

RAPPORT DE STAGE : 2^{ème} ANNEE BUT GENIE BIOLOGIQUE



Comparaison de la contamination inorganique et de l'écologie alimentaire chez les dauphins communs morts de captures accidentelles vis-à-vis des autres causes de mortalité.

Observatoire PELAGIS, La Rochelle.



Stage réalisé à l'**Observatoire PELAGIS**, unité d'appui et de recherche du CNRS et de l'université de La Rochelle.

5 Allée de l'Océan, 17000 La Rochelle, France

Maîtres de stage : Paula Méndez Fernandez & Tiphaine Chouvelon

IUT de La Rochelle

Génie Biologique, parcours Biologie médicale et biotechnologie.

Tuteur de stage : Mr Vincent Ridoux

2^{ème} année de BUT : 2022-2023

Stage réalisé du 27/03/23 au 17/05/23

Remerciements :

Tout d'abord, je tiens à remercier mes maîtres de stage, Paula Méndez Fernandez et Tiphaine Chouvelon, qui m'ont accompagné et guidé durant ces deux mois et dans la rédaction de mon rapport. Je les remercie pour m'avoir accordé de leur temps, aussi bien dans l'explication des activités faisant partie intégrante de mon sujet que dans des thématiques plus vastes me permettant de découvrir le monde des mammifères marins. Je les remercie aussi pour leur pédagogie, leur confiance et leur sympathie.

Je veux aussi remercier l'équipe de Pelagis qui a pris de son temps pour me montrer l'étendue des activités de l'Observatoire, notamment Audrey Mauchamp pour m'avoir expliqué le fonctionnement de la détermination d'âge des cétacés, Cécile Dars, Willy Dabin et Eleonore Maheust pour m'avoir montré le déroulement des nécropsies des cétacés et Romane Le Guern pour m'avoir introduit à la réception et à l'inclusion des tissus en chambre froide.

Mes remerciements vont également à Jérôme Spitz et Florence Caurant pour m'avoir accueilli au sein de leur structure.

Je tiens aussi à remercier tous les stagiaires présents durant la durée de mon stage, qui ont facilité l'intégration et qui ont contribué à la bonne ambiance générale.

Enfin, je tiens à remercier mon tuteur, Mr Vincent Ridoux, qui m'a permis de trouver ce stage et qui a su répondre à toutes mes interrogations.

Merci !

Présentation de la structure d'accueil :

L'Observatoire PELAGIS est une unité d'appui et de recherche (UAR 3462), rattaché au Centre National de Recherche Scientifique (CNRS) et à l'université de La Rochelle. L'observatoire est basé à La Rochelle et est spécialisé dans l'étude des mammifères et oiseaux marins, il coordonne également le Réseau National des Echouages permettant de gérer les échouages de cétacés dans toute la France. L'observatoire sert d'appui aux politiques publiques grâce à l'évaluation de l'état de santé de l'écosystème marin et au recherche grâce à l'acquisition de prélèvements de tissus biologiques au long terme permettant d'obtenir, grâce à des analyses, des données statistiques et d'établir des modèles prévisionnels. Les activités au sein de l'observatoire sont donc très vastes, allant de campagnes d'observations aériennes jusqu'aux analyses biologiques en passant par les autopsies des cétacés échoués. Ces différentes activités contribuent à une meilleur compréhension des écosystèmes marins et à la protection des espèces marines menacées.

Rapport de stage:

Comparaison de la contamination inorganique et de l'écologie alimentaire chez les dauphins communs morts de captures accidentelles vis-à-vis des autres causes de mortalité.

Johann JAMET, avec l'aide de Paula Méndez Fernandez et Tiphaine Chouvelon.

2023

I. Introduction :

Depuis 2016, le nombre d'échouage de petits cétacés sur les littoraux français ne cesse d'augmenter. Le dauphin commun (*Delphinus delphis*) représente la majorité des individus retrouvés échoués sur les côtes, avec plusieurs milliers de dauphins retrouvés chaque année (ICES 2020). Cette augmentation du nombre d'échouages de dauphins communs est préoccupante et nécessite de prendre des mesures. En effet, la majorité de ces échouages pourrait être évitée car la cause de mortalité la plus fréquemment observée pour cette espèce est la capture accidentelle dans des engins de pêche, qui constitue aujourd'hui la plus grande menace pour le dauphin commun (Peltier et al. 2020) (Annexe 1).

Le problème des captures accidentelles n'est pas nouveau et est connu depuis longtemps mais certaines connaissances sont encore limitées pour pouvoir comprendre pleinement les facteurs environnementaux et anthropiques qui mènent actuellement à un nombre si élevé de captures, ainsi que l'impact qu'elles ont sur les populations, en plus des autres pressions déjà subies en parallèle par ces populations (ex : contamination chimique, pollution sonore, etc.). Pour combler ces lacunes, plusieurs études ont été réalisées ces dernières années. Mais, les questions qui se posent sont très vastes et englobent plusieurs thématiques, c'est pourquoi l'Etat, les professionnels de la pêche, l'Université de La Rochelle, le CNRS et l'Ifremer ont créé un projet de large ampleur appelé Delmoges (Delphinus Gestion Mouvement), en concertation avec l'Office français de la biodiversité, pour avancer de manière significative sur la problématique des captures sur la période 2022-2025.

Ce projet aborde des sujets tels que l'état de santé des dauphins capturés (à travers leur contamination chimique en particulier), leur écologie alimentaire, la distribution spatiale à fine échelle des populations de dauphins communs, l'étude des modes de vie des petits poissons pélagiques qui constituent la source d'alimentation majeure de ces dauphins, ou encore les interactions entre les populations de dauphins communs et les pêcheries. Ces sujets sont traités à travers différents « work package » (WP), pour trouver *in fine* des stratégies de gestion pouvant convenir à tous les parties impliqués et permettant de diminuer les captures accidentelles de dauphins communs tout en prenant en compte les divers paramètres sociaux, économiques et environnementaux.

L'étude proposée ici alimentera les thématiques abordées dans le WP1 en particulier, qui a pour objectifs d'apporter des connaissances nouvelles quant à la structure des populations, leur état de santé, et documenter certains aspects pouvant mener à des captures accidentelles de dauphins communs (déplacements, zones d'alimentation, régime alimentaire...) ainsi que leur évolution potentielle ces dernières années.

L'étude de la contamination des dauphins communs se fait grâce à des analyses d'éléments ou molécules chimiques tels que les métaux lourds ou certains composés organiques (ex : pesticides). Un des objectifs est d'observer le niveau de contamination des dauphins capturés et de le comparer à celui des individus qui ne sont pas morts de capture afin d'apprécier ou non des différences. L'hypothèse de départ de certains professionnels de la pêche pour expliquer les captures accidentelles est que leur niveau de contamination élevé ainsi qu'un état de santé potentiellement dégradé (en lien avec leur contamination) pourrait contribuer à leur capture dans le golfe de Gascogne.

L'étude de l'écologie alimentaire des dauphins communs permet quant à elle d'évaluer leur niveau trophique et leur zone d'alimentation, par ailleurs souvent utilisés pour interpréter les niveaux de

contamination car le dauphin commun est une espèce de niveau trophique élevé et incorpore principalement les contaminants par l'alimentation. L'écologie alimentaire est étudiée soit par l'analyse des contenus stomacaux, soit par l'analyse de « traceurs trophiques » tels que les isotopes stables du carbone (C) et de l'azote (N) (Kelly 2000; Ramos et González-Solís 2012). En effet, le niveau trophique peut être révélé grâce aux ratios isotopiques du N (valeurs $\delta^{15}\text{N}$) car ces valeurs augmentent selon le niveau trophique des proies consommées. La zone d'alimentation et l'habitat des dauphins communs sont quant à eux davantage révélés grâce au ratio isotopique du C (valeurs $\delta^{13}\text{C}$), car celles-ci sont plus élevées en zone néritique et/ou benthique qu'en zone océanique et/ou pélagique. Ces deux ratios isotopiques peuvent donc permettre de déterminer si les dauphins capturés ont une écologie différente des dauphins morts d'autres causes, ainsi que des habitudes d'alimentation pouvant conduire à des captures accidentelles, c'est-à-dire sur des proies ou dans des zones également prisées des pêcheurs.

Dans cette étude, l'objectif a donc été de comparer les concentrations de contaminants inorganiques (éléments chimiques incluant des métaux) ainsi que les ratios isotopiques du C et du N (valeurs de $\delta^{13}\text{C}$ et $\delta^{15}\text{N}$) chez les dauphins communs morts de capture accidentelle avérée en comparaison avec ceux morts d'autres causes. Cela permettra d'apporter, grâce à des statistiques et éléments graphiques de base (ex : moyennes, courbe de tendance...), une première visualisation différences potentielles dans le niveau de contamination et l'écologie alimentaire de ces deux grandes catégories d'individus échoués, pouvant contribuer à expliquer les captures accidentelles, leur augmentation ces dernières années et renseigner sur l'état de santé des populations.

II. Matériel et méthodes :

Dans l'objectif de pouvoir faire des analyses statistiques justes et robustes, le nombre d'échantillons nécessaires pour répondre à la problématique doit être élevé. Ainsi, même si plusieurs dizaines d'échantillons ont été analysés dans ce stage (échantillons de 2020 à 2023), les résultats présentés proviendront d'une base de données acquises précédemment sur 326 dauphins communs échoués de 2001 à 2019.

