



HAL
open science

Enquête sur les barodontalgies du plongeur

Kévin Gougeon

► **To cite this version:**

Kévin Gougeon. Enquête sur les barodontalgies du plongeur. Sciences du Vivant [q-bio]. 2021. hal-04042702

HAL Id: hal-04042702

<https://hal.univ-lorraine.fr/hal-04042702>

Submitted on 23 Mar 2023

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



**UNIVERSITÉ
DE LORRAINE**

**BIBLIOTHÈQUES
UNIVERSITAIRES**

AVERTISSEMENT

Ce document est le fruit d'un long travail approuvé par le jury de soutenance et mis à disposition de l'ensemble de la communauté universitaire élargie.

Il est soumis à la propriété intellectuelle de l'auteur. Ceci implique une obligation de citation et de référencement lors de l'utilisation de ce document.

D'autre part, toute contrefaçon, plagiat, reproduction illicite encourt une poursuite pénale.

Contact bibliothèque : ddoc-thesesexercice-contact@univ-lorraine.fr
(Cette adresse ne permet pas de contacter les auteurs)

LIENS

Code de la Propriété Intellectuelle. articles L 122. 4

Code de la Propriété Intellectuelle. articles L 335.2- L 335.10

http://www.cfcopies.com/V2/leg/leg_droi.php

<http://www.culture.gouv.fr/culture/infos-pratiques/droits/protection.htm>

**ACADÉMIE DE NANCY-METZ
UNIVERSITÉ DE LORRAINE
FACULTÉ D'ODONTOLOGIE DE LORRAINE**

ANNÉE 2021

N° 11959 C

**THÈSE
POUR LE DIPLÔME D'ÉTAT DE DOCTEUR EN CHIRURGIE DENTAIRE**

Présentée et soutenue publiquement le 30/11/2021

par

Kevin GOUGEON

Né le 22/10/1991 à Metz (Moselle)

**Enquête sur les barodontalgies du
plongeur**

Composition du jury :

Président : Pr. J-M. MARTRETTE

Membre : Dr. M. VINCENT

Directeurs de thèse : Dr. K. YASUKAWA

Dr. A. BAUDET

« Par délibération en date du 11 décembre 1972, la Faculté de Chirurgie Dentaire a arrêté que les opinions émises dans les dissertations qui lui seront présentées doivent être considérées comme propre à leurs auteurs et qu'elle n'entend leur donner aucune approbation ni improbation »

Président : Professeur Pierre MUTZENHARDT

Doyen : Professeur Jean-Marc MARTRETTE

Vice-Doyens : Dr Céline CLEMENT – Dr Rémy BALTHAZARD – Dr Anne-Sophie VAILLANT

Membres Honoraires : Dr L. BABEL – Pr. S. DURIVAUX – Pr A. FONTAINE – Pr G. JACQUART – Pr D. ROZENCWEIG - Pr ARTIS

Doyens Honoraires : Pr J. VADOT, Pr J.P. LOUIS

Département odontologie pédiatrique Sous-section 56-01	Mme JAGER Stéphanie	Maître de conférences *
	M. PREVOST Jacques	Maître de conférences
	Mme HERNANDEZ Magali	Maître de conférences *
	M. HAINOT Raphaël	Assistant
	Mme HILT Léa	Assistante
	Mme HOMBOURGER Morgane	Assistante
Département orthopédie dento-faciale Sous-section 56-01	M. VANDE VANNET Bart	Professeur des universités *
	Mme SENG Marilynne	Assistante
	Mme TRAN Mai-Linh	Assistante
Département prévention, épidémiologie économie de la santé, odontologie légale Sous-section 56-02	Mme CLÉMENT Céline	Maître de conférences *
	M. BAUDET Alexandre	Maître de conférences associé*
	Mme CAIONE Mariette	Assistante
	M. VEYNACHTER Thomas	Assistant *
Département parodontologie Sous-section 57-01	Mme BISSON Catherine	Professeur des universités *
	M. JOSEPH David	Maître de conférences *
	Mme VITALI Marine	Assistante
Département chirurgie orale Sous-section 57-01	Mme GUILLET-THIBAUT Julie	Maître de conférences *
	M. BRAVETTI Pierre	Maître de conférences
	Mme KICHENBRAND Charlene	Maître de conférences *
	Mme PHULPIN Bérengère	Maître de conférences *
	M. CLERC Sébastien	Enseignant univ. – praticien attaché*
	Mme DE VERBIZIER Charlotte	Assistante
	Mme PEREIRA Laure	Assistante
	M. YASUKAWA Kazutoyo	Maître de conférences *
Département biologie orale Sous-section 57-01	M. MARTRETTE Jean-Marc	Professeur des universités *
	Mme EGLOFF-JURAS Claire	Maître de conférences *
	M. LOISON-ROBERT Ludwig	Maître de conférences *
	M. MORTIER Éric	Professeur des universités *
Département dentisterie restauratrice, endodontie Sous-section 58-01	M. ENGELS-DEUTSCH Marc	Professeur des universités *
	M. AMORY Christophe	Maître de conférences
	M. BALTHAZARD Rémy	Maître de conférences *
	M. VINCENT Marin	Maître de conférences*
	M. GIESS Renaud	Enseignant univ. – praticien attaché*
	Mme DAVRIL Jeanne	Assistante *
	M. GRABER Clément	Assistant
	M. DE MARCH Pascal	Maître de conférences
Département prothèses Sous-section 58-01	Mme CORNE Pascale	Maître de conférences *
	M. SCHOUVER Jacques	Maître de conférences
	Mme VAILLANT Anne-Sophie	Maître de conférences *
	M. HIRTZ Pierre	Enseignant universitaire
	Mme GERBER Caroline	Assistante *
	Mme PRINTZ Elodie	Assistante
	M. SYDA Paul-Marie	Assistant
	Mme WILK Sabine	Assistante
	Mme STRAZIELLE Catherine	Professeur des universités *
	M. MOBY (STUTZMANN) Var	Maître de conférences *
Département fonction-dysfonction, imagerie biomatériaux Sous-section 58-01	M. SALOMON Jean-Pierre	Maître de conférences
	Mme JANTZEN-OSSOLA Caroline	Assistante associée

