner *et al.,* 2011), et ce type de changement global semble aujourd'hui observé en Méditerranée (Lejeune *et al.,* 2010).

Globalement entre 1992 et 2015 les tailles de groupe sont en moyenne de 19,5 individus. Ces tailles sont sensiblement égales ou légèrement inférieures à celles obtenues dans d'autres études en Méditerranée nord-occidentale. Ainsi, une étude faite entre 1994 et 2008 dans cette zone obtient une valeur très semblable (19,3 ind./groupe) si l'on considère l'ensemble des observations (en et hors effort d'observation) de Globicéphales faites entre juin et septembre (Delacourtie *et al.,* 2009). Par contre, d'autres études faites uniquement à partir de données collectées en effort d'observation, mettent en évidences des valeurs légèrement supérieures (entre 21,7 et 28,9 ind./groupe) selon le secteur considéré (Gannier, 1995 ; Gannier, 2005a ; Laran *et al.,* 2010 ; Laran *et al.,* 2012 ; Di-Méglio & David, 2010).

Bien qu'un effort de prospection ait été fait quasiment tout au long de l'année, la présence de ces animaux n'a été observée qu'en été et en automne (de juin à octobre) dans notre zone d'étude, avec respectivement des tailles moyennes de groupe de 19,6 et 16,5 individus. D'autres

études font le même constat dans le secteur Ligure où ces animaux n'ont été vus que durant ces deux saisons (Gannier, 1999 ; Laran *et al.,* 2010 ; Di-Méglio & David, 2010). A l'opposé, Pettex *et al.* (2014) et Giorli *et al.* (2016) attestent de la présence de cette espèce en Méditerranée nord-occidentale tout au long de l'année. Enfin, ce travail montre que le secteur du Golfe du Lion n'est fréquenté qu'en été comme cela a été constaté aussi par d'autres auteurs (Di-Méglio, 1999 ; Mangion & Gannier, 2002).

Concernant les tailles de groupes saisonnières, nos résultats se situent dans les fourchettes de ce qui a été observé dans les différents secteurs de Méditerranée nord-occidentale à savoir 28,9 individus / groupes en été (Delacourtie *et al*., 2009 ; Di-Méglio, 1999 ; Di-Méglio et David, 2010 ; Gannier, 1997) et 20,7 individus / groupe en automne (Di-Méglio & David, 2010).

C'est en juillet que nous avons rencontré les plus grands groupes (jusqu'à 100 individus) mais c'est en septembre qu'en moyenne les tailles de groupes ont été les plus importantes (22,6 ind./groupe) contrairement à Di-Méglio et David (2010) qui mentionnent une taille moyenne de groupe maximale en juillet (40 ind./groupe) et moindre en septembre (20 ind./groupe).

Enfin, la distribution saisonnière des groupes de Globicéphales noirs montre en été la présence de petits groupes (≤ à 10 individus) dans tous les secteurs pélagiques prospectés. A l'opposé, les grands groupes se concentrent essentiellement dans une bande d'environ 45MN de large du talus du Golfe du Lion à la mer Ligure. Durant cette saison, les zones où l'on trouve les grands groupes présentent aussi des groupes de petite taille, ce qui n'est pas toujours le cas en sens inverse. En automne, par contre, les groupes sont moins nombreux qu'en été et se localisent dans un secteur plus restreint situé sur des fonds de plus de 2000 m entre Toulon et Nice.

**Composition des groupes**

La composition des groupes de Globicéphales noirs en Méditerranée nord-occidentale n'a jamais vraiment été étudiée. Cette étude a donc permis de mettre en évidence les premiers éléments. On note ainsi, à l'exception de 2001, où seuls des adultes ont été vus, que chaque année en Méditerranée nord-occidentale, les groupes de Globicéphales noirs qui ont été vus présentaient généralement des jeunes individus et régulièrement des nouveau-nés quelle que soit l'année considérée. Ceci confirme donc que la Méditerranée nord-occidentale est une zone importante pour la reproduction du Globicéphale noir et en particulier le secteur situé dans une bande d'environ 25MN de large allant du large du Golfe du Lion (au sud de la Camargue) au large de Cannes, où les densités maximales de nouveau-nés ont été observés (cf. §3.1.4.2.2) entre 1992 et 2015. Ces secteurs de prédilection pour la reproduction semblent cependant avoir évolué au cours du temps comme le montre les variations de la distribution des nouveau-nés. En effet, entre 1992 et 2002 les maximums de densité de nouveau-nés se répartissent à l'Est et à l'Ouest du secteur varois majoritairement sur le talus. Par contre, entre 2005 et 2015, ces densités maximales ont été rencontrées dans un secteur plus étalé (une bande d'environ 20MN de large allant du large du Golfe du Lion (au sud de la Camargue) au large de Cannes) et situé sur des fonds plus importants au-delà du talus inférieur. La même tendance est observée pour la distribution des densités maximales de jeunes entre les deux décennies bien que les jeunes semblent se répartir sur une zone plus étendue à l'Est et à l'Ouest et aussi plus au large.

Par ailleurs, nous avons pu mettre en évidence que la taille de groupe de Globicéphales noirs est significativement corrélée au nombre de jeunes et de nouveau-nés et que plus les groupes sont importants et plus on observe un nombre important de jeunes et de nouveau-nés. Ceci est tout à fait

cohérent avec le fait que les groupes qui abritent des jeunes et des nouveau-nés correspondent à des agrégations de reproduction qui sont souvent le résultat du regroupement de plusieurs groupes plus petits afin de favoriser le brassage des gènes dans la population. La présence de comportement de reproduction (excitation importante, actes sexuels …) dans de grands groupes a été rapporté dans d'autres secteurs de Méditerranée comme en mer d'Alboran (Cañadas & Sagarminaga, 2000). De même, De Stéphanis *et al*. (2008b), ont montré que, dans le détroit de Gibraltar, la taille moyenne des groupes de Globicéphales noirs est significativement plus importante au printemps, période où l'on observe le pic de reproduction.

Entre 1992 et 2015 on note qu'en moyenne, dans les groupes de Globicéphales rencontrés, les nouveau-nés représentent 3,8% des individus, les jeunes 11,1% et les adultes et subadultes 85,1%. Cette proportion varie en fonction des saisons. Ainsi l'été semble plus propice à la mise-bas puisqu'à cette saison les nouveau-nés représentent un pourcentage de 4 % alors qu'en automne il n'est plus que de 1,5%. A l'inverse les jeunes représentent une part plus élevée en automne, soit 18,2% des individus contre 10,5% en été. Cette période de mise-bas semble par ailleurs se concentrer entre juillet et septembre, seuls mois où l'on a observé la présence de nouveau-nés, avec un maximum au mois d'août où la proportion de nouveau-nés peut atteindre 4,4% des individus. De même la présence de jeunes dans les groupes n'est constatée qu'à partir de juillet, avec des proportions semblables en juillet et en août (respectivement 10,1% et 9,5% des individus), légèrement supérieures en septembre (12,4%) et atteignent un maximum en octobre (42,9% de jeunes), mais avec une seule observation ce mois-là n'est donc pas représentatif. Ces variations peuvent provenir en partie du fait que les nouveau-nés du début de l'été ont grandi et sont en automne identifiés comme jeunes, et peut-être aussi que certains groupes composés uniquement d'adultes sont déjà reparti de la zone que quasi tous les groupes quitte ensuite. La mise-bas estivale des Globicéphales noirs en Méditerranée nord-occidentale a aussi été observée en mer Ligure où des nouveau-nés sont régulièrement rencontrés à cette saison et en particulier en août et en septembre (Greco, 2011). Dans le détroit de Gibraltar, des nouveau-nés sont observés toute l'année avec toutefois un pic de reproduction au printemps (Aloncle, 1964 ; Verborgh, 2015).

