

TITRE DU PROJET :

Ecologie et structure génétique de la population de cachalots (*Physeter macrocephalus*) dans le secteur du Déroit de Gibraltar.

DOCTORAT DE

MANUEL FERNÁNDEZ CASADO¹

Sous la direction scientifique de

DR. ALEXANDROS FRANTZIS² & DR. LUIS JAVIER PALOMO MUÑOZ³

¹ESPARTE (Sociedad Andaluza para la Conservación y el Estudio de los Cetáceos). Apdo. de correos nº 792. 29080. Málaga. E-mail: marsop@hotmail.com

² Institute of Marine Biological Resources. National Centre for Marine Research. Agios Kosmas, GR-166 04 Hellenikon. Grèce. E-mail: afrantzis@otenet.es

³ Departamento de Biología Animal. Facultad de Ciencias de la Universidad de Málaga. Campus de Teatinos. Málaga. E-mail: javier.palomo@uma.es

PRINCIPAUX OBJECTIFS DU PROGRAMME :

- Identifier et quantifier la présence de cachalots (*Physeter macrocephalus*) dans le Déroit de Gibraltar, confirmant ou non le possible déplacement de l'espèce entre l'océan Atlantique et la mer Méditerranée.
- Etudier l'écologie alimentaire du cachalot dans le secteur du Déroit de Gibraltar (distribution spatiale des individus, étude du comportement de plongée et régime alimentaire).
- Evaluer quelles sont les menaces sur l'espèce dans le Déroit de Gibraltar.

Les résultats de cette étude doivent permettre la mise en place de mesures de conservation et de protection de cette population.

PARTENAIRES SCIENTIFIQUES

(Domaine de compétence)

- **Manuel Fernández Casado**, ESPARTE (Sociedad Andaluza para la Conservación y el Estudio de los Cetáceos). Apdo. de correos nº 792. 29080. Málaga. E-mail: marsop@hotmail.com, (Doctorant)
- **Ana Cañadas** : Alnitak (Marine Environment Research and Education Centre), C/Nalón nº 16 Hoyo del Manzanares, Madrid, E-mail : alnitak@cetaceos.com (Photo-identification : comparaison avec les cachalots observés en Mer d'Alboran)
- **Dr. Jean-Michel André & Christophe Menkes Chercheurs IRD**, Laboratoire d'Océanographie Dynamique et du Climat, 4 Place Jussieu, 75 252 Paris Cedex 05. E-mail : jean-michel.andré@lodyc.jussieu.fr , (Modèle trophique dynamique appliqué à la Méditerranée).
- **Dr. Jean-Michel Bompar, Groupe d'Etude des Cétacés de Méditerranée**, 3 Impasse Notre Dame du Mai, Le Clos des Oliviers, 83 160 La Valette. E-mail : jean-michel.bompar@wanadoo.fr (Collecte de tissus sur les baleines échouées pour les travaux d'écotoxicologie et de génétique des populations, région Méditerranée).
- **Dr Yves Cherel, Directeur de Recherche CNRS**, CEBC-CNRS, 79 360 Villiers en Bois. E-mail : cherel@cebc.cnrs.fr (Ecologie alimentaire-isotopes stables).
- **Dr Alexandros Frantzis**, National Centre for Marine Research. Atenas. Grèce. E-mail: afrantzis@otenet.es (Codirecteur de thèse, coordinateur de l'étude génétique populationnelle)
- **Dr Christophe Guinet**, Chargé de Recherches CNRS, C. E. B. C. – C.N.R.S., 79360 Villiers en Bois. E-mail : guinet@cebc.cnrs.fr (Ecologie en mer et stratégies de pêche).
- **Dr Clyde Roper**, Smithsonian Institute. Washington., E-mail : roper.clyde@nmnh.si.edu (identification des céphalopodes)
- **Dr. Jacques Lauga**, Professeur Universités de Toulouse, UMR CNRS-5552, L.E.T., 118 route de Narbonne 31062 Toulouse Cedex. E-mail : lauga@cict.fr (Acoustique: structure du signal et reconnaissance individuelle).
- **Dr. Ricardo Hernández Molina, Dr. José Luis Cueto, Dr. Carlos Mascareñas Pérez-Iñigo**, Laboratorio de Acústica y Vibraciones de la Universidad de Cádiz, CASEM, Puerto Real, 11510, E-mail : lav@uca.es (Acoustique et Radio-Tracking, gestions administratives)
- **Dr Luis Javier Palomo Muñoz**, Departamento de Biología Animal. Facultad de Ciencias de la Universidad de Málaga. Campus de Teatinos. E-mail: javier.palomo@uma.es (Codirecteur de thèse)
- **Renaud de Stephanis**, Laboratorio de Acústica y Vibraciones de la Universidad de Cádiz, CASEM, Puerto Real, 11510, E-mail : neus_perez@yahoo.com (travail de terrain, acoustique)
- **Neus Perez Gimeno**, Laboratorio de Acústica y Vibraciones de la Universidad de Cádiz, CASEM, Puerto Real, 11510, E-mail : neus_perez@yahoo.com (Travail de terrain, acoustique).
- **Erika Urquiola Pascual** : Técnico en Biodiversidad y areas protegidas de la viceconsejería de medio ambiente del Gobierno de Canarias, Coordinatrice General de la SEC (Sociedad Española de Cetaceos) C/Nalón nº 16 Hoyo del Manzanares, Madrid E-mail : urquiola@cetaceos.com (Gestion et Conservation).