Souligné : responsable de département

* temps plein

Mis à jour le 1
septembre 2021

Remerciements

A NOTRE PRESIDENT

Monsieur le Professeur Jean Marc MARTRETTE

Docteur en chirurgie dentaire

Docteur en sciences pharmacologiques

Spécialiste qualifié en médecine bucco-dentaire

Habilité à diriger des recherches

Professeur des universités – praticien hospitalier

Doyen de la faculté d'odontologie de Lorraine

Officier des palmes académiques

Vous nous avez fait l'honneur d'accepter de présider le jury de notre thèse.

*Nous vous remercions pour vos qualités relationnelles, votre patience, votre soutien
et pour la bienveillance que vous apportez à chaque étudiant.*

*Veillez trouver ici le témoignage de notre plus grande gratitude et notre plus profond
respect.*

A NOTRE DIRECTEUR DE THESE

Monsieur le Docteur Kazutoyo YASUKAWA

Docteur en Chirurgie Dentaire

Docteur de l'Université Paris DESCARTES mention sciences de la vie et de la santé

Spécialiste qualifié en médecine bucco-dentaire

Maître de Conférences – Praticien Hospitalier

Responsable du département de biologie orale

Vous nous avez fait l'honneur d'accepter la direction de notre thèse.

*Nous vous exprimons notre infinie gratitude quant à l'intérêt que vous avez porté à ce
projet de thèse.*

*Nous sommes reconnaissants pour vos qualités humaines et professionnelles. Vous
avez été un professeur altruiste et bienfaisant tout au long de notre cursus universitaire.*

*Veillez trouver ici le témoignage de notre plus grande gratitude et notre plus profond
respect.*

A NOTRE DIRECTEUR DE THESE
Monsieur le Docteur Alexandre BAUDET
Docteur en chirurgie dentaire
Assistant Hospitalo-Universitaire

Vous nous avez fait l'honneur d'accepter la direction de notre thèse.

*Nous vous exprimons notre infinie gratitude pour votre disponibilité sans faille et votre
grande rapidité dans vos réponses.*

*Nous vous remercions de nous avoir accompagné dans notre travail, et en particulier
pour votre aide et votre investissement dans les démarches administratives de l'étude et
dans l'analyse statistique.*

*Veillez trouver ici le témoignage de notre plus grande gratitude et notre plus profond
respect.*

A NOTRE JUGE

Monsieur le Marin VINCENT

Docteur en chirurgie dentaire

Maître de conférences – praticien hospitalier

Docteur de l'université de Lorraine en mécanique et énergétique

Vous nous avez fait l'honneur de faire partie de notre jury de thèse.

*Nous vous remercions d'avoir consacré votre temps à nous transmettre votre savoir
et vos compétences cliniques durant nos années d'étude.*

*Veillez trouver ici le témoignage de notre plus grande gratitude et notre plus profond
respect.*

Autres Remerciements

À mes parents, vous qui m'avez soutenu et encouragé dans tous ce que j'ai entrepris. Je suis infiniment reconnaissant pour l'éducation que vous m'avez donnée. Je suis très fier des valeurs d'optimismes, d'empathies et de persévérances que vous m'avez inculquées et de la confiance sans failles dont vous avez fait preuve.

Merci de m'avoir soutenu pendant mes longues études, j'ai de la chance d'avoir des parents comme vous. Je vous dois tout. Qu'ils trouvent, dans la réalisation de ce travail, l'aboutissement de leurs efforts ainsi que l'expression de ma plus affectueuse gratitude. Je vous aime.

À mes grands-parents,

À Leonardo et Graziella, pour avoir toujours été là pour m'épauler, me gâter et croire en moi. Merci pour toutes les choses de la vie que vous m'avez apprises et transmises et pour tout le temps que vous m'avez consacré.

Pour l'amour que vous m'avez donné, mais également pour tous les minestrone, melanzanes, verdure et pasta partagés à vos côtés. Je suis chanceux de vous avoir. Pouvoir lire la fierté dans vos yeux est ma plus grande récompense.

À Gaby et Irma Vous m'avez transmis votre force de caractère et votre recul sur la vie. À toi Irma, on ne se parlait pas beaucoup mais on se comprenait. Toi, qui aurais voulu me voir médecin, désolé me voilà dentiste. J'aurais aimé que vous soyez parmi nous aujourd'hui, vous me manquez. Ce travail vous est dédié.

À mes oncles, tantes,

À Brigitte, ma marraine, pour ton immense gentillesse, ton intelligence et ton humilité. J'aurais également aimé te voir parmi nous aujourd'hui.

À Karine et Thomas, mon parrain, pour ta générosité, tes précieux conseils et le modèle de réussite que tu incarnes dans ta vie personnelle et professionnelle. Merci d'avoir ouvert la voie pour le reste de la famille.