Enfin, si la part des jeunes dans les groupes de Globicéphales noirs est très similaire au cours des deux décennies (11% des individus (1992-2002) et 11,2% des individus (2005-2015)), la proportion de nouveau-nés, quant à elle, a légèrement augmenté (respectivement 3,1% et 4,2% des individus) dans notre zone d'étude. Cette tendance est confirmée par ailleurs par une augmentation du taux de reproduction de ces animaux entre ces deux décennies (respectivement 3,05 et 4,22).Ces variations sont faibles, mais pourrait également être le reflet d'un bon état de la population, bien qu'il soit difficile de l'affirmer uniquement à partir de ces paramètres alors que l'on observe par ailleurs des variations importantes de la taille de la population durant cette dernière décennie (cf.§ 3.1.4.1.1).

## 4.2 Le Cachalot

### 4.2.1 *Photo-identification*

Cette étude a permis d'identifier 67 Cachalots différents. Seuls 11 individus ont été recapturés et 1 seul a été observé au moins 4 fois. Le fait que 83% des individus n'aient été observés qu'une fois au cours des années supposent que l'ensemble de la population n'a pas été identifié et/ou que de nouveaux individus intègrent la population (naissances, immigration) comme le suggère la courbe de découverte (Figure 16).

L'existence de recaptures interannuelles indique que quelques individus résident ou reviennent dans cette zone du bassin nord-occidentale, suggérant une fidélité au site d'alimentation entre les années. Cette fidélité a déjà été mise en évidence par Drouot et ses collaborateurs (2004). Cependant, cette fidélité au site semble être ponctuelle car il a été montré que de nombreux individus se déplacent des îles Baléares à la mer Ligure (Carpinelli *et al.*, 2014; Rendell *et al.*, 2014). Ces déplacements seraient à l'origine de la difficulté d'identification d'un maximum d'individus, puisque lors de cette étude ainsi que lors de celle de Rendell et ses collaborateurs (2014) des faibles taux de recapture ont été mis en évidence. A contrario dans une zone restreinte comme la fosse Hellénique où il y a une forte fidélité de site, les taux de recapture sont élevés (53%) et peuvent atteindre 80% pour les femelles (Frantzis *et al.*, 2014).

Il est nécessaire de poursuivre la photo-identification de cette espèce afin d'identifier un maximum d'individus fréquentant la zone de manière régulière et ainsi caractériser cette population de manière plus précise.

### 4.2.2 *Abondance de la population*

Le modèle utilisé pour estimer l'abondance de la population permet d'estimer le taux de survie des individus. Au cours de cette étude, ce taux de survie est estimé à 0.63 ± 0.13 en Méditerranée nord-occidentale. Ce taux de survie est inférieur aux taux obtenus pour les Cachalots présents dans la région des Açores (Matthews *et al.*, 2001) ainsi que pour ceux présents dans les eaux Australienne et Japonaise (Evans & Hindell, 2004). Aucune autre estimation du taux de survie n'a eu lieu en Méditerranée, le taux obtenu lors de cette étude correspond donc à une première estimation.

Les effectifs de Cachalot fréquentant le secteur d'étude sur la période de 2007 à 2014 estimés par la technique de capture-recapture varient de 11 (IC 95% : 5-46) à 86 (IC 95% : 5-126) individus. L'abondance totale est estimée à 111 (IC 95% : 30-213) individus dans ce secteur.

Les effectifs ont une tendance à l'augmentation depuis 2012 (Figure 17) mais cela ne signifie pas nécessairement que la population est en expansion, car 2012 correspond au moment où le nombre d'observations a augmenté ainsi qu'à l'apparition de recaptures. Le faible taux de recapture peut s'expliquer par le fait que les Cachalots bougent beaucoup au sein du bassin Méditerranéen occidental, notamment entre la zone d'étude et les iles Baléares (Rendell *et al.*, 2014).

Les valeurs obtenues lors de cette étude constituent une des premières estimations dans cette zone du bassin Méditerranée nord-occidental et bien qu'elles soient à considérer avec prudence au vue du faible taux de recapture et de la courbe de découverte croissante, ces estimations suggèrent que la population est très faible et qu'il est important de la conserver (Rendell & Frantzis, 2016).

Bien que les estimations d'abondance demeurent aujourd'hui peu robustes, il a été montré que l'abondance des Cachalots est plus élevée dans le golfe du Lion et dans la Mer Ligure par rapport à la Mer Ionienne et Tyrrhénienne (Gannier *et al.*, 2002). Par extrapolation de données, Gannier (2005b) a estimé la population du bassin Méditerranéen occidental entre 500 et 1 000 individus. De même, Rendell et ses collaborateurs (2014) ont identifiés 180 individus différents dans la partie nord du bassin Méditerranéen occidental et ont ainsi pu estimer la taille de la population entre 200 et 900 individus. Les résultats obtenus lors de cette étude (67 individus différents, taille de la population à 111 individus) semblent cohérents avec ceux présents dans la littérature puisque l'échelle spatiale utilisée lors de cette étude est inférieure à celles utilisées dans la littérature.

#### 4.2.3 *Statut reproducteur*

La faible quantité de gras obtenu ainsi que le peu d'échantillons disponibles ont permis d'analyser 24 échantillons ce qui n'est pas assez pour tirer de conclusion sur le statut reproducteur de cette espèce et sur le taux de gestation des femelles, puisqu'une seule femelle gestante a été obtenue parmi les 24 échantillons analysés. Le nombre d'échantillons analysés est faible car ils ont été favorisés pour une autre étude concernant la contamination des organismes via les polluants. Il serait intéressant à l'avenir de développer les analyses hormonales afin de mieux connaitre le statut reproducteur des Cachalots.

Néanmoins, l'étude de la structure des groupes montre que la femelle gestante était dans un groupe de 14 individus (individus non biopsiés sauf un mâle mais dont la qualité de l'échantillon n'a pas permis de préciser son statut hormonal). Les mâles échantillonnés ont été observés parfois seuls et parfois en groupes de mâles, ce qui est concordant avec la littérature (Christal & Whitehead, 2001; Frantzis *et al.*, 2014; Whitehead, 1993). On peut également noter que les deux femelles cyclées ont été observée seules, ce qui n'est pas le plus courant dans la littérature qui fait plutôt référence à des groupes mixtes avec les jeunes (Engelhaupt *et al.*, 2009; Richard *et al.*, 1996).