PROGRAMME DE RECHERCHE

I - Introduction

Le cachalot, avec l'orque, est l'un des cétacés les plus largement répandus dans les océans du monde (e.g. Notarbartolo di Sciara & Demma 1994). Mais bien que l'espèce soit présente sous toutes les latitudes de la planète, son étude n'en est pas moins difficile. En effet, les plongées qui durent régulièrement entre 45 et 60 minutes (e.g. Rice 1989), sont entrecoupées par de courts intervalles en surface, qui représentent en moyenne 17% du temps de plongée (Gordon & Steiner 1992). Certaines fois, les plongées peuvent être encore plus longues ; en une occasion, un groupe de 5 cachalots a plongé au moins 138 minutes (Watkins, Moore & Tyack 1985).

Ces animaux plongent longtemps, mais aussi profondément. Les profondeurs moyennes de plongée sont situées entre 600 et 1000 mètres (Watkins 1977), avec des individus plongeant occasionnellement à plus de 2000 m. Ce sont par conséquent des cétacés qu'il est difficile d'observer près des côtes.

Le Détroit de Gibraltar réunit néanmoins des conditions exceptionnelles pour observer des fonds de 1000m dans sa partie la plus orientale. Des fonds de 600-700m sont relativement fréquents, au milieu du Détroit, à 4-5 milles nautiques du port de Tarifa. C'est précisément dans cette zone qu'un grand nombre de cachalots ont été vus en 1999 et 2000 (Fernández-Casado *et al.* 2000, Cañadas *et al.* 2000) à partir des embarcations de "whale watching". Par ailleurs, la lecture des registres historiques des stations balinières indique qu'un grand nombre de cachalots étaient capturés il y a quelques décennies dans cette région par deux bateaux baleiniers (Fernández-Casado 2000).

Actuellement, nous ne savons pas si le Détroit de Gibraltar est uniquement un lieu de passage des cachalots entre l'atlantique et la méditerranée, ou un lieu d'alimentation occasionnel ou permanent. Les observations conduites sur maintenant deux ans suggèrent que les cachalots fréquentent le détroit très régulièrement au printemps, peu pendant l'été, et sont à nouveau présents à l'automne. Les mêmes individus sont parfois identifiés au printemps et à l'automne. Le travail de photo-identification s'effectue à partir de la photographie de la nageoire caudale au moment où le cachalot sonde.

Quelques auteurs considèrent que la population de cachalots dans le bassin méditerranéen était plus abondante dans le passé (Notarbartolo di Sciara & Gordon 1996). Bayed & Beauburn (1987) signalent une diminution de l'abondance de ces animaux dans la zone du Détroit de Gibraltar. Une des principales causes évoquée pour expliquer cette diminution semble être les activités humaines (Duguy *et al.*, 1983), avec en particulier l'effet des captures accidentelles par les filets dérivants (Cagnolaro & Notarbartolo di Sciara 1992). D'autres causes possibles, telles que les collisions avec les navires sont aussi évoquées, le détroit de Gibraltar étant le second au monde pour son trafic maritime. Ces problèmes doivent être étudiés de façon approfondie.