À Antoine pour ta bonne humeur, la passion partagée des pâtes véritablement al dente. C'est toujours un plaisir de parler avec toi. Peu importe les circonstances, tu as toujours été là pour moi et mes parents. Merci pour tout

À Jean, pour m'avoir sauvé plusieurs fois quand j'ai eu un problème sur ma voiture, mais surtout pour m'avoir transmis ton esprit d'entreprendre, de réussite et pour m'avoir montré que l'argent n'était pas une fin en soi. Merci de m'avoir inculqué l'importance de la famille, et merci également pour les quelques claques reçus (c'est cadeau). Un jour peut-être je te présenterais ma copine.

À Dominique, la tata la plus cool qui m'a été donné. Je me rappelle tes cadeaux, des CD de musiques et de films toujours d'une grande qualité. Merci pour ton accueil les peu de fois où j'ai pu me rendre dans le Sud.

À Lucien, le musicien de la famille. Pour ta bonne humeur et ta générosité de toutes circonstances. On ne se s'appelle pas souvent, mais je sais que tu es quelqu'un sur qui je peux compter.

À Corinne et Patrick pour m'avoir inculqué la valeur du travail, de persévérance, et la valeur d'entraide au sein de la famille. Vous m'avez fait découvrir les restaurants gastronomiques et les belles voitures, et ainsi stimuler mon envie de réussir professionnellement.

À Tonton c'est toujours un plaisir de débattre avec toi, calmes-toi un peu sur le boulot !

À mes cousins et cousines,

À Thomas, Mathieu Simon, avec qui j'ai partagé des moments inoubliables étant plus jeunes. Les souvenirs sont nombreux : des sessions de pétanques aux courses de voitures télécommandées en passant par les figurines Jurassic Park. J'étais le plus jeune et vous m'avez toujours accueilli les bras grands ouverts.

À Guillaume, Benoît, Laura et Marion, vous qui m'avez transmis cette passion pour la technologie et les jeux vidéo, à jouer à la Playstation dans un cagibi très tard la nuit. Merci pour ces moments passés ensemble chez Brigitte ou Irma à partager de nombreux repas de famille et de barbecues.

À Ludo, à qui je dois une grande partie de ma culture vidéoludique et ma passion pour le Japon, ton influence a été énorme. Je me rappelle encore ce moment où tu venais à la maison avec des cassettes de matrix ou sin city, cette clé USB contenant One Piece et les derniers Miyazaki ou ce CD s'intitulant sobrement Kingdom Hearts. Cette influence me poursuit encore aujourd'hui, merci du fond du cœur.

À Xavier, Christophe, avec qui j'ai partagé nombres de sessions de football et de musculation. Vous avez entretenu ma passion pour le sport. Mon envie de m'installer au soleil vous est certainement imputable. Vous avez été des grands frères pour moi.

À Anaëlle, Melissa, Adrien et Kiméo pour ces merveilleux moments passés en famille autour d'un feu de cheminée sur des sujets où on n'est pas forcément d'accord. Dans la continuité de nos aînés nos conversations sont toujours musclées, mais remplies d'amour. Je vous souhaite à toutes et à tous un avenir radieux.

À mes Amis, Amies

À Mayu pour ton soutien sans failles, mais surtout pour tous ses moments merveilleux passés à tes côtés. Merci pour ta joie de vivre, ton sourire permanent, et les nombreux souvenirs que l'on a déjà pu partager ensemble. La vie est courte, et ces qualités représentent beaucoup pour moi. La richesse de la culture qui te définit m'a permis d'envisager les choses sous un angle différent.

Je nous souhaite encore beaucoup de voyages, et de restaurants. Ce travail, tu y as indirectement contribué, c'est naturellement qu'il t'est en partie dédié.

À Matthieu, on a tous besoin d'un Pedro dans notre vie. Je me rappelle comme si c'était hier de la première fois où tu as débarqué dans mon appartement avec ton large sourire, mèche au vent.

Tu fais partie de mes amis le plus chers. Toujours souriant, capable de s'intéresser à tout et n'importe quoi, tu es quelqu'un de passionnant avec qui je peux parler et me marrer sur absolument tous les sujets, sans gênes et tabous. Tu as su rester fidèle à toi-même. Merci pour ta joie de vivre, nos fous rires et nos souvenirs.

À Thug, la personne avec qui j'ai passé le plus de temps ces 10 dernières années, et avec qui j'ai partagé tant de passion en commun. Incontestablement une personne sur qui j'ai toujours pu compter, avec une infinie gentillesse, qui a toujours été là pour rendre service, je n'oublierai jamais. Je te souhaite beaucoup de réussite, tu le mérites.

À Clément, une amitié en or, malgré les 9.000 km d'écart, on continue à se voir et entretenir nos nombreuses passions en commun. La prochaine étape c'est la Martinique, au plaisir de vivre cette aventure avec l'un de mes meilleurs amis.

À Ismaël et son audace. Une vraie rencontre en première année de médecine, avec qui j'ai partagé tant de moments incroyables. La personne avec qui je prends le plus de plaisir à échanger sur tous les sujets ; un gars sur qui je pourrai toujours compter. Je suis fier de ton parcours akhi, ainsi que celui de toute ta famille.

À Karim, j'espère avoir l'occasion de partager d'autres voyages avec toi, en plus de ceux que l'on a déjà connus à la Réunion ou à Arles. Une personne sur qui j'ai toujours pu avoir toute confiance, en plus de compter parmi ceux qui me font le plus rire.

À Benjamin, un pote au début de mes études, un ami après la D3. Une personne que j'apprécie réellement et que j'aimerais voir plus souvent.

À Grégoire, le frère de Tp. Un ami de confiance, un véritable partenaire pendant toutes ces années de fac. Une personne sur qui j'ai toujours pu compter et avec qui j'aurai partagé des parties de baskets, un horst épique et des parties d'échecs de folies.