A. Préparation des échantillons :

Chez le dauphin commun, plusieurs éléments chimiques sont analysés dans le foie et dans le rein, car ce sont les organes où ils sont majoritairement stockés (Honda, Tatsukawa, et Fujiyama 1982). Les ratios isotopiques du carbone et de l'azote (rapportés sous la notation $\delta^{13}\text{C}$ et $\delta^{15}\text{N}$ respectivement, en ‰ – voir ci-dessous) sont quant à eux analysés dans le muscle, qui est le tissu le plus fréquemment utilisé dans les études sur les réseaux trophiques (Hobson et Welch 1992), du fait de son taux de renouvellement plus faible (représentation d'une échelle de temps plus importante) et de son faible taux de lipides par rapport à d'autres tissus (Pinnegar et Polunin 1999). De fortes variations en lipides (saisonniers par exemple, liées à la reproduction) peuvent en effet induire une forte variabilité des valeurs de $\delta^{13}\text{C}$ alors que les sources trophiques ne changent pas. Les organes sur lesquels sont réalisées les analyses sont prélevés, entre autres, lors d'échouages de mammifères marins grâce au Réseau National Echouages (RNE), qui est un programme de science participative coordonné par l'observatoire Pelagis. Ils sont ensuite examinés par des membres du RNE, qui effectuent un examen externe de la carcasse, des

biométries, des photos et une nécropsie permettant de récupérer les prélèvements (Annexe 2, Annexe 3, Annexe 4)

1. Lyophilisation

Une fois les morceaux de tissus prélevés, il faut commencer par les lyophiliser, c'est à dire extraire toute l'eau du tissu pour le rendre sec, car il faudra ensuite les broyer pour en faire une poudre fine. Pour cela, les tissus ont été congelés car la lyophilisation fonctionne par sublimation et fait donc passer l'eau du tissu de forme liquide à gazeuse ce qui permet son extraction. Le lyophilisateur utilisé était le Christ Beta 1-8 LD plus.

2. Broyage

Une fois secs, les tissus ont été réduits en poudre fine et homogène à l'aide d'un mortier en verre et d'un pilon en verre, ensuite ils ont été placés dans des pots en plastique, en conservant la traçabilité. Les outils de broyage ont été nettoyés entre chaque broyage pour ne pas contaminer les poudres entre elles : tout d'abord à l'eau du robinet avec détergent, puis rinçage abondant à l'eau du robinet et à l'eau distillée, enfin rinçage avec un peu d'éthanol pur. Après avoir été mis en poudre, les foies et les reins peuvent être analysés, mais les poudres de muscle nécessitent des étapes supplémentaires pour éviter d'induire un biais dans les résultats isotopiques lié à la présence de lipides.

3. Délipidation

Les muscles des dauphins sont utilisés pour l'analyse isotopique et bien que ce tissu soit généralement peu gras (par rapport au foie, par exemple), il peut contenir une certaine quantité de lipides, qui possèdent une signature appauvrie en ^{13}C vis-à-vis des autres composants des tissus musculaires (DeNiro et Epstein 1977). Une majeure partie des lipides musculaires sont ainsi extraits des poudres de muscle avec un solvant : le cyclohexane. Pour ce faire, 50 ± 5 mg de poudre de chaque individu ont été pesés et placés dans des tubes à essais, dans lesquels ont été rajoutés 2mL de cyclohexane grâce à une pipette automatique fixée directement sur la bouteille de cyclohexane. Le cyclohexane est un solvant apolaire possédant une affinité pour les lipides neutres en particulier, dits « de réserve », ce qui va permettre de les extraire du tissu rapidement sans fausser les résultats des ratios isotopiques d'azote, contrairement à certains mélanges chlorés (Post et al. 2007; Smedes 1999). Les tubes ont ensuite été agités au vortex puis placés dans un bain à ultrasons rempli avec de l'eau distillée, avant d'être mis en mouvement continu pendant une heure sur un agitateur rotatif, le tout pour que la poudre soit un maximum en contact perpétuel et renouvelé avec le cyclohexane afin d'extraire les lipides. Les tubes ont ensuite été centrifugés à 1200g (unité de l'accélération centrifuge radiale) pendant 10 minutes et à 10°C afin d'obtenir un culot de poudre et un surnageant contenant les lipides. Le surnageant a été vidé et un nouveau cycle similaire a été répété (hormis l'étape du bain à ultrasons car elle n'est plus nécessaire). Enfin, les tubes ne contenant plus que le culot ont été chauffés toute une nuit dans un portoir à 40°C afin d'obtenir une poudre totalement sèche, et sans lipides. Les poudres ont alors été transférées dans des tubes Eppendorf bien identifiés.

4. Encapsulation

Pour l'analyse des isotopes, la poudre de muscle a été encapsulée sous la forme d'une petite « boulette » cylindrique d'environ 1mm de hauteur et 2mm de diamètre. Pour ce faire, 500 ± 50 µg de poudre ont été pesés grâce à une balance de précision et ont été placés dans des capsules en étain, qui ont été refermées sur elles-mêmes à l'aide de pinces plates pour former les « boulettes ». Ce sont ces boulettes qui seront directement introduites dans l'analyseur élémentaire. Comme pour le broyage, le matériel est nettoyé à l'éthanol entre chaque échantillon

pour ne pas contaminer les poudres suivantes. Il est aussi important d'éviter tout contact des capsules avec les mains car les lipides présents sur les peaux grasses fausseraient les résultats.

5. Analyse

Le mercure est analysé avec un Analyseur de Mercure Altec AMA 254 (qui est un spectromètre d'absorption atomique) et les autres éléments par spectrométrie d'émission atomique à plasma à couplage inductif (ICP-AES) et/ou spectrométrie de masse à plasma à couplage inductif (ICP-MS). Les concentrations totales en tous les éléments considérés (14 éléments) sont exprimées en µg/g de poids sec (= µg/g ps). Enfin, les isotopes sont analysés par un analyseur élémentaire couplé à un spectromètre de masse à rapport isotopique (EA-IRMS). Les résultats d'isotopie sont rendus sous la forme de ratios isotopiques de l'échantillon comparés à ceux de standards internationaux, sous la notation δ , tels que $\delta X (\text{‰}) = \left(\frac{R_{\text{échantillon}}}{R_{\text{standard}}} - 1 \right) \times 1000$, où **X** représente l'isotope lourd étudié (dans cette étude ^{13}C et ^{15}N) et **R** représente le rapport entre l'isotope lourd et l'isotope léger (dans cette étude $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ et $^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$). Pour le carbone, le standard international est celui du Bélemnite de Pee Dee (PDB) et pour l'azote il s'agit de l'azote atmosphérique (Hobson et Welch 1992; Pinnegar et Polunin 1999).

Les analyses des échantillons traités lors du stage (échantillons du projet Delmoges et échantillons du suivi contaminants) n'ont pas encore été réalisées mais le seront dans un futur proche.

B. Traitement de données

Comme dit précédemment, les résultats se baseront sur une base de donnée obtenus lors des deux dernières décennies. Cette base de donnée renseigne des informations sur 326 dauphins communs. Parmi toutes ces informations, le sexe, l'âge, la cause de mortalité, les concentrations en contaminants inorganiques (14 dans le foie et les 14 mêmes dans les reins), les ratios isotopiques du C et du N et le rapport Sélénium/Mercure (ratio Se/Hg) seront utilisés dans ce stage. Le traitement de données a été fait avec le logiciel informatique Excel.

Premièrement, quatre grandes catégories de causes de mortalités ont été identifiées : les **captures accidentelles certaines**, les **captures accidentelles probables**, les **pathologies** et enfin les « **autres/indéterminés** » qui sont groupés dans la même catégorie (« autres » représentant les causes de mortalités non-citées comme par exemple les morts naturelles ou les morts de cause topographique, et « indéterminés » représentant les individus chez qui l'autopsie de la carcasse n'a pas permis de révéler la cause de la mort). C'est avec ces quatre catégories que l'étude comparative a eu lieu.

Ensuite, un sexe ratio de ces quatre catégories a été établi, ainsi que la moyenne d'âge de chaque catégorie. Le sexe est déterminé lors de l'examen externe, ou interne lorsque l'individu est dans un état de décomposition avancé au niveau des parties génitales. Chez le mâle, l'orifice génitale est séparé de l'anus tandis que les deux orifices sont rassemblés chez la femelle (Annexe 4). L'âge des dauphins est déterminé par histologie des dents prélevées lors de l'autopsie, sur lesquelles s'accumulent des couches de dentine dont le nombre est normalement proportionnel à l'âge du dauphin (Murphy et al. 2014; Read, Hohn, et Lockyer 2018).

Afin de savoir si les concentrations en contaminants inorganiques (i.e. éléments chimiques autres que C et N) et les valeurs isotopiques étaient similaires chez les femelles (F), les femelles gestantes (Fg) et les mâles (M), une comparaison des concentrations de chaque élément et des trois ratios étudiés (ratio Se/Hg, et ratios isotopiques du C et du N) selon le sexe a été réalisée, en calculant le rapport des concentrations $[M]/[F \text{ et } Fg]$ (Tableau 1). Cela a permis de savoir si

tous les résultats pouvaient être comparables et utilisés au même niveau (ex : considération des mâles et des femelles ensemble ou séparément lors de la comparaison des niveaux de contamination en fonction des causes de mortalité) .

De la même manière, la bioaccumulation de chaque élément chimique chez les individus a été regardée afin d'observer si l'âge a une influence sur les concentrations observées. Pour ce faire, pour chaque élément chimique, une moyenne de concentration a été calculée pour tous les âges où il y avait suffisamment de résultats renseignés dans la base de données (au moins 5 individus (concentrations) par âge pour avoir des résultats relativement robustes/représentatifs, puis un graphique représentant ces moyennes de concentrations en fonction de l'âge des dauphins échoués a été réalisé.

Cette considération de la bioaccumulation en fonction de l'âge a tenu compte des différences intersexes révélées précédemment. Enfin, l'âge des dauphins communs a lui aussi été pris en compte pour comparer *in fine* les concentrations en éléments chimiques, le ratio Se/Hg et les ratios isotopiques du C et du N en fonction des causes de mortalité, problématique principale de l'étude.