Du fait des difficultés d'observation, ce projet propose l'usage de la bioacoustique et de l'acoustique en général comme méthode de travail, et devrait permettre d'obtenir une grande quantité d'informations pour atteindre les différents objectifs de ce programme. La bioacoustique est un outil très performant et particulièrement adapté pour l'étude des cachalots en milieu naturel.

Cette étude offre aussi l'opportunité de faire progresser les connaissances sur l'écologie alimentaire de cette espèce où il reste encore beaucoup à apprendre sur les méthodes de chasses utilisées par les cachalots et sur leur régime alimentaire dans le contexte du Détroit de Gibraltar. Le peu de choses connues provient de l'analyse des contenus stomacaux d'animaux trouvés échoués (Clarke 1987). La grande majorité des proies semble être des céphalopodes meso et bathypélagiques, en particulier des calmars d'eaux profondes du genre *Histioteuthis* (Clarke 1966, 1980; Smith 1992). Peu de choses sont aussi connues sur les stratégies de pêche de ce prédateur et sur l'influence des conditions océanographiques

(bathymétrie, courant, production primaire...) sur la distribution spatiale de son activité de pêche. Ce projet de recherche devrait contribuer à un enrichissement des connaissances sur cette espèce.

Les principaux objectifs de ce programme de recherche pluri-disciplinaire sont :

- 1) D'identifier et quantifier la présence de cachalots (*Physeter macrocephalus*) dans le Détroit de Gibraltar, confirmant ou non le possible déplacement de l'espèce entre l'océan Atlantique et la mer Méditerranée.
- 2) D'étudier l'écologie alimentaire du cachalot dans le secteur du Détroit de Gibraltar (distribution spatiale des individus, étude du comportement de plongée et régime alimentaire).
- 3) D'évaluer quelles sont les menaces sur l'espèce dans le Détroit de Gibraltar

II – Programme de Recherche et méthodologie

2.1 Fréquentation du Détroit de Gibraltar par les cachalots

L'objectif de cette partie du projet de recherche est de déterminer quelle est la présence des cachalots dans le Détroit de Gibraltar, notamment de déterminer si les cachalots ne font que transiter par le détroit, ou résident dans ce secteur, au moins à certaines périodes de l'année. Pour répondre à ces questions, nous aurons recours à deux principales méthodes d'investigation : d'une part la photo-identification et d'autre part l'identification acoustique des individus présents.

La méthode de travail consistera à photo-identifier l'ensemble des individus observés et à organiser une base de données de photo-identification qui permettra de retracer pour l'ensemble des individus observés leur histoire de fréquentation (date, lieu,...) du Détroit de Gibraltar, en tenant compte bien évidemment de l'effort d'observation associé (nombre d'heures en mer par unité de surface). Cependant, une des difficultés associées à ce travail de photo-identification est le risque de non observation d'un grand nombre d'individus, compte tenu de la durée importante de leurs plongées. Pour pallier cette difficulté, nous comptons développer une deuxième méthode pour quantifier la présence de cachalots dans la zone du détroit. Pour cela, nous aurons recours à la détection acoustique des individus (Thomas et al. 1986), mais aussi dans un deuxième temps à l'identification individuelle des cachalots à partir de leur production sonore. Nous suivront les individus à partir d'une ligne d'hydrophone multicanaux reliée à un ordinateur. A l'aide du logiciel "RAINBOW CLICK" fournit par Tim Lewis, nous pourrons repérer les individus, et déterminer l'endroit où ils émergeront. La validation de cette technique devrait être particulièrement aisée dans le contexte du Détroit de Gibraltar car, d'une part, les individus sont généralement isolés les uns des autres, et d'autre part, les mêmes individus peuvent être observés d'un jour sur l'autre et d'une saison à l'autre. Ce travail sera conduit en étroite collaboration avec les chercheurs du laboratoire d'acoustique et de vibrations de l'université de Cadix en collaboration avec Jacques Lauga (université de Toulouse).

L'utilisation d'un hydrophone directionnel permettra de localiser le secteur fréquenté par le cachalot. Ceci sera particulièrement aisé dans le contexte du Détroit de Gibraltar compte tenu de la configuration des côtes.