À Arthur, le cœur sur la main. Je n'oublierai jamais les aventures vécues ensemble en Erasmus, sur les plages de Barcelone, le backgammon, Gaston, la triloc, les parties d'échecs de 4 heures, et tant d'autres... Les années s'enchainent, et la réponse semble se dessiner, ça sera : canapé et cocotier. Au plaisir de te revoir l'ami.

À Oussama, le gendre idéal, double biceps. Même loin des yeux on a toujours été lié par les mêmes passions. Je suis fier de ton parcours, tu es un exemple pour moi. Je te souhaite le plus grand des bonheurs avec ta femme et ton garçon.

À Omar, le gars très très technique. Une amitié débutée lors d'une de mes rares pauses-café, c'est toujours un immense plaisir de te croiser.

À Abdel-ilah, toujours enthousiaste et partant. Une personne en or, que j'aimerais revoir plus souvent.

À Jeremy, beaucoup de soirées, beaucoup de souvenirs, une personne qui a toujours été là et qui m'a beaucoup fait rire.

À Laure, On aurait pu être sage-femme, la vie nous a fait dentiste. Meilleur binôme de d1. Tous mes traitements endodontiques te sont quelque peu dédiacés. Un soutien sans failles pendant mes années de fac, qui a toujours été ouverte à mes histoires et inversement. Une véritable partenaire, toujours de bonne humeur, merci.

À Ortega, j'irais dormir chez vous. Je ne te connaissais quasiment pas et tu m'as accueilli dans le Doubs comme un ami. Une personne en or que j'ai connu bien trop tard.

À Camille, Partner in crime. Une année incroyable passée à tes côtés à la Réunion. Des randonnées, du sport, de la bouffe, des poules, des culs... du plaisir en somme ! Des souvenirs inoubliables avec cette traversée de la réunion et ce moment incroyable sur les îles Rodrigues. To be continued...

À Alexandre, objectif Top chef. Violent au Beach volley, une crème dans la vie. Une personne vraie comme il se fait rare, avec qui j'ai pu parler de tous les sujets. C'est toujours un plaisir de te revoir. Une amitié qui dure, je te souhaite réellement de belles choses pour ton avenir.

À Andine, les sauvages. Une rencontre incroyable à la Réunion, une fille avec qui j'ai été très proche, avec une super connexion. J'espère pouvoir partager à nouveau des moments similaires à ceux qu'on a connus.

À Helene, maman poule. Une fascination en commun pour les poules et la nourriture, heureusement on n'a jamais allié les deux.

À Bren, une épaule sur laquelle s'appuyer pour nos dalles post soirée.

À Edgar, un parcours similaire, tu auras fini 1 mois avant moi. Félicitation docteur.

À Simon, Une personne hyper agréable avec qui je prends toujours autant de plaisirs à discuter.

À Manon une année inattendue de p2 traversée à tes côtés. Des dessins de dents bâclés aux matinées passées à la corpo ; des loubards le temps d'une année. Une personne géniale qui m'aura marquée.

À Pierre Lacroix une année de T1 post Erasmus exemplaire. Le travail oui, mais toujours dans la bonne humeur. Une personne qui sait rigoler mais être sérieux quand nécessaire. On aura bien plaisanté, content d'avoir pu partager cette année avec toi.

À Charles, pour tous les bons moments que l'on a partagés, de la coloc au basket.

À Lola, qui m'a soutenu pour vivre les 1h30 de bus les plus longues de ma vie au horst.

À Marie, éternelle souriante, le peu de moments partagés au Gec ou en prothèse en ta compagnie ont toujours été très agréables.

À **Tony**, traders de bitcoin et amoureux des vacances au soleil, tu avais tout pour me plaire. À nos prochaines quilles au bouillon.

À **Thibaud**, marathon-man. Pour tous ces repas et anecdotes croustillantes partagées au bouillave. La passion commune du sport et des jeux vidéo nous aura réunis.

À **Vincent**, une personne qui m'a toujours protégée pendant mon enfance, sur qui j'ai toujours pu compter, mon meilleur ami d'enfance.

À **Dimitri** un ami d'enfance, on a grandi ensemble : des cartes Yu-gi-oh, à la caverne du gobelin en passant par la musique. De nombreux et beaux souvenirs.

À **Betty**, une année de p1 incroyable, des soirées au chat noir de toute beauté, on s'est perdu de vue depuis, mais je suis fier de ton parcours en droit.

À **Valentin**, aka Marcelo. Beau comme un Italien, taillé comme un footballeur, riche comme un Qatari. Une belle année au service de Parodontalgie où on a réussi à bosser mais pas trop non plus.

À **Childéric**, mes remerciements au roi de la prose. Aux délices de nos prochaines joutes verbales.

À **Jules**, pour ces séances intensives au punch et à la muscu.

À **Guillaume**, une personne que j'ai fréquenté pendant une courte année au Gec, qui m'aura laissé le souvenir de quelqu'un de franc et de confiance, c'est toujours un plaisir de te croiser.

À **Margaux**, pour les moments partagés à Milan.

À **Alain Patricia et Jordan**, qui ont toujours été là pour moi et chez qui j'ai toujours été extrêmement bien reçu. Merci.

À **Pascal**, qui a su m'aider lors d'un exposé de 3^{ème}. Le voisin le plus cool à avoir, c'est toujours un plaisir de te croiser à Fey.

À Christophe Nemos, pour avoir répondu présent lorsque j'ai eu besoin de lui en première année de médecine.