III. Résultats :

A. Sexe ratio et moyenne d'âge des différentes catégories de causes de mortalité.

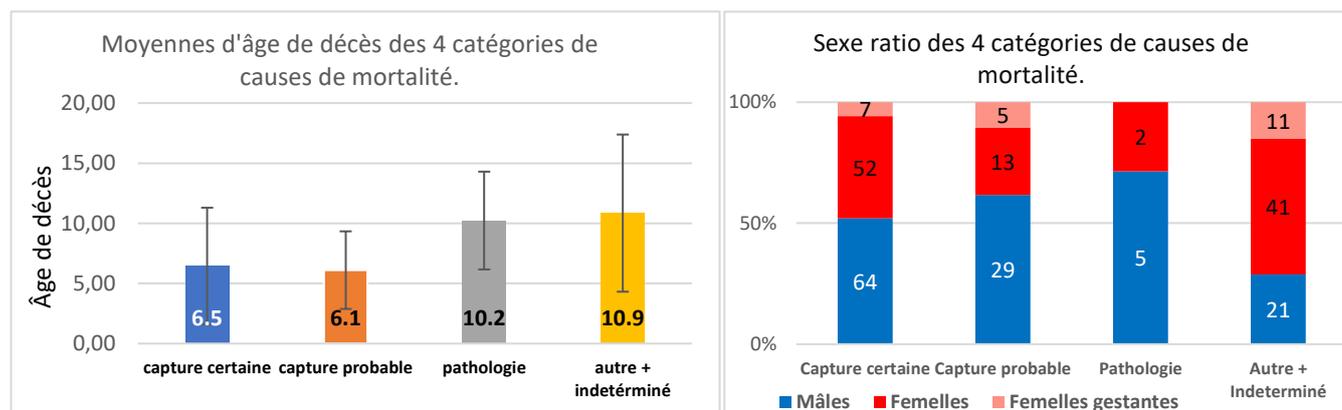


Figure 1 : Comparaison de l'âge moyen des dauphins communs selon les quatre catégories de causes de mortalité sur la base d'un échantillon de 233 individus. Les chiffres correspondent à l'âge moyen pour chaque catégorie et les barres d'erreur à l'écart-type.

Figure 2 : Comparaison du sexe ratio chez les quatre catégories de causes de mortalités du dauphin commun (*Delphinus delphis*), en pourcentage, sur la base d'un échantillon de 250 individus. Les femelles sont séparées en deux groupes, à savoir les femelles qui sont en gestation et les autres. Les chiffres correspondant aux nombres de dauphins par sexe et par catégorie.

Les moyennes d'âge des quatre catégories peuvent se diviser en deux groupes : d'un côté les captures certaines et probables avec respectivement 6.5 et 6.1 ans de moyennes d'âge des individus, et les pathologies et les « autre + indéterminé » avec des animaux âgés de 10.2 et 10.9 ans en moyenne, respectivement. Les écarts types sont cependant importants et montrent une grande variabilité concernant l'âge des dauphins communs échoués (Figure 1).

La proportion de mâles est la plus élevée chez les individus morts de pathologies avec plus de 70% des cas, suivie par les captures probables avec plus de 60%, les captures certaines avec plus de 50% et enfin par les « autre + indéterminé » avec moins de 30% de mâles. Au contraire, la proportion de femelles est la plus élevée chez les individus morts de « autre + indéterminée »

avec presque 60%, suivie par les captures certaines avec plus de 40% et enfin les pathologies et les captures probables avec respectivement environ 29 et 28% de femelles. La proportion de femelles gestantes est la plus élevée chez les individus morts de « autre + indéterminée » avec 15% des individus, suivie par les captures probables avec 11%, les captures certaines avec 6% et enfin les pathologies avec 0% de femelles gestantes (Figure 2).

B. Comparaison des moyennes de contaminants et des ratios (Se/Hg et isotopiques) en fonction du sexe.

Tableau 1 : Concentrations des 14 éléments chimiques et valeurs moyennes des 3 ratios en fonction du sexe des individus, ce qui permet d'observer des différences ou des similitudes afin de savoir sur quels échantillons les résultats suivants se baseront. Les 14 éléments ont été analysés dans deux tissus, le foie (L pour Liver en anglais) et les reins (K pour Kidney en anglais). Les concentrations sont exprimées en µg/g de poids sec. Les ratios isotopiques sont en pour mille (‰). Les sigles [M], [F] et [Fg] représentent respectivement les concentrations en contaminants ou les ratios des mâles, des femelles et des femelles gestantes. Le rapport [M]/[F et Fg] a été fait pour que l'impact de [F] et de [Fg] sur le résultat soit proportionnel au nombre d'individus de ces catégories, à savoir 108 pour [F] et 23 pour [Fg], grâce au calcul : « $([M]/((([F]*108)+([Fg]*23))/131))*100$ ».

Elements / ratios à comparer	Mâles		Femelles		Femelles gestantes		rapport en % de [M]/[F]	rapport en % de [M]/[Fg]	rapport en % de [M]/[F et Fg]
	moyenne	écart-type	moyenne	écart-type	moyenne	écart-type			
HgL	28,61	34,49	37,09	49,24	44,32	31,08	77	65	75
AsL	4,05	2,37	3,69	2,41	3,43	0,53	110	118	111
CdL	2,39	4,35	1,11	1,21	2,11	2,85	215	113	186
CoL	0,03	0,02	0,03	0,01	0,04	0,01	111	91	107
CrL	0,66	0,72	1,77	1,03	1,70	0,42	37	39	38
CuL	18,35	11,81	12,13	10,46	10,06	6,12	151	182	156
FeL	792,27	334,52	671,97	231,23	713,93	285,66	118	111	117
MnL	10,39	4,08	12,08	3,73	8,02	3,48	86	129	91
NiL	0,34	0,36	0,34	0,20	0,46	0,42	98	74	93
PbL	0,05	0,04	0,03	0,02	0,03	0,01	141	149	143
SeL	25,26	21,00	29,90	46,02	30,22	28,51	85	84	84
VL	1,23	0,44	2,00	0,00	-	-	62	-	-
ZnL	114,70	76,97	84,88	79,67	63,46	46,14	135	181	141
AgL	1,40	0,95	1,08	1,09	1,89	1,06	130	74	115
HgK	4,38	6,71	3,69	3,71	3,91	2,87	119	112	117
AsK	3,73	2,47	2,90	2,05	2,59	2,19	129	144	131
CdK	8,96	12,26	5,61	9,52	7,64	7,50	160	117	150
CoK	0,07	0,04	0,06	0,02	0,07	0,03	125	111	122
CrK	0,58	0,93	1,70	1,49	0,26	-	34	218	40
CuK	10,54	6,44	6,70	5,38	5,14	4,49	157	205	164
FeK	585,79	219,92	504,41	290,43	627,54	519,73	116	93	111
MnK	2,97	3,00	2,58	0,66	2,21	0,66	115	134	118
NiK	0,49	0,62	0,54	0,24	0,82	0,47	90	60	83
PbK	0,06	0,07	0,04	0,04	0,03	0,01	141	185	147
SeK	17,77	12,53	15,79	11,75	10,22	10,60	113	174	120
VK	1,22	0,44	2,00	0,00	-	-	61	-	-
ZnK	69,61	39,27	47,64	38,14	42,25	38,47	146	165	149
AgK	0,08	0,20	0,06	0,06	0,05	0,05	139	149	141
Se_Hg	3,87	4,62	3,92	4,43	1,75	1,20	99	221	109
δ13C	-17,72	0,59	-17,33	0,65	-17,14	0,48	102	103	102
δ15N	12,18	0,72	12,36	0,76	12,21	0,56	99	100	99

Le tableau 1 montre une grande divergence entre éléments quant aux résultats des rapports des concentrations moyennes [M]/[F et Fg]. Les éléments dans le foie sont notés « L » (liver en anglais) et les reins « K » (kidney en anglais). Les mâles présentent des concentrations plus élevées pour de nombreux éléments (AsL, CdL, CoL, CuL, FeL, PbL, ZnL, AgL, HgK, AsK, CdK, CoK, CuK, FeK, MnK, PbK, SeK, ZnK, AgK) mais pour certains ce sont les femelles qui présentent les concentrations les plus importantes (HgL, CrL, MnL, NiL, SeL, CrK, NiK). Les écarts de concentrations entre mâles et femelles sont parfois légers (ex : Nickel dans le foie (NiL) : 7% de différence), parfois importants (ex : Cadmium dans le foie (CdL) : 86% de différence). Ainsi, du fait de cette grande divergence entre éléments, seuls les résultats des mâles seront conservés pour la suite de l'étude sur les concentrations en éléments métalliques, afin de minimiser les biais potentiels liés au sexe dans les calculs et résultats suivants (Tableau 1).

Concernant le ratio Se/Hg, le rapport [M]/[F] est presque égal à 100%, montrant que les femelles et les mâles possèdent pratiquement le même ratio Se/Hg. Cependant le rapport [M]/[Fg] est très important et montre que les femelles gestantes possèdent un très faible ratio Se/Hg. Ainsi, tous les individus hormis les femelles gestantes seront utilisés pour l'étude de ce ratio (Tableau 1).

Enfin, les rapports [M]/[F et Fg] des ratios isotopiques du C et du N sont très proches de 100% et indiquent que les mâles, les femelles et les femelles gestantes possèdent des ratios isotopiques du C et du N similaires. Ainsi, tous les individus seront conservés pour l'étude des deux ratios isotopiques (Tableau 1).

