

## Les rorquals et autres Cétacés en fin de vie en Méditerranée occidentale

Denise PICHOD-VIALE<sup>1,2</sup>, Georges VIALE<sup>1</sup>, Julien VIALE<sup>1</sup>, Carli VIALE<sup>1</sup>, Laurent KOECHLIN<sup>3</sup>,  
Noémie KOECHLIN-LANGEVIN<sup>2</sup>, Anne VIALE-MASSON<sup>1</sup>, Laurent MASSON<sup>1</sup>, Patrice COAT<sup>4</sup>,  
Patrick BRACONNIER<sup>4</sup> et Maurice FENOUILLE<sup>4w</sup>

<sup>1</sup> APEEM, Association pour l'étude écologique du maquis et autres milieux naturels ; Laboratoire d'écologie de PIRIO, Réserve internationale « Man and Biosphere » du Fangu en Haute-Corse, 20245 Manso, France

<sup>2</sup> Ex-Laboratoires de zoologie de la Sorbonne Pr. Prenant, Pr. Teissier, rue des Écoles, 75005 Paris, France

<sup>3</sup> Institut de recherches en astrophysique et planétologie, université de Toulouse, CNRS, 14 avenue Edouard Belin, 31400 Toulouse, France

<sup>4</sup> Établissement régional du matériel de l'armée (ERM), 20250 Corte, France

Correspondance : A.C. Viale-Masson, présidente de l'APEEM, [acviale@gmail.com](mailto:acviale@gmail.com)

Reçu le 14/06/2024 ; accepté le 20/05/2026 ; mis en ligne le 05/07/2026 ; DOI : <https://doi.org/10.60881/bszf151-2-7>

**Résumé** Des échouages accidentels de Cétacés sur les côtes de Corse ont déclenché la naissance de cétologues nouveaux qui se formeront sur le terrain de 1961 jusqu'à 2004. Les travaux ultérieurs se feront sur les documents acquis cumulés en attente de méthode efficace numérique ou micrographique. Parallèlement les Cétacés ont cumulé les effets délétères d'actions humaines, piratage de leur graisse, pollutions diverses et concurrence inéquitable sur la production marine. Les humains qui étaient 4,2 milliards en 1980 sont 7,5 milliards aujourd'hui (BAVEREZ, 2024); la malnutrition et l'atteinte de l'état sanitaire des Cétacés les conduisent à un amaigrissement et une perte de l'épaisseur de leur lard cutané. Celui-ci formait un scaphandre protecteur contre la pression marine, il assurait aussi la rigidité du Cétacé et permettait sa plongée et sa vitesse de natation. Les poumons écrasés par la pression en plongée apparaissent dès 1980 sur de nombreux Cétacés échoués. Nous montrons ici que l'indice de leur amaigrissement sur les animaux encore vivants est fourni par l'affaissement de leur aileron dorsal, qui n'est plus dressé mais enroulé. Ainsi apparaît le début de leur lente agonie.

**Mots-clés** Cétacés, Méditerranée, lard, peau, épiderme, derme, hypoderme.

## Whales and other Cetaceans at the end of their lives in the Western Mediterranean

**Abstract** Accidental beaching of Cetaceans on the coasts of Corsica have triggered the birth of new Cetologists, which will form in the field from 1961 to 2004. Subsequent work will be done on the cumulative acquired documents awaiting digital or micrographic methods. At the same time, Cetaceans have accumulated human actions of hacking their fat, marine pollution and unequitable competition on marine production. Humans who were 4.2 billion in 1980 are 7.5 billion today (BAVEREZ, 2024); malnutrition and the damage of the health state of Cetaceans lead to weight loss and loss of the thickness of their skin "fat-lard" that formed a protective scaphandre against marine pressure; he also ensured the rigidity of the entire organism of the Cetacean and allowed its swimming speed. The lungs crushed by the pressure in plunging packer appear since 1980 on many Cetaceans still alive. We show here that the weight loss index of still alive animals is provided by the winding of their dorsal wing. Thus appears the beginning of their slow-down.

**Keywords** Cetaceans, Mediterranean, fat lard, skin, epidermis, dermis, hypodermis.

## Introduction

Les relations des Cétacés avec l'Homme sont conflictuelles : la passion des uns ne compense pas la barbarie des comportements des autres, pêcheurs et baleiniers, face à tous les Cétacés. De toute façon, l'existence de plus de 8 milliards d'humains sur la planète n'est plus compatible avec la survie d'une faune sauvage. Elle s'amenuise donc et le nombre de zoologues aussi.

Le changement global qui en découle perturbe le fonctionnement cyclique de notre planète : tous les animaux de gros calibre sont menacés, marins ou terrestres ; les effets ne sont pas forcément perçus ni perceptibles par le grand public, non informé ; on manque de zoologues.

Des zoologues subsistent encore parmi ceux formés par les Géants de la Zoologie française au laboratoire de Zoologie de la Sorbonne : les Professeurs G. Teissier, P. Drach, B. Possompès, M. Prenant, etc... Ils ont fait vivre la Société Zoologique de France, et leurs disciples sous des noms de spécialités diverses, entomologistes, cétologues, hydrologues, herpétologues etc. lui rendent hommage dans cette commémoration d'aujourd'hui.

Formée en Zoologie à la Sorbonne, j'ai été intégrée au Laboratoire en tant qu'assistante agrégée, pour faire, en dérogation, de la recherche sur des Crustacés. Le sort futur de Georges semblait bien être dans la physique nucléaire, mais les perspectives changent brutalement, accidentellement, par notre découverte d'un échouage de deux Cétacés de plus de 5 mètres (1,5 tonne) et la décision d'en disséquer l'un. C'était en début janvier 1962. Nous sommes devenus brutalement, mon mari et moi, des nouveaux « cétologues » sur les côtes de Corse. Ignares et désesparés, loin de nos pères initiateurs, qui ne nous ont pas abandonnés, mais confiés à Paul BUDKER du Museum National d'Histoire Naturelle. L'accueil de Paul BUDKER est inoubliable, cétologue cultivé, baleinier averti, et marin très habile, courageux sur son voilier en mer.

## Naissance d'une vocation de Cétologue

Paul BUDKER est formel : le cétacé échoué est *Ziphius cavirostris* ou Baleine à bec de Cuvier ; mais le seul document que nous ayons trouvé en 1962 pour identifier notre cétacé noir est «*Field Book of Giant fishes*» de F.C. FRASER du British Museum (1949) sur lequel le *Ziphius* est noir et blanc ; Fraser consulté directement confirme sans hésitation la détermination du *Ziphius* en expliquant que le patron de coloration change probablement avec l'état physiologique, on ne sait pas ? Ainsi notre entrée en cétologie débuta par une erreur. La solution nous semblait pouvoir apparaître au cours de prochains échouages ? Mais le prochain n'aura lieu qu'en 1968, et le suivant en 1974 ! Patience nécessaire en cétologie !

Les *Ziphius* ne sont pas des Baleines ou Cétacés à fanons ou Mysticètes ; ce sont des Cétacés à dents ou Odontocètes, mais Cuvier a nommé cette espèce Baleine à Bec car elle n'a pas de dents ; l'adaptation à leur régime est poussée à l'extrême, avec une mandibule

sans dents qui s'insinue dans la mâchoire comme un bec, de manière à pincer très fort un calmar, animal très vif, réactif par des bonds et donc d'accès difficile dans les eaux profondes noires.

