

ÉCOLE PRATIQUE DES HAUTES ÉTUDES
Sciences de la Vie et de la Terre

MÉMOIRE PRÉSENTÉ PAR

Pascal MAYOL

Pour l'obtention du Diplôme de l'École Pratique des Hautes Études
Discipline : Écologie marine

DéTECTABILITÉ DES GRANDS CÉTACÉS À BORD DES NAVIRES À GRANDE VITESSE POUR LIMITER LES RISQUES DE COLLISION



*Soutenu le 5 juillet 2007
devant le jury composé de :*

M. Jacques MICHAUX
M. Bruno DELESALLE
M. Frédéric CAPOULADE
M. Pierre BEAUBRUN



A Robin, mon petit frère

MINISTÈRE DE L'ÉDUCATION NATIONALE DE LA RECHERCHE ET DE LA TECHNOLOGIE

ÉCOLE PRATIQUE DES HAUTES ÉTUDES
Sciences de la Vie et de la Terre

MÉMOIRE PRÉSENTÉ PAR

Pascal MAYOL

Pour l'obtention du Diplôme de l'École Pratique des Hautes Études
Discipline : Écologie marine

Détectabilité des grands cétacés à bord des Navires à Grande Vitesse pour limiter les risques de collision

Soutenu le 5 juillet 2007 devant le jury composé de :

M. Jacques MICHAUX
M. Bruno DELESALLE
M. Frédéric CAPOULADE
M. Pierre BEAUBRUN

Responsables Scientifique et Pédagogique :

Dr. Pierre BEAUBRUN (Directeur de Diplôme)
EPHE - Laboratoire de Biogéographie et Écologie des Vertébrés
Université de Montpellier II, CC 94, pl. Eugène Bataillon, 34095 Montpellier Cedex 05

& Cdt Frédéric CAPOULADE
SNCM, 61 Bd des Dames, 13226 Marseille Cedex 02

REMERCIEMENTS

Monsieur Roger Prodon, Directeur du Laboratoire de Biogéographie et Écologie des Vertébrés de l'EPHE, je vous remercie de la confiance que vous m'avez témoignée en m'acceptant au sein du laboratoire que vous dirigez.

Monsieur Pierre Beaubrun, Directeur scientifique, EPHE, le dévouement que vous manifestez année après année auprès de vos étudiants rend l'exercice des remerciements originaux et synthétiques difficile. Je vais pourtant m'y essayer en mentionnant, tout d'abord et parmi tout ce que vous m'avez inculqué, la rigueur et son importance dont j'avais tant à apprendre. Ensuite, je tiens à rendre hommage au soutien constant que vous m'accordez et qui constitue les fondations de mon projet professionnel. Enfin, la sérénité avec laquelle j'envisage le futur est portée par votre amitié et votre disponibilité. Soyez persuadé du plaisir avec lequel je mettrai en application la réciprocité.

Commandant Frédéric Capoulade, responsable pédagogique, ex-SNCM, pierre angulaire de ce travail, je te prie de recevoir ma profonde gratitude pour ta confiance, ta disponibilité, ton suivi, ton aide précieuse et tes compétences partagées. Merci, aussi pour ton accompagnement, indispensable dans les projets connexes à cette étude. J'exprime également ici ma reconnaissance au service Sécurité et Environnement de la SNCM pour son soutien logistique ainsi qu'aux officiers et personnels d'équipages pour leur accueil toujours chaleureux, leur participation et l'intérêt porté au présent travail.

Monsieur Bruno Delesalle, rapporteur, EPHE, vous avez pris le temps de lire avec beaucoup d'attention le manuscrit de ce mémoire. Permettez-moi de vous remercier de vos nombreuses préconisations averties qui ont permis l'amélioration nécessaire du fond et de la forme de ce travail.

Messieurs les membres du jury (Jacques Michaux, Bruno Delesalle, Frédéric Capoulade et Pierre Beaubrun) veuillez accepter mes sincères remerciements pour m'avoir fait l'honneur d'évaluer la soutenance de ce mémoire.

Merci à ma famille et mes amis. Laurence, pour ta compréhension, ta patience, ta présence, ton amour, ton sourire et ton soutien de chaque instant. Ils ont joué un rôle essentiel durant ces cinq années de recherche. Mes parents, pour l'aide morale et financière que vous m'avez accordée. Je la considère comme une chance sans laquelle mon projet n'aurait pas abouti. Robin, pour m'avoir accordé un peu de ton talent en dessinant les infographies qui illustrent ce rapport. Christian, pour m'avoir accueilli et salarié 4 années durant dans ton commerce, me permettant de bénéficier des ressources nécessaires au développement serein de mon projet. Chers grands parents, je vous suis reconnaissant de tout mon cœur pour avoir indéfectiblement répondu « oui » à mes multiples et variées demandes d'aide durant cette étude. J'exprime ma gratitude à Thierry Darmuzey et Delphine Gambaiani qui, durant les dernières étapes de la rédaction de ce travail, ont su assumer seuls et avec beaucoup d'efficacité les responsabilités professionnelles de notre association.

Des chercheurs, enseignants et personnes qualifiées m'ont fait partager leurs compétences. Monsieur Claude P. Guillaume (EPHE), soyez certain de ma sincère reconnaissance pour votre disponibilité, votre aide et vos explications mathématiques. Monsieur Michel André (LAB, Université Polytechnique de Catalogne), merci pour la relecture des textes relatifs à l'acoustique et l'amitié que tu me témoignes. Monsieur Yvon Cadiou (retraité IFREMER), merci pour les améliorations apportées au logiciel Karto afin de répondre aux besoins du présent travail. Monsieur Nick Tregenza (IMS, Université de Plymouth), merci pour vos explications relatives à l'équation de la probabilité de collisions. Guillaume Astruc (EPHE), tu as toujours répondu présente à mes innombrables requêtes pour me rendre service, je t'en remercie sincèrement. Laure Mousseau et Rodolphe Lemée (OOV), je vous suis reconnaissant pour le temps et les illustrations que vous m'avez fournis.

J'exprime enfin ma reconnaissance au Conseil Régional Provence-Alpes-Côte d'Azur (et particulièrement à Madame Corinne Locht) pour l'aide financière attribuée à ce travail ainsi qu'aux responsables de la partie française du Sanctuaire Pelagos (Monsieur Philippe Robert et Madame Rose-Abèle Viviani) pour l'intérêt et le soutien apporté au projet.

SOMMAIRE

| | |
|--|-----------|
| INTRODUCTION | 1 |
| 1 Eclaircissons dans un premier temps la notion de collision..... | 13 |
| a. Atteinte à la sécurité des navires et des passagers | 1 |
| b. Les ennuis pour les compagnies exploitantes et les ports | 2 |
| 2 Investigations, espèces concernées, risques pour les individus et les populations.. | 2 |
| 3 Navires concernés..... | 4 |
| 4 Aperçu des études et applications pour limiter les risques de collision à travers le monde, intérêt et limites..... | 4 |
| a. Mise en place de cellules de réflexion en partenariat avec les différents acteurs : exemple de la SNCM..... | 5 |
| b. Émission de sons répulsifs | 5 |
| c. Monitoring et aires spéciales : l'exemple des mesures proposées pour la population de Baleines franches du Nord de l'Amérique | 6 |
| d. Détection des objets flottants ou immergés par systèmes embarqués | 7 |
| e. Sonar passif : WACS (Whale Anti Collision System) | 8 |
| 5 Problématique du présent travail..... | 9 |
| 1 MATÉRIELS ET MÉTHODES..... | 13 |
| 1.1 Présentations : La zone d'étude, le peuplement de cétacés et le Sanctuaire Pelagos .. | 13 |
| 1.1.1 Les conditions physiographiques et biologiques, sources d'une importante biodiversité cétologique..... | 13 |
| 1.1.1.1 Physiographie de la zone d'étude..... | 13 |
| 1.1.1.2 Hydrologie et courantologie | 14 |
| 1.1.1.3 Production primaire | 17 |
| 1.1.1.4 Production secondaire et niveaux trophiques supérieurs | 18 |
| 1.1.2 Description du peuplement de cétacés de la zone et espèces concernées par les collisions .. | 20 |
| 1.1.3 L'importance du trafic maritime | 25 |
| 1.1.4 Le Sanctuaire PELAGOS pour les mammifères marins en Méditerranée | 28 |
| 1.1.4.1 Historique et raisons | 28 |
| 1.1.4.2 Organisation et fonctionnement | 29 |
| 1.2 Les plates-formes d'étude : Les Navires à Grande Vitesse (NGV)..... | 31 |
| 1.2.1 Caractéristiques des navires rapides..... | 31 |
| 1.2.1.1 Définition | 31 |
| 1.2.1.2 Caractéristiques principales | 31 |
| 1.2.1.3 Les différents types de navires rapides | 31 |
| 1.2.2 Plates-formes d'étude : les NGV | 33 |
| 1.2.2.1 Les NGV Asco et NGV Aliso | 33 |
| 1.2.2.2 Le NGV Liamone..... | 34 |
| 1.2.2.3 Manœuvrabilité et particularités du système de stabilisation des NGV..... | 34 |
| 1.2.2.4 Passerelle et Visibilité | 35 |
| 1.2.2.5 Réglementation spécifique aux NGV | 36 |
| 1.3 Méthodologies appliquées | 37 |
| 1.3.1 Le transect de ligne..... | 37 |
| 1.3.1.1 Description de la technique..... | 37 |
| 1.3.1.2 La détectabilité des cétacés : un aspect particulier à bord des NGV | 37 |
| a. La détectabilité de l'objet | 37 |
| b. Les performances de l'observateur | 38 |
| c. Facteurs liés à la plate-forme | 38 |

| | | |
|---------|--|----|
| 1.3.2 | Période choisie pour l'étude | 39 |
| 1.3.3 | Les axes suivis | 39 |
| 1.3.4 | Techniques de recueil des données | 41 |
| 1.3.4.1 | Observations à bord de jour | 41 |
| a. | Matériels | 41 |
| b. | Éléments recensés | 42 |
| c. | Définition des données « en transect » | 42 |
| d. | Définition des données « aléatoires » | 44 |
| e. | Éléments sur le comportement des grands cétacés en réponse au passage des NGV | 45 |
| f. | Choix d'unité et synthèse de l'effort d'échantillonnage | 45 |
| 1.3.4.2 | Le travail de nuit | 46 |
| 1.3.4.3 | Fiches d'observations du bord | 48 |
| 1.3.4.4 | Enquête collisions | 48 |
| 1.3.5 | Éléments pris en compte dans l'étude des impacts de l'ergonomie sur la détectabilité | 48 |
| 1.3.6 | Logiciels informatiques et méthodes statistiques utilisées dans le cadre du présent travail | 50 |

2 RÉSULTATS 51

2.1 Peuplement rencontré au cours de l'étude 51

2.2 Résultats préliminaires obtenus en matière de monitoring des Rorquals communs ... 55

| | | |
|-------|---|----|
| 2.2.1 | Répartition spatio-temporelle du Rorqual commun au cours de l'étude | 55 |
| 2.2.2 | Fluctuation temporelle de la taille moyenne des groupes de Rorquals communs | 57 |

2.3 Travail exploratoire sur le thème de l'éthologie..... 58

| | | |
|---------|--|----|
| 2.3.1 | Fluctuations horaires des caps suivis par les animaux en déplacement..... | 58 |
| 2.3.2 | Réaction des grands cétacés au passage d'un NGV | 60 |
| 2.3.2.1 | Éléments sur le comportement des grands cétacés à l'approche des NGV | 60 |
| 2.3.2.2 | Voit-on la même chose à l'aller et au retour ? | 61 |

2.4 DÉTECTABILITÉ DES GRANDS CÉTACÉS 63

| | | |
|---------|--|----|
| 2.4.1 | Les distances des détections initiales | 63 |
| 2.4.1.1 | Sur quelle étendue porte l'effort de détection ? | 63 |
| 2.4.1.2 | Influence de l'état de la mer sur les distances de détection | 64 |
| 2.4.1.3 | Relation entre la saison d'abondance des Rorquals et les distances de détection..... | 65 |
| 2.4.2 | Les gisements des détections | 66 |
| 2.4.2.1 | Sous quels gisements sont repérés les cétacés ? | 66 |
| 2.4.2.2 | Influence de l'état de la mer sur les gisements..... | 67 |
| 2.4.2.3 | Relation entre la saison d'abondance des grands cétacés et les gisements de détection . | 68 |
| 2.4.3 | Détection des signaux | 69 |
| 2.4.3.1 | Qui détecte quoi ? | 69 |
| 2.4.3.2 | Influence de l'état de la mer sur la détection des signaux | 70 |
| 2.4.3.3 | Relation entre la saison d'abondance des grands cétacés et les signaux de détection | 70 |
| 2.4.3.4 | Influence de l'état de la mer sur les signaux de détection et les distances | 70 |
| 2.4.4 | Cas particulier des observations dont la météo n'est pas compatible avec la méthode du transect de ligne | 71 |
| 2.4.5 | Recensement des manœuvres d'évitement de grands cétacés | 73 |
| 2.4.6 | Analyse des fiches d'observation de passerelle | 73 |

2.5 EXAMEN DES CAS DE COLLISIONS..... 75

| | | |
|------------|--|-----------|
| 3 | DISCUSSION..... | 77 |
| 3.1 | Peuplement rencontré et comparaisons préliminaires des résultats obtenus en matière de monitoring..... | 77 |
| 3.1.1 | Petits cétacés..... | 77 |
| 3.1.2 | Globicéphale, Cachalot et Orque épaulard..... | 77 |
| 3.1.3 | Rorqual commun..... | 80 |
| 3.1.3.1 | Distribution et abondance relative globales..... | 80 |
| 3.1.3.2 | Abondance relative comparée entre les axes empruntés par les NGV..... | 81 |
| 3.1.3.3 | Taille des groupes..... | 81 |
| 3.1.3.4 | Variations de la distribution et taille des groupes..... | 82 |
| 3.2 | Discussion des résultats exploratoires obtenus en matière d'éthologie des Rorquals communs..... | 84 |
| 3.2.1 | Fluctuations horaires des caps suivis par les animaux en déplacement..... | 84 |
| 3.2.2 | Réactions des Rorquals à l'approche des NGV..... | 86 |
| 3.2.3 | Comparaison des observations entre les trajets aller et les trajets retour..... | 86 |
| 3.3 | Détectabilité et comparaisons de détections entre les deux équipes..... | 87 |
| 3.3.1 | Etendue de l'effort d'observation..... | 87 |
| 3.3.2 | Gisement des détections..... | 87 |
| 3.3.3 | Autres avancées nouvellement traitées dans le présent rapport (signaux de détection, cas particuliers dont la météo n'est pas compatible avec la méthode du transect de ligne, recensement des manœuvres d'évitement et analyse des fiches passerelles) :..... | 88 |
| 3.3.4 | Comparaison de nos résultats en matière de détectabilité avec ceux du rapport préliminaire : synthèse..... | 88 |
| 3.4 | Discussion des résultats de l' « enquête collisions »..... | 89 |
| 4 | AMÉLIORATION DE LA DÉTECTABILITÉ DES GRANDS CÉTACÉS ET PERSPECTIVES D'APPLICATIONS..... | 91 |
| 4.1 | Complémentarité des observateurs..... | 91 |
| 4.1.1 | Définition de la détectabilité utile..... | 91 |
| 4.1.1.1 | Distances utiles de détection..... | 91 |
| 4.1.1.2 | Gisements utiles de détection..... | 92 |
| 4.1.1.3 | Plage de veille utile..... | 93 |
| 4.1.2 | Officiers et scientifique : une complémentarité efficace pour la détectabilité des grands cétacés depuis les NGV..... | 94 |
| 4.1.2.1 | Observations des officiers..... | 94 |
| 4.1.2.2 | Observations du scientifique..... | 95 |
| 4.1.2.3 | Comparaisons des détections officiers / scientifique et complémentarité..... | 95 |
| 4.1.3 | Défauts ergonomiques : des impacts différents sur les observations des officiers et du scientifique..... | 97 |
| 4.1.3.1 | Le champ de vision..... | 97 |
| a. | Les impacts des montants de sabord sur les gisements des détections des officiers..... | 98 |
| b. | Les impacts des montants de sabord sur les gisements des détections du scientifique..... | 99 |
| c. | Zones d'ombre et détections lointaines..... | 100 |
| 4.1.3.2 | Les couleurs..... | 101 |
| 4.1.3.3 | Le confort..... | 101 |
| 4.1.3.4 | Les écrans solaires..... | 101 |
| 4.1.3.5 | Essuie-glaces, pluie et embruns..... | 102 |
| 4.1.3.6 | Autres facteurs susceptibles de perturber la veille..... | 102 |
| 4.1.4 | Limites de la technique..... | 103 |
| 4.1.4.1 | Limite de la technique de jour..... | 103 |
| 4.1.4.2 | Éléments sur la détectabilité de nuit..... | 103 |

| | |
|---|------------|
| 4.2 Notions d'éthologie permettant d'orienter un protocole d'amélioration de la détectabilité | 105 |
| 4.2.1 Grands groupes et détectabilité..... | 105 |
| 4.2.2 Cycles sonde-respiration et détectabilité..... | 105 |
| 4.3 Comment améliorer rapidement la détectabilité des cétacés à bord des NGV ? | 106 |
| 4.3.1 Améliorations ergonomiques des postes occupés par les officiers de quart | 106 |
| 4.3.1.1 Profondeur des pupitres..... | 106 |
| 4.3.1.2 Utilisation des essuie-glaces..... | 106 |
| 4.3.1.3 NVS..... | 106 |
| 4.3.2 Embarquement d'un observateur spécialisé dans la détection des grands cétacés..... | 107 |
| 4.3.2.1 Proposition d'organigramme pour l'application d'un dispositif d'OBSCET | 107 |
| 4.3.2.2 Protocole appliqué par l'OBSCET | 108 |
| 4.3.2.3 Emplacement de l'OBSCET et matériel à disposition..... | 109 |
| 4.3.2.4 Formation et mise à disposition des OBSCET | 110 |
| 4.3.2.5 Organisation..... | 110 |
| 4.4 Autres applications et perspectives envisageables à court et moyen terme pour limiter les risques de collision et développer le monitoring des populations | 111 |
| 4.4.1 Propositions connexes applicables à court terme ou appliquées depuis peu | 111 |
| 4.4.1.1 Programmes de sensibilisation / formation à destination du personnel de quart | 111 |
| 4.4.1.2 Réseau de REport des Positions de grands CÉTacés (REPCET)..... | 112 |
| 4.4.1.3 Propositions nécessitant la mise en place rapide d'une cellule de réflexion entre chercheurs, gestionnaires et les professionnels de la navigation commerciale. | 112 |
| 4.4.1.4 Monitoring des populations : une perspective d'application de la détectabilité à bord des NGV, envisageable sous des conditions strictes | 113 |
| 4.4.2 Analyses et propositions connexes applicables à moyen terme | 114 |
| 4.4.2.1 Amélioration de nos connaissances en matière d'écologie et d'éthologie des grands cétacés.. | 114 |
| a. Amélioration de nos connaissances sur le comportement des cétacés face aux NGV | 114 |
| b. Signaux émis et détectabilité | 115 |
| c. Répartition et détectabilité | 116 |
| d. Cas particulier du Cachalot | 116 |
| 4.4.2.2 Détection des grands cétacés par l'imagerie passive | 118 |
| 4.4.2.3 Réflexion sur l'extension des mesures de limitation des risques de collision a l'ensemble de la navigation commerciale au travers de la question suivante : à quel degré les NGV sont-ils soumis aux risques de collision ? | 120 |
| a. Application d'un modèle simple de calcul de risque de collisions | 120 |
| b. Comparaison des cas de collisions recensées | 123 |
| c. Trajets nocturnes..... | 123 |

| | |
|--------------------------|------------|
| CONCLUSIONS | 125 |
|--------------------------|------------|

| | |
|--|------------|
| RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES | 129 |
|--|------------|

| | |
|-------------------------------|------------|
| LISTE DES FIGURES..... | 141 |
|-------------------------------|------------|

| | |
|---------------------------------|------------|
| LISTE DES TABLEAUX | 145 |
|---------------------------------|------------|

| | |
|--------------------|------------|
| RÉSUMÉ..... | 149 |
|--------------------|------------|

| | |
|--|------------|
| <i>ANNEXE 1 : Voies de circulation des navires (DST) dans la baie de Fundy (Canada) adaptées à la répartition des Baleines franches. In Transport Canada (2004).....</i> | <i>151</i> |
| <i>ANNEXE 2 : Détails de l'effort d'échantillonnage.....</i> | <i>153</i> |
| <i>ANNEXE 3 : Fiche d'observation à bord des navires de la SNCM pour le personnel de quart, à destination de la CIESM.....</i> | <i>155</i> |
| <i>ANNEXE 4 : Courrier et questionnaire relatif à l'enquête collisions menée auprès des commandants de la SNCM.....</i> | <i>157</i> |
| <i>ANNEXE 5 : Compte-rendu de la formation 2006 pour limiter les risques de collision.....</i> | <i>159</i> |
| <i>ANNEXE 6 : Compte-rendu du dispositif REPCET (phase expérimentale).....</i> | <i>166</i> |

INTRODUCTION

Depuis l'avènement de la navigation, la couche superficielle des mers et des océans n'est plus à l'usage exclusif des animaux marins. Si des navires peuvent entrer en collision dans cet espace, il arrive aussi que l'un d'eux percute un cétacé. Loin d'être rares en Méditerranée (Pesante et coll., 2000), ces collisions se rencontrent dans toutes les mers du globe (Laist et coll., 2001) et peuvent se conclure par la mort de l'animal heurté. De nos jours, avec l'exploitation de bateaux de plus en plus rapides mais aussi de plus en plus fragiles, les compagnies de navigation et les passagers font, eux aussi, les frais de tels accidents. De nombreuses études abordent ce thème mais les causes exactes de ces événements, leur impact sur les populations de cétacés et la façon de les éviter sont loin d'être élucidés. Pourtant, dans ce domaine comme dans bien d'autres, il devient urgent que la notion de concurrence ne vienne plus entraver le partage des ressources naturelles entre les activités humaines et les activités animales.

Les facteurs définissant les causes, les conséquences et les éventuelles solutions sont nombreux et font du problème un vaste sujet. La réduction du risque ne se fera donc pas au travers d'une seule étude mais par le biais de multiples travaux qui aborderont chacun le thème en un domaine et en des régions ciblées. Ainsi, nous souhaiterions proposer, au travers de ce rapport, des études et solutions concrètes et applicables rapidement pour limiter **les risques de collision existant entre les grands cétacés et les navires rapides de transport régulier en Méditerranée nord occidentale, et principalement dans l'espace du Sanctuaire Pelagos.**

1. Eclaircissons dans un premier temps la notion de collision

Par « **collision** et accident avec des bateaux », Notarbartolo di Sciara et coll. (2002) entendent « mort ou dommage infligé à un cétacé au travers d'une collision avec la coque, la proue, les propulseurs, le gouvernail et toute autre partie du navire ». Les appendices de stabilisation qui équipent les navires peuvent également être extrêmement contondants. C'est le cas notamment du « T-foil » qui est installé sur certains navires rapides (§1.2.2.3).

David (2002) ajoute au concept de collision les accidents liés aux forces hydrodynamiques créées par une embarcation. De par ces forces, un animal dévié de sa trajectoire peut se blesser contre l'une des parties du bateau précédemment évoquées, ou le fond marin si l'eau est peu profonde.

Ces définitions ne font appel qu'aux dommages subis par les animaux, c'est pourquoi nous ajouterons les trois notions suivantes :

a. Atteinte à la sécurité des navires et des passagers

La littérature ne mentionne aucun incident ayant pu mettre en danger les passagers de navires traditionnels (ferries ou cargos) qui, de par leur faible vitesse, leur structure renforcée et leur masse imposante, ne ressentent que très exceptionnellement le choc d'une collision et de manière peu intense. Les risques d'enfoncement de tôle suivant l'endroit du choc existent cependant, mais l'intégrité de la coque n'est pas atteinte. Sur certains navires, les propulseurs doivent être mensuellement nettoyés et il peut arriver que l'on y retrouve des morceaux de chair appartenant à diverses espèces de cétacés (Aguilar et coll., 2000).

Les aléas relatifs à des collisions impliquant des navires rapides sont bien plus conséquents puisque, lors d'un heurt, des brèches sont parfois ouvertes dans la coque et une voie d'eau est alors possible. C'est précisément ce qui s'est produit en août 1998 et 1999 à bord des navires rapides *NGV Asco* et *NGV Aliso* de la SNCM (Capoulade, 2002). Bien plus grave, en février 1992, l'un des passagers d'un jet-foil a été mortellement blessé suite à la violence d'un « crash stop¹ » pour tenter d'éviter une collision avec un Cachalot (*Physeter macrocephalus*) aux îles Canaries (André et coll., 1997b). L'atteinte aux personnes est restée marginale jusqu'à une période récente (2004 à 2007) où une série d'une quinzaine de collisions (dont 5 entre mars et avril 2006) impliquant des Baleines à bosse (*Megaptera novaeangliae*) et des Baleines à bec de Baird (*Berardius bairdii*) ont engendré de graves blessures, dont une mortelle, pour plusieurs dizaines de passagers des jet-foils navigant dans les eaux japonaises (FerriesOutsideEurope, 2006, 2007 ; Kyodo news, 2006).

¹ Manœuvre d'urgence consistant à stopper brusquement le navire.

b. Les ennuis pour les compagnies exploitantes et les ports

Bien que les navires traditionnels soient peu sensibles aux collisions, lors d'un heurt, un grand cétacé peut rester empalé sur le bulbe d'étrave² jusqu'à l'accostage du bateau. Ce dernier connaît alors une réduction d'allure et un retard à l'arrivée, avec les ennuis que cela représente. Qui plus est, un animal de quarante tonnes mort pose de graves risques sanitaires et doit être éliminé rapidement, aux frais du port concerné, selon des méthodes très coûteuses (plus de 25 000 € pour un pétardage de l'animal au large³). En de telles circonstances, les médias se font souvent le relais de l'accident en diabolisant parfois les compagnies « responsables » et en omettant de citer les efforts de certaines dans ce domaine.

En ce qui concerne les navires rapides, lors d'une collision, le personnel de bord est confronté à une situation d'urgence délicate et souvent extrêmement pénalisante au niveau des horaires d'accostage prévus. En effet, si quelques dizaines de minutes perdues sur une traversée de 7 heures ne sont pas ressenties dans le cas des ferries traditionnels sur un trajet Continent-Corse, le même retard prend des proportions importantes dans le cas d'une traversée rapide effectuée en trois ou quatre heures, surtout lorsque plusieurs rotations sont programmées dans la journée. Qui plus est, si le navire est endommagé, son exploitation doit être suspendue pendant plusieurs jours et la compagnie doit faire face à d'importants et coûteux travaux de réparation : plus de 3 500 000 € ont ainsi été dépensés depuis 2004 par l'une des compagnies exploitant des navires rapides entre le Japon et la Corée (Kyodo News, 2006). En mer Ligure, de tels événements ont eu lieu en pleine période d'exploitation et les passagers se sont vus orientés vers des unités traditionnelles qui ne correspondaient pas forcément à leurs besoins.

2. Investigations, espèces concernées, risques pour les individus et les populations

L'exploitation scientifique des cétacés trouvés échoués peut fournir des éléments sur les collisions (e.g. Dhermain, 1998, 2001) et la plupart des données en Méditerranée proviennent d'ailleurs des rapports d'autopsie (David, 2002). Cette méthode est toutefois peu appropriée car il n'est pas facile de déterminer les causes exactes du décès d'un animal échoué, surtout si ce dernier a séjourné longtemps dans l'eau après sa mort (Moore et coll., 2004, expliquent qu'une collision n'entraîne pas toujours de lésions externes et que seule une nécropsie poussée peut permettre un diagnostic exact). De plus, le nombre d'animaux retrouvés rejetés à la côte est bien inférieur au nombre d'animaux morts (e.g. Dhermain, 2001 ; Panigada et coll., 2006) puisque la plupart d'entre eux coulent avant d'atteindre le littoral, particulièrement lors d'une collision susceptible d'ouvrir une profonde blessure. Kraus et coll. (2005), qui ont analysé les échouages de Baleines franches (*Eubalaena glacialis*) suggèrent ainsi une sous-estimation très importante de la mortalité liée à l'homme par cette méthode. Les chiffres de 18,8 % de Rorquals communs (*Balaenoptera physalus*) et 4,3 % de Cachalots (*Physeter macrocephalus*) retrouvés échoués sur les côtes italiennes et françaises entre 1972 et 2000 et dont la mort fait suite à une collision (Pesante et coll., 2001) sont donc sans doute bien inférieurs à la réalité.

D'autres données peuvent être trouvées dans les rapports des compagnies qui restituent leurs mésaventures mais, là encore, les chiffres peuvent être fort biaisés dans le sens où, nous l'avons signalé, la collision avec un grand navire traditionnel peut passer inaperçue.

La photo-identification des cétacés vivants vient compléter ces méthodes pour tenter de dresser un bilan des animaux ayant survécu à un heurt par l'analyse des cicatrices engendrées. Encore une fois, les chiffres sont certainement sous estimés puisque la majorité des photos ne dévoilent que la nageoire dorsale des animaux et, souvent, du seul côté droit. Les résultats n'en sont pas pour le moins inquiétants : 6,4 % des Rorquals communs photographiés entre 1990 et 2000 au large de la mer Ligure Ouest par Pesante et coll. (2001) présentent des blessures qui sont sans aucun doute (2,7 %) ou probablement (3,7 %) liées à un accident avec un navire. 7,7 % des Cachalots issus de la même étude offrent des blessures similaires (5,1 % certaines et 2,6 % probables).

La difficulté à donner un bilan réel des collisions réside donc dans le manque de précision des chiffres issus des différentes méthodes d'investigation. Malgré cela, on peut avancer que pratiquement toutes les

² Renflement de l'étrave destiné à améliorer la pénétration dans l'eau du navire.

³ Frank Dhermain, com. pers. Soulignons que cette méthode, communément employée, est source de graves perturbations acoustiques pour les cétacés alentours. D'autres techniques sont parfois essayées, comme en 2001, où le port autonome de Marseille a fait appel à une équipe de bouchers professionnels pour découper la carcasse d'un Rorqual commun éperonné par un porte container afin de répondre aux exigences des services d'équarrissage ! Les autorités et les scientifiques se penchent sur cette problématique mais aucune solution vraiment satisfaisante des points de vue économique, sanitaire et écologique n'a encore été trouvée.

espèces peuvent être heurtées bien que certaines semblent plus exposées que d'autres. Ainsi, les petits delphinidés, rapides et agiles, sont rarement atteints (David, 2002) sauf conditions exceptionnelles telles qu'une concentration inhabituelle de bateaux dans une zone confinée (Wells et Scott, 1997). Laist et coll. (2001), qui ont collecté des données sur les collisions à travers le monde, montrent que les grands cétacés sont particulièrement touchés puisque onze espèces sont impliquées. Les auteurs expliquent que le Cachalot (*Physeter macrocephalus*) et le Rorqual commun (*Balaenoptera physalus*) affichent une recrudescence inquiétante de cas avérés, confirmée par Notarbartolo di Sciara (2002b) qui estime que les collisions sont un facteur de mortalité de première importance pour ces deux espèces en Méditerranée. Les chiffres de Pesante et coll. (2001) sont d'ailleurs explicites : sur 44 cétacés échoués suite à des collisions en Méditerranée, les auteurs recensent 50 % de Rorquals communs et 11 % de Cachalots.

Ainsi, malgré toutes les difficultés intrinsèques aux méthodes d'investigation, les chiffres avancés laissent présager de graves impacts potentiels sur les cétacés. Ces impacts s'analysent à deux niveaux :

- A l'échelon « individu », on note qu'à la suite d'un heurt, l'animal peut s'en sortir soit indemne, soit légèrement ou gravement blessé, ou peut être tué. L'effet à long terme d'une collision mineure n'est à ce jour pas connu. Les cas de collisions n'ayant pas eu d'impact léthal pourraient être très fréquents puisque la grande majorité des grands cétacés présentés dans les musées montrent des fractures osseuses recalcifiées, certainement dues à des collisions (Richard, 1936 ; J.L. Fabre, inédit ; David, 2002).
- En se projetant à l'échelon « population », on s'aperçoit combien il est difficile de modéliser les impacts encourus, compte tenu de la multitude d'éléments qui entrent en jeu (nombre, âge et sexe des animaux tués ou blessés, effet à long terme d'une collision mineure, taille de la population concernée et statut de conservation de l'espèce). Quelques études ont tout de même abordé le problème. Ainsi, selon Laist et coll. (2001), bien que les collisions augmentent depuis 1950, elles semblent avoir un effet négligeable sur les statuts et l'évolution de la plupart des populations de baleines. Cependant, pour des populations isolées ou endémiques, les choses sont bien différentes, comme en atteste le cas des Baleines franches (*Eubalaena glacialis*) du nord Atlantique, gravement menacées par les collisions qui représentent la première cause de mortalité non naturelle (Claphman, 2001). Ce constat est dû à la localisation de leur habitat proche (voire imbriqué) des lignes de navigation, à la nage lente de cette espèce et à la forte proportion de temps qu'elle passe en surface.

Le statut de la population de Rorquals communs de Méditerranée occidentale au regard des collisions semble proche de celui des Baleines franches d'Atlantique, comme en attestent les travaux très récents d'un groupe de spécialistes (Panigada et coll., 2006). Les chercheurs ont recensé et comparé les résultats connus des méthodes d'investigation précitées. Il apparaît ainsi que, entre 1972 et 2001 :

- ✓ 16 % à 19,9 % des rorquals retrouvés morts ont été tués par une collision,
- ✓ au moins 1,3 baleines sont tuées chaque année par les collisions, et le taux de mortalité est en progression constante depuis 1970 (1/an dans les années 70 contre 1,7/an dans les années 90),
- ✓ ces taux de mortalité sont les plus élevés connus à travers le monde, juste après ceux des Baleines franches de l'Atlantique,
- ✓ 82,2 % des collisions létales connues sont recensées à l'intérieur ou dans les eaux adjacentes au Sanctuaire Pelagos et le taux de mortalité lié aux collisions connues y est 3,25 fois plus élevé que dans l'ensemble du bassin.

Par extrapolation avec nos connaissances globales sur la dynamique des échouages et des populations de Balaenopteridés à travers le monde, les auteurs concluent :

- ✓ que 27 à 40 rorquals seraient tués chaque année par les collisions dans tout le bassin (pour une population d'environ 3 500 individus),
- ✓ que les collisions pourraient être responsables d'une augmentation de 19,1 % de la mortalité naturelle des rorquals communs de Méditerranée.

Ces résultats sont les premiers du genre. Bien qu'extrapolés sur la base de connaissances globales, ils représentent une avancée majeure dans la quantification des impacts des collisions sur la population de rorquals communs de Méditerranée et corroborent les inquiétudes dont la communauté scientifique fait part depuis de nombreuses années.

3. Navires concernés

D'après Laist et coll. (2001) tout type de navire peut être mis en cause, y compris les engins non motorisés (à voile ou à pagaies) que les animaux ne perçoivent qu'au tout dernier moment. Toutefois, les blessures fatales ou très sérieuses sont causées par les bateaux de plus de 80 mètres de long et/ou évoluant à plus de 13 nœuds. Les auteurs signalent aussi que, depuis les années 50, en rapport avec l'augmentation de la vitesse et de l'effectif de bateaux à travers le monde, de plus en plus d'échouages attestent de l'impact des collisions.

Au même titre que la taille des navires, la littérature pointe la vitesse comme un facteur aggravant des risques de collision. Avec la vitesse, les forces d'aspiration augmentent et l'animal doit nager en sens inverse pour éviter une collision. Un cétacé peut ainsi plus facilement s'éloigner d'un bateau s'il s'agit d'une unité lente (Knowlton et coll. *in* Russel et Knowlton, 2001). Des simulations faites par Clyne (*in* Russel et Knowlton, 2001) indiquent, pour leurs parts, que le risque d'une collision à l'étrave (plus dommageable aux protagonistes qu'une collision sur les flancs du bateau) augmente avec la vitesse du navire, alors que le risque global de collision avec toute autre partie du navire diminue.

Face à la vitesse en tant que facteur majeur de risques de collision, il faut souligner que le nombre de car-ferris rapides en service et en commande ne cesse d'augmenter (Capoulade, 1999). Le développement de lieux à haut potentiel touristique, la demande élevée pour des destinations difficiles d'accès et le souhait constant de vouloir gagner du temps et de rentabiliser les navires signifient que, dans les prochaines années, les lignes desservies par des navires rapides pourraient augmenter partout dans le monde (David, 2002). A l'échelle mondiale, une révolution très importante dans le domaine du transport maritime est déjà engagée (Capoulade, 1999). Les mots du directeur de la Stena Line, qui exploite une importante flotte de navires rapides, en disent long sur cette évolution : « Nos réalisations techniques vont révolutionner le trafic mondial des ferries et l'importance commerciale de cette avancée peut être comparée au passage de l'hélice au réacteur dans l'industrie aéronautique ». Et au-delà des ferries, on assiste aujourd'hui à un développement de projets concernant des cargos rapides, tels le Fastship de 263 m de long qui est prévu transporter 1 450 conteneurs de 20 pieds à la vitesse de 42 nœuds, pratiquement par tous les temps en Atlantique nord.

On sait qu'en certains lieux, l'introduction de navires rapides est corrélable au nombre de collisions mortelles pour de grands cétacés (Aguilar et coll., 2000 ; Carillo et coll., 2000 ; Tregenza et coll., 2002). L'augmentation d'ores et déjà engagée de ce genre d'appareils et leur généralisation à tous les secteurs commerciaux maritimes prouvent combien il est important de trouver rapidement des solutions permettant de minimiser les risques de collision.

4. Aperçu des études et applications pour limiter les risques de collision à travers le monde, intérêts et limites.

Jusqu'ici, cette introduction a montré les nombreux enjeux, parfois graves, liés aux collisions entre navires et grands cétacés. Face à eux, plusieurs chercheurs ou ingénieurs se sont penchés sur les possibilités de diminuer les risques. Cette quatrième partie de notre introduction offre un tour d'horizon des études et applications qui en découlent, de leurs intérêts et de leurs limites.

D'après Capoulade (2001b), pour réduire les risques de collisions, une approche intégrée bénéficiant d'un appui scientifique est nécessaire pour parvenir à un système fiable. Un organigramme a ainsi été établi (Figure 1) synthétisant et régissant l'ensemble des potentialités et des pistes qui s'offrent pour limiter les risques ou les impacts des collisions. Il montre que la combinaison des connaissances d'ordre biologique (les cétacés) et d'ordre technique (la navigation) est nécessaire pour évaluer les risques et envisager des moyens de prévention et de protection.

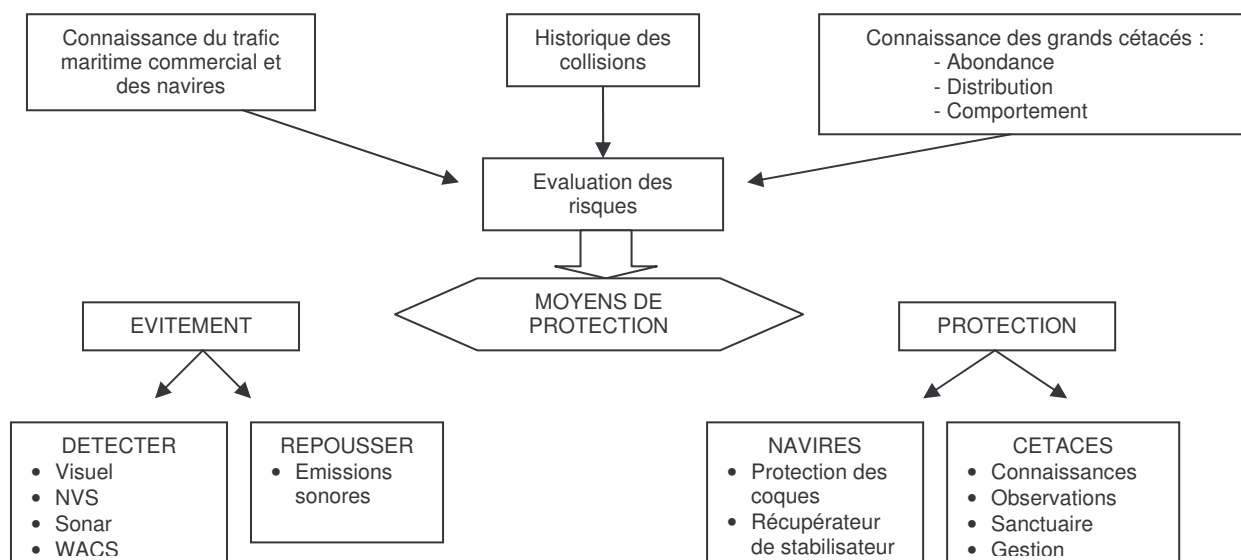


Figure 1 : Organigramme d'étude pour limiter les collisions entre navires et cétacés. Réalisé d'après les propositions du Cdt Capoulade (2001b), ce schéma montre les différents facteurs à prendre en compte dans une démarche de limitation des risques.

a. Mise en place de cellules de réflexion en partenariat avec les différents acteurs : exemple de la SNCM

Travailler à résoudre les problématiques des collisions implique la création de cellules de réflexion. Les exemples sont multiples à travers le monde et nous illustrerons cette démarche au travers de celui de la SNCM, en Méditerranée.

En novembre 1999, suite aux collisions rencontrées par les navires de cette compagnie, l'Armement (Alstom Atlantique) a mis en place un programme de Recherche & Développement dont la SNCM a la charge de l'application (Capoulade, 2001b). Ce programme a pour buts de trouver des moyens de détection des cétacés ou des systèmes de répulsion et de protéger les navires et récupérer les appendices de stabilisation endommagés. Depuis sa mise en place, il a donné lieu à diverses applications :

- Soutien de plusieurs études ayant pour but la diminution des risques de collision ou le monitoring des populations (Beaubrun et David, 2000 ; Gannier, 2001 ; présent travail et plusieurs autres en cours).
- Protection des navires :
 - ✓ Un équipement (appelé « crash box », « capacité » ou « maille sèche ») a été installé à bord des 3 NGV. Constitué d'un compartiment situé sous le navire, il doit permettre d'éviter que la coque ne soit percée par le T-foil lorsqu'il se brise (comme ce fut le cas en 1998 à bord du NGV Asco).
 - ✓ Des boulons cassables ont également été placés sur la partie basse du T-foil afin d'éviter d'endommager son corps en cas de heurt. Un récupérateur a également été installé, composé de bouées gonflables et d'un émetteur permettant la récupération de l'appendice en surface.
- Détections des cétacés : installation de NVS à bord des 3 NGV au printemps 2000.

b. Émission de sons répulsifs

Signaler aux cétacés la présence des navires au moyen d'un son est une idée récurrente. La mise en place d'un tel procédé est pourtant bien plus délicate que sa simple évocation car même si les baleines perçoivent auditivement l'approche d'un navire, il n'est pas certain qu'elles l'analysent comme un danger (§ 4.4.2.1.a). On pourrait pourtant concevoir que les cétacés, mammifères supérieurs, puissent avoir la capacité d'associer un son à un danger, mais encore faudrait-il qu'ils aient appris, par une mauvaise expérience, qu'un certain signal annonce une menace. Une solution pour détourner ce problème

consisterait peut-être à diffuser un son que l'animal connaît déjà, celui d'un prédateur par exemple. Or, les seuls prédateurs naturels des Rorquals communs sont les Orques (*Orcinus orca*) que ne connaissent pas ou si peu les baleines méditerranéennes. Une autre possibilité serait d'émettre un son particulier en intensité et en fréquence qui soit suffisamment « désagréable » pour faire fuir les cétacés à l'approche d'un navire. Un tel procédé ne ferait que détourner le problème et risquerait, compte tenu de l'intense trafic maritime, de nuire sérieusement à la population de Rorquals communs sur ce lieu de nourrissage essentiel. Pour compléter le panel des difficultés à élaborer un système répulsif à ondes sonores, des phénomènes d'accoutumance ou de tolérance de la part des cétacés ont été constatés par certaines équipes (parfois liés à la perte de sensibilité aux fréquences perturbatrices comme le détaillent André et coll., 2001a), ainsi que des réactions aléatoires et imprévisibles des animaux à certains stimuli et en certaines conditions (André et coll., 1997b). Pour exemple, lors d'une expérimentation en Atlantique nord, des chercheurs ont testé des stimuli précis d'alerte ayant pour but de prévenir les Baleines franches de la présence d'un danger. Cinq baleines sur six répondent à ces stimuli par une remontée rapide et une nage vive en surface ce qui augmente le risque de collisions au lieu de le diminuer (Nowacek et coll., 2004). En l'état actuel de nos connaissances, aucun système sonore « répulsif » ou « informatif » n'offre donc de possibilité d'application.

Nous terminerons ce paragraphe par une anecdote : le 22 mars 2000 la SNCM recevait un courrier (Bernard Carrere, inédit) d'un officier de la marine marchande, vraisemblablement très documenté et intéressé par la problématique des collisions entre les NGV et les baleines sur les traversées Corse-continents. Pour lui, l'émission intermittente d'un accord en si bémol mineur par le biais d'un dispositif minutieusement décrit permettrait aux baleines d'entendre un navire approcher et d'analyser son cap et sa vitesse afin de pouvoir l'éviter. A ce jour, cette suggestion en est restée là.

c. Monitoring et aires spéciales : l'exemple des mesures proposées pour la population de Baleines franches du Nord de l'Amérique

Plusieurs mesures destinées à limiter les risques de collision avec les Baleines franches du nord de l'Amérique ont été proposées par les Etats-Unis et le Canada. Nous les résumerons succinctement ici pour l'intérêt qu'elles pourraient offrir à notre problématique.

- Survol aérien. Leur but est de reporter aux navigants les données en temps réel sur la présence et la position des Baleines franches. L'efficacité de cette méthode est limitée par les mauvaises conditions météo (état de la mer et, surtout, couverture nuageuse). D'après Clapham (2001), bien qu'il s'agisse là d'un outil d'éducation nécessaire, ce dispositif est onéreux et se révèle inefficace en tant que méthode ayant pour but la réduction de la mortalité : les commandants de navires ne modifient pas leur route ou leur allure même s'ils sont informés de la présence de baleines.

- Introduction d'un système de reports des navires. Cette application exige que les unités de plus de 300 tonneaux se connectent à un système automatique avant d'entrer dans certaines aires particulièrement fréquentées par les Baleines franches. Appelé MSR (Mandatory Ship Reporting system), ce système est en place depuis 2001 dans deux habitats majeurs des Baleines franches aux Etats-Unis (Floride). Il fournit d'importantes données sur la distribution et les mouvements de la navigation qui permettent d'obtenir une image des navires sur zone durant la saison de présence des baleines et d'effectuer certaines analyses (e.g. la fréquentation mensuelle, l'utilisation de l'espace, les angles de pénétration des limites de la zone, ...). En échange de la transmission (par INMARSAT C) des données sur leur navire, leur vitesse et leur route, les officiers reçoivent des informations sur les Baleines franches (positions des observations les plus récentes) et sont invités à assurer une veille attentive et à diminuer leur allure dans la zone. Bien que tous les navires ne se soumettent pas au système et que ses bénéfices soient difficiles à quantifier pour l'instant (Silher et coll., 2002), il présente au moins l'intérêt de sensibiliser le personnel des navires traversant les habitats des Baleines franches et apportera, dans l'avenir, des éléments sur la navigation utilisables pour limiter le problème des collisions.

- Modification du Dispositif de Séparation du Trafic (DST). En certains sites où la navigation est dense, des voies de navigation obligatoires sont mises en places pour prévenir des abordages en mer (OMI, 1972). Entré en vigueur en 1983, le DST de la baie de Fundy au Canada traversait l'habitat essentiel de la population de Baleines franches. En 2002, un amendement a été proposé à ce DST prenant en compte les connaissances sur la distribution des baleines (13 années d'observation) et les impératifs liés à la navigation. Une carte exposée en annexe 1 présente ce dispositif entré en vigueur le 1^{er} juillet 2003 et couplé à diverses dispositions de sensibilisation (e.g. informations et recommandations à l'arrière des

cartes de navigation, avis réguliers des services du trafic maritime sur les emplacements saisonniers des baleines fondés sur des relevés périodiques, distribution de documents par les pilotes). Un tel dispositif pourrait être appliqué pour modifier des routes simples de navigation (sans DST) y compris de manière temporaire et dynamique, en relation avec les mouvements et abondances connus des animaux (Porter, 2001). De tels projets imposent toutefois une connaissance fine et dynamique de la distribution des populations concernées ainsi que le développement de vastes programmes de sensibilisation des personnels de quart.

- Limitations de vitesse. Cette solution pourrait aider à réduire le nombre et la sévérité des collisions, mais elle n'est toujours pas entrée en vigueur à l'heure actuelle. Elle reste difficilement applicable car elle est très impopulaire auprès des compagnies, d'autant que la tendance dans l'industrie est au développement de navires rapides.

Les performances des quatre applications que nous venons d'énoncer sont limitées par divers facteurs, et notamment un trafic très intense et un grand nombre de navires battant des pavillons de différentes nations (Clapham, 2001). Au demeurant, nous nous inspirerons de certaines de ces mesures pour répondre à la problématique du présent travail (cf. § 4).

d. Détection des objets flottants ou immergés par systèmes embarqués

- Appareils de vision nocturne. Depuis les années 90, des appareils de vision nocturne sont développés à destination de la navigation civile et rendus obligatoires à bord des navires rapides. Ayant travaillé sur l'un de ces appareils dans le cadre du présent travail, une description précise sera proposée au sein du § 1.3.4.2.

- RADAR. En mars 2003, l'Office of National Research (USA) et la société *Areté Associates Inc.* (spécialisée dans le traitement de signaux) ont testé un nouveau traitement du signal émis par un radar traditionnel dans l'optique de détecter des Baleines à bosse (*Megaptera novaeangliae*). Portant le nom de « Project Humpback », l'expérience a été réalisée à Hawaï, depuis la terre ferme. Capable de détecter des baleines jusqu'à 10 km (DeProspero et coll., 2003) les concepteurs ont choisi de poursuivre leur expérimentation sur les Rorquals communs de Méditerranée depuis un dispositif embarqué à bord du navire de recherche *Endeavor* (DeProspero et coll., 2005). Le travail s'est déroulé en mai et juin 2005, au large du Golfe du Lion et en Mer Ligure. Le Commandant Capoulade (com. pers.) est très dubitatif sur les applications de ce concept en matière de limitation des risques de collisions. Il indique en effet que, pour les Rorquals communs qui stationnent peu de temps en surface, la vitesse de rotation de l'antenne du radar devrait être très rapide et l'état de la mer risque d'être un facteur extrêmement limitant. Les résultats de ce premier essai en mer sont attendus.

- Sonars actifs embarqués. Les sonars (SOund NAvigation Ranging) actifs émettent des ondes sonores qui, une fois réfléchies sur un obstacle et renvoyées vers la source sont analysées pour fournir une image de l'environnement. Plusieurs types de sonars ont été proposés pour tenter de répondre à la problématique des collisions avec des cétacés. Les premiers modèles (e.g. sonar Petrel de Thomson) ne permettaient pas une détection fiable en sub-surface et ne fonctionnaient pas grande vitesse (in Capoulade, 2001b). Plus tard sont apparus d'autres appareils exploitables jusqu'à 40 nds mais n'offrant que de faibles distances de détection, tel le (e.g. 150 m pour le sonar WDA de Kawasaki installé sur les jet-foils de la Transmediterranea aux îles Canaries). Pour ce genre de modèle, la détection tardive d'un objet (dont on ignore la nature) impose une manœuvre d'urgence violente vers une zone non prospectée, ce qui augmente les risques de collision, et plusieurs spécialistes mettent en doute l'intérêt de ce dispositif (in Capoulade, 2001). Enfin, sont apparus plus récemment des systèmes plus performants en matière de détection des objets dans la colonne d'eau, tels que le sonar du Saclant Undersea Research Centre (Bondaryk, 2001) ou le modèle de la société Farsounder (2006). Si les spécificités annoncées par les concepteurs de ces nouveaux dispositifs semblent mieux répondre à des exigences de limitation des risques de collision que leurs précurseurs, leurs principaux inconvénients sont liés à la faible force de renvoi des sons des cétacés⁴ due à l'élasticité et la densité de leur corps, proches de celles de l'eau. Ce phénomène nécessite d'augmenter la source d'émission avec pour conséquence des risques de perturbations comportementales et de graves déficiences physiologiques pour les cétacés, particulièrement sensibles aux émissions acoustiques (André, 1997 ; André et coll., 1997a ; André et coll., 2001a ; Roussel, 2002).

⁴ Généralement appelé Target Strength (TS).

- Enfin, l'adaptation d'un dispositif embarqué basé, pour sa part, sur des émissions lumineuses et dérivé d'un dispositif militaire (détection de mines) avait été envisagé pour limiter les risques de collisions (le LADAR = Laser Detection And Ranging, *in* Capoulade, 2001b). Pour des raisons d'efficacité, de coût mais aussi de sensibilité oculaire des animaux aux lasers, ce projet n'a connu aucune suite.

e. Sonar passif : WACS (Whale Anti Collision System)

Si la généralisation de systèmes de détection acoustiques actifs semble peu envisageable, il existe une autre piste de recherche prometteuse, basée sur l'acoustique passive : le WACS (Figure 2), un système de détection des cétacés par une chaîne de capteurs acoustiques (André et coll. 2001b, 2004a, 2004b ; Delory et coll., 2003). Il constitue un couloir de protection pour les mammifères marins à l'intérieur duquel ces derniers peuvent être détectés, répertoriés, localisés et leurs positions transmises aux navires utilisant ce couloir. Nous en ferons ici une présentation détaillée compte-tenu des perspectives d'application de ce système à notre problématique (§ 4.4.2.2). Plusieurs éléments composent le WACS :

- Un ensemble de bouées acoustiques fixes (« arrays » ou « antennes ») composées de 36 capteurs chacune. Chaque antenne forme une ouverture en trois dimensions qui permet de calculer les différences en temps d'arrivée du signal afin de connaître sa localisation.
- Des systèmes de communication (inter-arrays, arrays / terre et terre / navires). La transmission des informations peut se faire par radio, par câbles et, dans certaines conditions, par le câblage téléphonique existant (diminution du coût d'installation).
- Un logiciel automatique de détection, de classification et de localisation en 3D basé sur un système algorithmique qui calcule la position des baleines horizontalement et dans la colonne d'eau (3 000 m) avec une erreur maximale de 200 m.
- Un récepteur de données géographiques embarqué sur chaque navire.

Ce système, entièrement automatisé, transmet aux navires sur zone les informations traitées à terre sur un écran représentant l'image en 3D. Dans le meilleur des cas, les données envoyées peuvent être intégrées aux radars et équipements anti-collision du bord. Le dispositif permet d'avoir accès 24h/24 et en temps réel aux informations précises sur la présence et les mouvements des cétacés, et de suivre les animaux un par un. Il peut fonctionner quel que soit le nombre de navires sur zone. Passif, donc non intrusif, il réagit aux longueurs d'ondes des vocalisations des Odontocètes comme des Mysticètes et offre l'immense avantage de déceler les animaux non vocalisant grâce à la technique de l'imagerie par bruit ambiant (A.N.I. = Ambient Noise Imaging) : les émissions d'origine anthropiques (e.g. navires sur zones) ou biologiques (e.g. clicks de cachalots) se répercutent sur les grands cétacés non vocalisant (et sur les animaux morts) et permettent leur détection. Etant donné son caractère passif, le WACS ne présente aucun risque d'accoutumance de la part des animaux, contrairement aux systèmes répulsifs.

Une antenne, utilisée seule, est capable de détecter, par acoustique passive, des cachalots (vocalisant) à une distance d'environ 5 km (rayon de détection) et en condition de mer 3 Beaufort. Pour créer un couloir de sécurité, les antennes doivent être séparées les unes des autres de 10 km⁵. Pour détecter les rorquals qui vocalisent, l'ouverture horizontale de l'array devra être beaucoup plus large compte tenu de la longueur d'onde plus grande que celle des clicks de cachalots. Pour compenser l'impossibilité technique de fabriquer une antenne de plusieurs centaines de mètres, le concepteur préconise alors d'utiliser deux antennes et de les écarter d'une valeur donnée (cette valeur n'est pas encore connue). Ceci permet d'obtenir l'ouverture horizontale nécessaire au calcul des différences de temps d'arrivée des signaux de grande longueur d'onde émis par les rorquals.

Pour détecter les animaux qui ne vocalisent pas ou qui vocalisent de manière irrégulière, le dispositif doit être utilisé en mode A.N.I. Dans ce cas, le rayon d'action de chaque array est réduit à 2,5 km par force 3 Beaufort. Dans le cadre d'un couloir de sécurité, il sera ainsi nécessaire de disposer d'un array tous les 5 km⁶.

⁵ Michel André (com. pers.) indique que les zones théoriquement non couvertes dues à cet écartement sont sans effet sur la détection des cétacés (faible probabilité de présence des cétacés et capacité du système à extrapoler leur direction jusqu'à leur retour dans une zone couverte).

⁶ A delà, le concepteur indique que la distance diminue progressivement.

Les deux techniques (passive et A.N.I.) travaillent en même temps et se complètent, l'une prenant « le relais » de l'autre quand les animaux ne vocalisent pas et vice-versa.

Un prototype de démonstration traîné à l'arrière d'un navire est aujourd'hui en fonction et un second prototype *in situ* est en projet aux îles Canaries entre Las Palmas de Gran Canaria et Santa Cruz de Tenerife, sur une distance de 100 km avec 10 arrays.

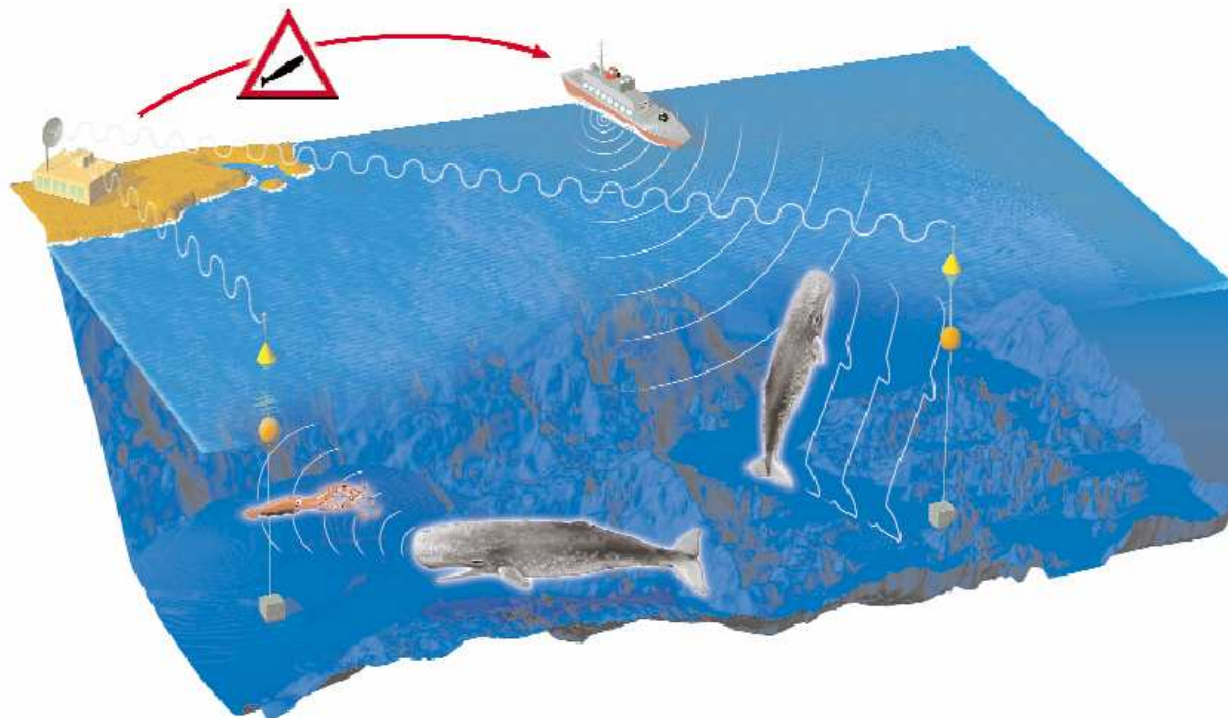


Figure 2 : Fonctionnement schématique du Whale Anti Collisions System (Rolex Award for Enterprise, 2002). Le dispositif, totalement passif, isole des couloirs de navigation dans lesquels tous les cétacés (vocalisant ou non) peuvent être repérés grâce à l'imagerie par bruit ambiant (A.N.I.).

De par leurs détections exhaustives et leur caractère non intrusif, les techniques de détection passive et A.N.I. sont très prometteuses mais demandent encore un grand développement et un investissement scientifique important pour définitivement en contrôler tous les paramètres.

5. Problématique du présent travail

Les éléments détaillés ci-dessus montrent que le problème des collisions est préoccupant en de nombreux endroits du globe, et notamment en Méditerranée. C'est particulièrement vrai dans le bassin corso-liguro-provençal et le Golfe du Lion, considérés par Panigada et coll. (2006) comme une « zone à haut risque de collisions » et les auteurs sont inquiets des impacts de ces événements sur la population de Rorquals communs de Méditerranée (cf. p. 3). En 2003, Notarbartolo di Sciara et coll. soulignaient déjà la vulnérabilité de cette population constituée d'un faible nombre d'individus confinés dans un environnement marin en partie dégradé. Le rapport POSEIDON (Roussel et coll., 2001), qui expose les interactions entre différentes activités humaines et les populations de cétacés en Méditerranée nord occidentale, montrait également que les collisions représentent un risque important pour cette espèce, mais aussi pour les Cachalots et, dans une moindre mesure, les Globicéphales (*Globicephala melas*). Il y est clairement exprimé que le développement prévisible des transports dans les prochaines années, et notamment des transports rapides, doit inciter à mieux comprendre et à limiter ce risque en portant un effort particulier sur les trois points suivants :

- Améliorer les données statistiques sur l'incidence des collisions au travers d'une collaboration avec les compagnies maritimes.
- Rechercher des dispositifs techniques et des procédures susceptibles d'améliorer la détection des cétacés (à bord des bateaux ou à installer en mer) et de limiter les collisions.
- Affiner les connaissances sur la distribution des cétacés pour y adapter, le cas échéant, les routes maritimes.

Depuis longtemps, la SNCM (Société maritime de Navigation Corse Méditerranée) est impliquée dans la protection de l'environnement. Ce souci de préservation a pris une ampleur particulière depuis 1998 où une première collision entre un NGV (Navire à Grande Vitesse) et un Rorqual commun a eu lieu. De graves avaries ont découlé de cet événement qui, à l'évidence, avait de fortes chances de se reproduire puisque les navires en question sont exploités dans une région de concentration estivale et alimentaire des Rorquals communs (Zanardelli et coll., 1999). Suite à cet événement, le Commandant Capoulade, alors à la barre d'un NGV de la SNCM, a contacté le Docteur Pierre Beaubrun de l'École Pratique des Hautes Études pour soulever deux questions essentielles :

- Quels sont les éléments connus concernant la biologie et le comportement des baleines dans la zone ?
- Que sait-on de leurs réactions aux navires ?

Une cellule de réflexion fut rapidement créée au sein de l'Armement et la Compagnie organisa mi-novembre 1998 une réunion à Marseille au cours de laquelle le point fut fait sur les trois thèmes suivants :

- Évaluation des risques dans la zone d'exploitation,
- Moyens existants et réalistes d'éviter un cétacé,
- Conséquences en ce qui concerne les navires.

Deux actions pouvant être mises en place rapidement ont alors été retenues :

- Réactiver la tenue à bord de fiches d'observation des cétacés rencontrés,
- Mettre à disposition les infrastructures de la SNCM pour des observateurs spécialisés sur proposition de programmes de recherche précis.

De la volonté de respecter le milieu exploité et de la nécessité de maintenir la sécurité à bord est né un partenariat entre la SNCM et l'EPHE concrétisé pendant l'été 1999 par la mise en place d'une Étude Expérimentale sur la Détectabilité des Cétacés à bord des NGV (Beaubrun et David, 2000). Ce travail révéla plusieurs éléments préliminaires intéressants et il convenait d'entreprendre une étude approfondie, les conclusions émises n'étant basées que sur un faible nombre d'observations. C'est en avril 2001 que commencèrent les investigations dont les résultats font l'objet du présent rapport.

Notre étude vise à mettre en évidence **comment, et avec quelle efficacité, les grands cétacés peuvent être détectés à partir des passerelles des navires rapides pour prévenir les collisions, ceci dans le but de protéger au mieux les navires, les passagers et les populations de cétacés.** L'analyse devait permettre,

- dans l'intérêt de la Compagnie, **d'évaluer la détection** des grands cétacés depuis les passerelles des NGV, et de proposer des procédés pour **minimiser les risques** de collision par des protocoles adaptés et réalistes permettant une meilleure aide à la navigation, et donc à **la sécurité générale du bord**,
- dans l'intérêt des populations de cétacés, de réduire les risques de collisions pour une meilleure préservation des espèces,
- et dans l'intérêt des gestionnaires, de proposer des suggestions de **mesures de gestion** et, si possible, une analyse préliminaire visant, à terme, à définir des protocoles adaptés de **suites des populations**.

Cette thématique d'actualité se trouve non seulement au cœur des préoccupations immédiates de la SNCM, mais aussi dans les objectifs et les mesures de conservation des trois pays (France, Italie et Monaco) signataires du Sanctuaire PELAGOS pour les Mammifères marins en Méditerranée. Dans un

contexte méditerranéen plus vaste, les collisions sont une préoccupation de l'Accord ACCOBAMS⁷ et du groupe de travail « mammifères marins » de la CIESM⁸ qui, dès janvier 1996, mentionnait le problème des collisions comme l'une de des priorités de recherche dans les années à venir. Au niveau européen, la thématique a fait l'objet d'une table ronde (workshop) qui s'est tenue lors du congrès de l'European Cetacean Society de 2001. Enfin, le « risque accru de heurter des mammifères marins » fait partie des « effets des engins à grande vitesse sur l'environnement » portés à la connaissance de l'OMI⁹ par le Réseau International des Amis de la Terre lors de la 44^{ème} session du Comité de la Protection du Milieu Marin (OMI, 1999).

La présente étude fournira ainsi des éléments de réponse aux préoccupations immédiates de la SNCM et, par contre coup, en apportera d'autres non moins essentiels pour une bonne gestion des activités dans la région concernée.

La démarche que nous suivrons dans ce travail procède en quatre étapes successives :

Dans le premier chapitre, la situation géographique de l'étude précèdera la description des peuplements concernés et la place des NGV utilisés dans le contexte des navires rapides. Les méthodes appliquées seront ensuite détaillées.

Le second chapitre sera dévolu aux résultats obtenus en quatre étapes principales : Qu'a-t-on pu observer (éléments d'écologie et d'éthologie) ? Comment les grands cétacés sont-ils détectés (ce que nous appellerons dans ce travail la « détectabilité » des animaux) ? Quels sont les facteurs externes qui influencent ces détections ? Et que connaît-on des collisions impliquant les NGV de la SNCM ?

Ces résultats seront discutés dans un troisième chapitre où des comparaisons avec d'autres travaux seront proposées et où seront précisées les avancées de ce travail, notamment au regard de l'étude préliminaire susmentionnée.

Dans un quatrième chapitre, des applications concrètes totalement inédites, où inspirées des mesures existant ailleurs dans le monde, seront envisagées sur la base de ces résultats et de nouvelles analyses spécifiques. Seront proposées toutes mesures utiles visant, d'abord, à améliorer la détectabilité visuelle des grands cétacés pour limiter les risques de collision à bord des NGV et, ensuite, à envisager un suivi des populations depuis ces unités. Enfin, sera précisé la place de cette étude dans un contexte de développement de la problématique.

⁷ Accord sur la Conservation des Cétacés de la Mer Noire, de la Méditerranée et de la zone Atlantique adjacente (21 pays signataires).

⁸ Commission Internationale pour l'Exploration Scientifique de la mer Méditerranée.

⁹ Organisation Maritime Internationale.

1 MATÉRIELS ET MÉTHODES

Ce chapitre débutera par une présentation synthétique des caractéristiques de la zone d'étude, du peuplement de cétacés qu'elle abrite et de la navigation commerciale qui la traverse. Seront également détaillés les objectifs du Sanctuaire Pelagos pour les mammifères marins en Méditerranée. Une seconde partie sera consacrée aux plates formes d'étude. Elle précèdera les méthodologies proprement dites qui feront l'objet de la troisième partie de ce chapitre.

1.1 Présentations : La zone d'étude, le peuplement de cétacés et le Sanctuaire Pelagos

Le secteur d'étude, situé dans la portion nord-est de la mer Méditerranée occidentale, englobe l'est du bassin provençal, la Mer Ligure et le nord de la Mer Tyrrhénienne (Figure 3). Communément appelé bassin « corso-liguro-provençal », il se caractérise notamment par une biodiversité particulière et un trafic maritime intense.

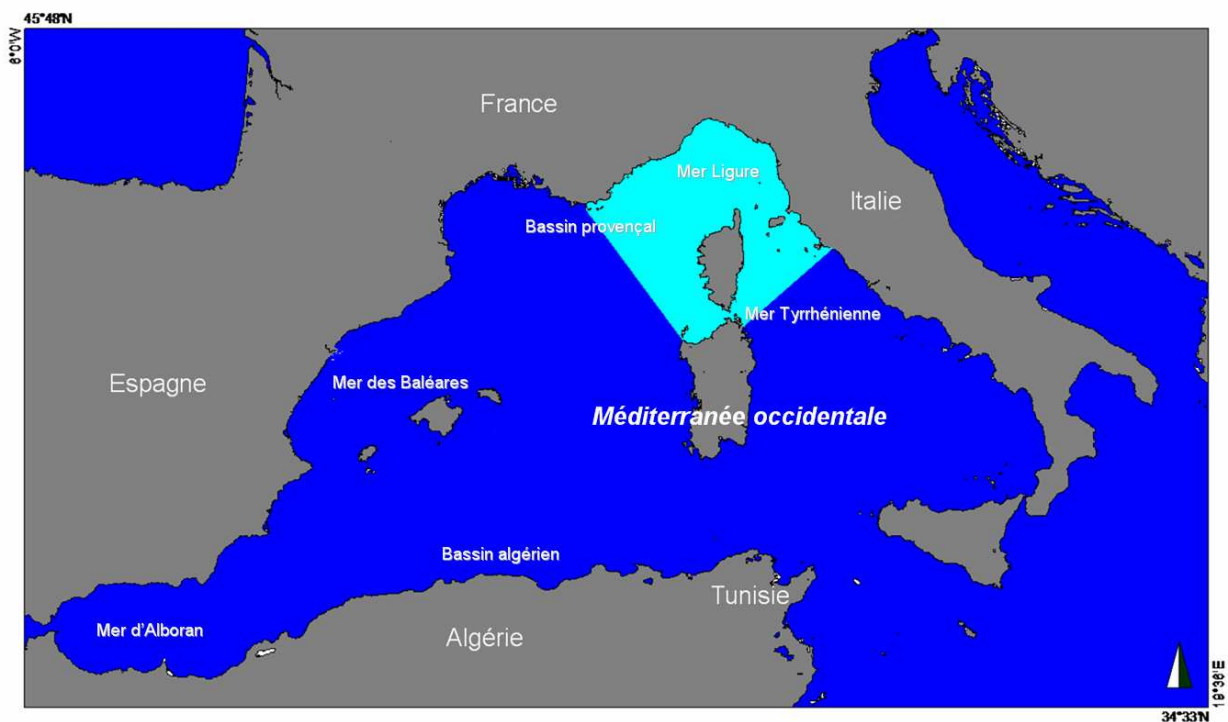


Figure 3 : Le bassin « corso-liguro-provençal » (bleu clair) est localisé en Méditerranée nord-occidentale.

1.1.1 Les conditions physiographiques et biologiques, sources d'une importante biodiversité cétologique

1.1.1.1 Physiographie de la zone d'étude

Le bassin corso-liguro-provençal se caractérise par un plateau continental extrêmement réduit et un talus généralement abrupt, particulièrement en région provençale et le long de la côte occidentale de la Corse (Figure 4). Ce phénomène confère à la zone un accès rapide au domaine du large (2,5 à 3 milles nautiques des côtes), ainsi que des fonds importants (jusqu'à 2 700 m). Plusieurs canyons sous-marins paléofluviaux entaillent perpendiculairement le talus continental, jusqu'à plus de 2 000 m de profondeur (*in* David, 2000).

Plus étendu dans la partie orientale, le talus confère à la mer Tyrrhénienne septentrionale une bathymétrie bien moins profonde, comprise entre 500 à 700 m dans le canal corse, avec un maximum aux alentours de 1 700 m plus au sud.

Cette hétérogénéité topographique joue un rôle important dans la productivité de la zone (cf. § 1.1.1.3).