C. Bioaccumulation des éléments chimiques et évolution des ratios (isotopiques et Se/Hg) avec l'âge.

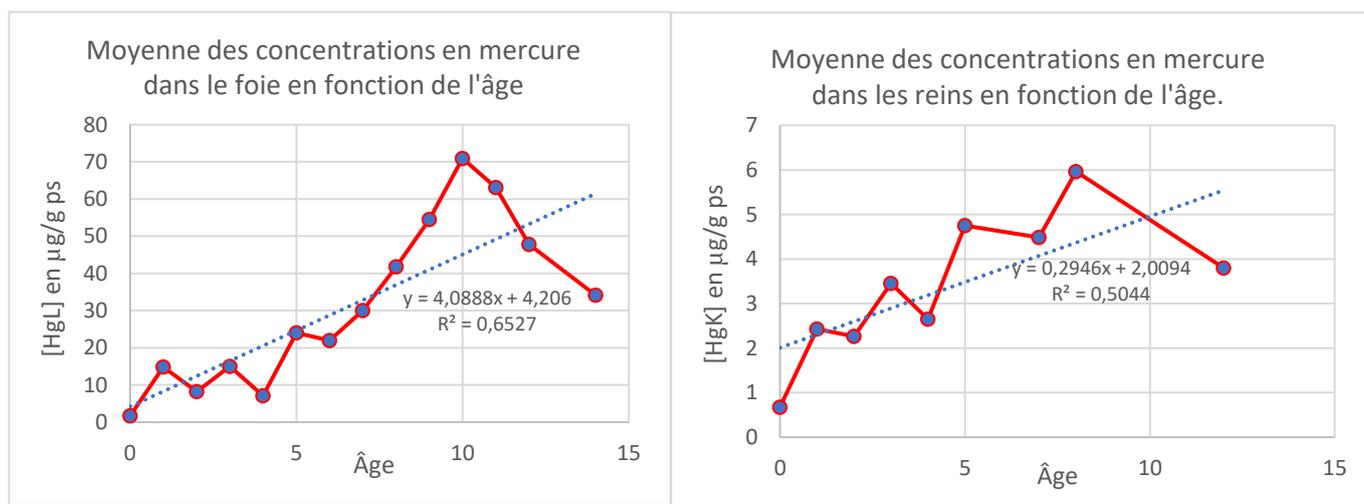


Figure 5 : Bioaccumulation du mercure (Hg) dans le foie (Liver à gauche) et dans les reins (Kidney à droite) avec l'âge des individus. Les concentrations en éléments sont exprimées en µg/g de poids sec de tissu. Les âges où moins de 5 dauphins communs avaient une concentration renseignée n'ont pas été représentés.

Le Hg montre une bioaccumulation marquée dans le foie et dans les reins (Figure 3). La bioaccumulation est plus importante dans le foie avec environ 4 µg/g de poids sec gagnés tous les ans, contre 0.3 µg/g de poids sec gagné tous les ans dans les reins, comme le montrent les coefficients directeurs des courbes de tendances des deux graphiques.

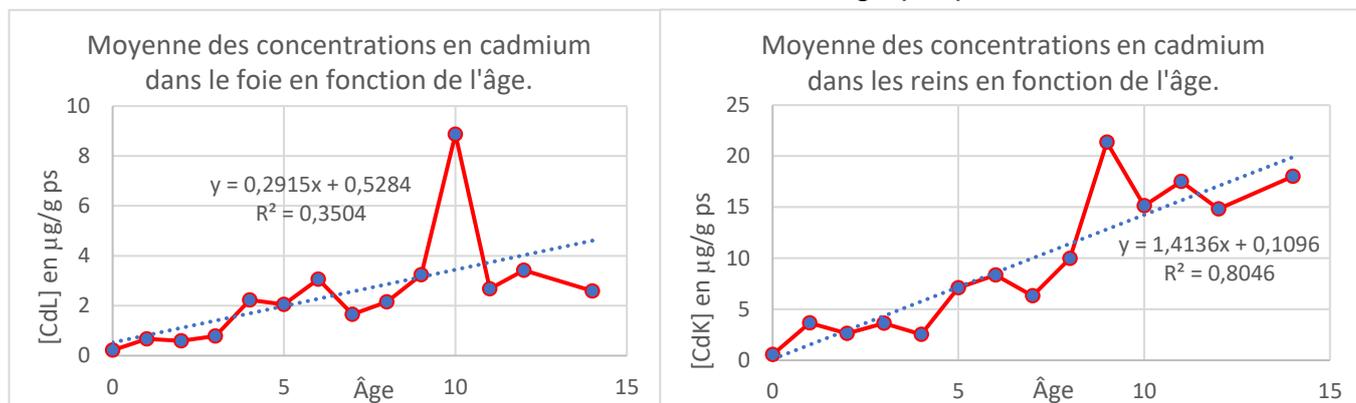


Figure 8 : Bioaccumulation du cadmium (Cd) dans le foie (Liver à gauche) et dans les reins (Kidney à droite) avec l'âge des individus. Les concentrations en éléments sont exprimées en µg/g de poids sec de tissu. Les âges où moins de 5 dauphins communs avaient une concentration renseignée n'ont pas été représentés.

A l'inverse, le Cd montre une bioaccumulation plus marquée dans les reins que dans le foie (Figure 4). En moyenne, les dauphins communs accumulent 0.3 µg/g ps de Cd dans le foie tous les ans contre 1.4 µg/g ps dans les reins.

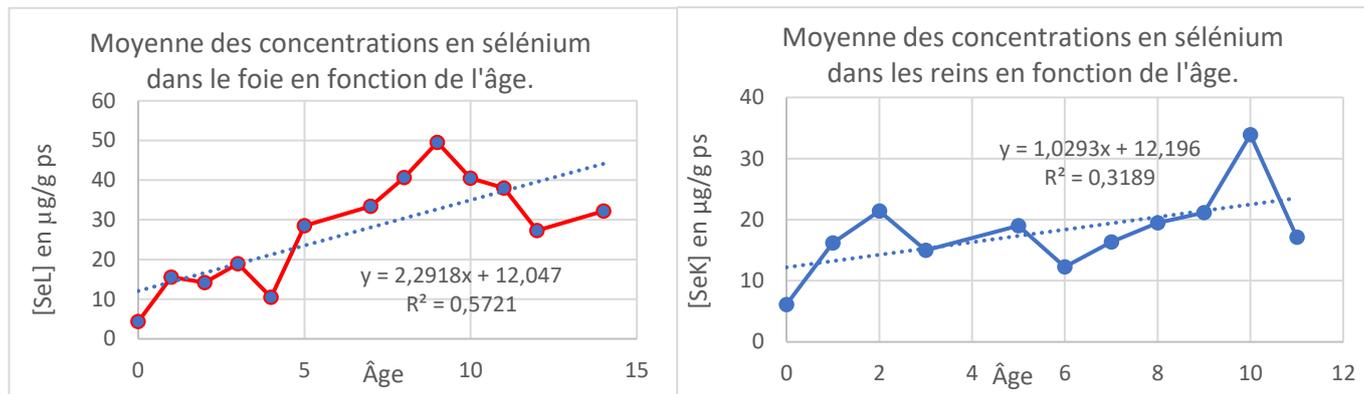


Figure 9 : Bioaccumulation du sélénium (Se) dans le foie (Liver à gauche) et dans les reins (Kidney à droite) avec l'âge des individus. Les concentrations en éléments sont exprimées en µg/g de poids sec de tissu. Les âges où moins de 5 dauphins communs avaient une concentration renseignée n'ont pas été représentés. La courbe rouge représente ici une présence de bioaccumulation et la courbe bleue représente une absence de bioaccumulation (ou une bioaccumulation moins notable).

Les résultats pour le Se montrent une nette bioaccumulation dans le foie avec une accumulation de 2.3 µg/g ps par année (Figure 5). Cependant, dans les reins la bioaccumulation est moins claire car même si la courbe de tendance présente une légère augmentation, entre 1 et 9 ans, il n'y a pas d'augmentation notable et les concentrations varient entre 15 et 20 µg/g ps sans jamais présenter de variation significative. Il est alors envisageable de penser que le Se se bioaccumule davantage dans le foie que dans les reins.

D'après les graphiques de bioaccumulation réalisés pour les autres éléments chimiques (Annexe 5, exemple du plomb dans les reins) le Hg (foie et reins), le Cd (foie et reins) et le Se (seulement foie) apparaissent comme étant les seuls éléments (parmi ceux analysés) clairement bioaccumulables avec l'âge dans ces différents tissus chez le dauphin commun.

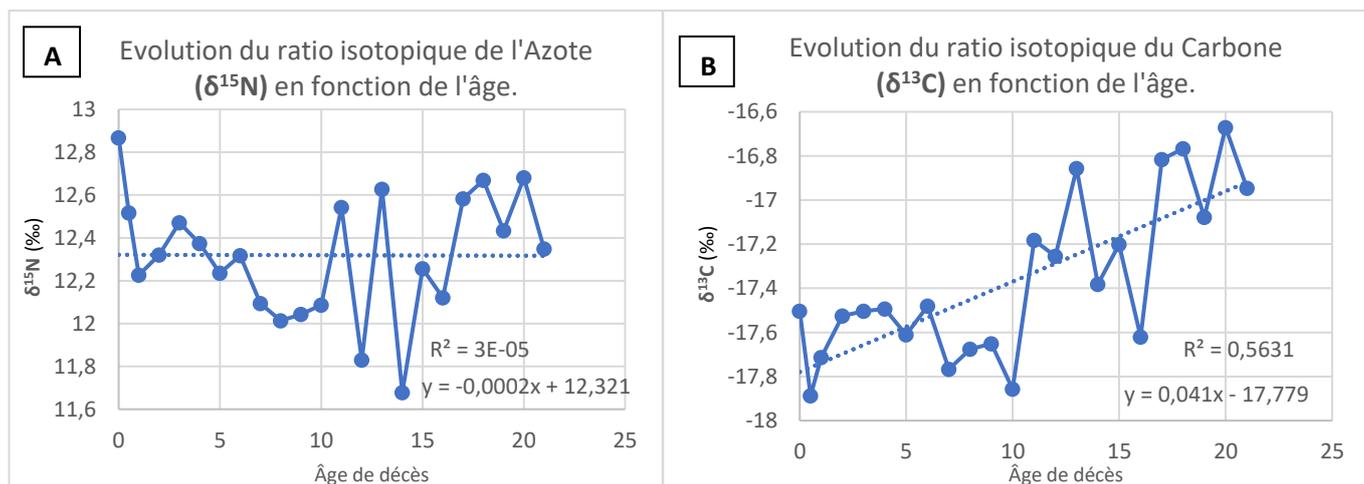
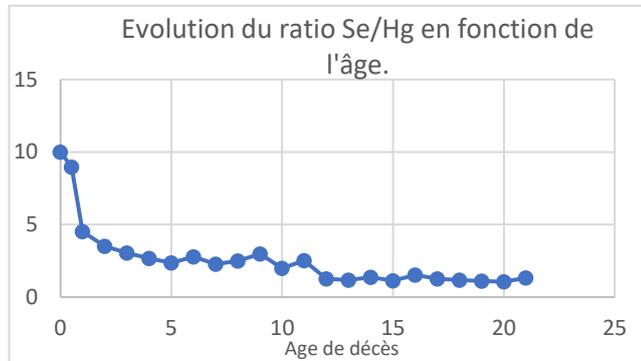


Figure 10 : Evolution des ratios isotopiques de $\delta^{15}\text{N}$ (à gauche) et $\delta^{13}\text{C}$ (à droite) en pour mille en fonction de l'âge des dauphins communs.