En janvier 1962, en fait, sept gros Cétacés de plus de 5 m ont été trouvés morts, porteurs de traces de mitraillage visibles sur les photos 1 et 4, en probable liaison avec des manœuvres marines interalliées de décembre en Mer Liguro-Provençale. Leurs dépouilles ont été éparpillées sur le quart Nord-ouest du rivage corse. (Notons que nous venons d'avoir 3 cadavres de *Ziphius* fin Mai 2024, probablement tués par une expérimentation de la Marine Nationale, par émissions sonores fortes en grande profondeur, information annoncée par M. le Préfet Maritime).

La Photo 1 montre le *Ziphius* d'Île Rousse, projeté par la tempête parmi les rochers et les amas de posidonies ; G. VIALE envisage avec les Autorités maritimes des possibilités de transfert de l'animal par route ou par mer. Observons que l'Officier est solidement posé sur le cadavre sans lui créer la moindre déformation ; voir également sur la Photo 4, l'étudiant qui ausculte les traces de balles, perché sur le corps du *Ziphius* (ZC12.74.B) échoué ne détermine aucune déformation, comme sur une coque de navire.



Photo 1 . *Ziphius cavirostris* (ZC.16.01.1962). Georges Viale et les autorités maritimes de Corse envisagent les possibilités de transfert de l'animal. Notons la rigidité et la résistance du cadavre sous le poids de l'officier.

*Photo 1. Ziphius Cavirostris (ZC.16.01.1962). Georges Viale and the Maritime Authorities of Corsica are considering the possibilities of transfer of the animal. Note the rigidity and resistance of the corpse under the weight of the officer.*

### Autopsie du *Ziphius cavirostris* (ZC.16.01.1962 A ) échoué à Algayola

La dissection a été menée méthodiquement pour réaliser des photos et un film (Clichés Moretti) copié à la demande P. Drach par le service du Film Scientifique du CNRS.

La Photo 2 montre en vue ventrale une demi-coupe transversale (CT) du corps cylindrique du *Ziphius* et la suppression du flanc thoracique droit laisse voir les côtes et la partie ventrale ; en CT le quart supérieur droit

apparaît entièrement rempli d'une masse musculaire nettement bordée par une couche de lard très blanc de 5 à 6 cm d'épaisseur ; le long de la ligne blanche indiquant la colonne vertébrale, l'épaisseur est encore plus forte (seuls les bras, c'est-à-dire membres supérieurs transformés en palettes natatoires, ne portent qu'une couche mince d'hypoderme en raison de leur rôle sensoriel).



Photo 2. Autopsie du *Ziphius cavirostris* (ZC.16.01.1962 A). Coupe transversale thoracique.

*Photo 2. Autopsy of Ziphius cavirostris (ZC.16.01.1962 A). Thoracic transverse cut.*

Cette couche de lard sous la peau est formée de l'épiderme, du derme et d'un hypoderme adipeux formé de fibres tendineuses, élastiques et musculaires, de fibres nerveuses, toutes entrecroisées dans un tissu conjonctif bourré d'adipocytes, très irrigué en artérioles et capillaires veineux nécessaires pour permettre l'osmorégulation, la respiration et la thermorégulation, etc. Cette disposition entrecroisée des fibres donne au « lard épais » une élasticité et une résistance à la pression marine dans toutes les directions, importante lors de la plongée.

C'est le maintien d'un lard épais de 5 à 6 cm qui constitue une sorte de charpente externe comme métallique rigide, une coque ou combinaison rigide continue.

Généralisation : autopsie de *Ziphius* (ZC 12.1974 A, Centuri)

Sur la Photo 3 d'une femelle gravide porteuse d'un fœtus de 1,10 m, le lard forme un arc de cercle très blanc, qui en coupe transversale semble relativement plus épais que dans la précédente autopsie. L'analyse des taux de polluants Pb, Cd, Hg de la mère et du fœtus a montré que les toxiques traversent le placenta ; la mère se décontamine donc, comme dans l'allaitement.

La mère a été mitraillée, comme son collègue de la photo 4 (ZC.22.12.1974 B Calvi). Sur les photos 1 et 4, la charpente externe semble faite de métal, non affectée sous le poids des humains, mais percée par leurs armes.



Photo 3. Autopsie d'une femelle gravide de *Ziphius cavirostris* : elle a été mitraillée, on voit le fœtus dans son sac au premier plan, il faut remarquer l'épaisseur remarquable du lard et sa blancheur, il est parfaitement rigide (ZC 16.01.1 1962).

*Photo 3. Autopsy of a female gravid of Ziphius cavirostris: she was machine-gunned, we see the fetus in her bag on the first-plan , it should be noted the remarkable thickness of the Fat-“lard” and its whiteness, it is perfectly rigid (Zc 16.01.1 1962).*



Photo 4. L'étudiant ausculte les traces de balles, perché sur le corps du *Ziphius* (ZC12.74 .B ) échoué et ne détermine aucune déformation, comme s'il était sur une coque rigide de navire.

*Photo 4. Student examines the traces of bullets, perched on the body of the Ziphius (ZC12.74 .b) failed and determines any deformation, as if it were on a rigid ship.*

Cette ténacité de la couche fibreuse de lard est absolument nécessaire en plongée pour éviter

l'écrasement des poumons contre le cœur, de l'irrigation sanguine, des moteurs musculaires etc. Elle l'est également pour l'hydrodynamisme du Cétacé, responsable de sa vitesse de nage (CQFD).

#### Echouage d'une vraie Baleine à bec de Cuvier. (ZC.6.3.1968 A Ghizonaccia)

Sur la côte sableuse, de l'immense plage vierge de la Plaine orientale de Corse en 1968 est venue se poser encore vivante, une belle Baleine à bec, noire et blanche seulement sur la partie céphalique (Photo 5).



Photo 5. Échouage d'une Baleine à bec de Cuvier. (ZC.6.3.1968 A Ghizonaccia).

*Photo 5. Stailing a real whale with Cuvier's beak. (ZC.6.3.1968 A Ghizonaccia).*

Paul BUDKER nous explique qu'elle est venue de son plein gré ; elle a choisi l'arrière-pays plat et la plage sablonneuse ; on peut penser qu'elle est morte de mort naturelle.

Au matin, tout frais, un *Ziphius* noir et blanc : ce blanc, tant attendu, est une praline cristallisée de sel marin identifiée immédiatement en le goûtant. Il se dissout dans les embruns en 24 heures ; le lendemain, le *Ziphius* est totalement noir, à peau tendue et lisse. **On vient de découvrir l'excrétion de sel cristallisé par la peau des Cétacés.**

L'autopsie révèle que c'est une baleine femelle de 5,4 m, d'un âge avancé : elle a enfanté plusieurs fois, comme le montre l'énormité de son ligament porteur de corne utérine ; l'une d'elles encore assez développée. La masse viscérale est très propre : le mésentère est facilement déroulé, ce qui traduit la liberté des anses intestinales, dépourvues des adhérences coalescentes riches en polluants démontrées plus tard.

D'autre part, son âge avancé s'était inscrit dans quelques artères calcifiées dites en tuyaux de pipe. Notons que ces paramètres indicateurs d'âge avancé n'ont plus jamais été rencontrés dans nos travaux de

l'équipe. Alors que Paul BUDKER nous enseignait à « 30 ans ils sont centenaires ».