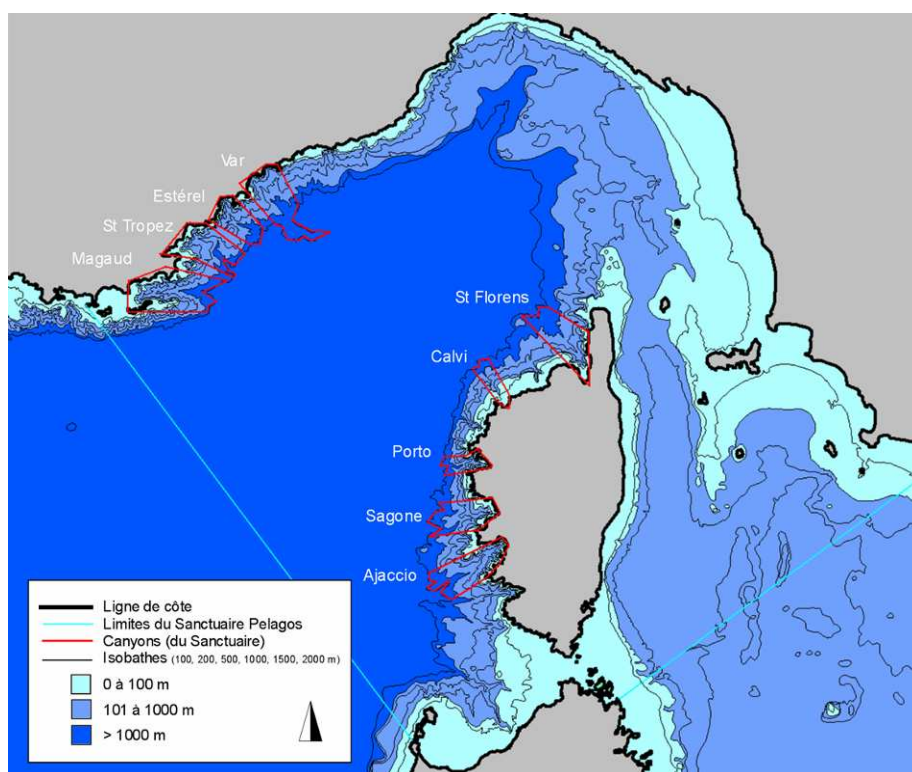


Figure 4 : Physiographie du Sanctuaire Pelagos. Les caractéristiques bathymétriques et la présence de canyons (d'après David, 2000) confèrent à la zone une hétérogénéité topographique qui joue un rôle important dans la productivité.

1.1.1.2 Hydrologie et courantologie

L'évaporation non compensée par les précipitations et les apports des bassins versants confère à la Méditerranée un déficit hydrique comblé par un flux entrant d'eaux Atlantiques supérieur au flux sortant d'eaux méditerranéennes (Béthoux, 1981). Ce courant atlantique traverse le bassin selon un circuit cyclonique le long du talus continental (Figure 5), induit par des gradients de densité, de température et de salinité des différentes masses d'eau en présence (Costes et Minas, 1977 ; Jacques et Tréguer, 1986 ; Millot, 1987 ; Millot et Taupier-Letage, 2004 ; Laure Mousseau com. pers.) :

- Une couche superficielle (jusqu'à 300 mètres) dont l'origine est l'eau Atlantique pénétrant par le détroit de Gibraltar et dont les propriétés physiques évoluent au cours de son parcours dans le bassin (augmentation de la salinité, fortes variations de températures). Elle est communément appelée « eaux atlantiques modifiées ».
- Une seconde couche, légèrement plus dense et formée en hiver, est également présente dans la colonne d'eau, entre 100 et 300m (« eaux intermédiaires hivernales »).
- Une troisième couche intermédiaire (400 à 800 m), appelée « eaux levantines », est, pour sa part, relativement chaude et riche en sels nutritifs. Son origine est le bassin méditerranéen oriental.
- Enfin, au-delà se trouve une couche profonde et froide, riche en sels nutritifs, appelée « eaux méditerranéennes profondes ».

Dans le nord du bassin, des situations remarquables de brassage de ces différentes strates jouent un rôle important dans la production primaire printanière de la zone. Ainsi, l'apport océanique susmentionné est à l'origine du courant liguro-provençal (Millot, 1987) localisé au large des côtes provençales (Figure 5). Sa circulation de type cyclonique engendre une structure de dôme de divergence (Gostan, 1968 et Prieur, 1981) qui élève le niveau de la thermocline¹⁰ en hiver, permet l'ascension des couches d'eaux intermédiaires, plus riches, plus denses et plus froides, au centre du bassin (Figure 6 et Figure 7) et tend à localiser les eaux plus légères et moins salées sur la périphérie.

¹⁰ Couche de transition thermique rapide entre les eaux superficielles et les eaux profondes.

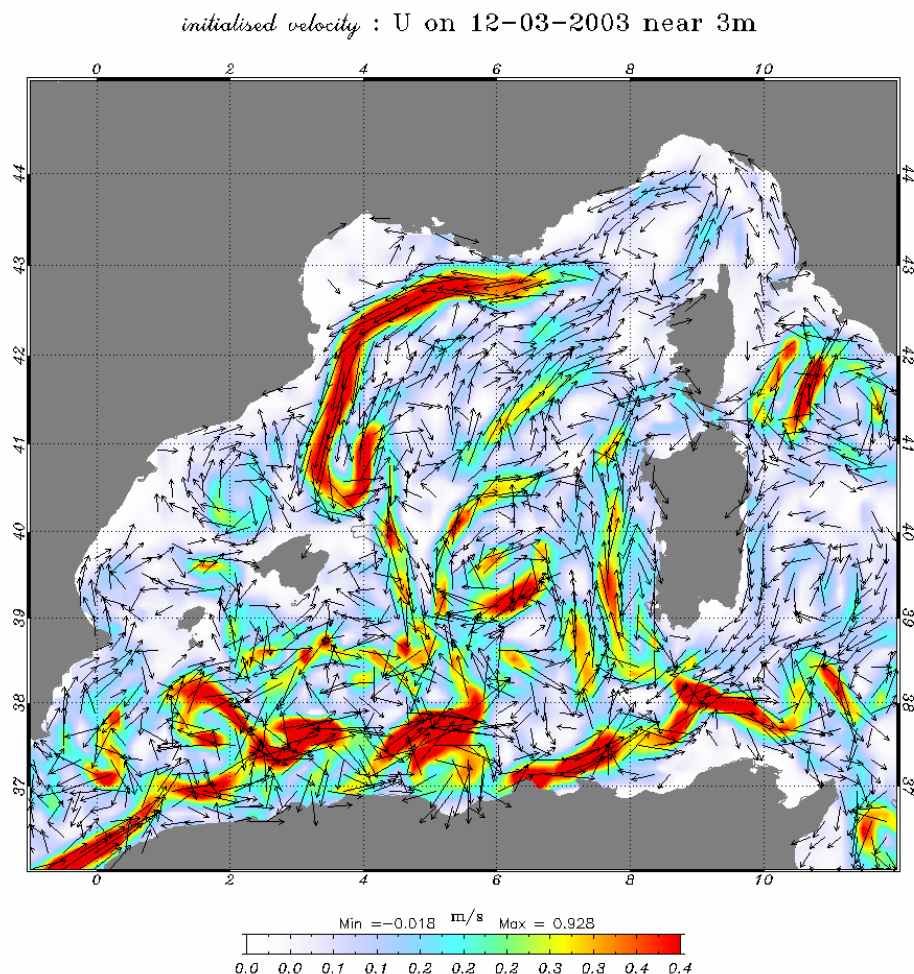


Figure 5 : Carte des courants de surface (3 m) modélisés par le modèle Mercator (2005). On y distingue nettement la circulation générale de type cyclonique ainsi que le courant liguro-provençal, dans le nord-est du bassin.

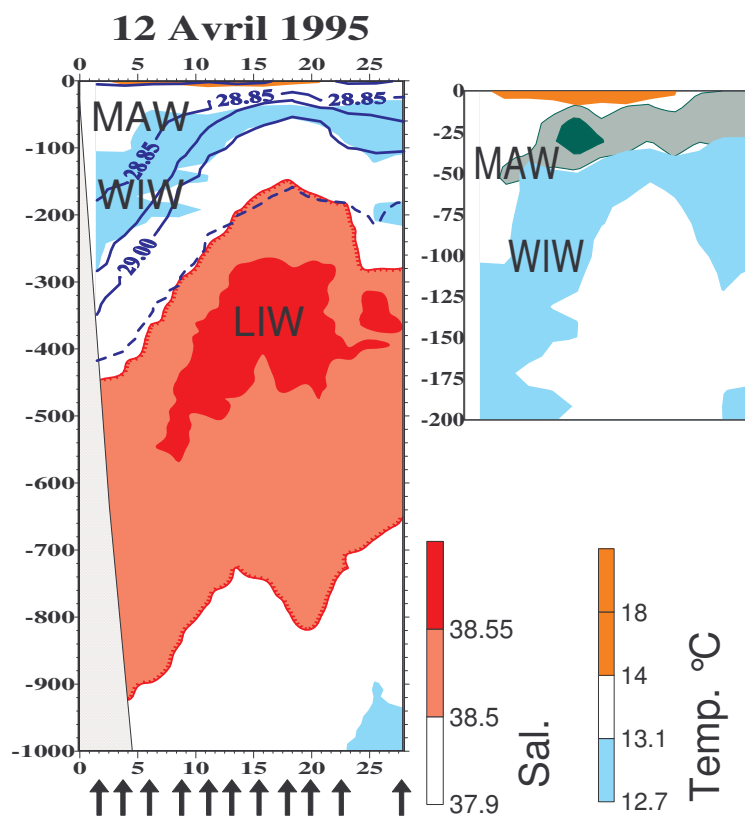


Figure 6 : Profil réalisé sur la radiale Nice-Calvi par l'Observatoire Océanologique de Villefranche (programme MBPFront). Il permet de constater les différentes masses d'eau en présence (MAW = eaux atlantiques modifiées ; WIW = eaux intermédiaires hivernales ; LIW = eaux levantines), la structure en dôme et le reflux des eaux atlantiques modifiées vers la périphérie (graphique de gauche, zoom sur la profondeur -0 à -200 m). Les flèches symbolisent les sondes par CTD (Conductivity, Temperature, Depth), un appareillage permettant de lever le profil vertical de la température et de la salinité (via la conductivité électrique) puis de déduire le profil de densité.

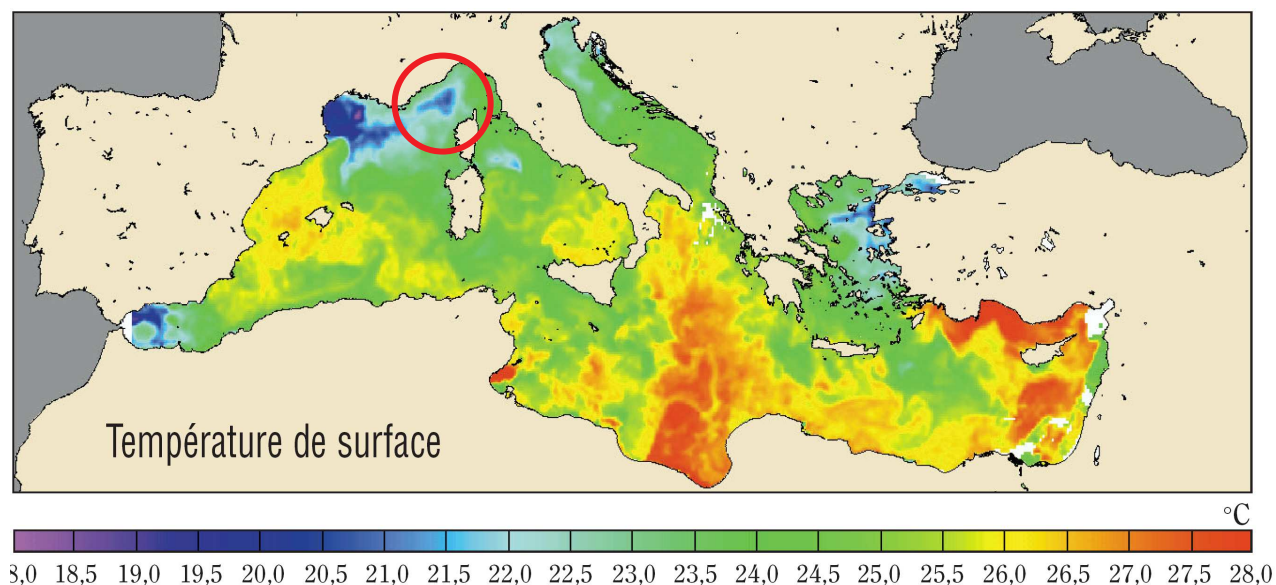


Figure 7 : Structure en dôme dans le bassin liguro-provençal (cercle rouge) mise en évidence par les températures de surface mesurées par satellite (CNES, 2000). La zone représentée en bleu correspond aux remontées d'eaux intermédiaires froides et riches en éléments minéraux.

La zone intermédiaire, située entre le secteur central, plutôt productif, et le secteur côtier, oligotrophe, présente une structure frontale (Figure 8) appelée front ligure (Boucher et coll., 1987). Cette structure hydrologique se situe à environ 20 milles nautiques (MN) de la côte occidentale corse, 15 MN de la Riviera italienne et 25 MN de la côte d'Azur où elle offre un système de circulation vertical et horizontal qui permet une concentration des eaux les plus denses (Sournia et coll., 1990).

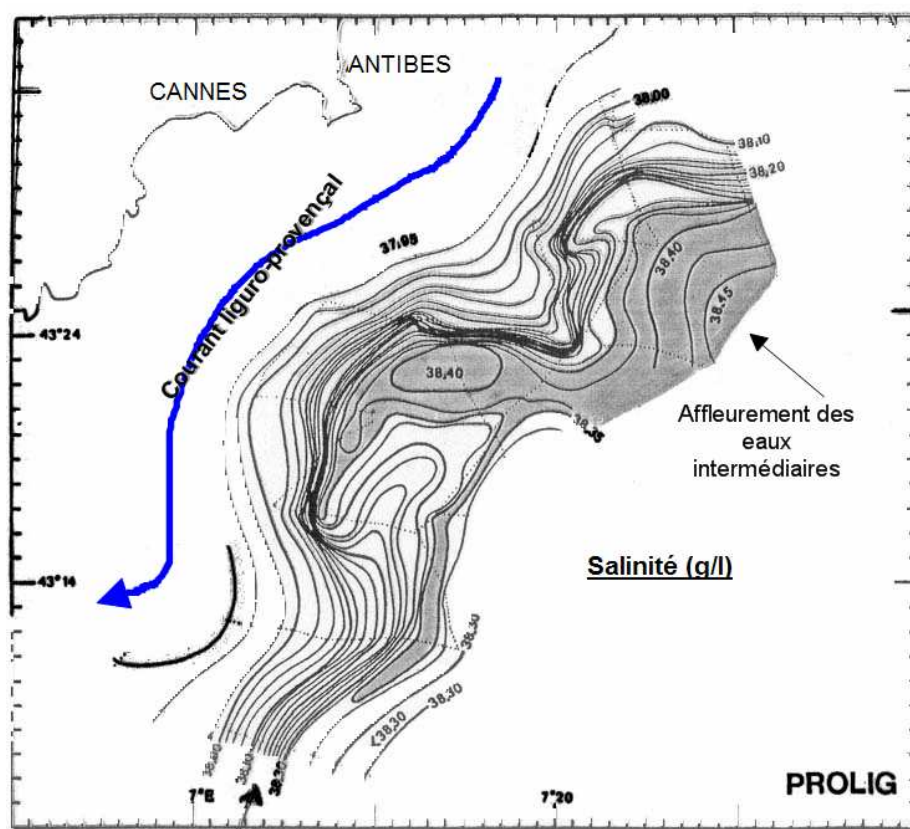


Figure 8 : Salinité à 3 m mettant en évidence les méandres du front halin et l'affleurement des eaux intermédiaires. Carte transmise par l'Observatoire Océanologique de Villefranche (programme PROLIG).

Quoi que moins riche, la zone côtière bénéficie toutefois des régimes de vent à composante NO qui entraînent les eaux de surface vers le large. Le déficit hydrique ainsi créé est comblé par des eaux profondes, *via* les canyons sous-marins (Conan, 1996). Appelé upwelling, ce phénomène offre un apport d'éléments minéraux venus des profondeurs au niveau des têtes de canyons. La zone bénéficie également des apports terrigènes lors des précipitations importantes (Gostan, 1968) bien que les canyons aient tendance à emporter les sels nutritifs au large (Bellaiche & Pupin, 1998).

1.1.1.3 Production primaire

Durant la période hivernale, ces évènements hydrologiques offrent un brassage important des eaux permettant la migration des nitrates, phosphates et silicates des strates inférieures vers la couche euphotique. Avec, au printemps, l'augmentation de la température des eaux de surface et la stabilisation des masses en présence, ces phénomènes confèrent au domaine du large une productivité primaire printanière et estivale supérieure à celle du domaine côtier (Jacques, 1990), particulièrement au sein de la zone frontale où Prieur (1981) observe une production relativement élevée tout au long de l'année (Figure 9 et Figure 10).

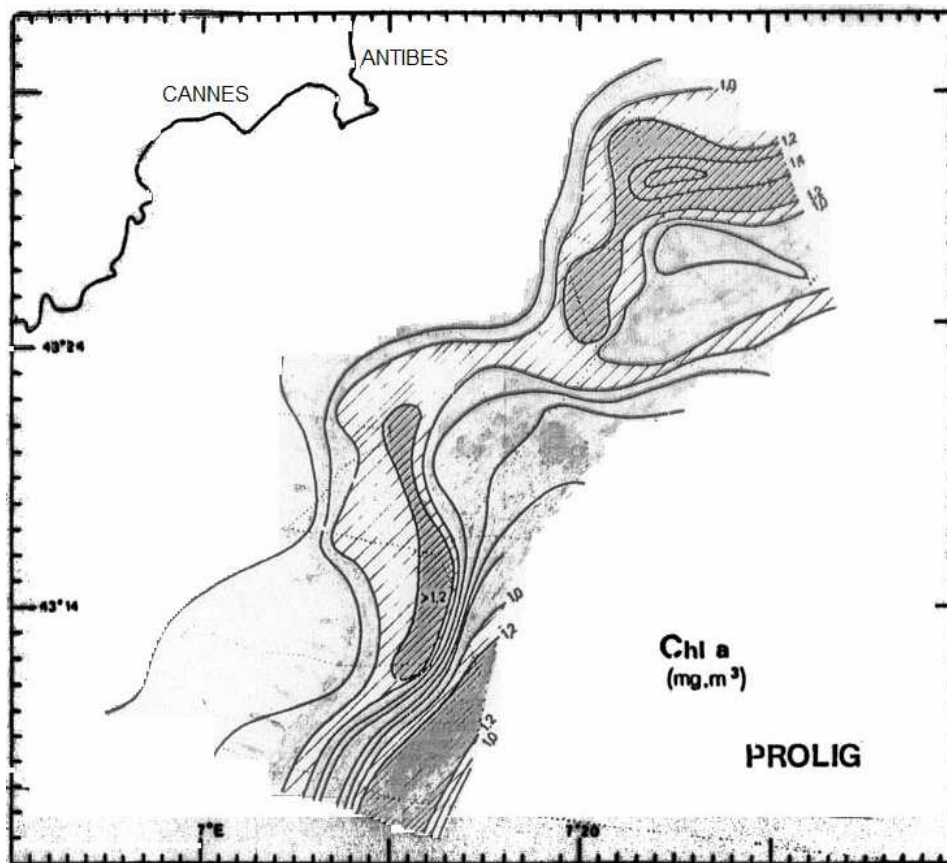


Figure 9 : Biomasse du phytoplancton à 3 m (mesure de chlorophylle a) au sein de la zone frontale. Carte transmise par l'Observatoire Océanologique de Villefranche, programme PROLIG).

Le bloom phytoplanctonique débute mi-avril, dure environ 6 semaines et culmine début mai (Morel et André, 1991), la teneur en chlorophylle pouvant atteindre 10 mg.m^{-3} en zone frontale (*in* Tilot, 2004). Face à la consommation des éléments nutritifs, la biomasse phytoplanctonique régresse progressivement en été mais le centre de la mer Ligurienne reste plus productif que le reste du bassin. Alors que la diminution des températures et des ressources minérales entraînent partout un effacement progressif de la production primaire, la zone se singularise par un bloom secondaire en automne, de mi-octobre à début novembre (André, 1990). Ce phénomène est à rattacher aux épisodes venteux fréquents à cette saison et responsables d'une intrusion d'eaux intermédiaires, riches en sels nutritifs, en zones centrale et frontale (Furnestin et Allain, 1962).

La richesse de la production primaire est déterminante dans l'organisation des niveaux supérieurs de la chaîne alimentaire, particulièrement pour les consommateurs tertiaires tels les cétacés, spécialement abondants en période estivale, comme détaillé dans le chapitre suivant.

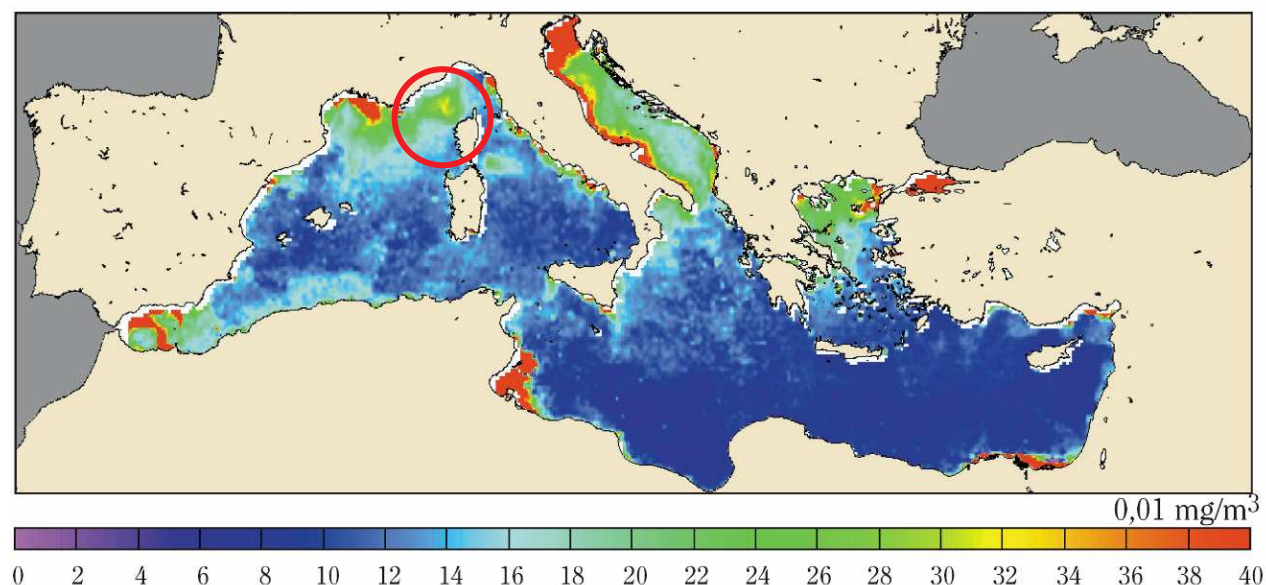


Figure 10 : Concentration en chlorophylle de la Méditerranée mesurée par satellite (carte CNES, 2000). Le large du bassin liguro-provençal présente une concentration plus élevée que le domaine côtier (cercle rouge).

1.1.1.4 Production secondaire et niveaux trophiques supérieurs

Boucher et coll. (1987) remarquent que la croissance relative de la biomasse du micro et mésozooplancton herbivore (crustacés, tuniciers et mollusques) au sein du système frontal est comparable à la biomasse du phytoplancton dans la première moitié du printemps. Le zooplancton carnivore (crustacés, coelentérés, chaetognathes, polychètes, mollusques, cnidaires et cténaires) prend le relais dans la seconde moitié du printemps, au détriment des herbivores. Nous mentionnerons la grande diversité du zooplancton déterminée par Franqueville dès 1971 et les variations nycthémerales importantes des espèces : la nuit, le plancton remonte vers les couches superficielles (e.g. Baussant et coll., 1993) où il devient disponible pour de nombreux prédateurs de 3^{ème} rang.

Parmi les genres recensés, les Euphausiacés, à la valeur énergétique élevée, tiennent une place importante dans les réseaux trophiques concernant les cétacés. *Meganyctiphanes norvegica*, une espèce boréale, offre une abondance exceptionnelle en été mais aussi en automne (Orsi Relini et coll., 1992 et 1994 ; Labat et Cuzin-Roudy, 1996). Ce crustacé bathypélagique, qui constitue des essaims très importants (jusqu'à 900 ind./100m⁻³), est l'unique source d'alimentation identifiée pour le Rorqual commun en été (dès le mois de juin) dans le bassin Liguro-provençal (Orsi Relini et Giordano, 1992 ; Orsi Relini et coll., 1994 ; Astruc et Beaubrun, 2001).

Par l'intermédiaire des céphalopodes (e.g. *Todarodes sagittatus*, *Histioteuthis reversa*), les cétacés teutophages¹¹ (e.g. *Globicephala melas*, *Physeter macrocephalus* et *Grampus griseus*) profitent également de la haute productivité de la zone, particulièrement au niveau du talus et des canyons, mais en décalage par rapport aux rorquals, puisque les pics d'abondance sont constatés plus tard dans la saison (Gannier, 1995 ; Di-Méglio, 1999 ; David, 2000).

Les delphinidés tels que le Grand dauphin ou le Dauphin bleu et blanc (*Stenella coeruleoalba*) sont présents en permanence grâce à des régimes alimentaires moins spécifiques, constitués de céphalopodes ou de poissons (Astruc, 2005) tels que *Spratus spratus* ou *Sardinella aurita* (espèces également prisées

¹¹ qui se nourrissent de céphalopodes (e.g. poulpes et calmars).

par les grands poissons pélagiques, les oiseaux marins et l'homme dans ses activités de pêche). Néanmoins, des travaux ont montré que cette abondance de cétacés en Méditerranée nord-occidentale variait en fonction de la saison et des sites : on constate une arrivée massive des animaux par le sud et l'ouest avec un maximum d'abondance au large (et dans quelques canyons) en début d'été, suivie par un déplacement vers le nord puis, en automne, une translation vers l'ouest (David et coll., 2001). Ces déplacements sont probablement à mettre en relation avec la disponibilité de la ressource, de même que des déplacements journaliers remarqués chez certaines espèces, tels que le dauphin bleu et blanc (Gannier, 1995).

1.1.2 Description du peuplement de cétacés de la zone et espèces concernées par les collisions

Vingt et une espèces, soit environ le quart des cétacés répertoriés dans le monde, sont aujourd'hui connues pour avoir été vues, vivante ou morte, une fois au moins dans la Méditerranée et la Mer Noire au cours du siècle dernier. Ce peuplement, bien diversifié pour une mer géographiquement isolée, présente une biodiversité diminuant d'ouest en est. En faisant référence à l'Atlas préliminaire de distribution des cétacés de Méditerranée (Beaubrun, 1995), au guide des mammifères marins de Méditerranée (Notarbartolo di Sciara et Demma, 1994), à la synthèse de Notarbartolo Di Sciara (2002a) pour le rapport ACCOBAMS intitulé « Cétacés de Méditerranée et de Mer Noire : État des Connaissances et Stratégies de Conservation » et au recueil sur les cétacés de Méditerranée (Bompar, 2000), il apparaît que treize espèces constituent le peuplement de Méditerranée nord-occidentale. Six sont communes ou fréquentes, sept bien plus rares et quatre exceptionnelles (Tableau 1).

Tableau 1 : Statut des espèces de cétacés en Méditerranée nord-occidentale.

| Statut | Nom vernaculaire | Nom scientifique | Taille adulte (m) |
|--------------|-------------------------|-----------------------------------|-------------------|
| COMMUN ou | Rorqual commun | <i>Balaenoptera physalus</i> | 20 - 22 |
| | Cachalot | <i>Physeter macrocephalus</i> | 12 - 18 |
| | Globicéphale noir | <i>Globicephala melas</i> | 3,8 - 6 |
| FREQUENT | Dauphin de Risso | <i>Grampus griseus</i> | 2,6 - 3,8 |
| | Grand dauphin | <i>Tursiops truncatus</i> | 1,9 - 3,9 |
| | Dauphin bleu et blanc | <i>Stenella coeruleoalba</i> | 1,8 - 2,5 |
| RARE | Orque épaulard | <i>Orcinus orca</i> | 7 - 8,5 |
| | Rorqual à museau pointu | <i>Balaenoptera acutorostrata</i> | 7 - 9 |
| | Ziphius | <i>Ziphius cavirostris</i> | 6 - 7 |
| | Dauphin commun | <i>Delphinus delphis</i> | 1,7 - 2,4 |
| EXCEPTIONNEL | Rorqual boréal | <i>Balaenoptera borealis</i> | 12 - 14 |
| | Baleine à bosse | <i>Megaptera novaeangliae</i> | 12 - 13 |
| | Pseudorque | <i>Pseudorca crassidens</i> | 4,5 - 6 |

Nous passerons rapidement sur les espèces rares et exceptionnelles. La taille et le caractère vif et côtier du Dauphin commun ne l'implique en aucun cas dans les collisions avec les NGV. Le Ziphius et le Rorqual à museau pointu, quoi que plus imposants, sont trop rares dans la région pour être considérés comme des entraves à la navigation. L'Orque, quant à elle, n'a été vue au cours de notre étude qu'à une seule reprise et les trois espèces restantes font état de moins de cinq mentions durant les 20 dernières années. Concernant les espèces communes, nous ne nous attarderons pas sur les petits cétacés qui, nous l'avons vu en introduction (p.3), ne concernent pas la problématique des collisions.

Intéressons-nous aux espèces de taille moyenne à grande que sont le Globicéphale, le Cachalot et le Rorqual commun. Les quelques notions de biologie détaillées ci-après seront utilisées pour apporter des éléments à la pertinence de la faisabilité de l'étude et aux conséquences sur la détectabilité de l'espèce. Sauf mention particulière, la description suivante de ces espèces fait appel aux références précitées.

- **Le Globicéphale noir** est le plus petit des trois (cétacé de taille moyenne). L'espèce n'arrive dans la région qu'en juin-juillet, est abondante d'août à septembre et presque tous les animaux quittent la zone dès octobre. Le Globicéphale vit généralement en groupes sociaux formés de 4 à 30 individus qui, à la fin de l'été et au début de l'automne, peuvent constituer des rassemblements comprenant plusieurs centaines d'animaux. Les individus sont souvent étalés sur de grandes superficies, mais ils se regroupent parfois en bandes denses, phénomène qui pourrait engendrer une entrave à la navigation. Quel que soit le mois de la période estivale, les animaux sont généralement indolents en surface dans la journée, au-dessus des grands fonds ou près du talus, attendant la nuit où les céphalopodes dont ils se nourrissent remontent vers la surface. Cette indolence diurne peut rendre la détection des animaux difficile par mauvaises conditions extérieures, mais aucune référence n'atteste d'une collision avec cette espèce dans le Sanctuaire.

Les deux autres espèces méritent une attention plus soutenue car elles sont suffisamment communes et de tailles spécialement conséquentes pour représenter un risque important en matière de collisions (Roussel et coll., 2000). Il s'agit d'un mysticète, le Rorqual commun et d'un grand odontocète, le Cachalot.

- **Le Rorqual commun** est le plus gros des cétacés communs que l'on puisse rencontrer en Méditerranée : souvent plus de 20 mètres de long pour 40 à 70 tonnes (Figure 11). Ces mensurations le classent en seconde position parmi les animaux que la terre n'ait jamais portés. Il est par ailleurs le plus abondant des Mysticètes du bassin occidental : sa population y a été estimée à 3 583 individus (SE = 967) (Forcada et coll., 1996) dont environ 800 (Gannier, 1997 et Gannier, 2002) se regroupent en été avec fidélité (Zanardelli et coll., 1999) sur la zone de nourrissage (Gannier, 2002 ; Notarbartolo di Sciara et coll., 2003 ; Panigada et coll., 2005) située en mer liguro-provençale (Figure 12).



Figure 11 : Le Rorqual commun (*Balaenoptera physalus*) est l'un des plus gros animaux jamais portés par la planète. Les individus présents en Méditerranée constituent une population isolée et fragile pour lesquels le bassin corso-liguro-provençal représente une zone d'alimentation estivale essentielle.

L'ensemble des auteurs s'accordent sur l'habitat pélagique de l'espèce qui fréquente préférentiellement les eaux profondes (> 2 000 m) du talus inférieur et du large, bien que de rares individus aient été notés sur de faibles profondeurs. Les individus sont généralement observés solitaires ou par groupes de deux, plus rarement 4 à 6, exceptionnellement 20 (Di-Méglio, 1999). La taille moyenne des groupes reste généralement confinée entre 1,3 et 1,7 individus (e.g. Di-Natale et Mangano, 1983 ; Gannier, 1997 ; Zanardelli et coll., 1992).

L'espèce est présente dans la zone toute l'année, mais en nombre bien plus faible en hiver (Gannier et Gannier, 1993 ; Orsi Relini et coll., 1994 ; Clark et coll., 2002). Pour quitter la région ou y revenir, il semble qu'au moins une partie des animaux transite par la mer Tyrrhénienne puisque des pics d'abondance sont enregistrés en avril-mai et septembre-octobre (Marini et coll., 1996a). Une grande partie des rorquals passent par l'ouest de la zone et l'ensemble des individus semble présenter un mouvement cyclonique, probablement lié aux masses d'eaux (David et coll., 2001). On ignore par contre presque tout de la biologie de l'espèce, en dehors de la période estivale et de la zone Corse-Ligurie-Provence. Les hypothèses telles que le regroupement dans d'autres aires de nourrissage ou de mises bas, ou la dispersion à travers toute la Méditerranée, sont, à l'heure actuelle, des suppositions. Ses voies de déplacements en Méditerranée sont à mettre en évidence et ses terrains d'alimentation secondaires et de reproduction à rechercher, peut-être dans le sud du bassin occidental ou dans le bassin oriental. C'est pour répondre à ces questions que le CNRS Chizé déploie actuellement des balises Argos sur quelques individus avec le soutien du WWF-France.

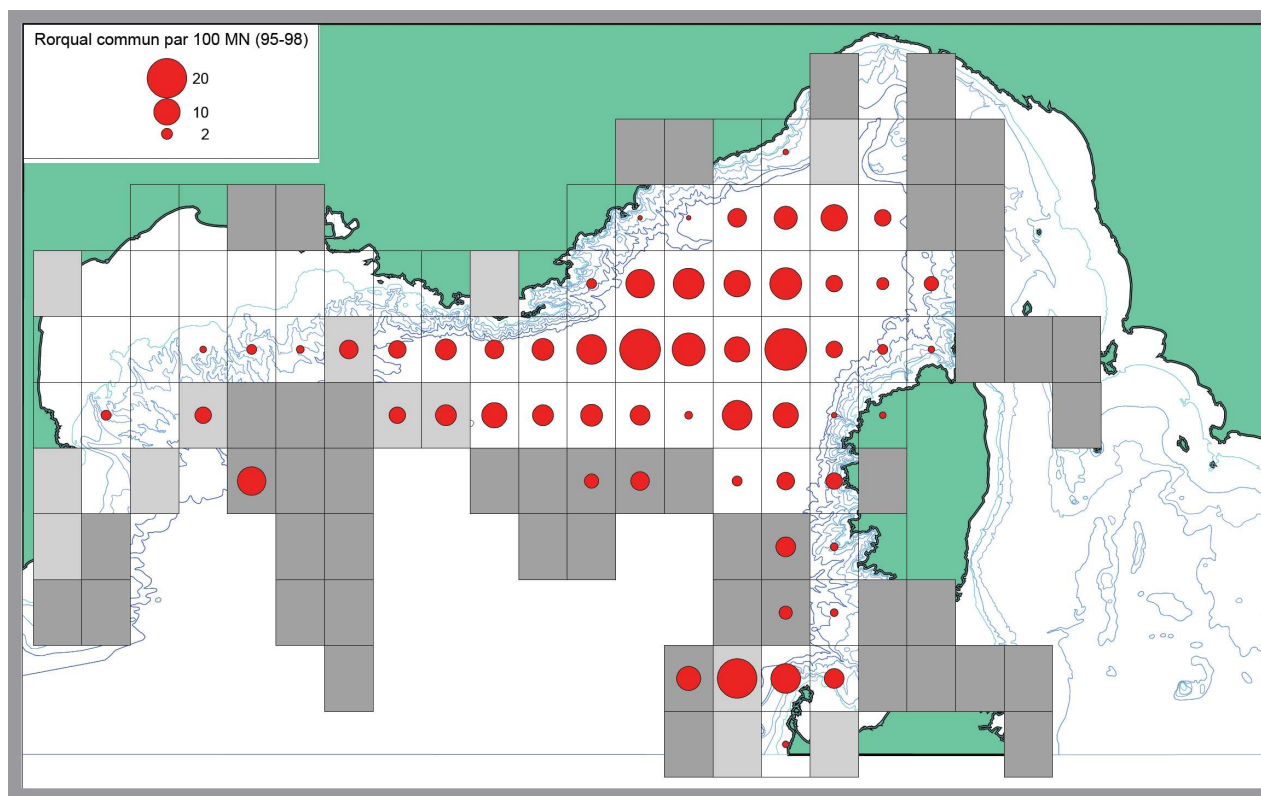


Figure 12 : Distribution estivale des indices relatifs d'abondance du Rorqual commun (ind.100MN⁻¹) en Méditerranée nord-occidentale (moyenne de juin à septembre pour la période 1995-1998). Les quadrilatères (20 minutes d'angle) blancs correspondent aux zones où l'effort d'observation permet une exploitation fiable des données (minimum de 40 milles nautiques). Le gris clair (40 à 20 MN d'effort) informe d'un manque de sureté accompagnant l'information et les zones en gris foncé (effort < 20 MN) ne fournissent qu'une information d'ordre qualitatif (des observations ont été faites à cet endroit). On constate une distribution générale des animaux concentrée au centre du bassin liguro-provençal, au dessus de 2 000 m, bien que quelques observations attestent de la présence d'individus près de secteurs côtiers. Carte issue du Programme Poséidon (Roussel et coll., 2000).

Autre point de grand intérêt concernant le Rorqual commun : sa population -ou tout au moins les animaux observés dans le nord du bassin occidental- montre un isolement géographique certain. Bien que De Stephanis et coll. (2001) aient observé qu'un certain nombre de rorquals traversent le détroit de Gibraltar en été pour rejoindre l'Atlantique, ce genre d'échange semble rare (Hashmi, 1990 ; Beaubrun et Roussel, 2000). Il a d'ailleurs été démontré que la population méditerranéenne était génétiquement différente de celles d'Atlantique nord (Bérubé et coll., 1998). Il est donc clair que le Rorqual commun est une espèce permanente dans le bassin méditerranéen et qu'elle s'y reproduit.

Pour l'instant, nous ne connaissons pas l'impact exact des collisions sur la population de Rorquals communs en Méditerranée. Cependant, la petite taille de cette population, le haut taux de collision auquel elle est soumise (Pesante et coll., 2001 ; Panigada et coll., 2006), son caractère isolé, le faible taux de reproduction des mysticètes (Gambell, 1985), et l'augmentation du trafic maritime sur zone laissent présager de graves répercussions (Figure 13). Cette situation est d'autant plus préoccupante que les populations isolées sont d'avantage vulnérables à ce genre d'atteintes, comme le soulignent Laist et coll. (2001). Les chiffres récemment proposés par Panigada et coll. (2006 ; cf. Introduction p. 2), corroborent les inquiétudes de la communauté scientifique en matière de conservation des Rorquals communs en Méditerranée, particulièrement dans le bassin nord-occidental qui concentre les maximums de collisions létales connues.



Figure 13 : Photo-montage rappelant la vulnérabilité des Rorquals communs en Méditerranée nord-occidentale face aux risques de collision dont le taux est l'un des plus importants recensés à travers le monde.

- **Le Cachalot** (Figure 14), pour sa part, est le plus grand des Odontocètes actuels (12-18 m, selon le sexe) et peut atteindre un poids de 50 tonnes. Viale (1977) est seule à avancer une estimation de population : 600 individus en Méditerranée nord-occidentale. L'espèce semble régulière tout au long de l'année et se rencontre volontiers à proximité des grands canyons où elle se nourrit de macrocéphalopodes mésopélagiques (Astruc, 2005), souvent sur des profondeurs de 800 à 2 000 m, mais pouvant remonter ces vallées marines jusqu'à des sondes de 500 m (Beaubrun, 1995). Les observations en mer attestent du caractère solitaire du Cachalot dans le bassin liguro-provençal, les groupes observés affichant une moyenne de 1,5 individus pour un maximum de 8 (Notarbartolo di Sciara et Demma, 1994 ; Gannier et coll., 1998 ; Drouot, 2003).

On commence depuis peu à cerner le statut de cette espèce en Méditerranée. Par le passé, plusieurs auteurs ont présenté la Méditerranée comme un secteur d'importance pour les Cachalots, certains (Di Natale et Mangano, 1983) suggérant que des individus y séjournent plusieurs années alors que d'autres (Viale et coll., 1988 ; Gannier et coll., 1998) avançaient que l'espèce s'y reproduisait. Plus récemment, Drouot et coll. (2004) ont découvert des différences significatives entre l'ADN mitochondrial des animaux d'Atlantique nord et de ceux de Méditerranée. Les résultats montrent que tous les individus de Méditerranée présentent exactement le même haplotype, alors que 3 haplotypes sont obtenus pour les Cachalots d'Atlantique (où on retrouve la séquence méditerranéenne mais en proportion deux fois moins grande). Les auteurs concluent à un brassage génétique limité entre les deux régions dont résultent des lignées maternelles distinctes, considérant la population méditerranéenne comme isolée.

Cette population montre des signes évidents de déclin (Notarbartolo di Sciara et Demma, 1994 ; Gannier, 1995) qui serait essentiellement lié aux prises accidentelles dans des filets dérivants et aux collisions avec des navires (Di-Natale et Mangano, 1983 ; Podesta et Magnaghi, 1989 ; Di-Natale, 1990). Pesante et coll. (2001) estiment d'ailleurs que, à l'instar du Rorqual commun, le Cachalot est une espèce qui affiche un fort taux de risque de collisions en Méditerranée.



Figure 14 : Avec l'avancée de nos connaissances sur le statut du Cachalot (*Physeter macrocephalus*) en Méditerranée s'étoffent les inquiétudes des gestionnaires quand à sa vulnérabilité face au problème des collisions. Photo Thierry Hugues Cervetti / Corsica Mare Osservazione.

En définitive, seuls le Cachalot, le Rorqual commun et, dans une moindre mesure, le Globicéphale noir, offrent des éléments de biologie qui justifient leur prise en compte dans une étude de la détectabilité des grands cétacés pour limiter les risques de collision. Cependant quelques traitements visant à confirmer des points précis feront appels à certaines observations de petits cétacés au cours de ce rapport.

1.1.3 L'importance du trafic maritime

Un travail d'analyse (satellitaire et statistique) de la navigation maritime en Méditerranée occidentale¹² a été réalisé par un groupement d'entreprises et d'institutions de recherche dirigé par le SCOT¹³ (2004) sur la période 1998-2002.

Sur la moyenne annuelle de 140 000 trajets (pour plus de 10 000 navires) établie, 85 % concernent un trafic intra-méditerranéen, les 25 % restant étant en simple transit sur la zone. Les auteurs ont mis en lumière une croissance annuelle notable du nombre de navires de 3,3 %, tout en soulignant une chute de 0,4 % en 2002, à mettre en relation avec la conjoncture mondiale.

Cette importance du trafic maritime commercial est bien illustrée par la carte du maillage créé par le transit, particulièrement dense et étendu à tout le domaine (Figure 15).



Figure 15 : Maillage créé par le trafic maritime en Méditerranée, attestant de sa densité et de sa large couverture spatiale. In Di-Méglio et David (2006), réalisé d'après les données SCOT (2004).

Huit catégories de navires ont été déterminées pour caractériser le trafic. Les vraquiers et les cargos se partagent équitablement la majorité du trafic (environ 60 %), suivis par les tankers et chimiquiers (environ 15 %), les porte-containeurs (10 %), les rouliers (5 %), le transport de passagers et les méthaniers (environ 3 % chacun), et, enfin, les autres navires. Cette classification a permis de constater que l'évolution la plus notable en termes de nombre de trajets et de taille des navires concernait le transport de passagers. Conformément à la demande touristique, cette catégorie présente la saisonnalité la plus marquée, comme le montre la Figure 16.

¹² Limitée au nord par les côtes espagnoles, françaises et italiennes, au sud par la ligne entre le détroit de Sicile et le détroit de Gibraltar, à l'est par le détroit de Gibraltar et à l'ouest par le détroit de Sicile.

¹³ Pour le compte de la Direction des Affaires Maritimes et des Gens des mers, du Ministère français de l'Équipement, des Transports, du Logement, du Tourisme et de la Mer.

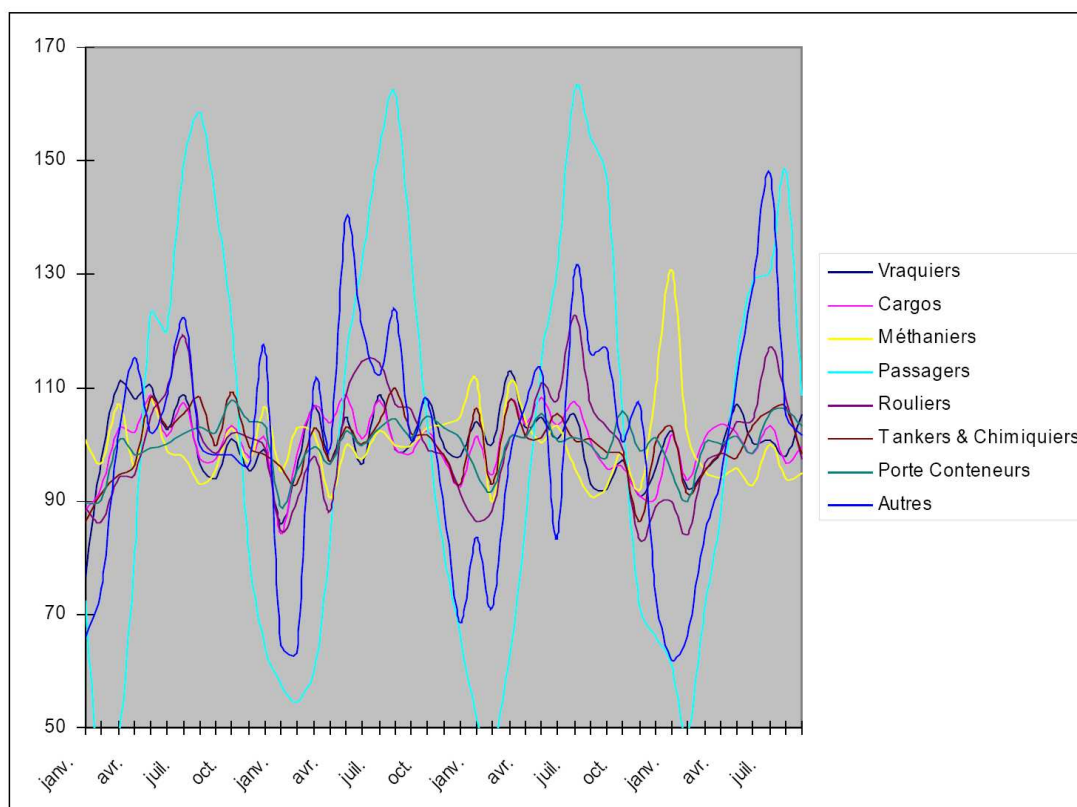


Figure 16 : Saisonnalité du trafic maritime commercial en Méditerranée occidentale (SCOT, 2004) suivant la catégorie de navire (en indice – Base 100 = moyenne mensuelle du nombre de trajets pour chaque catégorie, entre 1998 et 2002). On constate des degrés de saisonnalité très différents en fonction de la catégorie de navire : très importantes pour le transport de personnes, plus faibles pour les cargos et porte conteneurs.

L'intensité du trafic maritime en Méditerranée occidentale prend un aspect particulier dans le nord du bassin puisqu'il concentre 61 % du trafic global. La croissance générale y est confirmée, avec une augmentation d'environ 4 % du trafic entre 1998 et 2002. Le transport de passagers tient ici une place plus importante que dans le reste du bassin (e.g. 25,7 % en 2001) et, parmi les compagnies concernées par cette activité, 5 exploitent des navires rapides du début du printemps à la fin de l'automne (Panigada et coll., 2006).

L'étude du SCOT (2004) n'offrait pas de focus propre à notre zone d'étude (le Sanctuaire Pelagos). Néanmoins, ce travail permet de constater que 2 des 8 « nœuds de concentration du trafic maritime » (Gêne et Marseille) identifiés dans tout le bassin occidental concernent ce secteur. Notarbartolo di Sciarra et Gordon (1997) avaient déjà relevé un trafic maritime important, particulièrement en été où David et coll. (2002) expliquent que plus de 15 liaisons sont assurées par au moins 6 compagnies françaises et italiennes de transport de passagers entre le continent, la Corse et la Sardaigne. Le trafic de passagers est à son maximum au cœur de l'été (juillet et août), avec 700 000 à 900 000 personnes en transit continent-Corse par an. Ce secteur des dessertes maritimes est en constante progression, avec une augmentation de 4,2% de passagers en 2000 par rapport à 1999, et semble engagé dans une évolution en gigantisme et en rapidité des navires. En 2002, nous avons compté pas moins de 16 navires rapides (28 à 42 nœuds) sur la zone : 3 pour la SNCM, 6 pour la Tirrenia (Compagnie italienne), 3 pour la Corsica-Ferries et 2 pour la Moby Lines. Ce type de bateau assure plus de 35 % du trafic de passagers, et jusqu'à 70 % des liaisons Nice-Corse.

Le trafic lié au transport de marchandises semble, lui aussi, promis à une croissance intense dans les années à venir puisque l'État français, soutenu par l'Europe, développe des projets d' « autoroutes de la mer » visant à désengorger le trafic autoroutier terrestre (« merroutage »). L'une d'entre elles est récemment entrée en fonction (janvier 2005) entre Toulon et Civitavecchia (sud de Rome).

L'importance de la navigation commerciale sur la zone et sa saisonnalité sont deux des principaux facteurs du risque de collisions. Bien que la problématique de la présente étude nous amène à détailler préférentiellement la navigation commerciale et les collisions pour le cas particulier des NGV, dans un souci de globalité, il est important de souligner que :

- Les collisions ne sont pas l'unique source de perturbation des cétacés exposés : les perturbations engendrées par le trafic maritime telles que les pollutions acoustiques (*e.g.* Roussel, 2002) croissent en même temps que l'évolution du trafic. La combinaison de toutes les sources de perturbation d'origine anthropique est particulièrement inquiétante en matière de préservation des espèces, et notamment des Rorquals communs (Panigada et coll., 2006).
- le trafic maritime commercial n'est pas l'unique source de risques de collision et autres dérangements : d'autres activités maritimes sont responsables de collisions avec les grands cétacés pélagiques, et notamment le whale watching, en grand essor dans la zone (Mayol et Beaubrun, 2005 ; Mayol et Gambaiani, 2007 ; Mayol et coll., 2007a et 2007b).

Signalons, pour conclure, qu'une étude en cours devrait apporter de nouveaux éléments sur l'importance du trafic maritime dans la zone du Sanctuaire afin de déterminer le niveau d'exposition dans le temps et sur un secteur donné des habitats des cétacés (Di-Méglio et David, 2006).

1.1.4 Le Sanctuaire PELAGOS pour les mammifères marins en Méditerranée

Cette partie présente le Sanctuaire Pelagos pour les mammifères marins en Méditerranée en tant que zone d'étude du présent travail. Son historique, ses buts et son fonctionnement sont exposés, selon des éléments issus du Plan de Gestion (Tilot, 2004) et du site internet de la partie française (PNPC, 2005).

1.1.4.1 Historique et raisons

L'incitation à créer un Sanctuaire dans le bassin corso-liguro-provençal provient d'un constat fait par de nombreux organismes associatifs et scientifiques, dès la fin des années 80 : la zone présente une richesse spécifique et une population importante de cétacés fréquente cette zone (§ 1.1.2), attirés par une productivité primaire élevée (§ 1.1.1.3) et soumis à d'une pression élevée d'activités humaines (navigation mais aussi exploitation des richesses halieutiques et urbanisation des côtes) créant de sérieuses atteintes aux habitats et aux espèces.

La première action de protection des cétacés de la zone revient au gouvernement italien qui, en 1990, instaure un décret interdisant l'usage de filets maillants dérivants en mer Ligure. Un an plus tard, Sur la base de l'expertise de l'Institut Téthys, un groupement d'associations présentent le « Projet Pelagos » en vue de la création d'une réserve de la Biosphère dans le bassin Corso-Ligure régie par une autorité internationale basée à Monaco en charge de la gestion durable de ses ressources naturelles. Ces pressions et ces enjeux ont ainsi conduit la France, l'Italie et Monaco à unir leurs efforts autour d'un projet de zone de conservation des habitats et des espèces dès 1993 (signature de la déclaration conjointe).

De 1994 à 1999, plusieurs évènements ont encré le projet Pelagos conduisant petit à petit à sa concrétisation avec, notamment, la mention du Sanctuaire dans le Plan d'Action de l'UICN pour la Conservation des Cétacés au niveau mondial.

Le 25 novembre 1999, à Rome, les trois pays riverains signaient un Accord relatif à la création en Méditerranée d'un Sanctuaire pour les Mammifères Marins. Une partie de la mer Tyrrhénienne a été ajoutée à la zone proposée en 1993 ce qui confère au Sanctuaire une superficie totale de 87 500 Km² (Figure 17). L'objectif de l'Accord est de maintenir un état de conservation favorable des populations de mammifères marins par leur monitoring, le renfort de l'application de la législation existante (activités de pêche, pollutions, navigation), la réglementation de l'observation touristique des cétacés et l'amélioration de l'information du public¹⁴.

Entré en vigueur le 21 février 2002 le Sanctuaire Pelagos est désormais inscrit sur la liste des ASPIM (Aire Spécialement Protégée d'Importance Méditerranéenne) dans le cadre du protocole ASP (relatif à l'établissement d'Aires Spécialement Protégées en Haute Mer) de la convention de Barcelone. Ce statut, qui confère à Pelagos une reconnaissance officielle des pays Méditerranéens en tant qu'aire d'un réseau ayant pour but la conservation efficace du patrimoine méditerranéen, nécessitait la création d'un Plan de Gestion. Approuvé par les trois Parties en 2004, ce document doit permettre d'assurer une tutelle efficace de la zone de compétence de l'Accord dans un objectif de gestion systémique et de durabilité. Dans un premier temps, il prévoit des actions sur une période triennale réparties selon les thèmes suivants :

- Activités humaines : évaluer leurs impacts existants et potentiels pour optimiser les décisions de gestion
- Recherche et Suivi : mieux comprendre les mammifères marins et leurs habitats
- Education et implication : informer le public, les professionnels et les usagers de la mer de l'importance du Sanctuaire comme moyen d'assurer à long terme la conservation des mammifères marins et de leurs habitats
- Structure administrative de gestion : Remplir toutes les fonctions précédentes dans les meilleures conditions possibles

¹⁴ Dans le même temps, sous l'égide de la Convention de Bonn, l'Accord sur la Conservation des Cétacés de la Mer Noire, de la Méditerranée et de la zone Atlantique adjacente (ACCOBAMS) a été signé en 1995 et est entré en vigueur en 2001. Les deux entités affichent des objectifs de conservation des cétacés très complémentaires, Pelagos pouvant permettre de tester des mesures applicables à la zone ACCOBAMS.

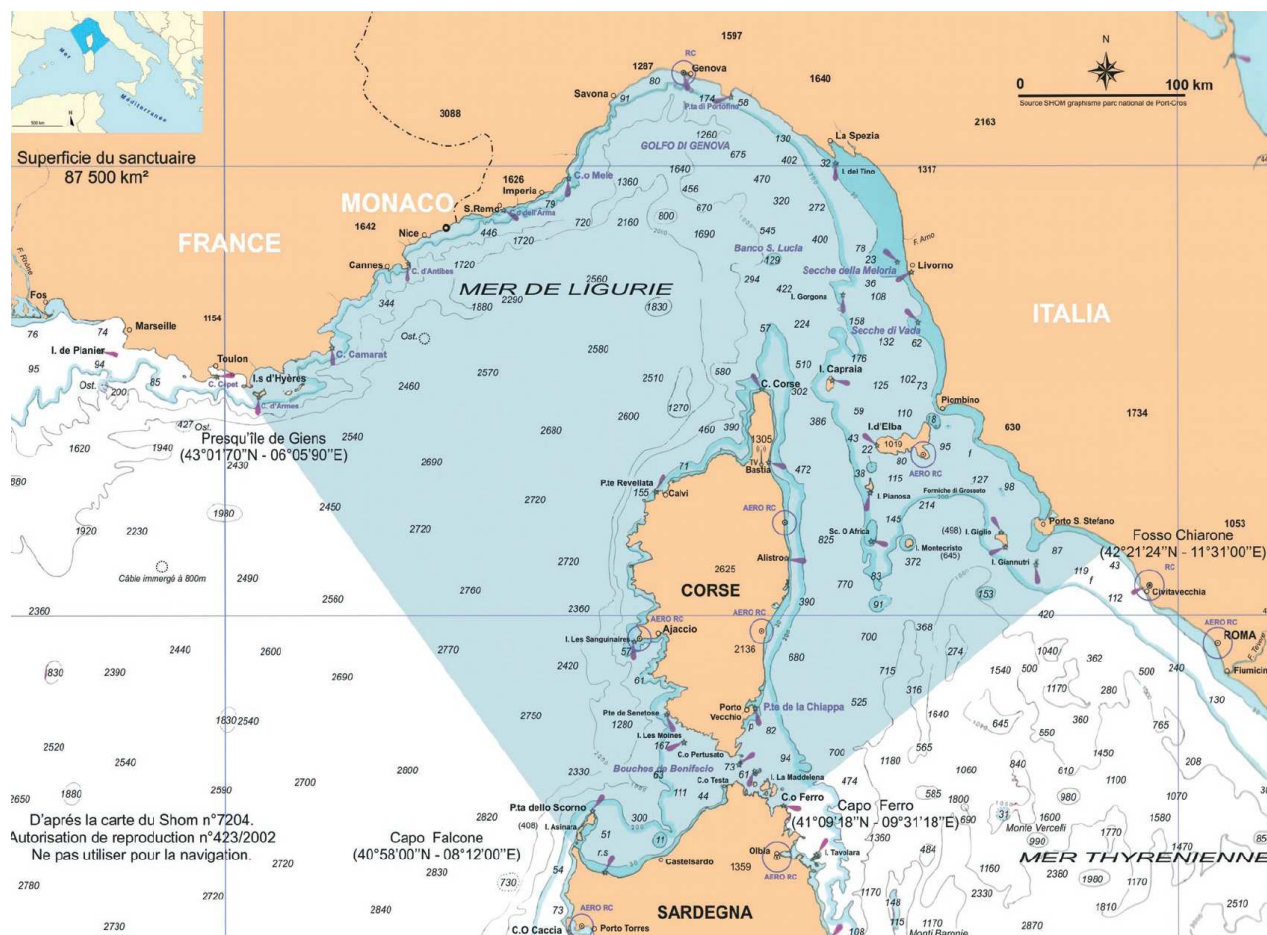


Figure 17 : Le Sanctuaire Pelagos pour les mammifères marins en Méditerranée est un espace de 87 500 Km² issu d'un Accord tripartite visant à la conservation des cétacés (carte SHOM).

1.1.4.2 Organisation et fonctionnement

Le Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable a chargé le Parc National de Port-Cros d'animer et de gérer la partie française de Pelagos. Trois groupes de travail thématiques ont été mis en place, en accord avec l'ensemble des partenaires (représentants du Préfet Maritime, responsables régionaux des administrations de la Mer, de la Pêche, de l'Environnement et des collectivités territoriales, laboratoires de recherche, associations, opérateurs de whale watching, sociétés de transport maritime et représentants de la pêche professionnelle) :

- Le groupe Recherche. Il est chargé de désigner les priorités d'études à réaliser, de dresser le bilan des connaissances et de leur importance pour le Sanctuaire. Il émet un avis scientifique sur des problématiques inhérentes à la gestion des activités humaines sur demande des autorités compétentes (e.g. Préfet Maritime, DRIRE, DIREN).
- Le groupe Activités Humaines. Il permet d'inventorier les activités humaines pouvant interagir avec les cétacés ou leurs habitats et doit définir les propositions de mesures pour diminuer les nuisances. Des réflexions concertées avec les professionnels concernés sont menées pour lutter contre les pollutions en mer ou d'origine telluriques, les impacts de la pêche professionnelle ou du tourisme d'observation (whale watching).
- Le groupe Sensibilisation. Il propose une politique d'information et de sensibilisation sur le Sanctuaire, ainsi qu'un code de bonne conduite pour l'observation des cétacés en mer. Différents outils de sensibilisation ont ainsi été établis et distribués (plaquette d'information, exposition itinérante, bulletin annuel, site internet, ...).

Ces 3 groupes de travail se réunissent en Conseil National du Sanctuaire chaque année pour examiner les actions proposées et définir les axes stratégiques, le tout dans un esprit de concertation internationale. Ces décisions sont validées par un Comité de Pilotage constitué des représentants de l'État et des collectivités.

Chaque Partie a son fonctionnement propre et la coordination internationale se met actuellement place grâce à la composition récente d'un Secrétariat et d'un Comité Scientifique tripartites (la Figure 18 est une synthèse de cet organigramme).

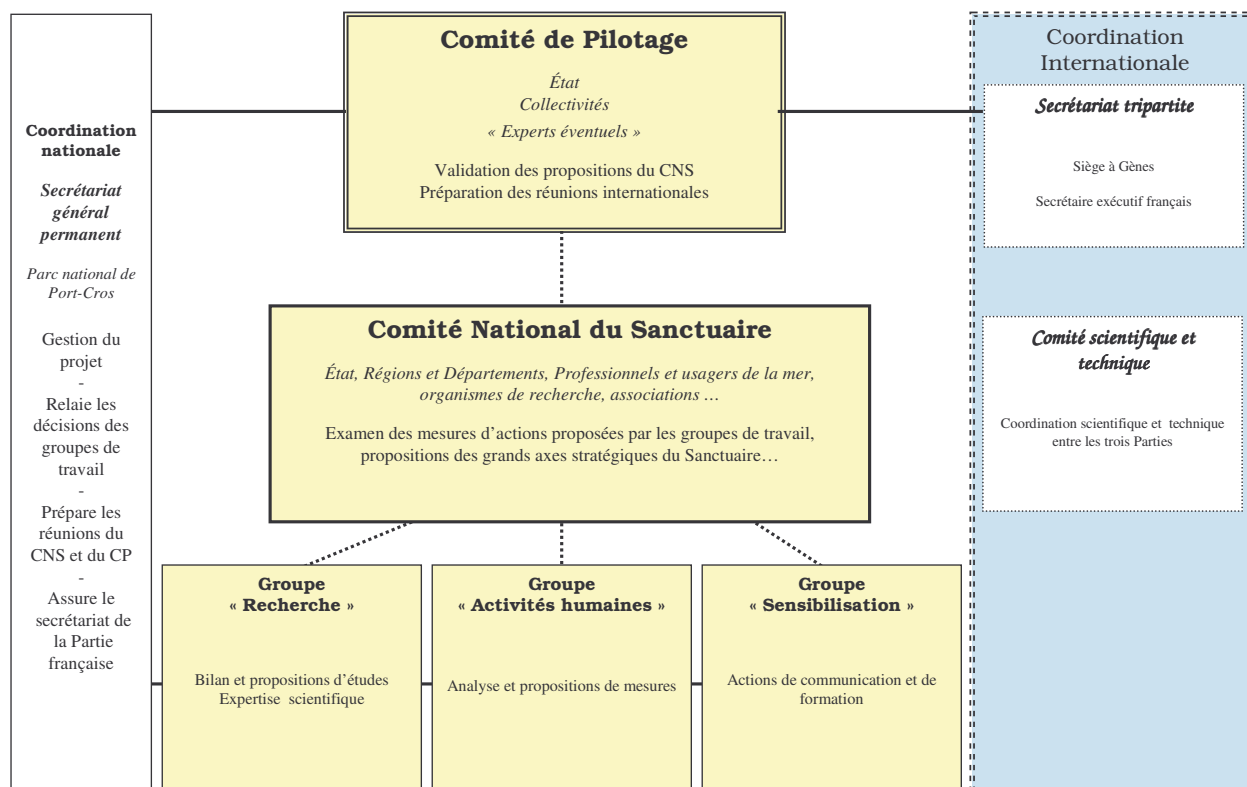


Figure 18 : Organigramme de la partie française du Sanctuaire Pelagos et ses relations avec la coordination internationale (PNPC, 2005).

Le Plan de Gestion du Sanctuaire Pelagos considère la zone comme une sous-unité distincte biogéographiquement de l'Ecosystème Marin de Grande Dimension (LME¹⁵) de Méditerranée (marqué notamment par une plus grande productivité). Cette approche écosystémique, doit permettre d'assurer l'équilibre entre les trois objectifs définis dans la Convention sur la Biodiversité¹⁶ : conservation, utilisation durable et partage juste et équitable des avantages découlant de l'exploitation des ressources génétiques.

En synthèse, Pelagos a pour objectif d'instaurer des actions concertées et harmonisées entre trois pays pour la protection des cétacés et de leurs habitats contre toutes les causes de perturbations, tout en considérant les réalités humaines et économiques. Son originalité réside dans le fait qu'il constitue une zone pilote de gestion d'eaux sous juridiction internationales (la première au monde) dans une unité territoriale côtière et de haute mer d'un grand intérêt scientifique, socio-économique, culturel et éducatif.

¹⁵ LME = Large Marine Ecosystem. Terminologie utilisée pour définir un espace marin de grande taille caractérisé par une bathymétrie, une hydrographie et une productivité propres.

¹⁶ Premier accord mondial sur la conservation et le respect à long terme de la diversité biologique, signé à l'occasion de la Conférence des Nations Unies sur l'Environnement et le Développement à Rio de Janeiro en 1992.

1.2 Les plates-formes d'étude : Les Navires à Grande Vitesse (NGV)

Alors que certaines études d'abondance de cétacés se pratiquent depuis des navires commerciaux (e.g. Marini et coll., 1996a ; Beaubrun et Roussel, 2000), la bibliographie ne mentionne pas de telles investigations depuis un navire rapide. L'étude préliminaire réalisée par Beaubrun et David (2000) avait révélé plusieurs hypothèses sur la détectabilité des cétacés à bord de tels engins. L'un des buts de notre étude est de tester ces hypothèses et de décrire cette détectabilité. Ce chapitre définit ces types d'engins et leurs spécificités.

1.2.1 Caractéristiques des navires rapides

Les NGV font partie d'une famille d'unités de transports réguliers appelées « navires rapides » ou « engins à grande vitesse ». Bien que de plus en plus répandus, les navires rapides restent encore peu connus. L'objet de cette partie est de les définir pour une bonne compréhension de l'étude.

1.2.1.1 Définition

D'après le code pour les engins à grande vitesse de l'Organisation Maritime Internationale (OMI, 1997), l'expression "Engin à Grande Vitesse" désigne un engin capable d'atteindre une vitesse en nœuds¹⁷ supérieure au résultat de la formule suivante (avec Δ = déplacement¹⁸ en tonnes) :

$$3,7 \Delta^{1/6} [\text{m.s}^{-1}] \text{ ou } 7,2 \Delta^{1/6} [\text{nds}]$$

En moyenne, et pour des navires commerciaux susceptibles de transporter au moins 50 passagers ou l'équivalent en fret et passagers, un bateau rapide est une unité capable d'atteindre et de dépasser la vitesse de **25 nœuds**. Certains d'entre eux, non représentés en Méditerranée, peuvent dépasser la vitesse de 50 nœuds.

1.2.1.2 Caractéristiques principales

Les navires rapides permettent d'effectuer des traversées en un temps record en comparaison aux unités traditionnelles. Ainsi, pour une traversée Nice / Ile-Rousse (≈ 90 MN), le Corse (car-ferry) mettra 5 heures contre 2 h 35 pour le NGV Asco. Cependant, la conception de ces engins, qui doivent offrir un minimum de résistance à l'eau, engendre des problèmes de stabilité de route et d'assiette ainsi qu'une très grande sensibilité au vent relatif et à l'agitation du plan d'eau. Ce type d'unité est donc peu adapté à des houles de forte fréquence et de faible amplitude. De ce fait, en Méditerranée nord-occidentale, leur exploitation est délicate en période hivernale et les annulations de trajets par suite de mauvaises conditions météorologiques peuvent être fréquentes.

1.2.1.3 Les différents types de navires rapides

Les variations constatées dans les conceptions de navires rapides dépendent de multiples facteurs tels que les besoins de la compagnie exploitante en volume, la distance des traversées à effectuer (généralement adaptées à des distances relativement courtes) ou encore les spécificités particulières du plan d'eau sur lequel ils seront exploités. Voici les cinq concepts les plus courants (d'après Capoulade, 1999) :

¹⁷ 1 nœud (nd) = 1,852 km.h⁻¹.

¹⁸ Déplacement : volume (= poids) d'eau déplacé par la partie immergée de la coque.

Aéroglisseurs et Hydrofoils

Ces 2 types sont apparus dans les années cinquante. Construits en alliage léger, leur vitesse est d'environ 50 nœuds.

- Les aéroglisseurs (Figure 19) naviguent sur un coussin d'air maintenu par des jupes souples. Des turbines à gaz (type aviation) sont employées pour la sustentation et pour la propulsion (hélice aérienne). Ils sont aujourd'hui abandonnés en utilisation car-ferry car trop coûteux.



Figure 19 : Le Princess Anne, un ferry aéroglisseur.

- Les hydrofoils (figure 20) se comportent comme des avions dont on aurait immergé les ailes (foils). La résistance à l'avancement est nettement diminuée par l'importance du déjaugage¹⁹. La propulsion est assurée soit par des hélices à pas variable, soit par des hydrojets²⁰. Le tirant d'eau²¹ et l'envergure de ces engins sont importants par rapport aux autres unités.

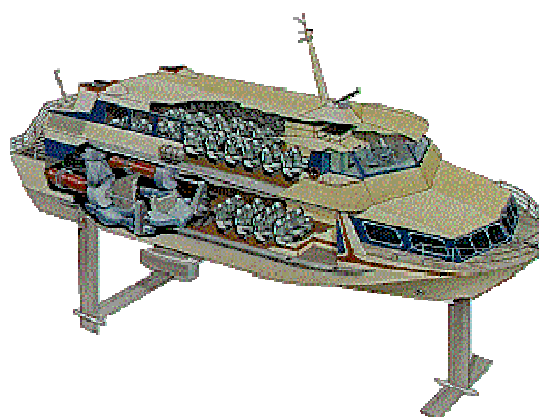


figure 20 : Hydroptère Jet-foil de Boeing.

Multicoques

Les multicoques, apparus dans les années 1970 en Norvège avec des catamarans et des trimarans, permettent de concevoir des aménagements spacieux. Le Stena Carisma (Figure 21) peut emporter 900 passagers à 40 nœuds sur une ligne Suède-Danemark.



Figure 21 : Le multicoque Stena Carisma.

Monocoques

L'avantage des monocoques réside dans leur faible surface en contact avec l'eau mais ils sont très sensibles à l'état de la mer. Des efforts de recherche et de développement ont cependant permis d'optimiser les carènes pour réduire la résistance à l'avancement. Les NGV exploités par la SNCM sont des monocoques et feront l'objet de descriptions détaillées dans le chapitre suivant.

Navires rapides hybrides

Quelques autres réalisations ont vu le jour, s'intégrant dans plusieurs des types de navires rapides. Nous ne les détaillerons pas ici compte tenu de leur caractère expérimental ou exceptionnel.

¹⁹ Lorsque le navire atteint une certaine vitesse, il s'élève sur l'eau, au dessus de sa ligne de flottaison.

²⁰ Propulseurs à jets d'eau.

²¹ Distance verticale entre la flottaison d'un navire et le dessous de la quille.

1.2.2 Plates-formes d'étude : les NGV

Les trois car-ferries à grande vitesse exploités par la Compagnie en 2001 mis à disposition pour notre étude sont des monocoques appelés Navires à Grande Vitesse (NGV). Leurs caractéristiques particulières font l'objet du présent chapitre.

1.2.2.1 Les NGV Asco et NGV Aliso

Les *NGV Asco* et *NGV Aliso* (Figure 22 et Figure 23) sont des navires du type « Corsaire 11 000 » mis en service en 1996. Leur longueur (Tableau 2), leur forme de coque en V profond, et leur système de stabilisation permettent d'affronter les houles de la zone de navigation. Ces deux navires sont exploités sur les lignes Nice-Calvi, Nice-Ile-Rousse, Nice-Ajaccio, Nice-Bastia et Bastia-Livourne de début avril à début novembre.



Figure 22 : NGV Aliso à grande vitesse (SNCM).



Figure 23 : NGV Asco dans le port de Nice (SNCM).

Tableau 2 : Caractéristiques principales du NGV Asco et du NGV Aliso (type Corsaire 11 000).

| | | | |
|--------------------|----------|---|-----|
| Longueur HT | 102 m | Hauteur maximale théorique de la houle | 4 m |
| Largeur | 15 m | Hauteur maximale pratique de la houle | 3 m |
| Vitesse | 36 nœuds | | |

1.2.2.2 Le NGV Liamone

Le NGV *Liamone* (Figure 24) est un monocoque « Corsaire 13 000 » semblable à ses précurseurs mais qui s'en détache par des mensurations et capacités à affronter des hauteurs de houle supérieures (Tableau 3). Mis en service en 2000, ce navire est exploité sur les lignes Nice-Ajaccio, Nice-Bastia, Nice-Propriano et Propriano-Toulon d'avril à décembre.



Figure 24 : NGV Liamone à grande vitesse (SNCM).

Tableau 3 : Caractéristiques principales du NGV Liamone (type Corsaire 13 000).

| | | | |
|--------------------|----------|--------------------------------|-----|
| Longueur HT | 134 m | H. houle théorique maxi | 4 m |
| Largeur | 19,80 m | H. houle pratique maxi | 3 m |
| Vitesse | 42 nœuds | | |

NB : pour faciliter la suite de la lecture, les NGV seront parfois nommés par le code que la Compagnie leur a attribué : NGV 1 = NGV ASCO, NGV 2 = NGV ALISO, NGV 3 = NGV LIAMONE.