Les valeurs de $\delta^{15}\text{N}$ chez les dauphins communs étudiés semblent être stables avec l'âge, comme le montre la courbe de tendance qui est horizontale. Les résultats varient grandement, mais dans une gamme d'environ 1‰ seulement (alors que la différence théorique entre 2 niveaux trophiques est de 3 à 4 ‰ pour le N), et le coefficient de la courbe de tendance, presque égal à 0, révèle ainsi qu'en moyenne la valeur du ratio isotopique en N varie peu en fonction de l'âge chez le dauphin commun (environ 12.3‰) (Figure 6.A).

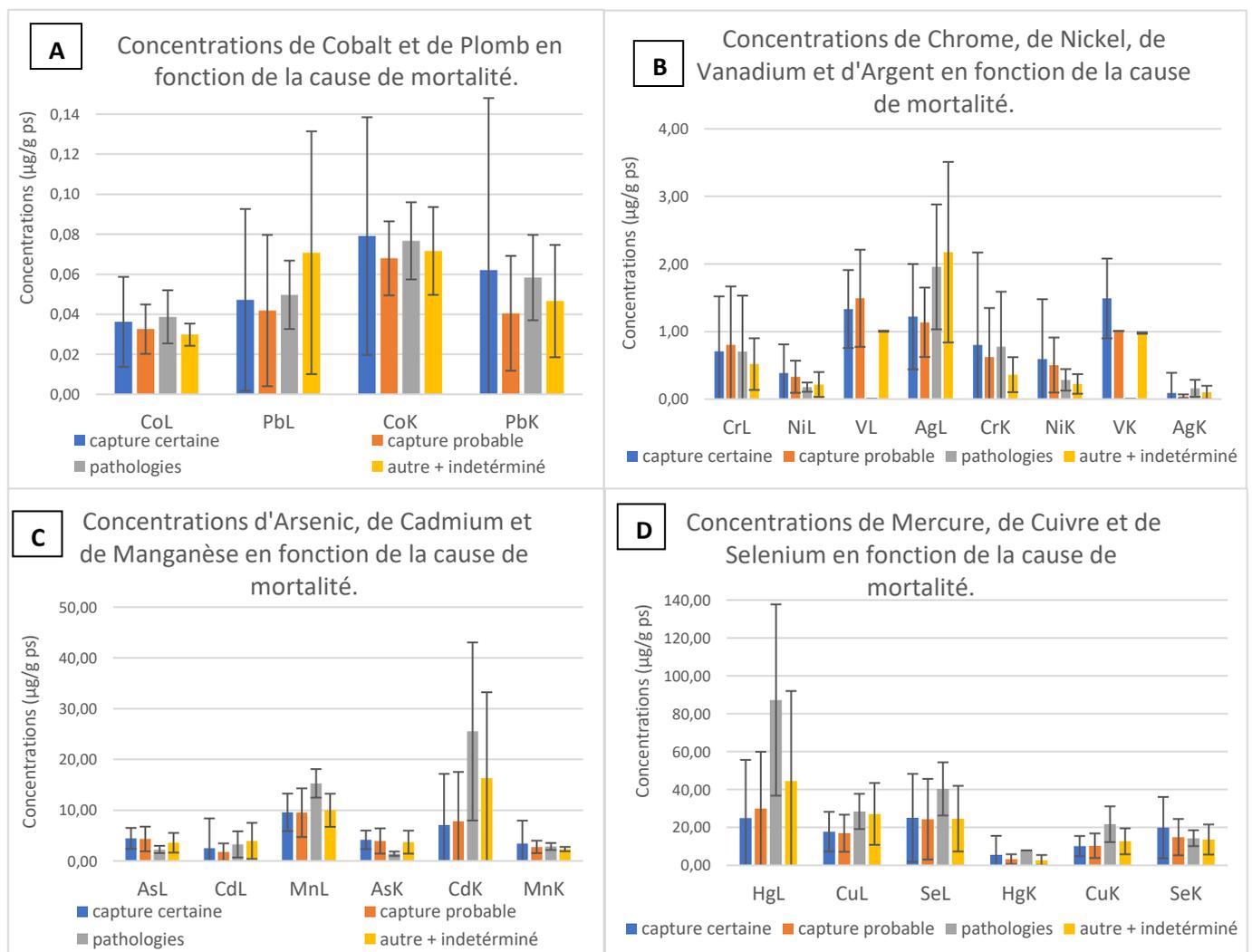
En revanche, les valeurs de $\delta^{13}\text{C}$ augmentent assez clairement avec l'âge de l'animal, et notamment à partir de l'âge de 10 ans. Les variations ont lieu dans une gamme de valeurs d'environ 1‰ également mais cette gamme est relativement importante pour le C (différence théorique entre 2 niveaux trophiques d'environ 1‰ pour cet élément). Avant l'âge de 10 ans, les valeurs isotopiques en C sont ainsi assez stables, aux alentours de -17.6‰, et après augmentation, les valeurs semblent se stabiliser aux alentours de -17.0‰ (Figure 6.B).



Enfin, la tendance observée pour le rapport Se/Hg indique que ce rapport décroît de manière exponentielle avec l'âge des dauphins (Figure 7).

Figure 12 : Evolution du ratio Se /Hg en fonction de l'âge chez les dauphins communs.

D. Comparaison des concentrations en contaminants et des ratios (isotopiques et Se/Hg) selon les causes de mortalité.



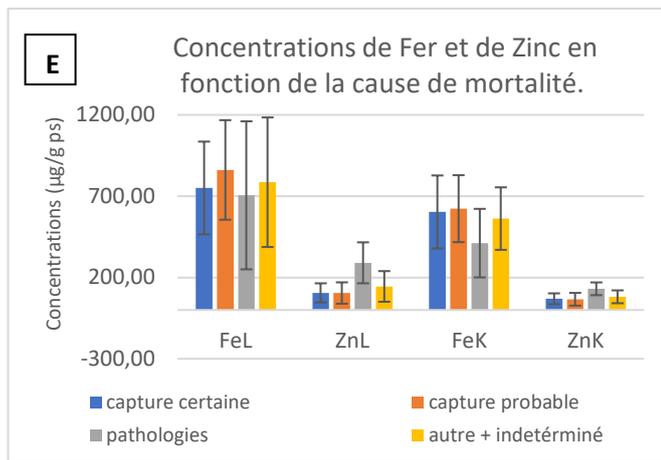


Figure 15 : Concentrations des 14 éléments chimiques analysés dans le foie (L pour Liver) et dans les reins (K pour Kidney) selon les quatre causes de mortalités identifiées. Ces moyennes se basent sur un échantillon de 118 dauphins communs mâles possédant chacun une cause de mortalité décrite (64 captures certaines, 28 captures probables, 5 pathologies et 21 autres + indéterminés). Les concentrations de chaque élément n'ont pas été analysées pour chaque dauphin, ainsi certains éléments comme le Vanadium ne possèdent pas de moyennes et d'autres ont un écart-type très important signifiant un échantillon d'analyse de trop petite taille. Pour des soucis de lisibilité et d'échelle, le graphique a été divisé en 5 sous-graphiques de A à E, allant de l'échelle la plus petite à la plus grande. Les concentrations sont exprimées en µg/g de poids sec. Les histogrammes représentent les moyennes des concentrations avec des barres d'erreurs représentant les écarts-types.

En prenant en compte les écarts types (parfois très importants) qui se chevauchent, aucune catégorie de cause de mortalité ne semble posséder une moyenne plus élevée ou plus faible que les autres pour les éléments suivants : cobalt dans le foie et dans les reins (noté CoLK), CrLK, NiLK, ViLK, FeL, MnK, SeK, et PbK (Figure 8).

Concernant les autres contaminants, le plomb (Pb) dans le foie apparaît très concentré chez les individus morts de causes « autre + indéterminé », comme le cuivre dans le foie, le cadmium dans les reins et dans le foie et l'argent dans les reins et dans le foie. L'arsenic dans les reins et dans le foie est moins concentré chez les individus morts de pathologies, comme le fer dans les reins. L'argent dans les reins et dans le foie est, au contraire, très concentré chez les individus morts de pathologies, tout comme le cadmium dans les reins et dans le foie, le manganèse dans le foie, le mercure dans les reins et dans le foie, le cuivre dans les reins et dans le foie, le sélénium dans le foie et le zinc dans les reins et dans le foie (Figure 8).

Ainsi, les catégories qui se démarquent des autres (qui ont donc des concentrations soit plus élevées, soit plus faibles que les autres catégories) sont essentiellement les morts pathologiques et les morts de causes « autre + indéterminé ».