Merci aussi à Varrin, Alexandre Kurzepa, Lolo, Jérphine, Anthéa, Victorine, Victor, Laurent, Anita.

Sommaire

Liste des figures

Liste des tableaux

Liste des abréviations

Introduction

1 Présentation de la discipline

1.1 La plongée dans le monde : état des lieux

1.2 La plongée en France : les principales structures

1.3 Les risques encourus

2 Les barodontalgies et barotraumatismes pendant la plongée

2.1 Introduction aux barodontalgies

2.2 Rappel Physique

2.3 Barodontalgie directe et indirecte : un symptôme, plusieurs origines

2.4 Les Barotraumatismes

3 Enquête

3.1 Introduction

3.2 Objectifs

3.3 Matériels et méthodes

3.4 Résultats

3.5 Discussion

3.6 Conclusion de l'étude

4 Les barodontalgies : Recommandation et bonnes pratiques

4.1 Le plongeur et sa responsabilité

4.2 La FFESSM et sa formation

4.3 Le dentiste et ses connaissances

Conclusion

Bibliographie

Annexes

Liste des figures

Figure 1 : Illustration des différents niveaux au sein de la FFESSM (Plongée Plaisir, site officiel)	25
Figure 2 : Risque de décès pour 100 000 personnes selon la discipline aux États Unis (document personnel).....	29
Figure 3 : Variation de la pression atmosphérique selon l'altitude (document personnel)	33
Figure 4 : Variation de la Pression hydrostatique selon la profondeur (document personnel).....	34
Figure 5 : Variation de Volume selon la variation de Pression (document personnel) ..	35
Figure 6 : Trajet du nerf trijumeau (Gray, 1918)	41
Figure 7 : Localisation préférentielle des barotraumatismes (Les barotraumatismes, 2010)	45
Figure 8 : Capture d'écran du questionnaire diffusé via Facebook (document personnel)	52
Figure 9 : Nombre de répondants par département (document personnel)	54
Figure 10 : Nombre d'épisodes barodontalgiques recensés par plongeurs (document personnel).....	56

Liste des tableaux

<u>Tableau I : Classification des barodontalgies (Ferjentsik et Aker, 1982)</u>	37
<u>Tableau II : Différence entre barodontalgie direct ou indirect (Khalekar et coll., 2016 ; Lakshmi et Sakthi, 2014)</u>	43
<u>Tableau III : Caractéristiques générales des 684 plongeurs (document personnel)</u>	55
<u>Tableau IV : Phase de plongée et profondeur d'apparition des barodontalgies (document personnel)</u>	57
<u>Tableau V : Secteurs dentaires concernés par les barodontalgies (document personnel)</u>	57
<u>Tableau VI : Condition dentaire au moment de la barodontalgie (N=128 plongeurs) (document personnel)</u>	58
<u>Tableau VII : Notification dans le carnet de plongée (document personnel)</u>	59
<u>Tableau VIII : Risque barodontalgique/barotraumatique en fonction des caractéristiques des plongeurs (document personnel)</u>	60
<u>Tableau IX : Fréquence des barodontalgies selon aviateur/plongeur, civil/militaire (Zadik, 2006)</u>	62
<u>Tableau X : Récapitulatif et comparaisons aux autres études sur le domaine (document personnel)</u>	64
<u>Tableau XI : Lien entre barodontalgies et traitements dentaires, d'après la FDI (Khalekar et coll., 2016)</u>	75
<u>Tableau XII : Traitements bucco-dentaires et durées de contre-indications temporaires à la pratique des activités subaquatiques de loisir (Yuce et coll., 2016 ; Gunepin et coll., 2015)</u>	80

Liste des abréviations

ADD : Accident de désaturation

ANMP : Association nationale des moniteurs de plongées

ATM : Articulations temporo-mandibulaires

CACI : Certificat médical d'absence de contre-indication à la pratique des activités subaquatiques

CMAS : Confédération mondiale des activités subaquatiques

CVI : Ciments verres ionomères

CVIMAR : Ciments verres ionomères modifiés par addition de résine

Com : Collectivité d'outre-mer

Drom : Département et région d'outre-mer

FDI : Fédération dentaire internationale

FFESSM : Fédération française d'études et de sports sous-marins

FSGT : Fédération sportive et gymnique du travail

NAUI : *National association of underwater instructors*

PA : Plongée autonome

PADI : *Professional association of diving instructors*

PE : Plongée encadrée

RIFAP : Réaction intervention face à un accident de plongée

RSTC : *Recreational scuba training council*

SNHP : Syndrome nerveux des hautes pressions

SSI : *Scuba Schools International*

SNMP : Syndicat national des moniteurs de plongées

UCPA : Union des centres de plein air

Introduction

Recouvrant près de 70% de notre planète, les océans ont toujours suscité à travers le temps, un sentiment ambivalent de crainte et de découverte. Les premiers écrits qui évoquent l'exploration du milieu sous-marin datent d'Aristote au IV^e siècle avant J.-C., cependant ce n'est qu'après la seconde guerre mondiale que la discipline connaîtra son âge d'or.

Avant 1945, la technologie de la compression était déjà exploitée mais la maîtrise de la technologie du détendeur n'était pas encore acquise. L'air prélevé à la surface via un tuyau (dit narguilé), limitait les possibilités d'exploration sous-marine. Il a fallu attendre le XIX^e siècle avec le français Benoit Rouquaryol, inventeur du mécanisme de la détente en 1838 et les Français Jacques-Yves Cousteau et Émile Gagnan vulgarisateurs du premier détendeur autonome en 1945 pour que les prémices de la plongée moderne - dite de loisir - telle qu'on la connaît aujourd'hui apparaissent (Goël, 2021).