Donc découvert en 1962, démontré en 1968, expliqué en 1974, nous montrons l'existence d'un processus de **désalinisation de l'eau de mer par la peau des Cétacés** et d'une production permanente du lard par l'hypoderme adipeux, entretenue par renouvellement des adipocytes au même rythme que celui des autres cellules de la peau.

Donc l'Hypoderme graisseux – le lard – n'est pas comme chez les humains une pathologie de l'obésité, il est essentiel pour la vie des Cétacés et nécessite une alimentation massive adéquate, régulière. **Or nous n'avons plus jamais retrouvé cette même épaisseur de la couche de lard : elle est pourtant existentielle : elle fait la rigidité des corps des Cétacés.**

#### Nécessité d'un élargissement de l'équipe.

\*Paul BUDKER fait déjà partie de l'équipe, il y fait même un travail hors de notre portée, en mer.

En Janvier 1962, il nous adopte en mettant à notre disposition son réseau d'amis marins, baleiniers, océanographes, techniciens-mariniers (Comex, Cnexo, Comexo etc..), artistes et surtout son voilier qu'il ne craint pas de conduire dans des mers difficiles comme le Cap Horn ou pour nous en Corse, dans le nord du Cap Corse dit la Giraglia, avec ses 120 jours de vent fort par an ; or c'est de là (cette zone évitée prudemment) qu'il nous a fourni le plus grand nombre d'observations de Rorquals vivants car il savait où en trouver ; il nous a donné son temps libre pour naviguer à son compte et se tenir en vigie tonique à l'affût des grands Cétacés. Il parvient à faire l'expérience de 16 journées en vigie à la Bouée-Laboratoire du COMEXO (42° 14' °N, 5°34' \*E) étalées entre Janvier 1968 et Janvier 1969 dont 4 jours contigus au 15 août ; une observation par jour de vigie (un seule fois 2) semble signifier la présence continue du Rorqual en Haute Corse : et en un faible contingent.

Mais il filme un troupeau (ce qu'on nomme ici une mer de baleines) le 24 Mai 1964 ; observe un regroupement le 14 juillet 1968 ; un autre le 1<sup>er</sup> Mai et un le 14 juillet 1973 à la Giraglia. Malheureusement, cette période de disponibilité de Paul BUDKER se situe dans un grand trafic d'activités dans notre équipe (enfants tout petits, cours, animation écologico-politique, et les échouages de 1968 et 74 tant attendus).

Des jeunes bénévoles viennent aider aux traitements des échouages ; afin de leur fournir un cadre juridique, pour l'administration, une association est créée dès 1962, « d'apprentissage de la nature et de la nécessité de sa protection » : « A SILVAGNOLA », qui leur permet de participer. Elle est relayée après 1983 par des étudiants de l'Université de Corse, enfin créée, et des stagiaires voulant associer les Cétacés à leurs mémoires de licence ou maîtrise, ou DEA de diverses universités de métropole. Enfin à partir de 1991, des jeunes chercheurs du 3<sup>ème</sup> cycle à l'Université de Corse, du D.E.S.S « Écosystèmes méditerranéens, Prof. Denise VIALE »

réalisent leur mémoire de fin de stage, ou thèse. (Liste pro parte ici en Annexe).

Cet enrichissement remarquable du nombre de chercheurs, a permis de rechercher les lésions liées aux teneurs de trois métaux toxiques Pb, Cd, Hg en faisant **une détection histologique** dans les organes disséqués, étudiés dans chaque mémoire (les analyses de métaux ont été très coûteuses, sans crédits prévus, des analyses éparpillées, et résultats perdus par délais très longs ; heureusement aidées par des collègues solidaires sur des programmes PNUE). Les résultats montrent des taux tellement élevés qu'ils soulèvent des doutes : plus de 700 ppm (poids sec) de Hg chez un *Ziphius*. (Même >2000 (publications impossibles\*). Explication fournie dans la Discussion. Ce *Ziphius* à 700 mg.kg<sup>-1</sup> Hg de foie (poids sec) nous a permis de comprendre le processus de déméthylation du méthyl-mercure, qui est la partie toxique du polluant (MARTOJA *et al.*, 1977).

Un gros travail d'équipe, d'histologie de cytologie (MEB, MET, Camebax, etc.) a montré la dégradation de la structure de certains organes : foie, poumons, muscles, peau, etc. en concomitance avec la présence de taux élevés de métaux toxiques Pb, Cd, H. Des stages de recyclage des cadres ont été nécessaires.

A ce stade, il a fallu travailler avec des collègues médecins des Hôpitaux et avec notre collaborateur « miracle » le Professeur Anatomo-histo-pathologiste, Chef du Service, au CHU de l'Hôpital de Nice, Robert LOUBIERE : un cerveau - banque de données – images – mémorisées disponibles instantanément commentées, une banque immense – non transmissible.

Nous avons alors imaginé une structure associative pour financer le regroupement de nos travaux d'équipe et les archiver, sous la forme d'un contrat avec Le Parc National de Port Cros qui gère Le Sanctuaire des Cétacés de Méditerranée.

Nous avons ainsi rédigé un document collectif groupant les résultats individuels acquis en 1995, 1996 et 1997. Ces bilans mémorisent en planches de photos pour divers organes, les aspects pathologiques provenant des échouages (1995 et 1996) de Cétacés présentant en concomitance des taux élevés des 3 métaux toxiques, un amaigrissement lisible sur le tégument et le lard flasque, et/ou l'écrasement du poumon etc. COLLECTIF *Suivi de l'état sanitaire des Cétacés échoués sur les côtes de Corse* (1995-1996) (J.P. FRODELLO, X. MATTEI, R. LOUBIERE & D. VIALE, 1995 ; TERRIS, D'ORIANO, MATTEI, GIORDANO, VIALE, LOUBIERE, FRODELLO *et al.*, 1996).

A partir de 1974, la fréquence des échouages autopsiés augmente beaucoup et accélère nos recherches ; des femelles de Baleinoptères de grande taille sont trouvées, échouées en hiver, avec une couche de lard amincie (voir Bp Marana, Girolata, etc.), et par la suite nous trouvons de nombreux fœtus avortés ayant un tégument flasque par manque d'hypoderme gras.

Le 15.01.1975, une baleine magnifique longe nos plages du Cap Corse flanquée de son petit qui a des difficultés à respirer : nous la suivons le long de la route de corniche jusqu'à la nuit. Le lendemain, le nouveau-né est échoué sur la plage de Miomo (Photo 6) : à comparer

avec la Photo 9 d'un autre rorqual nouveau-né recueilli par Jean Pierre FRODELLO en 1995.



Photo 6 ; *Balaenoptera physalus*, (16.01.1975) Nouveau-né observé vivant la veille en difficulté près de sa mère. Sa taille 5,5 m est bien celle des Bp à la naissance (cliché Viale).

*Photo 6; Balaenoptera physalus, (16 .01.1975) Newborn observed alive the day before in difficulty near her mother. Its size 5.5 m is that of BPs at birth (Viale shot).*

L'autopsie confirme l'obstruction des voies respiratoires (diagnostiqué par des médecins de l'Hôpital de Bastia) confirmée par l'histologie (VIALE, 1981 ; VIALE *et al.*, 2011). Ce jeune Rorqual de 5,5 m a un lard respectable comme le montre la rigidité de son corps ; il était en relative bonne santé : mais la recherche de pesticides montre déjà du lindane transmis par sa mère ; il nous fournira des échantillons d'excellente qualité pour la micrographie au MET et MEB et l'histologie photonique.