Par ailleurs, afin de préciser le statut des individus présents dans le Détroit de Gibraltar, nous souhaitons confronter les informations relatives aux individus présents dans cette zone à celles observées dans d'autres secteurs du bassin méditerranéen (mer d'Alboran, Méditerranée nord occidentale, mer Egée...) et pour la zone proche atlantique. Pour atteindre cet objectif nous constituerons une base de données accessible sur internet. Nous comptons notamment confronter les individus photo-identifiés dans le secteur Gibraltar à ceux identifiés par les groupes de recherche étudiant les cachalots dans le bassin

Méditerranéen, les îles Canaries et les Açores. Cette base de donnée sera accessible à tous et devrait permettre de vérifier si des déplacements inter sites sont observés. A part notre site internet, nous participerons à la réalisation du catalogue que la MAMMCO a mis en place il y a deux ans. Ce catalogue réunit les photos obtenues en méditerranée, aux Azores, aux Canaries et dans le Déroit de Gibraltar.

Afin de préciser le statut des cachalots présents dans la zone du Déroit de Gibraltar, nous procéderons au prélèvement d'un morceau d'épiderme. Ce prélèvement pourra se faire par biopsies lorsque nous chercherons à prélever du lard sous cutané pour l'étude du régime alimentaire et du niveau de contamination par les organochlorés (voir partie suivante) ou à partir de la méthode du grattage pour les analyses uniquement destinées aux études génétiques. Ces échantillons nous permettront au niveau individuel de préciser le sexe des individus présents et, par conséquent, de vérifier si le déroit est essentiellement visité par l'un ou l'autre des deux sexes. De plus nous réaliserons des analyses en génétique inter-populationnelles. Ces deux types d'analyses seront confiées à Alexandro Frantzis, qui coordonne un projet d'étude génétique des cachalots sur l'ensemble du bassin Méditerranéen et l'Atlantique nord (Alexandro Frantzis en mer égée et Ionique, le groupe Théthis et l'ICRAM en Italie, Alexandre Gannier et John Goold en mer Ligure et Jonathan Gordon aux Azores). Nous comptons effectuer une biopsie par individu identifié au cours des trois années d'études.

2.2 Ecologie alimentaire et utilisation de l'espace

2.2.1 Distribution spatiale des cachalots : une approche en trois dimensions

L'objectif de cette partie du projet est de préciser d'une part quels sont les secteurs du déroit fréquentés par les cachalots et quels sont les comportements (pêche, repos...) et les caractéristiques océanographiques (bathymétrie, température des masses d'eau, production primaire...) associées à ces zones. Les travaux conduits sur les cachalots dans différentes régions du monde, y compris le bassin méditerranéen, ont permis de montrer que plusieurs facteurs océanographiques contribuaient à expliquer la présence de cachalots. La bathymétrie est certainement l'un des facteurs qui permet à petite échelle d'expliquer le mieux la présence de cachalots (Jaquet & Whitehead 1996, David 2000) tandis qu'à plus grande échelle, c'est la production primaire qui semble le mieux expliquer la présence de cachalots pour la zone sud Pacific (Jaquet & Whitehead, 1996). Dans le secteur Liguro-Provençal, la présence de cachalots est liée au système de Canyon (David 2000).

Le travail que nous proposons d'effectuer est d'intégrer l'ensemble des informations collectées sur la présence de cachalots dans une base de données spatialisée et temporelle. Différentes sources d'informations seront utilisées :

- 1) Les indices de présence par saison et par secteur qui seront calculés en tenant compte de l'effort d'observation.
- 2) Les informations relatives à des suivis individuels : ce travail consistera à suivre sur une période standard de 6 heures un individu afin de retracer la route suivie par celui-ci et de déterminer comment il a distribué son activité dans le temps et dans l'espace au cours de ce trajet. Ce travail sera répété sur une dizaine d'individus au moins lors des saisons où les cachalots sont les plus abondants (printemps et peut-être aussi l'automne). La position des cachalots sera définie lors de chaque épisode passé à la surface au moyen d'un système de jumelles équipées d'un télémètre et d'un compas et connectées à un ordinateur lui même asservi à un GPS. Lorsque les animaux seront sous l'eau, le cap du cachalot par rapport au bateau –dont la route sera enregistrée automatiquement au moyen d'un ordinateur asservi à un GPS- sera déterminé au moyen d'un hydrophone directionnel (VEMCO Ltd). L'éthogramme des cachalots sera établi à partir des

observations du comportement aérien et sous-marin de ces animaux qui seront filmés au moyen de caméras vidéos sous-marines et aériennes.