#### 4.2.4 *Distribution spatio temporelle, composition et structure des groupes*

**Taille des groupes**

Le Cachalot de Méditerranée fréquente aussi bien le bassin occidental que le bassin oriental et les deux sous-populations semblent avoir des échanges (Rendell & Frantzis, 2016 ; Mendes *et al.,* 2007 ; Carpinelli *et al.,* 2014). En Méditerranée occidentale le Cachalot est observé dans de nombreux secteurs comme Gibraltar (De Stephanis *et al.,* 2008), la mer d'Alboran (Cañadas *et al.*, 2002), les Baléares (Pirotta *et al.,* 2011 ; Rendell *et al.,* 2014), le Golfe du Lion (Laran *et al,.* 2012 ; Drouot *et al.,* 2004b), la mer Provençale et Ligure (Laran *et al.,* 2012 ; Di-Méglio et David, 2010 ; Pettex *et al.,* 2012 ; Praca et Gannier, 2008) ou encore la mer Tyrrhénienne (Santoro *et al.,* 2015 ; Pace *et al.*, 2014). En Méditerranée nord-occidentale le Cachalot semble affectionner tout particulièrement le talus continental et les fonds importants de plus de 2000 m (Laran *et al.,* 2012 ; Di-Méglio et David, 2010 ; Praca *et al.,* 2009) ainsi que les canyons sous-marins (David et Di-Méglio, 2012 ; Mussi *et al.,* 2014 ; Tepsich *et al.,* 2014).

Globalement entre 1992 et 2015 les tailles de groupe ont été en moyenne de 1,7 individus. Ces tailles moyennes de groupe sont sensiblement égales ou légèrement inférieures à celles obtenues en Méditerranée nord-occidentale. Ainsi, une étude faite entre 1994 et 2008 dans cette zone montre une valeur très semblable (1,5 ind./groupe) si l'on considère l'ensemble des

observations (en et hors effort de prospection) de Cachalots faites entre juin et septembre (Delacourtie *et al.,* 2009). Par contre, d'autres études faites uniquement à partir de données collectées en effort de prospection, mettent en évidences des valeurs moyennes pouvant varier de 1 ind./groupe à 7 ind./groupe selon le secteur et la période de l'année considérée (Di-Méglio et David, 2010 ; Drouot *et al,.* 2004b ; Laran *et al.,* 2010 ; Laran *et al.,* 2012). Bien qu'un effort de prospection ait été fait quasiment tout au long de l'année, la présence de ces animaux n'a été observée qu'au printemps, en été et à l'automne avec toutefois une part importante des observations en été (89,3 % des observations) et des tailles moyennes de groupe croissant du printemps à l'automne : respectivement 1,3 à 6 ind./groupe. Les tailles moyennes de groupes varient au cours des différents mois (de mai à octobre) avec des valeurs pouvant aller de 1,2 ind./groupe en mai à une valeur maximale de 11 ind./groupe en octobre. En Méditerranée nord-occidentale plusieurs études ayant été menées au cours des différentes saisons constatent une distribution saisonnière du Cachalot différente. Ainsi en mer Ligure Laran et Drouot (2007) ne signalent la présence de Cachalots qu'entre août et octobre alors que Giorli *et al.* (2016) rapporte la présence de cette espèce en mer Ligure en décembre. De même, plusieurs études attestent de la présence de cette espèce tout au long de l'année dans le secteur Liguro-provençale (Di-Méglio et David, 2010), dans le Sud de la Méditerranée nord-occidentale (Arcangeli & Campana, *in prep*.). Enfin, si ce travail montre que le secteur du Golfe du Lion est surtout fréquenté en été, même si quelques observations ont été réalisées au printemps et en automne, Di-Méglio et David (2010) montre que cette espèce est aussi observée en hiver dans ce secteur. La présence dans le Golfe du Lion en période estivale a aussi été constatée par Gannier *et al.* (2002) et Delacourtie *et al.* (2009).

Concernant les tailles de groupes saisonnières, nos résultats se situent dans les fourchettes de ce qui a été observé dans les différents secteurs de Méditerranée nord-occidentale. Ainsi en été la taille moyenne de groupe est comprise entre 1 et 2,6 individus / groupe selon le secteur (Arcangeli & Campana, in prep ; Laran *et al.,* 2012 ; Di-Méglio, 1999 ; Di-Méglio et David, 2010 ; Drouot *et al.,* 2004b ; Laran et Gannier, 2006). En automne, une seule étude (Di-Méglio et David, 2010) rapporte en Méditerranée nord-occidentale des groupes en moyenne de 1,8 individus ce qui est inférieur à ce que nous avons observé dans cette étude soit 6 ind./groupe. La même étude fait état au printemps d'une taille moyenne de groupe égales à 1, ce qui est peu différent de ce que nous avons constaté dans cette étude (1,3 ind./groupe). C'est en août et en octobre que nous avons rencontré les plus grands groupes (respectivement 14 et 15 individus) mais en moyenne les tailles de groupes ont été les plus importantes en octobre (11 ind./groupe) tandis qu'elle n'était que de 1,7 ind./groupe en août. Le même constat a été fait par Di-Méglio et David (2010) qui observent une taille moyenne maximale en octobre (7 ind./groupe).

Au final notre étude confirme la présence de cette espèce du Golfe du Lion à la mer Ligure où 216 groupes de Cachalots ont pu être rencontrés entre 1992 et 2015. De façon générale, la distribution spatiale de ces groupes correspond à ce qui est connu pour l'espèce, avec une préférence pour le talus mais aussi plus au large sur des fonds plus importants. La variation de cette distribution tout au long de l'année correspond également à ce qui a été démontré précédemment, très certainement liée aux conditions trophiques variant en début de printemps, soit le démarrage de l'enrichissement de la chaîne alimentaire, puis au cœur de l'été où les maillons supérieurs (donc les calmars mésopélagiques, proies des Cachalots) abondent jusqu'à la mi-automne où les processus météorologiques (coups de vent) disséminent et diminuent la richesse alimentaire. De même pour la taille des groupes, si l'on considère la même zone d'étude, nos résultats sont en accord avec les études précédentes, qui montrent une abondance et une taille de groupe augmentant du printemps

jusqu'à atteindre un maximum en fin d'été et automne. D'après la littérature l'espèce est avérée présente aussi en hiver, et c'est probablement notre faible échantillonnage hivernal qui n'a pas permis de rencontrer des Cachalots à cette saison.