#### Les migrations et le commerce baleinier

BUDKER a traduit et nous a légué la thèse du Norvégien A. JONSGARDT sur la biologie du Rorqual, à partir des résultats de l'industrie baleinière ; il montre que des constituants lipidiques du lard provenant de Rorquals capturés à l'entrée de la Méditerranée s'identifient à ceux du lard des Rorquals capturés par les mêmes baleiniers au Nord-ouest de l'Ecosse. La migration du Rorqual observé l'hiver en Méditerranée avait donc une amplitude de latitude allant de 35°N Gibraltar à 55°N Ecosse, soit plus de 20 degrés en latitude plus un déplacement en longitude d'Est en Ouest pour atteindre le détroit de Gibraltar, et contourner l'Espagne ; il est de l'ordre d'amplitude de 7°E plus 8° W. Au total, c'est une trajectoire énorme difficile à imaginer

autrement qu'une épopée douloureusement sélective naturellement même sans la tuerie commerciale à Gibraltar.

Certes, les Baleinoptères doivent utiliser les courants, mais on conçoit que des guides, mémoires leur soient nécessaires : dès lors, un grand rassemblement des troupeaux signale la préparation du départ, et l'organisation probable autour des guides, des « sachants » !

Nos parrains initiateurs P. BUDKER et F.C. FRASER ont été des géants de la Cétologie Baleinière ; ils ont séjourné dans des stations d'exploitation comme celle de Getares près de Gibraltar ; ils nous ont transmis leurs savoirs mais aussi leurs mythes : à savoir, un océan producteur infini, des « feeding grounds polaires inépuisables » et des grands Cétacés capables de parcourir presque un quart du périmètre terrestre 2 fois par an, leur lard étant de plus, une ressource financière très convoitée (1<sup>ère</sup> moitié du 20<sup>ème</sup> Siècle). Ce commerce baleinier a existé à Gibraltar de 1934 à 1939, terriblement efficace puisqu'il piégeait les Cétacés à l'entrée et à la sortie d'un détroit de 15 km, obstrué par un seuil rocheux à faible profondeur et une lame d'un mètre d'eau atlantique déferlant sur le seuil vers la Méditerranée. L'usine baleinière anglo-scandinave était à Getares, entre Cadix et Gibraltar ; F.C. FRASER y a séjourné en hiver et nous a confié que le trafic maximal se situait en Janvier-février, en notant qu'il y avait plus de grosses baleines à l'entrée qu'à la sortie. Au total le chiffre admis officiellement pour le massacre total de 6 ans est « arrondi » à **6250** grands Cétacés. Horreur d'une barbarie !

L'International Whaling Commission n'a pas empêché une tentative de réinstallation de Getares après la guerre, mais qui a échoué, parce que non rentable ! (Elle n'empêche toujours rien actuellement). Notons aussi, par ailleurs une tuerie (discrète), cachée de toutes les espèces de Cétacés vivant en Méditerranée, petits et moyens, existe en permanence, visible par la mutilation des palettes natatoires ou de l'éperon dorsal, observée et notée sur nombre de spécimens de Cétacés échoués. Elle traduit la concurrence des hommes et des Cétacés pour les ressources alimentaires marines ; et les Cétacés sont à l'agonie, affamés.

#### Apparition de l'aileron dorsal enroulé ; l'apport de notre expérience ARGOCET

Entre 1985 et 1991, nos efforts pour trouver des Rorquals communs et réaliser l'expérience ARGOCET nous ont montré uniquement des ailerons dorsaux verticaux, donc remplis de lard (Photo 7), comme celui qui nous a permis l'accrochage de notre balise Argos par un filin fixé comme une boucle d'oreille. Mais il faut avouer que nous avons eu du mal à percer l'aileron.

La consistance du lard explique sa rigidité : il est fait de l'entrecroisement des cellules à fibres de kératine dans tous les sens des piquants comme dans les cellules « épineuses » dites spinocytes en forme d'oursins avec des desmosomes tout le long des piquants radiaires accrochés aux desmosomes du piquant voisin.

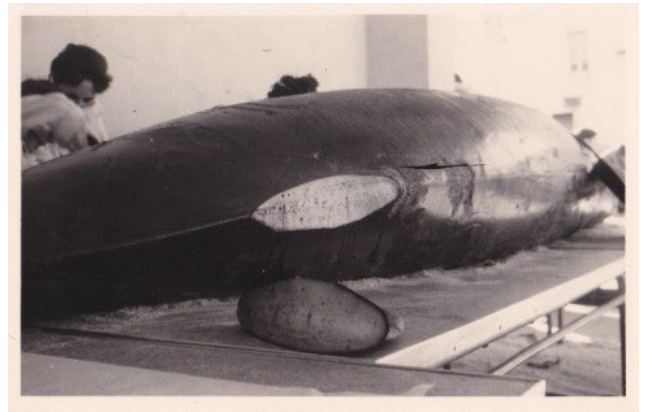


Photo 7. La nageoire dorsale dite éperon dorsal est faite de lard et dressée parce qu'elle est constituée de lard rigide.

*Photo 7. The so-called back dorsal fin is made of bacon and erected because it consists of rigid bacon.*

Il a la même utilité que celle du *stratum spinosum* qui forme l'épiderme dans sa couche médiane afin qu'elle résiste à toutes les tensions ou pressions centripètes ou centrifuges (VIALE, 1977). Cet épiderme assure la création d'une combinaison de plongée ultrasolide. L'épiderme est le fin liseré noir de >10 ou 15 millimètres que montre bien la photo 8 de la palette natatoire ou nageoire caudale, ses ancrages multiples, profonds dans le lard à travers le derme ; dans sa couche médiane les cellules sont en forme d'oursins dites spinocytes serrées et encastrées les unes contre les autres et attachées par des sortes de boutons pression dits « desmosomes » par milliers ; le derme est donc indéformable par la pression interne ou externe (KOECHLIN-LANGEVIN & PICHOD-VIALE, 2025).



Photo 8. La moitié droite de la nageoire caudale a été sectionnée pour montrer qu'elle est rigide, structurée par le lard.

*Photo 8. The right half of the caudal fin has been cut to show that it is rigid, structured by the Fat-Lard.*

Une lipogenèse déficiente, par manque de nourriture maintenue longtemps supprime la rigidité de l'aileron qui s'affaisse, s'enroule ; c'est un signal visible

extérieurement, symptôme du début de l'agonie du Cétacé.

La photo n°9 est celle d'un Rorqual mort à la naissance, donc nourri par sa mère, il présente encore un lard de 4,5 cm, c'est-à-dire normal, note J.P. FRODELLO (1995) qui l'a autopsié ; mais il est déjà flasque et n'a pas la rigidité du Rorqual nouveau-né, de même taille, photo n° 6 en 1975.



Photo n° 9 Baleinoptère mort à sa naissance, échoué le 11.12.1995 à Venzolasca 5.40 m. ; lard 4,5 cm. Son tégument est flasque. Tiré à terre par un tracteur. Sur la plage de Cap Sud dans le site protégé de Mucchiatana. A comparer avec la photo numéro 6. Cliché J.P. FRODELLO (extrait de Collectif, 1996).