1.2.2.3 Manœuvrabilité et particularités du système de stabilisation des NGV

A bord des navires traditionnels, les manœuvres en mer doivent se faire avec beaucoup d'anticipation. Un virement trop important engendrerait une forte gîte et aurait des conséquences pour le moins désagréables voire dangereuses pour les passagers. Grâce à leur conception, et notamment au système de stabilisation, les NGV permettent d'effectuer de larges manœuvres d'urgence à grande vitesse sans pour autant nuire à l'assiette du navire, ce qui présente un grand intérêt en matière d'évitement des collisions.

La stabilisation est constituée d'une série d'appendices mobiles gérés par un ordinateur embarqué. Très évolué, cet équipement est aussi très fragile. C'est particulièrement vrai pour le T-foil, un appareillage en

forme de T renversé capable de pivoter sur plusieurs axes (Figure 25) et situé à l'avant du navire, qui est directement exposé aux collisions, que le protagoniste soit une baleine ou bien un gros objet dérivant (containeur, embarcation abandonnée, bétail mort, billot de bois, etc.). C'est sa cassure et le fait qu'il soit venu frapper contre la coque qui sont responsables des voies d'eaux occasionnées lors des collisions de 1998 et 1999 (cf. Introduction, p. 1). Le T-foil fait l'objet de recherches constantes pour limiter ces risques.



Figure 25 : Le T-foil est l'un des appendices de stabilisation des NGV de la SNCM. Lors d'une collision à 40 nœuds avec une baleine, l'animal comme la coque du navire subissent les dégâts liés à la rupture de cet équipement. Photo F. Capoulade.

1.2.2.4 Passerelle et visibilité

La passerelle des NGV, depuis laquelle nous avons effectué nos observations, est composée de divers éléments qu'il y lieu de détailler compte tenu de leurs répercussions ergonomiques sur notre travail :

- Deux postes de commandes déportés sur les ailes tribord et bâbord, destinés aux manœuvres portuaires.
 - Une à deux armoires en arrière de la passerelle comprenant les appareils de surveillance vidéo, certaines alarmes, les appareils météo et de communication.
 - Trois pupitres principaux situés au centre de la passerelle (Figure 26 et Figure 27) :
- Deux pupitres « veille et conduite » (V&C) où prennent place les officiers de quart. Ces pupitres rassemblent les commandes de navigation, de la VHF et des appareils de veille (radars, NVS) et sont situés sur le centre bâbord et tribord de la passerelle.
 - Un pupitre « technique » (T) comprenant les commandes de la production électrique, d'embrayage des moteurs, les systèmes d'alarme incendie et les écrans de contrôle des machines. Il est situé à l'extrémité tribord du centre de la passerelle. Le Chef Mécanicien ou un autre officier prennent parfois place à ce pupitre mais de manière rare et brève, si bien que la personne embarquée pour l'étude a quasiment toujours veillé depuis ce poste.



Figure 26 : Schéma du centre de la passerelle des NGV.



Figure 27 : Les trois pupitres principaux de la passerelle du NGV Liamone. De gauche à droite : veille et conduite (2 pupitres) et technique (1 pupitre). La personne embarquée pour l'étude prenait place face à ce dernier.

1.2.2.5 Réglementation spécifique aux NGV

Compte tenu de leurs caractéristiques, les NGV sont soumis à une réglementation particulière (code HSS²², Maritime and Coastguard Agency, 2000). Deux de ces règles présentent une importance majeure pour la détectabilité :

- Deux officiers doivent effectuer une veille très soutenue durant toute la traversée,
- Des équipements de vision de nuit peuvent être rendus obligatoires par les autorités quand cela est justifié par les conditions d'exploitation. Aucune condition opérationnelle ou standard de performances n'est spécifiée dans le code. Cependant, selon les performances requises par les autorités maritimes de Hong Kong pour les systèmes de vision de nuit, lorsqu'un objet est détecté, il faut un temps de réflexion de 10 secondes pour pouvoir manœuvrer tout à droite ou tout à gauche et passer à 20 m de l'objet (*in* Capoulade, 2001b). On peut ainsi calculer une distance minimale de détection d'un objet dangereux qui est fonction de la vitesse et du rayon de giration. Ce qui donne :

- | | |
|-------------------------|---------|
| ▪ NGV Liamone | : 347 m |
| ▪ NGV Asco et NGV Aliso | : 298 m |

A noter que les normes européennes (Iso/Imo) indiquent qu'une boîte qui est immergée d'au moins 50 %, de 1,5 mètre de long et de 0,5 mètre de haut doit être détectée au moins à 600 mètres, indépendamment de la performance du bateau (*in* Capoulade, 2001b).

Deux types d'équipement de vision de nuit sont disponibles, l'un basé sur l'intensification de lumière ou d'image et l'autre basé sur la technique de l'infrarouge.

En outre, les NGV connaissent des impératifs de réduction de vitesse à proximité des côtes ou à l'approche d'un port. L'Arrêté préfectoral 23/1998 stipule que ces navires ne doivent pas naviguer à plus de 25 nœuds à moins d'un mille nautique de la côte. De manière générale, ils atteignent leur vitesse de croisière à 3 milles nautiques de la côte (Cdt Capoulade, com. pers.).

²² High Speed Ship.

1.3 Méthodologies appliquées

La présente partie décrit les techniques appliquées et les lignes de navigation empruntées pour ce travail.

1.3.1 Le transect de ligne

1.3.1.1 Description de la technique

La technique du « transect de ligne » (Buckland et coll., 1993) est aujourd'hui l'outil standard appliqué par la majorité des cétologues dans le domaine des estimations d'abondance spatio-temporelle ou de densité à grande échelle. Le principe général de la méthode s'avérait totalement adapté à l'étude puisque la plate-forme doit suivre à vitesse constante un cap donné, pendant que l'observation des animaux est assurée de façon continue vers l'avant. La technique répondait parfaitement aux besoins de notre expérience puisqu'il s'agissait d'étudier la façon dont les cétacés sont repérés afin de limiter les risques de collision ; c'est donc bien sur l'axe de la route et ses abords immédiats que l'attention devait être maximale.

Pour être méthodologiquement valide, la collecte des données doit, bien entendu, se faire par bonne visibilité (de jour et en l'absence de brume). L'état de la mer (très souvent lié à la force du vent), est aussi un facteur important puisqu'il est source de perturbations visuelles diminuant le rapport signal / bruit (§ 1.3.1.2.b). Au-delà d'une mer de force 3 Beaufort²³, le bruit ambiant²⁴ devient tel qu'une trop grande quantité d'animaux n'est pas repérée. Gunnlaugsson et Siurjonsson (1990) ont cependant montré que le transect de ligne pouvait être appliqué jusqu'à une mer de 4 Beaufort, mais uniquement pour la détection des grands cétacés.

Dans le rapport préliminaire, Beaubrun et David (2000) avaient déjà montré que cette technique était adaptée aux NGV, dans des limites qu'il restait à tester. Pour ce faire, et l'objectif n'étant pas d'évaluer des densités d'animaux, nous choisirons comme unité d'analyse des abondances relatives.

1.3.1.2 La détectabilité des cétacés : un aspect particulier à bord des NGV

La détection des cétacés par un observateur situé sur une plate-forme tient à la réception d'un signal visuel émis par la source au sein d'un environnement. Notion complexe et de grande importance dans le cadre de cette étude, la détectabilité est influencée par une multitude de facteurs (Clarke, 1982) comme le comportement et la taille des cétacés observés mais encore l'équipement et les capacités des observateurs, le type et la propulsion de la plate-forme, et les différents facteurs environnementaux que nous allons voir.

a. La détectabilité de l'objet

Lors d'une prospection visuelle, le signal visuel recherché peut avoir pour source le cétacé lui-même ou bien une perturbation induite dans le milieu dans lequel il évolue (remous, éclaboussures ou souffle par exemple). Cette source, d'intensité et de taille variable, peut changer selon l'éclairement de l'objet (qui dépend lui-même de son orientation), selon sa capacité à réfléchir la lumière et selon la luminosité ambiante (Gannier, 1995). D'autre part, un signal peut être plus ou moins important suivant la surface de l'objet qui l'a induit (nageoire dorsale de dauphin ou dos de baleine). La taille des groupes de cétacés et l'activité des animaux ont beaucoup d'influence, elles-mêmes soumises à des fluctuations saisonnières. Enfin, la durée du signal émis peut-être variable et influencer largement la détectabilité (un groupe de dauphins indolents en surface ne se repérera pas de la même façon que le passage furtif d'un individu en route). L'ensemble de ces paramètres définit la capacité qu'un cétacé a d'être détecté.

Bien que la taille du cétacé ait une importance majeure, deux espèces aux mensurations semblables n'ont pas forcément la même détectabilité : deux grands cétacés tels le Rorqual commun et le Cachalot ne se repéreront pas de la même façon en raison de leur cycle sonde-respiration et de leur comportement en surface très différents. De même, la détectabilité est fortement affectée par l'activité du moment : une baleine s'alimentant souffle beaucoup plus puissamment et fréquemment qu'un animal au repos. Ainsi,

²³ 3 Beaufort = houle de 0,5 à 1,2 m, le stade supérieur étant l'apparition des premiers moutons.

²⁴ Signal visuel plus ou moins soutenu émis par le milieu et susceptible de limiter la détectabilité des objets recherchés.

Gannier (1995) estime que l' « on peut imaginer que chaque espèce se caractérise par un ensemble de détectabilités dépendant de son comportement, mais il n'est pas certain que l'on puisse affecter à chacune d'entre elles une détectabilité moyenne ». Nous apporterons cependant au cours de ce mémoire des éléments de définition de la détectabilité des grands cétacés depuis les passerelles des NGV.

b. Les performances de l'observateur

Au travers de leurs expériences, Pirenne et Crouzy (1970) ont révélé que l'œil humain ne pouvait distinguer un détail inférieur à 0,01 degré d'angle visuel. La sensibilité de ce capteur optique qu'est l'œil permet de calculer des distances maximales théoriques de détection :

- 1,7 km pour un aileron de dauphin (0,3 m exposés)
- 29 km pour un souffle énergétique de Rorqual commun (5 m)
- 34 km pour le dos d'une baleine (6 m exposés)

L'objectif d'un observateur efficace est de réussir à extraire (ou capter) les signaux utiles du « bruit ambiant » par le biais d'une certaine acuité visuelle (notion de rapport signal/bruit : $\bar{\sigma} = L/B$). Le bruit ambiant implique une perte d'attention car il multiplie l'incitation à regarder divers types de signaux. Il perturbe ainsi la concentration de l'observateur qui, pour être efficace, doit présenter de bonnes capacités à se détacher de ces perturbations.

Sauf dégénérescence particulière, l'acuité visuelle d'un observateur peut-être considérée comme fixe. Par contre, sa capacité à fonctionner avec un rapport signal/bruit dépend de plusieurs paramètres : elle peut s'améliorer avec la pratique et se dégrader avec la fatigue. L'entraînement à la détection des cétacés permet d'exercer son cerveau à la vision d'un nombre limité de signaux typiques (ailerons, souffles, élaboussures...). De ce fait, l'apprentissage se traduira par des performances de détection bien supérieures pour un observateur entraîné par rapport à un observateur novice. Gannier (2001), remarque ainsi que, en pratique et pour un observateur entraîné, il est possible de détecter à l'œil nu un souffle de baleine à 4 km.

c. Facteurs liés à la plate-forme

Des facteurs influençant la détectabilité (et donc la prévention des collisions) et liés à la plate-forme existent au nombre de trois :

L'ergonomie

L'ergonomie d'une plate-forme peut ne pas être adaptée à une bonne détectabilité. Ainsi, si le pont avant d'un voilier (sans foc) n'offre aucun élément pouvant gêner la visibilité, la passerelle d'un ferry, par contre, peut présenter des montants de sabords plus ou moins larges. Ces éléments, qui ne cachent qu'une faible surface d'eau à proximité du bateau, occultent en revanche de nombreux kilomètres carrés dès que l'on cherche à regarder au loin. De même, un pont très en avant de l'étrave ou / et une passerelle très en arrière du pont avant peuvent avoir des conséquences néfastes sur la possible détection de cétacés proches du bateau. La position du veilleur et l'éclairage sont également des éléments à prendre en compte car ils peuvent influencer sur la fatigue et donc l'aptitude à rester concentré. L'ensemble de ces éléments présente une importance capitale dans la lutte anti-collision. L'impact de l'ergonomie sur les détections sera étudié au cours de ce mémoire.

La hauteur des yeux de l'observateur

Etant donné la courbure de la terre, on établit que la distance de **l'horizon théorique visible** (r_{th} , point le plus loin visible) dépend uniquement de la hauteur des yeux de l'observateur au dessus du niveau de la mer (H : hauteur de la passerelle et h : hauteur des yeux de l'observateur) et se calcule selon la formule suivante : $r_{th} = \sqrt{2R(H+h)}$ avec R , rayon de la terre $\approx 6\,370$ km. Ainsi, à bord des 3 NGV utilisés, l'horizon théorique est le suivant :

- | | | |
|------------------|--|---------------------|
| • NGV 1 et NGV 2 | : 7,3 milles nautiques ($H = 12,5$ m) | } avec $h = 1,70$ m |
| • NGV 3 | : 8,5 milles nautiques ($H = 18$ m) | |

La vitesse

Facteur d'importance principale au vu de notre problématique, la vitesse de la plate-forme est souvent incriminée dans les collisions (cf. introduction, p. 4).

Si une vitesse faible risque de biaiser positivement une estimation d'abondance par comptages multiples (Gannier, 1995), elle serait pourtant fort utile pour une bonne détectabilité à but de lutte anti-collision. *A contrario*, une vitesse trop élevée impliquerait un risque de manquer visuellement des animaux sur la route de la plate-forme et donc un plus grand risque de collision. Cette baisse de détection sera d'autant plus grande que l'animal sonde longtemps et respire peu de temps comme le démontre Hiby (1992).

D'autres implications pratiques découlent de la vitesse comme le taux de renouvellement de surface et la pression d'observation :

- **Le taux de renouvellement de surface** dépend, en plus de la vitesse, d'un paramètre déjà évoqué : l'horizon théorique. Ce taux représente la superficie nouvelle que les observateurs découvrent par unité de temps : $S' \text{ (km}^2\text{.min}^{-1}) = V\text{(km.min}^{-1}) \cdot 2r_{th}\text{(km)}$
 - ✓ $S' = 29,9 \text{ km}^2\text{.min}^{-1}$ à bord les NGV 1 et 2
 - ✓ $S' = 39,1 \text{ km}^2\text{.mn}^{-1}$ à bord du NGV 3

L'une des caractéristiques des NGV est d'offrir un taux de renouvellement de surface particulièrement élevé. A titre d'exemple, nous pouvons citer l'un des résultats de l'étude expérimentale sur la détectabilité à bord des NGV de la SNCM (Beaubrun et David, 2000), qui a montré que la superficie nouvelle à contrôler chaque minute est quasiment 10 fois supérieure à celle d'un voilier (bateau évoluant à 8 nœuds et sur lequel les yeux des observateurs se trouvaient à une hauteur de trois mètres).

Plus ce taux de renouvellement est fort, plus il faut d'observateurs à poste pour maintenir l'efficacité de la surveillance, ou plus l'angle d'observation doit être réduit.

- **La pression d'observation**, fait intervenir le taux de renouvellement de surface et le nombre d'observateurs. Utilisée pour des comparaisons, elle s'exprime en observateur par km² par min : $p_0 = n/S'$
 - ✓ NGV 1 et 2 : $p_0 = 0,10 \text{ observateur.km}^{-2}\text{.min}^{-1}$ pour 3 observateurs
 $p_0 = 0,07 \text{ observateur.km}^{-2}\text{.min}^{-1}$ pour 2 observateurs
 - ✓ NGV 3 : $p_0 = 0,08 \text{ observateur.km}^{-2}\text{.min}^{-1}$ pour 3 observateurs
 $p_0 = 0,05 \text{ observateur.km}^{-2}\text{.min}^{-1}$ pour 2 observateurs

1.3.2 Période choisie pour l'étude

Nous remercions la SNCM qui a ouvert à notre étude les passerelles de ses trois NGV pendant toute une saison d'exploitation. Un observateur a pu embarquer du 9 avril 2001 au 3 janvier 2002 à raison de deux traversées par jour (un aller et un retour), de cinq jours par semaine et d'une semaine sur deux en moyenne (échantillonnage minimum de cinq rotations par période), totalisant 215 traversées en observation (soit environ 25 000 milles nautiques et 500 heures d'observation). La saison d'étude présente le double avantage d'un suivi continu de type « monitoring » sur les trois quarts d'une année et d'une prospection hivernale, souvent difficile dans la zone quand la majorité des campagnes se déroulent à bord de voiliers.

1.3.3 Les axes suivis

La Figure 28 présente la période d'exploitation des NGV durant la saison 2001 (couleurs) et notre présence à bord (trame). Nous n'avons plus embarqué à bord du NGV 1 à partir du 16 juin étant donné son affectation à la ligne Bastia-Livourne, à l'extérieur de notre zone d'étude.



Figure 28 : Périodes d'exploitation des trois NGV durant la saison 2001 (couleur) et présence du scientifique à bord (trame).

La Figure 29 présente les principaux axes exploités par les NGV de la SNCM en 2001. Notre choix s'est porté sur les NGV au départ de Nice (départs les plus fréquents) avec trois destinations corses différentes, dans le but d'étudier les possibilités d'un travail préliminaire de monitoring. Nos prospections étaient ensuite fonction des disponibilités des NGV et des impératifs de la Compagnie.

- **AXE 1 : Nice-Bastia.** Il s'agit de l'axe le plus à l'est, couvert par les 3 NGV.
- **AXE 2 : Nice-Balagne** (Calvi ou Île-Rousse, considérés comme un seul et même axe compte tenu de la faible distance qui sépare ces deux villes : 9 MN, soit 5° d'écart entre les deux axes sur environ 100 MN). Il s'agit de l'axe central, couvert par les 3 NGV.
- **AXE 3 : Nice-Ajaccio** (couvert par les 3 NGV) ou **Nice-Propriano** (couvert par le NGV 3). Deux routes étaient indifféremment empruntées pour cette traversée mais leur faible ouverture (10° sur environ 100 MN) fait qu'elles seront traitées comme une seule et même radiale.

Pour les besoins des conditions d'exploitation, un quatrième axe (**AXE 4 : Toulon-Propriano**) a été exceptionnellement parcouru.

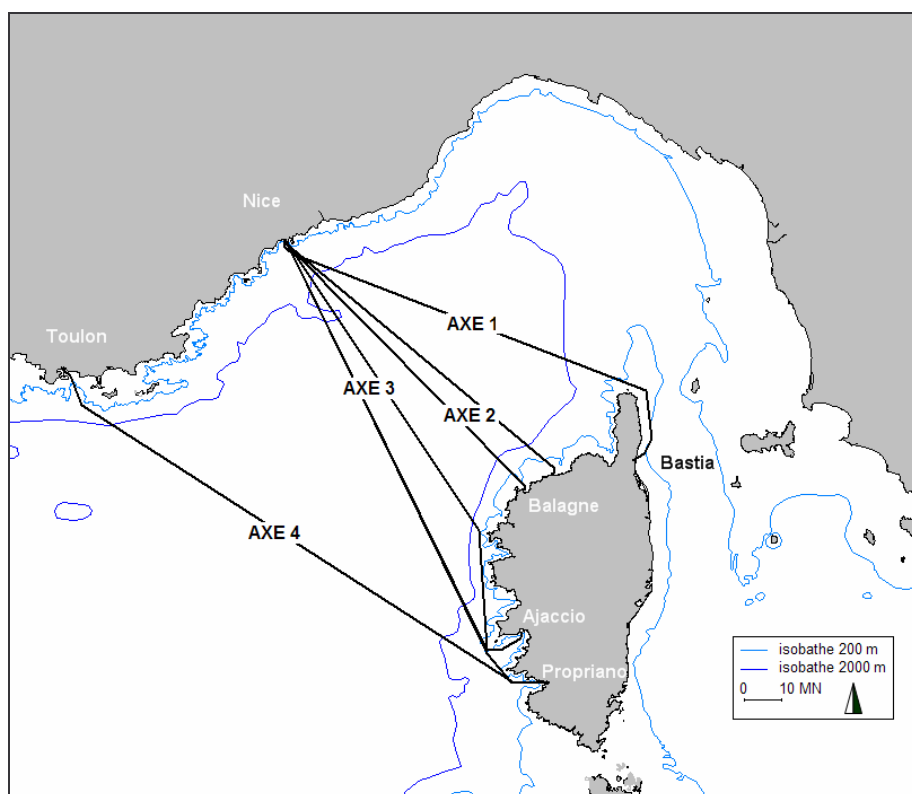


Figure 29 : Parmi les axes empruntés par les NGV de la SNCM durant la période de notre étude, nous avons retenu les traversées au départ de Nice et, exceptionnellement, au départ de Toulon.

1.3.4 Techniques de recueil des données

1.3.4.1 Observations à bord de jour

Les observations de jour se faisaient selon la technique du transect de ligne décrite § 1.3.1. Ce paragraphe a pour objet de définir les modalités du travail de jour en six points.

a. Matériels

La prise de note se faisait rarement par le biais d'un bloc note, plus souvent au moyen d'un lecteur/enregistreur numérique de type « minidisk » équipé d'un microphone cravate. Voici une liste d'avantages et d'inconvénients constatés par l'utilisation d'un tel procédé :

Avantages :

- Permet de ne pas quitter la mer des yeux lors d'une observation et d'enregistrer tout en tenant les jumelles. En effet, compte tenu du taux de recouvrement très important à bord des NGV, il est arrivé que des observations aient été manquées par la personne chargée de l'étude pour quelques secondes de non veille (alors qu'elle était entrain de noter par écrit une observation qui venait d'être faite, les rares fois où il a été utilisé un cahier).
- Grande capacité de stockage sur un seul support : jusqu'à 150 mn en mode « mono » (plus avantageux qu'un dictaphone à cassettes magnétiques).
- Support inaltérable (contrairement à un support analogique).
- Facilite la saisie des données par la suite : l'écoute permet de ne pas avoir à passer d'un support visuel (calepin) à l'autre (écran).

Inconvénients et solutions :

- Enregistrement sensible aux Hautes Fréquences des Talkies-walkies utilisés à bord. Nécessité de répéter les phrases à deux reprises pour ne pas perdre de données, facilitant au passage la saisie des données par la suite.
- Consommation électrique élevée. Possibilité d'utiliser des accumulateurs rechargeables et de brancher l'appareil en passerelle.
- Dépendance en cas de panne. Le calepin doit alors prendre le relais.

A la passerelle et durant notre travail, trois observateurs étaient en permanence en poste :

- Les deux officiers de quart qui assuraient leurs tâches habituelles.
- Le scientifique, spécialement dévolu à la tâche de détection des grands cétacés.

Le jeu de données ainsi obtenu a permis de comparer et d'estimer les limites et la complémentarité de ces deux façons d'observer : observations des officiers et observations du scientifique, également définies par les termes « catégories » ou « équipes » au sein de ce rapport.

L'observateur scientifique, sauf quelques rares cas, a été le même sur tous les trajets, quasiment toujours en vigie sur le siège du pupitre technique (§ 1.2.2.4). Son attention était focalisée sur le repérage des grands cétacés sur la trajectoire du navire. La mer était scrupuleusement observée, suivant les impératifs du transect de ligne. Toute interruption dans la veille continue était systématiquement notée, afin de pouvoir différencier les données recueillies en transect proprement dit de celles récoltées de façon aléatoire.

Outre l'enregistreur numérique, l'observateur avait à disposition une paire de jumelles à grossissement 7X50, un rapporteur portable et les compas de relèvement du bord, les GPS et la station météo du bord.

b. Éléments recensés

A chaque observation de cétacé étaient notés :

- L'heure (temps local) et la position du navire (notées au GPS).
- L'auteur (officiers ou scientifique) de la détection initiale. De cette notion découle le fait que chaque détection a été attribuée à l'une ou l'autre des deux équipes (pas de détection simultanée).
- L'espèce, l'effectif et, le cas échéant, le cap suivi par les animaux.
- Le gisement (angle relatif à l'axe du navire) des animaux (relevé au compas ou estimé) par classe de 10° .²⁵
- La distance des animaux par rapport au bateau (estimée par consensus entre les trois observateurs, régulièrement entraînés à évaluer les distances dans le cadre de leur profession respective).
- Le signal visuel ayant permis la détection (nageoire dorsale, nageoire caudale, dos, saut, souffle, remous, éclaboussure).
- Les éventuelles manœuvres d'évitement des cétacés.
- Quelques indications, lorsque cela était possible, sur le comportement des animaux.

En outre, toutes les demi-heures et/ou lors de chaque appareillage, accostage, changements de cap, et changement notable de météo, étaient notés :

- L'heure et la position du navire,
- la vitesse du navire,
- l'état de la mer (échelle Beaufort).

c. Définition des données « en transect »

Au sein du jeu de données récolté sur le terrain par nos soins de jour, seules les observations « en transect » (dont les conditions de récolte correspondent aux exigences de la méthode) ont été conservées pour les différents calculs. Aux paramètres « état de la mer » et « visibilité », habituellement pris en compte dans la définition des données « en transect », nous avons rajouté un paramètre lié aux « routes » empruntées par les NGV.

Paramètre « état de la mer »

Si la littérature mentionne la possibilité de conserver les observations obtenues par force 4 Beaufort pour les grands cétacés à bord de navires traditionnels (§ 1.3.1.1), aucune publication ne traite du cas d'un NGV navigant à 40 nœuds (rappelons combien la vitesse influence la détectabilité, § 1.3.1.2). Dans notre cas, conserver le jeu de données acquis par force 4 impliquait donc sa comparaison statistique avec le jeu de données obtenu par force inférieure. Le Tableau 4 présente les indices d'abondance relative de Rorquals communs²⁶ que nous avons relevés pour chacune des deux conditions météorologiques établies.

Tableau 4 : Indices d'abondance relative de Rorquals communs calculés pour deux conditions météorologiques différentes : Beaufort ≤ 3 et Beaufort = 4.

| | |
|-------------------|-------------------------------|
| Beaufort ≤ 3 | 0,92 ind.100 MN ⁻¹ |
| Beaufort = 4 | 1,30 ind.100 MN ⁻¹ |

Le calcul semble indiquer que le jeu de données par force 4 peut être conservé puisqu'il offre un indice d'abondance supérieur aux conditions de mer plus calmes (0,30 contre 0,92 ind.100 MN⁻¹). Toutefois, à ce stade, ce n'est qu'une hypothèse qu'il s'agit maintenant de tester. Mais calculer des écarts-types et tester statistiquement l'hypothèse est impossible avec ces deux seuls indices. Le contournement de ce problème passe par un calcul en trois étapes :

²⁵ Plusieurs traitements feront appel à un regroupement des gisements par classe de 20° afin d'augmenter les effectifs dans chaque classe et ainsi mieux faire ressortir certains éléments (§ 2.4.2).

²⁶ Nous verrons § 2.1 que les Rorquals communs seront utilisés comme base de calcul étant donné qu'ils représentent la très large majorité de nos observations de grands cétacés.

- 1- le calcul d'indices d'abondance par force 3 puis 4, traversée par traversée,
- 2- le calcul de la moyenne de ces indices pour chacune des deux conditions météo établies (Tableau 5),
- 3- l'application d'un test statistique (Mann-Whitney) sur les deux nouveaux chiffres obtenus. Soulignons que ces chiffres n'ont plus valeur d'indices d'abondance (il s'agit de moyennes de moyennes) mais peuvent être testés statistiquement pour juger de la proximité supposée.

Tableau 5 : Comparaison des moyennes des indices d'abondance relative de rorquals observés par force 3 et 4 Beaufort, dans le but de tester statistiquement l'hypothèse de la détectabilité correcte des grands cétacés jusqu'à force 4 Beaufort depuis la passerelle des NGV.

| | FORCE 3 | FORCE 4 |
|-------------------------------|---------|---------|
| Moy. des indices d'ab. | 0,835 | 1,163 |
| n | 163 | 87 |
| s | 2,094 | 3,226 |

Le test de Mann-Whitney indique que la différence entre les deux moyennes n'est pas significative ($P=0,64$), confirmant la possibilité de préserver les données recueillies par force 4.

Notons en outre que la prédominance de vents de force 4 en été (période de forte abondance de Rorquals) aurait pu biaiser positivement notre indice par force 4. L'analyse de la Figure 30 montre que ce n'est pas le cas puisque la force de la mer a été répartie de façon homogène au cours de l'étude : quel que soit le mois considéré, les forces ≤ 3 sont toujours plus fréquentes que les forces 4 (moyenne de 77 % sur la totalité de l'étude, minimum 62 %, maximum 86 %).

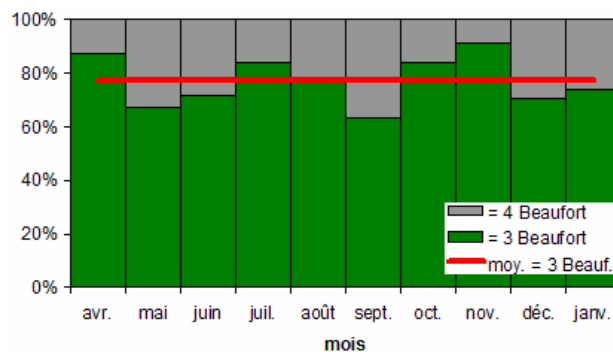


Figure 30 : Distribution des forces Beaufort de la mer au cours des mois. Les pourcentages sont calculés sur la base des distances effectuées avec effort d'observation. La ligne rouge correspond à la moyenne des traversés en transect par force ≤ 3 Beaufort, l'histogramme vert correspond au pourcentage de traversés par force ≤ 3 et l'histogramme gris au pourcentage de traversés par force 4.

Ces traitements nous permettent de valider la possibilité d'étendre notre jeu de données « en transect » aux observations de grands cétacés réalisées par force 4.

Paramètre « visibilité »

Concernant la visibilité, et conformément à la méthode, nous avons choisi de ne conserver que les observations réalisées en très bonnes conditions de visibilité (≥ 7 sur une échelle allant de 0 à 8, soit une visibilité minimale de 10 km).

Paramètre « routes »

Enfin, nous avons supprimé les observations situées à l'extérieur d'une enveloppe définie pour une raison réglementaire spécifique aux NGV et évoquée § 1.2.2.5 : à proximité de la côte, le code HSC fixe une limitation de vitesse, zone dans laquelle les conditions d'exploitation imposent par ailleurs des variations d'allure et de cap. Ce manque d'homogénéité et notre choix protocolaire de traiter des observations faites à grande vitesse (> 25 nœuds, § 1.2.1.1) ont imposé la suppression des données relevées dans ces secteurs. Les zones restantes sont définies en tant que portions utiles, compatibles avec nos objectifs (Tableau 6).

Tableau 6 : Limites et longueur des portions utiles établies.

| Axe | Position de départ | Position d'arrivée | Longueur |
|-----|--------------------|--------------------|----------|
| 1 | 41°41' N - 7°17' E | 43°03' N - 9°24' E | 100 MN |
| 2 | 41°41' N - 7°17' E | 42°37' N - 8°49' E | 95 MN |
| 3 | 41°41' N - 7°17' E | 41°49' N - 8°32' E | 130 MN |
| 4 | 42°56' N - 6°03' E | 41°49' N - 8°32' E | 140 MN |

Les données « en transect » sont ainsi définies par les observations réalisées au sein des portions utiles, par visibilité ≥ 7 et par mer ≤ 4 Beaufort (Figure 31). A noter cependant que les traitements concernant l'analyse du peuplement (§ 2.1) ne prendront pas en compte les données recueillies au-delà de force 3 afin de considérer petits et grands cétacés dans un ensemble homogène. Dans ce cas, la terminologie « en transect » sera suivie de la précision « par mer ≤ 3 Beaufort ».

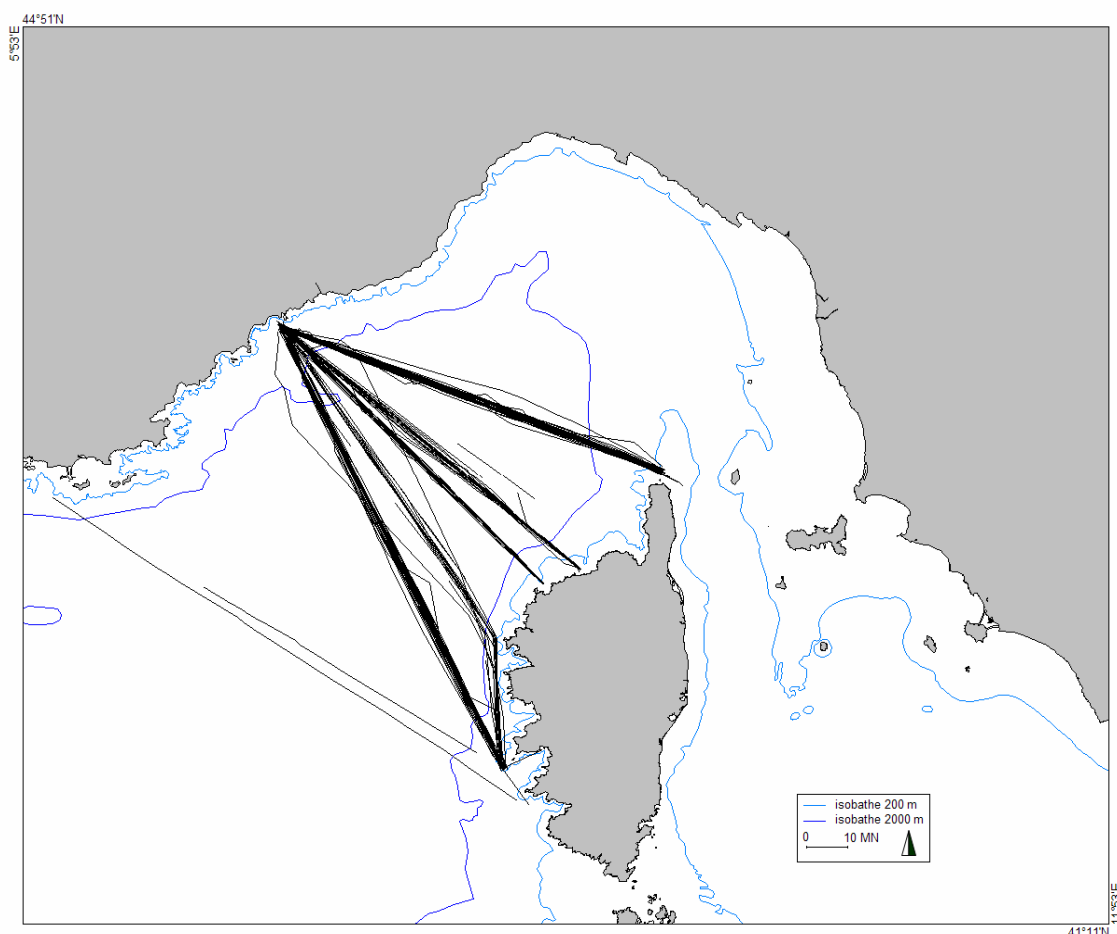


Figure 31 : Routes effectuées avec effort d'observation, de jour, par force ≤ 4 Beaufort et par visibilité ≥ 7 et au sein des portions utiles = jeu de données « en transect ».

d. Définition des données « aléatoires »

Un second jeu de données a également été exploité. Il s'agit de données « **aléatoires** » (en opposition aux données récoltées « **en transect** ») qui rassemblent les observations suivantes :

- Les observations du scientifique lorsque celles-ci ne sont pas couplées à un effort d'observation
- Les observations du scientifique faites à l'extérieur des portions « en transect » précédemment définies
- Les observations consignées par les officiers sur les fiches d'observations (§ 1.3.4.3) lorsque le scientifique n'était pas à bord.

L'utilité de ces données aléatoires réside dans leur capacité à conforter ou infirmer des hypothèses avancées par le biais des calculs impliquant les données « en transect ».

e. Eléments sur le comportement des grands cétacés en réponse au passage des NGV

Nous n'avons entrepris aucun travail d'éthologie à proprement parler puisque l'étude du comportement des cétacés face à l'approche d'un navire demande des impératifs méthodologiques que notre protocole ne pouvait respecter. Cependant, étant donné qu'aucune étude circonstanciée ne rapporte d'éléments sur ce thème, nous avons jugé utile de retranscrire les quelques cas que nous avons pu observer en étant certain qu'ils pouvaient être attribués au passage du navire (§ 2.3.2). Les données utilisées sont généralement des données aléatoires pour lesquelles les animaux ont pu être visuellement suivis.

Les différents comportements constatés en réaction au passage du navire, rassemblés sous la terminologie d'impacts à court terme, ont été répartis en trois classes (selon David, 2002, pour une synthèse) :

- Impacts positifs : l'animal vient vers le bateau
- Indifférence : l'animal continue son activité sans réaction apparente
- Impacts négatifs :
 - ✓ L'animal arrête ou modifie ses activités de surface
 - ✓ L'animal change de cap ou plonge pour fuir la source de perturbation
 - ✓ Les individus d'un groupe se rapprochent
 - ✓ La vitesse de nage augmente
 - ✓ Des accélérations brutales ou des sursauts sont constatés (*startle effect*)

f. Choix d'unité et synthèse de l'effort d'échantillonnage

Un choix entre deux unités d'expression des résultats s'imposait à nous : l'unité de distance ou l'unité de temps. Les deux types de NGV sont de conceptions relativement différentes et la vitesse de croisière du NGV 3 est légèrement supérieure à celle des NGV 1 et 2 (§ 1.2.2). Cette dissimilitude induit un biais qui aurait été renforcé par un choix d'unité de temps. C'est pourquoi, il a paru judicieux d'utiliser le mille nautique (MN) pour l'exploitation de nos données. Cette unité permet également d'envisager les suites de ce travail concernant le monitoring des populations, et notamment la comparaison de nos résultats avec ceux qui seront obtenus dans le cadre de l'élaboration de protocoles de monitoring depuis des navires de transports réguliers et des ULM (programmes Test Navire et ULM Monitoring, en cours de développement par l'EPHE au sein des activités du Sanctuaire Pelagos).

Sur la base de cette unité de distance, le Tableau 7 synthétise notre effort d'échantillonnage depuis les NGV. Les trajets impliquant le port de Toulon ont été mis à part compte tenu de leur caractère exceptionnel²⁷. Par soucis d'homogénéité et pour ne pas biaiser nos résultats, la plupart des traitements de monitoring ne feront pas appel à ces derniers qui auront cependant un rôle essentiel dans l'analyse de la distribution particulière des Rorquals en 2001 (§ 3.1.3.1) et dans les analyses liées à la détectabilité.

Tableau 7 : Distance (en milles nautiques) effectuées avec effort d'observation sur les 3 axes principaux.

| | Distance « en transect » par mer ≤ 3 Beaufort | Distance « en transect » (par mer ≤ 4 Beaufort) | Distance totale avec effort d'observation |
|-------|--|--|--|
| Axe 1 | 4 242 MN | 5 521 MN | 10 140 MN |
| Axe 2 | 2 421 MN | 3 611 MN | 5 900 MN |
| Axe 3 | 3 777 MN | 4 705 MN | 7 840 MN |
| Total | 10 440 MN | 13 837 MN | 23 880 MN |

²⁷ 215 milles nautiques par mer ≤ 4 Beaufort sur 2 traversés au mois de juillet.

Les impératifs techniques et commerciaux sont la source de quelques distorsions dans l'homogénéité des prospections par axe. Ainsi, la distance parcourue « en transect » sur l'axe 1 (5 521 MN) est quasiment deux fois supérieure à celle parcourue sur l'axe 2 (3 611 MN). Gardons cependant à l'esprit que la transversale Nice-Balagne présente la plus courte distance des 3 axes échantillonnés (cf. § 1.3.3). Par ailleurs, l'effort reste conséquent pour chacun des axes (minimum de 3 611 MN pour l'axe 2) ce qui réduit les incidences sur les analyses de monitoring qui, rappelons-le, restent préliminaires dans le cadre de ce travail. Soulignons enfin l'effort d'échantillonnage global important (13 837 MN « en transect ») qui permet d'envisager une bonne représentativité des résultats en matière de détectabilité.

Le lecteur pourra trouver le détail de l'effort d'échantillonnage dans l'annexe 2 qui expose le nombre de fois où chaque axe a été parcouru, la distance effectuée axe par axe et mois par mois ainsi qu'une décomposition de l'effort en « traversées aller » et « traversées retour »

1.3.4.2 Le travail de nuit

Etant donné qu'en pleine saison les NGV de la SNCM effectuent deux rotations par jour entre le continent et la Corse, une partie du dernier trajet retour se fait de nuit (environ deux heures de trajet nocturne, 21 h / minuit). Il s'agit là d'une phase critique pour la navigation puisque la veille des officiers de quart est totalement dépendante des appareils de bord (amplificateur de lumière et radars) pour éviter toute collision (que ce soit avec d'autres navires, avec des cétacés ou encore avec des objets flottants). Dans de telles circonstances, le code HSC impose un équipement de détection nocturne (§ 1.2.2.5). Il existe deux types d'appareils de vision nocturne ou NVS (Night Vision System), l'un basé sur la détection infrarouge et l'autre sur l'amplification de lumière.

Le premier principe exploite les radiations infrarouges par le biais de caméras sensibles aux températures des objets. Il offre la possibilité d'intégrer une alarme qui évite la présence d'un opérateur permanent. Les constructeurs annoncent une sensibilité thermique de 0,03°C (*in* Capoulade, 1999). Une étude sur les radiations thermiques des baleines (« Thermal infrared radiation from free living whales ») a été réalisée en Norvège en 1992 (*in* Capoulade, 1998). Elle fait apparaître que la température entre la surface du corps des baleines et la surface de l'eau varie de 0 à 1°C. La littérature ne mentionne pas ces valeurs pour des mers tempérées comme la Méditerranée mais une expérience indique qu'un appareil infra-rouge binoculaire pourrait permettre d'avoir des applications en matière de détection des cétacés (Baldaccia et coll., 2005). Les auteurs précisent toutefois que l'efficacité de ce dispositif reste largement dépendante de l'état de la mer.

Le second principe se base sur le fait que tous les objets émettent ou reflètent de l'énergie à une certaine fréquence. Une unité d'amplification d'image récupère l'énergie des photons qui se transforment en électrons sur une photocathode. Les électrons sont alors amplifiés de 25 000 à 250 000 fois et passent au travers d'un champ électrostatique avant d'être renvoyés sur un écran (*Revue Speed at Sea* de février 1998, extraits de l'article de David James *Seeing in the dark*, *in* Capoulade, 1998).

Le NVS choisi par la SNCM est basé sur l'amplification de lumière, le second principe. Il s'agit d'un appareil de marque *Vistar*, modèle IM 223 qui se présente sous la forme d'une caméra embarquée située sur un point haut du navire et orientable latéralement sur 360°. Viennent s'y adjoindre des projecteurs infrarouges (« illuminators ») à l'avant du navire ayant pour rôle d'intensifier le signal incident sur une distance de 600 m (Figure 32). Le manuel *Vistar NVS* (1995) préconise leur emploi dès que la caméra est mise en route et que le bateau navigue. Le signal réceptionné par la caméra est converti vers deux écrans monochromes verts, en passerelle, qui permettent de veiller la surface de l'eau même par nuit noire. Chacun de ces écrans peut voir son contraste et sa luminosité réglés indépendamment, et l'un d'entre eux comprend la console de commande de l'appareil : orientation et nettoyage de la caméra et assombrissement de la partie supérieure de l'image. Des graduations en encablures sur ces écrans permettent d'évaluer les distances des observations faites. Une ligne de foi y est représentée et l'angle visible de part et d'autre de cette ligne est de 11° (Figure 33).

D'après le concepteur, ce système permet de détecter des objets de la taille d'un tronc d'arbre de 2 m par 0,3 m de diamètre, à demi immergé et jusqu'à 400 mètres de distance (*Vistar NVS*, 1995).



Figure 32 : Le NVS Vistar IM 223 se compose d'une caméra amplificatrice de lumière (1), de projecteurs infrarouge (2) et d'écrans de veille (3).

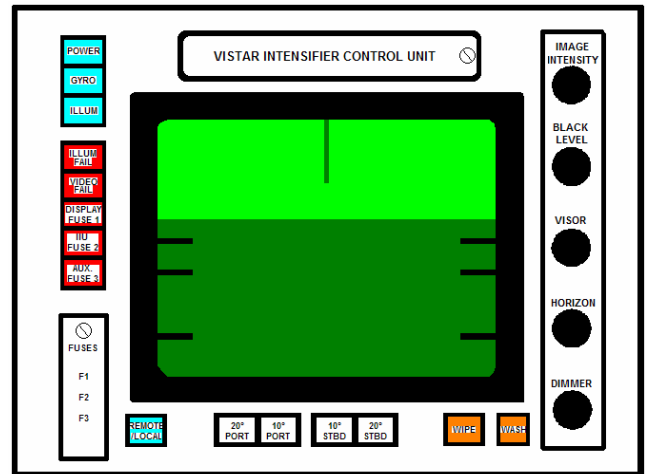


Figure 33 : Schéma de l'écran de veille du NVS couplé à la console de commandes.

Nous avons veillé cet appareil durant la partie nocturne des traversées où il était disponible, soit 420 MN et une douzaine d'heures (Figure 34). Les raisons de ce faible temps d'exploitation sont au nombre de trois. Tout d'abord, rappelons que les NGV ne sont pas réellement exploités sur des traversées nocturnes. Ce n'est qu'en pleine saison que la deuxième rotation de la journée se termine par une à trois heures de navigation nocturne. Ensuite, l'année 2001 correspondait avec l'installation et les essais des NVS à bord. Cette phase expérimentale a engendré de nombreuses poses et déposes du matériel. Pendant de longues périodes, le NVS était donc indisponible ou présentait des défauts de réglages. On peut citer, pour exemple, un phénomène de saturation des écrans souvent rencontré au bout de quelques minutes d'utilisation. Enfin, face à ces réalités et pour assurer un échantillonnage correct, notre protocole privilégiait les observations diurnes.

Durant les périodes de disponibilité de l'appareil, toutes les particularités de réglages et de fonctionnement étaient notées ainsi que les observations faites par ce moyen avec l'heure, la position du bateau et l'état de la mer.

Malgré une veille attentive et permanente, aucun cétacé n'a jamais pu être détecté ni observé à l'aide de cet appareil durant notre étude. On y discerne cependant nettement tous les objets lumineux (bateaux, balises, lumières de la côte) bien avant de les distinguer à l'œil nu (y compris à travers les nuages ou la brume). Le blanc est très amplifié et nous en avons pour preuve la détection de plusieurs goélands en vol et de divers objets blancs dérivants sur l'eau.

Compte-tenu des difficultés techniques rencontrées, l'aspect « détection nocturne » ne sera pas repris dans l'exposé des résultats de ce travail mais nous y reviendrons dans les applications (§ 4.1.4.2).

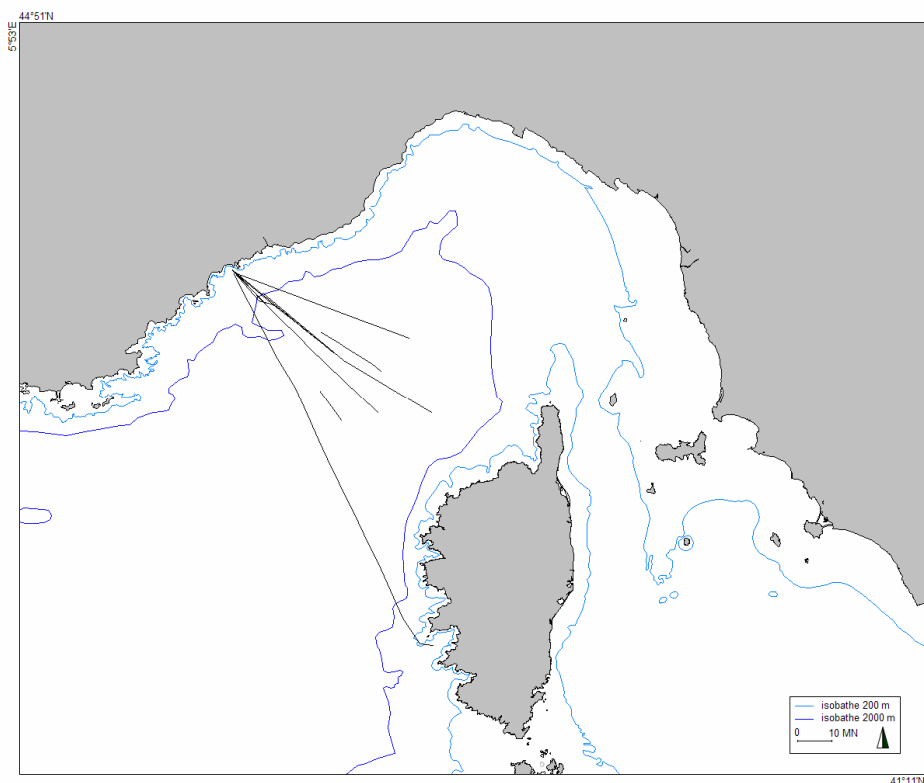


Figure 34 : Routes nocturnes pendant lesquelles le NVS a été veillé. L'effort d'échantillonnage est faible (420 MN) compte-tenu des réglages liés à son installation en 2001.

1.3.4.3 Fiches d'observations du bord

En plus des observations réalisées par le scientifique, une autre source de données a été exploitée : les fiches d'observation de la Commission Internationale pour l'Exploration Scientifique de la mer Méditerranée (présentées en annexe 3) remplies par les officiers lorsque le scientifique n'était pas à bord. Ces fiches complètent notre travail par un apport de données aléatoires et leur exploitation permettra d'analyser la façon dont sont notées les observations des officiers en l'absence du scientifique (§ 2.4.6).

1.3.4.4 Enquête collisions

Pour compléter nos investigations, nous avons entrepris un travail d'enquête avec l'appui du Commandant Capoulade dans le but de recenser les collisions connues de la Compagnie. Un questionnaire (présenté en annexe 4) a été envoyé à chaque Commandant de la compagnie retraité ou en activité. Des résultats obtenus en 2002 (et mis à jour régulièrement depuis), nous avons extrait les cas concernant les NGV (chapitre 2.5).

1.3.5 Éléments pris en compte dans l'étude des impacts de l'ergonomie sur la détectabilité

Compte-tenu de l'influence de la plate-forme sur la détectabilité (§ 1.3.1.2), il était essentiel de se préoccuper des impacts potentiels de l'ergonomie des passerelles de NGV sur la détectabilité des grands cétacés.

Notre travail sur la question a été guidé par une expertise réalisée par Le Bouar et Chauvin (2000) qui propose, en accord avec les normes en vigueur (ISO 8468 et NF X 35-104), une série de mesures ergonomiques. Ces mesures ont pour but d'adapter le travail à l'homme en ajustant l'aménagement des espaces de travail, des interfaces des appareils ou l'organisation du travail aux activités effectuées par les opérateurs. Parmi les points évoqués par les auteurs, certains tiennent un rôle incontestable dans la détectabilité des grands cétacés :

- les couleurs, « qui doivent donner une impression générale de calme, éviter les tons vifs et avoir un facteur de réflexion réduit »,
- le confort, et particulièrement l'éloignement des commandes principales et la profondeur des pupitres,
- et le champ de vision, qui ne doit pas être occulté.

D'autres éléments non développés dans l'expertise susmentionnée mais susceptibles de jouer sur la détectabilité ont été constatés par nos soins. Il s'agit :

- des écrans solaires,
- des essuie-glaces,
- et des alarmes.

Notons que nous allons faire appel maintes fois, dans la suite dans ce rapport, au travail intense fourni par les officiers en passerelle. Une introduction sur ce sujet paraît donc nécessaire car il a été facile de constater à quel point l'emploi du temps des personnes de la passerelle est dense. Toute leur attention est perpétuellement sollicitée et mise à l'épreuve. La liste suivante donne un aperçu des tâches que les officiers de quart doivent accomplir :

- **La navigation.** L'assistance informatique à la navigation, bien que technologiquement avancée, n'est composée que d'un pilote automatique (utilisé par mer calme uniquement) et d'un logiciel de navigation. Naviguer reste donc un travail où seul l'homme doit prendre les bonnes décisions en fonction de pléthore d'éléments extérieurs ou intrinsèques au navire.
- **La veille navigation.** Ce point englobe trois notions :
 - ✓ Une surveillance directe du plan d'eau pour éviter les collisions avec d'autres navires. La vitesse impose une veille intense et permanente, sans commune mesure avec celle effectuée depuis des unités traditionnelles : à 40 nœuds, et face à la densité de la navigation sur zone, les officiers ont peu de temps pour analyser les situations et choisir un cap.
 - ✓ Un réglage et une surveillance des appareils d'aide à la navigation (tels que radars et NVS).
 - ✓ Une analyse des conditions météo présentes et à venir. Les officiers sont parfois contraints de déterminer une route différente des routes théoriques en fonction de la direction, de l'amplitude et de la fréquence des vagues. Ceci implique un choix en amont de l'appareillage, mais aussi pendant le trajet : à partir d'une mer de force 4-5 Beaufort, les officiers sont amenés à négocier les vagues susceptibles d'endommager le navire.
- **La veille sécurité à proximité du navire.** Elle doit permettre de détecter tout gros objet flottant susceptible d'endommager les parties fragiles du navire (§ 1.2.2.3).
- **La gestion des moteurs, des turbines, des appendices de stabilisation ainsi que des ballastes** se négocie depuis la passerelle.
- **La surveillance, l'analyse, le traitement et l'acquittement d'un certain nombre d'alarmes** (système de surveillance technique du navire, appareils de navigation, de radio et de sécurité) se fait également depuis la passerelle.
- De même que **la surveillance et la gestion des passagers, du garage ainsi que la vidéo surveillance** des différents locaux.
- Les officiers sont parfois chargés d'**accompagner des personnels nouvellement affectés aux NGV** (compte tenu des particularités et des complexités de ces unités).
- **Et, enfin, les exercices sécurités** (incendie, évacuation en mer...) qui, une fois par semaine, sollicitent l'attention des officiers pendant environ trois quarts d'heure.

Ici n'ont été recensés que les travaux effectués depuis la passerelle mais soulignons que lorsqu'un officier n'est pas à son poste de quart, c'est qu'il est appelé à assumer d'autres tâches. Ainsi, outre le travail

administratif et pour ne prendre qu'un seul exemple, les escales (accostage, débarquements, embarquements et appareillage) sollicitent l'ensemble des officiers dans une ambiance pour le moins soutenue puisque cette étape ne dure en tout et pour tout qu'une demi-heure en pleine saison !

L'ensemble de ces travaux s'effectue sur une plage horaire allant de 6 h à 23 h (voire minuit) et, la nuit, en escale, un officier reste de quart pour assurer l'ensemble des fonctions de surveillance.

Une étude médicale sur le rythme de travail commandée par la SNCM et effectuée par le Laboratoire de Santé Publique de la faculté de médecine de Marseille et l'Association de recherche sur les troubles de la veille et du sommeil en 1997 (*in* Le Marin, 2001), un rapport sur l'activité des opérateurs à la passerelle du NGV *Aliso* (Ministère de la Défense, 1998) et le nombre de jours accordés au personnel entre deux rotations (embarquement de 4 à 5 jours suivi d'un repos de 8 à 10 jours) attestent de l'intensité du rythme de travail à bord.

1.3.6 Logiciels informatiques et méthodes statistiques utilisées dans le cadre du présent travail

Le traitement des données s'est fait par le biais d'un tableur classique (Excel®). La cartographie a été élaborée depuis le logiciel Karto® développé pour IFREMER (Cadiou, 2004) ou, plus rarement, grâce au logiciel MapInfo®.

Des analyses statistiques ont permis de confirmer ou d'informer certaines corrélations et hypothèses au cours de ce travail :

Un test de Mann-Whitney a été appliqué pour confirmer la proximité entre de deux jeux de données indépendants et non paramétriques relevés par différentes conditions météorologiques (§ 1.3.4.1.c)

Un test du Chi-carré (χ^2) sera utilisé pour confirmer l'association entre la variable « distance du NGV » et la variable « changement de comportement des Rorquals » (§ 2.3.2) et une analyse quantitative complémentaire dite des « Résidus Standardisés » (*in* Eddison, 1999 ; *in* Statistical Consulting Services, 2005) permettra de connaître précisément le seuil de cette association. Elle se base sur un rapport faisant intervenir le nombre d'individus observés (O) et le nombre d'individus « attendus » (A) selon la formule $RS = O - A/\sqrt{A}$. L'analyse est très significative lorsque $RS < -1,96$ ou $> 1,96$.

Enfin, un test de Kolmogorov-Smirnov sera appliqué pour vérifier la normalité de la distribution de deux jeux de données dépendants (gisements des détections de grands cétacés sur tribord et sur bâbord, § 2.2.4.2), en amont d'un test t qui, pour sa part, aura pour objectif de vérifier une différence vraisemblable entre ces deux jeux de données.

2 RÉSULTATS

Au cours de ce chapitre, nos résultats seront présentés en cinq étapes. La première étape définira précisément le peuplement rencontré au cours de l'étude. La seconde consistera en un travail préliminaire sur le thème du monitoring et sera suivie d'une troisième partie qui soulèvera des constats relatifs au comportement des animaux. Nous en viendrons au cœur du sujet dans une quatrième partie intitulée « détectabilité des grands cétacés ». Enfin seront présentés les résultats de l'enquête collisions menées auprès des Commandants.

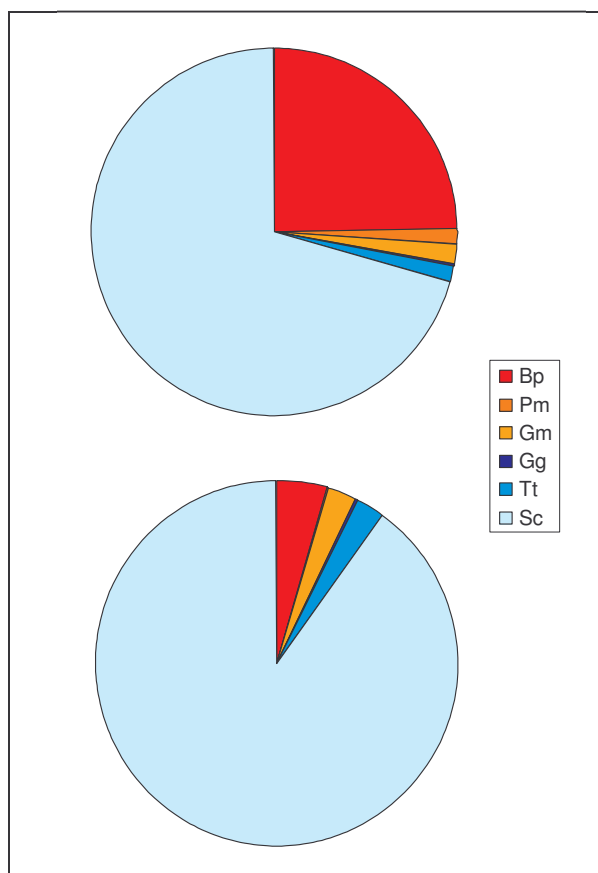
2.1 Peuplement rencontré au cours de l'étude

La présentation du peuplement de cétacés rencontré durant l'étude fait l'objet de cette partie. Les figures réalisées sur la base de données en transect sont issues du jeu de données obtenu par mer ≤ 3 Beaufort.

La Figure 35 indique les proportions relatives des espèces rencontrées pendant l'étude. Le graphique du haut donne le taux de contacts pour chacune des espèces observées, alors que celui du bas renseigne sur le nombre d'individus de ces mêmes espèces.

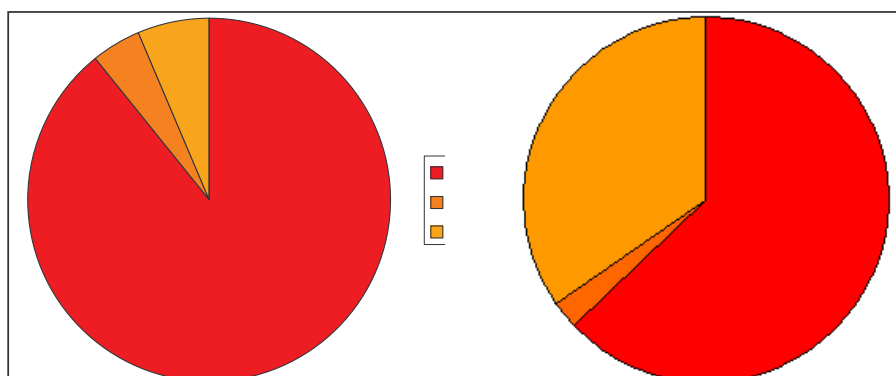
On note une large prédominance de Dauphins bleu et blanc, tant en contacts (71%) qu'en individus vus (91%). La proportion d'individus est cependant nettement supérieure compte tenu des groupes importants formés par ces animaux (nos observations donnent une moyenne de 12,5 individus par groupe, $s=7,1$, $n=233$). Seuls 4 contacts avec des Grands dauphins ont eu lieu pour une moyenne de 8,3 individus par groupe ($s=7,3$). Concernant les Dauphins de Risso, trois groupes (3, 10 et 3 individus) ont été rencontrés. Nous ne nous attarderons pas plus sur ces 3 espèces qui n'entreront dans nos calculs que pour conforter certains points particuliers.

Figure 35 : Espèces rencontrées, proportions de contacts (en haut) et proportions d'individus (en bas). Les tons bleus représentent les petits cétacés alors que les tons rouges sont attribués aux grands cétacés et ceux de tailles moyennes. Bp = Balaenoptera physalus, Pm = Physeter macrocephalus, Gm = Globicephala melas, Gg = Grampus griseus, Tt = Tursiops truncatus, Sc = Stenella coeruleoalba.



Construite selon le même modèle que la figure précédente, la Figure 36 se focalise sur les grands cétacés et ceux de taille moyenne.

Figure 36 : Grands cétacés (BP = Balaenoptera physalus ; Pm = Physeter macrocephalus) et cétacés de taille moyenne (Gm = Globicephala melas) rencontrés durant l'étude. La figure de gauche donne des proportions de contacts et celle de droite des proportions d'individus.



L'analyse de ces graphiques enseigne que :

- Le Globicéphale est peu représenté en tant que contacts (6 %), mais affiche plus du tiers (35 %) de la totalité des individus de grands cétacés ou cétacés de taille moyenne rencontrés.

Les figures suivantes présentent les Globicéphales (et Cachalots) recensés en transect (Figure 37) et par le biais de données aléatoires (Figure 38). Une seule de nos observations concernant cette espèce se situe sur la ligne Bastia (avril, 23 individus) alors que les trois autres observations se situent sur l'axe Nice-Ajaccio (deux fois 9 individus au mois de juin et une fois 14 individus au mois d'août). En ce qui concerne les observations aléatoires, elles font état de 3 contacts supplémentaires : un individu isolé au mois de juillet sur la ligne Nice-Bastia, un groupe de 20 individus sur cette même ligne le mois suivant et un groupe de 15 individus sur une ligne exceptionnelle (Toulon-Propriano), également en août. Ces quelques observations font ressortir une répartition vraisemblablement axée sur la limite entre la plaine et le talus, avec des positions au dessus de grands fonds, sans toutefois être au centre du bassin.

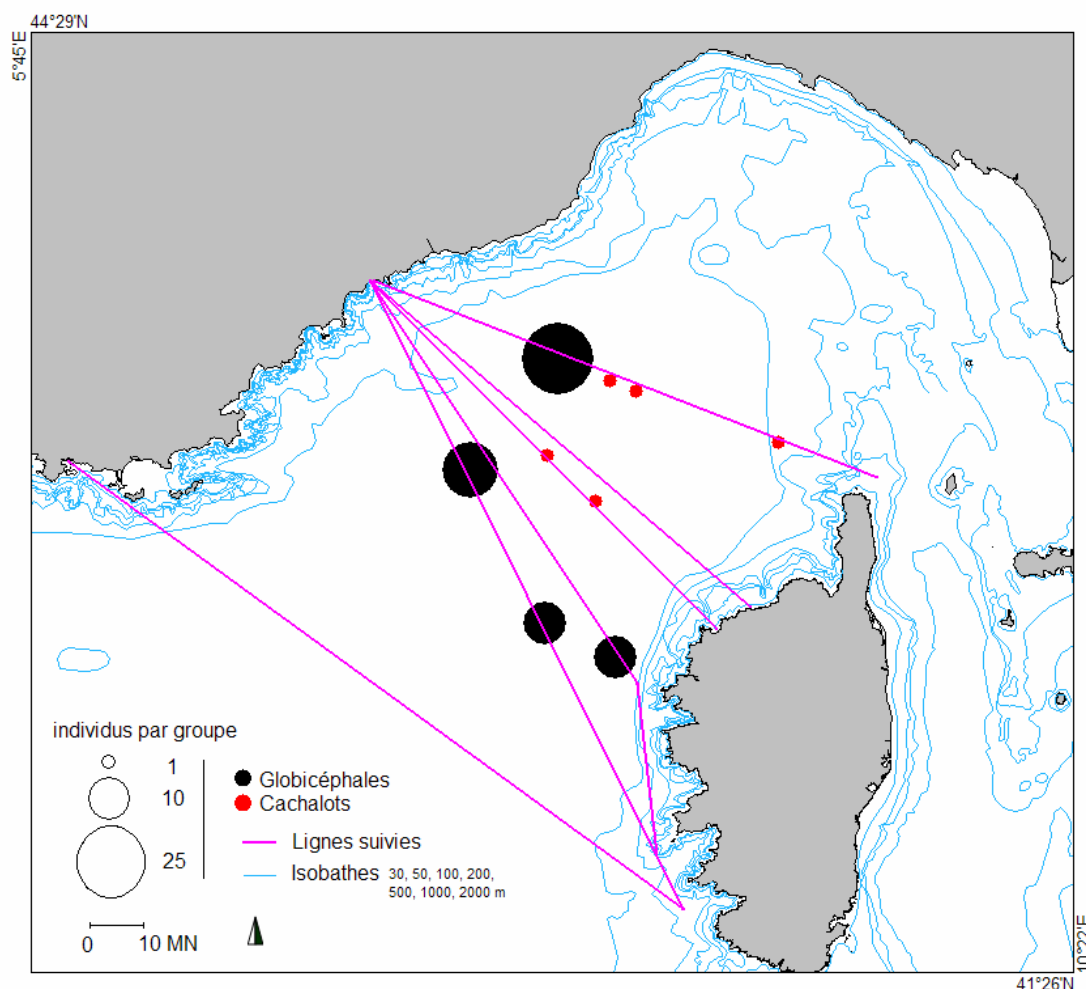


Figure 37 : Cachalots et Globicéphales recensés en transect (mer ≤ 3 Beaufort) et tracés théoriques des axes parcourus.

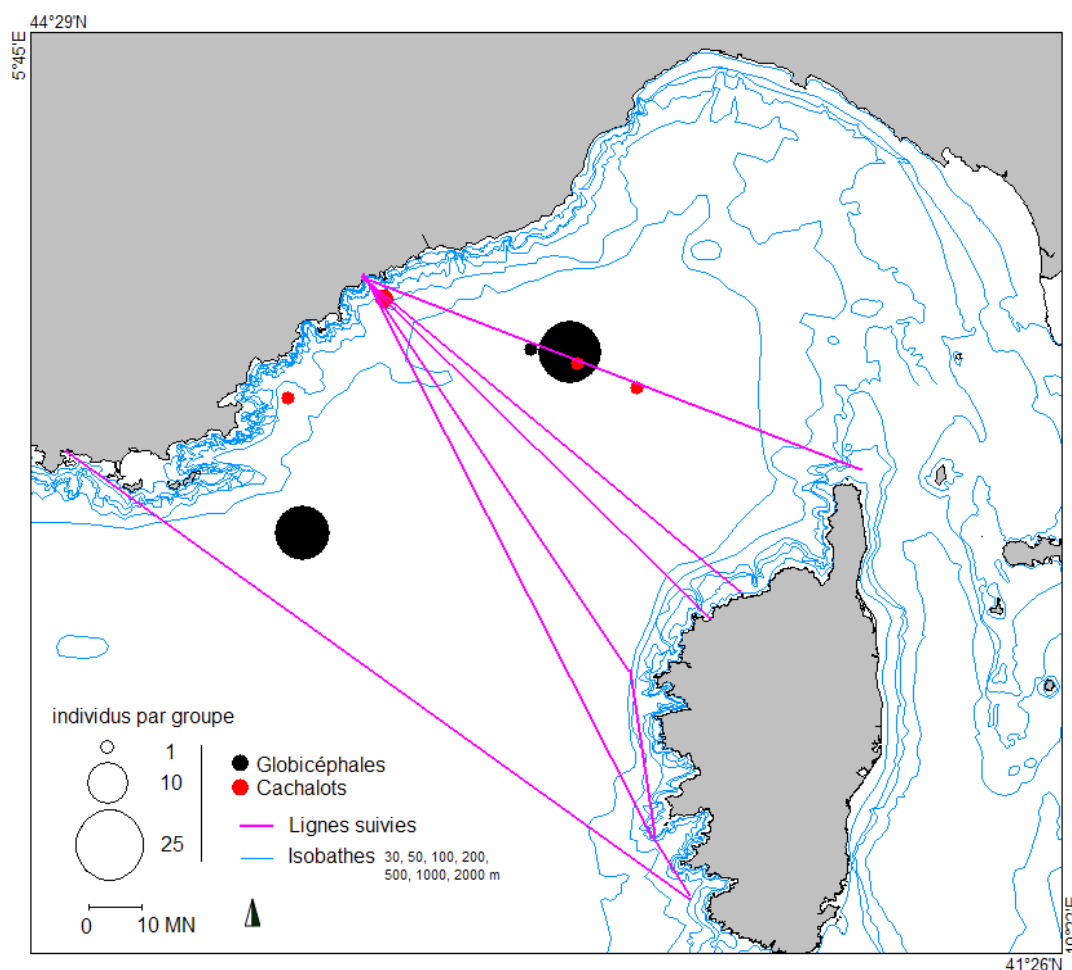


Figure 38 : Données aléatoires des Cachalots et Globicéphales et tracés théoriques des axes parcourus.

La taille des groupes de Globicéphales présentée dans le Tableau 8 affiche une valeur moyenne de 13,7 individus ($s=6,6$), le plus grand groupe rencontré présentant la respectable somme de 23 individus.

Tableau 8 : Taille moyenne des groupes de grands et moyens cétacés rencontrés en transect (mer ≤ 3 Beaufort) sur l'ensemble des traversés.

| Espèce | nb ind. moy par groupe | n | s |
|-------------------------------|------------------------|----|-----|
| <i>Balaenoptera physalus</i> | 1,2 | 94 | 0,4 |
| <i>Physeter macrocephalus</i> | 1,0 | 5 | 0,0 |
| <i>Globicephala melas</i> | 13,7 | 4 | 6,6 |

- Les observations de Cachalots en transect ne sont représentées que par 5 individus isolés (Figure 37 et Tableau 8), soit 4% des contacts et 3% des individus (Figure 36). Le premier a été observé début septembre sur l'axe Nice-Bastia, les deux suivant un peu plus tard dans le mois sur l'axe Nice-Calvi, et les deux derniers entre fin octobre et début novembre, à nouveau sur l'axe Nice-Bastia. Les observations aléatoires de la Figure 38 font état d'un groupe supplémentaire de 2 individus au niveau de la tête du canyon du Var (en août) et de 3 autres individus isolés (1 sur le plateau continental en face de St Raphaël, en juillet ; et 2 au large, sur la ligne Bastia, en septembre). Les deux jeux de données s'accordent sur l'absence d'observation pour la diagonale Nice-Ajaccio.

- 90 % des contacts de grands cétacés et de cétacés de taille moyenne concernent les Rorquals communs et, avec 62 %, le taux d'individus reste suffisamment évocateur de l'abondance de cette espèce au regard des deux précédentes.

Soulignons la présence d'une septième espèce non prise en compte dans ces graphiques car issue d'une unique donnée aléatoire : le 21 juillet 2001, à environ trois milles nautiques de la côte, à l'est du Cap Corse, les officiers du NGV *Liamone* ont observé deux Orques épaulard (*Orcinus orca*). Visser et Fertl (2000) ont montré que l'Orque, un grand cétacé de 5 tonnes et plus de 8 mètres pour les mâles, pouvait être soumise aux collisions. Cependant la littérature ne mentionne pas de collision impliquant cette espèce dans la région, sa présence restant exceptionnelle,

En définitive, bien que le Cachalot et, dans une moindre mesure, le Globicéphale noir, présentent eux aussi des caractéristiques justifiant leur prise en compte dans une étude de détectabilité anti-collision, **seul le Rorqual commun** a été observé en abondance suffisante et de manière homogène pour pouvoir effectuer un traitement des données recueillies²⁸.

²⁸ A partir de là, et sauf mention spéciales, les données en transect relatives au Rorqual communs sont exploitées sur la base du jeu recueilli jusqu'à force 4 Beaufort.

2.2 Résultats préliminaires obtenus en matière de monitoring des Rorquals communs

Le présent chapitre a pour but de montrer en quoi les observations de Rorquals depuis les NGV peuvent être utiles à la connaissance de l'écologie de l'espèce et mériteraient d'être développées dans une optique de monitoring.

2.2.1 Répartition spatio-temporelle du Rorqual commun au cours de l'étude

La Figure 39 présente la distribution des contacts de Rorquals communs rencontrés en transect (croix noires) ou de manière aléatoire (triangles verts) au cours de l'étude. Les observations sont majoritaires au large et exceptionnelles en deçà de l'isobathe 2 000 m : six contacts ont eu lieu à proximité de la côte bastiaise entre les mois d'août et d'octobre (vraisemblablement un seul et même individu au comportement particulier) et deux autres au large de Nice, sur le plateau continental quand ce dernier est large (en bordure du talus).