Ce que nous montrons de plus, en revanche, grâce à un jeu de données de longue durée, est que cette distribution varie également d'une année sur l'autre, et même d'une décennie sur l'autre (cf.§3.2.5.2.2). Ceci peut s'expliquer, comme pour le Globicéphale noir, par le fait de changements profonds dans l'écosystème marin comme les changements climatiques (Mac Léod, 2009 ; Kaschner *et al.,* 2011) ou par des changements plus ponctuels, d'une année sur l'autre, pouvant entrainer des variations de la productivité (Auger *et al.,* 2014) et des conditions océanographiques. Ainsi, il a été montré que la distribution des Cachalots de Méditerranée nord-occidentale est influencée par la présence de températures de surface froides, de concentrations de Chlorophylle importantes (Praca et Gannier, 2008) et de fronts séparant des masses d'eau tel que le front Baléare (Gannier & Praca, 2007).

Si l'on considère la distribution en fonction de la taille des groupes, nous avons clairement vu que les individus isolés ou en petits groupes se distribuent sur l'ensemble des habitats, du talus au large, du continent à la Corse. En ce qui concerne les grands groupes il en va autrement, leur distribution étant plus restreinte dans l'espace et le temps. Ainsi les groupes de grande taille ont été observés dans un secteur compris entre le Golfe du Lion (Sud de la Camargue) et Nice principalement au-delà des fonds de 2000m, et pour une part moindre, sur le talus inférieur. Le centre de la Méditerranée nord-occidentale est particulièrement riche en grands groupes et plus spécialement dans un secteur allant du talus à 120MN au large. En Corse c'est uniquement à l'Est qu'un grand groupe a été rencontré. Deux raisons expliquent l'agrégation des animaux : la richesse alimentaire d'un secteur et la rencontre de plusieurs individus pour la reproduction. Nous avons vu que le développement de la chaîne alimentaire est certainement la cause de rassemblement certains mois plus que d'autres, voire certaines années. Les secteurs fréquentés par ces grands groupes témoigneraient donc au moins d'une richesse alimentaire et seraient identifiés comme secteurs d'alimentation pour l'espèce. La littérature (Whitehead, 2003) nous apprend aussi que chez cette espèce au niveau des vastes océans du globe, il existe une ségrégation entre les mâles matures, souvent solitaires et les groupes sociaux, plus grands, composés de femelles et leur progéniture. L'analyse de la composition des groupes, notamment avec la présence de nouveau-nés, apporte une information cruciale : les grands groupes observés dans cette étude comportent majoritairement des nouveau-nés et seraient ainsi également des groupes participant à la reproduction de l'espèce (mise-bas voire reproduction). De ce fait, les secteurs préférentiellement fréquentés par les grands groupes seraient également des secteurs importants pour la reproduction de l'espèce.

Le plus novateur dans notre étude est la comparaison entre les deux décennies. En effet, la taille moyenne semble stable et faible entre 1994 et 2005 : 1 à 1,1 individu par groupe. En revanche à partir de 2007, elle est toujours supérieure à ces valeurs et atteint des maximums. Si l'on relie la taille des groupes avec le sex-ratio et la présence de nouveau-nés, les résultats montrent une évolution certaine du type d'utilisation de la zone d'étude par le Cachalot comme expliqué ci-dessous.

**Composition des groupes**

Nos résultats sur la taille des groupes et les nouveau-nés et jeunes montrent que dans la première décennie c'était essentiellement des individus adultes isolés ou en très petits groupes qui fréquentaient le Nord de la Méditerranée occidentale. Frantzis *et al*., (2014) et Drouot *et al*. (2004) estiment que les animaux rencontrés isolés et par petits groupes sont essentiellement des mâles. Nous n'avons dans cette décennie qu'un seul groupe avec un jeune sur 44 observations, soit 2.3% de groupes dits « sociaux ». Ces résultats correspondent aux études menées dans ces années, où l'image de la connaissance sur cette espèce faisait état d'une fréquentation de la Méditerranée nord-occidentale uniquement par des mâles matures isolés ou en petits groupes tandis que les grands groupes correspondant aux unités sociales se localisaient plus au Sud, en particulier vers les Baléares (Drouot *et al*., 2004).

Nous avons pu montrer qu'après 2007, cette image change. De plus grands groupes avec des femelles et leur progéniture fréquentent alors également cette partie de Méditerranée. Ainsi sur nos 306 observations de Cachalots, 21 concernent des groupes « sociaux » (avec nouveau-né et/ou jeune) soit 7% des groupes. La taille moyenne de nos unités sociales (6,56 ind., écart-type = 4,42) est similaire à celle de certains secteurs méditerranéens où se reproduit l'espèce : 6,66 ind. dans la Baie de Naples (Pace *et al.,* 2014) et 8,2 ind. sur la fosse Hellénique (Frantzis *et al*., 2014). De même, Pace *et al.*, (2014) compte 6% d'unités sociales parmi leurs observations. La proportion de nouveau-nés et de jeunes dans nos unités sociales atteint respectivement 5,2 % et 19,1% dans cette décennie, soit 24,3% de non-adulte au total. Au niveau de la fosse Hellénique, ce pourcentage monte jusqu'à 29% (Frantzis *et al.*, 2014) tandis qu'il n'est que de 12,9% dans la Baie de Naples (sans compter les animaux non classés par âge ; Pace *et al.*, 2014). Une observation récente de mise-bas de Cachalot au large de Toulon en été 2016 (Ody *comm.pers.*) vient confirmer la fonction vitale de notre secteur pour cette espèce.

La Méditerranée nord-occidentale est donc aujourd'hui fréquentée par des individus solitaires (certainement des mâles), des petits groupes et des unités sociales avec des femelles et leur progéniture. Ce cas de figure où tous les âges et sexe sont rencontrés dans un même secteur est similaire à ce qu'on connait des sites de reproduction méditerranéens pour l'espèce : aux Baléares (Pirotta *et al.*, 2011), la fosse Hellénique (Frantzis *et al.*, 2014) et en Baie de Naples (Pace *et al.*, 2014). Cette non-ségrégation spatiale par age/sexe est atypique à travers le monde (Rendel et Frantzis, 2016) où l'espèce a tendance à être séparée, femelles et progéniture dans les eaux chaudes et mâles solitaires plus dans les eaux froides.

Concernant la saisonnalité, peu de chose existe d'après la synthèse de Rendel et Frantzis (2016). Pace *et al.* (2014) dans la Baie de Naples observent les unités sociales essentiellement en octobre et novembre. La plupart des études autour des Baléares ou au niveau de la Fosse Hellénique sont faite en période estivale et des unités sociales sont observées à cette saison (Pirotta *et al.*, 2011). L'ensemble de ces résultats correspondent aux nôtres. L'absence de femelles dans les biopsies en automne n'est probablement que le reflet d'un sous-échantillonnage ou d'un comportement d'évitement de la part des femelles suitées.

# 5 Conclusion

Le travail effectué au cours de cette étude a permis de compléter les catalogues de photo-identifications existants ainsi que comparer les catalogues entre différentes structures. La mise en commun des données d'observations a permis la réalisation d'analyse spatio-temporelle de la taille et la composition des groupes de Globicéphales noirs ainsi que ceux de Cachalots.