*Photo n ° 9 Baleinoptera died at birth, stranded on 11.12.1995 in Venzolasca 5.40 m. ; Lard 4.5 "cm. His integument is flabby. Pulled to the ground by a tractor. On « Cap Sud » beach in the protected site of Mucchiatana. To be compared with photo number 6. Photo J.P. Frodello (extract from Collectif, 1996)*

### L'affaissement de l'aileron dorsal

Les ailerons dorsaux flasques, enroulés, sont apparus dès les années 1980, d'abord sur les dauphins. Mais en 1996, apparaissent des Rorquals à aileron dorsal enroulé, ce qui empêche M. FENOILLERE de tenter un nouveau marquage avec J.P. FRODELLO.

En effet, notre première expérience ARGOCET dès 1988, nous apprend la nécessité de travailler avec l'Armée de terre; et notre Université est voisine à Corte d'un important Centre d'activité militaire, « l'Etablissement Régional du Matériel de l'armée » (l' E. R. M.) dirigé par le Lieutenant-Colonel **Patrice COAT**. C'est lui qui a pensé partager cette expérience avec nous car il la sentait possible et il a su convaincre sa hiérarchie parisienne de l'intérêt de travailler avec le CNRS et l'Université; il a pu ainsi engager ses armuriers Patrick BRACONNIER et Maurice FENOILLERE à tenter de suivre une baleine. Des solutions très ciblées ont été obtenues pour adapter le matériel militaire. Le marquage est une balise ARGOS, construite par l'Ingénieur J Jacques PESANDO (de Nice) accrochée à l'aileron dorsal par un harpon le traversant de part en part, afin de fixer le filin de quelques mètres qui tient la balise comme une boucle d'oreille. Il a fallu augmenter 8 fois la taille et la qualité de l'alliage du harpon propulsé par une arme militaire modifiée, après 7 missions en mer échouées par des harpons tordus **sans pénétrer le lard**

**de l'aileron**, ce qui donne une idée de la résistance de ce lard.

Le 8<sup>ème</sup> harpon mesurait 29 cm en un alliage léger d'acier au tungstène défini par Jérôme di BERNARDO, Directeur de la Fonderie chez Renault. Parallèlement, Patrick BRACONNIER a modifié 8 fois la charge de son arme. On a enfin réussi, ensemble, le 22.09.1991, ce qu'on n'aurait jamais pu faire sans l'aide de ces précieux armuriers

Donc l'aileron dorsal affaissé d'un Baleinoptère est **l'indice visible** extérieurement de son **amaigrissement général**. Or le lard conditionnait la rigidité totale du corps donc la possibilité de plonger et de se déplacer facilement et rapidement, donc de se nourrir.

La détérioration de l'état sanitaire des Cétacés par **manque de nourriture** en Méditerranée Nord occidentale remonte donc aux années 1980, où apparaissent les premières observations de poumons écrasés contre le cœur par la compression au cours des plongées, et se généralise sur des dauphins (*Stenella coeruleoalba*) (VIALE, 1981 ; VIALE *et al.*, 2011 ; ISETTI, 1992 ; VERNEAU, 1993 ; BARITEAUD *et al.*, 1995 ; FRODELLO, 1995).

### Les preuves fournies par un baleinoptère suivi par satellites (programme ARGOCET)

Un *Balaenoptera physalus* dit Bp, d'une vingtaine de mètres, est marqué le 22 septembre 1991 et suivi par 2 satellites espacés de 120 minutes qui le localisent 6 à 10 fois par jour dans l'espace et le temps.

Le traitement manuel des premières localisations montre un tracé avec des boucles comme celles que font les Bouées dérivantes quand elles flottent inertes dans des masses d'eau soumises uniquement à l'effet Coriolis; ainsi le Bp flotte inerte pendant au moins 6 heures en début de nuit (PICHOD-VIALE *et al.*, 1992). La trajectoire totale de 42 jours est tracée par MOUILLOT & VIALE (2001), soit 1317 km dont on démontre l'aspect fractal.

En 2014, L. MASSON et J.N. SALLEMBIEN ont initié le traitement des données brutes en scannant les 50 pages de listages des localisations du Bp pour permettre leur traitement numérique, réalisé par un astrophysicien, Laurent KOEHLIN, qui a compris la nécessité de tracer le circuit du Rorqual géolocalisé sur la carte Google-Earth (VIALE *et al.*, 2018, 2019). Il a fallu beaucoup de temps, de calculs pour comprendre la relation du tracé avec le soleil, l'environnement marin, le rythme du Cétacé et celui des passages de satellites, et les courants marins.

On a compris qu'il dort en flottant et même dans les courants (ibid. 2018, 2021) et là on n'a pas compris pourquoi, dans le courant Catalan rapide il a nagé vite en triplant sa vitesse 4,5 km/h. Ce comportement de nage très rapide dans un courant pourtant déjà assez fort, a servi à atteindre plus rapidement une source de nourriture, qu'il avait déjà identifiée, le front baléarique de Millot formé de vortex (VIALE *et al.*, 2024)

Cela signifie **qu'il a faim et même très faim** pour tripler la vitesse du courant Catalan; il le quitte en direction perpendiculaire vers les vortex où il a détecté

des ressources et rapidement on comprend qu'il a mangé parce qu'il s'endort en flottant à la vitesse de 0,23 à 0,27 km/h en eau calme indiquée au passage suivant du satellite qui nous en a informé.

Le Bp change brutalement d'orientation pour entrer dans un courant rapide comme on saute dans un Bus qui va dans la direction souhaitée. En revanche il utilise des masses d'eau calmes dès qu'il en trouve pour la nuit c'est à dire de 20h environ à 2h du matin où commence sa recherche de krill ; il dort aussi dans des vortex, au même rythme imposé par les horaires du soleil sur le comportement du krill. En somme il est partout chez lui, mais sa trajectoire est chaque jour brutalement modifiée 2 heures avant les lever du soleil et 2 à 2,5 heures avant le coucher du soleil, rythme totalement imposé par la montée de l'essaïm de Krill qui reste formé à 100-12 m de profondeur et donc disponible et accessible comme nourriture massive, concentrée; (ces mesures ont été faites en 1986 et 1991 (VIALE & FRONTIER, 1994)). Entre ces 2 horaires nos documents ne suggèrent pas d'observations de comportement alimentaire : ce qui confirme la pauvreté de cette mer oligotrophe, particulièrement l'été : mais dès l'automne les vents froids venant du Nord et des Pyrénées déclenchent de fréquents courants marins temporaires créant chacun nombre de vortex riches en ressources nutritives.

La baleine marquée au sud de Marseille, le 22 septembre, à 8h50, est dès le coucher de soleil rapidement descendue, probablement guidée par les émissions de ses congénères, par un courant Nord-Sud direct pour utiliser l'une des trois zones particulières de sa trajectoire qui sont des amas de vortex. En effet, ils sont acculés temporairement par l'accrochage du sommet de leur cône aux rochers du fond marin comme le montrent les cartes Google-Earth. Le Bp plonge beaucoup dans ces amas de vortex dont certains sont déjà vides.

Les efforts et la fatigue du Bp sont suggérés par ses messages émis et détectés par Argos à la fin d'une plongée ; ils renseignent par leur nombre et leur fréquence, en salve ou isolés. (Cartes publiées in VIALE *et al.*, 2019, 2021, 2024). On s'étonne de localiser Bp dans un courant très rapide, la nuit suivante, qu'il quitte brutalement à 4h du matin, attiré par un essaïm de krill, probablement. Il démontre ainsi sa faim permanente et donc l'exiguité des ressources nutritives de la Méditerranée Nord-Occidentale déjà en 1991 et la nécessité de ne pas avoir beaucoup de compagnons.