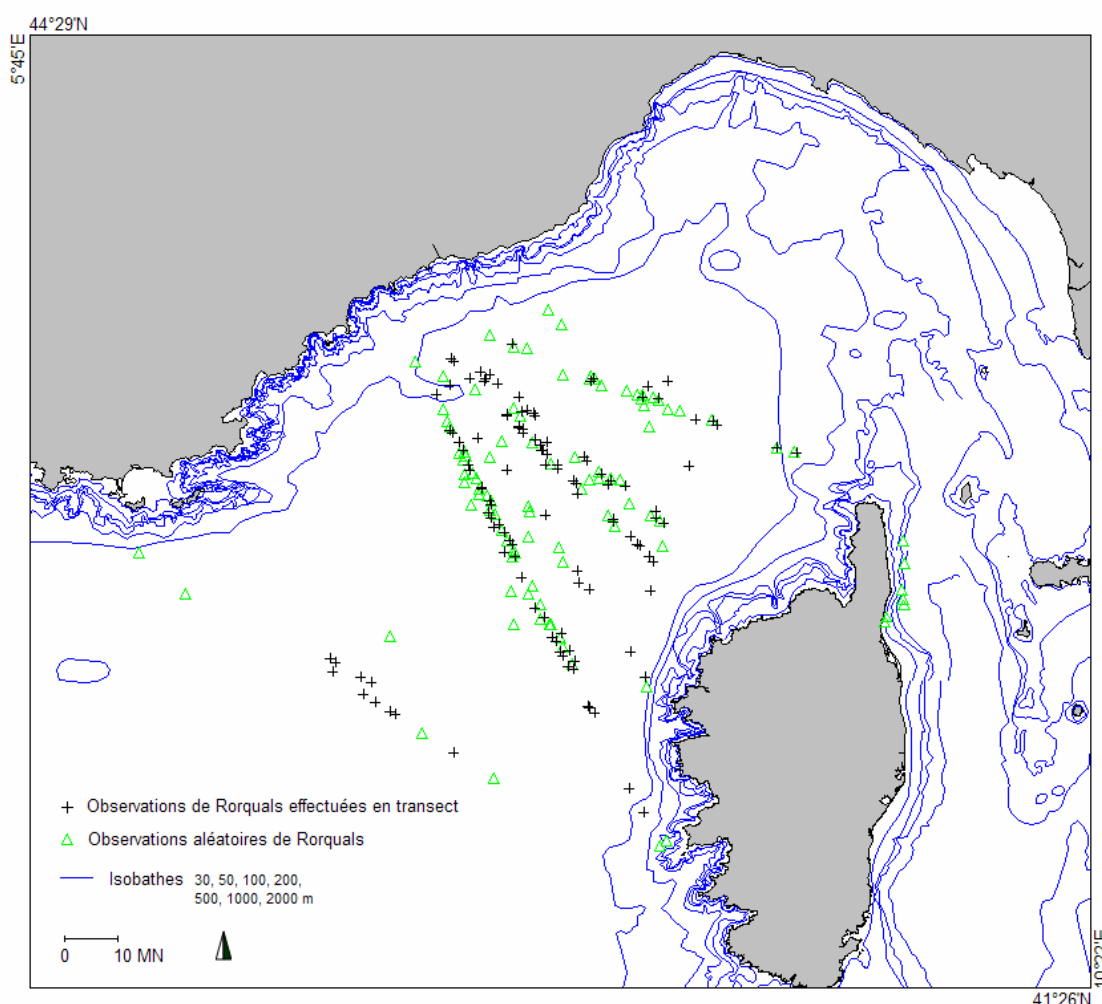


Figure 39 : Distribution des contacts de Rorquals communs observés en transect (croix noires) ou issus du jeu de données aléatoires (triangles verts).

Concernant la répartition temporelle de l'espèce au cours de l'étude, la Figure 40 montre que, quasiment absents de la zone en avril, les animaux sont arrivés début mai et se sont concentrés de manière très rapide pour atteindre un pic d'abondance au mois de juin. Le départ des Rorquals de la zone s'est fait de manière relativement brutale puisque le pic d'abondance est passé de 2,8 en juin à 1,8 en juillet pour continuer ensuite, plus progressivement, de diminuer jusqu'en octobre. Au-delà, seuls de rares individus ont été rencontrés.

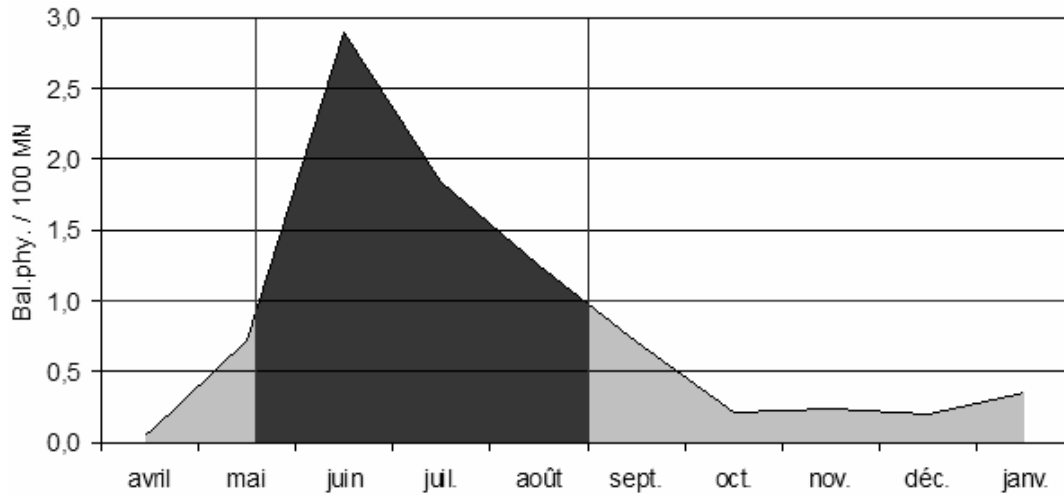


Figure 40 : Indices d'abondance relative mensuelle du Rorqual commun durant l'étude. La zone sombre correspond aux abondances les plus élevées.

Afin d'analyser les éventuelles différences de fréquentation entre les secteurs de la zone, un indice d'abondance propre à chacune des 3 radiales a été calculé (Figure 41). Bien que les trois axes présentent un dessin similaire constitué de deux pics d'abondance (amplitude plus faible pour le second), il apparaît nettement un décalage dans le temps. Ainsi, les courbes issues des données relevées sur les axes 1 et 3 sont corrélables pour le premier des deux pics (deuxième quinzaine de juin), avec une valeur inférieure pour l'axe 1. La courbe de l'axe 2 s'oppose aux précédentes en offrant un premier pic d'abondance début juin et un second au mois de juillet.

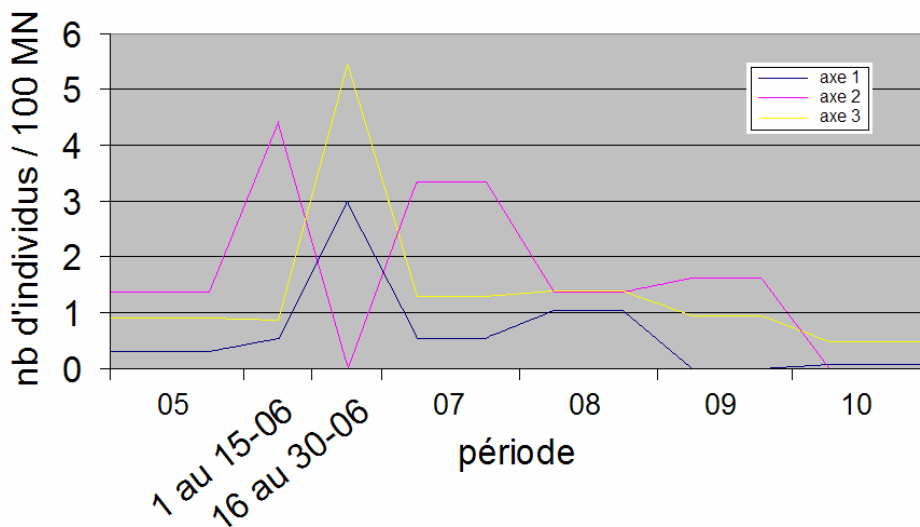


Figure 41 : Indices d'abondance des Rorquals communs rencontrés en transect sur chacun des axes parcourus (axe 1 : Nice-Bastia, axe 2 : Nice-Balagne, Axe 3 : Nice-Ajaccio).

2.2.2 Fluctuation temporelle de la taille moyenne des groupes de Rorquals communs

Le nombre d'individus de Rorquals communs rencontrés par contact durant les traversés oscille entre 1 et 3. Le Tableau 9 présente l'évolution de la taille des groupes pour les 3 axes principaux et mois par mois. Dans une première ligne sont présentés les résultats du traitement de données recueillies en transect (hors axe 4). La seconde ligne présente des calculs effectués sur la base des données consignées par les officiers sur les fiches d'observations de la passerelle.

Tableau 9 : Evolution de la taille des groupes de Rorquals communs recensés en transect sur les 3 axes principaux (obs. transect) et recueillis sur les fiches passerelles (obs. passerelle). L'intensité du gris évolue avec la moyenne (=1, >1 et >1,4)

| | mois | avril | mai | juin | juil. | août | sept. | oct. | nov. | déc. | janv. | total |
|-----------------|------|-------|-----|------|-------|------|-------|------|------|------|-------|-------|
| Obs. transect | moy. | 1 | 1,2 | 1,3 | 1,6 | 1,5 | 1,1 | 1,3 | 1 | 1 | 1 | |
| | n | 1 | 13 | 31 | 12 | 13 | 8 | 3 | 3 | 2 | 1 | 87 |
| | S.E. | | 0,4 | 0,4 | 0,5 | 0,6 | 0,4 | 0,5 | | | | |
| Obs. passerelle | moy. | | 1,4 | 1,9 | 1,5 | 2,1 | 1 | 1,3 | 1 | | | |
| | n | | 9 | 35 | 14 | 28 | 4 | 4 | 2 | | | 96 |
| | S.E. | | 0,5 | 1,3 | 0,7 | 28 | | 0,5 | | | | |

Avant tout commentaire, nous devons reconnaître que les moyennes issues d'effectifs inférieurs à 10 individus sont difficilement interprétables. Les observations en transect font apparaître que les mois d'avril, de novembre, de décembre et de janvier ne concernent que des individus isolés, symbolisés par du gris clair. Le gris moyen, quant à lui, met en évidence les mois pour lesquels la taille des groupes peut dépasser 1 individu. C'est aux mois de juillet et d'août, en gris sombre, que le nombre moyen d'individus par groupe est le plus important avec des valeurs $\geq 1,5$.

Le traitement des données relevées en passerelle par les officiers évolue dans le même sens, mais avec des valeurs plus élevées. L'exemple le plus frappant est celui du mois de juin où « l'indice officier » atteint 1,9, contre 1,3 seulement pour « l'indice transect ». Un autre élément est à souligner dans la comparaison entre les deux séries d'observations : la proximité entre le nombre de contacts (87 et 96). C'est un fait étonnant puisque le scientifique n'a embarqué que sur 1/5^{ème} de la totalité des traversées effectuées par les NGV en 2001.

2.3 Travail exploratoire sur le thème de l'éthologie

Des notions d'éthologie et, notamment, de changements comportementaux des animaux face à l'approche des navires, sont développées au sein de ce chapitre.

2.3.1 Fluctuations horaires des caps suivis par les animaux en déplacement

Les traitements suivants ont pour but d'analyser une possible modification, au cours de la journée, des caps suivis par les animaux notés en déplacement. Pour cela, nous avons attribué chaque observation faite à l'une des six tranches horaires solaires suivantes :

- tranche 1 : les 2 premières heures suivant le lever du soleil
- tranche 2 : du lever du soleil + 2 heures au lever du soleil + 4 heures
- tranche 3 : du lever du soleil + 4 heures au passage du soleil au zénith
- tranche 4 : du passage du soleil au zénith au coucher du soleil – 4 heures
- tranche 5 : du coucher du soleil – 4 heures au coucher du soleil – 2 heures
- tranche 6 : les 2 dernières heures avant le coucher du soleil.

Ce découpage, réalisé d'après les informations de IMCCE (2002), permet d'attribuer de façon homogène, quel que soit le mois d'observation, une signalisation à une période de la journée. Toutes les signalisations d'animaux rencontrés ont été portées sur la Figure 42. Sur chacune de ces cartes, les vecteurs matérialisent, en fonction de leur localisation, un ou plusieurs animaux (les longueurs des vecteurs sont proportionnelles à la taille des groupes rencontrés) et leur(s) cap(s). La rose de vecteurs, placée dans un cadre en bas à droite, rassemble en un point tous les vecteurs précédemment décrits. Enfin, le vecteur rouge placé dans le même cadre est la résultante de tous ces vecteurs et traduit la tendance suivie par les animaux dans la tranche horaire concernée. Les cartes basées sur un nombre inférieur à 5 individus ne feront pas l'objet d'analyse.

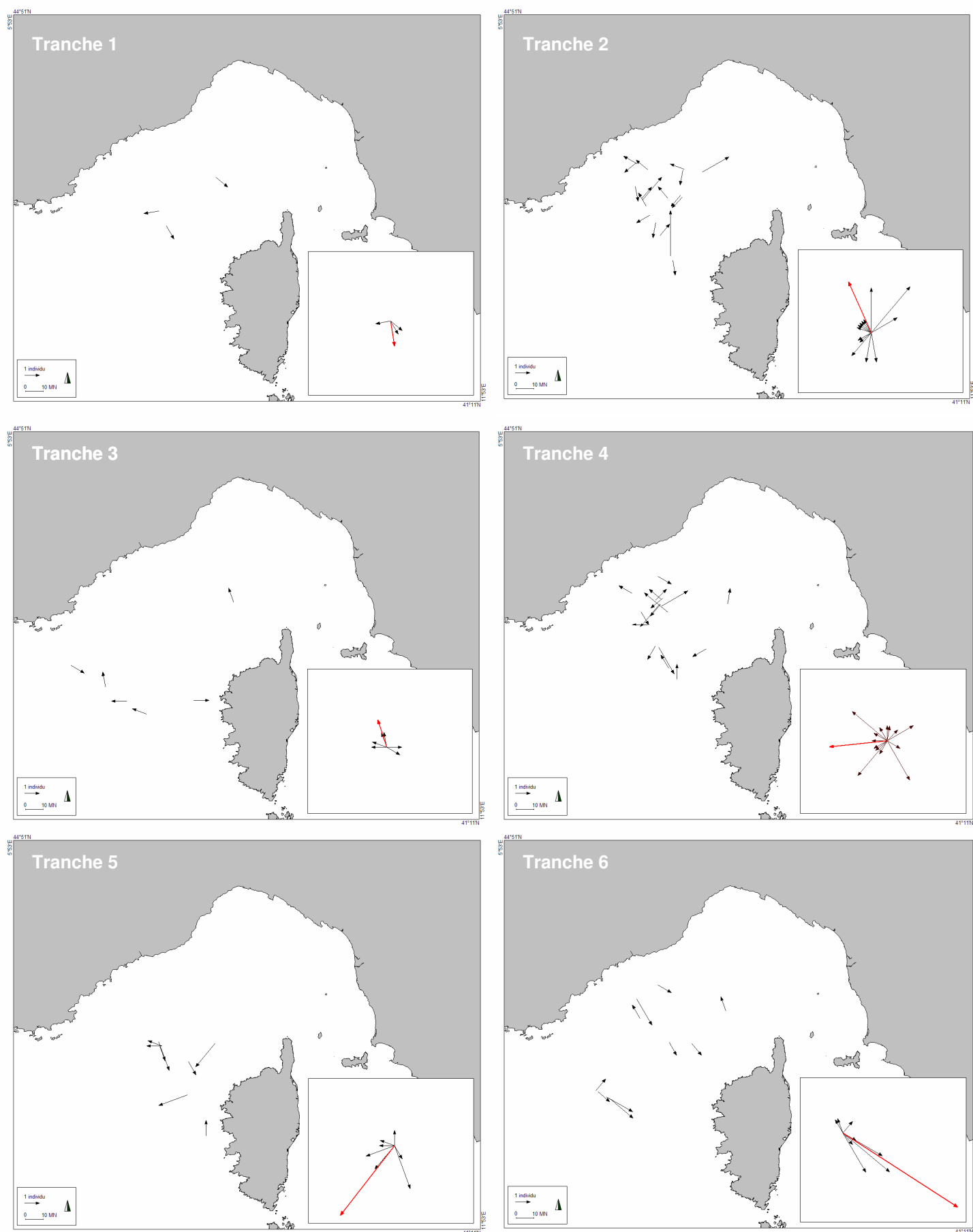


Figure 42 : Caps (vecteurs) et positions des Rorquals communs relevés en transect par tranche horaire. La taille des vecteurs est fonction du nombre d'individus. Le cadre en bas à droite de chaque carte reprend les vecteurs sous forme de rose, avec leur résultante en rouge.

Les cartes font apparaître que les Rorquals prennent une direction nord ouest prononcée en début de matinée (tranche 2) et cette tendance s'atténue quand on se rapproche du milieu de journée. Si tôt le zénith atteint, ce mouvement général s'inverse radicalement : les individus repartent vers le sud (tendance à l'ouest dans les 2 heures suivant midi, puis nettement au sud-ouest durant les deux heures suivantes) pour terminer, en fin de journée, avec des orientations résolument sud-est.

2.3.2 Réaction des grands cétacés au passage d'un NGV

2.3.2.1 Eléments sur le comportement des grands cétacés à l'approche des NGV

Sans entrer dans les détails complexes d'une étude éthologique nous avons pu, au cours de nos observations, constater des modifications de comportement chez certains Rorquals (sonde alors que l'animal suivait une route établie, virement de cap ou manifestation aérienne subite). La Figure 43 présente l'évolution du taux de changement de comportement en fonction de la distance minimale à laquelle le NGV est passé du Rorqual, relation confirmée par un test de chi carré ($\chi^2 = 15,737$; D.L. = 3 ; $P < 0,001$).

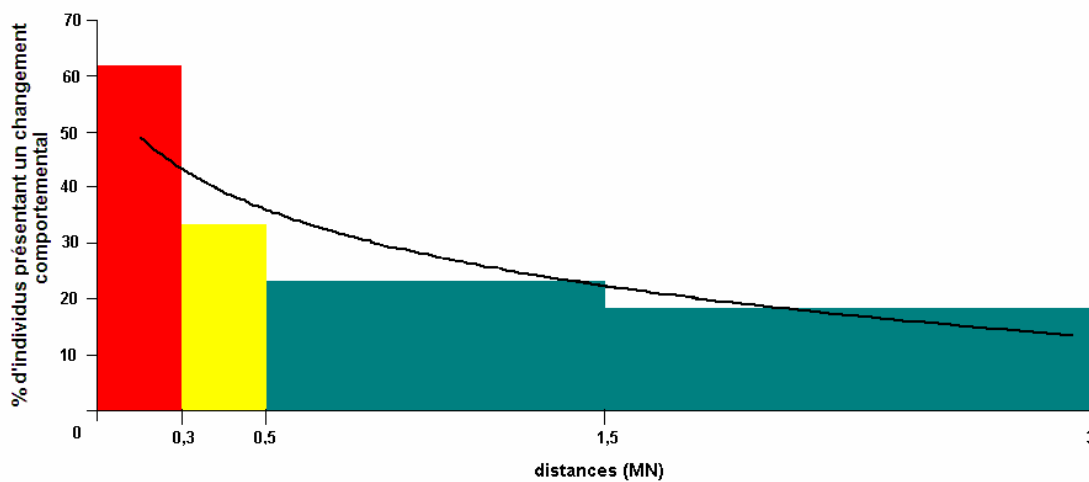


Figure 43 : Changements de comportement observés en fonction de la distance (en milles nautiques) de passage entre le NGV et le Rorqual.

On constate qu'au-delà de 1,5 MN, 18 % des individus observés changent de comportement et cette valeur augmente peu entre 1,5 MN et 0,5 MN. La valeur s'élève à 33 % entre 0,5 et 0,3 MN et devient forte (62 %) à moins de 0,3 MN. Une analyse quantitative complémentaire des « Résidus Standardisés » (précision du χ^2) permet de connaître précisément le seuil de cette association entre distance et taux de changement de comportement. Les résultats, exposés dans le Tableau 10, font très nettement ressortir la classe des [0 ; 0,3[MN comme zone de modification importante du comportement au passage du NGV (RS < -1,96 ou > 1,96, cf. § 1.3.6)

Tableau 10 : Résultats de l'application de l'analyse des « Résidus Standardisés » (RS) sur les Rorquals ne présentant pas de changement de comportement (PCC) et ceux présentant un changement de comportement (CC) en fonction de la distance de passage du NGV.

| Distances (MN) | RS | |
|----------------|--------|-------|
| | PCC | CC |
| [0 ; 0,3[| - 1,95 | 2,66 |
| [0,3 ; 0,5[| 0,099 | 0,136 |
| [0,5 ; 1,5[| 1,102 | - 1,5 |
| [1,5 ; 3[| 0,68 | 0,94 |

Sans pouvoir avancer que ces modifications de comportement soient imputables au navire, nous avons toutefois recensé quelques cas certains parmi les modifications constatées à moins de 0,3 MN, que nous détaillons ci-après :

Concernant les impacts « positifs », 8 observations révèlent que des Rorquals communs ont été attirés par le navire. Parmi elles, on constate qu'un individu a suivi le navire sur 300 m et que 7 autres ont vraisemblablement été attirés par les vagues d'étrave ou de sillage, toujours à bord du NGV *Liamone*. Notons aussi qu'aucun des 8 cas d'observations suivies à l'arrière du navire ne fait état d'un Rorqual traversant le sillage.

Aucun des Rorquals manifestement en train de s'alimenter n'a jamais réagi au passage du NGV (« indifférence » constatée à 4 reprises).

Enfin, 9 observations font état d'impacts « négatifs » :

- Un individu a émergé à 20 m de l'étrave et a brusquement sondé dans un sursaut.
- Deux individus ont changé de cap au passage du navire, sans pour autant prendre une route opposée à la position du NGV.
- Deux observations attestent d'une fuite nette des vagues du sillage.
- Quatre individus ont sondé à plusieurs milles au loin pour émerger à très faible distance (20 à 50 mètres).

Il ne s'agit là bien entendu que de quelques cas, notre protocole étant trop éloigné d'une étude approfondie du phénomène.

2.3.2.2 Voit-on la même chose à l'aller et au retour ?

Afin de vérifier l'hypothèse d'une possible réponse des grands cétacés au passage des NGV, ont été extraites les portions de route en transect qui se juxtaposent entre l'aller et le retour, pour chaque jour d'observation. Neuf mille cinq cent quarante quatre milles nautiques ont ainsi été prospectés sur des secteurs identiques à l'aller et au retour, totalisant un effectif de 72 contacts et 88 individus de Rorquals communs, sur les 4 axes prospectés.

Les analyses effectuées sur cette base visent à dégager des taux de rencontre entre l'aller et le retour, tant en nombre de contacts que d'individus recensés. Ainsi, le Tableau 11 fait apparaître le constat suivant :

- La moitié des traversées effectuées dans les conditions relatives à l'analyse n'ont permis d'observer de baleine ni à l'aller, ni au retour (52,3 %).
- Un faible taux de l'échantillon présente des observations rigoureusement identiques à l'aller et au retour (5,3 %).
- Les taux relatifs aux distances desquelles la quantité de contacts et d'individus était supérieure à l'aller ou au retour sont identiques (20,7% et 21,8%).

Tableau 11 : Taux de distance parcourue en fonction des comparaisons d'observations entre les traversées « aller » (A) et « retour » (R). A = R : autant de Rorquals ont été vus à l'aller et au retour ; > A : un plus grand nombre de Rorquals a été vu à l'aller ; > R : un plus grand nombre de Rorquals a été vu au retour. Seules les portions de routes qui se recoupent sur l'allée et le retour dans une même journée ont été traitées dans ce tableau.

| Contacts / individus : | Nul | A = R | > A | > R | Totaux |
|---------------------------------|-------------|--------------|---------------|---------------|---------------|
| Milles nautiques parcourus | 4988 | 504 | 1972 | 2080 | 9544 |
| Taux de distance relatif | 52,3 | 5,3 | 20,7 | 21,8 | 100 |
| <i>n contacts</i> | 0 | 3 | 36 | 33 | 72 |
| <i>n individus</i> | 0 | 3 | 49 | 36 | 88 |

L'addition des taux présentés dans les deux premières colonnes montre que les 3/5^{èmes} des traversées n'offrent aucune différence entre l'aller et le retour. Parmi les traversées qui présentent une différence quant au nombre de relevés effectués entre l'aller et le retour, certaines n'ont affiché de détections qu'à l'aller et

d'autres qu'au retour. L'analyse de ce phénomène, comme les résultats du Tableau 11, ne permet de dégager aucune tendance particulière compte tenu de la proximité des taux calculés :

- Parmi les traversées « >A », 82,6% ne présentent aucune baleine au retour (soit 17,1% de la totalité de la distance parcourue) et,
- Parmi les traversées « >R », 75,7% ne présentent aucune baleine à l'aller (soit 16,5 % de la totalité de la distance parcourue).

2.4 DÉTECTABILITÉ DES GRANDS CÉTACÉS

L'analyse détaillée dans ce chapitre consiste à comparer les détections faites de jour par chacune des deux catégories d'observateurs (2 officiers et 1 scientifique) au travers des trois facteurs suivants :

- Les distances des détections initiales
- Les gisements des détections initiales
- Les signaux des détections initiales

Pour chacun de ces facteurs, nous avons également pris en considération une série d'éléments externes susceptibles d'influencer la détectabilité. Les données utilisées sont issues du jeu « en transect » jusqu'à force 4 Beaufort. L'axe 4 est pris en compte.

2.4.1 Les distances des détections initiales

2.4.1.1 Sur quelle étendue porte l'effort de détection ?

Le Tableau 12²⁹ renseigne sur l'interrogation suivante : les distances des détections de cétacés sont-elles réparties de la même façon d'une catégorie d'observateurs à l'autre ?

Un premier point consiste à comparer les effectifs. On constate alors que les ¾ des grands cétacés ont été initialement repérés par le scientifique, et la moitié des petits cétacés par les officiers.

Une seconde étape concerne l'analyse des distances de détection des grands cétacés. Elle montre que la concentration de veille des officiers est importante dans une zone s'étendant jusqu'à 0,5 mille du navire puisque 61 % de leurs repérages y sont effectués. Elle est encore soutenue jusqu'à 2 milles du bateau (36 % supplémentaires). Cependant, la gamme d'étendue de l'effort n'excède pas 3 milles puisque les 3 % supplémentaires ont été faits en deçà de cette limite.

La distribution des contacts de grands cétacés repérés par le scientifique montre un effort global réparti de façon différente, couvrant de manière plus homogène la gamme des distances : 23 % ont été vus jusqu'à 0,5 MN, 52 % entre 0,5 et 2 MN, et 25 % au-delà de 2 MN dont 5 % au-delà de 4 MN.

Tableau 12 : Pourcentages cumulés des observations initiales, par catégories de cétacés et par catégorie d'observateur (Sc. = scientifique, Off. = officiers).

| | Grands cétacés | | Petits cétacés | |
|--------------|----------------|------|----------------|------|
| | Sc. | Off. | Sc. | Off. |
| 6 milles n. | | | | |
| 5 | 100 | | | |
| 4 milles n. | | | | |
| 3 | 95 | 100 | 100 | 100 |
| 2 milles n. | | | | |
| 1 | 75 | 97 | 93 | 99 |
| 0,5 mille n. | | | | |
| 0 mille n. | 23 | 61 | 66 | 87 |
| n (contacts) | 91 | 35 | 165 | 85 |

Si l'on observe la distribution des observations de petits cétacés, on s'aperçoit, chez les officiers, qu'elle est très proche de la distribution des observations de grands cétacés. C'est loin d'être le cas chez le scientifique : les détections des petits cétacés, qui ne constituaient pas une priorité pour cette étude, divergent largement des observations de grands cétacés puisque la quasi-totalité d'entre eux ont été détectés en deçà de 2 MN.

L'examen des taux de détection relatifs à chacune des catégories d'observateurs permet de confirmer ces constats (Tableau 13) : on y voit que les détections effectuées par le scientifique comme par les officiers sont à peu près équilibrées à proximité du navire. La tendance affiche ensuite une nette distorsion entre les

²⁹ L'effectif total de grands cétacés affiche 3 contacts en moins que l'effectif présenté dans le Tableau 8, pourtant issu du même jeu de données (en transect, par mer ≤ 4 Beaufort et sur les 4 axes). Pour les 3 contacts en question, la donnée « distance » était manquante. Ils n'apparaissent donc pas dans ce tableau.

deux équipes puisque le scientifique réalise 80 % des détections faites entre 0,5 et 2 milles nautiques et ce taux atteint 96 % au-delà de 2 milles nautiques.

Tableau 13 : Proportions relatives de détection des grands cétacés réalisées par les deux équipes (Sc. = scientifique, Off. = officiers), par zone d'éloignement du navire.

| Distance des obs | Grands cétacés | | |
|------------------------|------------------|------|----|
| | Observateurs Sc. | Off. | n |
| Au-delà de 2 milles n. | 96 | 4 | 24 |
| De 0,5 à 2 milles n. | 79 | 21 | 60 |
| Jusqu'à 1/2 mille n. | 49 | 51 | 42 |

2.4.1.2 Influence de l'état de la mer sur les distances de détection

L'influence de l'état de la mer sur les capacités à repérer les grands cétacés peut-être analysé par ses répercussions sur les distances de détection.

Le Tableau 14 montre que, par mer 1 et 2, les détections des deux équipes sont distribuées de manière sensiblement identique (jusqu'à 3 MN), avec toutefois une nette propension des officiers à observer à proximité immédiate du navire (62 % des détections réalisées entre 0 et 0,5 MN).

Le tableau relatif aux forces 3 et 4 Beaufort montre des discordances significatives entre les deux équipes et radicalise la tendance précédemment remarquée : le scientifique détecte les animaux depuis de plus grandes distances (jusqu'à 6 MN), alors que les officiers semblent, au contraire, concentrer leurs observations à proximité du navire (61 % des détections entre 0 et 0,5 MN et l'effort ne dépasse pas 1 MN).

Tableau 14 : Pourcentages cumulés des détections initiales de Grands Cétacés par Catégorie d'observateurs (Sc. = scientifique, Off. = officiers) et en fonction de l'état de la mer.

| Observations par force 1 et 2 Beaufort | | | | | |
|--|-----|--|------|--|-------|
| 6 milles n. | Sc. | | Off. | | Total |
| 5 | | | | | |
| 4 milles n. | | | | | |
| 3 | | | | | |
| 2 milles n. | 100 | | 100 | | 100 |
| 1 | 79 | | 93 | | 84 |
| 0,5 mille n. | 21 | | 62 | | 35 |
| 0 mille n. | | | | | |
| n (contacts) | 29 | | 14 | | 43 |

| Observations par force 3 et 4 Beaufort | | | | | |
|--|-----|--|------|--|-------|
| 6 milles n. | Sc. | | Off. | | Total |
| 5 | 100 | | | | 100 |
| 4 milles n. | | | | | |
| 3 | 92 | | | | 93 |
| 2 milles n. | | | | | |
| 1 | 73 | | 100 | | 77 |
| 0,5 mille n. | 23 | | 61 | | 30 |
| 0 mille n. | | | | | |
| n (contacts) | 62 | | 21 | | 83 |

Le Tableau 15 permet pour sa part d'estimer l'impact de l'état de la mer sur chacune des deux catégories d'observateurs et pour chaque tranche d'éloignement. Les valeurs exposées corroborent le phénomène de concentration d'observation à proximité du navire chez les officiers, particulièrement par mer calme où ils détectent plus de grands cétacés que le scientifique (60 % contre 40 %). Entre 0,5 MN et 2 MN, les taux de détections sont rigoureusement identiques pour les deux catégories d'observateurs. Au-delà de 2 MN, le scientifique repère une large majorité des grands cétacés, particulièrement par mer 3 et 4 Beaufort où 100% des détections initiales lui sont attribuées.

Tableau 15: Proportions de détections de grands cétacés réalisées par les différentes équipes (Sc.=scientifique, Off.=officiers) par zone d'éloignement du navire et en fonction de l'état de la mer.

| Distance des obs | Observations par force 1 et 2 Beaufort | | | Observations par force 3 et 4 Beaufort | | |
|------------------------|--|------|----------|--|------|----------|
| | Observateurs Sc. | Off. | <i>n</i> | Observateurs Sc. | Off. | <i>n</i> |
| Au-delà de 2 milles n. | 86 | 14 | 7 | 100 | 0 | 17 |
| De 0,5 à 2 milles n. | 79 | 21 | 21 | 79 | 21 | 39 |
| Jusqu'à 1/2 mille n. | 40 | 60 | 15 | 54 | 46 | 27 |

2.4.1.3 Relation entre la saison d'abondance des Rorquals communs et les distances de détection

Si la météo est un facteur direct et connu qui influence directement la détectabilité, existe-t-il d'autres éléments qui pourraient intervenir indirectement sur la manière de détecter les grands cétacés ?

Le Tableau 16 présente les pourcentages cumulés des détections initiales de chacune des deux catégories d'observateurs, en fonction de l'abondance des animaux. Deux saisons ont été établies (sur la base des données présentées § 2.2.1) : la période qui s'étale de juin à août constitue la « saison de forte abondance », celle allant d'avril à mai puis de septembre à janvier s'intitule « saison de faible abondance ».

Sur cette base, on observe une régression générale des distances de détection vraisemblablement liée à la diminution des animaux sur la zone. Cette diminution se retrouve quelle que soit l'équipe considérée : les détections passent de 6 MN à 4 MN pour le scientifique (dont 13 % sur les deux derniers milles nautiques) et de 3 MN à 2 MN pour les officiers.

Le tableau 17, quant à lui, montre que par forte abondance, la proportion d'animaux détectés par le scientifique est supérieure à celle qui concerne les officiers au-delà de 5 MN. Par faible abondance, cet écart entre les deux équipes se creuse et les détections du scientifique deviennent majoritaires y compris dans la classe [0 ; 0,5 MN[.

Tableau 16: Pourcentages cumulés des détections initiales effectuées par chaque catégorie d'observateurs (Sc. = scientifique, Off. = officiers) en fonction de la saison d'abondance (juin à août : saison de forte abondance ; avril et mai, puis de septembre à janvier : saison de faible abondance).

| Saison de forte abondance | | | | | Saison de faible abondance | | | | |
|---------------------------|-----|------|-------|--|----------------------------|-----|------|-------|--|
| 6 milles n. | Sc. | Off. | Total | | 6 milles n. | Sc. | Off. | Total | |
| 5 | 100 | | 100 | | 5 | | | | |
| 4 milles n. | 98 | | 99 | | 4 milles n. | | | | |
| 3 | 92 | | 94 | | 3 | 100 | | 100 | |
| 2 milles n. | 87 | 100 | 91 | | 2 milles n. | 97 | | 97 | |
| 1 | 70 | 96 | 78 | | 1 | 86 | 100 | 90 | |
| 0,5 mille n. | 31 | 65 | 41 | | 0,5 mille n. | 42 | 79 | 51 | |
| 0 mille n. | 17 | 59 | 29 | | 0 mille n. | 36 | 68 | 44 | |
| <i>n (contacts)</i> | 61 | 25 | 86 | | <i>n (contacts)</i> | 30 | 10 | 40 | |

Tableau 17 : Proportions de détection de grands cétacés réalisées par les différentes catégories d'observateurs (Sc. = scientifique, Off. = officiers), par zone d'éloignement du navire et en fonction de la saison d'abondance (juin à août : saison de forte abondance ; avril et mai, puis de septembre à janvier : saison de faible abondance).

| Saison de forte abondance | | | | Saison de faible abondance | | | |
|---------------------------|------------------|------|----|----------------------------|------------------|------|----|
| Distance des obs | Observateurs Sc. | Off. | n | Distance des obs | Observateurs Sc. | Off. | n |
| Au-delà de 2 milles n. | 95 | 5 | 19 | Au-delà de 2 milles n. | 100 | 0 | 5 |
| De 0,5 à 2 milles n. | 77 | 23 | 42 | De 0,5 à 2 milles n. | 83 | 17 | 18 |
| Jusqu'à 0,5 mille n. | 40 | 60 | 25 | Jusqu'à 0,5 mille n. | 62 | 38 | 17 |

2.4.2 Les gisements des détections

2.4.2.1 Sous quels gisements sont repérés les cétacés ?

La Figure 44 enseigne que les détections de grands cétacés imputables au scientifique sont concentrées à proximité de l'axe du navire (73 % détectés dans la classe $]0^\circ; 30^\circ]$ et 38 % dans la classe $]0^\circ; 10^\circ]$, phénomène confirmé par l'histogramme relatif aux petites espèces. Les deux graphiques présentent un schéma globalement gaussien, bien que l'effort relatif aux grands cétacés semble légèrement plus soutenu sur bâbord.

Les officiers, quant à eux, étalent leurs observations sur un angle large (83 % sont détectés au-delà de 10° et 64 % au-delà de 30°), et cela se confirme avec les gisements des détections des petits cétacés. A noter un fait étonnant : les graphiques présentent des distorsions dans la gamme des gisements au niveau des classes $]10^\circ; 30^\circ]$ et $]50^\circ; 70^\circ]$. Ce point précis fera l'objet d'un examen détaillé présenté § 4.1.3.1.

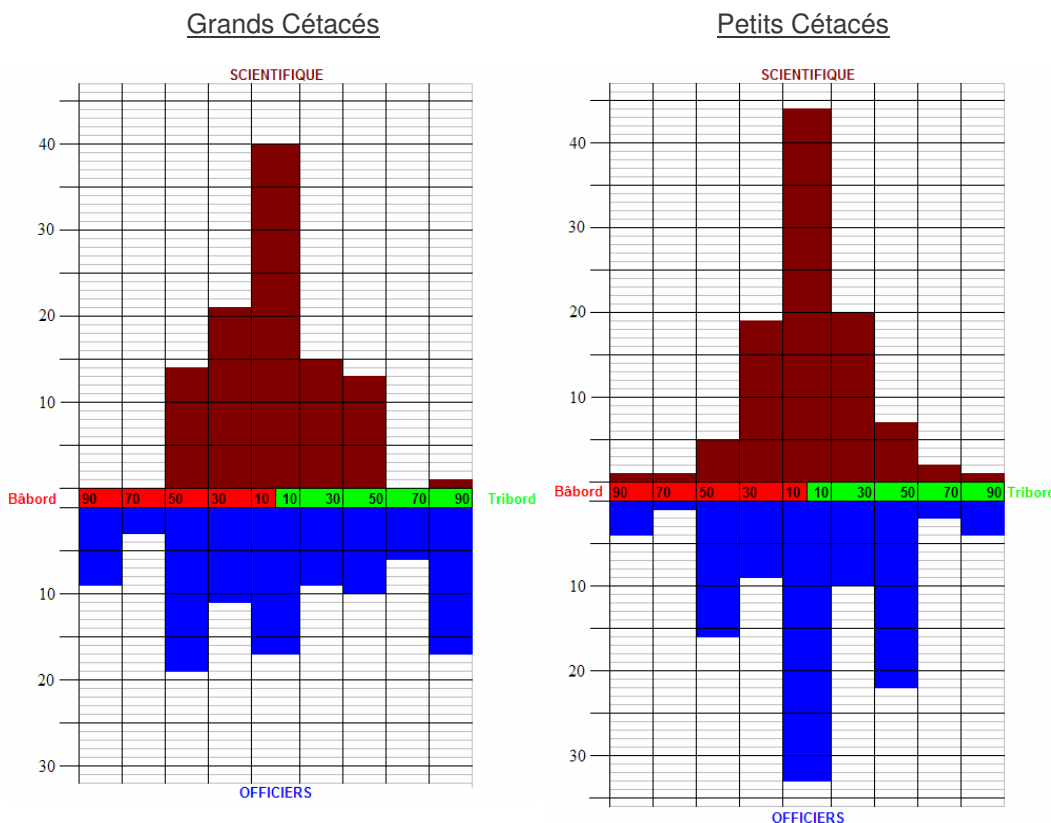


Figure 44 : Gisements des détections par catégorie de cétacés (grands ou petits) et par équipe (scientifique ou officiers). Les gisements des détections sont représentés en abscisses et les ordonnées réfèrent des pourcentages de contacts.

Pour sa part, la Figure 45 permet de comparer les détections des équipes pour chaque classe de gisements. En d'autres termes, elle répond à la question suivante : « qui veille où ? ». Il s'avère que le scientifique veille surtout sur un angle de 30° de part et d'autre de la route puisqu'il y réalise 65 à 70 % des détections initiales. Les zones latérales sont essentiellement veillées par les officiers et il apparaît que la quasi-totalité des Rorquals qui se sont présentés sur les côtés du navire ont été détectés par cette équipe.

Dans la zone qui s'étend jusqu'à 0,5 mille nautique du navire, nous avons constaté que les deux équipes se partagent équitablement les détections effectuées (§ 2.4.1.1). Un traitement similaire à la figure précédente, mais propre à cette zone, a été effectué (Figure 46, où les classes de gisement bâbord et tribord ont été additionnées). Ce secteur présente des disproportions similaires à l'ensemble de la gamme des distances puisqu'il apparaît qu'entre la moitié et la totalité des grands cétacés apparus latéralement (> 30°) ont été détectés par les officiers. Le scientifique, pour sa part, a détecté les 2/3 des observations proches de l'axe du navire (jusqu'à 30°).

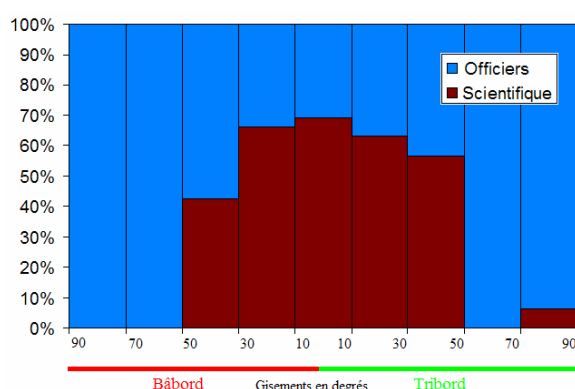


Figure 45 : Comparaison des taux de gisements des détections initiales de grands cétacés par catégorie d'observateurs et par classe de gisement.

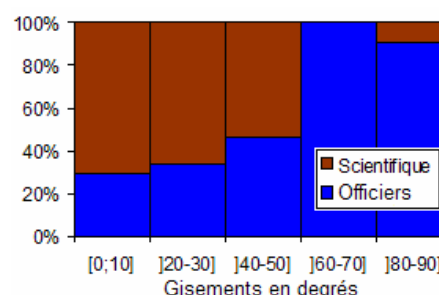


Figure 46 : Comparaison des taux de gisements des détections initiales par catégorie d'observateurs et par classe de gisement, jusqu'à 0,5 MN.

2.4.2.2 Influence de l'état de la mer sur les gisements

Dans l'objectif d'analyser l'influence de l'état de la mer sur les gisements de détections de Rorquals communs, nous avons découpé notre jeu de données en fonction des forces Beaufort (Figure 47).

On retrouve dans ce traitement un effort plutôt latéral pour les officiers (majorité des observations situées au-delà de 30°) contre un effort concentré à proximité de l'axe du navire pour le scientifique (majorité des observations comprises dans un angle de 0 à 30°). On constate également un effort déséquilibré à des niveaux plus ou moins élevés selon l'équipe concernée et l'intervention du facteur « état de la mer » semble jouer un rôle dans ce manque d'homogénéité : les détections des deux équipes sont influencés dans la même direction : tribord par « mers calmes » et bâbord par « mers soutenues ». Cependant, alors que cet écart ne dépasse pas 10 % chez le scientifique, il est bien plus important chez les officiers qui présentent 22 % d'observations supplémentaires sur tribord que sur bâbord par « mers agitées ». Toutefois, après avoir vérifié la normalité de la distribution des données (test de Kolmogorov-Smirnov, $P > 0.15$) un test t appliqué sur ces données ne confirme pas ces distorsions apparentes entre tribord et bâbord (officiers : $t = -0,374$ avec 6° de liberté et $P = 0,722$; scientifique : $t = -0,817$ avec 6° de liberté et $P = 0,445$).

Ensuite, alors que pour le scientifique une grande majorité des détections se font sur un angle de 10° de part et d'autre de la route du navire dans les deux cas (48 et 47 %), chez les officiers, ce pourcentage s'effondre littéralement par « mers soutenues » pour passer de 33% à 5%.

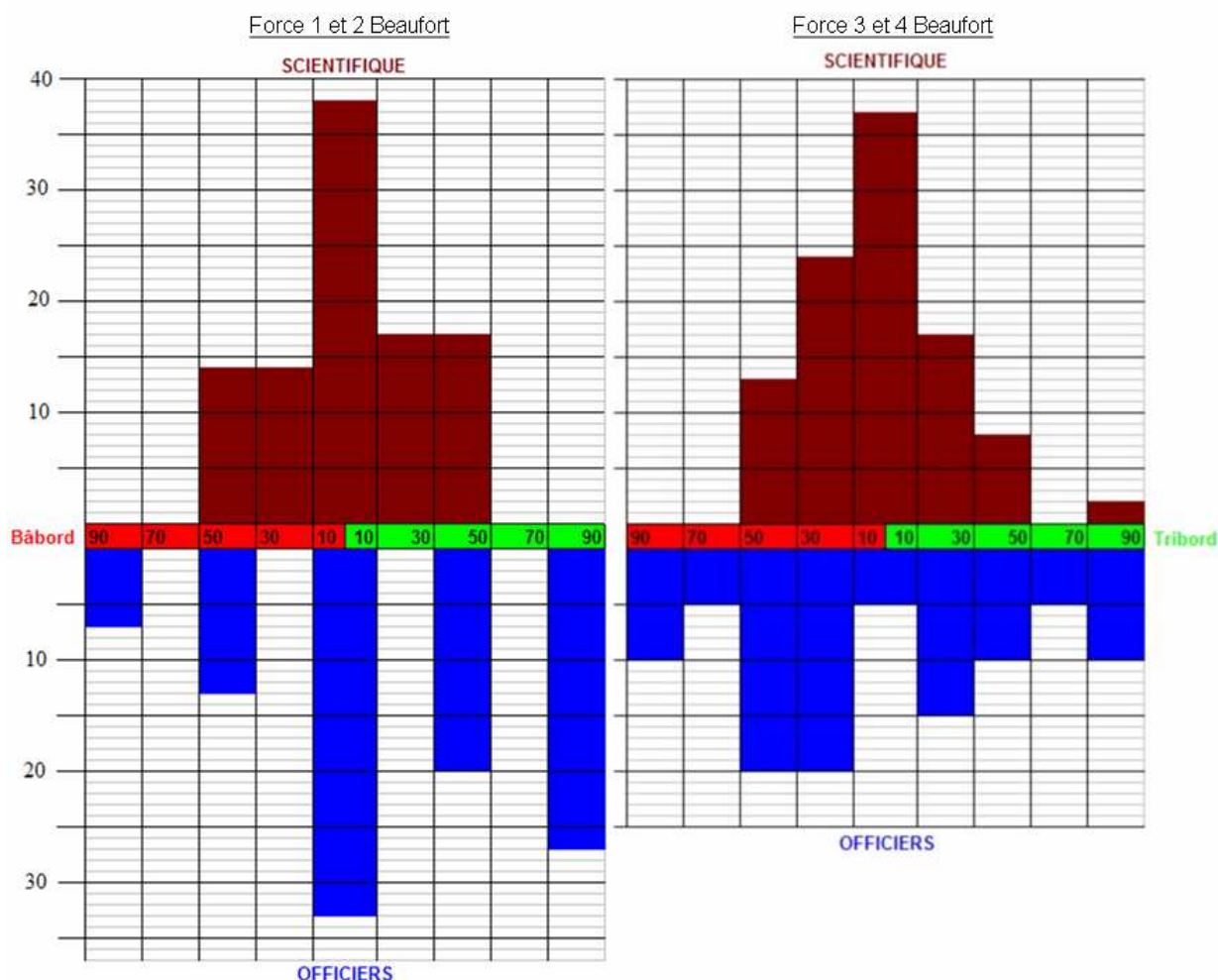


Figure 47 : Gisements des détections des grands cétacés par équipe (scientifique ou officiers) et en fonction de l'état de la mer. Les gisements des détections sont représentés en abscisses et les ordonnées réfèrent des pourcentages de contacts.

2.4.2.3 Relation entre la saison d'abondance des grands cétacés et les gisements de détection

Par faible abondance comme par forte abondance, les gisements de détection du scientifique restent stables : respectivement 36% et 39% pour la classe centrale et 72% et 75% entre 0° et 30° (Figure 48).

L'abondance des grands cétacés semble par contre fortement influencer les détections des officiers :

- Par forte abondance, 1/4 de leurs détections se trouve dans la classe centrale, à proximité de l'axe du navire, alors que plus aucun grand cétacé n'est détecté dans cette zone en période faible abondance.
- Jusqu'à 30°, les observations des officiers présentent une diminution de 10% en période de faible abondance. Par forte abondance, 20% des observations sont situées au-delà de 30° contre 68% en période de faible abondance.

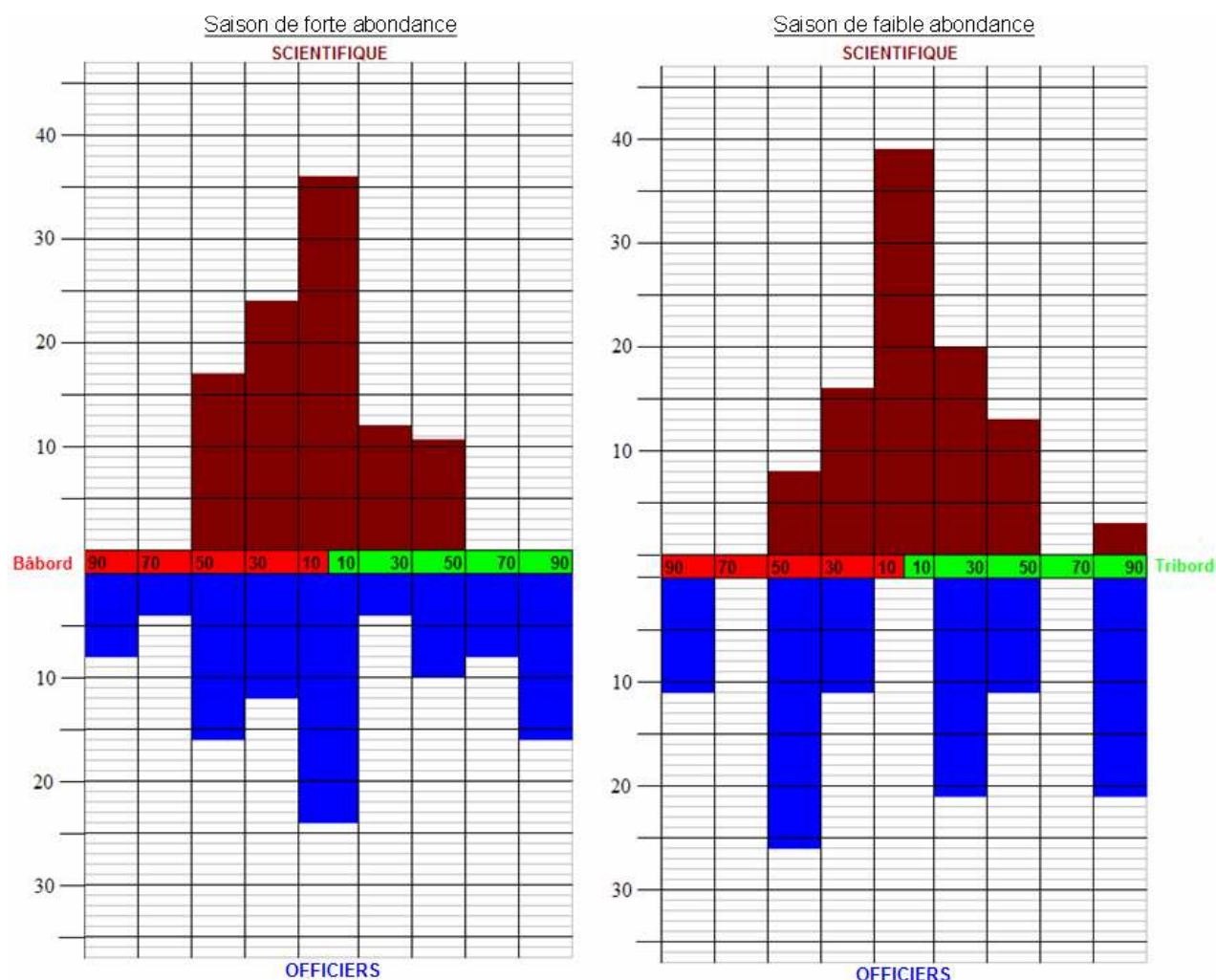


Figure 48 : Gisements des détections des grands cétacés par équipe (scientifique ou officiers) et en fonction de la saison d'abondance (juin à août : saison de forte abondance ; avril et mai, puis de septembre à janvier : saison de faible abondance). Les gisements des détections sont représentés en abscisses et les ordonnées réfèrent des pourcentages de contacts.

2.4.3 Détection des signaux

2.4.3.1 Qui détecte quoi ?

La très grande majorité des signaux que les deux équipes ont détectés sont des souffles (panache blanc pouvant atteindre 6 m de hauteur) ou des dos exposés en surface. De très rares remous ou éclaboussures ont parfois permis de déceler la présence d'un grand cétacé mais nous ne les prendrons pas en compte dans nos calculs compte tenu de leur caractère exceptionnel (un seul remous et une seule éclaboussure).

Le Tableau 18 présente une analyse des signaux détectés pour chaque équipe d'observateurs. Globalement, les $\frac{3}{4}$ des signaux de détection sont des souffles (77% pour le scientifique et 71% pour les officiers). La comparaison ne semble indiquer aucune prédisposition d'une équipe sur l'autre pour déceler préférentiellement l'un ou l'autre des deux types de signaux mais le traitement rappelle que scientifique détecte les $\frac{3}{4}$ des animaux dans les deux cas.

Tableau 18 : Comparaison des signaux détectés (souffles ou dos) pour chacune des deux équipes d'observateurs (officiers ou scientifique).

| | | Officiers | Scientifique | Totaux |
|----------|---|-----------|--------------|--------|
| Souffles | n | 27 | 8 | 35 |
| | % | 77 | 23 | 100 |
| Dos | n | 65 | 26 | 92 |
| | % | 71 | 29 | 100 |

2.4.3.2 Influence de l'état de la mer sur la détection des signaux

Le présent paragraphe propose d'analyser l'impact de l'état de la mer sur la détection des signaux. Le Tableau 19 fait ainsi apparaître que, par force 3 et 4 Beaufort, une large majorité de souffles (86 %) compose les signaux détectés. Par force 1 et 2, les dos vus sont équivalents aux souffles (52 et 48 %).

Tableau 19 : Taux de signaux visuels détectés (souffles ou dos) en fonction de l'état de la mer (Beaufort 1 à 2 et 3 à 4).

| Signal | Beaufort [1;2] | Beaufort [3;4] |
|----------|----------------|----------------|
| Souffles | 48% | 86% |
| Dos | 52% | 14% |
| n | 43 | 83 |

2.4.3.3 Relation entre la saison d'abondance des grands cétacés et les signaux de détection

Les proportions d'indices de détections initiales en fonction de la saison d'abondance font l'objet du traitement présenté dans le Tableau 20. Il révèle que, quelle que soit la saison, près des ¾ des signaux détectés par le scientifique sont des souffles. Cette proportion est tout à fait comparable pour les signaux détectés par les officiers, mais uniquement en période de forte présence d'animaux (76 % de souffles). Malgré le faible effectif (n=10) qui pondère ce résultat, il semblerait que, par faible abondance, le taux de dos décelés par les officiers diminue fortement, passant de 24 % à 10 %.

Tableau 20 : Comparaison des indices des détections initiales de chaque catégorie d'observateurs en fonction de l'abondance des Rorquals communs (juin à août : saison de forte abondance ; avril et mai, puis de septembre à janvier : saison de faible abondance).

| | Faible abondance | | | | Forte abondance | | |
|--------------|------------------|-----|----|--|-----------------|-----|----|
| | Souffles | Dos | n | | Souffles | Dos | n |
| Officiers | 90% | 10% | 10 | | 76% | 24% | 25 |
| Scientifique | 72% | 28% | 30 | | 73% | 27% | 61 |

2.4.3.4 Influence de l'état de la mer sur les signaux de détection et les distances

Suivant le schéma précédemment appliqué pour les distances et les gisements des détections, voyons maintenant l'influence de l'état de la mer sur les signaux de détection pour chaque tranche de distance. Le Tableau 21 illustre le fait que, d'une manière générale, on détecte une majorité de dos (80%) par force 1 et 2 dans la bande des zéro à ½ mille, et ce phénomène s'inverse par forces 3 et 4 (25%). Dans tous les cas, plus l'on s'éloigne du navire, plus l'on détecte de souffles au détriment des dos. Toutefois, pour les distances supérieures à 0,5 mille, l'œil du scientifique semble plus apte à détecter les dos que celui des officiers, phénomène particulièrement visible par force 1 et 2 Beaufort (48% contre 22% de 0,5 à 2 MN, et 17% contre 0% au-delà de 2 MN). Notons enfin qu'aucun souffle n'est détecté par le scientifique dans la bande 0 à 0,5 mille par mers calmes.

Tableau 21 : Pourcentages de signaux détectés (souffles ou dos) en fonction de l'état de la mer (Beaufort 1 à 2 et 3 à 4) et de la gamme de distances.

| FORCE BEAUFORT 1 ET 2 | | | | | | | | | |
|------------------------|-----------|----------|---|--------------|----------|----|-------|----------|----|
| Distance | OFFICIERS | | | SCIENTIFIQUE | | | TOTAL | | |
| | Dos | Souffles | n | Dos | Souffles | n | Dos | Souffles | n |
| Au-delà de 2 milles n. | 0% | 100% | 1 | 17% | 83% | 6 | 14% | 86% | 7 |
| De 0,5 à 2 milles n. | 22% | 78% | 4 | 48% | 52% | 17 | 42% | 58% | 22 |
| De 0 à 0,5 mille n. | 67% | 33% | 9 | 100% | 0% | 6 | 80% | 20% | 15 |

| FORCE BEAUFORT 3 ET 4 | | | | | | | | | |
|------------------------|-----------|----------|----|--------------|----------|----|-------|----------|----|
| Distance | OFFICIERS | | | SCIENTIFIQUE | | | TOTAL | | |
| | Dos | Souffles | n | Dos | Souffles | n | Dos | Souffles | n |
| Au-delà de 2 milles n. | | | | 0% | 100% | 17 | 0% | 100% | 17 |
| De 0,5 à 2 milles n. | 0% | 100% | 8 | 13% | 87% | 31 | 10% | 90% | 39 |
| De 0 à 0,5 mille n. | 8% | 92% | 13 | 42% | 58% | 14 | 25% | 75% | 27 |

2.4.4 Cas particulier des observations dont la météo n'est pas compatible avec la méthode du transect de ligne

Seuls 8 contacts de Rorquals ont été recensés au-delà de force 4 Beaufort, équitablement partagés entre le scientifique et les officiers, sur un total de 2 100 milles nautiques dont 1 900 milles effectués par force 5 et 200 milles par force 6 ou 7 (exceptionnel). Six de ces contacts ont eu lieu en période de forte abondance (9 individus) et les 2 restants en période de faible abondance (2 individus). Aucun grand cétacé n'a été détecté au-delà de force 5.

Le Tableau 22 montre que, par force 5, on détecte entre 1/3 et 2 fois moins de Rorquals que par force 1 à 4.

Tableau 22 : Comparaison des indices d'abondance relatifs de Rorquals communs calculés en fonction de l'état de la mer (Beaufort ≤ 4 et Beaufort = 5) et de la saison d'abondance (juin à août : saison de forte abondance ; avril et mai, puis de septembre à janvier : saison de faible abondance).

| Indice d'abondance moyen | SAISON | | |
|----------------------------------|------------------|-----------------|------------|
| | Faible abondance | Forte abondance | Total |
| Force ≤ 4 | 0,4 | 2,3 | 1,0 |
| Force 5 | 0,2 | 1,6 | 0,6 |

Il est à noter que les forces > 4 ont été distribuées de manière relativement homogène au cours de la période d'étude puisque 8,7 % des traversées par faible abondance ont été soumises à de telles forces contre 6,1 % par saison de forte abondance.

Tous les Rorquals contactés par les officiers l'ont été en période de forte abondance et aucune détection n'a été réalisée par faible abondance. Les détections du scientifique sont équitablement réparties entre ces deux périodes.

Bien que les effectifs soient extrêmement réduits, la comparaison entre les gisements de détection des deux équipes semble très proche de celle des gisements observés par force < 5 (Figure 49) puisque :

- les $\frac{3}{4}$ des observations des officiers ont été faites au-delà de 30° et,
- les $\frac{3}{4}$ des observations du scientifique ont été faites sur des angles n'excédant pas 30° par rapport à l'axe du navire.

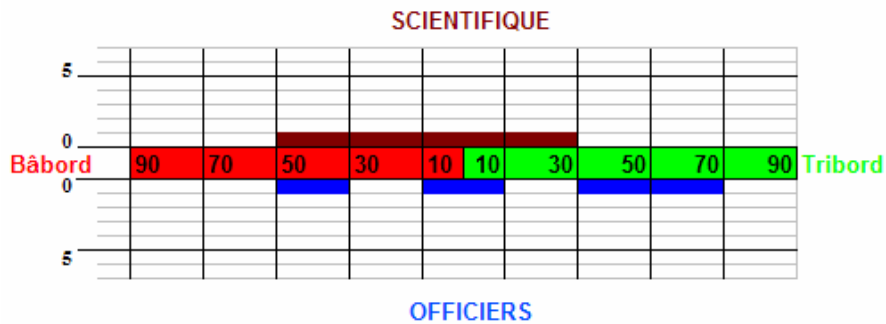


Figure 49 : Gisements des grands cétacés détectés par équipe (scientifique ou officiers) par mer >4 Beaufort. Les gisements des détections sont représentés en abscisses et les ordonnées réfèrent du nombre de contacts.

L'analyse des distances des détections de Rorquals réalisée au-delà de force 4 Beaufort (Tableau 23) montre que les détections des officiers s'étalent jusqu'à 2 milles nautiques et celle du scientifique jusqu'à 3 milles. Dans les deux cas, la distance maximale d'observation semble avoir été divisée par deux en comparaison avec les observations en conditions plus clémentes (§ 2.4.1.1).

Tableau 23 : Distances des détections de grands cétacés par équipe (scientifique ou officiers) et par mer >4 Beaufort.

| 3 mille n. | Scientifique | Officiers | Total |
|---------------------|--------------|-----------|-------|
| 2 milles n. | 100 | | 100 |
| 1 mille n. | 75 | 100 | 88 |
| 0,5 mille n. | 75 | 50 | 63 |
| 0 mille n. | 50 | 25 | 38 |
| <i>n (contacts)</i> | 4 | 4 | 8 |

Seuls des souffles ont permis de repérer ces animaux. Aucun dos n'a constitué de signal visuel de détection dans le bruit ambiant que constitue la mer par force Beaufort > 4.

Enfin, sur les 350 milles nautiques effectués par visibilité < 7 (10 MN), seuls deux Rorquals ont été détectés. Ces détections ont été réalisées par le scientifique (visibilité = 5, soit 1 MN). L'une d'entre elle a nécessité une manœuvre d'évitement (le 2 octobre à bord du NGV *Liamone* sur une traversée Nice-Ajaccio).

2.4.5 Recensement des manœuvres d'évitement de grands cétacés

Lors du repérage d'un grand cétacé sur l'avant du navire, et dès lors que les officiers suspectent une probabilité de collision, le NGV est manœuvré. Le Tableau 24 recense ces manœuvres. La ligne « Nb de déviations effectives » fait état de toutes les manœuvres d'évitement. La ligne « Nb de déviations corrigé des déviations inutiles » soustrait à la valeur précédente les manœuvres qui auraient pu être évitées. Ainsi, cette dernière ligne expose le nombre de baleines vraisemblablement en route de collision avec le NGV, sans pour autant avoir les moyens d'affirmer qu'un point d'impact aurait eu lieu en l'absence de déviation (les protagonistes pouvant se croiser à quelques mètres seulement).

Tableau 24 : Comparaison entre le nombre de déviations effectives et le nombre de déviations corrigé des déviations inutiles en période de forte abondance (juin, juillet, août) et de faible abondance (avril, mai puis de septembre à janvier).

| | Toutes conditions météo | | En transect seulement | |
|--|-------------------------|------------------|-----------------------|------------------|
| | Forte abondance | Faible abondance | Forte abondance | Faible abondance |
| Nb de déviations effectives | 18 | 3 | 4 | 0 |
| Nb de déviations corrigé des déviations inutiles | 13 | 3 | 1 | 0 |

La comparaison entre « déviations effectives » et « déviations corrigées » permet de constater qu'en période de forte abondance, $\frac{1}{3}$ (toutes conditions météo) à $\frac{3}{4}$ (en transect) des déviations recensées auraient pu être évitées.

Notons enfin qu'en période de forte abondance, les déviations recensées ont toutes eu lieu en juin.

2.4.6 Analyse des fiches d'observation de passerelle

La comparaison des données recueillies en transect avec les données rapportées dans les fiches d'observation en passerelle fait l'objet du Tableau 25. Dans une première ligne, on y trouve les données transcrites sur les fiches et, dans une seconde ligne, les données recueillies sur le terrain pendant l'étude (les taux indiqués sont basés sur un nombre de contacts). Alors que le taux de contacts des grands cétacés ne représente qu'un tiers des observations en transect, l'analyse des données relevées par les officiers lorsque le scientifique n'est pas à bord donne des taux identiques pour les grands et les petits cétacés : il est clair que les officiers n'ont pas la possibilité de tout noter.

Tableau 25 : Comparaison du taux de contacts de petits ou grands cétacés entre les fiches des passerelles (tous NGV confondus) et les données recueillies par le scientifique.

| | Petits cétacés | Grands cétacés | n |
|-------------------------|----------------|----------------|-----|
| Fiches des passerelles | 48 % | 52 % | 221 |
| Données du Scientifique | 68 % | 32 % | 463 |

L'exploitation des fiches passerelles remplies par les officiers durant notre étude a aussi montré de grandes dissemblances entre les navires. C'est ainsi que l'on recense 191 observations sur les fiches du NGV *Liamone*, contre 20 seulement pour le NGV *Asco* et 12 pour le NGV *Aliso*³⁰. Le maximum d'observations ayant été fait à bord du NGV *Liamone*, nous avons choisi de comparer les proportions d'observations des différentes bordées de ce navire au sein du Tableau 26.

³⁰ Le taux de milles nautiques parcourus par le NGV *Liamone* (49%) est le plus important des 3 unités (17% pour le NGV *Asco* et 34% pour le NGV *Aliso*). Mais aucun rapport ne peut être établi entre ces proportions et les taux d'observation sur les fiches des 3 NGV (respectivement 86%, 9% et 5%).

Tableau 26 : Comparaison du taux de contacts de petits ou grands cétacés à bord du NGV Liamone en fonction des différentes bordées (Commandant A, B, C ou D), et comparaison avec les observations faites par le scientifique.

| | OFFICIERS | | | SCIENTIFIQUE | | |
|-------|----------------|----------------|----------|----------------|----------------|----------|
| | Petits cétacés | Grands cétacés | <i>n</i> | Petits cétacés | Grands cétacés | <i>n</i> |
| Cdt A | 64 % | 36 % | 109 | 68 % | 32 % | 463 |
| Cdt B | 25 % | 75 % | 32 | | | |
| Cdt C | 53 % | 47 % | 15 | | | |
| Cdt D | 50 % | 50 % | 38 | | | |

Les taux de contacts observés par la bordée du Commandant A sont très proches des taux notés par le scientifique (36 % et 32 % de grands cétacés). Les effectifs à eux seuls sont parlants puisque le nombre de contacts relevés par cette même équipe est quatre fois supérieur au nombre de contacts relevés par les autres officiers (pour un nombre de milles effectués sensiblement identique, puisque les quatre bordées se relaient à intervalles réguliers). Le Commandant B semble préférentiellement noter les contacts de grands cétacés (75 %). Les Commandants C et D, quant à eux, présentent des taux de détection de grands et de petits cétacés sensiblement équilibrés mais les effectifs sont très faibles.

L'information « distance d'observation » fait défaut sur les fiches d'observations en passerelle qui ont été conçues avant cette étude et qui ne sont pas prévues pour répondre à de telles exigences. Cependant, à bord des NGV *Aliso* et *Asco*, nous avons pu mettre en place des fiches spécifiques qui ont été remplies pendant un temps. Malgré le faible nombre de données (*n*= 25 pour les grands cétacés), nous avons voulu comparer ces observations avec celles des officiers lorsque le scientifique est à bord (Tableau 12 du § 2.4.1.1). Cette comparaison permet de constater que l'effort d'observation exercé par les officiers semble bien plus important à proximité du navire (de 0 à 0,5 MN) lorsque le scientifique n'est pas à bord (+ 28% par rapport au Tableau 12).

Tableau 27 : Pourcentages cumulés des observations initiales de grands cétacés relevées sur les fiches passerelle à bord des NGV *Aliso* et NGV *Asco*.

| | | |
|--------------|---|-----|
| 6 milles n. | | |
| | 5 | |
| 4 milles n. | | |
| | 3 | 100 |
| 2 milles n. | | |
| | 1 | 95 |
| 0,5 mille n. | | |
| 0 mille n. | | 89 |
| n (contacts) | | 25 |

2.5 EXAMEN DES CAS DE COLLISIONS

Sur les 62 Commandants interrogés en 2002 sur les collisions rencontrées lors de leurs traversées en tant qu'officier SNCM, 27 ont répondu, dont l'intégralité du personnel en activité (8 personnes). Pour répondre aux besoins du présent travail, nous avons extrait de la liste ainsi obtenue les accidents impliquant des NGV (Tableau 28)

Tableau 28 : Collisions connues entre les NGV de la SNCM et des grands cétacés depuis 1998 (année de mise en service des NGV).

| Date | Heure | Nom navire | Ligne | Lieu | Espèce | Impact navire | Impact animal | Remarques |
|----------|---------|------------|----------------|----------------------|----------------|-------------------------------------|-----------------------|--|
| 6/08/98 | 22 :48 | NGV Asco | Ajaccio - Nice | 43°05' E 07°48' N | Rorqual commun | T-foîl et système hydro. endommagés | Décès | Clair de lune, souffle vu au ras de l'étrave |
| 2/08/99 | 23 :00 | NGV Aliso | Ajaccio - Nice | 42°28' N 08°13' E | Rorqual commun | T-foîl et système hydro. endommagés | Décès | Nuit noire, mer calme et fluorescente. Navire rapatrié vers Ile-Rousse. |
| 15/04/00 | journée | NGV Aliso | Calvi - Nice | 43°22' N 07°41' E | Rorqual commun | T-foîl et système hydro. endommagés | Collision post mortem | Animal vu à l'aller, percuté au retour malgré une attention soutenue |
| 30/08/04 | 13 :45 | NGV Asco | Calvi - Nice | 43°23' N 07°40' E | Ignorée | Néant | Inconnu | Aucun animal n'a été vu. Un choc a été ressenti puis du sang aurait été vu dans le sillage |

Parmi les 23 collisions connues depuis 1958 sur l'ensemble de la flotte SNCM, seuls 3 cas impliquent des NGV entre 1998 et 2001 (et un cas suspect en 2004 que nous ne mentionnerons plus par la suite compte tenu de son caractère incertain).

Il apparaît que les deux collisions qui mettent avec certitude en scène des animaux vivants ont eu lieu de nuit, aux alentours de 23 heures. La seule collision véreuse de jour fait état d'un animal mort.

Les trois exemples de heurts entre NGV et grands cétacés illustrent la fragilité des appendices de stabilisation : en août 1998, le T-Foil du NGV Asco a été perdu et, sous le choc, a provoqué une ouverture entraînant une voie d'eau. En août 1999 et en avril 2000, le NGV Aliso a connu les mêmes avaries, malgré l'installation d'une maille sèche destinée à éviter le perçage de la coque (cf. Introduction, p. 5).

3 DISCUSSION

Cette étude est pionnière par ses objectifs et les spécificités des plates-formes utilisées. Nous nous essaierons toutefois, au cours de ce chapitre, à comparer nos résultats avec ce que nous connaissons de l'écologie des cétacés concernés et, lorsque cela sera possible, à nos connaissances sur la détectabilité des cétacés depuis les NGV.

3.1 Peuplement rencontré et comparaisons préliminaires des résultats obtenus en matière de monitoring

Les six espèces du peuplement régulier de Méditerranée nord occidentale (§ 1.1.2) ont été rencontrées au cours des traversés à bord des NGV. Cette partie a pour but de vérifier si, dans leur globalité, les éléments écologiques recensés depuis ces unités respectent les tendances connues sur la zone.

3.1.1 Petits cétacés

Pour étudier cette hypothèse en ce qui concerne nos observations de petits cétacés, nous prendrons l'exemple du Dauphin bleu et blanc. Forcada et coll. (1995) expliquent qu'avec 25 330 individus (C.V.=25,3%) pour l'unique bassin Corse-Ligure, cette espèce est la plus représentée en Méditerranée nord-occidentale. Cette prédominance spécifique se retrouve effectivement dans nos résultats puisque les contacts de Dauphins bleu et blanc constituent 71% de nos observations. Une campagne d'étude des cétacés du large réalisée la même année que nos prospections (2001) et dans la même zone (Sanctuaire Pelagos) dans le cadre de programme Cap Ligure (David et Di-Méglio, 2001) offre aussi un taux de contacts de Dauphins bleu et blanc prépondérant, mais nettement inférieur à nos résultats (53 %, sur 6 espèces rencontrées). Lors de cette même campagne, le taux de rencontre de dauphins bleu et blanc en nombre d'individus est, en revanche, tout à fait comparable à celui calculé par nos soins et (respectivement 93 % et 91 %).