Les estimations d'effectifs de ces populations sont des prémices à de futures analyses car il est nécessaire de continuer les compagnes de photo-identifications afin d'apporter une robustesse et une précision à ces résultats. Les analyses liées à la photo-identification montrent que l'intégralité des populations de Globicéphales noirs et de Cachalots n'a pas été identifiée.

L'analyse de la structure et de la composition des groupes ainsi que le sex-ratio a permis de mettre en évidence que le nord de la Méditerranée est une zone de mise-bas et très certainement de reproduction pour le Globicéphale noir et pour le Cachalot. Des secteurs de fréquentation préférentielle des groupes comprenant des nouveau-nés (pour les deux espèces) et des femelles (pour le Cachalot) ont été identifiés au large des côtes françaises. Enfin pour le Cachalot, le jeu de données sur le long terme nous a permis de mettre en évidence un changement entre les deux décennies 1992-2002 et 2005-2015 : dans la seconde phase, les groupes sociaux fréquentent la zone, chose qui n'était pas reportée dans la première. Cela peut être la preuve d'un changement dans l'écosystème méditerranéen. Seul la poursuite de collecte de données chaque année peut nous aider à suivre ces évolutions.

L'analyse intégrée des données récoltées via les observations et la photo-identification, croisées avec les données hormonales et génétiques existantes permettrait d'apporter des informations nouvelles et nécessaires sur les populations de Globicéphales noirs et de Cachalots présentes dans le bassin Méditerranéen nord-occidental.

# 6 Bibliographie

Akaike, H., 1973. Information theory and an extension of the maximum likehood principle. Springer Verlag 267–287.

Aloncle, H., 1964. Premières observations sur les petits cétacés des côtes marocaines. Bull. l'inst. Pech. Marit. Maroc 12, 21–42.

Alves, F., Quérouil, S., Dinis, A., Nicolau, C., Ribeiro, C., Freitas, L., Kaufmann, M., Fortuna, C., 2013. Population structure of short-finned pilot whales in the oceanic archipelago of Madeira based on photo-identification and genetic analyses: Implications for conservation. *Aquat. Conserv. Mar. Freshw. Ecosyst*. 23, 758–776.

Arcangeli A., Campana I. (*in prep*.) Spatio-temporal variability of cetacean species along a sampling transect between Barcelona and Civitavecchia in the Western Mediterranean Sea Region.

Arnbom, T.A., 1987. Individual photographic identification : a key to the social organization of sperm whales. Memorial University of Newfoundland.

Astruc, G., 2005. Exploitation des chaines trophiques marines de Méditerranée par les populations de cétacés.

Auger P.A., Ulses C., Estournel C., Stemmann L., Somot S., Diaz F., 2014. Interannual control of plankton communities by deep winter mixing and prey/predator interactions in the NW Mediterranean: Results from a 30-year 3D modeling study. *Progress in Oceanography 124* : 12-27.

Auger-Méthé, M., Whitehead, H., 2007. The use of natural markings in studies of long-finned pilot whales (Globicephala melas). *Mar. Mammal Sci*. 23, 77–93.

Azzellino, A., Panigada, S., Lanfredi, C., Zanardelli, M., Airoldi, S., Notarbartolo di Sciara, G., 2012. Predictive habitat models for managing marine areas: spatial and temporal distribution of marine mammals within the Pelagos Sanctuary (Northwestern Mediterranean Sea). *Ocean Coast. Manag*. 67, 63–74.

Azzellino, A., Gaspari, S., Airoldi, S., Nani, B., 2008. Habitat use and preferences of cetaceans along the continental slope and the adjacent pelagic waters in the western Ligurian Sea. *Deep Sea Res*. Part I Oceanogr. Res. Pap. 55, 296–323. http://dx.doi.org/10.1016/ j.dsr.2007.11.006.

Ballance, L. T., Pitman, R. L., Reilly, S. B., and Fiedler, P. C., 1997. Habitat relationship of cetaceans in the western tropical Indian Ocean, Rep. Int. Whal. Commn., SC/49/O23, 16.

Beekmans, B., Whitehead, H., Huele, R., 2005. Comparison of two computer-assisted photo-identification methods applied to sperm whales (Physeter macrocephalus). Aquat. Mamm. 31, 243–247.

Bejder, L., Fletcher, D., Brager, S., 1998. A method for testing association patterns of social animals. Anim. Behav. 56, 719–725.

Bérubé, M., Palsbøll, P., 1996. Identification of sex in cetaceans by multiplexing with three ZFX and ZFY specific primers. Mol. Ecol. 5, 1–6.

Bloch, D., Lockyer, C., Zachariassen, M., 1993. Age and growth parameters of the long-finned pilot whale off the Faroe Islands, in: Report of the International Whaling Commission Special Issue; Biology of Northern Hemisphere Pilot Whales. pp. 163–207.

Buckland, S.T., Anderson, D.R., Burnham, K.P., Laake, J.L., Borchers, D.L., Thomas, L., 2001. Introduction to Distance Sampling: Estimating Abundance of Biological Populations. Oxford University Press, Oxford. 432 p.

Buckland, S.T. (Stephen), Bloch, D., Cattanach, K.L., Gunnlaugsson, T. (Torvaldur), Hoydall, K., Lens, S. (Santiago), Sigurjonsson, J., 1991. Distribution and abundance of long-finned pilot whales in the North Atlantic, estimated from NASS-87 and NASS-89 data.

Butts, C.T., 2016. sna: Tools for Social Network Analysis. R package version 2.4.

Cañadas, A., Sagarminaga, R., Garcia-Tiscar, S., 2002. Cetacean distribution related with depth and slope in the Mediterranean waters off southern Spain. *Deep. Res*. 49, 2053–2073.

Canadas, A., Sagarminaga, R., 2000. the Northeastern Alboran Sea, an Important Breeding and Feeding Ground for the Long-Finned Pilot Whale (Globicephala Melas) in the Mediterranean Sea. *Mar. Mammal Sci*. 16, 513–529.

Carpinelli, E., Gauffier, P., Verborgh, P., Airoldi, S., David, L., Di-Meglio, N., Can˜adas, A., Frantzis, A., Rendell, L., Lewis, T., Mussi, B., Pace, D.S., De Stephanis, R., 2014. Assessing sperm whale (Physeter macrocephalus) movements within the western Mediterranean Sea through photo-identification. Aquat. Conserv. Mar. Freshwat. Ecosyst. 24, 23–30

Christal, J., Whitehead, H., 2001. Social affiliations within sperm whale (Physeter macrocephalus) groups. Ethology 107, 323–340.

Cormack, R.M., 1964. Estimates of Survival from the Sighting of Marked Animals. Biometrika 51, 429.

Csardi, G., Nepusz, T., 2006. The igraph software package for complex network research, InterJournal, Complex Systems 1695.