## Discussion

(Interprétation des résultats en termes d'Ecologie)

Nous avons prouvé que les grands Cétacés doivent leurs qualités de champions de natation et de plongée à leur corps hydrodynamique rigidifié grâce à leur lard épais formant un habit de scaphandrier qu'il fabriquent eux-mêmes sans cesse à partir de leur alimentation quotidienne sélectionnée ; pour ajuster les sélections et la quantité voulues, ils développent des stratégies écologiques extraordinaires.

Cela leur vaut l'admiration profonde de tous les grands chercheurs en Ecologie ; MARGALEF nous a, le premier, confié son intérêt pour le Cachalot « car il est le seul animal qui remonte des éléments nutritifs depuis la plus grande profondeur » ; il connaissait peu la fréquence des Ziphius. Le cachalot est déjà l'absent de notre étude, à part un échouage d'une jeune femelle de 9 mètres qui avait avalé, dans le trouble des profondeurs marines une bâche plastique de maçonnerie de 10 m<sup>2</sup> d'où une occlusion gastrique (VERNEAU, 1993).

Une supervision (TV2) de fin de vie des cachalots a été fournie en télévision : quelle émotion ! Ils dorment verticaux les uns près des autres et reçoivent la visite de plongeurs, qui ignorent leur état comateux.

### Les Cétacés ont un rôle énorme dans l'écologie de la planète :

FRONTIER explique pourquoi « *Le mode de vie des grands Cétacés en Méditerranée est une stratégie fine d'utilisation de l'espace et du temps à des échelles différentes variées : c'est en cela qu'il est une adéquation écologique réussie. Mais une conséquence, inattendue, du succès d'une telle niche écologique est la performance remarquable de ces mammifères dans la collecte des polluants de la Méditerranée.*

Le mode de vie des Cétacés en Méditerranée Occidentale utilise diverses échelles des processus extérieurs qui aboutissent à des charges très fortes de certains polluants dans leurs organismes ; nous nous focaliserons sur 3 métaux (Pb, Hg, Cd), mais il faut conserver présent à l'esprit que parallèlement au phénomène étudié dans notre démonstration, le processus est valable pour les autres polluants dont certains très toxiques comme les pesticides ou les hydrocarbures.

Les baleines consomment une nourriture très dense d'essaïms d'Euphausiacés ; en Méditerranée, l'espèce qui forme les plus gros essaïms est *Meganyctiphanes norvegica*, qui monte en surface à la tombée du jour avant que les individus se dispersent dans la zone euphotique pour se nourrir du phytoplancton et microplancton qui s'est fabriqué au soleil pendant le jour. Ce processus se fait à l'échelle de la centaine de km<sup>2</sup> en prenant en compte les mouvements des masses d'eau qui déplacent les essaïms et les mouvements propres de l'essaïm ; puis les individus se regroupent et entreprennent leur descente verticale de 1500 à 2500 m. Ils se nourrissent alors de substances et particules organiques qui se sédimentent depuis des années. La recherche en 1982 des radionucléides provenant d'explosions atomiques « expérimentales » des années 70 dans la colonne d'eau a démontré que ces substances avaient alors atteint la profondeur de 150 m. On peut donc évaluer à plus de 10 ans le temps mis pour atteindre 2500 m Il est à noter que les *Meganyctiphanes*, non seulement sont mangeurs de seston, mais encore colmatent dans leurs soies branchiales et celles de leurs appendices, des amas colloïdaux sur lesquels sont adsorbés facilement les ions métalliques. Donc, à ce niveau, la contamination n'est pas seulement trophique

mais directe par contact. En consommant 3 % de leur poids par jour, les baleines ramassent des polluants sur un espace-temps d'au moins 20 ans !

Les Euphausiacés se développent en 6 mois et vivent 3ans : quand l'essaim est avalé, il est porteur d'un cumul de polluants dans son organisme. Une baleine ingère donc chaque jour des « collectes » de plusieurs années sur des surfaces de plusieurs km<sup>2</sup>. La durée de vie d'un cétacé est de l'ordre de 30 ans, selon la formule du baleinier français Paul BUDKER « à 30 ans ils sont centenaires ... » (oui, avant 1930, NDLR).

Comme tous les autres Cétacés, les dauphins migrent pour résoudre le problème d'une allocation des ressources disloquée dans le temps et l'espace ; ces migrations étaient de l'ordre de 2000 à 6000 km suivant l'espèce de Cétacés et les régions.

Donc, en une seule goulée de Krill concentré, un baleinoptère réalise un ramassage de plusieurs centaines de km<sup>2</sup> dans l'espace et de plusieurs années dans le temps. Ce sont donc de remarquables collecteurs des substances exogènes ; leurs teneurs en plomb, cadmium, mercure sont 10<sup>12</sup> à 10<sup>15</sup> fois plus concentrées que celles de l'eau de mer méditerranéenne. Ils réalisent ainsi pour l'écosystème global terrestre un transfert d'échelles d'espace et de temps » (Serge FRONTIER, in BARITEAUD *et al.*, 1995 ; FRONTIER, PICHOD-VIALE 1991, 1992 ; FRONTIER *et al.*, 1992).

L'affaiblissement des Cétacés dû à leur malnutrition les a décimés face à l'épizootie virale, à partir de 1992 et les années suivantes ; plusieurs chercheurs de notre équipe ont autopsié des dauphins porteurs de signes d'atteinte de formes graves d'« Erythème » (exanthème cutané), confirmées par des médecins. La desquamation de l'épiderme par plaques laisse apparaître un derme hémorragique identifié par des tâches rouge vif qui a permis de les repérer et photographier en mer, encore vivants mais malades, des *Stenella*, *Grampus* et même une Baleine (cf ISETTI-CREVIEUX, VERNEAU, FREMONT, FRODELLO, D'ORIANO, GUIBOURGE *etc.* sur la liste des travaux des jeunes chercheurs). Puis des Rorquals vivants ont été observés, atteints de plaques rouges (GUIBOURGE *et al.*, 1992) et d'autres morts, comme celui échoué sur la côte W Corse, gravement desquamé, alors qu'il a été observé « en mer 3 jours avant entouré de ses compagnons, qui l'ont accompagné à la côte dans le Golfe de Sagone (S et V FREMONT ; N et S. VERNEAU, 1995) (Cf. travail collectif mené entre les années 1995 et 1996).

ISETTI (1992), qui a comptabilisé le plus grand nombre d'autopsies dans notre équipe, surtout de *Stenella coeruleoalba*, pose la question de la douleur et de la souffrance des dauphins ou des baleines. Elle observe que de jeunes, tout jeunes dauphins bleu et blanc échoués, ont le rostre fracassé, c'est même la seule blessure. L'événement est qu'elle se répète identique au point d'écarter l'idée d'une mutilation par des pêcheurs ; après entretien avec des médecins sur les cas d'encéphalites, méningites, à céphalées douloureuses, elle pose la question du suicide possible ?