La taille moyenne des groupes calculée par nos soins (12,5 individus, cf. § 2.1) est sensiblement plus faible que celle calculée par David et Di-Méglio au cours de la même année (24 individus, $n = 55$, écart-type non précisé). Soulignons toutefois une limite importante à cette comparaison : nos calculs sont relatifs à une période allant de mai à janvier alors que la campagne susmentionnée a consisté en 19 jours d'observation entre les mois de juillet et d'août uniquement. Ainsi, sur la base de travaux antérieurs (Gannier, 1998 et Di-Méglio, 1999), les mêmes auteurs proposent des effectifs moyens par groupe plus conformes à nos propres résultats (12,3 à 19,4, effectifs et écart-types non précisés). Il ressort de cette analyse que nos résultats en matière de taille moyenne des groupes ne dénotent pas franchement avec les valeurs connues mais se situent dans la partie basse de la fourchette. Il est impossible à ce stade de préciser si ce constat reflète la structure réelle des groupes présents sur la zone en 2001 ou s'il est lié à un biais propre aux NGV (vitesse) ou au protocole utilisé (concentration de l'effort sur les grands cétacés).

Même si, globalement, nos résultats sont conformes avec ce que l'on connaît de la biologie des dauphins bleu et blanc sur la zone, des perspectives qui dépassent les objectifs de ce travail (e.g. monitoring des populations des petits cétacés pélagiques depuis les NGV) nécessiteraient d'approfondir cette analyse compte tenu des interrogations laissées en suspend.

Nous ne nous engagerons pas dans un travail de comparaison concernant les petits cétacés côtiers (Grand dauphin, Dauphin commun) ou fréquentant le talus (Dauphin de Risso) vu les faibles effectifs de nos observations les concernant. Il est clair que ni notre protocole ni les caractéristiques d'exploitation des NGV ne permettent d'envisager une quelconque analyse relative à ces espèces.

3.1.2 Globicéphale, Cachalot et Orque épaulard

Les Globicéphales et Cachalots ne pourront pas non plus faire l'objet d'analyses et de comparaisons poussées compte tenu du faible nombre d'animaux contactés. Mais nous nous y attarderons toutefois un minimum au vue des implications potentielles de ces espèces en matière de risque de collision (§ 1.1.2).

La comparaison du taux de contacts de Globicéphales (6% des grands cétacés) avec le taux d'individus (35%) confirme le caractère grégaire de l'espèce qui constitue des groupes souvent importants (phénomène détaillé § 1.1.2). La taille des groupes contactés en transect est variable (2 observations de 9 individus, une observation de 14 et une de 23 individus) mais reste tout à fait conforme à celles notées par Roussel et coll. (2000) entre 1995 et 1998 en Méditerranée nord-occidentale dans le cadre du programme Poséidon (entre 1 et 75 individus selon les groupes). Concernant la saisonnalité des Globicéphales sur la zone (également décrite § 1.1.2), nos observations en transect et aléatoires corroborent une arrivée en début d'été et semblent indiquer que les animaux ont quitté la zone dès la fin du mois d'août (relativement précoce). A noter toutefois que l'observation du 9 avril faisant état d'un groupe de 23 individus est particulière et se détache singulièrement de ce schéma.

Concernant la distribution des Globicéphales, les positions des animaux contactés depuis les NGV sont conformes aux résultats du travail de Roussel et coll. (2000) : ils se répartissent principalement sur la limite entre la plaine et le talus, avec quelques observations au dessus de grands fonds, sans toutefois être au centre du bassin, comme le montre la Figure 50.

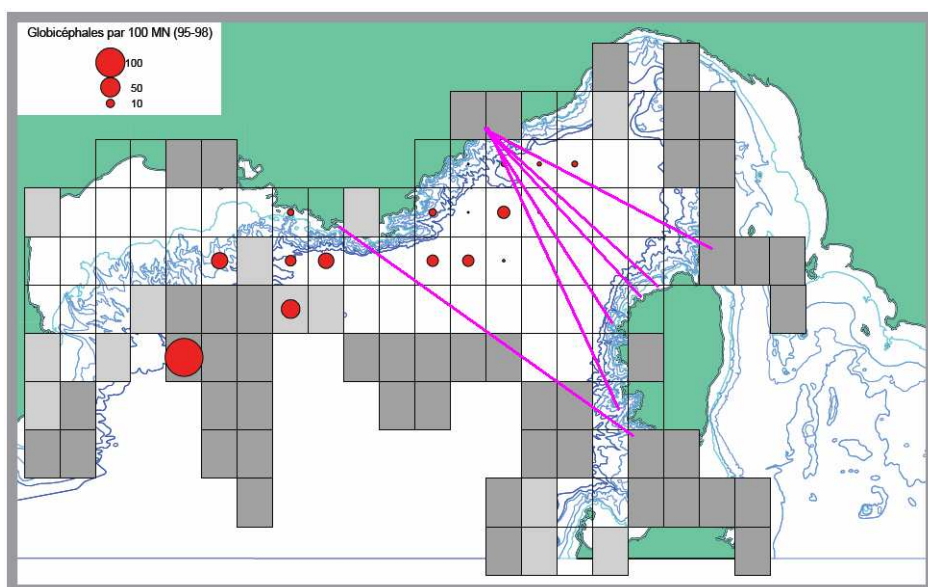


Figure 50 : Distribution générale des Globicéphales (ind.100MN⁻¹) en Méditerranée nord-occidentale (moyenne de juin à septembre, et de 1995 à 1998). Les quadrilatères (20 minutes d'angle) blancs correspondent aux zones où l'effort d'observation permet une exploitation fiable des données (minimum de 40 milles nautiques). Le gris clair (40 à 20 MN d'effort) informe d'un manque de sûreté accompagnant l'information et les zones en gris foncé (effort < 20 MN) ne fournissent qu'une information d'ordre qualitatif (des observations ont été faites à cet endroit). Carte issue du Programme Poséidon (Roussel et coll., 2000) sur laquelle nous avons rajouté les routes parcourues par les NGV en 2001 (en rose).

En conclusion pour cette espèce, le faible nombre de contacts recensés lors de notre étude (4 en transect et 3 aléatoires) indique que, de manière générale, les routes parcourues par les NGV croisent peu l'habitat préférentiel du Globicéphale, hypothèse confirmée par l'examen de la Figure 50.

Concernant le Cachalot, nos 5 observations en transect, ainsi que la Figure 51 issue du travail de Roussel et coll. (2000), semblent montrer que l'habitat de l'espèce est peu fréquenté par les NGV, si ce n'est au niveau de la tête du canyon du Var, zone dans laquelle les observations aléatoires font état d'un groupe supplémentaire de 2 individus. Un travail de thèse récent (Drouot, 2003) complète nos connaissances sur la distribution du Cachalot, notamment par le biais d'observations acoustiques. La Figure 52 en est tirée et confirme la présence modeste du Cachalot sur les routes empruntés par les NGV, tout en permettant de constater que des rencontres pourraient avoir lieu sur les lignes Nice-Balagne (à proximité de la côte au départ et au centre du bassin), Nice-Ajaccio (à proximité de la côte occidentale corse) mais aussi Toulon-Propriano (sur le 1^{er} cinquième de la traversée), ce que nos observations n'avaient pas permis d'envisager.

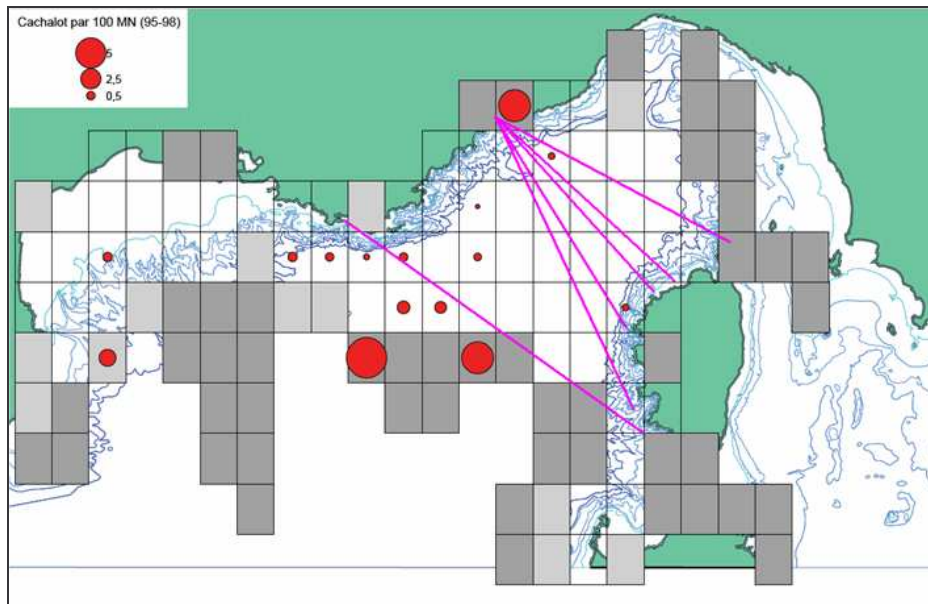


Figure 51 : Distribution générale des Cachalots (ind.100MN⁻¹) en Méditerranée nord-occidentale (moyenne de juin à septembre, et de 1995 à 1998). Les quadrilatères (20 minutes d'angle) blancs correspondent aux zones où l'effort d'observation permet une exploitation fiable des données (minimum de 40 milles nautiques). Le gris clair (40 à 20 MN d'effort) informe d'un manque de sûreté accompagnant l'information et les zones en gris foncé (effort < 20 MN) ne fournissent qu'une information d'ordre quantitatif (des observations ont été faites à cet endroit). Carte issue du Programme Poséidon (Roussel et coll., 2000) sur laquelle nous avons rajouté les routes parcourues par les NGV en 2001 (en rose).

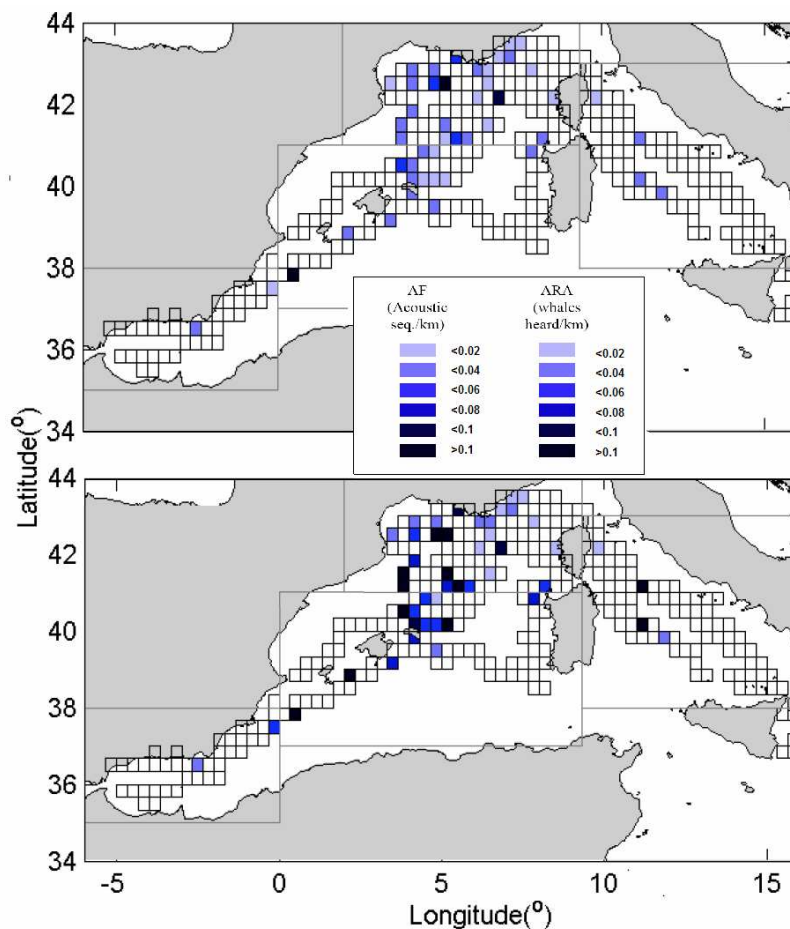


Figure 52 : Cartes des Fréquences Acoustiques (AF, en haut) exprimée en séquences acoustiques émises par des Cachalots/km et des Abondances Relatives Acoustiques (ARA, en bas), exprimée en Cachalot entendu/km (d'après Drouot, 2003).

Enfin, concernant l'observation d'Orque rapportée par les officiers du NGV Liamone (cf. § 2.1), mentionnons que Visser et Fertl (2000) ont montré que l'espèce (un grand cétacé de 5 tonnes et plus de 8 mètres pour les mâles), pouvait être soumise aux collisions à travers le monde. Cependant, compte tenu de sa présence rare sur la zone, tout laisse à penser que le danger avec cette espèce est négligeable. La littérature ne mentionne d'ailleurs aucune collision impliquant l'Orque dans la région.

3.1.3 Rorqual commun

Notre échantillon d'observations relatif au Rorqual commun permet d'envisager un travail de comparaison plus fin que pour les précédentes espèces.

3.1.3.1 Distribution et abondance relative globales

Nos résultats concordent avec ce que l'on connaît de la présence, de l'habitat et de la saisonnalité du Rorqual commun en mer liguro-provençale, décrits au sein du § 1.1.2. :

Le taux de contacts important de Rorquals communs (90%) au regard des autres grands cétacés est à associer à la présence massive de l'espèce au sein du Sanctuaire en été. L'écrasante majorité des contacts est répartie sur des sondes supérieures à 2 000 m, ce qui confirme la distribution pélagique de cette baleine. Les 6 contacts recensés en deçà de cette limite concordent néanmoins avec le fait que quelques individus sont parfois observés dans des secteurs plus proches de la côte (e.g. Forcada et coll., 1996), ce phénomène pouvant prendre une ampleur particulière certaines années (Beaubrun et coll., 1999).

L'indice d'abondance global calculé § 2.2.1 atteste de l'arrivée massive des Rorquals en mer liguro-provençale en fin de printemps / début d'été. Nos indices (1^{ère} colonne du Tableau 29) sont d'ailleurs relativement élevés au regard de ceux habituellement calculés dans zone (2^{ème}, 3^{ème} et 4^{ème} colonne). L'exercice de comparaison est toutefois délicat vu les différences d'échantillonnage : les NGV permettent d'échantillonner des lignes précises et récurrentes alors que les campagnes scientifiques d'observation diffusent leur effort sur un secteur donné.

Tableau 29 : Comparaison des indices d'abondance relatifs (en individus / 100 MN) calculés depuis les NGV en 2001 sur les 3 axes principaux (N/B=Nice/Bastia, N/A=Nice/Ajaccio, NP=Nice/Propriano) et l'axe secondaire impliquant le port de Toulon depuis Ajaccio ou Propriano (T/A-P, entre parenthèse pour le mois de juillet) avec d'autres indices présentés par David et Di-Méglio (2001), calculés sur différentes périodes (1996, issus de données GREC/EPHE ; 1995 à 1998 - issus du programme Poséidon ; 2001, issus de données CRC/GREC) sur des zones englobant en partie les routes des NGV (C = Centre du Sanctuaire, s'étendant de la limite de l'axe Nice/Bastia à l'ouest, à la frontière occidentale du Sanctuaire à l'est et à la latitude 42°20' au sud ; SO = Sud Ouest du Sanctuaire, débutant à la latitude susmentionnée au nord, limité par la frontière de Pelagos à l'est et s'étendant jusqu'aux Bouches de Bonifacio au sud et à l'ouest) et les indices proposés dans le rapport Poséidon (Roussel et coll., 2000), relatifs à tout le bassin nord occidental (Médit. NO) de 1995 à 1998.

| | Présent travail N/B+N/A+N/P (T/A-P) | GREC/EPHE (1996) | Poséidon (95 à 98, C et SO) | CRC/GREC (2001) | Poséidon (95 à 98, Médit. NO) |
|-------|--|---------------------|--------------------------------|--------------------|----------------------------------|
| Juin | 2,3 | | | | 13,9 |
| Juil. | 1,8 (6,5) | C = 0,6 | C = 0,6 | C = 0,4 | 8,9 |
| Août | 1,3 | SO = 1 | SO = 0,4 | SO = 0,5 | 7,2 |
| Sept. | 0,7 | | | | 7,5 |

Les seuls indices d'abondance disponibles dans la littérature pour chacun des mois de juin, juillet, août et septembre concernent l'intégralité du bassin nord occidental (dernière colonne du Tableau 29) et limitent donc les possibilités de comparaison. Bien plus élevés que ceux calculés par nos soins, ils confortent néanmoins que la chute d'abondance constatées entre les mois de juin (2,3 ind./100 MN) et de juillet (1,8 ind./100 MN) se retrouve dans la globalité du bassin en des proportions relativement proches (13,9 à 8,9 ind./100 MN).

Notons que l'indice d'abondance calculé sur les traversées impliquant le port de Toulon (6,5 ind./100 MN) est sans commune comparaison avec l'indice calculé sur les trois autres axes (1,8 ind./100 MN). Bien que le faible effort d'échantillonnage sur cet axe secondaire (215 MN en transect, n=14) limite la formulation d'hypothèses, l'écart est éloquent. Il tend à être conforté par une distribution particulière des Rorquals en 2001, situés plus à l'ouest que d'ordinaire, comme en attestent plusieurs officiers de la Compagnie SNCM et les nombreuses conversations VHF échangées en mer.

En dehors des mois de mai à septembre, les indices d'abondance que nous avons calculés sont faibles (0,07 à 0,35 individus pour 100 MN) sans pour autant être nuls. Ils confirment à nouveau qu'un petit nombre d'individus hiverne sur la zone, comme montré par Gannier et Gannier (1993), Orsi Relini et coll. (1994) et Clark et coll. (2002).

3.1.3.2 Abondance relative comparée entre les axes empruntés par les NGV

L'analyse des indices d'abondance a permis de constater des variations entre les 3 radiales empruntées (§ 2.2.1). Ainsi, les deux pics parallèles de la deuxième quinzaine de juin sur les axes 1 (Ajaccio) et 3 (Bastia) pourraient traduire l'arrivée des rorquals sur la zone par le secteur Provence (ouest) et, de manière moins soutenue, par le bassin Tyrrhénien et la mer Ligure (est). Plusieurs travaux attestent en effet de l'existence de ces deux accès, empruntés par les baleines pour rejoindre et quitter la zone d'estivage : Marini et coll. (1992 et 1996a) pour la route est, Beaubrun et coll. (2001) et David et coll. (2001) pour la route ouest.

Un fait étonnant reste par contre à ce jour sans explication : au centre de la zone (axe Nice-Balagne), un pic d'abondance antérieur aux deux pics précédemment décrits a été constaté. Il pourrait être le résultat de mouvements particuliers à l'année 2001, peut-être en rapport avec la distribution spécifique précédemment évoquée (concentration des animaux à l'ouest de la zone) et dont les causes restent à élucider. Soulignons que des mouvements tournants ont déjà été mis en évidence chez les cétacés. D'après l'étude Poséidon (Roussel et coll. 2000), trois zones de concentration peuvent être définies : au centre de la mer liguro-provençale se trouve l'épicentre de la distribution du rorqual. Deux zones de transition, accueillant les animaux lors de leur passage, bordent ce secteur : située sur son pourtour, la première est principalement utilisée en juillet alors que la seconde forme une extension vers l'ouest, lorsque les animaux se dispersent en septembre. D'après David et coll. (2001), les rorquals viendraient de l'ouest et du sud en juin, se concentreraient en juillet dans la zone centrale avant de gagner doucement, dès le mois d'août, la partie septentrionale, pour, enfin, repartir vers l'ouest en septembre. Ce mouvement sud-nord et ouest-est en début de saison, et inversement en fin de saison, avait déjà été décrit par Duguy et Vallon dès 1976.

3.1.3.3 Taille des groupes

Le fait que les groupes les plus importants aient été rencontrés en été (juin à août, $\geq 1,3$ individus) est à mettre en relation avec la ressource trophique (Forcada et coll., 1996 ; Gannier, 2001), les baleines se regroupant sur les essaims formés par le krill en été et se dispersant en fin de saison.

Les effectifs moyens de groupes de Rorquals communs disponibles dans la littérature sont établis en été, sans distinction de mois. Leur comparaison quantitative avec nos résultats nécessite donc de calculer une moyenne globalisée pour les mois de juin, juillet et août, sur la base des données utilisées dans le § 2.2.2. Le résultat du calcul donne 1,4 individus (S.E. = 0,5), soit une moyenne tout à fait conforme aux valeurs indiquées dans la littérature (Tableau 30), généralement comprises entre 1,4 et 1,7 individus.

Tableau 30 : Comparaison des effectifs moyens (moy., en individus par groupe) des groupes de Rorquals communs rencontrés en Méditerranée.

| Localisation | Moy. | S.E. | Mini/maxi | n | Référence |
|---|------|------|-----------|-----|--|
| Bassin Corso-Liguro-Provençal | 2,1 | | 1-30 | 478 | Duguy et Vallon (1976) |
| Mer Ligure | 1,5 | | | 107 | Zanardelli et coll. (1992) |
| Méditerranée centrale | 1,5 | 0,2 | 1-4 | 20 | Notarbartolo di Sciara et coll. (1993) |
| Bassin Corso-Liguro-Provençal | 1,5 | 0,1 | 1-3 | 53 | Forcada et coll. (1995) |
| Bassin Corso-Liguro-Provençal | 1,4 | 0,1 | | 62 | Forcada et coll. (1996) |
| Centre de la Mer Tyrrhénienne | 1,4 | 1,2 | 1-11 | 123 | Marini et coll. (1996a) |
| Golfe du Lion + Bassin Corso-Liguro-Provençal | 1,4 | | | | Beaubrun et coll. (1997) |
| Bassin Corso-Liguro-Provençal | 1,6 | | | | Gannier (1997b) |
| Mer Ligure | 1,7 | 0,1 | 1-5 | 75 | Aioldi et coll. (1999) |
| Radiale Nice - Balagne | 1,3 | | 1-3 | 18 | Beaubrun et David (2001) |
| Bassin Corso-Liguro-Provençal | 1,5 | | | | Gannier (2001) |
| 3 axes principaux NGV | 1,4 | 0,5 | 1-3 | 56 | Présente étude |
| NO de la Méditerranée occidentale | 1,7 | 0,1 | | 58 | Gannier (2002) |

3.1.3.4 Variations de la distribution et taille des groupes

Généralement pélagiques, les Rorquals communs gagnent parfois des positions côtières comme le rappellent nos observations. Que connaît-on des fluctuations saisonnières, annuelles et interannuelles de ces comportements ?

Concernant la fluctuation saisonnière, dans un premier temps, Gannier (2001) constate un phénomène de déconcentration du large vers toute l'étendue du domaine en fin d'été qui pourrait être lié à un étalement des animaux dans leur recherche de nourriture. Nos données semblent justifier cette hypothèse puisque c'est essentiellement hors période de forte abondance que l'on rencontre des individus en deçà de l'isobathe 2 000 m (Tableau 31 et Tableau 32).

Tableau 31 : Proportions de Rorquals présents en deçà de l'isobathe 2 000 m (relevés effectués en transect majorés des relevés effectués hors routes utiles mais répondant aux impératifs météo du transect. Deux positions contactées en deçà de 2 000 m n'ont pas été considérées comme côtières car les animaux étaient en bordure du talus où celui-ci est large).

| | juin à août | septembre à mai |
|---------|-------------|-----------------|
| % | 0 | 12 |
| n total | 80 | 34 |

Tableau 32 : Proportions de Rorquals présents en deçà de l'isobathe 2 000 m (données aléatoires).

| | juin à août | septembre à mai |
|---|-------------|-----------------|
| % | 7 | 15 |
| n | 81 | 19 |

Partant du principe que le caractère pélagique des Rorquals communs est lié à la présence estivale de leur ressource alimentaire (*Meganyctiphanes norvegica*) sur des profondeurs supérieures à 2 000 m (Orsini Relini et Giordano, 1992), une hypothèse a été proposée pour expliquer ce phénomène de déconcentration : Gannier (2001) suppose que la recherche de la ressource alimentaire, de moins en moins abondante à la fin de l'été, pourrait pousser les animaux à étaler leur répartition jusqu'aux sondes les moins profondes. Cette dispersion serait également à l'origine du caractère essentiellement solitaire des individus rencontrés à partir de la fin de l'été, contrairement au cœur de la saison estivale où les animaux seraient ressemblés en groupes à proximité de la ressource alimentaire.

Concernant la fluctuation de la répartition des rorquals d'une année sur l'autre, dans un second temps, des observations attestent que, certaines années, des individus s'approchent du talus ou pénètrent le plateau continental, y compris en période estivale. Rappelons que ce fut le cas en 1997, où plusieurs rorquals furent observés dans les zones les moins profondes du Golfe du Lion dès le mois de juin (Beaubrun et

coll., 1999). D'après Gannier (2001), ces fluctuations inter annuelles seraient probablement dues au succès de reproduction de *Meganyctiphanes norvegica* : dans le cas d'une faible abondance de cette proie, et comme en fin d'été de manière générale, la recherche de la ressource alimentaire pousserait les animaux à étaler leur répartition jusqu'aux sondes les moins profondes. Cette dispersion serait, ici aussi, à l'origine du caractère essentiellement solitaire des individus rencontrés durant ces étés particuliers. L'auteur constate aussi que c'est toujours au mois d'août que les rorquals sont présents sur des positions plus côtières que d'ordinaire et que ce phénomène ne se rencontre jamais en juillet. Les données aléatoires recueillies par nos soins confortent cette hypothèse puisque 2 observations sur 27 ont un caractère côtier au mois d'août contre 0/14 en juillet (et 0/40 au mois de juin).

Par ailleurs, sur 10 ans de relevés, Gannier (2001) note que l'effectif moyen des groupes demeure stable au sein d'une même année pour les mois de juillet et août. L'auteur pense ainsi que la situation trophique semble être fixée dès le mois de juillet. En effet, compte tenu de la saison de reproduction de *Meganyctiphanes norvegica* (de février à mai) la biomasse de krill disponible pour tout l'été est fixée dès la fin du mois de mai. De ce fait, en fonction de la taille moyenne des groupes calculée dès le mois de juin, on pourrait déterminer la situation dans laquelle on se trouvera durant l'été (répartition pélagique stricte si moyenne $\geq 1,7$ ou répartition étalée si moyenne $\leq 1,3$). Nos données semblent valider ce principe puisque la taille moyenne des groupes de rorquals calculée en juin est égale à 1,3 (§ 2.2.2) et que plusieurs données aléatoires font état d'individus contactés près des côtes (§ 2.2.1) en cette année 2001.

3.2 Discussion des résultats exploratoires obtenus en matière d'éthologie des Rorqual communs

3.2.1 Fluctuations horaires des caps suivis par les animaux en déplacement

Une analyse des caps de Rorquals enregistrés durant notre étude a permis de dégager une vraisemblable disposition des animaux à adopter des tendances NO dans la matinée et SO à SE dans l'après midi et en soirée (§ 2.3.1). L'étude préliminaire à bord des NGV réalisée en 1999 par Beaubrun et David (2000) émettait déjà l'hypothèse d'une possible modification, au cours de la journée, des caps suivis par les animaux notés en déplacement (des translations NE-SW de faibles amplitudes avaient été notées).

A des fins de comparaison, un traitement sur la base des 6 tranches horaires solaires précédemment définies a été appliqué aux données recueillies en 1999. Le résultat fait l'objet de la Figure 53.

Les données collectées dans le cadre de cette campagne préliminaire sont réduites et ne permettent pas de couvrir les 6 tranches horaires définies. Pour ces raisons, les déductions sont limitées. Les cartes obtenues font toutefois apparaître qu'au fur et à mesure de l'avancée de la matinée, les animaux qui semblaient tôt se diriger vers le SO, paraissent prendre une direction SE en fin d'après-midi (l'effectif réduit de la tranche 4 ne permet pas d'interprétation). On retrouve donc dans ce schéma les composantes ouest en matinée et sud en milieu d'après midi qui avaient été constatées avec les données recueillies lors de nos propres traversées.

Ce mouvement tournant des tendances des orientations est très certainement à mettre en relation avec les positions du soleil durant la journée, les rorquals semblant ne pas vouloir faire route face à lui. Nous savons aussi que les baleines suivent des caps réguliers et constants lorsqu'elles sont en phase de voyage, à la recherche d'essaims de krill sur lesquels elles adoptent alors un schéma en circonvolutions (Jahoda et coll., 2003). Mais aucune étude scientifique ne documente ces mouvements, en Méditerranée, à l'échelle du rythme nyctéméral. Enfin, aucune relation particulière n'a pu être mise en évidence entre ces mouvements et la position géographique des animaux vus dans le bassin, ou avec les saisons pendant lesquelles ils ont été observés.

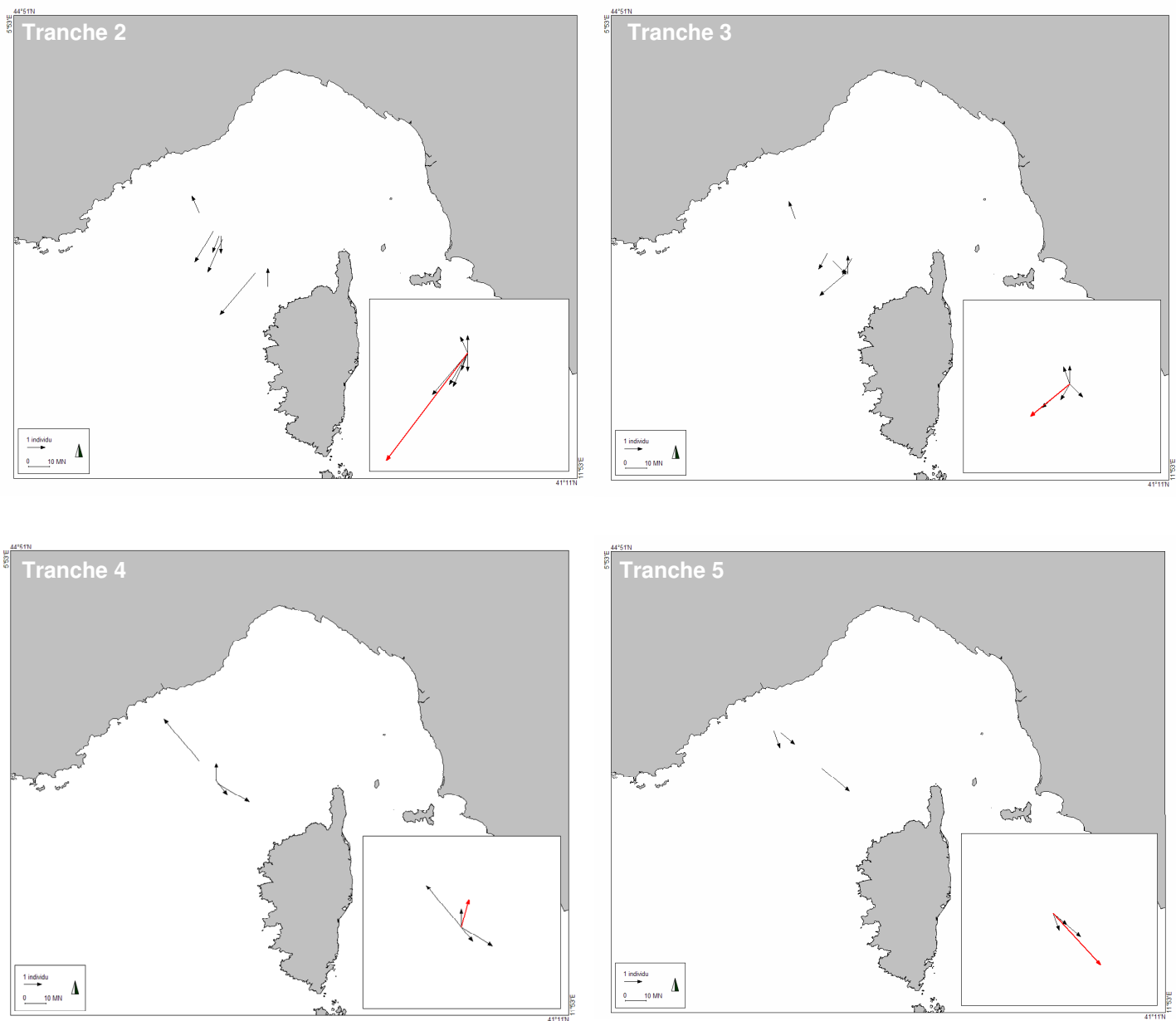


Figure 53 : Caps (vecteurs) et positions des Rorquals communs observés lors de l'étude préliminaire par Beaubrun et David (2000), distribués selon les tranches horaires définies § 2.3.1. La taille des vecteurs est fonction du nombre d'individus. Le cadre en bas à droite de chaque carte reprend les vecteurs sous forme de rose, avec leur résultante en rouge.

3.2.2 Réactions des Rorquals à l'approche des NGV

Les phénomènes de réaction des cétacés aux navires varient considérablement d'une espèce à l'autre, d'une population à l'autre et sont également fonction du lieu et des caractéristiques du trafic. Leur estimation nécessite l'application de protocoles spécifiques et de nombreuses heures d'observation, depuis une unité indépendante.

Aucune étude circonstanciée ne traite du comportement des cétacés face au passage de navires rapides mais nous savons que, généralement, les animaux réagissent aux bateaux en présence. Ainsi, Stone et coll. (1992) ont montré que les Rorquals communs du Golfe de Maine (Atlantique Nord) augmentaient leurs durées de plongée et diminuaient significativement leur nombre de souffles par séquence. En Méditerranée, Notarbartolo di Sciara et coll. (1996) expliquent que les Rorquals communs ne sont perturbés que par les bateaux qui les approchent (les animaux tendent alors à accélérer tout en suivant une course hésitante ou en zigzags). Ce n'est là aucunement le cas des NGV qui ne se préoccupent jamais de s'approcher des animaux rencontrés. Toutefois, ce schéma d'approche est indirectement induit lorsqu'un Rorqual se situe sur la route d'un NGV. On pourrait trouver en ce constat la raison du changement de comportement manifeste des Rorquals mis en évidence lors de l'approche du NGV, entre 0 et 0,3 MN (§ 2.3.2.1)

3.2.3 Comparaison des observations entre les trajets aller et les trajets retour

Lors de l'étude préliminaire, Beaubrun et David (2000) avaient émis l'hypothèse d'une possible fuite des grands cétacés suite au passage des NGV. Les données récoltées en 1999 faisaient en effet apparaître que le nombre de contacts de Rorquals était divisé par 2,6 entre l'aller et le retour. Le traitement proposé § 2.3.2.2 n'a pas permis de confirmer cette hypothèse puisque les distances sur lesquelles nous avons noté moins d'observation au retour sont tout à fait comparables à celles sur lesquelles plus de baleines ont été vues (20,7 % et 21,8 % : aucune réaction de fuite ou d'attrait ne peut être mise en évidence).

3.3 Détectabilité et comparaisons de détections entre les deux équipes

L'étude préliminaire réalisée en 1999 (Beaubrun et David, 2000 ; Beaubrun, Capoulade et David, 2001) est l'unique référence disponible sur la détectabilité des cétacés depuis des navires rapides. Sur cette base, ce chapitre dresse brièvement le bilan des hypothèses confirmées ou invalidées par nos résultats en matière de comparaison des observations entre les deux équipes. Il fait également le point sur les avancées que le jeu de données du travail préliminaire n'avait pas permis de constater.

3.3.1 Etendue de l'effort d'observation

Notre travail (§ 2.4.1) a permis de confirmer et de préciser le phénomène de concentration de l'attention des officiers à proximité du navire, déjà évoqué dans le rapport préliminaire (75 % des détections de grands cétacés étaient dénombrés jusqu'à 0,5 MN, contre 61 % pour notre propre jeu de données). Certains officiers estiment d'ailleurs ne pas pouvoir détecter un Rorqual au-delà de 1 mille nautique (Cdt Lopez, com. pers.). L'échelonnement sur la gamme des distances des détections effectuées par le scientifique est comparable entre les deux travaux (entre 0 et 6 MN, chronologiquement 87 % et 95 % jusqu'à 4 MN).

Ensuite, dans les deux travaux, on retrouve une nette prédisposition des officiers à repérer les petits cétacés (chronologiquement 78 % et 71 % de la totalité des cétacés détectés). Dans le rapport préliminaire, la tendance semblait littéralement opposée pour le scientifique qui détectait 71 % de grands cétacés. Notre étude fait apparaître ici une dissimilitude puisqu'en réalité, le scientifique ne totalise que 36 % de grands cétacés sur l'ensemble de ses détections. Nos résultats restent cependant en accord avec une propension à détecter les grands cétacés en faveur du scientifique (36 %, contre 29 % pour les officiers), celui-ci étant essentiellement concentré sur les indices visuels émis par les baleines.

Enfin, concernant les points que le travail préliminaire n'avait pas permis de soulever, nos propres investigations auront révélé que :

- 80 % des détections de grands cétacés faites entre 0,5 et 2 milles nautiques sont à attribuer au scientifique et ce taux atteint 96 % au-delà de 2 milles nautiques.
- L'état de la mer et la saison conditionnent peu les détections réalisées par le scientifique mais influencent de manière importante celles faites par les officiers (diminution des distances de détection avec l'accroissement du bruit ambiant ou en saison de faible abondance).
- Le pourcentage de souffles détectés augmente au détriment des dos et est en relation avec l'éloignement. Ce constat suit en toute logique ce que l'on connaît de la détectabilité des souffles, plus visibles à distance qu'un dos, de par leur hauteur et leur $\bar{\sigma}$ (rapport signal bruit) plus important (cf. § 1.3.1.2).
- Le scientifique ne détecte aucun dos par mer calme jusqu'à 0,5 MN. Ce phénomène est à mettre en relation avec la capacité du scientifique à détecter les animaux qui présentent des souffles soutenus depuis de grande distance alors que ceux dont le souffle est peu « expressif » sont détectés plus près et par l'intermédiaire de leur dos.

3.3.2 Gisement des détections

Le rapport préliminaire avait déjà montré que le scientifique concentrait ses détections sur un angle étroit par rapport à l'axe du navire, alors que les officiers exerçaient leur effort sur un angle large. Le traitement des données recueillies en 2001 a permis de confirmer et de préciser cette tendance (§ 2.4.2) :

- 73 % des grands cétacés détectés par le scientifique sont situés dans la classe $]0^\circ ; 30^\circ]$ alors que 64 % des grands cétacés détectés par les officiers sont situés entre 30° et 90° .
- La comparaison entre les deux équipes d'observateurs sur la totalité des détections rappelle que le scientifique détecte la majorité des grands cétacés (65 à 70 %) apparus entre sur l'axe du navire et 30° , y compris dans la gamme de distance où les officiers sont le plus vigilant (0 à 0,5 MN, où le scientifique détecte les 2/3 des grands cétacés).

Le rapport préliminaire avait évoqué la possibilité d'une distorsion dans les gisements des détections effectués par les officiers, celles sur tribord semblant plus nombreuses que celles sur bâbord (respectivement 78 et 22 %). Notre jeu de données infirme cette hypothèse (biais vraisemblablement dû au faible effectif) puisque 42 % des détections sont faites sur bâbord et 41 % sur tribord (la classe centrale regroupant les 17 % restants).

En outre, en comparaison avec le travail préliminaire, notre propre travail offre des avancées par les constats suivants :

- L'influence de l'état de la mer et de la saison d'abondance des Rorquals est très importante sur les détections centrales des officiers (elles passent de 33 % à 5 % avec la dégradation du plan d'eau et de 24 % à 0 % entre la saison de forte et de faible abondance).
- L'influence de ces facteurs est imperceptible sur les détections effectuées par le scientifique (qui passent respectivement de 48 à 47 % et de 46 à 49 %).

3.3.3 Autres avancées nouvellement traitées dans le présent rapport (signaux de détection, cas particuliers dont la météo n'est pas compatible avec la méthode du transect de ligne, recensement des manœuvres d'évitement et analyse des fiches passerelles)

La comparaison des signaux visuels des détections entre les équipes (§ 2.4.3) est un élément que le rapport préliminaire n'avait pas traité. Les avancées présentées ici confirment la stabilité des observations du scientifique et, à l'inverse, la sensibilité de celles des officiers, au regard de la météo et de la saison d'abondance.

Quand à l'étude des détections faites au-delà de force 4 Beaufort (§ 2.4.4), elle montre un phénomène important : à partir de cette limite les taux de détections sont divisés par deux mais on retrouve des proportions entre les deux équipes comparables à celles précédemment exposées.

Enfin, les déviations qui auraient pu être évitées ($\frac{1}{3}$ à $\frac{3}{4}$, § 2.4.5) et les différences constatées entre les données consignées dans les fiches passerelles et celles recueillies par le scientifique (§ 2.4.6) constituent également de nouvelles avancées qui seront utilisées au cours du chapitre 4 relatif aux applications de ce travail.

3.3.4 Comparaison de nos résultats en matière de détectabilité avec ceux du rapport préliminaire : synthèse

Dans les principales lignes, le traitement des données recueillies en 2001 confirme ce que le rapport préliminaire avait déjà relevé : des modes d'observation radicalement différents entre les deux équipes mais fort complémentaires sur la gamme des distances et des gisements.

La détection correcte des grands cétacés jusqu'à 36 nœuds et force 3 Beaufort avait été mise en évidence par Beaubrun et David (2000 et 2001), à raison de 3 observateurs en passerelle (2 officiers et un scientifique). Notre travail aura permis de confirmer ce point, en précisant son extension jusqu'à 42 nœuds et force 4 Beaufort. Notons que, dans le travail préliminaire, l'une des analyses qui appuyait la détectabilité correcte des grands cétacés depuis les NGV, consistait en une comparaison avec des détections réalisées dans le même espace temps depuis un voilier. Ce couplage simultané n'a pas pu être reconduit en 2001 pour des impératifs logistiques et des raisons budgétaires. Cependant, des données recueillies depuis dans le cadre d'autres programmes de l'EPHE (Test Navire et ULM Monitoring) permettront d'ici peu de développer cette analyse (comparaison NGV / car-ferry / ULM).

Enfin, rappelons que, lors des traversés de 2001, le personnel de quart était bien évidemment au fait de l'étude et de notre rôle à bord. Cet élément amène à se poser la question de savoir si la présence d'un scientifique à bord n'a pas conduit les officiers à relâcher leur vigilance vis-à-vis des baleines. Les conditions de notre travail n'ont pas permis de tester ce point qui pourrait constituer une source de biais dans nos résultats. Cependant, témoins du sérieux dont font preuve les officiers pour assurer la sécurité des navires, nous restons persuadés que, malgré notre présence, ils ont assuré la surveillance méthodique

imposée par les responsabilités que réclament leurs tâches. L'ensemble des informations que nous avons collectées à bord nous paraît ainsi correspondre à ce qui se passe, globalement et en moyenne, sur une passerelle de NGV.

3.4 Discussion des résultats de l' « enquête collisions »

Alors qu'à bord des navires traditionnels de plus de 400 tonneaux, David et coll. (2002) soulignent que les collisions avec des cétacés sont rarement ressenties, les mêmes auteurs précisent que les impacts sont particulièrement violents depuis les unités rapides, et toujours ressentis par les officiers. De ce fait, la liste des collisions impliquant les NGV de la SNCM présentée § 2.5 peut-être considérée comme exhaustive (4 collisions depuis 1998), d'autant que l'intégralité des Commandants ayant piloté ces engins ont répondu au questionnaire.

4 AMÉLIORATION DE LA DÉTECTABILITÉ DES GRANDS CÉTACÉS ET PERSPECTIVES D'APPLICATIONS

Sur la base des résultats obtenus et des travaux ou applications existants sur le thème des collisions à travers le monde (présentés en introduction), ce chapitre dégage les applications concrètes applicables à notre problématique en quatre étapes :

- en quoi les observations des officiers et du scientifique sont-elles complémentaires ?
- que connaît-on de l'éthologie des grands cétacés qui soit susceptible d'orienter des protocoles pour améliorer leur détectabilité ?
- comment améliorer rapidement la détectabilité des grands cétacés à bord des NGV ?
- quelles autres applications et perspectives pouvons-nous envisager à court et moyen terme pour limiter les risques de collision et développer le monitoring des populations ?

4.1 Complémentarité des observateurs

Les résultats obtenus lors de notre campagne d'observation montrent que les grands cétacés sont correctement détectables depuis la passerelle des NGV, pour le trinôme d'observateurs défini. Dans un premier temps, nous définirons le mode d'observation adéquat pour optimiser leur détection puis, dans second temps, nous démontrerons combien les observations des deux équipes sont complémentaires en matière de sécurité.

4.1.1 Définition de la détectabilité utile

4.1.1.1 Distances utiles de détection

Faire porter l'effort de veille sur l'ensemble de la gamme des distances permet d'assurer une prospection homogène. Réaliser une partie des détections jusqu'à de grandes distances (≥ 2 milles nautiques) est une condition essentielle pour diminuer les risques de collision, et ce pour trois raisons :

- La première est d'ordre biologique. Une étude menée sur la zone du Sanctuaire à la demande de la SNCM (Gannier, 2001) a montré que la durée moyenne des sondes de prédation du Rorqual commun atteignait 8,6 minutes. Durant cette période, un NGV à 40 nœuds parcourt 5,7 milles nautiques. Pour le cas d'un Rorqual qui s'alimente sur la route du navire, c'est la distance théorique à laquelle l'observateur doit être capable de détecter l'animal.

- La seconde est d'ordre temporel. Repérer loin un animal signifie avoir le temps d'analyser la situation, compte tenu de la vitesse des NGV. Définir le nombre d'individus présents, leur comportement et leur cap éventuel revêt une importance capitale : s'écarter de sa route pour éviter une baleine repérée réclame une très grande vigilance puisque le navire prend alors un nouveau cap sur lequel la veille n'a pas été assurée. Nul n'ignore qu'un danger peut en cacher un autre et s'écarter fortement d'un animal nous paraît donc multiplier les risques de mauvaises rencontres fortuites. Faire porter l'effort sur la détection initiale faite au loin permet d'anticiper et de choisir au mieux les solutions pertinentes. Rappelons à ce titre que, en été 2001, les $\frac{3}{4}$ des déviations recensées en transect auraient pu être évitées (§ 2.4.5).

- Enfin, la troisième raison est d'ordre éthologique. Notre protocole n'a pas permis d'analyser en détail les réactions des grands cétacés au passage des NGV, mais certains comportements positifs (approche du navire), ou négatifs (sursaut, fuite hésitante et route en zigzag) seraient susceptibles d'augmenter les risques de collision. Repérer l'animal de suffisamment loin permet non seulement d'appréhender son comportement et d'analyser la présence éventuelle d'autres individus, mais aussi de négocier une manœuvre pour passer à distance convenable. Ceci a été démontré plusieurs fois en 1999 et en 2001 avec plusieurs groupes de Rorquals repérés à plus de 4 milles, qui ont été croisés à des distances raisonnables pour ne prendre aucun risque tout en proposant aux passagers, prévenus par le Commandant, de jouir du spectacle.

4.1.1.2 Gisements utiles de détection

Si les distances de détection des cétacés revêtent une importance capitale, elles doivent impérativement être corrélées aux gisements adéquats. Il s'agit alors de connaître l'angle à veiller pour repérer les animaux qui présentent un danger potentiel en matière de collision.

La Figure 54 représente un NGV en route de collision (90°, angle A) avec un Rorqual (seule la partie située à tribord de l'axe est représentée). Il s'agit là d'un cas extrême qui englobe toutes les possibilités de collisions. Nous appellerons **angle de détection utile (Δ)**, l'angle à veiller de chaque côté de l'axe et à l'intérieur duquel tous les grands cétacés sont potentiellement dangereux. Δ dépend de la vitesse du Rorqual (V_r) et de la vitesse du navire (V_n).

Notarbartolo di Sciara (1994) propose une vitesse moyenne de déplacement des Rorquals communs en Méditerranée de 3-4 nœuds et a noté des vitesses soutenues à 7 nœuds et des pointes à 20 nœuds en Atlantique. Duguy et Vallon (1976) ont d'ailleurs rapporté avoir observé un Rorqual commun suivant un ferry à la vitesse de 19 nœuds pendant 10 minutes ! En ce qui concerne les navires, nous prendrons les cas des NGV 1 et 2 pour la vitesse minimale (36 nœuds) et le NGV *Liamone* pour la vitesse maximale (42 nœuds). Le Tableau 33 présente les résultats des applications numériques : les détections doivent se faire dans un angle étroit de part et d'autre de la route puisque, même en prenant le cas extrême d'un Rorqual en déplacement rapide, Δ ne dépasse pas 29°.

C'est donc en tout un angle de 60° vers l'avant du NGV qui doit être veillé pour limiter les risques de collision avec un grand cétacé.

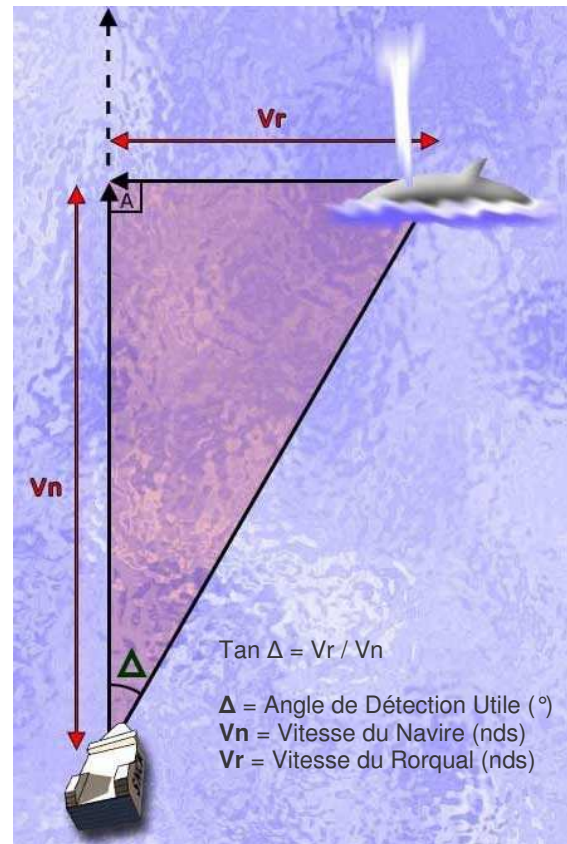


Figure 54 : Δ , angle de détection utile à veiller de part et d'autre de l'axe du NGV pour limiter les risques de collisions avec un grand cétacé

Tableau 33 : Valeurs de Δ (angle de détection utile = zone à veiller pour optimiser la détection des Rorquals en route de collision avec les NGV) en fonction de la vitesse des deux protagonistes (NGV et Rorqual).

| $V_n \backslash V_r$ | 7 nds | 20 nds |
|----------------------|-------|--------|
| 36 nds | 11° | 29° |
| 42 nds | 9,5° | 25,5° |

A bord d'un NGV à 40 nœuds, chaque instant de non-veille ou de veille inappropriée augmente les risques de collision. Rechercher des animaux au-delà de Δ favorise ainsi le danger car le temps passé à prospecter à l'extérieur de cet angle est autant de temps amputé à la recherche et à la détection de cétacés potentiellement en route de collision.

4.1.1.3 Plage de veille utile

De la combinaison des distances utiles de détection et de l'angle de détection utile découle la plage de veille utile. Elle se caractérise par des observations échelonnées sur la gamme des éloignements et la présence des détections lointaines au sein d'un angle ne dépassant pas 30° de part et d'autre du navire (Figure 55).

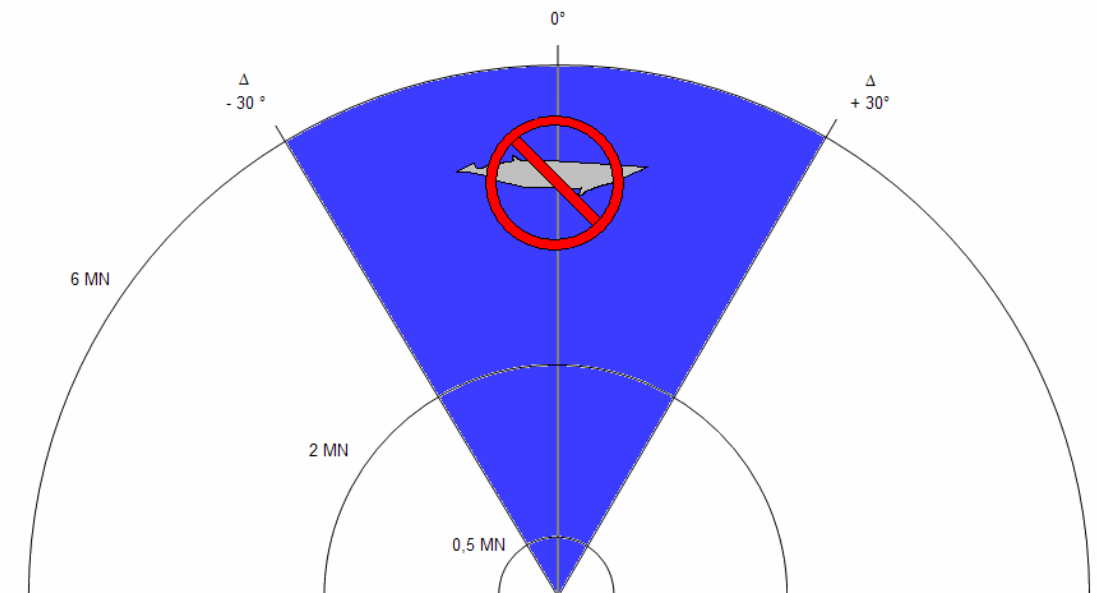


Figure 55 : Zone à surveiller (en bleu) depuis les NGV pour une déteabilité optimale des grands cétacés potentiellement en route de collision = plage de veille utile.

4.1.2 Officiers et scientifique : une complémentarité efficace pour la détectabilité des grands cétacés depuis les NGV

Gannier (1995) a montré qu'une hauteur des yeux de l'observateur égale ou supérieure à 10 mètres est nécessaire dans la détectabilité des grands cétacés et qu'elle pouvait amoindrir le bruit ambiant. Les hauteurs des passerelles de NGV sont donc à priori confortables pour une détectabilité correcte. Cet élément, le dispositif d'observation mis en place (1 scientifique et 2 officiers) et nos résultats confortent ici encore l'idée d'une détectabilité correcte des grands cétacés depuis ces unités, jusqu'à la vitesse de 42 nœuds et pour un bruit ambiant correspondant à force 4 Beaufort maximum. Le trinôme composé pour les besoins de l'étude a ainsi été particulièrement efficace en matière de sécurité, efficacité liée à la synergie entre les deux modes d'observation, résolument différents.

A ce titre, mentionnons l'un des résultats de Beaubrun et David (2000) qui, dans une comparaison des observations réalisées depuis un NGV et depuis un voilier sur la même ligne et avec 3 observateurs pour chaque unité, ont montré que :

- la pression d'observation était 10 fois moindre à bord du NGV (0,107 obs.km⁻².min⁻¹ contre 1,012 obs.km⁻².min⁻¹ pour le voilier),
- qu'il aurait fallu 29 guetteurs au lieu de 3 à bord du NGV pour exercer la même pression d'observation,
- et que, malgré cela, le nombre de Rorquals détectés sur 180° n'était diminué que de moitié depuis le NGV en comparaison avec le voilier, et était exactement le même si l'on considérait un angle s'étendant sur 50° de part et d'autre de l'axe.

4.1.2.1 Observations des officiers

Rappelons que la grande majorité des détections initiales des officiers sont effectuées sur un angle large, au-delà de 30°. La raison de ce constat est évidemment liée à un impératif de sécurité navigation : l'obligation de veiller un secteur de 360° (alors que le scientifique restait concentré sur l'axe et ses abords).

Concernant les distances de détection majoritairement concentrées en deçà de 0,5 MN du navire, il faut rappeler que cette bande constitue la zone de danger immédiat dans laquelle les officiers doivent être attentifs à toute modification des signaux pour repérer d'éventuels corps morts susceptibles d'endommager le navire.

Nous avons vu combien les détections initiales faites par les officiers étaient sensibles à l'état de la mer et à la saison d'abondance des animaux. Pour le premier de ces deux facteurs, rappelons que le travail fourni par le personnel de passerelle est particulièrement intense (§ 1.3.5), et le temps et la concentration sollicités par certaines tâches à bord sont directement ou indirectement fonction des conditions météorologiques :

- La navigation (négocier des houles correspondantes ou supérieures à force 4 demande parfois d'utiliser le mode de pilotage manuel).
- La veille navigation (plus la hauteur de la houle et le bruit ambiant augmentent, plus les officiers se doivent d'être concentrés sur le plan d'eau pour, notamment, détecter les petites embarcations).
- La veille sécurité à proximité du navire (l'augmentation du bruit ambiant est ici aussi à l'origine d'une nécessité de concentration accrue).
- La surveillance des alarmes (la fréquence de certaines d'entre elles dépend des conditions météorologiques).
- La surveillance et la gestion des passagers (certains sont parfois angoissés et malades dès force 4 à bord d'un NGV).
- Le travail administratif (également dépendant, pour une partie, des conditions météorologiques).

Qui plus est, le facteur météo conditionne l'état de fatigue des personnes de manière directe (physiologiquement) ou indirecte (par le biais de l'augmentation des tâches et de la concentration).

L'impact du facteur saison, quant à lui, pourrait être en partie lié au facteur météo mais aussi vraisemblablement au fait qu'en période de faible abondance, les collisions ne sont plus vraiment ressenties comme un danger par les officiers, et ce malgré la présence de Rorquals en hiver, que nous avons pu vérifier (§ 2.2).

4.1.2.2 Observations du scientifique

Durant cette étude, le scientifique a détecté les $\frac{3}{4}$ des grands cétacés, dont la majorité dans un angle étroit (30°) par rapport à l'axe du navire. Les détections, échelonnées sur la gamme des éloignements, se font jusqu'à de grandes distances. Le mode d'observation du scientifique respecte ainsi la plage de veille utile précédemment définie.

L'impact des éléments extérieurs que sont l'état de la mer et la période d'abondance sur les détections est, nous l'avons vu, relativement faible, voire négligeable (§ 2.4). L'expérience du scientifique joue certainement en sa faveur, mais la raison essentielle est sans aucun doute le fait qu'il était entièrement dévoué à l'unique tâche de détecter les grands cétacés à bord et donc peu soumis aux variables intrinsèques à la navigation. Ainsi, concernant plus particulièrement les conditions météorologiques, seul l'impact direct (physiologique) est ressenti par le scientifique.

4.1.2.3 Comparaisons des détections officiers / scientifique et complémentarité

Si l'on combine l'ensemble des observations réalisées par les deux équipes (Tableau 34), il apparaît que la majorité des grands cétacés apparus à l'intérieur de l'angle de détection utile ont été initialement repérés par le scientifique. A l'inverse, la majorité des observations réalisées par les officiers se situe nettement en dehors des limites de cet angle. Cette constatation ne doit pas être traduite par un effort des officiers concentré à l'extérieur de Δ , mais plutôt par une capacité du scientifique à repérer les grands cétacés depuis de grandes distances et avant les officiers (rappelons qu'il s'agit de détections initiales). En matière de sécurité générale, il s'avère ainsi les observations des deux équipes sont fort complémentaires.

Tableau 34 : Proportions des détections faites par chacune des Équipes, en fonction de l'Angle de Détection Utile (Δ).

| Valeur de Δ (vitesse de l'animal) | Sc. | Off. |
|--|------------|-------------|
| 10° (7 nds) | 70% | 30% |
| 30° (20 nds) | 65% | 35% |
| Au-delà de 30° | 30 % | 70 % |

Concernant les distances des détections initiales, rappelons que 25 % de celles relevées par le scientifique se situent au-delà de 2 MN (§ 2.4.1.1). L'intérêt d'une personne totalement dégagée des impératifs liés à la navigation revêt ainsi une importance capitale : ses observations permettent d'avoir le temps d'analyser la situation dans son ensemble, d'informer les officiers des éléments constatés pour qu'ils prennent alors la décision d'effectuer ou pas une manœuvre. Avant une éventuelle manœuvre, la personne chargée des observations peut prospecter la zone vers laquelle le navire se dirigera alors que les officiers restent fortement mobilisés par le pilotage du navire.

En outre, le fait que même à l'intérieur de la bande très surveillée par les officiers (0 à 0,5 MN) le scientifique effectue les $\frac{2}{3}$ des détections (§ 2.4.2.1) atteste aussi de l'intérêt d'une personne chargée de l'unique tâche de la détection des grands cétacés en matière de sécurité.

La Figure 56 résume l'ensemble des éléments définis depuis le début de ce chapitre et rappelle la grande complémentarité des deux modes observatoire en matière de sécurité.

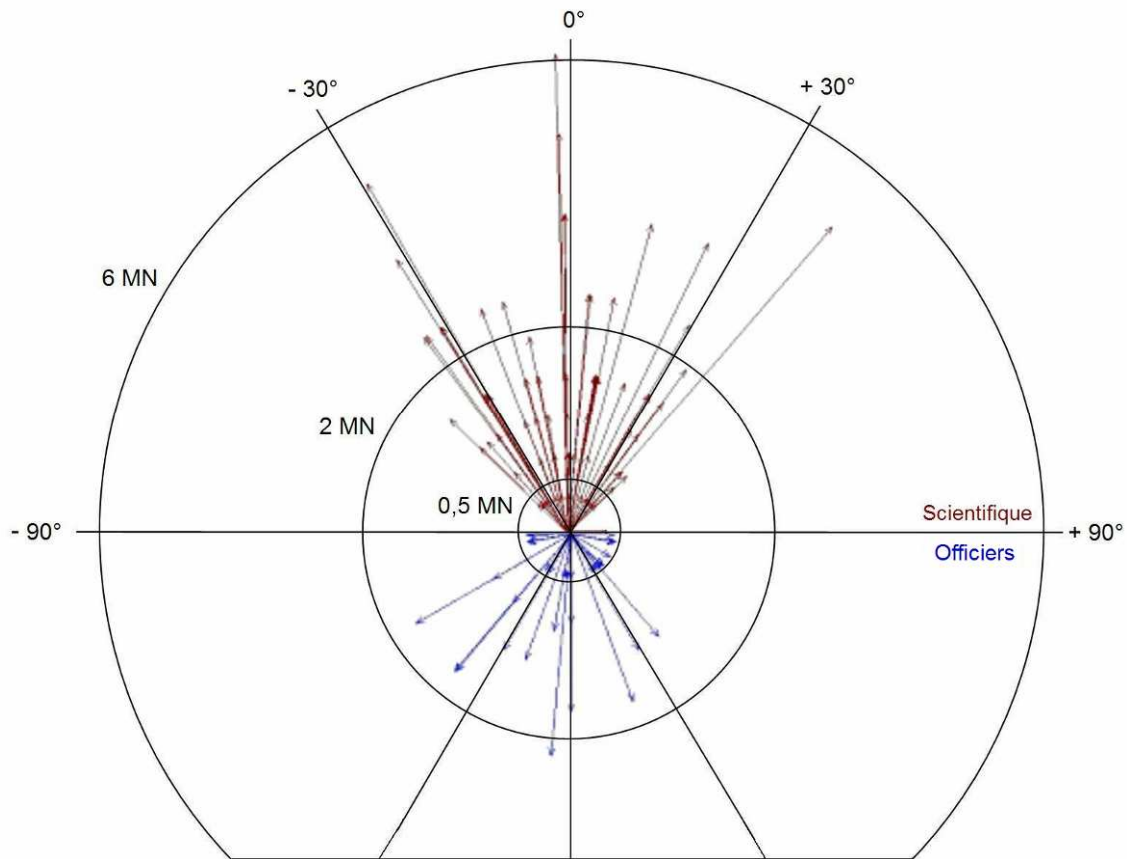


Figure 56 : Gisements et distances des détections de grands cétacés par catégorie d'observateurs. En haut sont représentés les gisements notés par le scientifique et, en bas et inversés, ceux détectés par les officiers.

4.1.3 Défauts ergonomiques : des impacts différents sur les observations des officiers et du scientifique

L'ergonomie peut conditionner la détectabilité des cétacés (§ 1.3.1.2.c. et 1.3.5) de deux manières :

- Influence directe par l'obstruction du champ d'observation et les difficultés d'accès aux commandes ou aux écrans de contrôles (phénomènes imposant de quitter la mer des yeux pendant un certain laps de temps).
- Influence indirecte par la limitation ou l'accentuation de la fatigue, elle-même jouant sur la qualité des observations.

Les principaux éléments susceptibles de prédisposer les performances de détections à bord des NGV de la SNCM sont le champ de vision, les couleurs, le confort, les écrans solaires, les essuie-glaces, ainsi qu'une série d'autres facteurs secondaires. Chacun d'entre eux fera l'objet d'une analyse et, lorsque cela sera possible, nous étudierons leurs impacts sur l'une ou l'autre des deux équipes d'observateurs.

4.1.3.1 Le champ de vision

Comme préconisé par l'OMI (1997), la passerelle est conçue pour assurer une veille sur 180° et il est possible de faire un tour d'horizon sur 360°. Mais il existe des éléments fixes qui masquent une partie de ce champ : les montants de sabords qui, épais de 26 cm, dépassent largement les 15 cm préconisés par Le Bouar et Chauvin (2000). La Figure 57 matérialise les zones d'ombre ainsi créées à la passerelle du NGV *Liamone*.

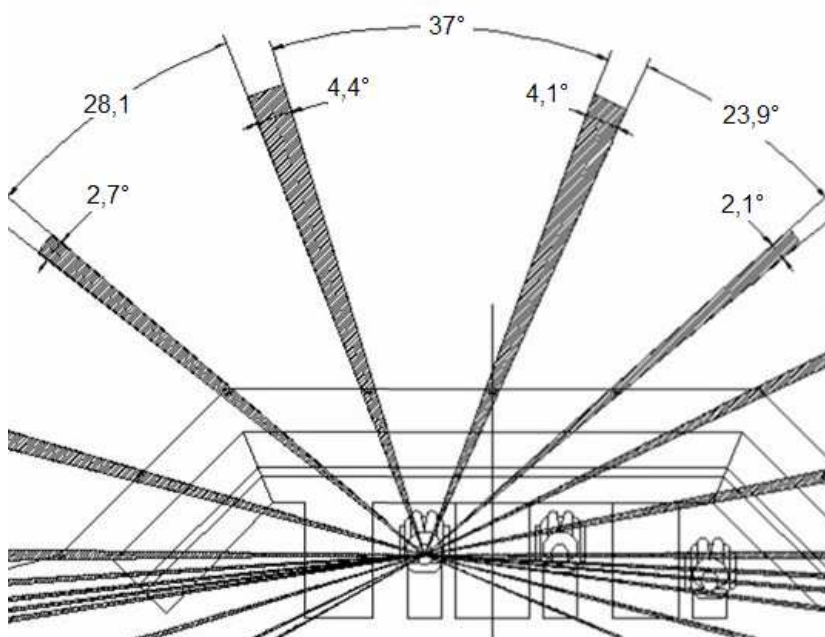


Figure 57 : Zones d'ombre créées par les montants de sabords sur la passerelle du NGV *Liamone* (d'après Alstom, 2000).

Compte tenu de notre problématique, il est important d'étudier l'impact de ces zones occultées sur les gisements des observations de cétacés. Précédemment, nous avons choisi de distribuer ces gisements par classe de 20° (§ 1.3.4.1.b. et § 2.4.2). Si ce choix offrait la possibilité de mieux mettre en évidence les différences entre les observations des deux équipes, il ne permettait que de supposer des lacunes dans les classes]10° ; 30°] et]50° ; 70°], uniquement chez les officiers et dans des proportions mal définies (§ 2.4.2.1). Nous allons reprendre ce point plus en détail.

a. Les impacts des montants de sabord sur les gisements des détections des officiers

La Figure 58 présente les gisements des observations de grands cétacés faites par les officiers affinés par classes de $10^\circ (\pm 5^\circ)$. Sur cette figure, nous avons juxtaposé les zones d'ombre créées par les montants de sabords du NGV *Liamone*, telles qu'elles sont définies par le constructeur (Alstom, 2000). Ce navire et le poste de gauche ont été utilisés comme référence puisque :

- le seul document officiel présentant les valeurs des zones d'ombre et mis à notre disposition s'y reporte (Figure 57),
- parmi les deux types de NGV, le NGV *Liamone* est celui qui offre les montants de sabords les plus larges,
- les distances parcourues à bord de ce navire représentent la moitié (52 %) de la totalité des distances parcourues lors de l'étude à bord des 3 navires,

La parallaxe par rapport à l'axe du navire n'est pas prise en compte sur cette figure compte tenu de sa valeur négligeable ($0,0028^\circ$ pour l'horizon, $0,1175^\circ$ pour un objet à 400 m et $0,94^\circ$ pour un objet à 50 m, Cdt Capoulade com. pers).

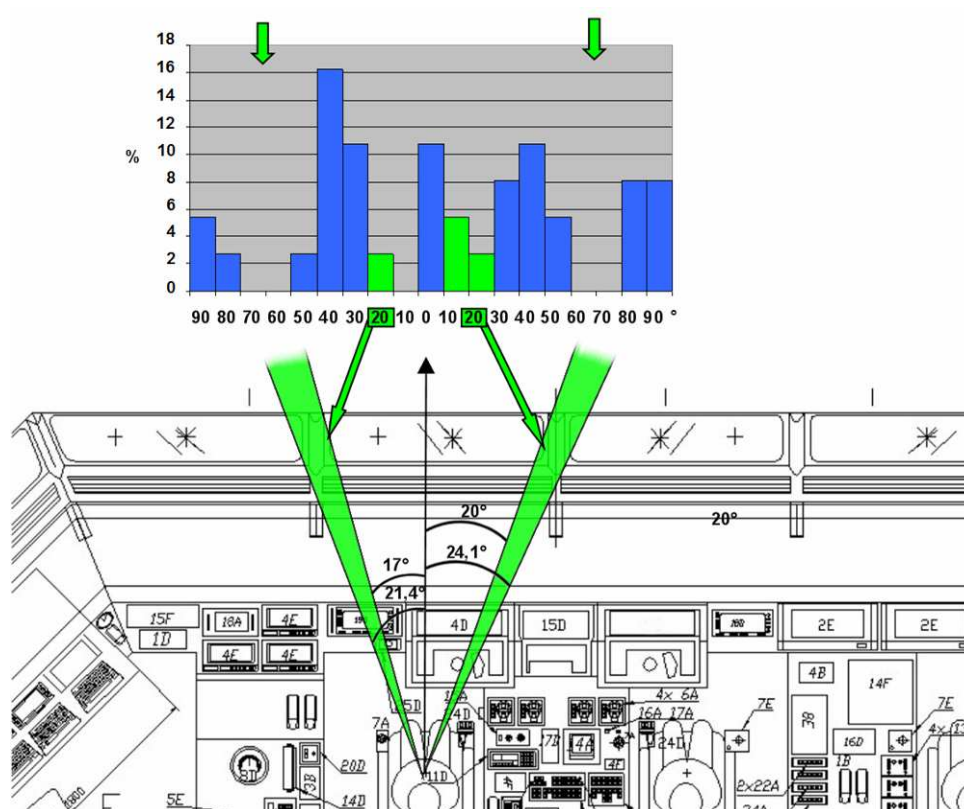


Figure 58 : Impacts des zones d'ombres de la passerelle (fond extrait de Alstom, 2000) sur les gisements des détections de grands cétacés effectuées par les officiers (gisements en abscisses et pourcentages de détections en ordonnées).

Cette représentation permet d'abord de constater des lacunes dans les détections pour les gisements de 20° de part et d'autre de l'axe. Ces distorsions semblent ensuite étroitement associées aux zones d'ombre créées par les montants de sabords. Les gisements de 10° présentent également des valeurs basses qui pourraient s'expliquer par le fait que :

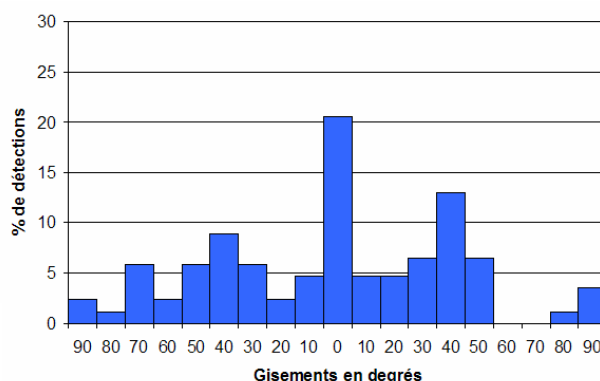
- les gisements ont été relevés avec une précision de $\pm 5^\circ$ (e.g. $0^\circ = [-5^\circ ; +5^\circ]$),
- il existe des différences entre les valeurs théoriques des zones d'ombre et les valeurs *in situ*, liées à la morphologie et à la position de l'observateur ainsi qu'au positionnement de son siège,
- il existe des variations (mineures) entre les zones d'ombres du NGV *Liamone* et celles des deux autres NGV que nous n'avons pas pu quantifier précisément (autour de 5°).

Un autre fait remarquable apparaît sur l'histogramme de cette figure : de nouvelles lacunes apparaissent dans les secteurs 70° et 80° (indiquées par les flèches vertes). Ce phénomène est sans doute à lier avec les zones d'ombre créées par les montants de sabord suivants, mais il a peu d'importance en matière de détection des grands cétacés puisqu'il est situé à l'extérieur de l'angle de détection utile (défini § 4.1.1.2).

Cette nouvelle distribution révèle en outre un pic d'observation des grands cétacés sur 40° bâbord, certainement lié à un facteur ergonomique puisque les deux postes veille et conduite possèdent des éléments importants sur leur gauche : carte de navigation électronique (15D sur la figure 47) et certaines commandes pour l'officier tribord (4A), écrans de télésurveillance pour l'officier de bâbord (4E) et écrans de contrôle de la propulsion situés en hauteur sur bâbord.

A l'appui de ce que nous venons de voir, et bien que la problématique soit fort différente, l'analyse des gisements de détection des petits cétacés relevés par les officiers (Figure 59) montre également des pourcentages de détections bas autour des gisements de 20° et de 70°, mais proportionnellement plus faibles que pour les grands cétacés.