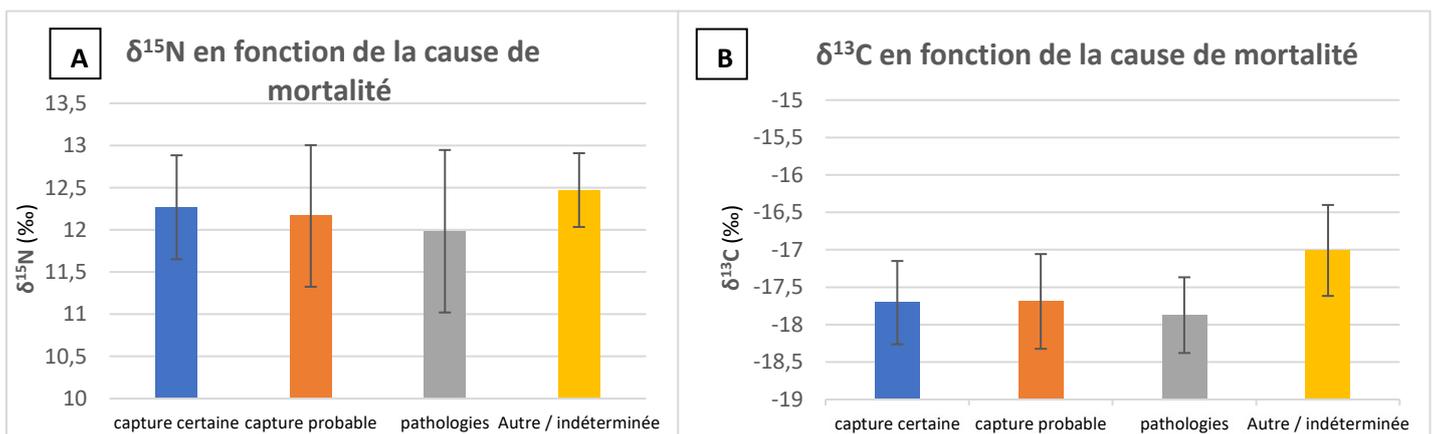
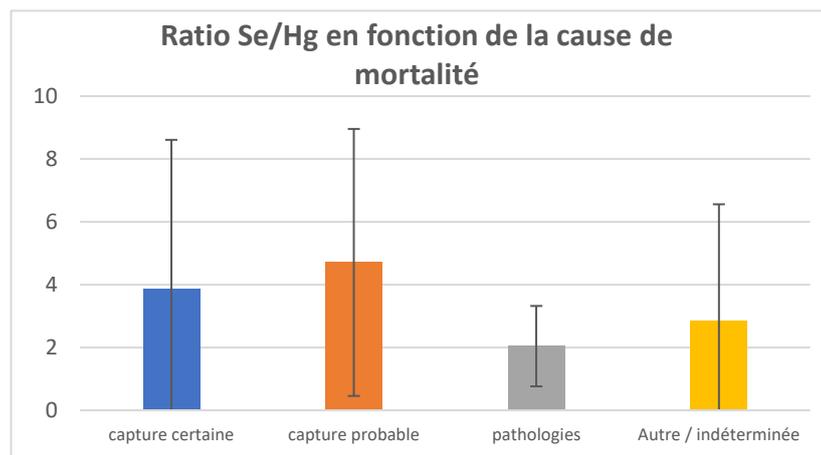


Figure 18 : Comparaison des ratios isotopiques du N et du C en fonction des différentes causes de mortalité des dauphins communs. L'étude a été faite sur 250 individus comprenant des mâles, des femelles et des femelles gestantes (123 captures certaines, 47 captures probables, 7 pathologies et 73 autres + indéterminés). Les histogrammes représentent les moyennes des isotopes avec une barre d'erreurs représentant l'écart-type.

Pour rappel, pour les ratios isotopiques du C et du N, tous les dauphins ont été conservés car aucune différence n'avait été observée entre les mâles, les femelles et les femelles gestantes. Les moyennes des valeurs isotopiques de $\delta^{15}\text{N}$ sont équivalentes pour les individus morts de captures certaines et probables (i.e. $12.3 \pm 0.6\text{‰}$ et $12.2 \pm 0.8\text{‰}$). Les individus morts de pathologies présentent une valeur moyenne légèrement inférieure (12‰) mais avec un écart-type

plus grand (1.2‰). Les individus dont la cause de mortalité est « autre + indéterminée » présentent une valeur légèrement plus élevée (12.5‰) accompagné d'un écart-type plus faible (0.6‰), et donc moins de variabilité (Figure 9.A).

Les moyennes des valeurs isotopiques de $\delta^{13}\text{C}$ sont également similaires pour les individus morts de captures certaines et probables (i.e. $-17.8 \pm 0.5\text{‰}$ et $-17.8 \pm 0.7\text{‰}$), et comme pour le N, la valeur est aussi plus faible pour les individus morts de pathologies ($-17.9 \pm 0.6\text{‰}$). Enfin, comme pour le $\delta^{15}\text{N}$, les individus morts de « autre + indéterminée » possèdent une valeur de $\delta^{13}\text{C}$ plus élevée que les trois autres catégories ($-17 \pm 0.6\text{‰}$) (Figure 9.B), néanmoins des tests statistiques seraient nécessaires pour confirmer ou non la significativité de ces légères différences observées.



Enfin, les individus morts de captures certaines et probables possèdent un ratio Se/Hg plus élevé avec respectivement environ 4 et 5. Les individus de la catégorie « autre + indéterminée » possèdent un ratio inférieur avec environ 3 et enfin les individus morts de pathologies possèdent un ratio de 2, avec un écart-type moins important que les trois autres catégories. (Figure 10).

Figure 20 : Comparaison des ratios Se/Hg de chaque catégorie de mortalité chez les dauphins communs. L'étude a été faite sur 227 individus comprenant des mâles, des femelles mais pas de femelles gestantes (116 captures certaines, 42 captures probables, 7 pathologies et 62 autres + indéterminés).

IV. Discussion :

La base de données totale « contaminants et isotopie » à disposition contenait 326 dauphins communs, ce qui est conséquent mais pour de nombreux individus, tous les paramètres n'ont pas été analysés. Ceci a impliqué l'utilisation d'une partie des individus seulement pour les différentes analyses effectuées lors du traitement de données, limitant probablement la représentativité de certains résultats ou expliquant des écarts-types parfois très importants du fait de la forte variabilité inter-individuelle pour certains paramètres. Ainsi, pour pouvoir confirmer les résultats observés, il faudrait avoir une base de données plus conséquente, avec des analyses complètes réalisées sur chaque individu, permettant également d'utiliser des tests statistiques avancés.

Les résultats obtenus ici (à partir de la base de données actuelle) permettent tout de même d'établir une première vision quant à la problématique posée.

A. Moyenne d'âge des différentes catégories de causes de mortalité:

Dans la base de donnée utilisée, les individus morts de captures (certaines ou probables) ont une moyenne d'âge plus faible que les autres, mais l'écart-type montre que, en réalité, des individus de tous les âges se font capturer. Les individus morts de pathologies et de « autre + indéterminé » possèdent des moyenne d'âge clairement plus élevées. Ces différences d'âge pourront expliquer des concentrations en contaminants plus élevées chez les éléments bioaccumulables pour les individus morts de pathologies et de « autre + indéterminé ».

B. Comparaison des moyennes de contaminants et des ratios (Se/Hg et isotopiques) selon le sexe :

Chez le dauphin commun, les niveaux de contamination chimique peuvent varier entre les mâles et les femelles, en particulier pour les contaminants organiques. Pour cause, les femelles peuvent transmettre leurs contaminants au nouveau-né lorsqu'elles sont en gestation ou par l'allaitement après la naissance du petit dauphin (Lahaye et al. 2007). Ces deux mécanismes permettent donc aux femelles de diminuer leur taux de contamination et de créer des écarts de valeurs avec les mâles. Les différences de concentrations potentielles entre mâles et femelles ont donc été regardées pour l'ensemble des éléments chimiques analysés. Les résultats obtenus ont montré que pour la majorité des contaminants, les mâles possédaient des valeurs plus élevées que les femelles, avec parfois des écarts très conséquents. Ainsi, pour les contaminants, seules les valeurs obtenues sur les mâles ont été conservées pour la suite de l'étude, afin d'éviter l'induction d'un biais lors de la comparaison des catégories de causes de mortalité, du fait d'un sexe ratio déséquilibré entre catégories.

Les femelles gestantes avaient un ratio Se/Hg bien moins élevé que les mâles et les femelles non-gestantes. Cela peut être dû à un transfert massif de Se vers le jeune. Cette hypothèse est renforcée par l'évolution du ratio Se/Hg qui montre que les nouveau-nés possèdent une forte quantité de Se dans leur organisme dès la naissance. Ainsi, les ratios Se/Hg des femelles gestantes n'ont pas été pris en compte dans la suite de l'étude.

C. Bioaccumulation des éléments chimiques avec l'âge :

Les bioaccumulations identifiées pour quelques éléments sont cohérentes avec celles documentées dans la littérature. En effet, le Hg, le Cd et le Se sont connus pour être des éléments traces s'accumulant aux fils des années chez les mammifères marins (Nyman et al. 2002). Cependant, d'autres éléments sont également sensés se bioaccumuler chez ces organismes, comme le Pb (Stockin et al. 2007), ce qui n'a pas été révélé dans notre étude (Annexe 5). Ainsi, les moyennes d'âges des catégories « pathologies » et « autre + indéterminé » étant plus élevées, il sera indispensable de prendre en compte ce paramètre lors de la comparaison et l'interprétation de différences potentielles de concentrations en Hg, Cd et Se en particulier entre les catégories de causes de mortalité.

D. Comparaison des concentrations en contaminants selon les causes de mortalité :

Tous les éléments pour lesquels les concentrations ne présentent pas de différence majeure entre causes de mortalités, comme Co, Ni ou Cr, ne sont pas bioaccumulables. Cela semble cohérent

et pour ces éléments, les concentrations entre dauphins capturés et non-capturés sont donc similaires.

Globalement, les concentrations des différents éléments chimiques n'apparaissent jamais plus élevées chez les individus morts de captures (certaines et probables) que chez les autres causes de mortalité. C'est même souvent le contraire, avec des éléments plus concentrés pour les causes « autre + indéterminé » et « pathologies », notamment pour le Hg, le Cd et le Se, ce qui est logique car ce sont des éléments bioaccumulables et la moyenne d'âge de ces catégories est plus élevée. D'autres éléments comme le Zn, le Cu ou l'Ag apparaissent également plus élevés chez les individus morts de pathologies que ceux morts de capture. Comme il ne s'agit pas d'éléments particulièrement bioaccumulés avec l'âge, pour lesquels les différences d'âge entre catégories pourraient en partie expliquer les différences de concentrations observées, il serait intéressant de vérifier si ces éléments ne peuvent pas être impliqués dans les pathologies en question. Néanmoins, il est important de rappeler que cette catégorie de mortalité ne comporte que sept individus et les écarts-types sont très élevés, ce qui nécessite d'être très précautionneux quant à ces résultats. Enfin, certains éléments tels que le Pb, le Cu ou l'Ag apparaissent en moyenne très concentrés chez les individus de la cause « autre + indéterminé ». Pour que ces résultats puissent être expliqués, il faudrait des détails supplémentaires quant à cette catégorie pour pouvoir déterminer les raisons potentielles (autre que l'âge, par exemple) de concentrations élevées pour ces éléments, qui sont non-bioaccumulables avec l'âge.