D'autre part, la preuve d'une très forte hyperthermie, d'intensité anormale, a été constatée *a posteriori* sur des coupes histologiques de la peau du crâne d'un baleinoptère (VIALE com. pers) transmises au Dr Vétérinaire en chef à Maisons-Alfort, qui conteste le terme de rougeole utilisé dans notre article précédent de La Recherche, cette fièvre énorme est confirmée aussi sur les photos de l'échouage (in GUIBOURGÉ *et al.*, 1996). En effet, « du jamais vu auparavant » : les rochers autour de la baleine échouée sont largement recouverts de graisse blanche solidifiée au refroidissement. Et la question se pose à nouveau sur la douleur énorme, létale, fatale qui mobilise l'accompagnement de tout le groupe de Baleinoptères autour du malade jusqu'à sa mort ; idem pour les *Stenella coeruleoalba* jeunes au rostre fracassé évoqués ci-dessus.

## Conclusion

Les Cétacés ont obtenu un succès total dans leur évolution ; mammifères aquatiques, ils avaient perdu leurs membres inférieurs et le prolongement caudal de la colonne vertébrale (l'ex-queue des animaux terrestres) sauf la partie proximale des vertèbres caudales restée intégrée dans une masse musculaire, qui forme le moteur musclé de leur hélice caudale ; précisons que cette hélice n'a aucune charpente squelettique (photos 3 et 7). Cette prolongation d'un quart de longueur du corps du Cétacé sert à constituer la forme esthétique et hydrodynamique, en fuseau, du corps des Cétacés.

C'est dans l'adaptation ultérieure épigénétique, à l'environnement marin, qu'ils ont acquis une réelle performance : leur autonomie totale pour vivre en mer. Tels des navires sans port d'attache, les grands Cétacés, baleines et Ziphiidés fabriquent leur eau à partir de leur bol alimentaire (VIALE, 1977 ; 1979) ; les petites espèces teutophages aussi, car leur régime fait de calmars est plus salé (38 g.kg<sup>-1</sup>). En revanche, les dauphins, mangeurs de poissons pélagiques, profitent de la régulation osmotique réalisée par ces derniers.

Les Bp consomment leur énergie musculaire et leur oxygène pour se déplacer, mais utilisent aussi beaucoup le réseau de courants marins comme on prend des Bus allant dans la direction voulue (VIALE *et al.*, 2021, 2024) ; ils dorment, flottant en boucles d'inertie (ibid. 2019), dans des masses d'eau calmes de préférence, ou dans des vortex (ibid. 2024).

Ils ont acquis cette autonomie magnifique par la modification de leur tégument en scaphandre autonome rigide mais vivant et renouvelé en permanence. La fonction responsable de ce système est constituée, et maintenue permanente par l'assise germinale du tégument qui génère la totalité de la peau ; celle qui fabrique sans cesse toutes des cellules nouvelles de l'épiderme, du derme, et de l'hypoderme adipeux en démultipliant sans cesse les cellules fonctionnelles responsables. Donc le tégument du Cétacé est le centre organisateur de sa rigidité performante, essentielle à sa vie .

Le moteur du système est la multiplication permanente des cellules dans l'assise germinale de la peau, leur développement et leur travail, leurs productions en permanence ; la ressource énergétique vient de la nutrition du Cétacé prise sur la production marine planctonique ; l'alimentation est impérative et massive ; et là il y a concurrence avec l'homme.

Et pourtant, le Bp ou Rorqual suivi s'est cantonné de Septembre à Novembre dans la partie la plus fertile de la Méditerranée, refroidie par les vents froids du Nord et des Pyrénées, animée par l'enfoncement des masses d'eau superficielles froides plus denses déterminant des courants courts temporaires assez rapides à 0,7 ou 0,8 km/h qui engendrent de nombreux vortex fertilisant la couche euphotique, donc la production marine. De telles solutions sélectives suffisaient jadis à maintenir les deux grands prédateurs concurrents dans cet écosystème : ce n'est plus possible.

Or le rôle des grands Cétacés dans l'écosystème planétaire est/était énorme ; ils ont fait un travail très efficace pour la planète par leur performance remarquable dans la collecte des polluants de la Mer Méditerranée. Ils nous ont donc tristement servi de mises à l'écart de polluants ; en conséquence, ils sont tous atteints de saturnisme et présentent des stéatoses hépatiques toxiques dès leur jeune âge.

Ils en meurent aussi, mais surtout ils « crèvent de faim » en une lente agonie, car ils ne peuvent plus plonger ni se déplacer assez largement pour chercher la nourriture, de plus en plus rare. Quand la nourriture venait à manquer, jadis ils se regroupaient et migraient de Méditerranée NW par Gibraltar vers le NW de l'Ecosse et les îles Shetland ; maintenant, ils ne le peuvent plus.

Les Cétacés sont donc victimes de leur succès évolutif et de leur rôle dans l'écosystème d'une planète qui n'était pas organisée pour nourrir 8 milliards d'hommes.

Un cycle de 30 ans ? (BAVEREZ, 2024) Pourquoi ? Comment ? Comme toute espèce devenant pléthorique dans un écosystème, l'espèce humaine n'est plus simplement un *prédateur* en concurrence avec les autres espèces ; Elle est devenue « *un ravageur* » de tous et de tout ; même de la production alimentaire planétaire qui ne peut plus suffire.

L'Homme entre donc, maintenant et partout, en « économie de guerre civile » dans ses propres peuplements, prévoit l'économiste cité (ibid.).

## Références

- BARITEAUD, P., FRODELLO, J.P. & VIALE, D. (1995).- L'espace-temps de la nutrition des Cétacés et les transferts d'échelle. XXème Colloque sur " *Les échelles spatio-temporelles des processus océanologiques*". Union des Océanographes de France Paris 22-25 Nov. 1994 *J. Rech. Océanogr.*, **20** (3- 4), 120-123.
- BAVEREZ, D. (2024).- *Bienvenue en économie de guerre*. Edit. Novice, Paris, 195 p.

- COLLECTIF (1995-1996).- *Suivi de l'état sanitaire des Cétacés échoués sur les côtes de Corse. Atlas de photos montrant la dégradation fonctionnelle de certains organes : foie, poumons, muscles, peau, en concomitance avec la présence de taux élevés de métaux toxiques Pb, Cd, Hg.* Archives du Parc National de Port Cros - Sanctuaire des Cétacés de Méditerranée.
- DELEPLANQUE, P. (1993).- *Les altérations hépatiques et la présence de métaux lourds chez les dauphins.* Mémoire de DEA, Univ. Aix-Marseille, 19 p.
- FREMONT, S. (1992).- *Contribution à l'étude de la mortalité du dauphin rayé blanc et bleu Stenella coeruleoalba : étude des aspects anatomohistopathologiques du poumon.* Mémoire de Maîtrise des Sciences et Techniques. Laboratoire d'Ecologie Méditerranéenne, CEVAREN, Université de Corse 30 p.
- FRODELLO, J.P. (1994).- *Fortes teneurs de Métaux Pb, Hg, Cd, de Cétacés échoués et lésions concomitantes.* Mémoire de fin de DESS « Ecosystèmes Méditerranéens », Lab. d'écologie, Univ. de Corse.
- FRODELLO, J.P. (1999).- *Conséquences de la pollution par les métaux toxiques de Méditerranée NW sur la structure des populations de Cétacés et altérations histo-pathologiques sur les poissons démersaux.* Thèse de l'Université de Corse ; 315 p dont Annexes.
- FRONTIER, S. & PICHOD-VIALE, D. (1991).- *Ecosystèmes. Structure. Fonctionnement. Evolution.* Collection. d'écologie 21. Editeur MASSON Paris 387 p.
- FRONTIER, S. & PICHOD-VIALE, D. (1992).- *Ecologie et Systémique, le problème de la place de l'homme dans l'écosystème planétaire.* in F. Le Gallou et B. Bouchon - Meunier édit., *Systémique : théorie et applications* Lavoisier : 224-245.
- FRONTIER, S., LE FEVRE, J & PICHOD-VIALE, D. (1992).- *Hiérarchies, dépendances d'échelles et transferts d'échelles en océanographie.* In P. Auger, J. Baudry et F. Fournier édit. "*Hiérarchies et Echelles.* Paris, Naturalia, p. 187-223.
- GUIBOURGÉ, E., FRODELLO, J.P., TERRIS, N., D'ORIANO, F. & VIALE, D. (1996).- *Les baleines ont-elles la rougeole en Méditerranée ? La Recherche, Paris, (283), 34-35.*
- ISETTI, A.M. (1992).- *Contribution à l'étude de la mortalité du dauphin rayé blanc et bleu Stenella coeruleoalba : étude des aspects anatomohistopathologiques.* Mémoire de Diplôme d'Enseignement Supérieur Spécialisé, Laboratoire d'Ecologie méditerranéenne, CEVAREN ; Univ. de Corse, 90 p.
- JONSGARD, A. (1966).- *Biology of the North Atlantic Fin whale Balaenoptera physalus, distribution, migration and food.* *Hvalradets Skrifter*, **40**, 1-62.
- KOECHLIN-LANGEVIN, N. & PICHOD-VIALE, D. (2025).- *La performance exceptionnelle des Cétacés en plongée est l'œuvre de leur peau : explication.*