Figure 59 : Gisements des observations de petits cétacés détectés par les officiers.



b. Les impacts des montants de sabord sur les gisements des détections du scientifique

Le constructeur ne fournit pas les valeurs des zones d'ombre relatives au pupitre technique qui a constitué le poste occupé par le scientifique. Nous avons donc mesuré celles-ci sur le plan de la passerelle, à l'aide d'un compas. Le résultat de ces mesures et la superposition avec les gisements des grands cétacés observés par le scientifique sont exposés sur la Figure 60.

Comme pour les officiers, on retrouve des lacunes importantes dans les observations situées entre 10° et 20° de chaque côté de l'axe, que les précédents traitements n'avaient pas permis d'identifier (§ 2.4.2.1). La relation avec les zones d'ombre est plus délicate, notamment pour bâbord. L'imprécision liée à nos mesures au compas (quel est l'écartement exact des secteurs obstrués ? où se situent les yeux de l'observateur ?, etc.) pourrait en être la raison. Notons par ailleurs, d'une part, que le montant situé sur tribord est plus proche de l'axe de vision que le montant bâbord, et, d'autre part, que le sabord tribord présente un angle non perpendiculaire à l'axe du regard. Ceci pourrait être responsable de la légère déportation de l'effort sur bâbord (constaté § 2.4.2.1) et d'une distorsion plus profonde dans les gisements 10° et 20° sur tribord, par rapport à bâbord.

L'analyse de l'histogramme des gisements des observations de petits cétacés (Figure 61) confirme elle aussi cette discordance bâbord / tribord : il est net que la détection se fait correctement sur bâbord où l'histogramme est régulier. Sur tribord, les choses sont différentes et l'on retrouve une lacune au niveau du gisement 20°, toutefois moins marquée que pour les grandes espèces. Cette analyse tend à confirmer les impacts ergonomiques susmentionnés (axe du montant de sabord trop près de l'axe de vision et sabord non perpendiculaire à l'axe du regard).

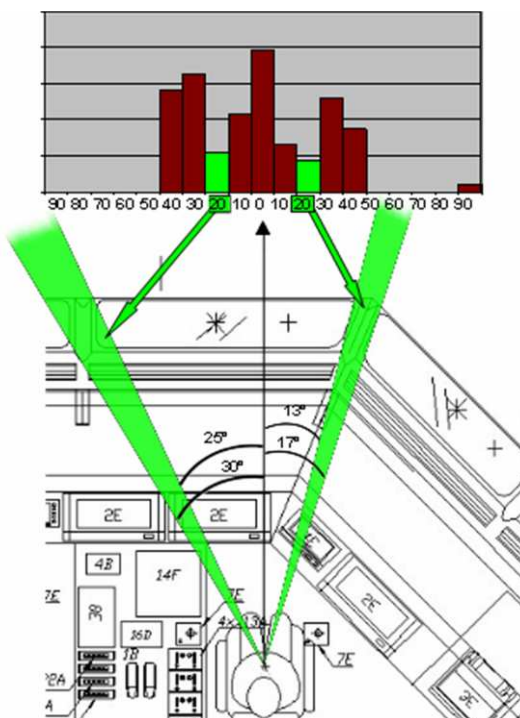


Figure 60 : Impacts des zones d'ombres de la passerelle (fond extrait de Alstom, 2000) sur les gisements des détections de grands cétacés effectuées par le scientifique ((gisements en abscisses et pourcentages de détections en ordonnées).

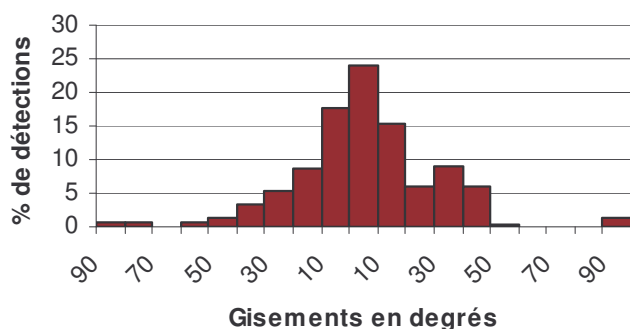


Figure 61 : Gisements des petits cétacés détectés par le scientifique.

c. Zones d'ombre et détections lointaines

Quelle que soit l'équipe considérée, les zones d'ombre créées par les montants de sabords couvrent une partie de l'angle de détection utile (Δ). S'ils ne masquent qu'une faible surface à proximité du navire, ils occultent en revanche une zone de plus en plus importante avec l'éloignement, limitant ainsi des possibilités de détecter les animaux depuis de grandes distances.

La somme des zones d'ombre à l'intérieur de l'angle Δ s'élève à $8,5^\circ$ (soit 45 % de la somme totale des zones d'ombre sur 180° et 14 % de l'angle Δ). Le Tableau 35 propose un calcul de la superficie occultée en fonction des distances.

Tableau 35 : Superficies de l'angle de détection utile occultées par les montants de sabords à bord du NGV Liamone en fonction des distances (r_{th} = horizon théorique).

| Distance au navire | Superficie occultée |
|---------------------|-----------------------|
| 0,5 MN | 1 MN ² |
| 1 MN | 2 MN ² |
| 2 MN | 4 MN ² |
| 3 MN | 6 MN ² |
| 4 MN | 7,9 MN ² |
| 5 MN | 9,9 MN ² |
| 6 MN | 11, 9 MN ² |
| 8,9 MN [r_{th}] | 17,6 MN ² |

Il apparaît que les zones d'ombre occultent une surface de 17,6 MN² (environ 33 km²) jusqu'à l'horizon visible. Compte tenu des durées des sondes des grands cétacés (8,6 mn en moyenne pour un Rorqual et jusqu'à 45 mn pour un Cachalot), cette surface obstruée accentue les risques de collision. A simple titre d'exemple, 17,6 MN² représentent potentiellement 3 Rorquals pouvant être occultés tous les 8,9 MN, soit plus de 30 rorquals pour un trajet de 100 milles nautiques (d'après les indices d'abondance obtenus par Gannier et coll. (2001) entre le 25 juillet et le 3 août 2001 dans la zone du Sanctuaire). Bien entendu l'animal, à moins qu'il ne stationne dans une seule zone d'ombre, pourra être vu dès qu'il en sortira s'il fait surface mais cette démonstration pointe du doigt le fait que ces zones d'ombre représentent des entraves non négligeables à la détectabilité des grands cétacés.

D'autres éléments, dont les impacts n'ont pas été testés ici, occultent verticalement le champ de vision. C'est le cas du bord inférieur des fenêtres frontales au-dessus du pont des NGV Asco et Aliso, qui dépassent la hauteur maximale de 1000 mm préconisée par Le Bouar et Chauvin (2000). Cette défaillance, qui limite la vision à proximité de l'étrave, a été corrigée lors de la construction du NGV Liamone.

En synthèse de ce chapitre sur le champ de vision, soulignons que les impacts des zones d'ombre se ressentent tant pour les postes occupés par les officiers, que pour celui qu'a occupé le scientifique durant l'étude. Si la conception des passerelles et l'accès aux commandes ne permet pas d'en dégager les officiers, une personne spécialement chargée de la détection des grands cétacés pourrait, dans l'avenir, occuper un poste stratégique pour lequel l'angle de vision serait exempt de zones d'ombre au sein de Δ (cf. § 4.3.2.3).

4.1.3.2 Les couleurs

Le Bouar et Chauvin (2000) ont constaté des défauts de couleurs aux plafonds des passerelles des NGV 1 et 2 (couleurs soutenues engendrant une fatigue visuelle prématurée et des reflets) et plusieurs officiers reconnaissent le caractère particulièrement brillant et visuellement pénible de ces plafonds. Il n'est pas de notre ressort de quantifier leur impact précis mais il influe sans doute sur les détections des deux catégories d'observateurs³¹.

4.1.3.3 Le confort

Le poste et la position d'observation du scientifique n'ont pas engendré de fatigue particulière au regard de son travail à bord. Le problème est tout autre pour les officiers, bien que les sièges utilisés soient identiques. En effet, si le scientifique possède son matériel d'étude à proximité et reste dans une position relativement stable, nous avons relevé, en accord avec Le Bouar et Chauvin (2000), que les officiers travaillent très souvent en flexion et/ou torsion pour atteindre les commandes principales (boutons de commande de la carte électronique, du radar et du système de stabilisation, tiller, pilote automatique et commandes des water-jets). Ce phénomène est dû à l'éloignement d'un certain nombre de commandes et affichages, localisés dans le volume de travail « pénible » défini par la norme NF X 35-104 (Figure 62).

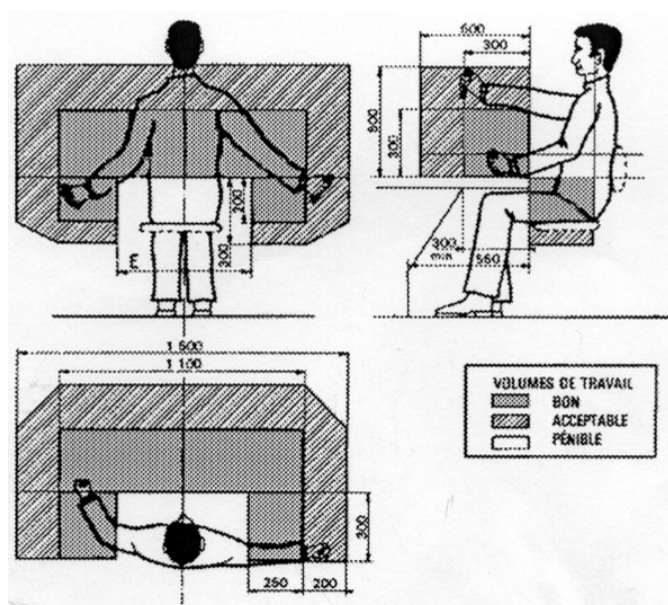


Figure 62 : Extrait de la norme NF X 35-104 (dimensions des postes de travail), in Le Bouar et Chauvin (2000).

Outre la fatigue additionnelle engendrée (reconnue par les officiers), nous avons pu constater que ces éloignements impliquent la localisation visuelle des commandes avant chaque intervention. Il en résulte des temps de non veille du plan d'eau (dont la durée varie autour de quelques secondes).

Par ailleurs, Le Bouar et Chauvin (2000) préconisent des sièges mobiles pour compenser les éloignements des commandes. A bord des NGV, un dispositif de réglage existe mais il s'actionne grâce à une pédale située à l'arrière du siège. Il n'est donc pas possible de régler celui-ci depuis la position assise et certaines commandes restent ainsi éloignées.

Fatigue prématurée et laps de temps de non veille sont les deux facteurs qui découlent de cette analyse. Ils sont de nature à diminuer les capacités de détection, particulièrement à grande vitesse, mais ne concernent aucunement la personne chargée de la détection des grands cétacés.

4.1.3.4 Les écrans solaires

Des écrans solaires ayant pour but d'atténuer la luminosité extérieure sont installés à bord des NGV. Ils se présentent tels de fins films teintés et modulables pour couvrir tout ou partie d'un ou plusieurs sabords. Nous avons noté que ces rideaux ont tendance à amoindrir la visibilité, particulièrement lorsqu'elle est déjà réduite par temps brumeux. De plus, ces installations sont souvent tachées de sel et présentent quantité de plis qui sont autant de reflets gênants et amplifiés par la moindre vibration du navire. Cet avis n'est pas forcément partagé par tous les officiers : le Commandant Capoulade (com. pers.) estime que « ces rideaux sont importants dans certaines situations d'ensoleillement, mais il faut qu'ils soient en place pour les deux postes de veille ». L'appréciation de ce dispositif semble en réalité très subjective et chacun l'appréhende différemment mais il nous semble de nature à limiter la détectabilité des cétacés.

³¹ depuis 2005, la SNCM n'est plus propriétaire des deux NGV concernés.

4.1.3.5 Essuie-glaces, pluie et embruns

Lors de phénomènes pluvieux, les essuie-glaces sont généralement utilisés par intermittence (environ 10 secondes entre deux séries de trois balayages) et de l'eau a le temps de s'accumuler entre chaque série de balayages, supprimant toute possibilité de détecter une baleine pendant de longues secondes. Par ailleurs, nous avons pu constater, en accord avec le Cdt Capoulade, la fragilité des systèmes d'essuie-glaces et leurs pannes fréquentes. Dans le cas d'embruns, l'eau a le temps de sécher et le sel recouvre alors une grande partie du sabord. L'aspersion d'eau douce permet un nettoyage correct, mais elle n'est pas systématique, le sel étant alors étalé sur une grande superficie de la vitre.

En outre, des problèmes d'étanchéité sont la source de pénétration de sel à l'intérieur du double vitrage. Si en matière de navigation ce phénomène a peu d'importance, il peut-être en revanche très dommageable pour la détectabilité lointaine.

4.1.3.6 Autres facteurs susceptibles de perturber la veille

Il est des situations particulières susceptibles de perturber la veille de l'une ou l'autre des deux catégories d'observateurs.

Concernant les officiers tout d'abord, les NGV sont dotés de plusieurs types d'alarmes. En situation "normale" peu d'alarmes retentissent, sinon aucune. Par contre, lors de problèmes techniques particuliers, un grand nombre d'entre elles s'activent et font toujours l'objet d'un traitement, bien que certaines, bien connues, puissent être inhibées. Nous citerons ici le cas d'une telle traversée (avec une portion nocturne) où des alarmes retentissaient toutes les deux à cinq minutes, imposant à chaque fois à un officier de quitter son poste de veille pour stopper la sirène depuis l'arrière de la passerelle.

Rappelons que, selon le code HSC, le minimum théorique est de deux personnes effectuant la veille en navigation à bord des NGV. De tels événements permettent difficilement de respecter en permanence cette règle. Certes, le traitement et l'inhibition ne dure qu'une dizaine de secondes tout au plus, mais nous avons vu combien, à 40 nœuds, chaque instant d'inattention était important pour la détectabilité.

Pour montrer que de telles situations peuvent être fréquentes compte-tenu de l'intensité du travail du personnel de passerelle (§ 1.3.5) voici, à titre d'exemple, une série d'autres facteurs qui ont imposé, pendant notre présence à bord, à l'un des deux officiers de quart de quitter la veille pour des durées allant de quelques secondes à plusieurs minutes :

- Défaillance des moteurs principaux et des turbines à gaz.
- Fuite d'eau de refroidissement.
- Exercices périodiques de sécurité (incendie, évacuation) très sollicitant.
- Disfonctionnement d'une carte électronique (nécessité de déporter son attention sur le problème).
- Accompagnement des nouveaux officiers à bord (chef mécanicien en particulier). A ce titre, le code HCS (*in* Le Bouar et Chauvin, 2000) stipule que le pupitre machine ne doit pas interférer avec les autres pupitres mais la conception des passerelles des NGV étudiés impose de telles interférences (§ 1.2.2.4).
- Disfonctionnement de la commande de barre.
- Réglages de la stabilisation (pour limiter un problème de vibrations à bord du NGV *Liamone*).
- Techniciens à bord qui sollicitent l'aide des officiers pour la remise en état du système de stabilisation.

Dans ces circonstances, le scientifique pouvait continuer d'effectuer sa veille permanente. C'est ainsi que, durant de telles opérations, les deux seuls Rorquals apparus sur l'avant du navire ont été détectés par le scientifique.

Notons aussi que la présence de moyens électroniques très développés sont, certes, intégrés mais demandent encore plus d'attention et de vigilance (Ministère de la Défense, 1998)³², ce qui est susceptible de diminuer la concentration portée à la détection des cétacés. C'est ainsi que le Laboratoire de Santé

³² Rapport sur l' « activité des opérateurs à la passerelle du NGV Aliso ». Ce travail (diffusion restreinte) avait déjà signalé certaines « erreurs de conception physique au plan ergonomique », en amont de l'étude de Le Bouar et Chauvin (2000).

Publique de la faculté de Médecine de Marseille (en collaboration avec l'Association de Recherche sur les Troubles de la Veille et du Sommeil) a montré que les contraintes de navigation à bord des NGV entraînent un retentissement plus important sur la vigilance du personnel navigant qu'à bord des car-ferries classiques (C.T.³³, 2001).

A l'inverse, l'étude préliminaire et notre propre travail ont montré à deux reprises que les officiers ont pu détecter un Rorqual qui avait échappé au scientifique, occupé à noter la précédente observation sur un carnet³⁴.

En définitive, il est clair que plusieurs éléments de l'ergonomie des passerelles diminuent la détectabilité des grands cétacés, certains ayant pu être quantifiés (hiatus dans la régularité des observations). Toutefois, pour leur grande majorité, ces éléments sont propres au travail du personnel de passerelle et donc peu ou pas perceptibles pour le scientifique. Toute cette argumentation vient conforter la notion de complémentarité entre les détectations des officiers et d'un observateur spécialisé qui, si l'expérience venait à se reproduire, pourrait encore améliorer ses capacités par un emplacement stratégique moins soumis aux perturbations d'ordre ergonomique (cf. § 4.3.2.3). Totalement indépendante et détachée des problèmes intrinsèques au navire, cette tierce personne offrirait une veille complémentaire et, en conséquence, une amélioration du niveau de sécurité à bord.

4.1.4 Limites de la technique

4.1.4.1 Limite de la technique de jour

D'après le Cdt Capoulade (1998), « la veille visuelle est l'un des moyens les plus sûrs et essentiels pour repérer tout objet flottant, l'identifier et, si nécessaire, effectuer une manœuvre ». Nos résultats le confirment pour les grands cétacés vivants et avec le dispositif mis en place (2 officiers et un observateur spécialisé). La technique atteint cependant un seuil par force 4 où les taux de détectations sont divisés de moitié (§ 2.4.4). Néanmoins, au-delà de ce seuil, le dispositif préserve son intérêt car :

- La complémentarité entre les deux équipes (distances et gisements) se retrouve,
- le scientifique a su détecter des animaux en conditions extrêmes et,
- bien que soumis à l'augmentation du bruit ambiant, le scientifique reste dégagé des tâches liées à la navigation qui augmentent de façon proportionnelle à l'état de la mer.

Jusqu'à une visibilité de 1 MN, la complémentarité des deux catégories d'observateurs n'est pas remise en cause. Il va de soit que cette méthode n'a plus d'utilité lorsque la visibilité est trop réduite (brume épaisse, nuit).

Il est net que les résultats permettant d'améliorer sensiblement la sécurité à bord sont obtenus par mer ≤ 4 Beaufort, et par très bonne visibilité. En 2001, la technique a ainsi présenté un rendement optimal pour 80% des traversées effectuées grâce à la synergie entre les deux modes d'observation.

4.1.4.2 Éléments sur la détectabilité de nuit

Malgré une veille attentive et permanente durant les périodes où le NVS était en fonction, aucun cétacé n'a jamais pu être observé à l'aide de cet appareil. On y discerne cependant nettement tous les objets lumineux (bateaux, balises, lumières de la côte) bien avant de les distinguer à l'œil nu et même à travers les nuages ou la brume. Le blanc est très amplifié et nous en avons pour preuve la détection de plusieurs goélands en vol et de divers objets blancs dérivants sur l'eau. Ce constat permet de supposer qu'un souffle pourrait être aussi être détecté. Cependant, les objets blanc repérés ont été détectés à environ une encablure (180 m) du navire, distance théoriquement trop faible pour effectuer une manœuvre d'évitement (347 m minimum pour le NGV *Liamone*, § 1.2.2.5). En outre, lors d'une mer > 2 Beaufort, il semble difficile de pouvoir différencier le signal émis par un dos de baleine de celui émit par une vague vu la faible définition de l'écran et l'absence de couleurs. Le Commandant Capoulade (2001b) atteste d'ailleurs que le

³³ Initiales de l'auteur seules disponibles.

³⁴ C'est l'une des raisons ayant, par la suite, motivé le choix d'un dictaphone pour le recueil de nos données (§1.3.4.1.a)

principal défaut des NVS est leur faible performance par mauvaises conditions météorologiques, en accord avec le code HSC (chapitre 13.10) qui précise que « leur efficacité est limitée, en particulier pour des raisons de sensibilité à la météo » (Maritime and Coastguard Agency, 2000).

Ensuite, le manuel d'utilisation de l'appareil préconise « un opérateur Vistar dont la tâche est de surveiller en permanence l'écran de contrôle et d'effectuer les réglages nécessaires pour contrôler l'environnement sur la route du navire. Au moment de la détection d'un objet, l'opérateur doit prévenir immédiatement l'homme de barre avant de l'identifier, en donnant la position de l'objet » (VISTAR NVS, 1995). Le code HSC stipule également qu'« un observateur dédié doit être nommé pour veiller en permanence l'écran du système de vision de nuit [...] (i.e. une personne additionnelle à l'équipe de navigation) ». Or, l'appareil n'est pas exploité de cette façon à bord : les écrans se situent face aux officiers de quart et personne n'est spécialement dévoué à leur surveillance. De brefs regards y sont portés de temps à autre, ce qui réduit très considérablement la probabilité d'y détecter un objet dangereux. Qui plus est leur luminosité est gênante pour la veille des autres appareils de bord et la veille directe à la mer (obs. pers. et Coastguard Agency, 2000). Pour ces raisons, elle est souvent réglée au minimum, de telle sorte que même le scientifique, qui veillait l'appareil selon les recommandations du constructeur, avait peu de chance d'y détecter une baleine.

Enfin, l'angle visible sur l'écran de chaque côté de la ligne de foi (11°) est très inférieur à l'angle de détection utile Δ (30° de part et d'autre de l'axe). La possibilité de détecter un animal dangereux à temps s'en trouve ainsi largement diminuée.

Malgré les dysfonctionnements techniques rencontrés, nous tenons à témoigner de l'engagement de la SNCM qui, en 2000, a été la première compagnie en Méditerranée à installer un NVS à bord de ses unités rapides, avant que l'Administration française ne l'impose, d'autres sociétés lui ayant depuis emboîté le pas. Depuis notre étude, des réglages ont été effectués et de futurs travaux semblent dorénavant nécessaires pour tester l'efficacité du système, avec une personne spécialement dévouée à cette tâche.

Pour leur part, les appareils Infra Rouge suscitent des interrogations concernant leurs capacités de fonctionnement en eaux tempérées. Le Président de Mc Lennan Marine Ltd, fabricant du système de vision de nuit utilisé par la SNCM (T. Hywell *in* Capoulade, 1998) estime que la combinaison des deux principes (IR et amplification de lumière) constituerait une réponse idéale pour une bonne détection, l'intensification d'image étant utilisée pour les courtes distances et les images thermiques pour les localisations à plus grande distance. La présence d'un opérateur dédié resterait toutefois requise pour un tel dispositif.

Pour l'instant, aucun système NVS n'a prouvé ses capacités à diminuer sensiblement les risques de collisions. Pour ces raisons, tout en préconisant à la Compagnie de tester l'efficacité du NVS installé à bord et d'optimiser son utilisation (avec un opérateur dédié), nous privilégierons d'autres pistes, potentiellement plus efficaces pour limiter les risques de collision nocturne à court terme (§ 4.4.2) et à moyen terme (§ 4.4.2.2).

C'est un impératif dans le sens où la détection des grands cétacés de nuit revêt une importance capitale puisque la veille visuelle n'est plus efficace et que :

- Les 2 collisions avec des grands cétacés vivants recensées à bord des NGV de la SNCM ont eu lieu de nuit (§ 2.5),
- les traversés nocturnes ont lieu en été et la conjonction entre période de forte abondance et difficultés pour détecter un Rorqual la nuit accroît gravement les risques de collision,
- au crépuscule les Rorquals sondent particulièrement longtemps (Gannier et coll., 2001), ce qui limite de surcroît les possibilités de détections lointaines.

4.2 Notions d'éthologie permettant d'orienter un protocole d'amélioration de la détectabilité

Ce court chapitre présente les éléments d'ordre éthologique pour lesquels les avancées permettent d'orienter des proposition d'amélioration de la détectabilité des grands cétacés depuis les passerelles des NGV. D'autres notions d'ordre éthologiques entrent en jeu mais nécessitent d'être approfondies pour envisager des applications (§ 4.4.2.1).

4.2.1 Grands groupes et détectabilité

D'après Gannier (2001), la taille des groupes de Rorquals communs en Méditerranée nord-occidentale peut-être dépendante de l'abondance et de la concentration de la ressource alimentaire. Ainsi, les groupes rencontrés en période estivale sont généralement plus conséquents qu'en hiver. Ce facteur est important car les concentrations d'animaux sur de faibles espaces sont, bien que théoriquement mieux détectables qu'un animal isolé, potentiellement plus dangereuses. En effet, dans une telle situation, si un Rorqual repéré impose un changement de cap, le danger devient accru de faire route vers un congénère non détecté.

4.2.2 Cycles sonde-respiration et détectabilité

Les cycles sonde / respiration constituent un facteur capital dans la détectabilité visuelle puisque les animaux ne sont décelables que dans leurs phases de surface. Ces phases durent plus ou moins longtemps en fonction du type d'activité (repos, voyage, prédation ou socialisation).

Rappelons qu'un NGV pouvait parcourir jusqu'à 5,7 MN durant une sonde de Rorqual. A cette distance les chances de détections sont réduites. Gannier (2001) préconise alors une veille spécifique et permanente avec des jumelles sur l'axe de la route.

A notre connaissance, cette pratique n'a jamais été testée en matière de limitation des risques de collisions. Nous temporiserons donc cette recommandation dans le sens où, en contre partie, une telle veille limite énormément la surface observable. Une paire de jumelle en 7X50 (grossissement généralement utilisé en cétologie) n'offrira en moyenne qu'un angle de vision de 7° soit quasiment neuf fois moins que ce qu'impose l'angle de détection utile.

Une solution pourrait consister à utiliser des jumelles grand angle (*Big Eyes*) telles que celles employées à bord du navire de recherche *Endeavor* dans le cadre d'un programme d'expérimentation du traitement des signaux radar pour la détection des grands cétacés (DeProspero et coll., 2005). Mais ici se pose le problème du coût d'un tel dispositif, de la place disponible sur les passerelles et de la nécessité de multiplier le nombre d'observateurs pour limiter les impacts de la fatigue visuelle. A titre d'exemple, pour veiller un angle de 90° sur l'avant de l'*Endeavor*, un dispositif de 2 *Big Eyes* + 1 observateur visuel sont nécessaires à la détection visuelle des grands cétacés. Chaque observateur respecte 80 minutes de veille et 40 minutes de repos.

Seule une veille optique traditionnelle est donc envisageable à bord des NGV, pouvant être couplée à un balayage régulier et rapide de l'horizon aux jumelles.

4.3 Comment améliorer rapidement la détectabilité des grands cétacés à bord des NGV ?

Des analyses réalisées jusqu'ici découlent deux propositions qui, de par leur nature, sont applicables rapidement et permettront de diminuer conséquemment les risques de collisions dans un avenir très proche.

4.3.1 Améliorations ergonomiques des postes occupés par les officiers de quart

Il est bien évident que la majorité des imperfections ergonomiques détaillées § 4.1.3 et influant sur les détections des officiers ne pourront pas être corrigées puisque la plupart font partie intégrante de la conception de la passerelle (e.g. montants de sabords). Quelques applications simples pourront cependant limiter les impacts recensés. Les indications ci-après sont données à titre de propositions, leur intérêt et leur faisabilité devant être confirmés par le personnel de quart et la Compagnie³⁵.

4.3.1.1 Profondeur des pupitres

Pour limiter la difficulté d'accès aux divers écrans et commandes, un dispositif mécanique ou électrique pourrait être à disposition des officiers de quart afin de pouvoir déplacer leur siège sans être obligés de descendre de ce dernier et de quitter la veille.

4.3.1.2 Utilisation des essuie-glaces

Pour les raisons détaillées § 4.1.3.5, nous préconisons l'utilisation systématique des essuie-glaces en mode continu par temps de pluie ou lors d'embruns. L'aspersion d'eau douce devrait être régulière afin d'éviter la formation de taches de sel limitant les possibilités de détections lointaines. Par ailleurs, nous recommandons l'emploi intermittent des essuie-glaces par temps de brume pour supprimer le dépôt d'humidité qui amoindrit la visibilité. Enfin, les défauts d'étanchéité constatés au niveau de certains sabords devraient être réparés (après avoir nettoyé les dépôts de sel formés dans le double vitrage) et les systèmes d'essuie-glaces consolidés pour éviter les pannes fréquentes.

4.3.1.3 NVS

Pour optimiser l'aide à la navigation que l'on attend du NVS, son écran principal (comprenant la console de commande) devrait être placé de telle façon qu'il puisse être veillé en permanence par un observateur dévolu à cette tâche et que les commandes soient faciles d'accès. L'écran secondaire, quant à lui, devrait se trouver dans le champ de vision du barreur, comme le préconise le constructeur (Vistar, 1995) et le code HSC (Maritime and Coastguard Agency, 2000). Ainsi, si l'opérateur NVS signale un objet flottant, le barreur pourra l'observer à son tour et le localiser sur cet écran. Cependant, ce dernier devra être décalé du centre pour ne pas gêner la veille directe.

³⁵ Elles concernent le NGV Liamone uniquement puisque le NGV Aliso a été vendu en octobre 2004 et le NGV Asco en mai 2005.

4.3.2 Embarquement d'un observateur spécialisé dans la détection des grands cétacés

Pour introduire cette partie, rappelons que le mode d'observation des grands cétacés visant à limiter les risques de collisions doit respecter un protocole particulier (§ 4.1.1.3), difficilement compatible avec le travail actuel à bord pour des raisons d'ergonomie, d'emplois du temps et compte tenu de la diversité des tâches qui incombent aux officiers. D'autre part, nous avons mis en évidence qu'une personne entraînée et spécialement affectée au travail de détection des grands cétacés exerçait une veille très différente et fort complémentaire, en matière de sécurité, de celle des officiers (4.1.2). Nous développerons donc ici le rôle qu'une telle personne (l'OBSCET, pour OBServateur spécialisé dans la détection des grands CÉTacés) pourrait avoir à bord et quelles seraient ses tâches. Soulignons que la présence d'un tel observateur à bord des NGV et tout au long de l'année constituerait une innovation en Méditerranée, répondrait aux préconisations de l'ACCOBAMS et du Sanctuaire Pelagos (ACCOBAMS/Pelagos, 2005) et ferait de la SNCM³⁶ une compagnie pionnière en la matière.

4.3.2.1 Proposition d'organigramme pour l'application d'un dispositif d'OBSCET

Proposer un protocole de détectabilité comprenant, notamment, des observateurs spécialisés, est une idée nouvelle qu'il s'agit d'organiser. L'organigramme ci-après (Figure 63) fournit des éléments de réflexion pour une telle démarche, tant en matière de financements qu'en matière d'application. Dans cette proposition, les OBSCET dépendront d'un organisme coordinateur indépendant qui aura pour rôle :

- de recruter ces observateurs et de recevoir les financements de fonctionnement,
- de recueillir les données transmises par les observateurs et de les transmettre aux bases de données ou groupes de recherche concernés,
- de transmettre régulièrement des comptes rendus aux organismes financeurs ainsi que des synthèses de vulgarisation hebdomadaires à diffuser aux passagers dans le cadre de la politique de communication sur les efforts environnementaux des financeurs.

L'organisme coordinateur devra rester ouvert à une révision de ses missions en fonction de l'évolution des recherches et des technologies en matière de diminution des risques de collisions.

³⁶ Nous mentionnons ici la SNCM puisqu'il s'agit de la Compagnie de navigation qui a permis de mener cette étude. Il est évident que cela serait le cas de toute autre compagnie qui adopterait ce dispositif.

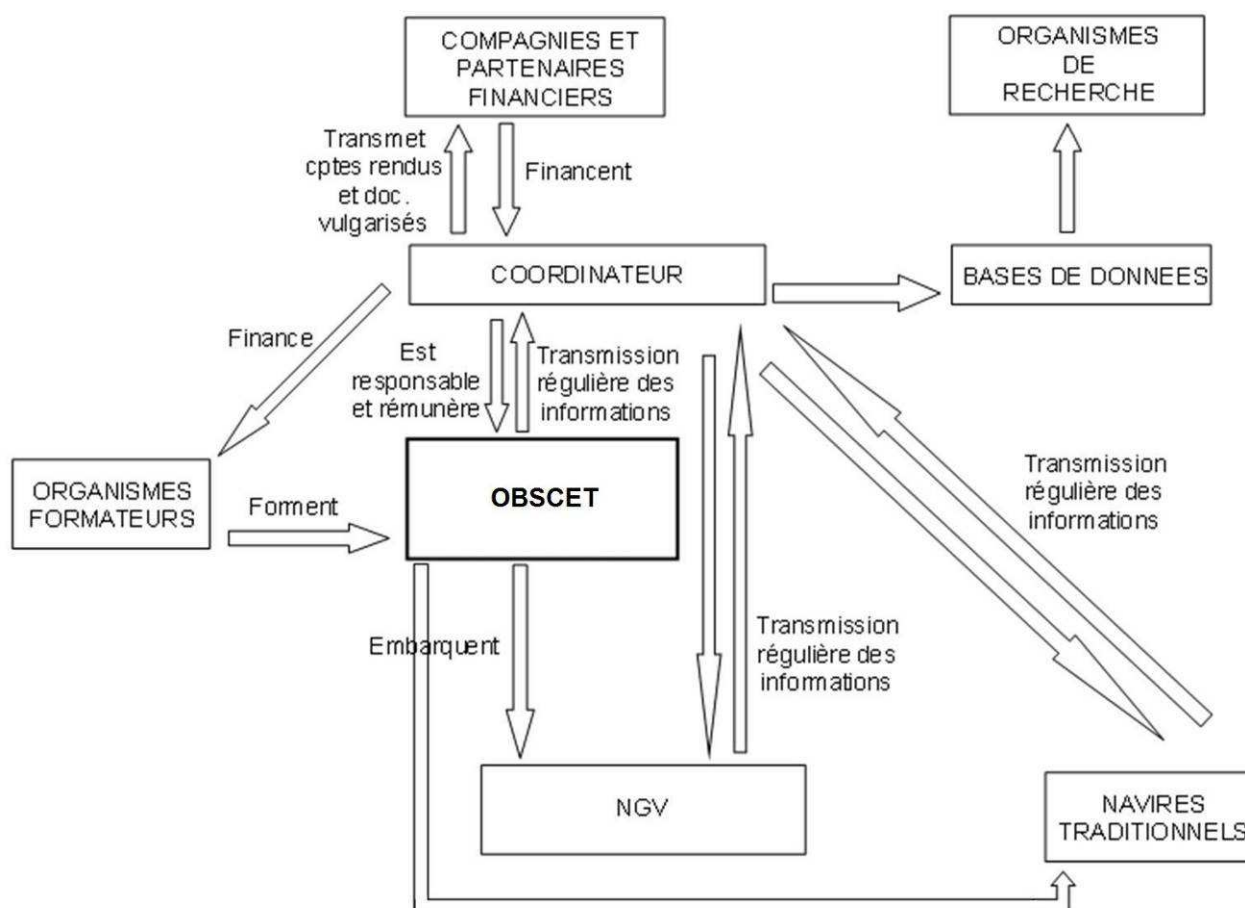


Figure 63 : Schéma d'organisation pour l'application d'un dispositif d'observateurs spécialisés dans la détection des grands cétacés (OBSCET) à bord des navires de commerce.

4.3.2.2 Protocole appliqué par l'OBSCET

De jour, et en passerelle, l'OBSCET appliquera la technique du transect de ligne, adaptée aux spécificités de la détection des grands cétacés en route de collision avec les NGV. Ainsi :

- La mer sera scrupuleusement veillée sur un angle de 30° de part et d'autre de l'axe du navire (angle de détection utile Δ).
- Au sein de cet angle, l'effort sera réparti de manière homogène sur l'ensemble de la gamme des distances et complété par un balayage régulier de l'horizon aux jumelles (plage de veille utile).
- Sauf situation d'urgence, l'OBSCET s'astreindra à cette tâche durant toute la durée de la traversée, de la sortie d'un port à l'entrée dans le suivant, et tout au long de la saison d'exploitation du NGV.
- L'OBSCET informera les officiers de quart de toute détection de grands cétacés (ou autre objet présentant un risque) effectuée au sein de l'angle de détection utile, en précisant :
 - l'espèce,
 - le gisement de l'observation (au moyen d'un compas ou d'un repère apposé sur le sabord),
 - la distance évaluée de l'observation,
 - le nombre d'individus et le gisement de chacun d'entre eux dans le cas d'une répartition diffuse,
 - des éléments sur le comportement des animaux susceptibles d'influencer une éventuelle manœuvre (ex. : l'animal sonde, l'animal fait route à tel cap, ...),
 - après que les officiers aient manifesté leur intention de manœuvre, l'observateur adaptera son angle d'observation au nouveau secteur concerné.

Ces informations permettront aux officiers de prendre connaissance des baleines en route de collision, d'envisager les manœuvres adéquates et ainsi de limiter les déviations inutiles sources d'augmentation du risque. Rappelons ici que la comparaison entre « déviations effectives » et « déviations corrigées » a permis de constater qu'en période de forte abondance, $\frac{1}{3}$ (toutes conditions météo) à $\frac{3}{4}$ (en transect) des déviations recensées auraient pu être évitées (§ 2.4.5). Dans ces cas, le cap de l'animal n'a pas (ou a mal) été estimé (la baleine n'était pas en route de collision avec le NGV) ou son signal lumineux a mal été interprété (il s'agissait de petits cétacés qui ne nécessitaient pas de manœuvre particulière). En effet, au vue de la vitesse du navire et de l'intensité du travail, les officiers doivent réagir rapidement face à une situation d'urgence, souvent sans avoir le temps ni la possibilité de l'analyser dans son ensemble.

Aux escales, l'OBSCET procèdera à la transmission de ses observations (notées sur la base de la fiche faisant l'objet de l'annexe 3) par fax (IMMARSAT standard C) ou par e-mail à l'organisme coordinateur, dans une optique de monitoring des populations.

A terme, l'OBSCET pourra prendre en charge à bord les dispositifs technologiques de limitation des risques de collision en cours de développement (§ 4.4.1.2 et § 4.4.2.2).

Enfin, l'OBSCET aura un rôle en matière de sensibilisation du personnel de quart mais aussi des passagers lors des visites de la passerelle, avec ce que cela représente en matière de communication pour les compagnies adoptant le principe.

De nuit, et dès que la luminosité ambiante atteint un seuil limitant la détectabilité visuelle, l'OBSCET prendra le relais des observations sur le NVS qu'il veillera durant le temps nécessaire. En cas de détection, les consignes à suivre seront les mêmes que celles de jour (le gisement sera évalué et la distance donnée à l'aide des repères sur l'écran). Cette partie du travail permettra d'optimiser l'utilisation du NVS et également d'évaluer son intérêt. L'utilisation éventuelle de la fonction de rotation de la caméra est une manœuvre très délicate. Un protocole reste à définir et devra faire l'objet de discussions avec les Commandants et les services de sécurité.

4.3.2.3 Emplacement de l'OBSCET et matériel à disposition

La position exacte de l'OBSCET devra être définie en concertation avec la Compagnie puisque la conception des passerelles et les impératifs de disponibilité de l'espace pour le personnel de quart guideront le choix de l'installation. Cependant, il est certain que le poste en question devrait être placé à proximité suffisante d'un sabord pour que les zones d'ombre n'entravent pas l'angle de détection utile. Le respect de ces préconisations permettra à l'OBSCET de ne plus subir les désagréments liés aux montants de sabord (§ 4.1.3.1). Ceci est un impératif dans le sens où les améliorations ergonomiques proposées ne permettront de limiter que partiellement les atteintes aux observations des officiers (§ 4.1). Il serait également judicieux que l'angle de vision disponible soit largement supérieur à Δ afin de pouvoir anticiper les virements. La distance entre les pupitres réservés aux officiers et le poste de l'OBSCET doit être suffisamment faible pour que la communication entre les protagonistes soit aisée. La partie bâbord de la passerelle étant déjà occupée (table à cartes, tables et chaises), nous suggérons l'installation de ce poste sur la partie tribord pour les NGV de la SNCM qui, de surcroît, est moins soumise aux nuisances des reflets du soleil pour la majorité des trajets.

L'OBSCET prendra place sur un siège semblable à ceux utilisés par les officiers et fixé au sol. Il se trouvera excentré par rapport à l'axe du navire puisque les pupitres Veille et Conduite et le pupitre Technique occupent déjà des positions centrales (§ 1.2.2.5). Ainsi, il sera indispensable d'orienter très légèrement ce siège vers l'axe du navire afin de corriger la parallaxe (à calculer selon l'emplacement exact du poste). Nécessairement, le poste de l'OBSCET devra être exempt d'écran solaire puisque nous avons mentionné § 4.1.3.6 que cet aménagement était peu propice au travail de l'observateur. Il devra par contre disposer d'un système d'essuie-glaces autonome.

Une tablette située en face de l'OBSCET ainsi qu'un rangement lui permettront de déposer son matériel et de saisir, à l'escale, les données recueillies. Le matériel à disposition sera le suivant :

- un enregistreur vocal numérique pour noter les observations effectuées,
- une paire de jumelles 7X50 à réticule,
- un système de visée apposé sur le sabord pour déterminer avec exactitude le gisement des observations, ou un compas à visée,
- un répéteur de l'heure, du GPS, du loch, des principales informations météorologiques et de la carte électronique de navigation (il est tout au moins nécessaire que ces éléments soient à portée visuelle),
- l'accès à un système de communication bord/terre (IMMARSAT Standard C ou e-mail),
- Dans le cadre de son travail de nuit (§ 4.3.2.2), nous suggérons enfin que l'OBSCET ait à disposition une console du NVS et son écran de contrôle (dont l'orientation doit être stratégique pour que la luminosité émise ne gêne pas le personnel de quart). Cette éventualité et l'emplacement exact de ce matériel reste bien entendu à définir en accord avec les Commandants et services de sécurité de la SNCM.

4.3.2.4 Formation et mise à disposition des OBSCET

La formation des observateurs spécialisée comprendra :

- Une partie théorique :
 - connaissance et identification des espèces,
 - connaissances des caractéristiques des navires rapides et des conditions de travail à bord,
 - connaissances des enjeux liés aux collisions pour les navires et les compagnies,
 - connaissance des enjeux liés aux collisions pour les grands cétacés en Méditerranée,
 - tour d'horizon des problématiques de collisions à travers le monde,
 - techniques de détectabilité des grands cétacés pour limiter les risques de collision depuis la passerelle d'un NGV (résultats de la présente étude et de celles qui sont en cours à bord des car-ferries : intensité des observations, notions de signal lumineux et de bruit ambiant, angle Δ , ...),
 - présentation des NVS,
 - utilisation des appareils de bord (GPS, compas, météo, VHF),
 - utilisation du logiciel de cartographie du bord,
 - saisie des fiches d'observations,
 - et, à terme, connaissance et utilisation des systèmes technologiques pour limiter les risques de collisions (§ 4.4.1.2 et § 4.4.2.2).
- Une partie pratique, en deux temps. Tout d'abord, depuis la passerelle d'un car-ferry (qui, plus lent, présente l'avantage de laisser le temps à l'apprentissage et à la compréhension du signal à scruter), puis à partir de celle d'un NGV :
 - identification du signal lumineux dans le bruit ambiant,
 - reconnaissance des espèces en mer,
 - évaluation du nombre d'individus, caps et comportements des animaux,
 - évaluation des distances et des gisements,
 - évaluation du degré de danger présenté par une observation,
 - utilisation des appareils de bord (e.g. GPS, compas, station météo),
 - initiation et perfectionnement à l'utilisation du NVS (à bord des NGV),
 - transmission et réception des informations à l'organisme coordinateur,
 - utilisation du logiciel de cartographie.

Compte tenu des enjeux et de la responsabilité des futurs observateurs spécialisés, il sera procédé à une évaluation en fin de formation afin de juger l'aptitude du postulant à exercer ce travail. Les observateurs, une fois formés, seront prêts à assurer directement leurs fonctions.

4.3.2.5 Organisation

Un observateur par NGV sera embarqué durant toute la saison d'exploitation. La Compagnie devra se charger de dresser un planning des rotations des OBSCET. Il nous semble que ce planning devrait être proche (si non le même) de celui des officiers, et trois observateurs devraient donc se relayer à bord d'un NGV. L'association d'un observateur à une bordée permettrait, qui plus est, de favoriser la synergie avec les officiers au fil de la saison.

4.4 Autres applications et perspectives envisageables à court et moyen terme pour limiter les risques de collision et développer le monitoring des populations

Ce chapitre présente des analyses et applications connexes et complémentaires aux améliorations principales proposées précédemment. Certaines d'entre elles font référence pour tout ou partie aux techniques utilisées ailleurs, d'autres sont entièrement inédites. Elles se découpent en deux grandes catégories : les propositions applicables à court terme et celles applicables à moyen terme.

4.4.1 Propositions connexes applicables à court terme ou appliquées depuis peu

4.4.1.1 Programmes de sensibilisation / formation à destination du personnel de quart

Le travail de l'OBSCET viendra compléter celui des officiers de quart sur la base de la synergie entre les deux types d'observation qui donne à la technique toute sa performance en matière de sécurité. C'est pourquoi, en complément de ce dispositif, il est indispensable d'assurer un travail de formation / sensibilisation du personnel de quart. Une telle démarche présente divers intérêts :

- elle permet d'affiner la sensibilisation des officiers aux enjeux liés à la problématique des collisions,
- elle permet de planifier les relations entre l'OBSCET et les officiers de quart,
- elle est indispensable à l'heure où la détectabilité, malgré les méthodes technologiques en cours de développement, reste encore tributaire de l'observation humaine,
- au cours du temps, elle permettra d'enseigner au personnel de quart l'utilisation des futurs dispositifs technologiques en cours de développement (cf. § 4.4.1.2 et § 4.4.2.2),
- elle permettra aux officiers d'améliorer leurs capacités de détections des grands cétacés par le rappel de la problématique et des enjeux et par la connaissance des signaux à détecter,
- elle permettra également de toucher les officiers des unités traditionnelles dans un esprit de gestion globale des populations de cétacés et d'efficacité de certaines mesures qui impliquent la participation de tous les navires sur zone (§ 4.4.2.3).

Deux processus de sensibilisation / formation ont été mis en place de manière connexe à cette étude. Le premier concerne la SNCM qui a déjà engagé une procédure de sensibilisation de son personnel par le biais de deux actions :

- Une lettre interne mensuelle intitulée « SNCM et Cétacés » (publiée par le Commandant Capoulade entre 2000 et 2005) ayant pour but d'informer le personnel des problématiques liées aux cétacés dans le cadre du Sanctuaire Pelagos.
- Au-delà de ce travail, le même Commandant exerçait sur son propre équipage une action de sensibilisation notable dont les résultats se ressentent nettement au sein des fiches d'observation transmises (§ 2.4.6).

Depuis l'an 2000, le nombre de fiches saisies et transmises à la CIESM par la SNCM a été multiplié par 10 (P. Beaubrun, com. pers.) ce qui montre l'intérêt de telles actions de sensibilisation. Bien que ces deux actions précises aient été interrompues avec le départ du Commandant Capoulade en retraite, le Service Sécurité / Environnement de la Compagnie assure depuis 2006 le relais de l'information concernant les cétacés auprès du personnel de la Compagnie.

Le deuxième processus est développé par l'association Souffleurs d'Ecume³⁷ et l'EPHE depuis 2004 dans le cadre des actions de la partie française du Sanctuaire Pelagos. Il est directement issu des résultats de la présente étude. Il s'agit d'un dispositif annuel de formation des élèves officiers et du personnel des compagnies exerçant sur la zone. Cette action est réalisable grâce à la contribution logistique de l'Ecole Nationale de la Marine Marchande de Marseille, l'appui scientifique et technique de nombreux organismes et le soutien financier d'institutions. Le détail de ces structures et du contenu de cette formation est détaillé dans le compte-rendu de l'édition 2006 (annexe 5).

³⁷ Association à caractère scientifique pour la conservation de l'environnement. www.souffleursdecume.com

4.4.1.2 Réseau de REport des Positions de grands CÉTacés (REPCET)

En 2004, sur la base des premiers résultats de cette étude, le Commandant Capoulade suggérait d'étudier un dispositif de report inter-navires des positions de grands cétacés. Une courte phase préliminaire et expérimentale a eu lieu du 22 au 24 juillet 2004 (Capoulade et Mayol, 2004). Cette expérience consistait à réceptionner à terre les positions de grands cétacés transmises par les navires de la SNCM (NGV, car-ferries et cargos mixtes), à les compiler et, à chaque escale de NGV, à les renvoyer aux bords sous forme cartographiée. Les résultats (présentés en annexe 6) sont encourageants puisqu'ils ont permis de constater que, sauf problème particulier, les impératifs logistiques (durée des trajets et des escales, modes de transmission des informations à disposition) étaient compatibles avec le système.

Les limites de ce dispositif étaient constituées, d'une part, par les délais entre les observations et le transfert des informations aux bords. Ces délais peuvent être réduits grâce à la participation d'un maximum de navires sur zone ainsi qu'à l'équipement progressif de ces derniers en technologie de connexion internet par satellite (*i.e.* disponible en mer). D'autre part, nous ignorons à ce stade si les animaux vivants revus sur une zone donnée sont les mêmes que ceux précédemment signalés.

Concernant les animaux morts, par définition peu détectables (en 2000, un Commandant entra en collision avec un Rorqual mort qu'il avait pourtant décelé sur la traversée précédente), l'expérience a montré que l'on pouvait suivre un cadavre de rorqual pendant plusieurs jours, jusqu'à sa dislocation. En plus d'améliorer la détectabilité des grands cétacés vivants, ce dispositif pourrait permettre de limiter les risques de collisions avec les animaux morts, améliorant ainsi la sécurité à bord des NGV.

Bien que tous les cargos et car-ferries n'aient pas transmis leurs données lors de l'expérience de 2004 (d'où la nécessité de développer des programmes de sensibilisation), il apparaît que l'étude d'un système de report permanent étendu à l'ensemble des navires de transports réguliers de la zone permettrait de présenter les positions sur lesquelles des grands cétacés ont été signalés et d'en tirer des enseignements forts utiles en matière de limitation du risque de collisions.

Ces constatations montrent que l'étude et le développement d'un système de report permanent et étendu à l'ensemble des navires de transports réguliers de la zone représenterait un sérieux atout pour limiter les risques de collision. La prise en charge à bord de ce système constituerait une tâche essentielle de l'OBSCET qui transmettrait les positions des animaux détectés à l'organisme coordinateur et qui relayerait aux officiers les informations reçues en retour.

Un tel dispositif pourrait être automatisé dans l'avenir et compléter par un système de détection acoustique (pour le Cachalot). A ce titre, le concepteur du logiciel de cartographie Karto®, des responsables de l'Université de Sophia-Antipolis et de l'Ecole Supérieure en Sciences Informatique de Nice, un industriel spécialisé dans le développement informatique ainsi que le Pôle de Compétitivité Mer PACA nous ont déjà fait part de leur intérêt pour participer au développement du système. Les premières étapes sont prévues courant 2007.

A terme, ce dispositif pourrait également être étendu aux navires non réguliers (en transit). S'inspirant des réalisations atlantiques (cf. Mandatory Ship Reporting system en Introduction, p.6), ces navires pourraient recevoir une information par VHF les informant des caractéristiques de la zone (Sanctuaire Pelagos et risques de collision), leur demandant d'effectuer une veille attentive et de transmettre leurs observations à la tête du réseau REPCET par VHF. En échange, ils pourraient recevoir les positions de grands cétacés connues sur leur route par IMMARSAT C.

4.4.1.3 Propositions nécessitant la mise en place rapide d'une cellule de réflexion entre chercheurs, gestionnaires et les professionnels de la navigation commerciale.

D'autres expériences réalisées dans l'Atlantique nord (Introduction, p. 6) pourraient être adaptées à la problématique méditerranéenne. Ainsi, la modélisation de routes mobiles de navigation et de zones à vitesse limitée sont des éléments intéressants mais impliquent une meilleure connaissance de la distribution dynamique des grands cétacés et du trafic maritime, d'une part, et, d'autre part, l'implication des compagnies de navigation.

Concernant le premier point, des travaux sont en cours. Sur les relations entre la distribution des grands cétacés et les variables environnementales tout d'abord (Littaye et coll., 2004 ; Laran et coll., 2005 ; Panigada et coll., 2005) mais aussi sur la distribution du trafic maritime (Di Mèglio, 2006) et les niveaux d'expositions des habitats du Rorqual commun (David et coll., 2002)

Concernant le second point, les dernières réunions du groupe de travail « activité humaines » ont permis de réunir deux des principales compagnies du Sanctuaire (la SNCM et la CMN) pour amorcer des échanges sur le sujet.

Par ailleurs, cette cellule de réflexion devra rapidement aborder le problème de la détectabilité nocturne. Rappelons que le recensement des heurts connus impliquant les NGV de la SNCM révèle que toutes les collisions mettant en scène un animal vivant ont eu lieu de nuit (2/2), période où, bien entendu, la détection visuelle n'est plus d'aucun recours. Pourtant, en l'état actuel de nos connaissances, il s'agit de la seule méthode applicable à court terme. La mise en place des propositions émises dans ce travail optimisera certainement cette méthode mais, à ce jour, il n'en demeure pas moins qu'aucun système de détection nocturne n'est réellement opérationnel. Au regard du danger que représentent les traversés de nuit en matière de sécurité, les gestionnaires et les professionnels n'auraient-ils pas intérêt à étudier comment et sous quelles conditions les trajets nocturnes des NGV pourraient être abolis ?

Cette cellule de réflexion serait aussi le moyen de solliciter les compagnies pour effectuer un geste simple : communiquer par VHF aux navires croisés les observations de grands cétacés précédemment rencontrés. Cette démarche n'est pas systématique à ce jour, constat issu du fait que toutes les compagnies et tous les types de navires n'ont pas la même sensibilité aux collisions. Pourtant, elle contribuerait à la diminution des risques dans l'attente du développement d'autres systèmes.

Enfin, d'autres actions simples pourraient être développées, telles que l'inscription de recommandations à l'arrière de la carte de navigations de la zone (SHOM 7204) ou encore la distribution de documents d'information par les pilotes au personnel de quart.

4.4.1.4 Monitoring des populations : une perspective d'application de la détectabilité à bord des NGV, envisageable sous des conditions strictes

Compte tenu de leur vitesse qui n'accorde qu'un temps très réduit à l'observateur pour repérer chaque cétacé ou groupe de cétacés, les navires rapides restent irrémédiablement inadaptés à certains types d'investigations (éthologie par exemple).

Toutefois, les lignes suivies, les caractéristiques des plateformes, les résultats obtenus et le nombre de traversées effectuées (jusqu'à deux rotations par jour en été), tendent à appuyer l'intérêt de telles unités pour un travail de monitoring. Les conditions de sa mise en œuvre sont cependant strictes : l'application de la méthode du transect de ligne, une mer ≤ 4 Beaufort, un angle de 30° surveillé de part et d'autre du navire, et le trinôme d'observateurs défini pour l'étude : les deux officiers de quart associés à une personne spécialement dévolue à l'observation des grands cétacés.

Les résultats obtenus sur la base des fiches d'observation remplies par les officiers montrent des distorsions avec les données relevées en transect par le scientifique (§ 2.4.6). Il semble, par exemple, que les données rapportées cumulent plusieurs groupes en un seul, et que les individus isolés ne soient pas systématiquement notés. On retrouve ici l'une des conséquences de l'intensité du travail en passerelle et le fait qu'un travail de suivi ne puisse pas s'envisager sur la base de ces fiches (qui constituent toutefois une source de données aléatoires).

Le programme Test Navire (déjà évoqué § 1.3.4.1.f et 3.3.4) permettra sous peu de comparer les résultats obtenus depuis les passerelles des NGV et ceux résultant des données recueillies depuis les navires traditionnels. Ce travail constituera la continuité de nos analyses et pourra déboucher sur un protocole précis de monitoring des Rorquals communs depuis les NGV.

4.4.2 Analyses et propositions connexes applicables à moyen terme

4.4.2.1 Amélioration de nos connaissances en matière d'écologie et d'éthologie des grands cétacés

La connaissance et la compréhension de certains comportements des grands cétacés font défaut aujourd'hui et s'avèreraient pourtant très utiles pour limiter les risques d'interactions négatives en général et de collisions en particulier. Cette partie dresse, en 4 points, la liste des constats en la matière qui mériteraient d'être approfondis.

a. Amélioration de nos connaissances sur le comportement des grands cétacés face aux NGV

Les constats réalisés sur le comportement des Rorquals communs à l'approche des NGV (§ 2.3.2.1), appuyés de quelques publications scientifiques (§ 3.2.2) rappellent la nécessité de respecter une certaine distance (0,3 MN ?) afin d'éviter une réaction susceptible d'augmenter les risques de collision : si les veilleurs repèrent l'animal tardivement, la baleine approchée de trop près risquerait alors de se mettre à suivre une route aléatoire et hésitante, augmentant le risque de collision. Ce point particulier vient rappeler l'intérêt des localisations lointaines déjà détaillé § 4.1.1.1.

Par ailleurs, il faut souligner que les impacts à long terme du trafic sur les cétacés comportent non seulement des changements physiologiques (très dommageables aux populations mais n'entrant pas en compte dans notre problématique), mais aussi parfois de profondes modifications comportementales. Ce dernier point est particulièrement inquiétant en matière de détectabilité : une étude révèle que les Baleines franches boréales de la baie de Baffin (Atlantique nord) qui, pendant des années, ont été exposées aux activités humaines adoptent un comportement global plus discret et plus timide que d'autres qui sont moins exposés (Richardson et coll. 1995a). Ceci vient poser le problème de la mise en service relativement récente des NGV : si les Rorquals communs se mettaient à suivre ce modèle, leur détection deviendrait de plus en plus délicate...

En outre, les taux de collisions recensés à travers le monde permettent de se demander si les baleines entendent le bruit des NGV. La question est suffisamment récurrente dans l'opinion publique pour que nous y apportions des éléments de réponses au travers des trois points suivants :

- Tout d'abord, nous n'avons pas de réelle idée du bruit qu'un NGV émet sous l'eau. Il semble que ce bruit soit perçu très tardivement par les animaux, et à proximité de ces derniers, ce qui provoque une réponse en sursaut (David, 2002). Les Mysticètes, dont le Rorqual commun, produisent et entendent des sons qui dominent en dessous d'1 KHz (Roussel, 2002). La mesure des sons émis par un ferry rapide de type catamaran à propulsion par hydrojets (Browning et coll., 1997 ; Browning et Harland, 1999) montre deux pics d'intensité : le premier est lié à la machine (500 Hz pour 130 Db à 900 m) et le second, moins intense et de fréquence proche des 10 KHz, est produit par le déplacement d'eau sous le navire. Le spectre sonore émis par les NGV de la SNCM devrait comprendre une valeur proche du premier de ces deux chiffres, compte tenu des similitudes entre les systèmes de propulsions des deux types de navires (Goodson - Underwater Acoustics Group- com. pers. via Cdt Capoulade). Nous pouvons donc supposer que ce son peut être correctement entendu par les Rorquals, d'autant que les basses fréquences se propagent bien dans le milieu aquatique (Roussel, en 2002, explique qu'elles ne décroissent pas de plus de 0,04 dB par km). Cependant, alors que les deux coques parallèles d'un catamaran ont tendance à guider le son vers l'avant, cela n'est certainement pas le cas avec les Corsaires monocoques, particulièrement lorsqu'ils sont élevés sur leur T-foil. Qui plus est, la propagation (direction et distance) du son est étroitement dépendante des masses d'eaux et de leurs caractéristiques physiques, ce qui rend la formulation de toute hypothèse délicate, particulièrement dans la zone étudiée où, nous l'avons vu, le courant liguro-provençal forme plusieurs masses d'eaux de natures différentes. A ce sujet, Bondaryk (2001) souligne le fait qu'en été la couche superficielle des océans présente un gradient de température différent du reste de la colonne. Ceci engendre une propagation du son plus rapide en surface qu'en profondeur, ce qui cause un profil de réfraction du son allant de haut en bas. Ainsi, dans de telles conditions, même si un navire émet un son situé dans la gamme d'audition des baleines, il ne pourra être perçu en surface qu'à 500 mètres du bateau. Enfin, les espèces ne réagissent pas toutes de la même façon aux stimuli sonores ce qui, en l'absence de données spécifiques, complique l'analyse. Ainsi, alors que Bauer et coll. (1993) ont montré des changements dans le comportement social, la vitesse de nage ou la respiration de Baleines à bosse (*Megaptera novaeangliae*) liés au trafic maritime et proportionnels au nombre de navires, à leur vitesse et

leur distance, Croll et coll. (2001) n'ont observé aucune réponse significative des Baleines bleues (*Balaenoptera musculus*) des Rorquals communs (*Balaenoptera physalus*) aux sons de basses fréquences (< 1000 Hz et jusqu'à 140 dB.).

- Ensuite, comme le souligne David (2002), il faut rajouter à ces phénomènes l'effet indirect des bruits sous-marins d'origine anthropique (hélices, moteurs, activités industrielles littorales, installations off-shore en construction ou en service, entraînements militaires avec tirs ou explosions sous-marines ou encore tests de sonars à basse fréquence) sur les collisions. En augmentant le bruit ambiant, ces pollutions sonores peuvent masquer les informations proches (un bateau qui approche, un signal de communication inter-individus, ...) voire, dans certains cas, engendrer des déficiences auditives (Richardson et coll., 1995b). Ceci est le cas des Cachalots des îles Canaries qui ne peuvent plus entendre les sons de basses fréquences émis par les navires et, de ce fait, se trouvent d'avantage soumis aux collisions (André et coll., 2001a ; Rolex awards for entreprises, 2002).
- Enfin, et comme expliqué précédemment, même s'ils entendent le navire, les cétacés n'ont pas forcément une réaction adéquate pour fuir le danger (route hésitante ou en zigzag). Qui plus est, malgré leur excellente audition, ils ne portent parfois pas attention à leurs alentours quand ils sont en période de sommeil, occupés à s'alimenter (Laist et coll., 2002) ou préoccupés par la reproduction (Lammers et coll., 2003). Plusieurs chercheurs (Williams et coll. 2000, Nowacek et coll., 2001) ont montré que diverses espèces de Mysticètes (dont les Rorquals communs) restaient quasiment statiques durant les dernières phases d'une remontée, réduisant ainsi leur capacité à changer rapidement de trajectoire en cas de besoin. Par ailleurs, compte tenu de la fréquence des passages des NGV (jusqu'à 12 traversés par jour dans le Sanctuaire pour la seule Compagnie SNCM), on peut supposer que les baleines présentes sur la zone ont assimilé les sons émis par ces navires à ceux de leur environnement. Ainsi, ces bruits ne sont peut être pas perçus comme un danger tant qu'ils ne sont pas associés à une collision.

Avec tant d'incertitudes, seules des études précises permettront de connaître et de comprendre le comportement des cétacés face aux NGV. Cela constituerait donc un travail à part entière prenant en compte tous les facteurs locaux que sont les masses d'eaux, l'analyse des longueurs d'onde et des intensités des sons émis par les NGV, ainsi que les réactions des grands cétacés à de tels stimuli. Dans un compte-rendu pour ACCOBAMS exposant des pistes de recherche pour évaluer les effets des sons d'origine anthropique sur les mammifères marins de Mer Ligure, Tyack (2003) présente des balises (tags) capables d'enregistrer le degré d'exposition des animaux aux bruits et leurs réactions en réponse (orientation et mouvements). Il pourrait être envisagé d'utiliser cet appareillage peu intrusif (système de pose par ventouse) sur les Rorquals communs dans le cadre d'un programme d'étude sur le sujet.

b. Signaux émis et détectabilité

Les souffles constituent une très large majorité (86 %) des signaux visuels détectés par force 3 à 4 Beaufort alors qu'en deçà, les dos sont légèrement majoritaire (52 %, § 2.4.3.2). L'une des explications pourrait être une probable progression de la puissance des souffles en fonction de l'état de la mer. En effet, par mer particulièrement calme (force 1 à 2 Beaufort), les souffles des Rorquals n'offraient pas le haut panache caractéristique, ou ce dernier était d'intensité et de taille bien inférieures à l'habitude. Ce phénomène semblait particulièrement visible à la suite d'une période de forte agitation du plan d'eau et une fois le beau temps revenu. A l'opposé, les souffles émis par mer agitées semblaient bien plus puissants et donc mieux détectables.

Notre protocole ne nous permettait pas de nous investir plus avant dans le recueil d'informations nécessaires à la démonstration de cette hypothèse, pourtant avancée par le Commandant Capoulade (com. pers.) à la suite de constatations semblables faites chaque été depuis 2001. Néanmoins, cette hypothèse est appuyée par le constat formulé § 2.4.1.2 : le scientifique repère les Rorquals depuis de plus grandes distances par mers soutenues (4 et 5 Beaufort) que par mers calmes (1 et 2 Beaufort).

Le fait que les souffles émis soient plus détectables par mer soutenue pourrait ainsi améliorer naturellement la détectabilité des grands cétacés en compensant l'augmentation du bruit ambiant. Nous avons vu (§ 2.4.3.4) que, pour les bandes de distances supérieures à 0,5 milles, le scientifique était plus apte à détecter les dos que les officiers. Ce phénomène est particulièrement visible par force 1 et 2 Beaufort. Pouvoir détecter les dos par force 1 et 2 revêtirait une importance particulière si une étude montrait qu'effectivement, dans de telles conditions, les souffles sont peu visibles.

Par ailleurs, la pose de balises v-TDR³⁸ sur des Rorquals a permis à Panigada et coll. (2002) de prouver que le comportement d'alimentation de cette baleine était étroitement lié à l'écologie de sa proie³⁹. Les auteurs constatent que plus la nuit approche plus les profondeurs de plongée diminuent, signe vraisemblable d'une prédation plutôt nocturne. Gannier et coll. (2001) avaient déjà observé des comportements de prédation préférentiellement en matinée et en soirée, et une tendance au repos en milieu de journée. Au vu de ces constats, certains préconiseraient de rechercher spécifiquement les souffles puissants en matinée et en soirée, et les reflets ou les dos exposés en surface en milieu de journée. Mais le comportement d'alimentation ne se caractérise pas uniquement par la puissance des souffles : d'autres facteurs doivent en effet être analysés, comme les temps de sonde/surface, les comportements en surface, la structure et la variation du groupe, etc. Par conséquent, il semble dangereux d'inciter un observateur à ne se concentrer que sur un type particulier de signal, au détriment des autres. Quelle que soit la saison ou l'heure, il est donc vivement recommandé de prendre en considération toutes les manifestations permettant une détection : repérage d'un souffle ou d'un dos, comme d'un remous ou d'un saut.

En matière de signal visuel, mentionnons aussi que, durant les deux dernières semaines d'août, des manifestations aériennes, réputées rares en Méditerranée (Whitehead, 1985 ; Pryor, 1986 ; Marini et coll., 1996b), ont été observées. Du simple « espionnage » à la série de sauts consécutifs hors de l'eau dans une gerbe d'écume, ce phénomène a également été rapporté en août 2003 lors d'une opération de monitoring à bord de car-ferries (Thomas Roger, com. pers.), en fin juillet 2004 par plusieurs officiers de car-ferries avec une fréquence et une intensité particulièrement importante (Capoulade et Mayol, 2004) et en juillet 2005 lors d'une étude sur le whale watching en méditerranée française (P. Mayol, obs. pers.). Ces éléments sont intéressants dans le sens où le signal lumineux émis dans ces cas là est d'intensité bien supérieure aux signaux traditionnels. Bien que ces manifestations semblent liées à la saison, on ne connaît toujours pas les facteurs environnementaux qui pourraient les déclencher.

Enfin, l'analyse des caps de Rorquals discutée § 3.2.1 tend à révéler des tendances fluctuantes au cours de la journée qu'il reste à préciser et à comprendre. Ces aspects mériteraient en effet d'être éclaircis car de tels mouvements ont certainement une importance dans la détection des cétacés depuis les passerelles (*e.g.* orientation des dos par rapport à l'ensoleillement).

c. Répartition et détectabilité

Pourrait-on prédire quel type de répartition les Rorquals adopteront au cœur de la saison estivale (répartition pélagique stricte ou répartition étalée, avec des individus près de la côte) grâce à l'analyse de la taille moyenne des groupes au mois de juin ? Cette hypothèse, présentée § 3.1.3.4, reste à valider par une étude circonscrite car nos résultats rappellent combien le caractère pélagique des Rorquals communs peut souffrir de nombreuses irrégularités.

Pour l'heure, il serait donc hasardeux de vouloir orienter un protocole de détectabilité visuelle en fonction de ce caractère général, les animaux pouvant également se trouver en deçà de l'isobathe 2 000 m de manière habituelle en hiver ou de manière exceptionnelle en été, selon les années.

d. Cas particulier du Cachalot

Les résultats discutés § 3.1.2 ont permis de montrer que l'habitat du Cachalot était globalement peu fréquenté par les routes des NGV de la SNCM bien que des rencontres puissent être envisagées en des zones localisées. En définitive, ces constats ne dégagent pas l'espèce de la problématique des collisions, notamment au regard de sa détectabilité, limitée depuis les NGV à cause de signaux moins repérables que ceux émis par le Rorqual commun (souffles moins puissants et animaux moins vifs) et de sondes plus importantes (Gannier, 2001, explique que durant la phase de sonde d'un cachalot, un NGV peut parcourir jusqu'à 30 MN !).

³⁸ v-TDR = velocity-Time-Depth-Recorders. Sept de ces balises ont été posées en mer Ligure, permettant l'analyse de 83 plongées en 13 heures d'enregistrement.

³⁹ *Meganyctiphanes norvegica*, dont les migrations nycthémerales affichent une grande amplitude verticale puisqu'elles s'étagent de -800 à -600 m durant la journée jusqu'à -80 et -40 m la nuit (Velsch, 1997).

Des études fines sur l'habitat préférentiel du cachalot sont donc nécessaires pour permettre, dans l'avenir, de proposer des routes spécifiques aux NGV qui ne traversent pas les zones susceptibles de les abriter régulièrement.

Dans cette attente, la présence d'une personne à bord spécialement dédiée à l'observation des grands cétacés ne peut que renforcer la sécurité puisque :

- Les 5 cachalots observés en transect durant notre étude ont été détectés par le scientifique.
- Concernant les observations aléatoires rapportées par les officiers en l'absence du scientifique, elles font état de seulement quatre individus supplémentaires, tous repérés par le Commandant A (§ 2.4.6), le plus sensible à la problématique.
- Et ceci alors que le scientifique n'a été présent que sur 18 % des traversées effectuées par les NGV dans la zone et durant la totalité de la période d'étude.

En conclusion de cette partie, soulignons que les données transmises par l'OBSKET aux escales (§ 4.3.2.2) permettront d'affiner au fil du temps certains des points précédemment exposés en contribuant aux travaux de recherche qui pourraient en découler.

4.4.2.2 Détection des grands cétacés par l'imagerie passive

Comme nous l'avons longuement évoqué, la détectabilité visuelle de jour comme de nuit reste, à court terme, le seul moyen efficace et non intrusif de limiter les collisions si elle est appliquée selon certains impératifs. Cependant, les limites de cette technique sont bien réelles et l'on se doit, compte tenu de l'augmentation prévisible du trafic, de réduire à moyen terme ces difficultés par le biais de nouvelles solutions.

Au regard de l'aspect non intrusif et des perspectives prometteuses de l'imagerie passive (cf. Introduction, p. 8), nous choisissons d'ouvrir une réflexion autour de l'installation potentielle d'un WACS au sein de Pelagos. Fournis à titre préliminaire, les éléments techniques ci-après se basent sur les seules routes parcourues par les NGV de la SNCM en 2001.

En premier lieu, rappelons que les vocalisations des Rorquals communs (basses fréquences et grandes longueurs d'ondes) sont irrégulières (fonction de la saison) et que seuls les mâles émettent pour attirer les femelles vers des zones riches en ressources alimentaires (Clark et coll., 2002 ; Croll et coll., 2002 ; Michel André com. pers.). Ces phénomènes imposent la mise en place d'un système de détection par bruit ambiant (mode ANI) avec des arrays distants les uns des autres de 5 km (2,7 MN) sur chacun des 5 axes habituellement empruntés par les NGV. La limite bathymétrique de 500 m est proposée pour développer le dispositif (Tableau 36 et Figure 64). Ce choix permettrait de couvrir l'habitat préférentiel du cachalot (§ 3.1.2) et de limiter les risques liés aux irrégularités dans la distribution pélagique des Rorquals communs.

Tableau 36 : Localisation du dispositif WACS sur les 5 axes de navigation empruntés par les NGV de la SNCM en 2001.

| Axe | Position départ | Position arrivée | Distance (MN) | Nombre d'arrays | Remarques |
|-----------------------|-------------------------|-----------------------|---------------|-----------------|---|
| 1 Nice-Bastia | a (43°40'N-7°19'E) | b (43°04'N-8°19'E) | 94 | 35 | L'installation s'arrête au Cap Corse (le trajet restant jusqu'à Bastia surplombe des fonds < 500 m). Rappelons que de rares observations attestent de la présence de baleines à l'entrée du port de Bastia. Y étendre le dispositif représenterait 11 arrays supplémentaires (30 MN). |
| 2 Nice-Balagne | a (43°40'N-7°19'E) | c (42°42'N-8°45'E) | 85 | 31 | La courte distance séparant les deux traversées (Nice-Ile Rousse et Nice-Calvi) permet d'envisager une installation centrale afin de créer un couloir qui desservira les deux destinations. |
| 3 Nice-Ajaccio | a (43°40'N-7°19'E) | d (41°49'N-8°32'E) | 124 | 46 | La distance séparant les deux routes habituelles (13 MN) est trop grande pour envisager installation médiane. Notre proposition se porte sur la route la plus à l'Ouest (la plus courte et couvre l'axe 5). |
| 4 Toulon-Propriano | e (42°57'N- 6°14' E) | f (41°44'N-8°36'E) | 127 | 47 | |
| 5 Nice-Propriano | a (43°40'N-7°19'E) | f (41°44'N-8°36'E) | 130 | 0 | Couvert par les axes 3 et 4 |

Au total, 159 arrays sont nécessaires sur une distance cumulée de 430 milles nautiques pour couvrir toute la zone concernée. Une partie des fonds inférieurs à 500 m est couverte puisque chaque station d'array possède un diamètre de fonctionnement de 1.3 MN. Ceci renforce la sécurité du système et permettrait aux équipages d'anticiper l'entrée en zone critique.