1) Les informations relatives à la distribution des cachalots dans les trois dimensions en prenant en compte leur activité de plongée. La démarche sera identique à celle décrite dans le point 2, mais sera complétée par les deux approches suivantes :

- les cachalots seront équipés d'un émetteur ultrasonique et d'un petit émetteur VHF. Ces émetteurs seront posés temporairement sur le cachalot au moyen d'une ventouse. Les émetteurs ultrasoniques (model V16TP, 50-76 kHz, VEMCO Ltd) permettent d'obtenir en continu des informations sur la profondeur et la température des masses d'eau dans lesquelles se trouvent les cachalots. Les informations codées sont transmises en continu par l'émetteur et reçues au moyen d'un système d'hydrophone directionnel (VH 40 RESONNANT, 50-76 kHz, VEMCO LTD) couplé à un récepteur 4 canaux (VR28, VEMCO) couvrant un secteur de 360°, permettant de déterminer le cap de l'émetteur par rapport au bateau sans avoir à faire pivoter l'hydrophone. Le récepteur VR 28 est raccordé à un ordinateur au moyen d'une prise RS-232. Toutes les données reçues par le récepteur sont sauveées sur l'ordinateur et permettent de traiter en continu (toutes les secondes) les informations relatives à la profondeur du cachalot et à la température des masses d'eau qu'il traverse. L'avantage de cette technique est de permettre de suivre en continu les animaux (cap de suivi par l'animal) et récupérer les données (dans un rayon de 1,5 km autour du bateau), même si les émetteurs ne sont pas retrouvés après que la ventouse s'est décollée du cachalot.
- une deuxième approche consistera à localiser par écoute passive le cachalot par triangulation acoustique : système de quatre hydrophones positionnés aux extrémités d'un tétraèdre régulier. Ce système présente l'avantage d'être peu onéreux pour obtenir des informations sur la position des cachalots, mais a l'inconvénient de nécessiter un travail de développement important pour le traitement du signal. La mise en œuvre est en outre plus difficile (déploiement) et nécessite l'immobilisation du bateau ou un déplacement à très faible vitesse. Par ailleurs ce système ne permettra pas d'obtenir des informations sur les caractéristiques des masses d'eau traversées par les cachalots.

L'ensemble de ces informations sera intégré dans un Système d'Information Géographique (Arc-view avec les modules Spatial Analyst et tracking) et sera mis en relation avec les données environnementales obtenues à la même échelle spatio temporelle, à l'exception de la bathymétrie qui est statique dans le temps. Les caractéristiques de surface seront obtenues via les bases de données issues de la télédétection satellitaire (température de surface, concentration en chlorophylle, courants marins) mais aussi issues des sorties de modèle numérique pour la région de Gibraltar). Les profils de température, salinité, profondeur seront obtenus au moyen de la CTD qui équipera le catamaran "CIRCÉ". Ce travail permettra d'analyser quelles sont les variables environnementales responsables de la distribution des cachalots dans le Détroit de Gibraltar et ceci dans les trois dimensions. Cette démarche tout à fait innovante se fera en collaboration avec Christophe Menkes et Jean Michel André du LODyC (Université de Paris), Jean-Paul Donnay (département de géomatique de l'université de Liège) et le département de physique de l'Université de CADIZ

Ces informations permettront de préciser quels sont les habitats favorables pour les cachalots dans la zone du détroit et d'identifier les riches associés pour chacune des zones favorables, notamment en terme de fréquentation par les navires.

Le travail de tracking acoustique sous-marin devrait permettre de préciser quel est le comportement de chasse adopté par les cachalots en terme de comportement de plongée et de colonnes d'eau exploitées.

Les variations saisonnières et inter-annuelles du succès de la pêche des cachalots dans le Déroit de Gibraltar seront évaluées à partir des taux de défécation des cachalots.