David L. et Di- Méglio N., 2012. Role and importance of submarine canyons for cetaceans and seabirds in the north-western Mediterranean sea. In Wurtz M. (ed.) (2012). Mediterranean Submarine Canyons: Ecology and Governance. Gland, Switzerland and Malaga, Spain: IUCN : 113-122.

Davis, N. B., Ortega-Ortiz, J. G., Ribic, C. A., Evans, W. E., Biggs, D. C., Ressler, P. H., Cady, R. B., Leben, R. R., Mullin, K., and W¨ursig, B., 2002. Cetacean habitat in the northern oceanic Gulf of Mexico, Deep-Sea Res. I, 49 : 121–142.

De Stephanis, R., Cornulier, T., Verborgh, P., Salazar Sierra, J., Pérez Gimeno, N., Guinet, C., 2008. Summer spatial distribution of cetaceans in the Strait of Gibraltar in relation to the oceanographic context. Mar. Ecol. Prog. Ser. 353, 275–288.

De Stephanis, R., Verborgh, P., Pérez, S., Esteban, R., Minvielle-Sebastia, L., Guinet, C., 2008b. Long-term social structure of long-finned pilot whales (Globicephala melas) in the Strait of Gibraltar. Acta Ethol. 11, 81–94.

Delacourtie, F., Laran, S., David, L. & Di-Méglio, N., 2009. Analyse spatio-temporelle de la distribution des cétacés en relation avec les paramètres environnementaux. Rapport Final du Programme de Recherche 2007/2009 de PELAGOS France. GIS 3M / CRC / EcoOcéan Institut, 221p + annexes.

Di-Méglio N. et David L.., 2010. - Suivi temporel du Sanctuaire PELAGOS par transects mensuels au large ». GIS 3M (écoOcéan Institut) / PELAGOS France, 200p.

Di-Méglio, N. and David, L., 2008. 2007 : A particular year or the symptom of a global change in the distribution of large cetaceans in the northwestern Mediterranean sea ?. Eur. Research on Cetacean 22, Amsterdam (Netherlands), 10-12 mars 2008.

Di-Meglio, N., 1999. Distribution comparée des cétacés et des oiseaux marins de Méditerranée nord-occidentale en période estivale. Relation avec les conditions environnementales.

Drouot-Dulau, V., Gannier, A., 2007. Movements of sperm whale in the western Mediterranean Sea: preliminary photo-identification results. *J. Mar. Biol. Assoc*. UK.

Drouot, V., Bérubé, M., Gannier, A., Goold, J.C., Reid, R.J., Palsbøll, P.J., 2004. A note on genetic isolation of Mediterranean sperm whales (Physeter macrocephalus) suggested by mitochondrial DNA. J. *Cetacean Res. Manag*. 6, 29–32.

Drouot, V., Gannier, A., Goold, J., 2004. Summer social distribution of sperm whales (Physeter macrocephalus) in the Mediterranean Sea. J. *Mar. Biol. Assoc. UK* 84, 675–680.

Drouot, V., 2003. Ecology of sperm whale (Physeter macrocephalus) in the Mediterranean Sea. University of Wales, Bangor, UK.

Dufault, S., Whitehead, H., 1995. An assessment of changes with time in the marking patterns used for photoidentification of individual sperm whales, Physeter macrocephalus. Mar. Mammal Sci. 11, 335–343.

Engelhaupt, D., Rus Hoelzel, A., Nicholson, C., Frantzis, A., Mesnick, S., Gero, S., Whitehead, H., Rendell, L., Miller, P., De Stefanis, R., Cañadas, A., Airoldi, S., Mignucci-Giannoni, A.A., 2009. Female philopatry in coastal basins and male dispersion across the North Atlantic in a highly mobile marine species, the sperm whale (Physeter macrocephalus). Mol. Ecol. 18, 4193–4205.

Evans, K., Hindell, M.A., 2004. The age structure and growth of female sperm whales (Physeter macrocephalus) in southern Australian waters. J. Zool. 263, 237–250.

Farine, D.R., 2016. asnipe: Animal Social Network Inference and Permutations for Ecologists. R package version 0.91.

Frantzis, A., Alexiadou, P., Gkikopoulou, K.C., 2014. Sperm whale occurrence, site fidelity and population structure along the Hellenic Trench (Greece, Mediterranean Sea). Aquat. Conserv. Mar. Freshw. Ecosyst. 24, 83–102

Gannier, A. 1997. Estimation de l'abondance estivale du rorqual commun Balaenoptera physalus (Linné, 1758) dans le bassin liguro-provençal (Méditerranée occidentale). Rev. Ecol. (Terre et Vie), 52 : 69-87.

Gannier, A., 2006. Le peuplement estival de cétacés dans le Sanctuaire Marin Pelagos (Méditerranée nord-occidentale): Distribution et abondance. Mammalia 70, 17–27.

Gannier, A., 2005a. Summer distribution and relative abundance of delphinids in the Mediterranean Sea. Rev. d'Ecologie (La Terre la Vie) 60, 223–238.

Gannier, A., 2005b. Distribution et habitat estival du cachalot Physeter macrocephalus en Méditerranée nord-occidentale.

Gannier, A., 1999. Les cétacés de Méditerranée nord-occidentale : nouveaux résultats sur leur distribution, la structure de leur peuplement et l'abondance relative des différentes espèces. Mésogée 56, 3–19.

Gannier, A., 1995. Les Cétacés de Méditerranée nord-occidentale: estimation de leur abondance et mise en relation de la variation saisonnière de leur distribution avec l'écologie du milieu. Thèse de Doctorat, Ecole Pratique des Hautes Etudes, Montpellier,437 pp.

Gannier, A., Drouot, V., Goold, J.C., 2002. Distribution and relative abundance of sperm whales in the Mediterranean Sea. *Mar. Ecol. Prog. Ser*. 243, 281–293.

Gannier, A., Praca, E., 2007. SST fronts and the summer sperm whale distribution in the north-west Mediterranean Sea. J. Mar. Biol. Assoc. UK 87, 187–193.

Gero, S., Engelhaupt, D., Whitehead, H., 2008. Heterogeneous social associations within a sperm whale, Physeter macrocephalus, unit reflect pairwise relatedness. *Behav. Ecol. Sociobiol*. 63, 143–151.

Gimenez, O., n.d. R2ucare: Goodness-of-fit tests for capture-recapture models. R package version 1.0.0.

Giorli, G., Au, W.W.L., Neuheimer, A., 2016. Differences in foraging activity of deep sea diving odontocetes in the Ligurian Sea as determined by passive acoustic recorders. Deep. Res. Part I Oceanogr. Res. Pap. 107, 1–8. http://dx.doi.org/10.1016/j. dsr.2015.10.002.