- Bulletin de la Société Zoologique de France*, **150** (3), 37-50.
- MARTOJA, R. & VIALE, D. (1977).- Accumulations de granules de séléniure mercurique dans le foie d'Odontocètes, un mécanisme possible de détoxification du méthyl-mercure par le sélénium. *C.-Rendus Acad. Sci., Paris, Série D*, **285**, 109-112.
- MOUILLOT, D. & VIALE, D. (2001).- Satellite tracking of a fin Whale tagged with an ARGOS PTT buoy and fractal analysis of its trajectory, *Hydrobiologia*, **452**, 163-171.
- MOUILLOT, D., LEPRETRE, A., ANDREI-RUIZ, M.C. & VIALE, D. (2000).- The Fractal Model : a new model to describe the species accumulation process and relative abundance distribution (RAD). *Oikos*, **90** (2), 333-342.
- PICHOD-VIALE, D., DELEPLANQUE, P. & MILLOT, C. (1992). Changement d'échelle et suivi d'une baleine par satellite. Commun. aux Rencontres du CNRS et du Programme National de Télédétection Spatiale, sur "Changement d'échelles dans l'étude des milieux naturels par télédétection", Strasbourg, 17-19 mai 1992.
- VERNEAU, N. (1993).- *Contribution à l'étude de la mortalité du dauphin rayé blanc et bleu Stenella coeruleoalba et du grand dauphin Tursiops truncatus : recherche des effets de la pollution métallique sur les viscères à l'échelle sub-cellulaire*. Mémoire de Diplôme d'Enseignement Supérieur Spécialisé. Laboratoire d'Ecologie méditerranéenne, CEVAREN, Univ. de Corse, 70 p.
- VIALE, D. (1977).- *Cétacés de Méditerranée N-Occid. : leur place, leur réaction à la pollution par les métaux toxiques*. Thèse doctorat d'Etat, Univ. de Corse ; 312 p, 18 planches microphoto.
- VIALE, D. (1981).- Lung pathology in stranded Cetaceans on Mediterranean coasts Comm. 9<sup>th</sup> Symp. EA.A.M. Riccione, Mars 1980 et *Aquatic Mammals, Netherl.*, **8** (3), 96-100.
- VIALE, D. & collectif. (1985).- Commun. Symp. on endangered marine Animals and marine Parks. *Mar. Biol. ASS – India, Cochin, jan. (1985)*, 30 pp.
- VIALE, D. (1984).- Communication "Altération des poumons". 8<sup>th</sup> Symp. Eur. Assoc. Aquat. Mammals, Manchester 1980. *Annals Inst. Océanogr., Paris*, **60**, 1-9.
- VIALE, D. (1985).- Cetaceans in the Northwestern Mediterranean: their place in the ecosystem. *Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev.*, **23**, 491-571.
- VIALE, D. & FRONTIER, S. (1994).- Surface megafauna related to western Mediterranean circulation. *Aquat. Living Resour.*, **7**, 105-126.
- VIALE, D. & VIALE-MASSON, A.C. (2010).- Evolution de la fonction sudoripare des Cétacés : de la disparition supposée à l'hypertrophie démontrée. Communication au Congrès de la Soc. Zool. de France sur l'évolution épigénétique héritable (Centenaire de Darwin) à Vassivière. *Bull. Soc. Zool. Fr.* **135** (1-2), 43-59.
- VIALE, D., BAGAINI, F., FREMONT, S. & ISETTI, A.M. (1992).- *Etudes anatomo-pathologiques des Cétacés échoués sur les côtes Françaises de Méditerranée en 1990*. Symposium "Whales : Biologie - Threats - Conservation" (Brussels, 5-7 June 1991). Proceedings edited by J.J. SYMOENS *Royal Academy of Overseas*.
- VIALE, D., FRONTIER, S., PESANDO, J.J., VIALE, C., ROQUEFERE, J., VIALE, J. & TERRIS, N. (1992).- Marquage réussi par balise ARGOS d'un baleinoptère en pleine mer sans capture, *Comm. Inter. Expl. Sc. Mer Méditerranée. CIESM* **33**, 13-15.
- VIALE, D., ISETTI, A.M., TERRIS, N., FRODELLO, J.P., MARCHAND, B. & VIALE-MASSON A.C. (2011).- Altérations anatomohistopathologiques du poumon de dauphins fortement contaminés par des métaux toxiques en Méditerranée Occidentale. *Bull. Soc. Zool Fr.*, **136** (1-4), 159-174.
- VIALE, D., KOECHLIN, N. & MARTOJA. (1973).- Etude des lésions tégumentaires d'un cétacé éperonné près de la zone de déversement des Boues Rouges ; détection à la microsonde électronique d'accumulations métalliques anormales. *C. Rendus Acad. Sci. Paris, série D*, **277**, 1385-1388.
- VIALE, D., KOECHLIN, L., VIALE, C.P. & MILLOT, C. (2018).- Le sommeil d'une baleine dans les courants marins de Méditerranée Nord-occidentale ; Communication au Congrès de la Soc. Zoologie de France, Paris ; Abstract : <https://www.argos-system.org/whale-slumber-in-argos-data/>
- VIALE, D., KOECHLIN, L. & VIALE, C.P. (2019).- Sleep cycle of a fin whale based on reprocessing of old satellite observations, doi: <https://doi.org/10.1101/655886>
- VIALE, D., KOECHLIN, L. & VIALE, C.P. (2021).- Mise en évidence du sommeil d'une baleine dans les courants marins de Méditerranée nord-occidentale, *Bulletin de la Société Zoologique de France*, **146** (1), 39-51.
- VIALE, D., KOECHLIN, L. & VIALE, C.P. (2024).- Une baleine observée par télédétection broutant et dormant sur des vortex en Méditerranée Nord Occidentale. *Bulletin de la Société Zoologique de France*, **149** (1), 1-16.