2.2.2 Régime alimentaire

Etudier le régime alimentaire n'est pas une chose aisée. Plusieurs approches seront mises en œuvre :

L'approche directe à partir :

- de l'analyse de contenus stomacaux provenant des rares individus trouvés échoués sur les côtes Andalouses. Ce travail serait réalisé en collaboration avec le C.R.E.M.A. (Centro de Recuperación de Especies Marinas Amenazadas).
- de la collecte de fécès produites par les cachalots juste avant qu'ils sondent. L'analyse des bec de Calmar se fera en collaboration avec Yves Cherel (CEBC-CNRS) et Clyde Roper (Smithsonian Institute Washington)

Les méthodes indirectes :

- L'analyse des acides gras : ce travail sera fait en collaboration avec P. Mayzaud, station marine de Villefranche sur Mer.
- L'analyse des isotopes du carbone ($^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$) et de l'azote ($^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$) dans les tissus est une méthode indirecte pour étudier l'écologie alimentaire des animaux à une échelle temporelle et spatiale beaucoup plus large que celle permise par l'étude directe du régime alimentaire (Gannes 1998, Kelly 2000). Ce travail sera conduit en collaboration avec Y. Cherel (CEBC-CNRS) et K. Hobson (Environment Canada Saskatchewan).

La combinaison de l'ensemble de ces approches nous apportera des réponses précises sur la position occupée par le cachalot dans le contexte méditerranéen et proche atlantique. La confrontation des résultats obtenus pour des cachalots échantillonnés dans le Déroit de Gibraltar à ceux échantillonnés dans d'autres secteurs méditerranéens et issus de régions du proche atlantique devrait nous permettre de préciser si des différences d'écologie alimentaire existent entre les cachalots présents dans ces différents sites, ou si au contraire ces animaux partagent la même alimentation. Nous pourrons vérifier la cohérence (ou non) de ces résultats en les comparant à ceux issus des travaux conduits dans le domaine de la génétique.

2.3. Effet du trafic maritime sur le comportement des cachalots et niveau de contamination des cachalots.

Cette partie du projet consistera à analyser les résultats issus de la partie 2.1. et à vérifier si les cachalots modifient ou non leur activité en présence de bateaux transitant dans le déroit. Ce travail consistera à noter le comportement des cachalots en l'absence ou présence de bateaux dans un rayon de deux à trois kilomètres. Ce travail nécessitera de noter la position des bateaux, leur route et leur vitesse de déplacement (ces données seront acquises au moyen du radar de bord de CIRCE. Ces informations seront intégrées dans la base de données spatialisée. Les changements de cap des cachalots, de temps passé à la surface (relatif à leur temps de plongée) seront analysés en présence de bateaux au moyen

de procédure de randomisation afin de déterminer si le trafic maritime a un effet ou non sur l'activité de ces animaux.

Les biosies effectuées dans le cadre des travaux sur la génétique et l'écologie alimentaire permettront le dosage des teneurs en organochlorés (en fonction du sexe et de la taille du cachalot). Les métaux lourds seront dosés à partir de prélèvements effectués sur des animaux trouvés échoués

III - Mise en place d'une banque de données

Les informations relatives à la photo-identification des cachalots de la zone Gibraltar seront mises à disposition dans le cadre d'une base de données accessible sur internet (cf. ci-dessus).

Une banque de données acoustiques, et de tissus (épiderme) sera aussi établie et mise à la disposition des groupes de recherche.

IV - Conclusion

Ce projet de recherche pluridisciplinaire et fondamental devrait d'une part nous permettre de préciser les échanges d'individus entre le bassin méditerranéen et la zone proche atlantique, d'augmenter sensiblement nos connaissances actuelles sur le comportement et la biologie de l'espèce, et d'évaluer l'effet des nuisances humaines sur cette espèce.

Pour être efficace, ce travail nécessite l'organisation d'un réseau d'observations en mer entre les différents groupes de recherche travaillant dans le bassin Méditerranéen, notamment avec les bateaux de whale watching présents sur zone, mais aussi avec les associations et groupes de recherche travaillant le long des côtes andalouses tel que ESPARTE (Sociedad Andaluza para la Conservación y Estudio de los Cetáceos) ou ALNITAK. Il sera aussi nécessaire de mettre les informations disponibles en réseau pour qu'elles puissent être accessibles aux différents experts internationaux.

L'ensemble de ces connaissances permettra aussi de faire découvrir au grand public les modes de vie de cette espèce.

V - Déroulement des opérations.

Le programme doit se dérouler pendant les printemps, été et automne 2001, 2002 et 2003. Les opérations auront lieu à partir d'un catamaran à voile spécialement équipé et comportant l'ensemble des systèmes décrits dans le cadre de ce projet. Le travail portant sur l'écologie en mer sera essentiellement concentré au printemps qui semble être la période de présence maximale de cachalots dans le Détroit de Gibraltar. Le travail de photo-identification sera conduit systématiquement.