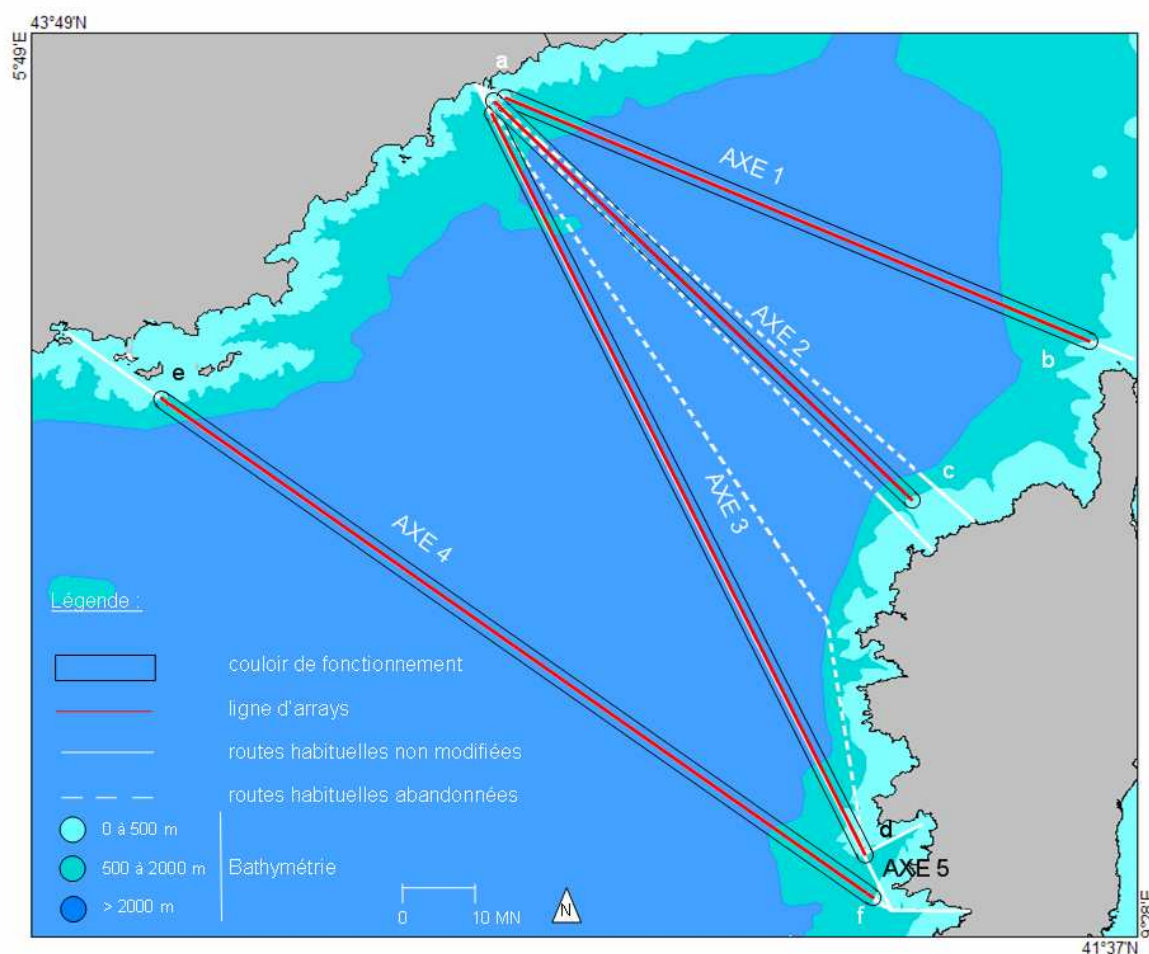


Figure 64 : Axes de déploiement potentiel d'un dispositif WACS sur la zone d'étude, selon les routes parcourues par les NGV de la SNCM en 2001.

Alors que l'amélioration de la détectabilité visuelle représente une action pour fortement limiter les risques de collision à court terme, le WACS semble être une solution d'avenir qui pourrait ramener ce risque à une valeur très faible. Les difficultés qui pourront être rencontrées pour une telle entreprise seront bien entendu liées au financement de l'installation, mais aussi aux réticences possibles des autorités militaires puisque le WACS permet de détecter tous les éléments silencieux, y compris les unités sous-marines. Une solution à l'étude en ce moment aux Canaries consisterait à ce que l'Armée prenne en charge la gestion du WACS et transmette des données filtrées au secteur civil (Michel André, com. pers.).

4.4.2.3 Réflexion sur l'extension des mesures de limitation des risques de collision à l'ensemble de la navigation commerciale au travers de la question suivante : à quel degré les NGV sont-ils soumis aux risques de collision ?

Depuis les collisions de 1998 et 1999, la réputation des NGV est mise à rude épreuve auprès de l'opinion publique. Certaines presses qualifient d'ailleurs ces heurts avec des baleines de « grand massacre en Méditerranée » (Bihr et McCaffrey, 2003) et les NGV y sont souvent les premiers incriminés. Dans la littérature scientifique, la vitesse, doublement supérieure à celle des unités traditionnelles, est toujours invoquée comme facteur explicatif ou aggravant des collisions (Aguilar et coll., 2000 ; Carillo et coll., 2000 ; Capoulade, 2001b ; Laist et coll., 2001 ; Russel et Knowlton, 2001 ; David, 2002 ; Koschinski, 2002 ; Tregenza et coll., 2002). Elle a effectivement une influence sur la détectabilité, nous l'avons montré, ainsi que sur l'impact de la collision mais d'autres éléments entrent aussi en jeu. De manière exploratoire, et pour rappeler que les NGV ne sont pas les seuls navires impliqués dans la problématique des collisions, nous aborderons certains d'entre eux au sein de ce chapitre.

a. Application d'un modèle simple de calcul de risque de collisions

Un modèle simple de calcul de risque de collisions (Tregenza et coll., 2000 ; Tregenza, 2001) permet d'évaluer le nombre théorique d'animaux qui se trouvent sur la route d'un navire à une période donnée. Ce calcul se base sur les cinq hypothèses suivantes :

- 1) la partie vulnérable du rorqual peut être représentée par une ligne de la même longueur que l'animal,
- 2) l'orientation de l'animal par rapport à la direction du navire est aléatoire,
- 3) l'animal ne réagit pas au navire et ne tend pas à se mettre sur ou en-dehors de sa route,
- 4) la route suivie par le navire rencontre une densité de rorquals identique à celle d'une zone plus large sur laquelle un recensement a permis d'obtenir une estimation de densité,
- 5) les navires ne manœuvrent pas.

La formule $n = (W + 0,64L) * (D/1000) * Y * P * T$ prend en compte les 6 variables suivantes :

W = largeur en mètres de la coque du navire à la ligne de flottaison (13 m pour les Corsaires 11000 et 17 m pour le Corsaire 13000)

L = longueur du rorqual, en mètre (20 m)⁴⁰

D = longueur moyenne des trajets en kilomètres⁴¹

Y = nombre de rotations des NGV au cours de la période considérée

P = densité de population du rorqual en ind./km²

T = 0,3 : fraction des 30% de temps passé en surface par l'animal⁴²

Nous avons jugé intéressant d'utiliser cette formule pour estimer, globalement, le nombre de rorquals sur la route des NGV en été. Seuls les mois de juillet et août sont retenus pour ce calcul puisque les densités recensées dans la littérature pour l'espace du Sanctuaire⁴³ ont été calculées durant cette période. Le Tableau 37 expose les densités de rorquals et les distances parcourues par les NGV de 1992 à 2004 au sein du Sanctuaire Pelagos.

⁴⁰ L'auteur indique qu'un rorqual, assimilé à une cible linéaire d'orientation aléatoire par rapport au trajet du navire, présente une « taille moyenne de cible » égale à $0,64 * sa\ longueur$.

⁴¹ Pour une plus grande précision, les valeurs de D et Y seront remplacées par le nombre de km effectivement réalisés sur les périodes prises en compte.

⁴² Nous avons trouvé plusieurs valeurs dans littérature. La première d'entre elle (25%) calculée par Díaz et coll. (2000) fait référence aux rorquals de l'île Ischia (sud du bassin Tyrrhénien) qui présentent des caractéristiques éthologiques particulières compte tenu de la présence d'un canyon. Jahoda et Notarbartolo di Sciarra (1994), quant à eux, ont calculé un taux de surface plus élevé (29,25%) dans le bassin Corso-Liguro-Provençal. Cette valeur tend à être confirmée par les temps de plongée et de surface recensés en mer Ligure entre 1995 et 2000 puisqu'ils permettent de déduire un taux de temps passé en surface de 28,3% (d'après Jahoda et coll., 2001). Pour la variable T, nous retiendrons donc ces deux dernières valeurs, arrondies à 30%.

⁴³ Les densités proposées sont toutes calculées à l'intérieur du Sanctuaire mais avec des zones qui diffèrent légèrement d'une publication à l'autre. L'application du modèle de Tregenza sur la base de fourchettes de densités permettra de limiter le biais induit par cette disparité.

Tableau 37 : Densités de Rorquals communs et distances réelles parcourues par les NGV dans l'espace du Sanctuaire Pelagos chaque année de 1992 à 2004.

| Années | Densités | | Distances parcourues par les NGV en km | | |
|--------|---------------------------------|--------------------------|--|-----------------|---------|
| | nb. ind.km ⁻² (CV) | Référence | Corsaires 11 000 | Corsaire 13 000 | Total |
| 1992 | 0,0155 (22%) | Forcada et coll. (1995) | | | |
| 1993 | | | | | |
| 1994 | 0,015 (16%) (de 1991 à 1994) | Gannier (1997) | | | |
| 1995 | | | | | |
| 1996 | 0,0167 (20,7%) | Gannier (1998) | 67 235 | | 67 235 |
| 1997 | | | 89 255 | | 89 255 |
| 1998 | | | 87 229 | | 87 229 |
| 1999 | 0,0187 (48,6%) | Gannier (1999) | 84 718 | | 84 718 |
| 2000 | | | 39 720 | 72 020 | 111 740 |
| 2001 | 0,0091 (31%)* | Gannier et coll. (2001)* | 40 396 | 53 984 | 94 380 |
| 2002 | | | 38 207 | 62 427 | 100 634 |
| 2003 | | | 34 401 | 57 343 | 91 744 |
| 2004 | | | 38 222 | 49 726 | 87 948 |

* La valeur publiée dans cette référence est erronée. La densité à prendre en compte est 0,0091 et non pas 0,091 (Alexandre Gannier, com. pers.).

En excluant la densité calculée en 1999 compte tenu de son coefficient de variation très important (48,6 %), on constate que les densités calculées depuis 1992 oscillent entre 0,0091 et 0,0167 individus par km². Concernant les distances effectuées par les NGV, les chiffres varient entre 34 401 km et 89 255 km pour les Corsaires 11 000 et entre 53 984 km et 72 020 km pour le Corsaire 13 000 selon l'année. Les valeurs extrêmes (Tableau 38) de chacun de ces deux paramètres vont permettre de calculer une fourchette du nombre moyen de baleines sur la route des NGV entre juillet et août selon la formule précitée (Tableau 39).

Tableau 38 : Valeurs extrêmes et médianes des densités de Rorquals communs et des distances parcourues par les NGV dans l'espace du Sanctuaire Pelagos entre 1992 et 2004.

| Valeurs | Densités en ind.km ⁻² (année de référence) | Distances parcourues par les NGV en km | | |
|----------|--|--|---|---|
| | | Corsaires 11 000 (année de référence) | Corsaire 13 000 (année de référence) | Distances totales (année de référence) |
| Minimale | 0,0091 (2001) | 34 401 (2003) | 49 726 (2004) | 67 235 (1996) |
| Médiane | 0,01525 (moy. 1994 ; 1996) | 40 396 (2001) | 57 343 (2003) | 89 255 (1997) |
| Maximale | 0,0167 (1996) | 89 255 (1997) | 72 020 (2000) | 111 740 (2000) |

Tableau 39 : Nombre potentiel de rorquals rencontrés en surface sur les routes des NGV en juillet et août selon le modèle de Tregenza et coll. (2000) avec des variables de densités minimale (dens = 0,0091 rorquals.km²), ou maximale (DENS = 0,0167) et de distances minimales (dist Corsaires 11 000 = 34 401 km et dist Corsaire 13 000 = 49 726 km) ou maximales (DIST Corsaires 11 000 = 89 255 et DIST Corsaire 13 000 = 72 020) dans l'espace du Sanctuaire.

| | Corsaires 11 000 | Corsaire 13 000 | Total |
|--------------------|---------------------|--------------------|-------|
| dens / dist | 2,4 | 4,0 | 6,5 |
| DENS / dist | 4,4 | 7,4 | 11,9 |
| dens / DIST | 6,3 | 5,9 | 12,1 |
| DENS / DIST | 11,5 | 10,8 | 22,3 |

Les résultats de l'application numérique du modèle de Tregenza montrent une variabilité importante dans le nombre de rorquals potentiellement présents sur la route des NGV entre juillet et août (de 6,5 à 22,3). Cette fluctuation nous a conduit à affiner ce calcul en utilisant les valeurs médianes des variables de densités et de distances (présentées dans le Tableau 38). Les années relatives aux distances médianes calculées pour chacun des deux types de NGV différent (2001 et 2003). Nous avons en conséquence calculé la médiane des distances totales. Le résultat obtenu (89 255 km en 1997) est utilisé pour l'application numérique. Ainsi, d'après l'équation de Tregenza, le nombre de rorquals potentiellement présents sur la route des NGV de la SNCM pour juillet et août offre une valeur médiane de **10,5 individus**. Cette valeur générale reste théorique et, en l'état, aucune donnée ne permet de la comparer avec un nombre effectif de collisions ou de déviations. Les données recueillies par nos soins lors de cette étude (distances effectives réalisées par les NGV et nombre de déviations utiles pour éviter des collisions) devraient permettre une telle comparaison afin d'envisager, pour la première fois, un test de l'équation (Nick Tregenza, com. pers.). La démarche procède en deux étapes : appliquer l'équation de Tregenza pour le cas particulier de l'année 2001 et comparer le résultat obtenu aux nombre de déviations utiles recensées (§ 2.4.5). Pour la première partie (Tableau 40), nous utiliserons les variables suivantes :

- ✓ distances réelles effectuées en transect lorsque nous étions à bord et distances totales réellement parcourues par les NGV en 2001,
- ✓ densité calculée en 2001 (Gannier et coll., 2001).

Tableau 40 : Nombre potentiel de rorquals sur la route des NGV en juillet et août 2001 selon le modèle de Tregenza (2001) avec les variables correspondantes de densité (0,0091 rorquals.km²) et de distances (totales ou en transect) effectuées par les NGV dans l'espace du Sanctuaire.

| | Corsaire 11 000 | Corsaire 13 000 | Total |
|---|-----------------|-----------------|-------|
| Calcul avec distances en transect (2 300 et 3 200 km)* | 0,2 | 0,3 | 0,4 |
| Calcul avec distances totales (40 396 et 53 984 km) | 3,1 | 4,4 | 7,4 |

* Ces valeurs (total de 5 500 km, soit 2 970 MN) diffèrent de 2% (66 MN) avec les valeurs indiquées dans l'annexe 2 (3 036 MN). Cette différence négligeable est liée au mode de calcul des distances de route effectué à l'aide du logiciel Karto qui a été amélioré par son concepteur entre ces deux calculs.

Mathématiquement, en juillet et août 2001, les NGV n'ont théoriquement rencontré que très peu de baleines (0,4) sur leur route lors des transects. La pratique confirme cette hypothèse puisque, durant cette période, aucune déviation utile n'a réellement été imposée (§ 2.4.5). En l'absence de données sur les déviations utiles pour les distances totales effectuées, la comparaison entre pratique et théorie n'est pas envisageable. On peut cependant souligner que la valeur mathématique obtenue pour l'année 2001 (7,4) se situe sous la valeur médiane précédemment calculée (10,5) et est très proche de la valeur inférieure de la fourchette [6,5 ; 22,3].

La seule application de ce modèle sur la zone du Sanctuaire disponible dans la littérature est proposée par David et coll. (2001). Les auteurs obtiennent la valeur de **25 rorquals**, en utilisant :

- ✓ la distance théorique moyenne effectuée par l'ensemble des navires rapides (> 25 nœuds) navigant dans le Sanctuaire (SNCM et autres compagnies) en juillet et août (354 200 km),
- ✓ une largeur moyenne de coque de 13 m,
- ✓ et la densité de rorquals calculée en 2001 par Gannier et coll. (2001).

Il serait intéressant de pouvoir affiner ce calcul avec l'utilisation des largeurs de coques réelles et des distances effectivement parcourues par chacun des navires concernés car notre expérience montre que celles-ci fluctuent de manière importante par rapport aux distances théoriques.

b. Comparaison des cas de collisions recensées

Afin d'envisager de comparer l'implication des NGV et des navires traditionnels dans les collisions, nous proposons de calculer la proportion de heurts recensés pour chaque type de navire. Cette analyse simple reste cependant très partielle puisque les collisions rapportées pour les navires traditionnels ne sont pas forcément exhaustives (§ 3.4). Elle ne sera donc faite qu'à titre exploratoire.

Pour chacune des deux catégories de navires, les variables utilisées sont les distances effectuées au sein du Sanctuaire depuis 1996 jusqu'à 2004. Ce dernier est subdivisé en deux espaces analysés distinctement : l'intégralité du Sanctuaire et le Sanctuaire à l'exclusion de sa partie orientale qui n'abrite manifestement qu'un très faible nombre de Rorquals (lignes Bastia - Livourne, Bastia - Gênes et Porto Vecchio - Livourne). Les résultats obtenus sont exposés dans le Tableau 41 qui catégorise les animaux heurtés en fonction de leur état (mort ou vivant) au moment de la collision.

Tableau 41 : Comparaison du nombre de collisions connues depuis 1996 jusqu'à 2004 avec des Rorquals vivants ou morts recensées tous les 500 000 MN entre les NGV et les unités traditionnelles (trad.) dans l'ensemble du Sanctuaire et dans le Sanctuaire à l'exclusion de sa partie est (Canal corse). Les chiffres entre parenthèses rappellent le nombre total de collisions recensées.

| | | Nb de MN | Rorquals vivants | Rorquals morts | Rorquals vivants et morts |
|---|-------|-----------|------------------|----------------|---------------------------|
| Intégralité du Sanctuaire | NGV | 1 028 936 | 1 (2) | 0,5 (1) | 1,5 (3) |
| | Trad. | 1 871 885 | 1,1 (4) | 0 | 1,1 (4) |
| Sanctuaire à l'exception du canal corse | NGV | 956 240 | 1 (2) | 0,5 (1) | 1,6 (3) |
| | Trad. | 1 847 381 | 1,1 (4) | 0 | 1,1 (4) |

Pour les raisons précédemment expliquées, la fréquence de collisions impliquant les navires traditionnels (1,1/500 000 MN, soit une tous les 2 ans) est très probablement sous estimée ce qui rend hasardeux l'exercice de comparaison entre les deux types de navires. Concernant les NGV, la fréquence de collisions avec des animaux vivants pourrait paraître faible de prime abord (une collision tous les 500 000 MN, soit une tous les 4 ans) mais il reste à définir ce qu'elle peut entraîner en terme de dynamique de population des rorquals.

Enfin, une enquête menée en Méditerranée par Panigada et coll. (2006) montre que les navires rapides sont responsables de 12,5 % des collisions létales recensées entre 1972 et 2001 et ce taux atteint 42,9 % entre 1996 et 2001. Toutefois, comme le soulignent les auteurs, ces chiffres sont à considérer avec prudence compte-tenu de la faible période considérée, mais aussi du fait que, rappelons le, les collisions peuvent passer inaperçues depuis des navires traditionnels.

c. Trajets nocturnes

En l'état actuel des applications technologiques, la nuit reste un moment particulièrement dangereux en matière de collisions. Bien que l'intérêt du NVS « Vistar » ne soit pas encore démontré, ce dernier a le mérite d'exister à bord des NGV. Dans de meilleures conditions d'utilisation il permettra peut-être de participer à la diminution des risques de collisions nocturnes à court terme. De tels appareils sont absents des car-ferries traditionnels qui effectuent pourtant plus de 50 % de leurs traversées de nuit en été et plus de 90 % en hiver (Cdt Capoulade, com. pers.). Les NGV, en plus d'être équipés d'un NVS, ne parcourent tout au plus que 5 % de l'ensemble de leurs traversées en période nocturne (calcul effectué sur la base des horaires 2001, représentatif du taux général de traversées nocturnes d'après le Cdt Capoulade, com. pers.).

L'estimation du nombre de rorquals potentiellement présents sur la route des navires (d'après le modèle de Tregenza) et la comparaison avec les déviations utiles imposées aux navires sont des calculs qui restent à faire pour les unités traditionnelles. Comparer l'implication dans les collisions de chaque type de navire nécessitera aussi de calculer finement les taux de renouvellement de surface, de prendre en compte la qualité de la veille, très différente d'un type de navire à l'autre, et, pour cela, de tester l'acuité des observateurs à bord des cargos et des car-ferries. Les cycles sonde / respiration des animaux en fonction de la vitesse constituent également un facteur de fluctuation de la détectabilité très important. Les durées de navigation de nuit et le test des appareils de détection nocturne dans de meilleures conditions orienteront également les conclusions d'un futur travail de comparaison afin de réorienter, le cas échéant, les déductions parfois hâtives des médias mais aussi les mesures de gestion à envisager. D'ici là, et bien que seuls les NGV soient concernés par des problèmes sécuritaires relatifs aux risques de collisions, il sera essentiel d'étendre les mesures de limitation des risques de collisions proposées dans ce travail à l'ensemble de la flotte commerciale dans une optique de conservation des populations de Rorquals communs et cachalots.

CONCLUSIONS

Ce travail faisait suite à une demande de la SNCM, inquiète des menaces que les collisions font peser sur ses passagers (risque de blessures compte tenu de la violence des chocs), ses NGV (fragilité des appendices de stabilisation) et son activité commerciale (NGV en arrêt technique en cas de heurt). Notre impératif premier était donc de répondre à la nécessité d'améliorer la sécurité à bord en analysant la façon dont sont détectés les cétacés depuis les passerelles des NGV pour envisager des procédures d'optimisation. Ceci étant, il nous fallait également prendre en compte le fait que cette étude mettait en jeu un espace et des espèces protégées, au statut de conservation inquiétant. C'est pourquoi un objectif secondaire constituait à envisager des perspectives de monitoring des populations depuis les NGV afin de mieux connaître les mœurs des animaux concernés et, de ce fait, d'améliorer les possibilités de conservation.

Dans une première étape, nous avons dégagé les espèces susceptibles d'intéresser notre problématique parmi le peuplement rencontré : le Cachalot et le Rorqual commun.

La première espèce n'a pas été observée en nombre suffisant pour envisager un traitement approfondi des données (5 individus isolés contactés en transect). La concernant, nous pouvons simplement rappeler qu'elle est difficilement détectable (notamment au regard de la durée de sondes) et que les routes empruntées par les NGV traversent ce que l'on connaît de son habitat en des endroits localisés (tête du canyon du Var, début de la radiale Nice-Balagne, fin de la radiale Nice-Ajaccio et première partie de la ligne Toulon-Propriano), ce qui ne signifie pas, en l'état de nos connaissances, que l'espèce ne peut pas être rencontrée ailleurs. Rien à ce stade ne l'évince donc de notre problématique.

La seconde espèce, qui a constitué 90 % des contacts de grands cétacés, a été observée en abondance suffisante et de manière homogène pour envisager un traitement des données selon plusieurs approches.

En premier lieu, une analyse de la répartition spatio-temporelle a confirmé nos connaissances de l'écologie de l'espèce sur la zone : répartition pélagique (avec de rares observations en deçà de l'isobathe 2 000 m), concentration des animaux entre début juin et fin août (où l'on trouve les indices d'abondance relatifs les plus élevés : 1,3 à 2,3 individus.MN⁻¹), présence de quelques individus en hiver (0,1 à 0,3 individus.MN⁻¹) et taille de groupes comprise entre 1 et 1,6 individus/groupe, avec les regroupements les plus importants rencontrés en période estivale. Par ailleurs, une variation d'abondance au cours de la saison, fonction de la radiale étudiée, a pu être mise en évidence (e.g. 5,4 individus.100MN⁻¹ sur l'axe Nice-Ajaccio, 3 sur l'axe Nice-Bastia et aucune observation sur l'axe Nice-Balagne pour la 2nde quinzaine de juin) dont certains éléments pourraient traduire une distribution particulière des Rorquals sur la zone en 2001 qu'il reste à préciser (population vraisemblablement décalée vers l'ouest, hypothèse appuyée par les traversées exploratoires impliquant le port de Toulon où l'indice d'abondance est égal à 6,5 individus.100M⁻¹ en juillet contre 1,8 pour le reste de la zone). L'ensemble de ces constats appuie manifestement l'intérêt des NGV pour développer un programme de monitoring des Rorquals communs depuis ces unités mais sous des conditions strictes : 2 officiers + un observateur spécialisé en veille, une mer ≤ force 4 Beaufort et une bonne visibilité. Quand aux fiches d'observation de la passerelle, les discordances mises à jour par comparaison avec les données du scientifique (e.g. 52 % de grands cétacés contre 32 % pour le scientifique) ou entre les bordées (e.g. effectifs oscillant entre 15 et 109 contacts sur la période de l'étude) montrent que les renseignements qui y sont rapportés ne pourront constituer que des données aléatoires.

En second lieu, des analyses sur le thème de l'éthologie auront permis d'ébaucher des pistes pour améliorer la détectabilité des grands cétacés et limiter les risques de collisions (e.g. tendance à suivre des routes à composante ouest en matinée et plutôt sud dans l'après-midi, distance minimale de 0,3 MN à respecter pour limiter le risque d'un changement de comportement des Rorquals, pas de différence notable entre le nombre de détections enregistrées entre l'aller et le retour) mais nécessitent dans la plupart des cas le développement d'études circonstanciées pour être confirmées et précisées.

La seconde étape de ce travail a consisté à examiner les performances des deux officiers de quart en matière de détection des grands cétacés et à éprouver les effets positifs que pouvait avoir l'adjonction d'un observateur spécialisé dans la détection des grands cétacés (OBSCET).

Ce cheminement a permis de montrer que les détections initiales de grands cétacés effectuées par les officiers étaient essentiellement latérales (64 % situés entre 30° et 90°), concentrées à proximité du navire (75 % jusqu'à 0,5 MN) et particulièrement sensibles aux événements et facteurs extérieurs que sont l'état de la mer (e.g. détections centrales passant de 33 % par force 1 et 2 à 5 % par force 3 et 4), la saison (e.g. détections limitées à 1 MN par faible abondance contre 3 MN par forte abondance) et les erreurs d'ergonomie de la passerelle (qui engendrent des lacunes dans les détections proches de 20° de part et d'autre de l'axe). Les impératifs liés à la navigation et au travail intense du personnel de passerelle expliquent en grande partie ces phénomènes.

A l'opposé, une personne entraînée et détachée de ces impératifs peu focaliser en permanence et pleinement son effort sur la détection des grands cétacés présentant un risque de collisions (détections échelonnées sur la gamme des distances - jusqu'à 6MN - et essentiellement réparties au sein de l'angle de détection utile de 30° de part et d'autre de l'axe - 73 %). Par un emplacement adéquat, cet observateur pourra se détacher de la majorité des imperfections ergonomiques recensées.

La démarche a aussi montré que la combinaison entre les deux modes d'observation est fort complémentaire (Tableau 42), optimale jusqu'à mer 4 Beaufort et par excellente visibilité (soit 80 % des traversées effectuées en 2001), et qu'elle préserve un intérêt au moins jusqu'à force 5 et une visibilité d'un mille nautique. De jour, elle permettra d'améliorer substantiellement la sécurité à bord des NGV et, de nuit, de disposer d'un opérateur NVS pour optimiser l'utilisation de cet appareil.

Tableau 42 : Synergie entre les observations des officiers et du scientifique en matière de sécurité à bord des NGV.

| | Tâches à bord | Impacts des discordances ergonomiques | Impacts des conditions météo et de l'abondance | Capacité à limiter les risques de collision avec grands cétacés |
|-------------------------------|--|--|--|---|
| OFFICIERS | Navigation | Elevés (peuvent être légèrement réduits par des modifications simples) | Elevés | Limitée, sauf à proximité immédiate du navire |
| | Veille navigation | | | |
| | Veille sécurité | | | |
| | Gestion moteurs, stabilisation, ballasts | | | |
| | Surveillance alarmes | | | |
| | Surveillance, gestion passagers, garage et vidéo surveillance | | | |
| | Exercices sécurité | | | |
| OBSERVATEUR SPECIALISÉ | De jour : détection visuelle, sensibilisation et transmission des observations | Faibles (peuvent être annulés par un emplacement stratégique) | Faibles | Beaucoup plus efficace. Optimale lorsqu'elle est couplée avec les observations des officiers |
| | De nuit : détection NVS | | | |

Ces constats et les enseignements tirés d'une revue bibliographique sur les travaux et applications pour limiter les collisions à travers le monde ont permis d'envisager des mesures applicables à notre problématique. Ainsi, nous avons retenu les possibilités suivantes, applicables à court terme :

- ✓ La proposition d'un protocole pour optimiser la détectabilité des grands cétacés de jour (2 officiers + un observateur spécialisé qui focalise son attention dans une plage de veille utile définie par un angle de 30° de part et d'autre de l'axe et des détections échelonnées sur la gamme des distances, avec un effort indépendant de la saison et de la bathymétrie),
- ✓ des améliorations ergonomiques des passerelles des NGV pour améliorer les capacités de détection des officiers,
- ✓ la mise en place d'un OBServateur spécialisé dans la détection des grands CÉTacés (OBSCET),
- ✓ Le test du NVS dans de bonnes conditions d'exploitation et en conformité avec les préconisations du fabricant et du code HSC (présence d'un opérateur dédié que pourra constituer l'OBSCET),
- ✓ le développement de programmes de formation / sensibilisation des personnels de quart,
- ✓ la mise en place d'une cellule de réflexion avec les compagnies de navigation pour développer de futures applications (e.g., modélisation de routes mobiles et / ou de zones à limitation de vitesse en fonction de la distribution dynamique des grands cétacés),
- ✓ L'étude d'un protocole précis de monitoring des populations de grands cétacés depuis les NGV,
- ✓ le développement d'un réseau permanent et automatique de REPort des Positions de grands CÉTacés entre les navires de commerce (REPCET).

D'autres mesures, plus coûteuses en temps, en élaboration ou en organisation paraissent également envisageables à moyen terme, telles que :

- ✓ L'amélioration de nos connaissances sur le comportement intrinsèque des grands cétacés susceptible d'orienter des protocoles de limitation des risques de collisions (e.g. relation entre la taille des groupes, leur distribution et la ressource alimentaire ; relation entre la détectabilité des souffles et l'état de la mer ; relation entre les caps suivis et l'heure solaire),
- ✓ L'amélioration de nos connaissances sur les réactions des animaux au passage des NGV.
- ✓ L'amélioration de nos connaissances sur la distribution des Cachalots pour envisager, dans l'avenir, des routes qui évitent son habitat.
- ✓ Le développement de dispositifs technologiques de détection passifs (type WACS).

Parmi les applications recensées à travers le monde et présentées en introduction, certaines n'ont pas été retenues en raison d'incompatibilités avec notre problématique (e.g. survols aériens), d'un manque d'efficacité (e.g. systèmes de sonars), ou encore à cause de leur caractère intrusif (e.g. émission de sons répulsifs).

Enfin, pour clore ce travail, nous souhaitons revenir sur un fait important. Le recensement des heurts connus impliquant les NGV de la SNCM a révélé que toutes les collisions mettant en scène un animal vivant ont eu lieu de nuit (2/2) et, à ce jour, aucun système de détection nocturne n'est pleinement opérationnel. Au regard du danger que représentent les traversés de nuit en matière de sécurité il semble important que les gestionnaires et les compagnies concernées étudient rapidement comment et sous quelles conditions les trajets nocturnes des NGV pourraient être abolis.

L'application de l'ensemble de ces mesures permettra à terme de limiter sensiblement les risques de collision entre les NGV et les grands cétacés dans l'espace du Sanctuaire. Mais si cette étude, très spécifique, répond aux besoins exprimés par la SNCM et propres aux NGV, il n'en reste pas moins que ces engins ne sont qu'un élément du trafic maritime global et ne sont pas les seuls impliqués dans les collisions. Ainsi, pour s'avérer efficace en matière de conservation, les solutions d'amélioration exprimées dans ce travail devraient être adaptées aux navires traditionnels et étendues à toutes les compagnies exploitant les eaux du Sanctuaire Pelagos, mais également de l'ensemble de la Méditerranée.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ACCOBAMS/PELAGOS (2005) - *Joint ACCOBAMS/Pelagos workshops on fin whale and collisions*. Monaco, 12 - 15 November 2005.
- AGUILAR N., CARILLO M., DELAGADO I., DIAZ F., BRITO A. et TREGENZA N. (2000) – Fast ferries impact on cetacean in Canary Islands: Collisions and Displacement. *Proceedings of the 14th annual conference of the European Cetacean Society*, Cork, Ireland 2-5 April 2000, **14** : 195-197.
- AIROLDI S., AZZELLINO A., NANI B., BALLARDINI M., BASTONI C., NOTARBARTOLO DI SCIARA G. et STURLESE, A. (1999) - Whale-watching in Italy: results of the first three years of activity. *European Research on Cetaceans*, **13** : 153–156.
- ALSTOM (1996) – Disposition Générale Timonerie. *Plan du navire Corsaire 11 000*.
- ALSTOM (2000) – Disposition Générale Timonerie. *Plan du navire Corsaire 13 000*.
- ANDRÉ J.-M. (1990) – *Téledétection spatiale de la couleur et production primaire en Méditerranée Occidentale*. Thèse de l'Université Pierre et Marie Curie, Paris VI, 200 p.
- ANDRÉ M. (1997) - Background noise from shipping and fishing operations may induce acoustic trauma in marine mammals. *International Council for the Exploration of the Sea, 85th Statutory Meeting, Baltimore, Maryland*. Communication orale.
- ANDRÉ M., DELLOGADA E. et FERNÁNDEZ A. (2001a) – Hearing Loss in Long-Term Low Frequency Sounds Exposed Sperm Whales. *Poster presented for the XIVth Conference of the Society of Marine Mammalogy*, Vancouver, November 2001.
- ANDRÉ M., DELORY E. et VAN DER SCHAAR M. (2004a) - A Passive Acoustic Solution to 3D Whale Monitoring. *7th French Workshop on Underwater Acoustics, Sea-Tech Week, Brest, France*. Com. or.
- ANDRÉ M., DELORY E., et VAN DER SCHAAR M. (2004b) - A passive mitigation solution to the effects of human-generated sound on marine mammals. *Policy on Sound and Marine Mammals: an International Workshop*, London, United Kingdom.
- ANDRÉ M., KAMMINGA C. et KETTEN D. (1997a) - Are Low Frequency Sounds a Marine Hearing Hazard: A Case Study in the Canary Islands. *Underwater Bio-Sonar Systems and Bioacoustics Symposium*, Loughborough University, UK. Com. or.
- ANDRÉ M., TERADA M. et WATANABE Y. (1997b) – Sperm Whale (*Physeter macrocephalus*) Behaviour Response after the Playback of Artificial Sounds. *Rep. Int. Whal. Comm*, **14** : 499-504.
- ANDRÉ M., POTTER J.R., DELORY E., DEGOLLADA E., KAMMINGA C. et VAN DER WEIDE J.A.M. (2001b) – A passive sonar system to prevent ship collisions with cetaceans. *Proceedings of the workshop "collisions between cetacean and vessels: can we find solutions?" of the 15th Annual Meeting of the European Cetacean Society*, Rome, Italie, 6 mai 2001. ECS newsletter n° 40, Mars 2002, édition spéciale. PESANTE G., PANIGADA S. et ZANARDELLI M. Ed., **40** : 34-40.
- ASTRUC G. (2005) – *Exploitation des chaînes trophiques marines de Méditerranée par les population de cétacés*. Mémoire de diplôme de l'École Pratique des Hautes Études, Univ. Montp. II. 203 p.
- ASTRUC G. et BEAUBRUN P. (2001) Fin whale (*Balaenoptera physalus*) summer feeding in the north-western Mediterranean Sea. *Proceedings of the 15th European Cetacean Society Conference*, Roma, 6-10 may 2001, **15** : 289-291.
- BALDACCI A., CARRON M. et PORTUNATO, N. (2005) – Infrared detection of marine mammals. *Résumé du poster présenté à la 19^{ème} conférence de l'European Cetacean Society*, La Rochelle, France, avril 2005. **19** : 101–102.

- BAUER G.B., MOBLEY J.R. et HERMAN L.M. (1993) – Responses of wintering humpback whales to vessel traffic. *Journal of the Acoustical Society of America*, **94** : 18-48.
- BAUSSANT T., IBANEZ F., ETIENNE M. (1993) – Numerical analysis of planktonic spatial patterns revealed by echograms. *Aquatic Living Resour.*, **6** : 175 – 184.
- BEAUBRUN P.-C. (Dir.) (1995) – *Atlas préliminaire de distribution des cétacés de Méditerranée*. C.I.E.S.M. et Musée océanographique de Monaco (éd.), 87p.
- BEAUBRUN P.-C. (2002) - Disturbance to Mediterranean cetaceans caused by whale watching. In: G. Notarbartolo di Sciara (ed.), *Cetaceans of the Mediterranean and Black Seas: state of knowledge and conservation strategies*. A report to the ACCOBAMS Secretariat, Monaco, February 2002. Section 12, 26 p.
- BEAUBRUN P., CAPOULADE F., et DAVID L. (2001) – First experiment on the fin whale (*Balaenoptera physalus*) visual detectability on board of a French high speed craft in the N.-W. Mediterranean Sea. *Poster presented at the 15th European Cetacean Society Conference*, Roma, 6-10 may 2001, **15** : 289-291.
- BEAUBRUN P. et DAVID L. (2000) – *Expérimentation sur la Déteçtabilité des Cétacés à bord des NGV (Navires à Grandes Vitesses) de la SNCM effectuant les trajets Corse-Continent*, rapport pour la SNCM, École Pratique des Hautes Etudes, Montpellier, 38 p.
- BEAUBRUN P.-C., DAVID L., DI MEGLIO N., GANNIER A. et GANNIER O. (1997) - First aerial survey in the northwest Mediterranean: preliminary results. *European Research on Cetaceans*, **11**, 100–103.
- BEAUBRUN P., DAVID L., DI-MEGLIO N., ROUSSEL E., AIROLDI S., PANIGADA S., NOTARBARTOLO DI SCIARA G., ZANARDELLI M. et coll. (2001) - L'exemple du Rorqual commun en Méditerranée Nord-Occidentale en période estivale : Un pas vers un nouvel atlas de distribution ? *Rapp. Comm. int. Mer Médit.*, Monte-Carlo, 2001, **36** : 237.
- BEAUBRUN P., DAVID L., FABRE J.L. et MULLER M. (1999) – Exceptional appearance of fin whales (*Balaenoptera physalus*), during the summer 1997, in the gulf of Lion (French Mediterranean coast). *Proceedings of the 13th Annual Conference of the European Cetacean Society*, Valencia, Spain, 5-8 April 1999, **13** : 162-164.
- BEAUBRUN, P. C. et ROUSSEL E. (2000) - "Ecological indications of cetaceans distribution in the eastern part of the Strait of Gibraltar in spring." *Proceedings of the 14th annual conference of the European Research on Cetaceans*, **14** : 313-318.
- BEAUBRUN P.-C. (2002) - Disturbance to Mediterranean cetaceans caused by whale watching. In: G. Notarbartolo di Sciara (ed.), *Cetaceans of the Mediterranean and Black Seas: state of knowledge and conservation strategies*. A report to the ACCOBAMS Secretariat, Monaco, February 2002. Section 12, 26 p.
- BELLAICHE G. & PUPIN J.P. (1998) - Extension des apports sédimentaires du Var (Provence, France méridionale) au large de la Corse : indications fournies par l'étude des zircons. *Rapp. Comm. int. Mer Médit.* **35**(1) : 52-53
- BÉTHOUX J.-P. (1981) – Mean water across sections in the Mediterranean Sea, evaluated on the basis of water and salt budgets and of observed salinities. *Oceanologica Acta*, **3**(1) : 79-88.
- BÉRUBÉ M., AGUILAR A., DENDANTO D., LARSEN F., NOTARBARTOLO DI SCIARA G., SEARS R., SIGURJONSSON J., URBAN-RAMIREZ J. et PALSBOOLL P. (1998) – Population genetic structure of North Atlantic, Mediterranean Sea and Sea of Cortez fin whales, *Balaenoptera physalus* (Linnaeus 1758): analysis of mitochondrial and nuclear loci. *Molecular Ecology*, **7** : 585-599.
- BIRH C. et McCaffrey D. (2003) - Baleines : Massacre en Méditerranée. *Ca m'intéresse*. Août 2003, **270** : 20-25.

- BOMPAR J.-M. (2000) – *Les Cétacés de Méditerranée*. Édisud, La Calade, Aix en Provence. 188 p.
- BONDARYK J.E. (2001) - Benefits and limitations of active sonar for marine mammal ship collision avoidance. *15th Annual Meeting of the European Cetacean Society*, Rome, Italie, 6 mai 2001. ECS newsletter n° 40, Mars 2002, édition spéciale. PESANTE G., PANIGADA S. et ZANARDELLI M. éd, **40** : 26-33.
- BOUCHER J., IBANEZ F. et PRIEUR L. (1987) – Daily and seasonal variations in the spatial distribution of zooplankton populations in relation to the physical structure in the Ligurian Sea Front. *Journal of Marine Research*, **45** : 133-173.
- BROWNING, L., WILLIAMS A.D. et HARTLAND, E. (1997) - Cetacean disturbance by high speed ferries: a preliminary assessment. *Proceedings of the Institute of Acoustics*, 19 (9).
- BROWNING L.J. et HARTLAND E.J. (1999) – Are bottlenose dolphins disturbed by fast ferries ? *Proceedings of the 13th annual conference of the European Cetacean Society*, Valence, 5-8 April 1999, **13** : 92-98.
- BUCKLAND S.T., ANDERSON D.R., BURNHAM K.P. et LAAKE J.L. (1993) - *Distance sampling Estimating abundance of biological populations*. Chapman and Hall Ed., London, 446 p.
- C.T. (2001) – NGV : le rythme de travail toujours en discussion à la SNCM. *Le Marin*, 5 oct. 2001, p. 12.
- CADIOU Y. (2004) - *Karto@* : Programme de représentation géographique, version 6.1.1.6., développé pour l'IFREMER (Nantes).
- CAPOULADE F. (1998) - *Etude Cétacés-Navires*, Rapport de synthèse du Groupe de Travail Cétacés-Navires de la S.N.C.M., 41 p.
- CAPOULADE F. (1999) – *Présentation des Navires à Grande Vitesse*, [En ligne] ; consulté le 20 février 2003. Adresse URL : <http://perso.wanadoo.fr/fcapoulade>.
- CAPOULADE F. (2001a) – SONAR sur les Jet-Foils aux Canaries. *SNCM et Cétacés*, **18** : 2.
- CAPOULADE F. (2001b) – Whales and ferries in Ligurian Sanctuary : Captain's experience and owner's actions. *Proceedings of the workshop "collisions between cetacean and vessels: can we find solutions?" of the 15th Annual Meeting of the European Cetacean Society*, Rome, Italie, 6 mai 2001. ECS newsletter n° 40, Mars 2002, édition spéciale. PESANTE G., PANIGADA S. et ZANARDELLI M. éd., **40** : 18-25.
- CAPOULADE F. (2002) - Historique des collisions (CGT-CGTM-SNCM). *SNCM et Cétacés*, **24** : 4.
- CAPOULADE F. et MAYOL P. (2004) - *Compte-rendu de l'opération REPCET 2004 au Directeur de l'Armement et de la Sécurité Maritime Terrestre de la SNCM*. 4p.
- CARILLO M., HERRERA PÉREZ R. et MARTIN V. (2000) - *The development of inter-island maritime transport and the conservation of whales*. Medio Ambiente Canarias. Government of the Canary islands, issue 18/2000. [Disponible en ligne] ; consulté le 18 avril 2002. Adresse URL : <http://www.gobcan.es/medioambiente/eng/revista/2000/18/240/>.
- CLAPHAM P.J. (2001) – Are ship-strikes mortalities affecting the recovery of the endangered whale population off north America? *Proceedings of the workshop "collisions between cetacean and vessels: can we find solutions?" of the 15th Annual Meeting of the European Cetacean Society*, Rome, Italie, 6 mai 2001. ECS newsletter n° 40, mas 2002, édition spéciale, PESANTE G., PANIGADA S et ZANARDELLI M. éd, **40** : 13-15.
- CLARK C.W., BORSANI JF. et NOTARBARTOLO DI SCIARA G. (2002) – Vocal activity of fin whales, *Balaenoptera physalus*, in the Ligurian Sea. *Marine Mammal Science*, **18** : 286-295.

- CLARKE R. (1982) – An index of sighting conditions for survey of whales and dolphins. *Report of International Whaling Commission*, **32** : 559-561.
- CNES (2000) – *L'observation des océans par satellite*. [Disponible en ligne] ; consulté le 28 mars 2006. Adresse URL : http://www.jason.oceanobs.com/documents/kiosque/dossiers/med_fr.pdf
- CONAN P. (1996) - *Variabilité et bilan de la production primaire en zone côtière (Méditerranée nord occidentale ; entrée du Golfe du Lion) en relation avec les systèmes biologiques, chimiques et hydrodynamiques (courant nord Méditerranéen)*. Thèse de Doctorat d'Océanologie, tome I, 197 p.
- CROLL D.A., CLARCK C.W., CALAMBOKIDIS J., ELLISON W.T. et TERSHY B.R (2001) – Effect of anthropogenic low-frequency noise on the foraging ecology of *Balaenoptera* whales. *Animal Conservation*, **4** (1) : 13-27.
- COSTE B. et MINAS H.J. (1977) – Conditions estivales dans la divergence de Méditerranée Nord-Occidentale : IV, hydrologie et sels nutritifs. *Ann. Instr. Océanogr.*, **53(2)** : 177-188.
- CROLL D.A., CLARK C.W., ACEVEDO A., TERSHY B., FLORES S., GEDAMKE J. et URBAN J. (2002) - Only Male Fin Whales Sing Loud Songs. *Nature* **417** : 809.
- DAVID L. (2000) – *Rôle et importance des Canyons sous-marins sur la marge continentale dans la distribution estivale des cétacés de Méditerranée Nord-Occidentale*. Thèse Doctorat, École Pratique des Hautes Etudes, Univ. Montpellier II, 320 p.
- DAVID L. (2002) – Disturbance to Mediterranean cetaceans caused by vessel traffic. In: G.L. Notarbartolo di Sciara (ed.), *Cetaceans of the Mediterranean and Black Seas: States of knowledge and conservation strategies*. Rapport du Secrétariat ACCOBAMS, Monaco, Février 2002. Section 11, 21p.
- DAVID L. et DI-MEGLIO N. (2001) – *Programme Cap Ligure 2001 – Distribution et indices d'abondances des Cétacés du large*. 27 p.
- DAVID L., DI-MÉGLIO N. et BEAUBRUN P. (2001) - Mouvements des cétacés, en période estivale, dans la Méditerranée nord-occidentale. *Rapp. Comm. int. Mer Médit.*, **36** : 257.
- DAVID L., GUINET C. (Dir. scient.) et BEAUBRUN P (Dir. scient.) (2002) - *Rorqual commun et transport maritime. Quels enjeux ? Quelles solutions ? Niveaux d'exposition du rorqual commun au trafic maritime commercial*. Phase 1 : Navires de passagers. Rapport du CNRS/EPHE/WWF. 40 p.
- DELORY E., NAVARRO-MESA J.L. et ANDRÉ M. (2003) - Using Sperm Whale Clicks to Detect Silent Whales. *Proceedings of the 17th Annual Conference of the European Cetacean Society*, Las Palmas de Gran Canaria, **17**.
- DEPROSPO D., CHINN C., SORREL L., KNUDSON A., BYRNE G., VIERRA K., SCHROEDER R. (2005) – *CEDAR Med'05 Test Plan*. Areté Associates. 76 p.
- DEPROSPO DOUGLAS F., MOBLEY JR., JOSEPH R., FORSYTH C., HARLES P., CHINN C., HOM W., SOTO A. et DEAKOS M. (2003) – Using Radar to Detect and Track Humpback Whales : Results of « Project Humpback ». *15th Biennial Conference on the Biology of Marine Mammals*. Greensboro, North Carolina, 2003.
- DE STEPHANIS R., CAÑADA A., VILLABA N., PÉREZ GIMENO N., SAGARMINAGA R., SEGURA A, FERNANDEZ-CASADO M., GUINET C. (2001) – Fin whale (*Balaenoptera physalus*) migration through the strait of Gibraltar ? *Proceedings of the 15th annual conference of the European Cetacean Society*, Rome, Italie, 6-10 mai 2001, **15** : 382 – 383.
- DHERMAIN F. (1998) - *Causes de mortalité des cétacés, récapitulation des facteurs causals. Exploitation Scientifique des cétacés échoués*. Groupe d'Etude des Cétacés en Méditerranée. Montpellier, 1998. 47-55.

- DERMAIN F. (2001) - Causes de mortalité des cétacés. *Formation en Cétologie méditerranéenne organisée par l'École Pratique des Hautes Études*. Sète, 17 - 21 avril 2001.
- DÍAZ LOPEZ B., MUSSI B., MIRAGLIUOLO A., CHIOTA D. et VALERIO L. (2000) – Respiration patterns of fin whales (*Balaenoptera physalus*) off Ischia island (southern Tyrrhenian sea, Italy). *Proceedings of the 14th annual conference of the European Cetacean Society*, Cork, 2-5 April 2000, **14** : 125-129.
- DI-MÉGLIO N. (1998) - Le sens du trajet aurait-il une influence sur la variation constatée des indices d'abondance chez les cétacés dans le bassin Liguro-Provençal ? *Rapp. Comm. int. Mer Médit.*, **35** : 422-423.
- DI-MÉGLIO N. (1999) – *Distribution comparée des cétacés et des oiseaux marins en Méditerranée Nord-Occidentale en période estivale. Relation avec les conditions environnementales*. Thèse Doctorat, Ecole Pratique des Hautes Etudes, Univ. Montpellier II, 314 p.
- DI-MÉGLIO N. et DAVID L. (2006) – Etude préliminaire du trafic maritime en vue d'une meilleur gestion de son impact dans le Sanctuaire Pelagos. *3^{ème} Journée Nationale Pelagos*, 4 mars 2006, Hyères. Com. or. (N. Di-Méglio)
- DI-NATALE A. (1990) – Marine mammals interactions in Scombridae fishery activities: the Mediterranean case. *ICCAT, Collective Volume of Scientific Papers XXXIII* : 140-142.
- DI-NATALE A. et MANGANO A. (1983) – Biological and distribution new data on the Sperm whale, *Physeter macrocephalus* L., in the central Mediterranean sea. *Rapp. Comm. Int. Mer Médit.*, **28**(5) : 183-184.
- DROUOT V. (2003) - *Ecology of Sperm Whale (Physeter macrocephalus) in the Mediterranean Sea*. PhD Thesis, University of Wales, Bangor, 338 p.
- DROUOT V., BÉRUBÉ M., GANNIER A., GOOLD J.C., REID R.J., et PALSBJØLL P.J. (2004). A note on genetic isolation of Mediterranean sperm whales (*Physeter macrocephalus*) suggested by mitochondrial DNA. *J. Cetacean Res. Manage.* **6**(1) : 29-32.
- DUGUY R. et VALLON D. (1976) – *Rorqual commun (Balaenoptera physalus) en Méditerranée occidentale : état actuel des observations*. *Rapp. Comm. int. Mer Médit.* XXV^{ème} Congrès-Assemblée Plénière, Split, 22-23 octobre 1976, Comité Vertébrés Marins et Céphalopodes, **25/26**(10) : 4.
- EDDISON J. (1999) - Quantitative Investigations in the Biosciences Using MINITAB. CRC Press. 472 p.
- FARSOUNDER (2006) – *Farsounder, a whole new vision underwater*. Site internet de la société Farsounder Inc. [En Ligne] ; consulté le 27 mars 2006. Adresse URL : <http://www.farsounder.com/>
- FERRIESOUTSIDE EUROPE (2006) – *News: South Korea: Another fast craft whale strike*. Groupe de discussion sur les car-ferries et compagnies extra-européens. Message diffusé le 17 mars 2006 à 17 h 27. Page d'accueil du groupe : <http://finance.groups.yahoo.com/group/FerriesOutsideEurope/> consultée le 27 mars 2006.
- FERRIESOUTSIDE EUROPE (2007) – *Korean Ferry Hits Whale*. Groupe de discussion sur les car-ferries et compagnies extra-européens. Message diffusé le vendredi 13 avril 2007 à 21 h 45. Page d'accueil du groupe : <http://groups.yahoo.com/group/FerriesOutsideEurope/> consultée le 14 avril 2007.
- FORCADA J., AGUILAR A., HAMMOND P., PASTOR X. et AGUILAR R. (1996) - Distribution and abundance of fin whales (*Balaenoptera physalus*) in the western Mediterranean sea during the summer. *Journal of Zoology, London*, **238** : 23-34
- FORCADA J., NOTARBARTOLO DI SCIARA G. et FABRI F. (1995) – Abundance of Fin whales and Striped dolphins summering in the Corso-Ligurian basin. *Mammalia*, **59**(1): 127-140.
- FRANQUEVILLE C. (1971) – Macroplankton profond (Invertébrés) de la Méditerranée nord-occidentale. *Tethys*, **3** (1) : 11-56.

- FRANTZIS A. (1998) – Does acoustic testing strand whales? *Nature*, 392(5).
- FURNESTIN J. et ALLAIN C. (1962) – Hydrologie de la Méditerranée occidentale au nord du 42^{ème} parallèle en automne 1958. *Rev. Trav. Inst. Pêches marit.*, **26(2)** : 133-161.
- GAMBELL R. (1985) – Fin Whale. Pp. 117-192 in Ridgway, S.H. and Harrison R. (ed.), *The Handbook of marine Mammals*, Academic Press, London, 459 p.
- 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 Doctorat, Ecole Pratique des Hautes Etudes, Univ. Montpellier II, 437 p.
- GANNIER A. (1997) – Estimation de l'abondance estivale du Rorqual commun *Balaenoptera physalus* (Linné, 1758) dans le bassin Liguro-provençal (Méditerranée occidentale). *Revue d'Ecologie (Terre Vie)*, **52** : 69-86.
- GANNIER A. (1998) - Estimating the summer abundance of striped dolphins and fin whales in the Northwestern Mediterranean with a small boat survey. Report SC/49/01 to the 39th Annual meeting of the Scientific Committee, *International Whaling Commission*.
- GANNIER A. (1999) - *Estimation de l'abondance des cétacés dans le Sanctuaire Marin International*. Rapport de l'étude 99/ pour la Direction Régionale de l'Environnement et de la Nature (DIREN, Aix-en-Provence) : 38p. + annexes.
- GANNIER A. (2001) – *Programme sur la réduction du risque de collision entre navires rapides et grands cétacés en Méditerranée Nord-Occidentale*. Groupe de Recherche sur les Cétacés – Société Nationale Corse Méditerranée – Alstom Atlantique. 37 p.
- GANNIER A. (2002) – Summer distribution of Fin whales (*Balaenoptera physalus*) in the northwestern Mediterranean marine mammals Sanctuary. *Revue d'Ecologie*, **57**: 135-150.
- GANNIER A., BONNIARD T., DROUOT V., LARANS S. (2001) – Estimation de la population estivale de cétacés dans le sanctuaire marin international. 10^{ème} conférence internationale de R.I.M.M.O., 16, 18 novembre 2001, Antibes, France, **10** : 44-48.
- GANNIER A., BOURREAU S. et DROUOT V. (1998) – Résultats récents sur la distribution du Cachalot en Méditerranée. 7^{ème} conférence internationale de R.I.M.M.O., 6-8 novembre 1998, Antibes Juan-les-Pins, France, **7** : 102-105.
- GANNIER A., BOURREAU S., DROUOT V., GANNIER O. et LARAN S. (2002) – Summer distribution of fin whale (*Balaenoptera physalus*) in the Mediteranean Sea. *Mésogée, Bulletin du Muséum d'histoire naturelle de Marseille*, 60 : 17-24
- GANNIER A. et GANNIER O. (1993) – The winter presence of the fin whale in the liguro-provençal basin: preliminary study. *Proceedings of the 7th annual conference of the European Research on Cetaceans*, **7**: 131-134.
- GOSTAN J. (1968) - *Contribution à l'étude hydrologique du bassin liguro-provençal entre la Riviera et la Corse*. Thèse de Doctorat d'Etat présentée à la Faculté des Sciences de Paris, 206 p.
- GUNNLAUGSSON T. et SIGURJONSSON J. (1990) - NASS-87: Estimation of Whale Abundance Based on Observations Made Onboard Icelandic and Faeroese Survey Vessels. *Rep. Int. Whal. Commn*, **40**: 571-579.
- HASHMI, D. K. (1990) - Habitat selection of Cetaceans in the Strait of Gibraltar. *European Research on Cetaceans*, **4**: 40.
- HIBY A.R. (1992) – The effect of random whale movement on density estimates obtained from whale sighting surveys. *Rep. Int. Whal. Comn*, **32** : 791-793.

- HILGERT H. et BALDAUF M. (1998) - Collision Avoidance in Encounter Situations with Fast Ships. In *International Symposium Information on ships- ISIS '98* – Oslo – Kiel, 22- 24 November 1998.
- IMCCE (2002) - *Lever, Coucher et Passage au Méridien des Corps du Système Solaire*. {serveur de l'Institut de mécanique céleste et de calcul des éphémérides (Bureau des longitudes - Observatoire de Paris - CNRS), propriété du Ministère de l'Education Nationale et du Centre National de la Recherche Scientifique. Données officielles du Ministère de l'Education Nationale} [En Ligne] ; consulté le 12 juin 2003. Adresse URL : <http://www.imcce.fr/cgi-bin/levcou.cgi>.
- JACQUES G. (1990) – L'oligotrophie du milieu pélagique en Méditerranée occidentale : un paradigme qui s'estompe ? *Bulletin de la Société zoologique de France*, **114** : 17-30.
- JACQUES G. et TRÉGUER P. (1986) – La Méditerranée occidentale. In *Ecosystèmes pélagiques marins*, Masson Ed., Paris, 243 pages.
- JAHODA M., LAFORTUNA C.L., BIASSONI N., ALMIRANTE C., AZZELLINO A., PANIGADA S., ZANARDELLI M. and NOTARBARTOLO DI SCIARA G. (2003) - Mediterranean fin whale's (*Balaenoptera physalus*) response to small vessel and biopsy sampling assessed through passive tracking and timing of respiration. *Marine Mammal Science*, **19**, 96–110.
- JAHODA M. et NOTARBARTOLO DI SCIARA G. (1993) - Respiration patterns of fin whales summering in the Ligurian Sea. *Proceedings of the 7th annual conference of the European Research on Cetaceans*, **7** : 237-240.
- KOSCHINSKI S. (2002) – *Ship collisions with whales*, Dipl. Biol, Nehmten-Sepel, Germany, 21 p.
- KRAUS S.D., BROWN M.W., CASWELL H., CLARK C.W., FUJIWARA M., HAMILTON P.K., KENNEY R.D., KNOWLTON A.R., LANDRY S., MAYO C.A., MCLELLAN W.A., MOORE M.J., NOWACEK D.P., PABST A.D., READ A.J., et ROLLAND R.M. (2005) - North Atlantic right whales in crisis. *Science* **309** : 561-562.
- KYODO NEWS (2006) - *Japan-S Korea high-speed ships troubled by whales*. In Criss Cross News Japan. [En Ligne] ; consulté le 27 mars 2006. Adresse URL : <http://www.crisscross.com/jp/news/368032>
- LABAT J. PH. et CUZIN-ROUDY J. (1996) - Population dynamics of the krill *Meganyctiphanes norvegica* (M. Sars, 1857) (Crustacea : Euphausiacea) in the ligurian Sea (NW Mediterranean Sea). Size Structure, growth and mortality modelling. *J. Plank. Res.*, **18** : 2295-2312.
- LAIST D.W., KNOWLTON A.R., MEAD J.G., COLLET A.S. et PODESTÀ M. (2001) – Collisions between ships and whales, *Marine Mammal Science*, **17**(1) : 35-75.
- LAMMERS M.O., PACK A.A. et DAVIS L. (2003) - *Historical evidence of whale/vessel collisions in Hawaiian waters (1975 – present)*. OSI Technical Report 2003-01 prepared for NOAA's Hawaiian Islands Humpback Whale National Marine Sanctuary. 25 p.
- LARAN S., GANNIER A. et JOIRIS C. (2005) - Spatiotemporal prediction model of fin whales distribution in the Ligurian Sea. *19th Annual Conference of the European Cetacean Society, La Rochelle (France)*. [Poster].
- LE BOUAR G. et CHAUVIN C. (2000)- Ergonomics in the design process of High Speed Craft bridge. *Proceedings of the 2nd International Congress on Maritime Technological Innovations and Research*, Cadiz, Spain, 9-11 November 2000, **2** : 1154-1164.
- LITTAYE A., GANNIER A., LARAN S. et WILSON J.P.F. (2004) - The relationship between summer aggregation of fin whales and satellite-derived environmental conditions in the northwestern Mediterranean Sea. *Remote Sensing of Environment*, **90** : 44-52.
- LU C.C. et CLARKE M.R. (1975) – Vertical distribution of cephalopods at 40°N, 53°N and 60°N at 20°W in the north Atlantic. *J. Mar. biol. Ass. U.K.*, **55**(1) : 143-163.

- MARINI L., CONSIGLIO C., ANGRADI A.M., CATALANO B., SANNA A., VALENTINI T., FINOIA M.G., et VILLETI G. (1996a) – Distribution, abundance and seasonality of cetaceans sighted during scheduled ferry crossings in the central Tyrrhenian Sea; 1989-1992. *Italian Journal of Zoology*, **63** : 381-388.
- MARINI L., CONSIGLIO C., ANGRADI A.M., FIONOIA M.G., et SANNA A. (1992) - *Cetacei nel Mar Tirreno Centrale*. Risultati della campagna d'avvistamento 1989-1991, Università di Roma éd. 107 p.
- MARITIME AND COASTGUARD AGENCY (2000) - *HSC code 2000*. [En Ligne] ; consulté le 11 juin 2007, Adresse URL : http://www.mcga.gov.uk/c4mca/mcga-guidance-regulation/mcga-dgs-ss_guidance_to_surveyors/ssb_hsc2000_index.htm
- MARINI L., CONSIGLIO C., CATALANO B., VALENTINI T., et VILLETI G. (1996b) – Aerial behaviour of fin whales in the Mediterranean sea. *Marine Mammal Science*, **12** : 489-495.
- MAYOL P. et BEAUBRUN P. (2005) – *Le whale watching en Méditerranée Française : État des lieux et perspectives. Recensement des Opérateurs, diagnostic socio-économique et écologique de l'activité, propositions préliminaires de gestion*. Rapport réalisé par Souffleurs d'Ecume pour le compte du MEDD dans le cadre du Sanctuaire Pelagos pour les mammifères marins en méditerranée. 104 p.
- MAYOL P., BEAUBRUN P. DHERMAIN F. & RICHEZ G. (2007a) – Le whale-watching commercial en Méditerranée française : premier état des lieux et perspectives de gestion. *Espaces tourisme & loisirs*. **244** : 42-54. [En Ligne] ; consulté le 1^{er} février 2007. Adresse URL : <http://www.revue-espaces.com/2003/index.php?actionb=chercher&contexte=moteuravancee&chercher=mayol>
- MAYOL P., BEAUBRUN P. DHERMAIN F. & RICHEZ G. (2007b) – Commercial whale watching off the French Mediterranean coast. *59th International Meeting Commission (IWC/59/10)*, Anchorage, USA, 14 p. [En Ligne] ; consulté le 25 mai 2007. Adresse URL : <http://www.iwcoffice.org/documents/commission/IWC59docs/59-10.pdf>
- MAYOL P. & GAMBAIANI D. (2007) - *Whale-watching et Pescaturismo en Corse : Etat des lieux et propositions de gestion. Mise à jour des connaissances sur le whale-watching, Diagnostic des projets de pluriactivité « pêche / tourisme » intégrant l'observation des cétacés, Propositions de gestion intégrées aux impératifs de conservation du Grand dauphin et aux besoins socio-économiques*. Etude réalisée par Souffleurs d'Ecume pour le compte du Parc Naturel Régional de Corse dans le cadre du programme LIFE Linda. 64 p. + annexes.
- MERCATOR (2006) - Site internet de présentation du modèle océanographique Mercator. [En Ligne] ; consulté le 30 décembre 2005. Adresse URL : <http://www.mercator-ocean.fr>
- MILLOT C. (1987) - Circulation in the Western Mediterranean Sea. *Oceanologica Acta*, **10**(2) : 143-149.
- MILLOT C. et TAUPIER-LETAGE I. (2004) – Circulation in the Mediterranean Sea. The Handbook of Environmental Chemistry, Vol 1 (The Environmental and the Biological Cycles). [En Ligne] ; consulté le 27 mars 2006. Adresse URL : http://www.ifremer.fr/lobtln/OTHER/Millot_Taupier_handbook.pdf
- MINISTERE DE LA DEFENSE (1998) - *Activité des opérateurs à la passerelle du NGV Aliso*. Direction Centrale du Service de Santé des Armées. 148 p. (diffusion restreinte).
- MOORE M. J., KNOWLTON A.R., KRAUS S.D., MCLELLAN W.A. et BONDE R.K. (2004) - Morphometry, gross morphology and available histopathology in North Atlantic right whales (*Eubalena glacialis*) mortalities (1970-2002). *Journal of Cetacean Research and Management*, **6** : 199-214
- MOREL A. et ANDRÉ J.-M. (1991) – Pigment distribution and primary production in the western Mediterranean, as derived from space (CZCS) observations. *Journal of Geophysical Research*, **96**(C7) : 12685-12698.

- NOTARBARTOLO DI SCIARA G. (2002a) - Cetacean species occurring in the Mediterranean and Black Seas. In: G. Notarbartolo di Sciara (Ed.), *Cetaceans of the Mediterranean and Black Seas: state of knowledge and conservation strategies*. Rapport du Secrétariat ACCOBAMS, Monaco, Février 2002. Section 3, 17 p.
- NOTARBARTOLO DI SCIARA G. (2002b) - Conservation problems: Overview. G.L Notarbartolo di Sciara (Ed.), *Cetaceans of the Mediterranean and Black Seas: States of knowledge and conservation strategies*. Rapport du Secrétariat ACCOBAMS, Monaco, Février 2002. Section 4, 3 p.
- NOTARBARTOLO DI SCIARA G., AGUILAR A., BEARZI G., BIRKUN A., FRANTZIS J.R. et FRANTZIS A. (2002) – Overview on Known or Presumed Impacts on the different Species of Cetaceans in the Mediterranean and Black Seas. In: G.L Notarbartolo di Sciara (Ed.), *Cetaceans of the Mediterranean and Black Seas: States of knowledge and conservation strategies*. Rapport du Secrétariat ACCOBAMS, Monaco, Février 2002. Section 14, 4p.
- NOTARBARTOLO DI SCIARA G. et DEMMA M. (1994) – *Guida a dei Mammiferi marini del Mediterraneo*. Nuova edizione aggiornata. Franco Muzzio Editore. 264 p.
- NOTARBARTOLO DI SCIARA G. et GORDON J. (1997) – Bioacoustics: a tool for the conservation of cetaceans in the Mediterranean Sea. *Marine and Freshwater Behavioural Physiology*, **30** : 125-146
- NOTARBARTOLO DI SCIARA G., JAHODA M., BIASSONI N. et LAFORTUNA C. (1996) – Reactions of Fin whales to approaching vessels assessed by means of a laser range finder. *Proceedings of the 10th annual conference of the European Cetacean Society*, Lisbon, Portugal 11-13 March 1996, **10** : 38-42.
- NOTARBARTOLO DI SCIARA G., VENTURINO M.C., ZANARDELLI M., BEARZI G., BORSANI J.F. et CAVALLONI B. (1993) Cetaceans in the Central Mediterranean Sea: distribution and sighting frequencies. *Italian Journal of Zoology*, **60**, 131–138.
- NOTARBARTOLO DI SCIARA G., ZANARDELLI M., JOHADA M., PANIGADA S. et AIROLDI S. (2003) – The fin whale *Balaenoptera physalus* (L. 1758) in the Mediterranean Sea. *Mammal Review*, **33(2)** : 105-150.
- NOWACEK D.P, JOHNSON M.P et TYACK P.L. (2004) - North Atlantic Right Whales (*Eubalaena Glacialis*) Ignore Ships But Respond To Alerting Stimuli, *Proceedings of the Royal Society of London - B - Biological Sciences*, **271** : 227-232.
- NOWACEK D.P., JOHNSON M.P., TYACK P.L., SHOORTER K.A., MCLELLAN W.A. et PABST A.D. (2001) - Buoyant balaenids: the ups and downs of buoyancy in right whales. *Proceedings of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences*, **268** : 1811-1816
- OMI (Organisation Maritime Internationale) (1972) – *Règle 10 du COLREG 72 (Règlement International pour prévenir les Abordages en Mer)*.
- OMI (Organisation Maritime Internationale) (1997) - Amendement a l'annexe de la Convention Internationale de 1974 pour la sauvegarde de la vie humaine en mer portant adoption du Recueil international de règles de sécurité applicables aux engins à grande vitesse (Résolution MSC.36[63]) adopté à Londres le 20 mai 1994. *Annexe du Journal Officiel* du 13 avril 1997, **87** : 41003 à 41084.
- OMI (Organisation Maritime Internationale) (1999) - *Effets des engins à grande vitesse sur l'environnement*. Prescriptions relatives à l'environnement qu'il est proposé d'insérer dans le Recueil international de règles de sécurité applicables aux engins à grande vitesse (Recueil HSC) révisé. Document présenté par le Réseau International des Amis de la Terre. Comité de la Protection du Milieu Marin, 44^{ème} session, point 19 de l'ordre du jour (MEPC 44/19), 28 octobre 1999. 4 p.
- ORSI RELINI L. et GIORDANO A. (1992) – Summer feeding of the fin whale, *Balaenoptera physalus*, in the liguro-provençal bassin. *Proceedings of the 6th annual conference of the European Cetacean Society*, San Remo, Italy, 20-22 February 1992, **6** : 142-145.

- ORSI RELINI L., RELINI G., CIMA C., FIORENTINO F., PALANDRI G., RELINI M. et TORCHIA G. (1992) – Una zona di tutela biologica ed un parco pelagico per i cetacei de Mar Ligure. *Bull. Mus. Ist. Biol. Univ. Genova*, **56-57** : 247-281.
- ORSI RELINI L., RELINI G., CIMA C., PALANDRI G., RELINI M. et TORCHIA G. (1994) – *Meganyctiphanes norvegica* and Fin whales in the Ligurian Sea: new seasonal patterns. *Proceedings of the 8th annual conference of the European Cetacean Society*, Montpellier, France, 2-5 March 1994, **8** : 179-181.
- PANIGADA S., NOTARBARTOLO DI SCIARA G., ZANARDELLI M., AIROLDI S., BORSANI J.F. et JAHODA M. (2005) - Fin whales summering in the Ligurian Sea: distribution, encounter rate, mean group size and relation to physiographic variables. *Journal of Cetacean Research and Management*, **7** : 137-145.
- PANIGADA S., NOTARBARTOLO DI SCIARA G., ZANARDELLI M., AIROLDI S., BORSANI J.F., JAHODA M., PESANTE G., et REVELLI E. (2001) - Distribution and occurrence of Fin whales in the Ligurian sea between 1990-99. *Abstracts of the 15th Annual Meeting of the European Cetacean Society*, Rome, Italie, 6-10 mai 2001, **15** : 41.
- PANIGADA S., PESANTE G., ZANARDELLI M., CAPOULADE F., GANNIER A. & WEINRICH M.T. (2006)- Mediterranean fin whales at risk from fatal ship strikes. *Marine Pollution Bulletin*, **52**: 1287-1298.
- PESANTE G., COLLET A., DHERMAIN F., FRANTZIS A., PANIGADA S., PODESTÀ M. et ZANARDELLI M. (2001) – Review of collisions in the Mediterranean sea. *Proceedings of the workshop "collisions between cetacean and vessels: can we find solutions?" of the 15th Annual Meeting of the European Cetacean Society*, Rome, Italie, 6 mai 2001. ECS newsletter n° 40, March 2002, special issue, PESANTE G., PANIGADA S et ZANARDELLI M. éd. **40** : 5-12.
- PESANTE G., ZANARDELLI M. et PANIGADA S. (2000) – Evidence of Man-Made Injuries on Mediterranean Fin whales. *Proceedings of the 14th annual conference of the European Cetacean Society*, Cork, Ireland 2-5 April 2000, **14** : 192-193. Poster [disponible en ligne] ; visité le 3 janvier 2003. Adresse URL : <http://www.tethys.org/papers/cork-pesante.pdf>
- PIRENNE M.H. et CROUZY R. (1970) - L'acuité visuelle de l'homme in *L'œil et la vision*. Gauthiers-Villards éd., Paris, 287 p.
- PNPC (Parc National de Port-Cros) (2005) - *Sanctuaire Pelagos (partie française) pour les mammifères marins en Méditerranée*. [En ligne] ; visité le 1^{er} avril 2006. Adresse URL : <http://www.sanctuaire-pelagos.org>
- PODESTA M. et MAGNAGHI L. (1989) – Unusual number of cetaceans bycatchs in the Ligurian sea. *Proceedings of the 3rd annual conference of the European Cetacean Society*, La Rochelle, France, 24-26 February 1989, **3** : 67-70.
- PORTER L.J. (2001) - Mobile marine protected areas: a solution to conserving a dynamic dolphin population in an energetic ecosystem. *Proceedings of the 15th annual conference of the European Cetacean Society*, Rome, Italy, 6-10 May 2001, **15** : 199.
- PRIEUR L. (1981) - Hétérogénéité temporelle dans le bassin liguro-provençal. *Rap. Comm. int. Médit.*, **27** : 177-179.
- PRYOR K. (1986) – Non-acoustic communicative behaviour of the great whales : origins, comparisons and implications for management. *Reports of the International Whaling Commission, Special issue* **8** : 89-95.
- REVELLI E., PANIGADA S., ZANARDELLI M., AZZELLINO A. et CANESE S.E. (2002) – Diving Behaviour of Mediterranean fin whales using velocity-time depth recorders. *Abstracts of the 16th annual conference of European Cetacean Society*, Liege, France, 7-11 April 2002, **16** : 35.