Globalement, si l'on considère les 14 éléments chimiques étudiés, les dauphins capturés n'apparaissent ainsi pas plus contaminés que les dauphins non-capturés et semblent même être en « bonne santé », au moins au regard de leurs concentrations en ces éléments chimiques, et ceci d'autant plus que l'âge moyen des individus capturés analysés ici est plus faible que les individus « pathologiques », par exemple.

E. Evolution des ratios isotopiques du carbone et de l'azote, et du rapport Se/Hg :

Quelque soit leur âge, les dauphins communs semblent conserver le même ratio isotopique de l'azote, signifiant que leur niveau trophique, et donc leur alimentation, ne varie pas de façon majeure au cours de leur vie (Hobson et Welch 1992). A l'inverse, le ratio isotopique du carbone augmente avec l'âge des dauphins communs analysés, ce qui pourrait indiquer une zone d'alimentation plus néritique et/ou benthique avec l'âge (France 1995; Hobson 1999). Les jeunes dauphins se nourriraient ainsi plus en surface et/ou loin des côtes. Il serait alors intéressant de connaître les segments de populations (jeunes, ou plus vieux individus) capturés par les différentes pêcheries (chaluts pélagiques du large, filets maillants côtiers...) pour identifier un lien potentiel entre zones d'alimentation et captures accidentelles de dauphins communs.

Concernant le rapport Se/Hg, une diminution avec l'âge des dauphins analysés a été observée, suggérant que les dauphins communs sont plus vulnérables aux intoxications liées au Hg quand ils sont vieux. Comme expliqué plus tôt (IV.B.), cela pourrait être dû au fait que la mère transmet une grande quantité de Se à son jeune durant la gestation et l'allaitement pour qu'il puisse posséder une capacité de détoxification du Hg dès la naissance. Puis tout au long de sa vie, le dauphin va incorporer du Se à partir de son alimentation mais aussi probablement puiser dans ses réserves en Se pour détoxifier le Hg (également incorporé à partir de la nourriture, et bioaccumulé avec l'âge), ce qui pourrait expliquer pourquoi le ratio Se/Hg diminue avec l'âge.

F. Comparaison des trois ratios selon les causes de mortalités :

Le ratio isotopique de l'azote est apparu similaire pour les quatre causes de mortalité. Cela signifie que les différentes causes d'échouages touchent des dauphins communs ayant le même niveau trophique.

Le ratio isotopique du carbone était quant à lui plus élevé pour la cause « autre + indéterminé ». Ce résultat peut être en partie expliqué par la moyenne d'âge plus élevée de cette catégorie « autre + indéterminé », du fait de l'augmentation observée du ratio avec l'âge des dauphins. Cependant, la cause « pathologies » ayant également une moyenne d'âge plus élevée, le ratio aurait aussi dû être plus élevé pour cette cause de mortalité, ce qui n'est pas le cas, mais cet échantillon était très limité en termes de nombre d'individus ce qui limite l'interprétation de ce résultat. Cette catégorie mise à part, et tenant compte du biais potentiel de l'âge plus élevé des animaux pour la catégorie « autre + indéterminé », il semble ainsi que toutes les causes d'échouages touchent des dauphins communs ayant les mêmes zones d'alimentation et/ou les mêmes habitats, bien que des tests statistiques intégrant l'âge nécessiterait d'être appliqués pour confirmer ou infirmer cela.

Enfin, les dauphins communs capturés présentaient un ratio Se/Hg plus élevé, ce qui est normal au vu de la diminution observée de ce ratio avec l'âge et du fait que les individus capturés possèdent une moyenne d'âge inférieure aux autres catégories. Cela renforce l'hypothèse de la « bonne santé » relative des dauphins communs capturés, et qu'ils ne sont ainsi pas capturés à cause d'une intoxication au Hg, par exemple, car ils possèdent de larges réserves en Se pour le détoxifier.

V. Conclusion :

Pour conclure, cette étude a permis d'établir une première vision quant à l'état de santé des dauphins communs capturés, au regard de leur contamination chimique en éléments traces métalliques. Ainsi, ces derniers ne possèdent pas de contamination inorganique particulièrement élevée et ont vraisemblablement la même écologie alimentaire que les dauphins non-capturés, en plus de jouir d'une forte capacité de détoxification du Hg par le Se. Les dauphins communs capturés apparaissent donc en plûtôt en « bonne santé » vis-à-vis de ces critères.

Cependant, cette étude a été limitée par la taille des échantillons étudiés et par le manque de réalisation de tests et de modèles statistiques approfondis. Il serait donc intéressant d'aller plus loin dans l'acquisition et le traitement de ce type de données, afin de, in fine, mieux comprendre les mécanismes à l'origine des nombreuses captures accidentelles de dauphins, qui augmentent malheureusement chaque année.

VI. Bibliographie :

- DeNiro, Michael J., et Samuel Epstein. 1977. « Mechanism of Carbon Isotope Fractionation Associated with Lipid Synthesis ». *Science* 197(4300):261-63. doi: 10.1126/science.327543.
- France, Rl. 1995. « Carbon-13 Enrichment in Benthic Compared to Planktonic Algae:Foodweb Implications ». *Marine Ecology Progress Series* 124:307-12. doi: 10.3354/meps124307.
- Hobson, Ka, et He Welch. 1992. « Determination of Trophic Relationships within a High Arctic Marine Food Web Using $\Delta^{13}C$ and $\Delta^{15}N$ Analysis ». *Marine Ecology Progress Series* 84:9-18. doi: 10.3354/meps084009.
- Hobson, Keith A. 1999. « Tracing origins and migration of wildlife using stable isotopes: a review ». *Oecologia* 120(3):314-26. doi: 10.1007/s004420050865.
- Honda, Katsuhisa, Ryo Tatsukawa, et Toraya Fujiyama. 1982. « Distribution Characteristics of Heavy Metals in the Organs and Tissues of Striped Dolphin, *Stenella Coeruleoalba*. ». *Agricultural and Biological Chemistry* 46(12):3011-21. doi: 10.1271/bbb1961.46.3011.
- ICES. 2020. « Workshop on fisheries Emergency Measures to minimize BYCatch of short-beaked common dolphins in the Bay of Biscay and harbor porpoise in the Baltic Sea (WKEMBYC) ». doi: 10.17895/ICES.PUB.7472.
- Kelly, Jeffrey F. 2000. « Stable Isotopes of Carbon and Nitrogen in the Study of Avian and Mammalian Trophic Ecology ». *Canadian Journal of Zoology* 78(1):1-27. doi: 10.1139/z99-165.
- Lahaye, V., P. Bustamante, W. Dabin, C. Churlaud, et F. Caurant. 2007. « Trace Element Levels in Foetus–Mother Pairs of Short-Beaked Common Dolphins (*Delphinus Delphis*) Stranded along the French Coasts ». *Environment International* 33(8):1021-28. doi: 10.1016/j.envint.2007.05.008.
- Murphy, Sinéad, Matthew Perrott, Jill McVee, Fiona L. Read, et Karin A. Stockin. 2014. « Deposition of growth layer groups in dentine tissue of captive common dolphins *Delphinus delphis* ». *NAMMCO Scientific Publications* 8. doi: 10.7557/3.3017.
- Nyman, Madeleine, Jaana Koistinen, Marie Louise Fant, Terttu Vartiainen, et Eero Helle. 2002. « Current Levels of DDT, PCB and Trace Elements in the Baltic Ringed Seals (*Phoca hispida Baltica*) and Grey Seals (*Halichoerus grypus*) ». *Environmental Pollution* 119(3):399-412. doi: 10.1016/S0269-7491(01)00339-6.
- Peltier, Hélène, Matthieu Authier, Willy Dabin, Cécile Dars, Fabien Demaret, Ghislain Doremus, Olivier Van Canneyt, Sophie Laran, Paula Mendez-Fernandez, Jérôme Spitz, Pierre Daniel, et Vincent Ridoux. 2020. « Can Modelling the Drift of Bycaught Dolphin Stranded Carcasses Help Identify Involved Fisheries? An Exploratory Study ». *Global Ecology and Conservation* 21:e00843. doi: 10.1016/j.gecco.2019.e00843.
- Pinnegar, J. K., et N. V. C. Polunin. 1999. « Differential Fractionation of $\delta^{13}C$ and $\delta^{15}N$ among Fish Tissues: Implications for the Study of Trophic Interactions ». *Functional Ecology* 13(2):225-31. doi: 10.1046/j.1365-2435.1999.00301.x.
- Post, David M., Craig A. Layman, D. Albrey Arrington, Gaku Takimoto, John Quattrochi, et Carman G. Montaña. 2007. « Getting to the Fat of the Matter: Models, Methods and Assumptions for Dealing with Lipids in Stable Isotope Analyses ». *Oecologia* 152(1):179-89. doi: 10.1007/s00442-006-0630-x.
- Ramos, Ra ul, et Jacob González-Sol s. 2012. « Trace Me If You Can: The Use of Intrinsic Biogeochemical Markers in Marine Top Predators ». *Frontiers in Ecology and the Environment* 10(5):258-66. doi: 10.1890/110140.
- Read, Fiona L., Aleta A. Hohn, et Christina H. Lockyer. 2018. « A review of age estimation methods in marine mammals with special reference to monodontids ». *NAMMCO Scientific Publications* 10. doi: 10.7557/3.4474.
- Smedes, Foppe. 1999. « Determination of total lipid using non-chlorinated solvents ». *The Analyst* 124(11):1711-18. doi: 10.1039/a905904k.
- Stockin, K. A., R. J. Law, P. J. Duignan, G. W. Jones, L. Porter, L. Mirimin, L. Meynier, et M. B. Orams. 2007. « Trace Elements, PCBs and Organochlorine Pesticides in New Zealand Common Dolphins (*Delphinus Sp.*) ». *Science of The Total Environment* 387(1-3):333-45. doi: 10.1016/j.scitotenv.2007.05.016.