Gordon, J.C.D., Matthews, J.N., Panigada, S., Gannier, A., Borsani, J.F., Notarbartolo di Sciara, G., 2000. Distribution and relative abundance of striped dolphins, and distribution of sperm whales in the Ligurian Sea cetacean sanctuary: results from a collaboration using acoustic monitoring techniques. J. Cetacean Res. Manag.

Greco, M., 2011. The occurrence, distribution and social structure of long-finned pilot whales (Globicephala melas) in the Ligurian Sea. MSc Thesis, Università di Pisa, Pisa, Italia.

Hamazaki, T., 2002. Spatiotemporal prediction models of cetacean habitats in the mid-western north Atlantic Ocean (from cape Hatteras, north Carolina, USA, to Nova Scotia, Canada), Mar. Mamm. Sci., 18, 920–939, 2002.

Jaquet, N., Whitehead, H., 1996. Scale-dependent correlation of sperm whale distribution with environmental features and productivity in the South Pacific. *Mar. Ecol. Prog. Ser*. 135, 1–9.

Jaquet, N., Whitehead, H., Lewis, M., 1995. Relationships between sperm whale distribution and primary productivity over large spatial scales in the pacific ocean, in: European Research on Cetaceans. pp. 188–192.

Jolly, G.M., 1965. Explicit Estimates from Capture-Recapture Data with Both Death and Immigration-Stochastic Model. Biometrika 52, 225.

Kaschner, K., Tittensor, D.P., Ready, J., Gerrodette, T., Worm, B., 2011. Current and future patterns of global marine mammal biodiversity. PLoS One 6, 19653.

Laake, J., Rexstad, E., 2008. RMark - an alternative approach to building linear model in MARK. In: E. Cooch & G.C. White (Eds.). Program MARK: a gentle introduction.

Laran, S., 2005. Variations spatio-temporelles du peuplement de cétacés en Mer Ligure (Méditerranée Nord-Occidentale) et relations avec les conditions environnementales. Free University of Brussels, Brussels.

Laran, S., Delacourtie, F., Di Fulvio, T., David, L., DI-Meglio, N., Monestiez, P., 2012. Synthèse sur la distribution des cétacés dans le Sanctuaire PELAGOS et les eaux adjacentes, mise en relation avec leur environnement. Sci. Rep. Port-Cros natl. Park 147, 119–147.

Laran, S., Drouot-Dulau, V., 2007. Seasonal variation of striped dolphins, fin- and sperm whales' abundance in the Ligurian Sea (Mediterranean Sea). J. Mar. Biol. Assoc. UK 87, 345.

Laran, S., Gannier, A., 2008. Spatial and temporal prediction of fin whale distribution in the northwestern Mediterranean Sea. ICES J. Mar. Sci. 65, 1260–1269.

Laran, S., Gannier, A., 2005. Variation saisonnière de la présence du Cachalot (Physeter macrocephalus) dans le sanctuaire Pelagos (Mer Ligure). Mésogée 61, 71–77.

Laran, S., Joiris, C., Gannier, A., Kenney, R.D., 2010. Seasonal estimates of densities and predation rates of cetaceans Seasonal Seasonal estimates estimates of of densities densities and and predation predation rates rates of of cetaceans cetaceans in the Ligurian northwestern Mediterranean Sea : an initial. J. Cetacean Res. Manag. 11, 31–40.

Lebreton, J.-D., Burnham, K.P., Clobert, J., Anderson, D.R., 1992. Modeling Survival and Testing Biological Hypotheses Using Marked Animals: A Unified Approach with Case Studies. Source Ecol. Monogr. 62, 67–118.

Lejeusne, C., Chevaldonné, P., Pergent-Martini, C., Boudouresque, C.F., Pérez, T., 2010. Climate change effects on a miniature ocean: the highly diverse, highly impacted Mediterranean Sea. Trends Ecol. Evol. 25, 250–260. http://dx.doi.org/10.1016/j. tree.2009.10.009.

MacLeod, C., 2009. Global climate change, range changes and potential implications for the conservation of marine cetaceans: a review and synthesis. Endanger. Species Res. 7, 125–136. http://dx.doi.org/10.3354/esr00197.

Mangion, P. & Gannier, A., 2002. Improving the comparative distribution picture for Risso's dophin and Long-finned pilot whale in the Mediterranean Sea. 16th Annual Conference of the European Cetacean Society, Liège, Belgium, 2002, 68.

Matthews, J.N., Steiner, L., Gordon, J., 2001. Mark-recapture analysis of sperm whale (Physeter macrocephalus) photo-id data from the Azores ( 1987-1995 ). J. Cetacean Res. Manag. 3, 219–226.

Mendes, S., Newton, J., Reid, R.J., Frantzis, A., Pierce, G.J., 2007. Stable isotope profiles in sperm whale teeth: variations between areas and sexes. J. Mar. Biol. Assoc. UK 87, 621–627.

Moulins, A., Würtz, M., 2005. Occurrence of a herd of female sperm whales and their calves (Physeter catodon), o¡ Monaco, in the Ligurian Sea.

Mussi, B., Miragliuolo, A., Díaz López, B., 2000. Social structure and male parental care in a long finned pilot whale (Globicephala melas) pod off Ventotene Island (Southern Tyrrhenian Sea, Italy). Eur. Res. Cetaceans 14, 141–145.

Mussi, B., Miragliuolo, A., Zucchini, A., Pace, D.S., 2014. Occurrence and spatio-temporal distribution of sperm whale (Physeter macrocephalus) in the submarine canyon of Cuma (Tyrrhenian Sea, Italy). Aquat. Conserv. Mar. Freshwat. Ecosyst. 24, 59–70.

Notarbartolo Di Sciara, G., Birkun Jr., A., 2010. Conserving whales, dolphins and porpoises in theMediterranean and Black Seas: anACCOBAMSstatus report.ACCOBAMS,Monaco.

Notarbartolo-Di-Sciara, G., Agardy, T., Hyrenbach, D., Scovazzi, T., Klaveren, P., 2008. The Pelagos Sanctuary for Mediterranean marine mammals. Aquat. Conserv Mar. Freshw. Ecosyst 18, 367–391.

Ottensmeyer, C.A., Whitehead, H., 2003. Behavioural evidence for social units in long-finned pilot whales. Can. J. Zool. 81, 1327–1338.

Pace, D.S., Miragliuolo, A., Mariani, M., Vivaldi, C., Mussi, B., 2014a. Sociality of sperm whale off Ischia Island (Tyrrhenian Sea, Italy). Aquat. Conserv. Mar. Freshwat. Ecosyst. 24, 71–82.

Panigada, S., Lauriano, G., Burt, L., Pierantonio, N., Donovan, G., 2011. Monitoring winter and summer abundance of cetaceans in the Pelagos sanctuary (Northwestern Mediterranean Sea) through aerial surveys. PLoS One 6, e22878. http://dx.doi.org/10.1371/journal. pone.0022878.