L'année 1948 sera marquée par la création de la fédération française d'étude et des sports sous-marins (FFESSM), principal organisme national français, suivi en 1966 par la *Professional Association of Diving Instructors* (PADI) et en 1970 par la *Scuba Schools International* (SSI), les deux principaux organismes internationaux (Goehner, 2017).

De 1950 à 1960 la pratique de la plongée loisir se développe mais elle est limitée par le coût exorbitant du matériel de plongée et la condition physique exigée pour l'époque, la photographie des sous-sols marins commence.

De 1960 à 1980, le matériel continue de s'améliorer : détendeur moderne, ordinateur de bord, gilet stabilisateur (FFESSM, 2019).

De 1980 jusqu'à nos jours, le développement en continu du matériel et l'accroissement du nombre d'adhérents via le succès populaire de films comme *Le Grand Bleu* ont permis d'accélérer le processus de démocratisation de la plongée sous-marine dans le monde.

De nos jours, on parlera de plongée loisir pour décrire des plongées se situant à des profondeurs inférieures à 40 mètres. Bien que comportant encore des risques, la condition sportive exigée est moindre que celle demandée à l'époque et les risques encourus ont

été diminués. À partir de 40 mètres (60 mètres selon les sources), on parle de plongée technique car les risques encourus sont plus grands et plus graves (narcose, froid, hypoxie...). La pratique doit être adaptée en conséquence.

La première partie de notre thèse dressera un aperçu des principaux organismes de plongée en France et dans le monde, et des risques inhérents à cette activité. Dans une deuxième partie, nous traiterons des données de la littérature relative aux barodontalgies et aux barotraumatismes. La troisième partie concernera l'étude réalisée auprès des plongeurs licenciés FFESSM dans toute la France. Ce qui nous mènera, à une quatrième partie qui développera les recommandations et bonnes pratiques.

1. Présentation de la discipline

1.1. La plongée dans le monde : état des lieux

Deux grandes conceptions de la plongée incarnées par deux organismes coexistent et s'opposent dans le monde (Goehner, 2017) :

- la confédération mondiale des activités subaquatiques (CMAS), système mondial à majorité européenne représenté par la FFESSM et une centaine d'autres organismes internationaux ;
- *le Recreational Scuba Training Council (RSTC)*, système essentiellement nord-américain illustré principalement par PADI, SSI, NAUI.

Ces conceptions s'opposent en partie sur leur philosophie, leurs sources de revenus et leur système de passage de brevets. La CMAS fonctionne majoritairement sur un aspect associatif, tandis que le système RSTC est régi par des principes commerciaux (Goehner, 2017).

Ces 20 dernières années, c'est le système PADI qui plaît de plus en plus : l'absence d'adhésion, le prix, la nature « vacancière » de la plongée font de celui-ci, l'organisme de loin le plus représenté dans le monde. Ce penchant à la consommation plutôt qu'à l'associatif plus chronophage conditionne le marché actuel de la plongée (Délégation à l'emploi et aux formations, 2005).

Depuis 1967, PADI dénombre plus de 28 millions de personnes licenciées dans le monde et plus de 900 000 certifications par an depuis 20 ans (PADI, 2021).

1.2. La plongée en France : les principales structures

On estime à 340 000 le nombre de plongeurs en France avec pas moins de 140 000 personnes licenciées en 2019 : 93% appartiennent à la FFESSM et 7% à la fédération sportive et gymnique du travail (FSGT). Trois autres organismes sont habilités à délivrer des brevets de plongées : le syndicat national des moniteurs de plongées (SNMP), l'association nationale des moniteurs de plongées (ANMP) et l'union des centres de plein air (UCPA) (Goehner, 2017 ; FFESSM, 2021a).

La tendance du nombre de licenciés est à la baisse depuis le début du XX^e siècle, tandis que celle des plongeurs non licenciés est en nette progression. Les nouveaux plongeurs préférant se tourner vers des structures commerciales, plutôt qu'associatives, jugées moins contraignantes (Délégation à l'emploi et aux formations, 2005 ; FFESSM, 2021a).

1.2.1. La FFESSM

1.2.1.1. Description

La FFESSM est la principale fédération sportive française spécialisée dans le domaine des activités subaquatiques. Elle occupe une place particulière dans le monde étant historiquement la 1^{ère} association d'activité subaquatique et l'un des membres fondateurs de la CMAS (plus gros regroupement de fédération à travers le monde). Elle est la seule fédération agréée recevant la délégation du ministère chargé des sports lui assurant une mission de service public (Ministère chargé des sports, 2017). La FFESSM regroupait, en 2019, environ 2 000 clubs comptabilisant plus de 2 millions de plongées par an. Concernant les clubs de plongée, 45% se trouvent à l'intérieur des terres et 55% sur la façade maritime (Fédération française d'études et de sports sous-marins, 2021b).

1.2.1.2. La licence

La licence est obligatoire, elle est disponible en ligne et dématérialisée depuis 2019 (FFESSM, 2019b). Elle est obtenue moyennant un coût, ainsi qu'un certificat médical d'absence de contre-indication à la pratique des activités subaquatiques (CACI) complété par un médecin (FFESSM, 2018). Elle inclue une assurance et une responsabilité civile. Aucun examen dentaire n'est exigé.