Un bilan des opérations 2001 sera effectué au mois de septembre 2001 en présence des différents partenaires scientifiques et financiers du programme cachalots.

VI - Références citées

- Bayed, A. and Beauburn, P. 1987. Les mammifères marins du Maroc: inventaire préliminaire. *Mammalia*, 51: 437-446.
- Cagnolaro, L. and Notabartolo di Sciara, G. 1992. Research activities and conservation status of cetaceans in Italy. *Boll. Mus. Ist. Biol. Univ. Genova*, 56-57: 53-85.
- Cañadas, A., Fernández-Casado, M., de Stephanis, R. and Sagarminaga, R. 2000. Sperm whales (*Physeter macrocephalus*) at the gates of the Alboran Sea: an important step towards the identification of the Mediterranean population. In *European Research on Cetaceans 14*. G. Donovan (ed.). Proc. 14 th Ann. Meeting European Cetacean Society, Cork, Ireland, 5-9 April.

- Clarke, M. R. 1966. A review of the systematics and ecology of oceanic squids. *Advances in Marine Biology*, 4: 91-300.
- Clarke, M. R. 1980. Cephalopods in the diet of sperm whales of the Southern Hemisphere and their bearing on sperm whale biology. *Discovery reports*, 37: 1-324.
- Clarke, M. R. 1987. Cephalopod biomass-estimation from predation. In "Cephalopod life cycles", P. R. Boyle (ed.), *Comparative Reviews* 2: 221-237.
- David, L. 2000. Thèse de l'Ecole Pratique des Hautes Etudes de Montpellier.
- Duguy, R., Besson, J., Casinos, A., Di Natale, A., Filella, S., Raduan, A., Raga, J. and Viale, D. 1983. L'impact des activités humaines sur les cétacés de la Méditerranée occidentale. *Rapp. Comm. Int. Mer. Médit.*, 28: 219-222.
- Fernández-Casado, M., de Stephanis, R and Pérez Gimeno, N. 2000. Cetacean population in Strait of Gibraltar: a first approach. In *European Research on Cetaceans 14*. G. Donovan (ed.). Proc. 14 th Ann. Meeting European Cetacean Society, Cork, Ireland, 5-9 April.
- Fernández-Casado, M. 2000. Estrecho de Gibraltar : punto de encuentro para los cetáceos. In *Rev. Biológica*, 47 : 58-60.
- Gannes 1998 *Comp. Biochem. Physiol.* 119A:725-737.
- Gordon, J. C. D. & Steiner, L. 1992. Ventilation and dive patterns in sperm whales, *Physeter macrocephalus*, in the Azores. *Reports of the International Whaling Commission*, 42: 561-565.
- Kelly 2000 *Can. J. Zool.* 78: 1-27.
- Jaquet, N., Whitehead, H. 1996. Scale dependant correlation of sperm whale distribution with environmental features and productivity in the south Pacific. *Marine Ecology Progress Series*. 135: 1-9.
- Notarbartolo di Sciara, G. & Demma, M. 1994. Capodoglio. In "Guida dei Mammiferi Marini del Mediterraneo". F. Muzzio (ed.), 79-88. 268 pp.
- Notarbartolo di Sciara, G. & Gordon, J. C. D. 1996. Bioacoustics: a tool for the conservation of cetaceans in the Mediterranean Sea. *Mar. Fresh. Behav. Physiol.*, Vol. 30: 125-146
- Rice, D. W. 1989. Sperm whales. In "Handbook of Marine Mammals". S. H. Ridgway and R. Harrison (eds), 4: 177-233.
- Rodríguez, J. 1982. *Oceanografía del Mar Mediterráneo*. Ed. Pirámide, Madrid, 174 pp.
- Smith, S. C. 1992. Sperm whales and mesopelagic cephalopods in the water of the Galapagos Islands, Ecuador. MSc thesis, Dalhousie University, Halifax, 66 pp.
- Thomas, J., Fisher, S., Ferm, L., 1986. Acoustic detection of cetacean using a towed array of hydrophones, Report of the International Whaling Commission, Special Issue 8.
- Watkins, W. A. 1977. Acoustic behavior of sperm whales. *Oceanus*, 20, 50-58.
- Watkins, W. A., Moore, K. E. & Tyack, P. 1985. Sperm whale acoustic behaviors in the Southeast Caribbean. *Cetology*, 49: 1-15.