Pettex E., Stéphan E., David L., Falchetto H., Dorémus G., Van Canneyt O., Sterckeman A., Bretagnolle V. & Ridoux V., 2013. Suivi Aérien de la Mégafaune Marine dans la ZEE et ZPE de France métropolitaine: SAMM – Eté 2012. Rapport de campagne, 59p.

Pettex, E., Falchetto, H., Dorémus, G., Van Canneyt, O., Stéphan, E., David, L., Sterckeman, A., Ridoux, V., 2012. Suivi Aérien de la Mégafaune Marine en France métropolitaine Rapport intermédiaire. La Rochelle UMS 3462 72pp.

Pettex, E., Lambert, C., Laran, S., Ricart, A., Virgili, A., Falchetto, H., Authier, M., Monestiez, P.,

Van Canneyt, O., Doremus, G., Blanck, A., Toison, V., Ridoux, V., 2014. Suivi aérien de la mégafaune marine en France métropolitaine. Universite de La Rochelle UMS 3462, La Rochelle.

Pirotta, E., Matthiopoulos, J., MacKenzie, M., Scott-Hayward, L., Rendell, L., 2011. Modelling sperm whale habitat preference: a novel approach combining transect and follow data. Mar. Ecol. Prog. Ser. 436, 257–272.

Praca, E., Gannier, A., 2008. Ecological niches of three teuthophageous odontocetes in the northwestern Mediterranean Sea. Ocean Sci. 4, 49–59.

Praca, E., Gannier, A., Das, K., Laran, S., 2009. Modelling the habitat suitability of cetaceans: example of the sperm whale in the northwestern Mediterranean Sea. Deep. Res. Part I Oceanogr. Res. Pap. 56, 648–657.

Pradel, R., Hines, J.E., Lebreton, J., Nichols, J.D., 1997. Capture-Recapture survival models taking account of transients. Biometrics 53, 60–72.

Pradel, R., Sanz-Aguilar, A., 2012. Modeling trap-awareness and related phenomena in capture-recapture studies. PLoS One 7, e32666.

R Core Team, 2016. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.

Raga, J.A., Pantoja, J., 2004. Proyecto mediterra´neo. Zonas de especial interes para la conservacio ´n de los ceta´ceos en el Mediterra´neo espan˜ ol. Ministerio de Medio Ambiente organismo auto´nomo Parques Nacionales, Madrid.

Rendell L. and Frantzis A., 2016. Mediterranean Sperm Whales, Physeter macrocephalus: The Precarious State of a Lost Tribe. Advances in Marine Biology, : 37-73.

Rendell, L., Simiao, S., Brotons, J.M., Airoldi, S., Fasano, D., Gannier, A., 2014. Abundance and movements of sperm whales in the western Mediterranean basin. Aquat. Conserv. Mar. Freshwat. Ecosyst. 24, 31–40.

Richard, K.R., Dillon, M.C., Whitehead, H., Wright, J.M., 1996. Patterns of kinship in groups of free-living sperm whales (Physeter macrocephalus) revealed by multiple molecular genetic analyses. Proc. Natl. Acad. Sci. U. S. A. 93, 8792–8795.

Santoro R., Sperone E., Pellegrino G., Giglio G., Tripepi S., Tringali M.L., Arcangeli A., 2015. Summer Distribution, Relative abundance and encounter rates of Cetaceans in the Mediterranean Waters off Southern Italy (Western Ionian Sea and Southern Tyrrhenian Sea). Mediterranean Marine Science

Seber, G.A.F., 1965. A Note on the Multiple-Recapture Census. Biometrika 52, 249.

Taylor, B.L., Chivers, S.J., Larese, J., Perrin, W.F., 2007. Generation length and percent mature estimates for IUCN assessments of cetaceans: Report to National Marine Fisheries Service. Southwest Fisheries Science Center, La Jolla.

Tepsich, P., Rosso, M., Halpin, P.N., Moulins, A., 2014. Habitat preferences of two deepdiving cetacean species in the northern Ligurian Sea. Mar. Ecol. Prog. Ser. 508, 247–260.

Verborgh, P., 2015. Demografi´a y estructura de las poblaciones de calderones comunes (Globicephala melas) en el Mediterra´neo espan˜ ol. PhD Thesis, Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, Las Palmas de Gran Canaria, Spain.

Verborgh, P., de Stephanis, R., Gauffier, P., Garcia Tiscar, S., Esteban, R., Minvielle-Sebastia, L., Ridoux, V., Dabin, W., Llavona, A., Marcos Ipina, E., Monteiro, S., Ferreira, M., Monaghan, N.T., Berrow, S., Fossi, M.C., Marsili, L., Laran, S., Praca, E., Canadas, A., Sagarminaga, R.,

Murcia, J.L., Garcıa, P., 2010. Population structure of long-finned pilot whales in Europe - Google Scholar, in: 24th Annual Meeting European Ceatacean Society. Stralsund, Germany, pp. 22–24.

Verborgh, P., De, R., Pérez, S.S., Jaget, Y., Barbraud, C., Guinet, C., 2009. Survival rate, abundance, and residency of long-finned pilot whales in the Strait of Gibraltar. Mar. MAMMAL Sci. 25, 523–536.

Verborgh, P., Gauffier, P., Esteban, R., Giménez, J., Cañadas, A., Salazar, J.M., de Stephanis, R., 2016. Conservation Status of Long-Finned Pilot Whales, Globicephala melas, in the Mediterranean Sea, in: Advances in Marine Biology 75: Mediterranean Marine Mammal Ecology and Conservation. pp. 1–31.

Waring, G., Josephson, E., Fairfield-Walsh, C., 2007. US Atlantic and Gulf of Mexico marine mammal stock assessments. NOAA Tech Memo.

White, G.C., Burnham, K., 1999. Program MARK: Survival estimation from populations of marked animals. Bird Study 46: 120-139.

Whitehead, H., 1993. The behaviour of mature male sperm whales on the Galapagos Islands breeding grounds. Can. J. Zool. 71, 689–699.

Whitehead, H., 2002. Estimates of the current global population size and historical trajectory for sperm whales. Mar. Ecol. Prog. Ser. 242, 295–304.

Whitehead, H., 2008. Analyzing animal societies: quantitative methods for vertebrate social analysis.

Whitehead, H., 2004. Sperm Whales: Social Evolution in the Ocean. Aquat. Mamm. 30, 335–336.

Whitehead, H., 2003. Sperm Whales: Social Evolution in the Ocean. University of Chicago Press, Chicago.

Whitehead, H., Dillon, M., Dufault, S., Weilgart, L., Wright, J., 1998. Non-geographically based population structure of South Pacific sperm whales: dialects, fluke□markings and genetics. J. Anim. Ecol. 67, 253–262.

Wierucka, K., Verborgh, P., Meade, R., Colmant, L., Gauffier, P., Esteban, R., de Stephanis, R., Cañadas, A., 2014. Effects of a morbillivirus epizootic on long-finned pilot whales Globicephala melas in Spanish Mediterranean waters. Mar. Ecol. Prog. Ser. 502, 1–10.