- RICHARD J. (1936) – Notes sur les cétacés et les pinnipèdes. In *Documents sur les cétacés et pinnipèdes des croisières du Prince Albert I de Monaco* (Ed. par J. Richard), pp. 34-61. Résultats des campagnes scientifiques accomplies sur son yacht par Albert I Prince Souverain de Monaco, 94.
- RICHARDSON W.J., FINELY K.J., MILLER G.W., DAVIS R.A et KOSKI W.R. (1995a) - Feeding, social and migration behaviour of bowhead whales? *Balaena mysticetus*, in Baffin Bay vs. the Beaufort sea-regions with different amounts of human activity. *Marine Mammal Science*, **11**(1) : 1-45.
- RICHARDSON W.J., GREEN C.JR., MALME R. et THOMSON D.H. (1995b) – *Marine Mammals and Noise*. Academic Press, New York.
- ROLEX AWARD FOR ENTREPRISE (2002) – *Lauréats 2002, Michel André* [En Ligne] ; consultée le 20 mai 2003. Adresse URL : <http://www.rolexawards.com>.
- ROUSSEL E. (2002) – Disturbance to Mediterranean cetaceans caused by noise. In: G.L Notarbartolo di Sciarra (Ed.), *Cetaceans of the Mediterranean and Black Seas: States of knowledge and conservation strategies*. Rapport du Secrétariat ACCOBAMS, Monaco, Février 2002. Section 13, 18p.
- ROUSSEL E., BEAUBRUN P., DAVID L., DI-MÉGLIO N., AIROLDI S., ZANARDELLI M., NOTARBARTOLO DI SCIARA et coll. (2000) – *Programme POSEIDON (1995-1998) : Distributions des cétacés et des activités humaines en Méditerranée nord-occidentale*. 104p.
- RUSSEL B. et KNOWLTON A. (2001) - *Discussion draft right whales & ship management options*, Co-chairs Ship Strike Committee, Boston, Massachusetts. 73 p.
- SCOT (Services et Conception de systèmes en Observation de la Terre) (2004) – *Etude du trafic maritime en Méditerranée*. Pour le Ministère de l'Équipement, des Transports, du Logement, du Tourisme et de la Mer et la Direction des Affaires Maritimes et des Gens de Mer, 60 p. + annexes.
- SILHER G.K., WARD L.I., CLARKE Lt. R., SHUMACHER K.L. et SMITH A.J. (2002) - *Ship Traffic Patterns in Right Whale Critical Habitat: Year One of the Mandatory Reporting System*. Rapport de U.S. Department of Commerce, National Oceanic and Atmospheric Administration ; National Marine Fisheries Service. 10 p. + annexes.
- SOURNIA A., BRYLINSKI J.-M., DALLOT S., LE CORRE P., LEVEAU M., PRIEUR L. et FROGET C. (1990) - Fronts hydrologiques au large des côtes françaises : Les sites ateliers du programme Frontal. *Oceanologica Acta*, **13** (4) : 413-438.
- STATISCAL CONSULTING SERVICES (2005) – Chi-Square Analysis of Frequencies. [En Ligne] ; consulté le 30 juin 2005. Adresse URL : <http://www.stats-consult.com/tutorial-10.htm>.
- STONE G.S., KATONA S.K., MAINWARING A., ALLEN J.M. et CORBETT H.D. (1992) - Respiration and surfacing rates of fin whales (*Balaenoptera physalus*) observed from a light-house tower. *Rep. int. Whal. Comnn*, **42** : 739-745.
- TILOT V. (2004) – *Plan de Gestion du Sanctuaire pour les mammifères marins en Méditerranée « Pelagos »*. 108 p.
- TRANSPORTS CANADA (2004) – Répartition des baleines noires dans la baie de Fundy. [En ligne] ; consulté le 11 mai 2004. Adresse URL : <http://www.tc.gc.ca/atl/images/newoldf.gif>.
- TREGENZA N. (2001) – Notes on a simple model of collision risk. Proceedings of the workshop "collisions between cetacean and vessels: can we find solutions?" of the 15th Annual Meeting of the *European Cetacean Society*, Rome, Italie, 6 mai 2001. ECS newsletter n° 40, mars 2002, special issue, PESANTE G., PANIGADA S et ZANARDELLI M. Ed. **6** : 16-17.
- TREGENZA N., AGUILAR N., CARRILLO M., DELGADO I., DIÁZ F., BRITO A. et MARTIN V. (2000) - Potential impact of fast ferries on whale populations a simple model with examples from the Canary Islands. *Proceedings of the 14th annual conference of the European Cetacean Society*, Cork, Ireland 2-5 April 2000, **14** : 195-197.

- TREGENZA N., AGUILAR N., CARILLO M. et DÍAZ F. (2002) - *Collisions between fast ferries and whales in the Canary Islands: observational data and theoretical limits*. International Whaling Commission. 6p.
- TYACK P.L. (2003) – *Research Program to Evaluate Effects of Manmad Noise on Marine Mammals in the Ligurian Sea*. Document CS2/Inf.13. 24 p.
- VELSCH (1997) – *Dynamique de population et migrations verticales journalières de Meganyctiphanes norvegica (Crustacés : Euphausiacés) en Méditerranée Nord-Occidentale*. Thèse de l'Université de la Méditerranée Aix Marseille. 862 p.
- VIALE D. (1977) – *Ecologie des Cétacés en Méditerranée Nord-Occidentale : leur place dans l'écosystème, leur réaction à la pollution marine par les métaux*. Thèse de Doctorat d'Etat, Université Pierre et Marie Curie, Paris IV, 312 p.
- VIALE D., LOIZEAU V. et FERNANDEZ C. (1988) – Hivernage et mise bas du Cachalot en Corse. *Rapp. Comm. int. Mer Médit*, **31**(2) : 288.
- VISSER I. N. et FERTL D.C. (2000) - Stranding, resighting and boat strike of a killer whale (*Orcinus orca*) off New Zealand. *Aquatic Mammals*. **26** : 232-240.
- VISTAR NVS (Night Vision Systems) (1995) – Owner's manual, IM 223, High Speed Collision Avoidance System. **80** p.
- WELLS R.S. et SCOTT M. (1997) – Seasonal incidence of boat strikes on bottlenose dolphins near Sarasota, Florida. *Marine Mammal Science*, **13**(3) : 475-480.
- WHITEHEAD H. (1985) – Why whales leap. *Scientific American*, **252** : 84-93.
- WILLIAMS T.M., DAVIS R.W., FUIAM L.A., FRANCIS J., LE BŒUF B.J., HORNING M., CALAMBOKIDIS J. et CROLL D. (2000) - Sink or swim: Strategies for cost-efficient diving by marine mammals. *Science*, **288** : 133-136
- ZANARDELLI M., NOTARBARTOLO DI SCIARA G. et JAHODA M. (1992) – Photo-identification and behavioural observations of Fin whales summering in the Ligurian sea. *Proceedings of the 6th annual conference of the European Cetacean Society*, Monaco, 20-24 Janvier 1998, Ed. P.G.H. Evans and E. Parsons. **6** : 86-89.
- ZANARDELLI M., PANIGADA S., AIROLDI S., BORSANI J.F., JAHODA M. et NOTARBARTOLO DI SCIARA G. (1999) – Site fidelity, seasonal residence and sex ratio on Fin whales (*Balaenoptera physalus*) in the Ligurian sea feeding ground. *European Research on Cetaceans*, **12** : 124.

LISTE DES FIGURES

- Figure 1 : Organigramme d'étude pour limiter les collisions entre navires et cétacés. Réalisé d'après les propositions du Cdt Capoulade (2001b), ce schéma montre les différents facteurs à prendre en compte dans une démarche de limitation des risques. 5
- Figure 2 : Fonctionnement schématique du Whale Anti Collisions System (Rolex Award for Entreprise, 2002). Le dispositif, totalement passif, isole des couloirs de navigation dans lesquels tous les cétacés (vocalisant ou non) peuvent être repérés grâce à l'imagerie par bruit ambiant (A.N.I.). 9
- Figure 3 : Le bassin « corso-liguro-provençal » (bleu clair) est localisé en Méditerranée nord-occidentale. 13
- Figure 4 : Physiographie du Sanctuaire Pelagos. Les caractéristiques bathymétriques et la présence de canyons (d'après David, 2000) confèrent à la zone une hétérogénéité topographique qui joue un rôle important dans la productivité..... 14
- Figure 5 : Carte des courants de surface (3 m) modélisés par le modèle Mercator (2005). On y distingue nettement la circulation générale de type cyclonique ainsi que le courant liguro-provençal, dans le nord-est du bassin. 15
- Figure 6 : Profil réalisé sur la radiale Nice-Calvi par l'Observatoire Océanologique de Villefranche (programme MBPFRont). Il permet de constater les différentes masses d'eau en présence (MAW = eaux atlantiques modifiées ; WIW = eaux intermédiaires hivernales ; LIW = eaux levantines), la structure en dôme et le reflux des eaux atlantiques modifiées vers la périphérie (graphique de gauche, zoom sur la profondeur -0 à -200 m). Les flèches symbolisent les sondes par CTD (Conductivity, Temperature, Depth), un appareillage permettant de lever le profil vertical de la température et de la salinité (via la conductivité électrique) puis de déduire le profil de densité..... 15
- Figure 7 : Structure en dôme dans le bassin liguro-provençal (cercle rouge) mise en évidence par les températures de surface mesurées par satellite (CNES, 2000). La zone représentée en bleu correspond aux remontées d'eaux intermédiaires froides et riches en éléments minéraux. 16
- Figure 8 : Salinité à 3 m mettant en évidence les méandres du front halin et l'affleurement des eaux intermédiaires. Carte transmise par l'Observatoire Océanologique de Villefranche (programme PROLIG). 16
- Figure 9 : Biomasse du phytoplancton à 3 m (mesure de chlorophylle a) au sein de la zone frontale. Carte transmise par l'Observatoire Océanologique de Villefranche, programme PROLIG)..... 17
- Figure 10 : Concentration en chlorophylle de la Méditerranée mesurée par satellite (carte CNES, 2000). Le large du bassin liguro-provençal présente une concentration plus élevée que le domaine côtier (cercle rouge). 18
- Figure 11 : Le Rorqual commun (*Balaenoptera physalus*) est l'un des plus gros animaux jamais portés par la planète. Les individus présents en Méditerranée constituent une population isolée et fragile pour lesquels le bassin corso-liguro-provençal constitue une zone d'alimentation estivale essentielle. 21
- Figure 12 : Distribution estivale des indices relatifs d'abondance du Rorqual commun (ind.100MN^{-1}) en Méditerranée nord-occidentale (moyenne de juin à septembre pour la période 1995-1998). Les quadrilatères (20 minutes d'angle) blancs correspondent aux zones où l'effort d'observation permet une exploitation fiable des données (minimum de 40 milles nautiques). Le gris clair (40 à 20 MN d'effort) informe d'un manque de sûreté accompagnant l'information et les zones en gris foncé (effort < 20 MN) ne fournissent qu'une information d'ordre qualitatif (des observations ont été faites à cet endroit). On constate une distribution générale des animaux concentrée au centre du bassin liguro-provençal, au dessus de 2 000 m, bien que quelques observations attestent de la présence d'individus près de secteurs côtiers. Carte issue du Programme Poséidon (Roussel et coll., 2000). 22
- Figure 13 : Photo-montage rappelant la vulnérabilité des Rorquals communs en Méditerranée nord-occidentale face aux risques de collision dont le taux est l'un des plus importants recensés à travers le monde..... 23

| | |
|--|----|
| Figure 14 : Avec l'avancée de nos connaissances sur le statut du Cachalot (<i>Physeter macrocephalus</i>) en Méditerranée s'étoffent les inquiétudes des gestionnaires quand à sa vulnérabilité face au problème des collisions. Photo Thierry-Hugues Cervetti / Corsica Mare Osservazione. | 24 |
| Figure 15 : Maillage créé par le trafic maritime en Méditerranée, attestant de sa densité et de sa large couverture spatiale. In Di-Méglio et David (2006), réalisé d'après les données SCOT (2004). | 25 |
| Figure 16 : Saisonnalité du trafic maritime commercial en Méditerranée occidentale (SCOT, 2004) suivant la catégorie de navire (en indice – Base 100 = moyenne mensuelle du nombre de trajets pour chaque catégorie, entre 1998 et 2002). On constate des degrés de saisonnalité très différents en fonction de la catégorie de navire : très importantes pour le transport de personnes, plus faibles pour les cargos et porte conteneurs. | 26 |
| Figure 17 : Le Sanctuaire Pelagos pour les mammifères marins en Méditerranée est un espace de 87 500 Km ² issu d'un Accord tripartite visant à la conservation des cétacés (carte SHOM). | 29 |
| Figure 18 : Organigramme de la partie française du Sanctuaire Pelagos et ses relations avec la coordination internationale (PNPC, 2005). | 30 |
| Figure 19 : Le Princess Anne, un ferry aéroglisser. | 32 |
| Figure 20 : Hydroptère Jet-foil de Boeing. | 32 |
| Figure 21 : Le multicoque Stena Carisma. | 32 |
| Figure 22 : NGV Aliso à grande vitesse (SNCM). | 33 |
| Figure 23 : NGV Asco dans le port de Nice (SNCM). | 33 |
| Figure 24 : NGV Liamone à grande vitesse (SNCM). | 34 |
| Figure 25 : Le T-foil est l'un des appendices de stabilisation des NGV de la SNCM. Lors d'une collision à 40 nœuds avec une baleine, l'animal comme la coque du navire subissent les dégâts liés à la rupture de cet équipement. Photo F. Capoulade. | 35 |
| Figure 26 : Schéma du centre de la passerelle des NGV. | 36 |
| Figure 27 : Les trois pupitres principaux de la passerelle du NGV Liamone. De gauche à droite : veille et conduite (2 pupitres) et technique (1 pupitre). La personne embarquée pour l'étude prenait place face à ce dernier. | 36 |
| Figure 28 : Périodes d'exploitation des trois NGV durant la saison 2001 (couleur) et présence du scientifique à bord (trame). | 40 |
| Figure 29 : Parmi les axes empruntés par les NGV de la SNCM durant la période de notre étude, nous avons retenu les traversées au départ de Nice et, exceptionnellement, au départ de Toulon. | 40 |
| Figure 30 : Distribution des forces Beaufort de la mer au cours des mois. Les pourcentages sont calculés sur la base des distances effectuées avec effort d'observation. La ligne rouge correspond à la moyenne des traversés en transect par force ≤ 3 Beaufort, l'histogramme vert correspond au pourcentage de traversés par force ≤ 3 et l'histogramme gris au pourcentage de traversés par force = 4. | 43 |
| Figure 31 : Routes effectuées avec effort d'observation, de jour, par force ≤ 4 Beaufort et par visibilité ≥ 7 et au sein des portions utiles = jeu de données « en transect ». | 44 |
| Figure 32 : Le NVS Vistar IM 223 se compose d'une caméra amplificatrice de lumière (1), de projecteurs infrarouge (2) et d'écrans de veille (3). | 47 |
| Figure 33 : Schéma de l'écran de veille du NVS couplé à la console de commandes. | 47 |

| | |
|---|----|
| Figure 34 : Routes nocturnes pendant lesquelles le NVS a été veillé. L'effort d'échantillonnage est faible (420 MN) compte-tenu des réglages liés à son installation en 2001. | 48 |
| Figure 35 : Espèces rencontrées, proportions de contacts (en haut) et proportions d'individus (en bas). Les tons bleus représentent les petits cétacés alors que les tons rouges sont attribués aux grands cétacés et ceux de tailles moyennes. Bp = Balaenoptera physalus, Pm = Physeter macrocephalus, Gm = Globicephala melas, Gg = Grampus griseus, Tt = Tursiops truncatus, Sc = Stenella coeruleoalba. | 51 |
| Figure 36 : Grands cétacés (BP = Balaenoptera physalus ; Pm = Physeter macrocephalus) et cétacés de taille moyenne (Gm = Globicephala melas) rencontrés durant l'étude. La figure de gauche donne des proportions de contacts et celle de droite des proportions d'individus..... | 51 |
| Figure 37 : Cachalots et Globicéphales recensés en transect (mer ≤ 3 Beaufort) et tracés théoriques des axes parcourus. | 52 |
| Figure 38 : Données aléatoires des Cachalots et Globicéphales et tracés théoriques des axes parcourus. | 53 |
| Figure 39 : Distribution des contacts de Rorquals communs observés en transect (croix noires) ou issus du jeu de données aléatoires (triangles verts). | 55 |
| Figure 40 : Indices d'abondance relative mensuelle du Rorqual commun durant l'étude. La zone sombre correspond aux abondances les plus élevées. | 56 |
| Figure 41 : Indices d'abondance des Rorquals communs rencontrés en transect sur chacun des axes parcourus (axe 1 : Nice-Bastia, axe 2 : Nice-Balagne, Axe 3 : Nice-Ajaccio)..... | 56 |
| Figure 42 : Caps (vecteurs) et positions des Rorquals communs relevés en transect par tranche horaire. La taille des vecteurs est fonction du nombre d'individus. Le cadre en bas à droite de chaque carte reprend les vecteurs sous forme de rose, avec leur résultante en rouge..... | 59 |
| Figure 43 : Changements de comportement observés en fonction de la distance (en milles nautiques) de passage entre le NGV et le Rorqual..... | 60 |
| Figure 44 : Gisements des déteçtions par catégorie de cétacés (grands ou petits) et par équipe (scientifique ou officiers). Les gisements des déteçtions sont représentés en abscisses et les ordonnées réfèrent des pourcentages de contacts..... | 66 |
| Figure 45 : Comparaison des taux de gisements des déteçtions initiales de grands cétacés par catégorie d'observateurs et par classe de gisement..... | 67 |
| Figure 46 : Comparaison des taux de gisements des déteçtions initiales par catégorie d'observateurs et par classe de gisement, jusqu'à 0,5 MN..... | 67 |
| Figure 47 : Gisements des déteçtions des grands cétacés par équipe (scientifique ou officiers) et en fonction de l'état de la mer. Les gisements des déteçtions sont représentés en abscisses et les ordonnées réfèrent des pourcentages de contacts. | 68 |
| Figure 48 : Gisements des déteçtions des grands cétacés par équipe (scientifique ou officiers) et en fonction de la saison d'abondance (juin à août : saison de forte abondance ; avril et mai, puis de septembre à janvier : saison de faible abondance). Les gisements des déteçtions sont représentés en abscisses et les ordonnées réfèrent des pourcentages de contacts. | 69 |
| Figure 49 : Gisements des grands cétacés déteçtés par équipe (scientifique ou officiers) par mer >4 Beaufort. Les gisements des déteçtions sont représentés en abscisses et les ordonnées réfèrent du nombre de contacts. | 72 |

Figure 50 : Distribution générale des Globicéphales (ind.100MN⁻¹) en Méditerranée nord-occidentale (moyenne de juin à septembre, et de 1995 à 1998). Les quadrilatères (20 minutes d'angle) blancs correspondent aux zones où l'effort d'observation permet une exploitation fiable des données (minimum de 40 milles nautiques). Le gris clair (40 à 20 MN d'effort) informe d'un manque de sûreté accompagnant l'information et les zones en gris foncé (effort < 20 MN) ne fournissent qu'une information d'ordre qualitatif (des observations ont été faites à cet endroit). Carte issue du Programme Poséidon (Roussel et coll., 2000) sur laquelle nous avons rajouté les routes parcourues par les NGV en 2001 (en rose). 78

Figure 51 : Distribution générale des Cachalots (ind.100MN⁻¹) en Méditerranée nord-occidentale (moyenne de juin à septembre, et de 1995 à 1998). Les quadrilatères (20 minutes d'angle) blancs correspondent aux zones où l'effort d'observation permet une exploitation fiable des données (minimum de 40 milles nautiques). Le gris clair (40 à 20 MN d'effort) informe d'un manque de sûreté accompagnant l'information et les zones en gris foncé (effort < 20 MN) ne fournissent qu'une information d'ordre quantitatif (des observations ont été faites à cet endroit). Carte issue du Programme Poséidon (Roussel et coll., 2000) sur laquelle nous avons rajouté les routes parcourues par les NGV en 2001 (en rose). 79

Figure 52 : Cartes des Fréquences Acoustiques (AF, en haut) exprimée en séquences acoustiques émises par des Cachalots/km et des Abondances Relatives Acoustiques (ARA, en bas), exprimée en Cachalot entendu/km (d'après Drouot, 2003)..... 79

Figure 53 : Caps (vecteurs) et position des Rorquals communs observés lors de l'étude préliminaire par Beaubrun et David (2000), distribués selon les tranches horaires définies § 2.3.1.1. La taille des vecteurs est fonction du nombre d'individus. Le cadre en bas à droite de chaque carte reprend les vecteurs sous forme de rose, avec leur résultante en rouge. 85

Figure 54 : Δ, angle de détection utile à veiller de part et d'autre de l'axe du NGV pour limiter les risques de collisions avec un grand cétacé 92

Figure 55 : Zone à surveiller (en bleu) depuis les NGV pour une détectabilité optimale des grands cétacés potentiellement en route de collision = plage de veille utile. 93

Figure 56 : Gisements et distances des détections de grands cétacés par catégorie d'observateurs. En haut sont représentés les gisements notés par le scientifique et, en bas et inversés, ceux détectés par les officiers. 96

Figure 57 : Zones d'ombre créées par les montants de sabords sur la passerelle du NGV Liamone (d'après Alstom, 2000). 97

Figure 58 : Impacts des zones d'ombres de la passerelle (fond extrait de Alstom, 2000) sur les gisements des détections de grands cétacés effectuées par les officiers (gisements en abscisses et pourcentages de détections en ordonnées).....98

Figure 59 : Gisements des observations de petits cétacés détectés par les officiers.....99

Figure 65 : Impacts des zones d'ombres de la passerelle (fond extrait de Alstom, 2000) sur les gisements des détections de grands cétacés effectuées par le scientifique ((gisements en abscisses et pourcentages de détections en ordonnées).....99

Figure 61: Gisements des petits cétacés détectés par le scientifique.....100

Figure 62 : Extrait de la norme NF X 35-104 (dimensions des postes de travail), in Le Bouar et Chauvin (2000). 101

Figure 63 : Schéma d'organisation pour l'application d'un dispositif d'observateurs spécialisés dans la détection des grands cétacés (OBSCET) à bord des navires de commerce. 108

Figure 64 : Axes de déploiement potentiel d'un dispositif WACS sur la zone d'étude, selon les routes parcourues par les NGV de la SNCM en 2001. 119

LISTE DES TABLEAUX

| | |
|---|----|
| Tableau 1 : Statut des espèces de cétacés en Méditerranée nord-occidentale. | 20 |
| Tableau 2 : Caractéristiques principales du NGV Asco et du NGV Aliso (type Corsaire 11 000). | 33 |
| Tableau 3 : Caractéristiques principales du NGV Liamone (type Corsaire 13 000). | 34 |
| Tableau 4 : Indices d'abondance relative de Rorquals communs calculés pour deux conditions météorologiques différentes : Beaufort ≤ 3 et Beaufort = 4. | 42 |
| Tableau 5 : Comparaison des moyennes des indices d'abondance relatives de rorquals observés par force 3 et 4 Beaufort, dans le but de tester statistiquement l'hypothèse de la détectabilité correcte des grands cétacés jusqu'à force 4 Beaufort depuis la passerelle des NGV. | 43 |
| Tableau 6 : Limites et longueur des portions utiles établies. | 44 |
| Tableau 7 : Distance (en milles nautiques) effectuées avec effort d'observation sur les 3 axes principaux. | 45 |
| Tableau 8 : Taille moyenne des groupes de grands et moyens cétacés rencontrés en transect (mer ≤ 3 Beaufort) sur l'ensemble des traversés. | 53 |
| Tableau 9 : Evolution de la taille des groupes de Rorquals communs recensés en transect sur les 3 axes principaux (obs. transect) et recueillis sur les fiches passerelles (obs. passerelle). | 57 |
| Tableau 10 : Résultats de l'application de l'analyse des « Résidus Standardisés » (RS) sur les Rorquals ne présentant pas de changement de comportement (PCC) et ceux présentant un changement de comportement (CC) en fonction de la distance de passage du NGV. | 60 |
| Tableau 11 : Taux de distance parcourue en fonction des comparaisons d'observations entre les traversées « aller » (A) et « retour » (R). A = R : autant de Rorquals ont été vus à l'aller et au retour ; > A : un plus grand nombre de Rorquals a été vu à l'aller ; > R : un plus grand nombre de Rorquals a été vu au retour. Seules les portions de routes qui se recoupent sur l'allée et le retour dans une même journée ont été traitées dans ce tableau. | 61 |
| Tableau 12 : Pourcentages cumulés des observations initiales, par catégories de cétacés et par catégorie d'observateur (Sc. = scientifique, Off. = officiers). | 63 |
| Tableau 13 : Proportions relatives de détection des grands cétacés réalisées par les deux équipes (Sc. = scientifique, Off. = officiers), par zone d'éloignement du navire. | 64 |
| Tableau 14 : Pourcentages cumulés des détections initiales de Grands Cétacés par Catégorie d'observateurs (Sc. = scientifique, Off. = officiers) et en fonction de l'état de la mer. | 64 |
| Tableau 15 : Proportions de détections de grands cétacés réalisées par les différentes équipes (Sc.=scientifique, Off.=officiers) par zone d'éloignement du navire et en fonction de l'état de la mer. | 65 |
| Tableau 16 : Pourcentages cumulés des détections initiales effectuées par chaque catégorie d'observateurs (Sc. = scientifique, Off. = officiers) en fonction de la saison d'abondance (juin à août : saison de forte abondance ; avril et mai, puis de septembre à janvier : saison de faible abondance). | 65 |
| Tableau 17 : Proportions de détection de grands cétacés réalisées par les différentes catégories d'observateurs (Sc. = scientifique, Off. = officiers), par zone d'éloignement du navire et en fonction de la saison d'abondance (juin à août : saison de forte abondance ; avril et mai, puis de septembre à janvier : saison de faible abondance). | 66 |
| Tableau 18 : Comparaison des signaux détectés (souffles ou dos) pour chacune des deux équipes d'observateurs (officiers ou scientifique). | 70 |

| | |
|---|----|
| Tableau 19 : Taux de signaux visuels détectés (souffles ou dos) en fonction de l'état de la mer (Beaufort 1 à 2 et 3 à 4)..... | 70 |
| Tableau 20 : Comparaison des indices des déteçtions initiales de chaque catégorie d'observateurs en fonction de l'abondance des Rorquals communs (juin à août : saison de forte abondance ; avril et mai, puis de septembre à janvier : saison de faible abondance)..... | 70 |
| Tableau 21 : Pourcentages de signaux détectés (souffles ou dos) en fonction de l'état de la mer (Beaufort 1 à 2 et 3 à 4) et de la gamme de distances. | 71 |
| Tableau 22 : Comparaison des indices d'abondance relatifs de Rorquals communs calculés en fonction de l'état de la mer (Beaufort ≤ 4 et Beaufort = 5) et de la saison d'abondance (juin à août : saison de forte abondance ; avril et mai, puis de septembre à janvier : saison de faible abondance). | 71 |
| Tableau 23 : Distances des déteçtions de grands cétacés par équipe (scientifique ou officiers) et par mer >4 Beaufort. | 72 |
| Tableau 24 : Comparaison entre le nombre de déviations effectives et le nombre de déviations corrigé des déviations inutiles en période de forte abondance (juin, juillet, août) et de faible abondance (avril, mai puis de septembre à janvier)..... | 73 |
| Tableau 25 : Comparaison du taux de contacts de petits ou grands cétacés entre les fiches des passerelles (tous NGV confondus) et les données recueillies par le scientifique. | 73 |
| Tableau 26 : Comparaison du taux de contacts de petits ou grands cétacés à bord du NGV Liamone en fonction des différentes bordées (Commandant A, B, C ou D), et comparaison avec les observations faites par le scientifique..... | 74 |
| Tableau 43 : Pourcentages cumulés des observations initiales de grands cétacés relevées sur les fiches passerelle à bord des NGV Aliso et NGV Asco..... | 74 |
| Tableau 28 : Collisions connues entre les NGV de la SNCM et des grands cétacés depuis 1998 (année de mise en service des NGV)..... | 75 |
| Tableau 29 : comparaison des indices d'abondance relatifs (en individus / 100 MN) calculés depuis les NGV en 2001 sur les 3 axes principaux (N/B=Nice/Bastia, N/A=Nice/Ajaccio, NP=Nice/Propriano) et l'axe secondaire impliquant le port de Toulon depuis Ajaccio ou Propriano (T/A-P, entre parenthèse pour le mois de juillet) avec d'autres indices présentés par David et Di-Méglio (2001), calculés sur différentes périodes (1996, issus de données GREC/EPHE ; 1995 à 1998 - issus du programme Poséidon ; 2001, issus de données CRC/GREC) sur des zones englobant en partie les routes des NGV (C = Centre du Sanctuaire, s'étendant de la limite de l'axe Nice/Bastia à l'ouest, à la frontière occidentale du Sanctuaire à l'est et à la latitude 42°20' au sud ; SO = Sud Ouest du Sanctuaire, débutant à la latitude susmentionnée au nord, limité par la frontière de Pelagos à l'est et s'étendant jusqu'aux Bouches de Bonifacio au sud et à l'ouest) et les indices proposés dans le rapport Poséidon (Roussel et coll., 2000), relatifs à tout le bassin nord occidental (Médit. NO) de 1995 à 1998..... | 80 |
| Tableau 30 : Comparaison des effectifs moyens (moy., en individus par groupe) des groupes de Rorquals communs rencontrés en Méditerranée..... | 82 |
| Tableau 31 : Proportions de Rorquals présents en deçà de l'isobathe 2 000 m (relevés effectués en transect majorés des relevés effectués hors routes utiles mais répondant aux impératifs météo du transect. Deux positions contactées en deçà de 2 000 m n'ont pas été considérées comme côtières car les animaux étaient en bordure du talus où celui-ci est large). | 82 |
| Tableau 32 : Proportions de Rorquals présents en deçà de l'isobathe 2 000 m (données aléatoires). | 82 |
| Tableau 33 : Valeurs de Δ (angle de déteçtion utile = zone à veiller pour optimiser la déteçtion des Rorquals en route de collision avec les NGV) en fonction de la vitesse des deux protagonistes (NGV et Rorqual).... | 92 |

| | |
|--|-----|
| Tableau 34 : Proportions des déteçtions faites par chacune des Équipes, en fonction des Angles de Déteçtion Utile (Δ). | 95 |
| Tableau 35 : Superficies de l'angle de déteçtion utile occultées par les montants de sabords à bord du NGV Liamone en fonction des distances (rth = horizon héorique). | 100 |
| Tableau 36 : Localisation du dispositif WACS sur les 5 axes de navigation des NGV de la SNCM en 2001 | 118 |
| Tableau 37 : Densités de Rorquals communs et distances réelles parcourues par les NGV dans l'espace du Sanctuaire Pelagos chaque année de 1992 à 2004. | 121 |
| Tableau 38 : Valeurs extrêmes et médianes des densités de Rorquals communs et des distances parcourues par les NGV dans l'espace du Sanctuaire Pelagos entre 1992 et 2004. | 121 |
| Tableau 39 : Nombre potentiel de rorquals rencontrés en surface sur les routes des NGV en juillet et août selon le modèle de Tregenza et coll. (2000) avec des variables de densités minimale (dens = 0,0091 rorquals.km ⁻²), ou maximale (DENS = 0,0167) et de distances minimales (dist Corsaires 11 000 = 34 401 km et dist Corsaire 13 000 = 49 726 km) ou maximales (DIST Corsaires 11 000 = 89 255 et DIST Corsaire 13 000 = 72 020) dans l'espace du Sanctuaire. | 122 |
| Tableau 40 : Nombre potentiel de rorquals sur la route des NGV en juillet et août 2001 selon le modèle de Tregenza (2001) avec les variables correspondantes de densité (0,0091 rorquals.km ⁻²) et de distances (totales ou en transect) effectuées par les NGV dans l'espace du Sanctuaire. | 122 |
| Tableau 41 : Comparaison du nombre de collisions connues depuis 1996 jusqu'à 2004 avec des Rorquals vivants ou morts recensées tous les 500 000 MN entre les NGV et les unités traditionnelles (trad.) dans l'ensemble du Sanctuaire et dans le Sanctuaire à l'exclusion de sa partie est (Canal corse). Les chiffres entre parenthèses rappellent le nombre total de collisions recensées. | 123 |
| Tableau 42 : Synergie entre les observations des officiers et du scientifique en matière de sécurité à bord des NGV. | 126 |

RÉSUMÉ

Les collisions entre Navires à grande vitesse (NGV) et grands cétacés sont une des préoccupations majeures de la SNCM et des gestionnaires de Pelagos, Sanctuaire pour les Mammifères Marins en Méditerranée. Ces accidents, inquiétants en matière de conservation du Rorqual commun et du Cachalot, peuvent endommager sérieusement les navires concernés voire occasionner des préjudices aux passagers.

D'avril 2001 à janvier 2002, des transects de ligne ont été menés à bord des trois NGV de la SNCM, sur trois axes principaux distincts, entre Nice et la Corse. Les données récoltées sur 13 800 milles nautiques ont permis la comparaison du mode observatoire des officiers avec celui du scientifique embarqué pour l'étude.

Ces résultats, couplés à des éléments sur l'ergonomie et sur les caractéristiques du travail intrinsèque à la navigation, font apparaître qu'une personne spécialement dédiée à la détection des grands cétacés serait très complémentaire du travail des officiers en matière de sécurité à bord. Une telle démarche permettrait également d'améliorer la préservation des populations de cétacés et d'envisager des protocoles de suivi de l'état de ces populations à partir des passerelles des NGV.

Mots-clés : Collisions - Grands cétacés - Navire à Grande Vitesse - Sanctuaire Pelagos - Détectabilité - Navigation - Monitoring - Ergonomie.

ABSTRACT

Collisions between High Speed Craft (HSC) and large cetaceans are one of the major preoccupations of Pelagos, Mediterranean Marine Mammals Sanctuary managers. These accidents, alarming as regards conservation of the population of Fin whales and Sperm whales, can seriously damage the concerned ships.

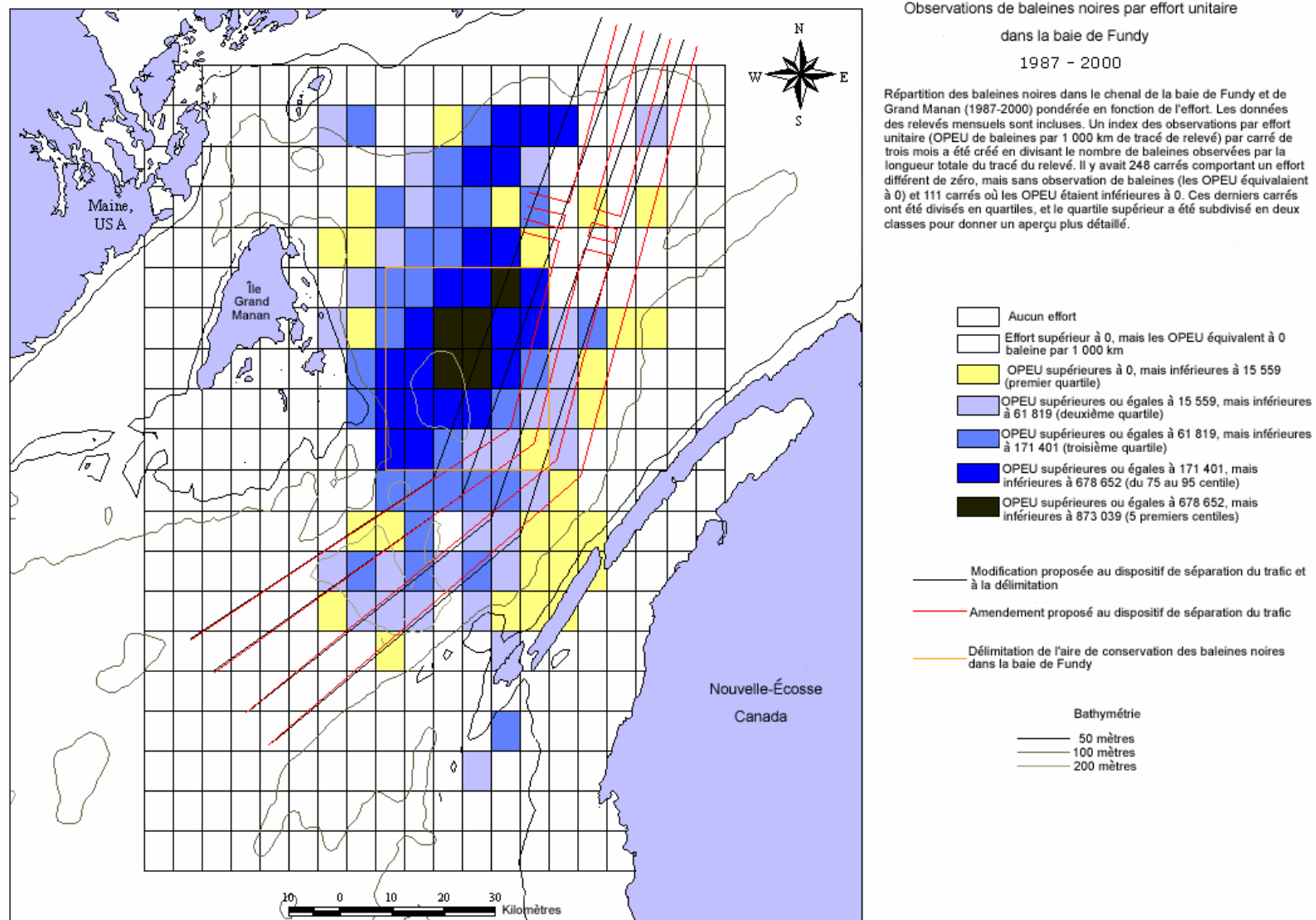
From April 2001 to January 2002, line transects were conducted aboard the three SNCM HSC, along three distinct main axes, between Nice and Corsica. The data collected on 13 800 nautical miles allowed the comparison of officers' observatory mode and scientist's one, a person specially embarked for the study.

These results, coupled to elements on the ergonomics and the characteristics of intrinsic work to navigation, reveal that a person especially dedicated to the detection of the Large Cetaceans would be very complementary work of the officers as regards safety on board.

Such an approach would also make it possible to improve safeguarding of the populations concerned and to consider the test of protocols of monitoring from the NGV.

Key-words: Collisions - Large cetaceans - High Speed Craft - Pelagos Sanctuary - Detectability - Navigation - Monitoring - Ergonomics.

ANNEXE 1 : Voies de circulation des navires (DST) dans la baie de Fundy (Canada) adaptées à la répartition des Baleines franches. *In* Transport Canada (2004).



ANNEXE 2 : Détails de l'effort d'échantillonnage.

Le tableau I présente la distribution de l'effort (nombre de traversées) sur chaque axe et pour chaque mois.

Tableau I : Nombre de fois où les axes ont été empruntés en fonction de la période (mois de juin : détail de la 1^{ère} et 2^{de} quinzaine).

| | AXE 1 | AXE 2 | AXE 3 | Total | AXE 4 |
|-----------|---------|----------|---------|-------|-------|
| AVRIL | 6 | 2 | 4 | 12 | |
| MAI | 10 | 7 | 10 | 27 | |
| JUIN | 6 (4,2) | 10 (6,4) | 6 (2,4) | 22 | |
| JUILLET | 5 | 11 | 4 | 25 | 2 |
| AOUT | 2 | 12 | 6 | 20 | |
| SEPTEMBRE | 6 | 8 | 6 | 20 | |
| OCTOBRE | 16 | 2 | 8 | 26 | |
| NOVEMBRE | 14 | 6 | 4 | 24 | |
| DECEMBRE | 12 | 2 | 8 | 22 | |
| JANVIER | 2 | 0 | 2 | 4 | |
| Total | 79 | 60 | 58 | | |

Il apparaît que l'effort a été conséquent puisque tous les axes ont été couverts entre 58 et 79 fois. Le détail montre un effort régulier de manière générale, toutefois plus faible en avril et janvier.

Le tableau II expose la distance parcourue pour chacune des traversées, en fonction des mois. Pour chaque mois, il est indiqué le nombre de milles nautiques effectués en transect par force Beaufort ≤ 3 , par force Beaufort ≤ 4 , puis le nombre total de milles nautiques effectués avec effort d'observation. Les valeurs sont également décomposées en traversées « aller » et traversées « retour » pour répondre aux besoins du traitement appliqué au chapitre 2.3.2.2.

Les faibles valeurs concernant la transversale Nice-Balagne sont liées au fait que cette ligne est peu exploitée par les NGV en début (avril) et en fin de saison (à partir d'octobre) mais aussi au fait qu'elle est la plus courte entre Nice et les ports de Corse. A l'inverse, pour le mois d'août, il apparaît que cette même ligne Nice-Balagne a été particulièrement desservie (et donc prospectée) au détriment de la ligne Nice-Bastia.

Tableau II : Distances (MN) effectués par mois et par radiale - 1 : distance « en transect » par mer ≤ 3 Beaufort, 2 : distance « en transect » par mer ≤ 4 Beaufort, 3 : distance totale avec effort d'observation - N : Nice, Bas : Bastia, Bal : Balagne, T : Toulon, P : Propriano - A : aller, R : retour.

| | | Avril | | | | Mai | | | | Juin | | | | Juillet | | | | Août | | | | Septembre | | | | Octobre | | | | Novembre | | | | Décembre | | | | Janvier | | | | | | | | | | | | | |
|-------|---|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|---------|------|------|------|------|------|------|------|-----------|-----|-----|------|---------|------|------|-----|----------|------|-----|------|----------|------|-----|-----|---------|------|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|---|
| | | 1 | 2 | 3 | | 1 | 2 | 3 | | 1 | 2 | 3 | | 1 | 2 | 3 | | 1 | 2 | 3 | | 1 | 2 | 3 | | 1 | 2 | 3 | | 1 | 2 | 3 | | 1 | 2 | 3 | | 1 | 2 | 3 | | | | | | | | | | | |
| N.Bas | A | 270 | 488 | 367 | 288 | 515 | 343 | 688 | 1040 | 148 | 255 | 148 | 293 | 780 | 112 | 191 | 200 | 377 | 780 | 96 | 193 | 96 | 193 | 260 | 204 | 417 | 253 | 547 | 780 | 539 | 1038 | 654 | 1314 | 2080 | 412 | 584 | 461 | 633 | 1560 | 264 | 495 | 445 | 709 | 1560 | 50 | 66 | 90 | 112 | 260 | | |
| | R | 218 | 488 | 288 | | | | | | 107 | 177 | 177 | 97 | 780 | 213 | 294 | 294 | 488 | 811 | 1200 | 141 | 228 | 185 | 309 | 800 | 61 | 146 | 61 | 146 | 200 | 145 | 206 | 145 | 216 | 600 | 56 | 90 | 90 | 200 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | | |
| N.Bal | A | 0 | 0 | 0 | 0 | 200 | 191 | 404 | 332 | 840 | 900 | 185 | 348 | 324 | 335 | 659 | 1000 | 204 | 478 | 318 | 540 | 800 | 332 | 555 | 488 | 811 | 1200 | 141 | 228 | 185 | 309 | 800 | 61 | 146 | 61 | 146 | 200 | 145 | 206 | 145 | 216 | 600 | 56 | 90 | 90 | 200 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | R | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 213 | 404 | 508 | 840 | 900 | 163 | 348 | 335 | 659 | 1000 | 204 | 478 | 318 | 540 | 800 | 223 | 555 | 488 | 811 | 1200 | 141 | 228 | 185 | 309 | 800 | 61 | 146 | 61 | 146 | 200 | 145 | 206 | 145 | 216 | 600 | 56 | 90 | 90 | 200 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| N.A | A | 355 | 698 | 355 | 698 | 840 | 310 | 573 | 429 | 882 | 1120 | 257 | 536 | 311 | 637 | 840 | 220 | 256 | 220 | 256 | 560 | 276 | 360 | 511 | 840 | 98 | 167 | 218 | 424 | 840 | 330 | 398 | 398 | 845 | 1120 | 62 | 76 | 83 | 97 | 560 | 110 | 147 | 139 | 192 | 840 | 93 | 146 | 110 | 163 | 280 | |
| | R | 343 | 698 | 343 | 698 | 840 | 263 | 573 | 453 | 882 | 1120 | 279 | 536 | 326 | 637 | 840 | 36 | 256 | 220 | 256 | 560 | 151 | 427 | 511 | 840 | 89 | 167 | 206 | 424 | 840 | 421 | 751 | 447 | 845 | 1120 | 14 | 76 | 83 | 97 | 560 | 37 | 147 | 139 | 192 | 840 | 53 | 146 | 110 | 163 | 280 | |
| A.T | | | | | | | | | | | | 79 | 79 | 150 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| T.P | | | | | | | | | | | | 136 | 136 | 160 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| P.N | | | | | | | | | | | | 133 | 133 | 140 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| TOT | | 1186 | 1363 | 2080 | 1492 | 2410 | 3060 | 1139 | 1589 | 2620 | 1273 | 1521 | 2590 | 1175 | 1515 | 2300 | 812 | 1280 | 2420 | 1935 | 2305 | 3400 | 866 | 946 | 2720 | 698 | 991 | 2600 | 212 | 275 | 540 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

La totalité des traversées effectuées avec effort d'observation (avec tronçons côtiers et mers > 4 Beaufort) est reportée sur la figure II. Les tracés qui s'éloignent des routes habituelles sont liés à des modifications de trajectoire imposées par les conditions météorologiques, le but étant d'ouvrir l'angle de rencontre entre la houle et le NGV pour limiter le roulis ou le tangage.

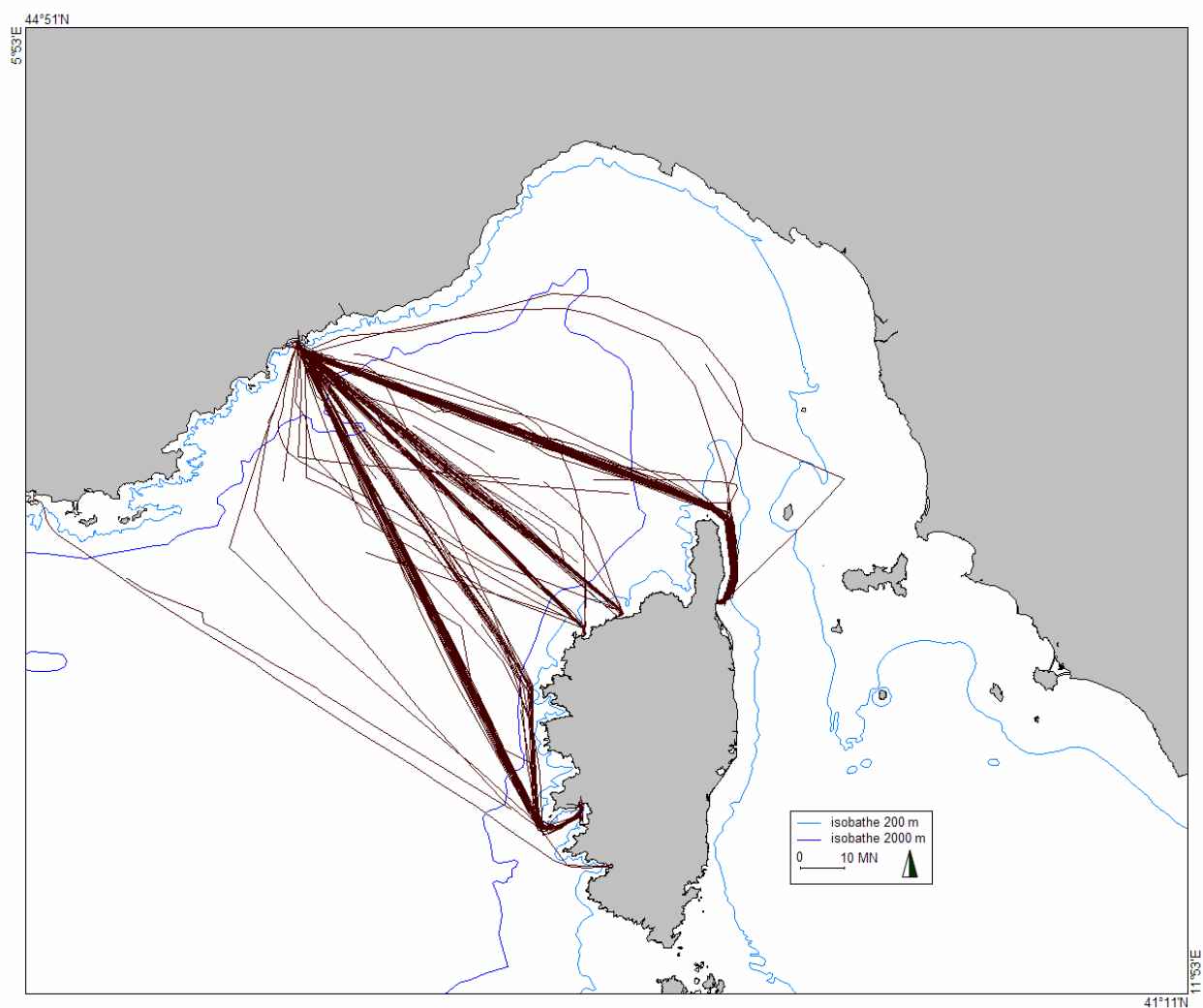


Figure II : Totalité des traversés avec effort d'observation. Le tracé illustre la couverture dense des axes principaux (au départ de Nice) et montre des écarts au tracé théorique, liés aux conditions météorologiques.

A expédier à Pierre BEAUBRUN, Université Montpellier 2, case 94
34095 MONTPELLIER CEDEX 5 -- FAX 04 67 63 33 27

PELAGOS, SANGUINAIRE POUR LES MAMMIFÈRES MARINS EN MEDITERRANEE

Notice d'accompagnement pour le remplissage des Fiches d'Observations de Cétacés

Cas des observations faites de façon aléatoire (au hasard des rencontres)

- Dans ce cas, chaque observation de cétacé fait l'objet du remplissage d'une ligne
- Et les lignes sont remplies au fur et à mesure qu'ont lieu les rencontres avec des cétacés.
- Chaque ligne est alors remplie de la façon suivante :
 - Date : Jour, mois, année
 - Heure : exprimée soit en Temps Universel (TU), soit en heure locale (heure de la montre)
 - Latitude et Longitude de la position des cétacés sont reportées en degrés, minutes et secondes (3 premières cases) suivies chacune (4^{ème} case) de N (Nord) pour la Latitude, et E ou W (Est ou Ouest) pour la Longitude
 - Vitesse : il s'agit de celle du moyen de déplacement de l'observateur (navire ou aéronef), exprimée en nœuds
 - Météo : noter l'état de la mer au moment de l'observation, d'après l'échelle de Beaufort
 - Espèce : indiquer le nom précis de l'espèce si l'animal peut être identifié ou mentionner sa taille si l'identification est impossible (moins de 4 m, entre 4 et 10 m, supérieur à 10 m)
 - Nombre : préciser quand possible le nombre exact d'animaux ou, à défaut, une fourchette de valeurs possibles (ex : 12-15)
 - Commentaires : toute remarque jugée importante, ou le numéro d'identification du trajet parcouru (voir cas ci-dessous).

Cas des observations faites le long de routes dont le fil des coordonnées successives peut être fourni (routes connues)

- Dans ce cas, prendre une Fiche (ou plus !) par journée d'observation
- Sur laquelle sont portées, successivement et une ligne après l'autre, toutes les mentions suivantes :
 - Première ligne : les renseignements relatifs au point de départ des observations (donc une ligne, sans les catégories « espèce » et « nombre »)
 - Lignes suivantes :
 - * Chacun des points de virements (donc une ligne, sans les catégories « espèce » et nombre »)
 - * Chacune des observations de cétacés faite (donc une ligne, dans son intégralité)
 - Dernière ligne : les renseignements relatifs au point d'arrêt des observations (donc une ligne, sans les catégories « espèce » et « nombre »).
- Dans ce cas, indiquer dans la rubrique « Commentaires » le numéro du trajet que vous attribuez à votre prospection.

Merci à vous
P. BEAUBRUN

ANNEXE 4 : Courrier et questionnaire relatif à l'enquête collisions menée auprès des commandants de la SNCM

Cdt Frédéric CAPOULADE
Chemin de Piécaud
84360 LAURIS

T 04 90 08 22 00

M 06 61 81 22 00

F 04 90 08 43 28

fredcap@wanadoo.fr



25/02/02

Ref. RD 20b

Objet : Recherche d'incidents avec les cétacés.

Depuis la collision de 1998 du NGV ASCO avec un rorqual commun, je m'intéresse à notre cohabitation avec les cétacés.

La première partie d'une étude sur la "détectabilité" des cétacés à bord des navires à grande vitesse de la SNCM vient de se terminer. Elle a permis l'embarquement d'un observateur scientifique une semaine sur deux du 9 avril 2001 au 7 janvier 2002 sur la passerelle d'un NGV.

La deuxième partie consiste à exploiter les données recueillies au cours des embarquement et à répertorier les cas de collisions avec les navires de commerce.

Aussi je me permets de vous demander de bien vouloir répondre au petit questionnaire ci-joint concernant vos rencontres éventuelles avec des (gros) cétacés en Méditerranée. Vous trouverez également sur cette même page les cas de collisions connus à ce jour.

Je vous prie d'accepter, Commandant, l'expression de mes sentiments respectueux.

P.J.

- Questionnaire

- Lettre d'information interne *SNCM et Cétacés* n°17

Frédéric Capoulade

Etude "délectabilité" des cétacés à bord des Navires à Grande Vitesse de la SNCM
2001-2002

QUESTIONNAIRE – Version 3

| | |
|---|--|
| Entre quelles années avez-vous navigué en Méditerranée ? | |
| Avez-vous eu des incidents avec des gros cétacés (rorqual, cachalot) ? | |
| <i>Si oui pouvez vous préciser :</i> | |
| l'année ou mieux la date | |
| le navire | |
| la ligne ou le lieu de la découverte de l'incident | |
| quelle espèce ? Rorqual commun (ou baleine) Cachalot Indéterminé | |
| Commentaires <i>Avez-vous entendu parler d'autres collisions ?</i> <i>Avez vous des documents, des photos ?</i> | |
| Votre nom | |

A expédier à
Frédéric Capoulade
Chemin de Piécaud
84360 LAURIS

télécopie : 04 90 08 43 28 / courriel : fredcap@wanadoo.fr

Merci pour votre aimable collaboration.

Collisions déjà répertoriées CGTM-SNCM

| Navires conventionnels Vitesse < 24 nds | | NGV Vitesse > 35 nds | |
|---|--|-----------------------------------|-----------|
| Eté 1958 | Ville d'Alger (Atterrissage sur Alger) | 1998 Août 6 | NGV Asco |
| 1971 - 7 février | C/F Comté de Nice (Mrs-Annaba) | 1999 Août 2 | NGV Aliso |
| 1972-5 juillet | C/F Corse (Arr Bastia) | 2000 Avril 15 | NGV Aliso |
| 1973-13 août | C/F Corse (Nice-Calvi) | Traversées NGV 1996-2000 5 563 | |
| 1973-31 août | C/F Corse (Arr Calvi) | | |
| 1983 ??? | C/F Napoléon (Arr Marseille) | | |
| 1986-18 août | C/F Esterel (Arr Tunis) | | |
| 1993-9 septembre | C/F Ile de Beauté (Arr Toulon) | | |
| 1996-26 juillet | C/F Danielle Casanova | | |
| 1998-4 juin | M/S Monte Cinto (Sud Porquerolles) | | |
| Conscience de la collision | | | |
| Entrée au port, baisse de vitesse, surcharges moteurs, impact ? | | Impact avec ou sans observation | |

ANNEXE 5 : Compte-rendu de la formation 2006 pour limiter les risques de collision



Etudes, Formations, Conservation de l'environnement

Formation du personnel de quart des compagnies navigant en Méditerranée française et des élèves officiers

- COMPTE-RENDU -



Ecole Nationale de la Marine Marchande

Les 6 et 10 mars 2006

Avec la contribution de :



Souffleurs d'Écume

Association à caractère scientifique agréée pour la protection de la nature
14 rue du Dr Barbaroux, 83170 Brignoles – www.souffleursdecume.com

Tél. : +33(0)4 94 69 44 93 – pmayol@souffleursdecume.com - SIRET 449 804 319 00019

Raisons du dispositif

La navigation commerciale, particulièrement intense et grandissante en Méditerranée, exploite le même milieu que les cétacés. En l'absence de mesures appropriées, on constate de graves perturbations sur les individus et, vraisemblablement, les populations de cétacés (nuisances acoustiques pouvant entraîner des troubles dans les comportements vitaux par exemple).

Les collisions entre navires de commerce et grands cétacés constituent l'une de ces principales atteintes d'origine anthropique et de récents travaux montrent que ces accidents majeurent dangereusement la mortalité naturelle des rorquals communs. Les gestionnaires du Sanctuaire Pelagos s'inquiètent de ce constat puisqu'une large proportion des collisions connues est recensée au sein même de cette Aire Spécialement Protégée d'Intérêt Méditerranéen.

Dépassant les enjeux d'importance écologiques, cette problématique représente aussi une préoccupation en matière de sécurité à bord de certains types de navires et, lorsqu'un animal est rapporté mort sur le bulbe d'étrave d'un navire, les ports doivent trouver les moyens d'éliminer la carcasse tout en respectant les impératifs sanitaires.

Depuis 1999, des chercheurs et des compagnies de navigation développent des programmes visant à limiter les impacts de la navigation sur la cétaufaune, et tout particulièrement les risques de collision. L'information et la sensibilisation du personnel de quart font parti des applications de ces programmes, notamment au travers d'un dispositif de formation développé depuis 2005 au sein de l'Ecole Nationale de la Marine Marchande de Marseille.

Présentation du dispositif 2006

Deux modules de formation ont été proposés en 2006 à l'Ecole Nationale de la Marine Marchande de Marseille autour du thème suivant : « navigation commerciale, cétacés et collisions : quels enjeux, comment limiter les risques ? ».

Le premier module, réalisé le 6 mars 2006, a permis de sensibiliser 70 élèves de 5^{ème} année lors d'une conférence débat.

Le second module, réalisé le 10 mars 2006, s'adressait au personnel des compagnies navigant en Méditerranée française (personnel de quart prioritairement). Il consistait en une journée de formation dont voici :

- le planning détaillé, les thèmes traités et la liste des intervenants
- la liste des personnels et des compagnies ayant assisté à la journée.

NAVIGATION COMMERCIALE ET CÉTACÉS : QUELS ENJEUX, COMMENT LIMITER LES RISQUES
Le 10 mars 2006 à l'ENMM de MARSEILLE

Programme et intervenants

| Thème | Sous-thème | Début | Fin | Intervenant | Organisme de dépendance | Contact |
|---|--|-------|-------|------------------------|--|--|
| Accueil des participants | | 8h30 | 9h00 | | | |
| Introduction | | 9h00 | 9h15 | | | |
| La mer Méditerranée | | 9h15 | 10h45 | Dr Rodolphe LEMEE | Obs. Océano. Villefranche (Univ. P. et M. Curie, Paris VI) | lemée@obs-vlfr.fr |
| Les cétacés de Méditerranée | | 10h45 | 11h45 | Dr Frank DHERMAIN | Groupe d'Etude des Cétacés en Méditerranée | dhermain@tiscali.fr |
| Le Sanctuaire Pelagos et les outils réglementaires de protection des cétacés | | 11h45 | 12h00 | Pascal MAYOL | Souffleurs d'Ecume pour Parc National de Port-Cros | contact@sanctuaire-pelagos.org |
| REPAS | | | | | | |
| La navigation commerciale en méditerranée nord occidentale et ses impacts sur les cétacés | Caractéristiques de la navigation commerciale sur la zone | 14h00 | 14h20 | Dr Nathalie DI-MEGLIO | EcoOcéan | nathalie.di-meglio@wanadoo.fr |
| | Impacts de la navigation sur les cétacés et limitations | 14h20 | 15h00 | | | |
| Le cas particulier des collisions | L'expérience d'un Commandant, les enjeux pour les compagnies, pour la sécurité des navires rapides et des passagers | 15h00 | 15h30 | Cdt Frédéric CAPOULADE | Armateurs de France | fredcap@wanadoo.fr |
| | Les impacts sur les populations de cétacés | 15h30 | 16h30 | Pascal MAYOL | Souffleurs d'Ecume / Ecole Pratique des Hautes Etudes | pmayol@souffleursdecume.com |
| Comment limiter les risques? | Tour d'horizon des études en cours et mesures de limitation applicables sur la zone | 16h30 | 17h30 | Pascal MAYOL | EPHE / Souffleurs d'Ecume | pmayol@souffleursdecume.com |
| | Présentation d'un cas d'étude concret : évaluation des zones de risque entre Rorquals communs et grands navires (étude L. David) | 17h30 | 18h00 | Dr Nathalie DI-MEGLIO | EcoOcéan (présentation des résultats d'une étude CEBC-CNRS / EPHE/WWF) | nathalie.di-meglio@wanadoo.fr |
| Les fiches d'observation CIESM / Conclusions | | 10h00 | 18h10 | Pascal MAYOL | EPHE | beaubrun@crit.univ-montp2.fr (pour fiches CIESM) |
| Avec la contribution du Dr Pierre Beaubrun (EPHE) | | | | | | |
| APERITIF | | | | | | |

Liste des participants

| Nom | Prénom | Compagnie | Qualité |
|--------------|-----------|-----------|---|
| ALEXIS | Béatrice | SNCM | Chargée mission Sécu.- Env. |
| BIARNEIX | Charles | CMN | Lieutenant |
| CHOMARD | Nicolas | CMN | Lieutenant |
| DESCOUR | Adrien | CMN | Lieutenant |
| FRANCOIS | Philippe | CMN | Commandant |
| FRECKHAUS | Ian | CMN | Second capitaine |
| GROS | Hubert | SNCM | Lieutenant (détaché à terre en tant que Délégué Sécurité) |
| LE VIGOUROUX | Patrice | CMN | Commandant |
| PIRIOU | Gildas | SNCM | Commandant |
| PREBOT | Marc | CMN | Commandant |
| RENOUX | Charlotte | CMN | Lieutenant |
| VAN AUWEGHEM | Hervé | SNCM | Adjoint Dir. Sécu. Marit. et Terr. |
| VARIN | Olivier | CMN | Directeur Armement |



Les participants autour du buffet (bien mérité) de midi

Perspectives

L'accueil positif de cette expérience pionnière nous permet d'envisager sa reconduction en 2007. Le vendredi 2 février 2007 est une date potentielle pour la formation du personnel de quart (la date du module à destination des élèves de 5^{ème} année resterait à la convenance de l'ENMM de Marseille).

Partenaires de l'opération et remerciements

L'association Souffleurs d'Ecume tient à remercier les personnes et organismes qui ont contribué à la réussite de ce projet :

- L'Ecole Nationale de la Marine Marchande de Marseille, et tout particulièrement M. LOUEBEC, M. BRILLAUT et M. SALVEMINI, pour leur accueil très chaleureux, pour leur confiance, pour la mise à disposition gracieuse de salles, ainsi que pour le créneau et la communication accordés auprès des élèves de 5^{ème} année.
- Les compagnies de navigation CMN et SNCM ainsi que le personnel détaché (présenté en p. 3) pour leur intérêt vis-à-vis de la problématique traitée et leur assiduité.
- Le Sanctuaire Pelagos et tout particulièrement M. Philippe ROBERT et Mme Rose-Abèle VIVIANI pour leur confiance, ainsi que le Dr Pierre BEAUBRUN et le Cdt Frédéric CAPOULADE pour leur large contribution à la réalisation de cette formation.
- Les intervenants et leurs organismes de dépendance (présentés en p. 2 du présent rapport) pour la qualité de leur prestation.
- Le Conseil Régional Provence-Alpes-Côte d'Azur et le Conseil Général des Bouches du Rhône pour le financement du dispositif.
- Monsieur Alain MAYOL pour la mise à disposition gracieuse de son temps et de son savoir faire concernant le buffet de midi ainsi que Mlle Delphine GAMBIAIANI pour son aide précieuse concernant l'organisation de la journée du 10 mars.
- Les organismes et personnes ayant mis à disposition leurs illustrations pour cette formation (Michel ANDRE - LAB ; Simone PANIGADA - Tethys Research Institute ; Alexandre GANNIER et Sophie LARAN – GREC / CRC).

Conclusions

Une attestation émanant du Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable (via Pelagos) est délivrée à chacun des participants. D'ambition annuelle, cette formation doit permettre de sensibiliser les professionnels concernés par la problématique traitée afin :

- de contribuer à la limitation des interactions négatives entre navigation et cétacés
- et de développer les échanges constructifs engagés entre Pelagos et compagnies de navigation, pour une meilleure connaissance et la préservation des populations de cétacés de la zone.

A terme, ce dispositif devra aussi permettre de former le personnel de quart aux dispositifs technologiques de limitation des risques de collision en cours d'étude (REPCET et WACS par exemple).

*Fait à Brignoles, le 17 mars 2006
Pascal Mayol, responsable de la formation.*

ANNEXE 6 : Compte-rendu du dispositif REPCET (phase expérimentale).



SOCIÉTÉ
NATIONALE
MARITIME
CORSE
MEDITERRANÉE

Bord le 26/07/04



NGV LIAMONE
41104 FC

**Monsieur le Directeur de l'Armement
et de la Sécurité Maritime et Terrestre**

Objet : Opération REPCET 2004

Ce programme expérimental a eu lieu du 22 au 25 juillet 2004.

Son but était de retransmettre aux bords, les observations des gros cétacés effectuées par tous les navires dans la zone de navigation des NGV.

Les navires participants ont été : Napoléon Bonaparte (1 observation), Danielle Casanova (1 obs), NGV Asco (6 obs) et NGV Liamone (15 obs).

Pascal Mayol, de l'association Souffleurs d'écume, était le point focal à terre.

Cette expérimentation a montré tout son intérêt d'aide à limiter le risque de collision. On peut retenir les points suivants à prendre en compte pour la mise en place éventuel d'un système de report permanent :

- Les données
 - ◆ les données à transmettre et les heures limites d'envoi des observations ou de la non-observation sont des éléments essentiels.
 - ◆ Le mode de représentation des reports vers les bords doit être étudié (texte ou graphique)
- Les communications :
 - ◆ Bord-Terre : doivent être effectuées par Immarsat C, sur un numéro de fax à terre (coût de transmission réduit).
 - ◆ Terre-Bord : le moyen le plus économique est la transmission par messagerie Internet lors des escales des navires. Mais les délais et heures de transmission n'ont pas paru compatibles avec le but du programme.

PJ

-Bilan et commentaires

-Exemple de messages et de carte

Le Capitaine

F. Capoulade

Commentaires suite à l'opération REPCET 2004

↳ Sur les observations

- ♦ Plusieurs détections comportent des individus probablement similaires entre deux observations (même nombre d'individus par groupe, positions proches, laps de temps court entre deux reports). On note en particulier :
 - Le 22 : un individu a été repéré le matin par le *NGV Liamone* (8h51). L'après midi (14h12), un individu isolé a été repéré dans la même zone par le même navire (6 MN d'écart entre les deux observations).
 - le 23 : 1 groupe de 3 individus vu par le *NGV Asco* à 10h52 (aller) et un groupe de 3 individus vu par le même navire à 12h40 (retour). Soit 2h12 d'intervalle et 0,6 MN de distance entre les deux observations.
 - le 23 toujours : 1 groupe de 2 individus vu par le *NGV Liamone* à 9h40 (aller) et un groupe de 3 individus vu par le *NGV Liamone* à 12h43. Soit 3h03 d'intervalle et 8 MN de distance entre les deux observations.
 - le 24 : 1 groupe de 3 individus vu par le *NGV Liamone* à 10h10 et un groupe de 3 individus vu par le *Napoléon Bonaparte* à 10h49. Soit 39 minutes d'intervalle et 3 MN de distance entre les deux observations.
- ♦ Observations particulières
 - 1 cachalot vu par le *NGV Asco* le 23 au matin. Heure et position non précisée.
 - 1 Rorqual mort signalé par le *Mega Express* le 22 sur la route Nice/Bastia. Reporté sur les cartes transmises au bord. Revu par le *NGV Liamone* le 24 à 2 MN de distance sur la même route. Revu par le *NGV Liamone* le 25 (animal disloqué en morceaux) sur la route Nice Ajaccio, à 15 MN de l'endroit où il avait été vu la veille.
 - Nombreuses observations (*NGV Liamone* et *NGV Asco*) de Rorquals sautant et sortant entièrement leur corps de l'eau durant ces quatre jours.

↳ Sur les données et les communications

- ♦ Pour des raisons techniques, tous les navires n'ont pas toujours pu assurer l'envoi de leurs observations (ou de leur non observation). De ce fait, le jeu de données obtenu présente des lacunes puisqu'il est impossible de savoir si l'absence de transmission correspond au fait qu'aucun animal n'a été vu ou que les données n'ont pas été expédiées. Ceci limite donc les possibilités d'exploitation et les hypothèses à formuler.
- ♦ Les éléments précédemment signalés, et le fait que le temps imparti aux escales permet, sauf problème technique particulier, d'effectuer les reports, permet d'avancer qu'il serait intéressant de relancer ce programme de manière plus approfondie. Dans ce cadre, il serait bon de pouvoir rajouter aux données transmises par les navires :
 - les prochaines heures d'accostage et d'appareillage prévues
 - les caps éventuels des animaux vus
 - l'état général de la mer sur la traversée en force Beaufort
- ♦ En outre, il semble plus intéressant que les navires transmettent leurs informations par fax (par Immarsat Standard C) : la procédure est plus rapide que par e mail et peut-être faite en mer. Il serait également judicieux que tous les navires utilisent le même système de transmission pour faciliter l'exploitation à terre. En effet, les trois moyens utilisés (tél., fax et mail), l'unique ligne téléphonique affectée à terre, et le manque d'information concernant les horaires du *NGV Asco* (retard lié à un problème de moteur) ont rendu la gestion des réceptions / transmissions difficile.
- ♦ A revoir : quels sont les éléments réellement importants à retourner au bord et de quelle façon doivent ils être présentés sur les cartes ?

↳ Sur l'intérêt de la Compagnie

- ♦ En donnant aux bords en temps légèrement décalé, des zones à risque de rencontre avec les gros cétacés, cette courte expérimentation a montré l'intérêt majeur d'un tel programme. Elle permettra dans l'avenir de préparer la mise en place d'un système de report qui pourrait concerner tous les navires (commerce, douanes et autres) navigant dans le Sanctuaire des mammifères marins.

Pascal Mayol, Souffleurs d'Ecume
Frédéric Capoulade, SNCM

TRANSMISSION BORD-TERRE

Exemple de MESSAGE FAX TRANSMIS PAR IMMARSAT C

422612611 07240842 4254.46N 009.26E 174037

NOTA : LA LIGNE CI DESSUS EST INSEREE A LA DEMANDE

NUMSTANDARD C JOURHEURE POSITION CAPVITESSE

NGV LIAMONE BIA-NCE EN HEURES LOCALES

0824, 4330.50, 00748.33, RORQUAL MORT SIGNALE LE 220704

1010, 4306.65, 00915.07, RORQUAL, 3

Commentaires sur l'obs de 1010 : nombreux sauts droits et sur le dos, même comportement que l'autre jour, prennent de la vitesse et vent dans le dos avant de sauter...

PREVISION ESCALE

ARR BIA 11H15 DEP 11H50

TRANSMISSION TERRE-BORD

Exemple de MESSAGE RECU A BORD PAR MAIL

REPCET

DU 24/07/04 16H29

Infos Mer/Terre attendues : NPBN, ASCO (retard), LIAMONE, CORSE

Infos Mer/Terre reçues : NPBN, LIAMONE

Report Terre/mer : ASCO, LIAMONE, NPBN (copie), CORSE (copie)

Fichier joint : cartographie des grands cétacés observés récemment

Sur la carte, pour chaque observation est noté :

- l'heure d'observation

- La position (croix bleue)

- le nombre d'individus et l'espèce (Rq = Rorqual, Cach = Cachalot)

Ex. : 0841-4303.0 721.0-1Rq

= à 8h41, au 43°03'00"N 7°21'00"E, un Rorqual a été observé

Sont également reportées les routes théoriques

Rappel coordonnées pour transmissions :

Tél. / Fax : 04 94 86 92 44

E-mail : souffleurdecume@9online.fr

Merci pour votre collaboration

TRANSMISSION TERRE-BORD

Exemple de CARTE RECUE A BORD PAR MAIL LE 24/07/04 A 15H50