1.2.1.3. Les activités représentées

La FFESSM propose une quinzaine d'activités loisirs que l'on peut décliner en quatre grandes familles (Délégation à l'emploi et aux formations, 2005 ; FFESSM, 2019c) :

- les activités de plongée d'exploration en scaphandre (celles qui nous intéressent) : représentées par la plongée, au sens commun du terme, à l'air ou nitrox, mais également la photographie/vidéo ;
- les activités de plongée de loisir en apnée : représentées essentiellement par la PMT (palme-masque-tuba) et la pêche sous-marine ;

- les activités compétitives en plongée : concerne entre autres la pêche, le hockey, l'apnée, le tir sur cible ;
- les activités de plongée particulière en scaphandre : la plongée devient un moyen et non un but, exemple : archéologie, spéléologie et biologie.

1.2.1.4. Les niveaux

En France, la plongée est encadrée par le code du sport (Bertrand, 2012 ; Légifrance, 2010), qui distingue les aptitudes à la plongée encadrée (PE) et celle de la plongée autonome (PA). Le plongeur encadré est obligatoirement accompagné d'au moins un encadrant dit guide de palanqué de niveau 4 ou plus. Le plongeur autonome peut plonger avec d'autres plongeurs autonomes avec un minimum de 2 personnes et un maximum de 3 personnes. La plongée de l'ensemble des membres est placée sous l'ordre d'un directeur de plongée (Légifrance, 2012).

Les niveaux de plongées sont une simplification permettant de situer les connaissances théoriques et les aptitudes techniques du plongeur. Ils permettent également après ajustement, une comparaison avec les autres organismes internationaux (Légifrance, 2010).

On distingue ainsi (figure 1) :

- le niveau 1 : Possibilité de plonger encadré jusqu'à 20 mètres appelé PE-20 ;
- le niveau 2 : Possibilité de plonger encadré jusqu'à 40 mètres (PE-40) et de manière autonome jusqu'à 20 mètres (PA-20) ;
- le niveau 3 : Possibilité de plonger encadré jusqu'à 60 mètres (PE-60) et de manière autonome jusqu'à 60 mètres (PA-60) ;
- les niveaux 4 et plus : On parle ici, de guide de palanquée, de directeur de plongée, voire de niveau d'enseignement. La profondeur de plongée reste la même que celle du niveau 3, seules les responsabilités évoluent.

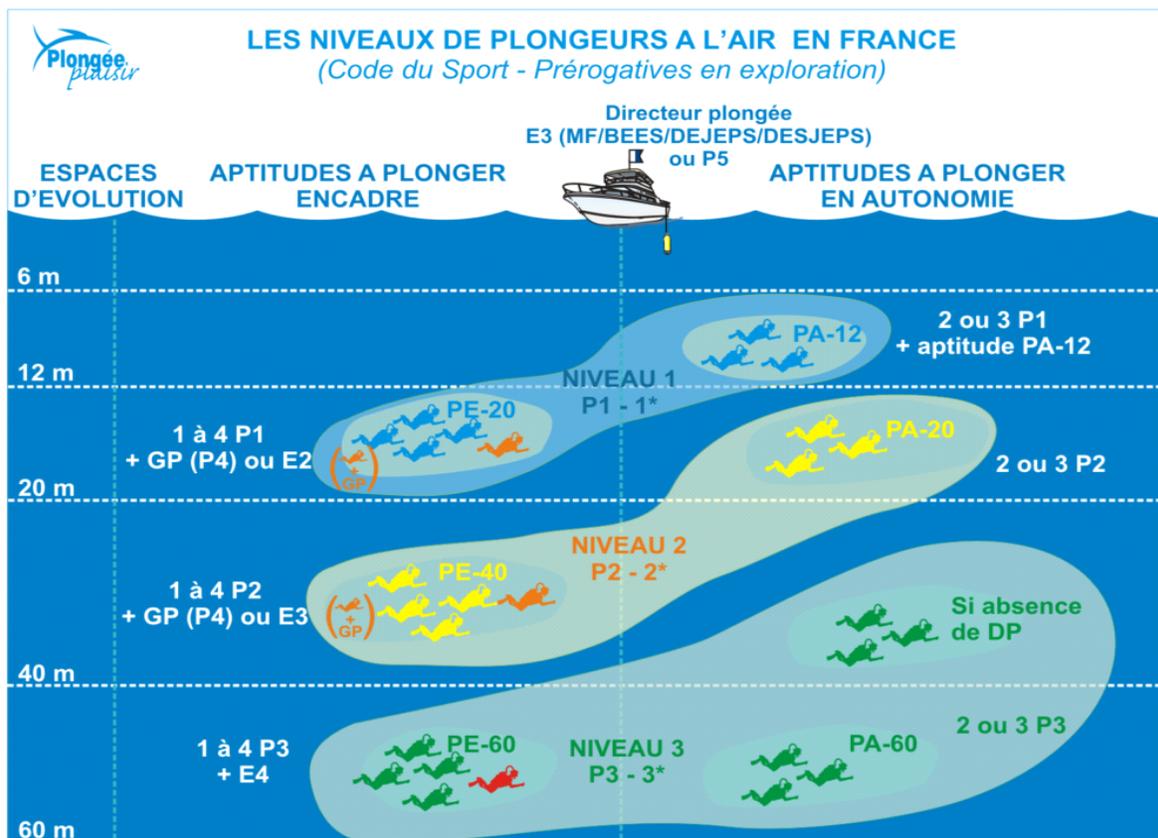


Figure 1 : Illustration des différents niveaux au sein de la FFESSM (Plongée Plaisir, site officiel).

1.3. Les risques encourus : état des lieux

1.3.1. Liste des risques rencontrés en plongée

Si un certain nombre des accidents sont graves et invalidants, ils sont pour la plupart statistiquement rares et maîtrisables (Vann et coll., 2013 ; Eichhorn et Leyk, 2015 ; Buzzacott et coll., 2019).