Table des matières

I.	Introduction :	1
II.	Matériel et méthodes :	2
A.	Préparation des échantillons :	2
1.	Lyophilisation	3
2.	Broyage	3
3.	Délipidation	3
4.	Encapsulation	3
5.	Analyse	4
B.	Traitement de données	4
III.	Résultats :	5
A.	Sexe ratio et moyenne d'âge des différentes catégories de causes de mortalité.	5
B.	Comparaison des moyennes de contaminants et des ratios (Se/Hg et isotopiques) en fonction du sexe.	6
C.	Bioaccumulation des éléments chimiques et évolution des ratios (isotopiques et Se/Hg) avec l'âge.	7
D.	Comparaison des concentrations en contaminants et des ratios (isotopiques et Se/Hg) selon les causes de mortalité.	9
IV.	Discussion :	11
A.	Moyenne d'âge des différentes catégories de causes de mortalité:	12
B.	Comparaison des moyennes de contaminants et des ratios (Se/Hg et isotopiques) selon le sexe :	12
C.	Bioaccumulation des éléments chimiques avec l'âge :	12
D.	Comparaison des concentrations en contaminants selon les causes de mortalité :	12
E.	Evolution des ratios isotopiques du carbone et de l'azote, et du rapport Se/Hg :	13
F.	Comparaison des trois ratios selon les causes de mortalités :	14
V.	Conclusion :	14
VI.	Bibliographie :	15

Table des illustrations :

Figure 1 : Comparaison de l'âge moyen des dauphins communs selon les quatre de causes de mortalité.....	5
Figure 2 : Comparaison du sexe ratio chez les quatre catégories de causes de mortalité.	5
Figure 3 : Bioaccumulation du mercure (Hg) dans le foie et dans les reins avec l'âge	7
Figure 4 : Bioaccumulation du cadmium (Cd) dans le foie et dans les reins avec l'âge.	7
Figure 5 : Bioaccumulation du sélénium (Se) dans le foie et dans les reins avec l'âge.....	8
Figure 6 : Evolution des ratios isotopiques de $\delta^{15}\text{N}$ et $\delta^{13}\text{C}$ en fonction de l'âge	8
Figure 7 : Evolution du ratio Se /Hg en fonction de l'âge.....	9
Figure 8 : Concentrations des 14 éléments chimiques analysés dans le foie (L pour Liver) et dans les reins (K pour Kidney) selon les quatre causes de mortalités identifiées.....	10
Figure 9 : Comparaison des ratios isotopiques du N et du C en fonction des différentes causes de mortalité	10
Figure 10 : Comparaison des ratios Se/Hg de chaque catégorie de mortalité.	11
Tableau 1 : Concentrations des 14 éléments chimiques et valeurs moyennes des 3 ratios en fonction du sexe.	6

Annexes :



Annexe 1 : Dauphin commun échoué présentant des traces de capture (filet de pêche) sur sa carcasse.



Annexe 2 : Nécropsie d'un dauphin commun permettant d'effectuer un examen macroscopique interne et de récupérer des tissus à analyser.



Annexe 3 : Tissus recueillis lors de la nécropsie des dauphins communs (présence de lard, de muscle, de testicules, de foie, de reins et de dents).

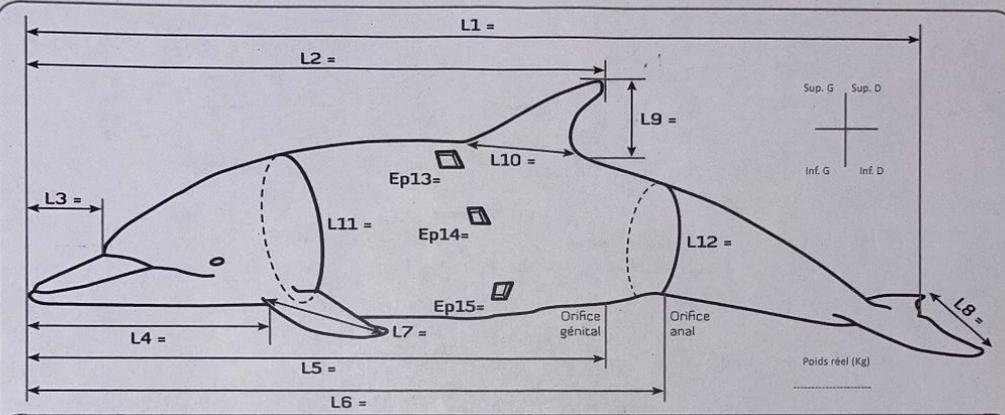

FICHE D'ÉCHOUAGE DE MAMMIFÈRE MARIN : CETACE


Commune : **Date d'observation :**
Département : **Plage ou lieu-dit :**
Coordonnées géographiques : **Latitude :** **Longitude :**

Espèce : **Détermination :** Probable / Certaine **Sexe :**

Date d'échouage : **Date de mort :**

Animal vivant renflouage mort avant / pendant / après intervention euthanasie
Animal mort 1 très frais (<48h) 2 frais 3 putréfié 4 très putréfié 5 restes



Examen Externe : oui non
 Si oui, cocher les observations, réaliser des photos avec échelle, indiquer les localisations sur le schéma et en commentaire.

Condition physique : Bonne Mauvaise

Aucune lésion Abrasion Hématome Coupe nette Perforation
 Morsure Malformation Grosseur / Tumeur Lésion pathologique Fracture
 Corps étranger Parasite externe lésion indéterminée

Avis sur la cause de mortalité : Probable / Certaine
 Capture Collision Pathologie Prédation/Compétition Indéterminé Autre

Commentaires :

Photographies Rapport d'examen / Autopsie
 Prélèvements - Protocole : 1 - 2 - 3 - Référence :

Informateur, intervenants (Nom, organisme):

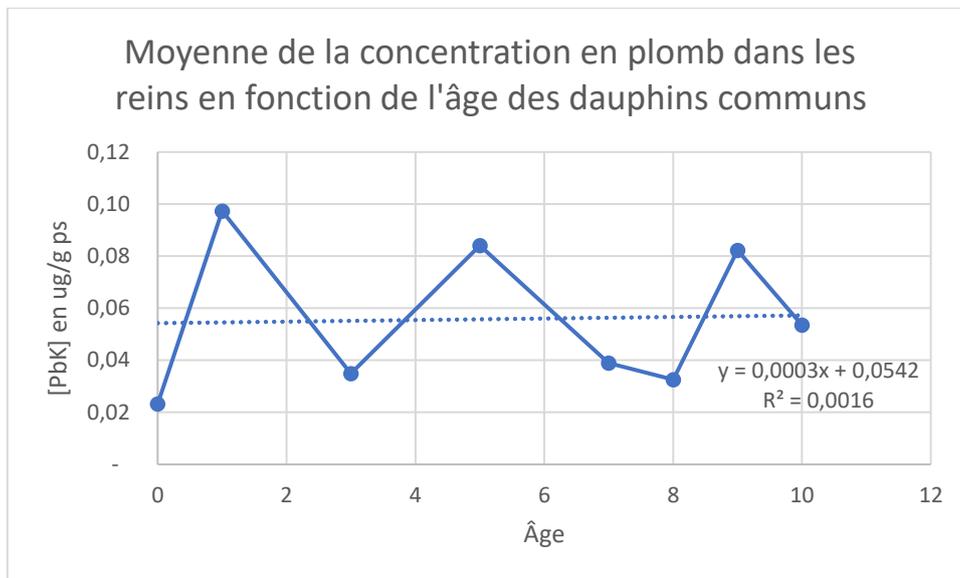
Correspondants :

Cadre réservé N° info. : N° coll. : Code mortalité : Photos Num.

Merci d'envoyer cette fiche, les photographies et la liste des prélèvements à : Observatoire Pelagis
 UMS 3462 - Université de La Rochelle - CNRS, Pôle Analytique, 5 allées de l'Océan,
 17 000 La Rochelle - France - Tel: 33 (0) 5 46 44 99 10 - pelagis@univ-lr.fr




Annexe 4 : Fiche échouage à remplir lors des nécropsies des dauphins communs, renseignant plusieurs informations comme les dimensions du dauphin, son lieu d'échouage, son sexe et son identité.



Annexe 5 : Graphique représentant l'évolution de la concentration du plomb dans les reins avec l'âge chez le dauphin commun. Cette courbe ne permet pas d'identifier une bioaccumulation pour le plomb.

Résumé :

Depuis 2016, le nombre de petits cétacés retrouvés sur les côtes françaises ne fait qu'augmenter. Parmi ces cétacés, le dauphin commun est le plus touché et sa mort est majoritairement liée à des captures accidentelles, comme en témoignent souvent les traces de filets de pêches sur leur carcasse. Le but de l'étude sera alors de comparer les niveaux de contaminations inorganiques et les écologies alimentaires entre les dauphins communs morts de captures et ceux morts d'autres causes, afin d'observer si un état de santé dégradé pourrait-être responsable de ce nombre élevé de capture. Pour ce faire, des échantillons de muscles, de reins et de foies ont été préparé pour l'analyse des différents contaminants et des isotopes du carbone et de l'azote, témoignant de l'écologie alimentaire de l'animal. Ces échantillons ont été préparés par des méthodes de lyophilisation, de broyage et, pour les isotopes, de délipidation et d'encapsulation. Ces échantillons sont ensuite analysés et les résultats sont ajoutés dans une base de donnée. La base de donnée a été traitée grâce a des méthodes statistiques simples. Les résultats ont montré que les dauphins communs capturés n'avaient pas de contamination significativement plus élevée que les individus non-capturés, et que leurs ratios isotopiques étaient similaires. Cela montre que les dauphins capturés sont en «bonne santé» et qu'ils ont une écologie alimentaire normale, ces paramètres n'étant donc pas les causes de leurs captures. Cependant, cette étude est à approfondir car le nombre d'individus renseignés dans la base de donnée n'est pas assez représentatif des populations réelles et que les méthodes statistiques utilisées ne sont pas assez précises.

Mots-clés :

Dauphin commun, contamination, éléments traces, écologie alimentaire, isotopes, captures.