On peut classer les accidents en 5 grandes catégories (Brubakk et Neuman, 2002) :

- les accidents mécaniques : les barotraumatismes (causés par des variations de pressions) ;
- les accidents chimiques : dus aux réactions biochimiques de notre organisme ;

- les accidents biophysiques appelés aussi accidents de décompression attribuables à la dangerosité des bulles d'azote, provoqués par une baisse rapide de la pression environnante ;
- les accidents relatifs à l'état de santé du plongeur : les problèmes cardiaques dans la majorité des cas ;
- les accidents du milieu : piqûres, brûlures...

1.3.1.1. Les accidents mécaniques

Les accidents mécaniques regroupent l'ensemble des barotraumatismes qu'ils soient oculaires (plaquage du masque), sinusien, dentaire, otique, pulmonaire (on parle communément de surpression pulmonaire) et digestif (Brubakk et Neuman, 2002).

La liste est complétée par le vertige alternobarique conséquence d'une pression différentielle entre les deux oreilles et l'œdème aiguë du poumon résultant d'une défaillance de la barrière alvéolo-capillaire (Smith et coll., 2018).

1.3.1.2. Les accidents chimiques

Nombreux et variés, ils impliquent des dysrégulations dans l'homéostasie des échanges gazeux régulant le système respiratoire.

Les plus communs sont :

- la narcose à l'azote communément appelé ivresse des profondeurs (due à un excès d'azote, le risque est majoré à partir de 30 mètres et fortement augmenté à partir de 60 mètres) ;
- l'hyperoxie (due à une pression partielle en oxygène trop forte, lié au temps de plongée et à la pression partielle en oxygène, le risque est une crise de type épileptique) (Brubakk et Neuman, 2002).

Plus rarement, on retrouve :

- l'hypoxie (rare et dangereuse, le phénomène est difficilement décelable par le corps humain, celui-ci ayant du mal à détecter les différences de pression en oxygène, il détecte d'avantage les variations de dioxyde de carbone) ;

- l'hypercapnie (le niveau d'oxygène est normal, mais celui de dioxyde de carbone est augmenté ; la conséquence clinique est l'essoufflement, la cause est une défaillance du matériel) (Dunworth et coll., 2017) ;
- l'intoxication au monoxyde de carbone (celui-ci possède une affinité préférentielle à l'hémoglobine ; 200 fois supérieur à l'oxygène) ;
- le syndrome nerveux des hautes pressions (SNHP) qui touche les personnes restant trop longtemps dans des profondeurs extrêmes ; à partir de 100 mètres (ne concerne pas les plongeurs dit "loisir") (Jain, 1994).

1.3.1.3. Les accidents biophysiques

Les accidents de décompression conséquence de la loi d'Henry. La présence de bulles d'azotes associées à une baisse rapide de la pression environnante conduit à la formation de microbulles dans le sang pouvant mener à des embolies pulmonaires. Cet accident justifie à lui seul, l'utilisation des paliers de décompressions (Vann et coll., 2011).

1.3.1.4. Les accidents relatifs à l'état de santé du plongeur

Les problèmes cardiaques, neurologiques, la prise concomitante de médicaments comme les antidépresseurs ainsi que des pathologies sous-jacentes non diagnostiquées sont les plus à même de provoquer un accident de plongée (Vann et coll., 2013 ; Massey et Moon, 2014 ; Querido, 2017).

1.3.1.5. Les accidents du milieu

Représenté par la noyade, secondaire à la survenue d'autres problèmes. En effet, dans 70% des cas, le décès survient à la suite d'une noyade, cependant cette cause cache dans la majeure partie des cas, au moins un autre incident sous-jacent (barotraumatisme, problème cardiaque ou pulmonaire, défaillance du matériel, mauvais contrôle de la flottabilité) (Dénobe et coll., 2008 ; Buzzacott et coll., 2019).

On y retrouve plus minoritairement l'hypothermie, les coupures, plaies et blessures provoquées par des animaux.

1.3.2. Les risques majeurs rencontrés en plongée

En prenant en compte la gravité et le risque de survenu des accidents lors de la plongée, deux principaux risques sont à considérer :

- les accidents de désaturations dus à une bulle d'azote (ADD) (Pollock et Buteau, 2017) ;
- la surpression pulmonaire – due à une dilatation excessive des poumons – typique d'une remontée en surface d'urgence conduisant à la destruction alvéolaire (Lafère et coll., 2009).

Les statistiques des ADD sont difficiles à obtenir, les principaux organismes ne communiquant pas sur le sujet. On peut cependant avoir une idée sur les chiffres en France et prenant en compte le nombre de personnes admises dans les centres hyperbares.

Celui-ci, était estimé à environ 350 en 2013. Si on considère, 2 millions de plongée par an, on arrive à une incidence des ADD d'environ 2 pour 10 000 plongées. Une étude internationale conclue elle aussi sur un risque d'accidents de décompression de 2/10 000 ainsi qu'un risque d'incidents dit mineurs de 1,3% (Eichhorn et Leyk, 2015).

La société de physiologie et de médecine subaquatiques et hyperbares de langue française rappelle en 2013 que :

- tout signe qui apparaît dans les 24 heures qui suit une plongée est un accident de plongée jusqu'à preuve du contraire, y compris au décours d'une apnée ;
- toute erreur de procédure de décompression sans procédure de rattrapage, même sans signe, doit être prise en charge comme un accident de plongée ;
- tout accident de plongée doit bénéficier d'un avis médical hyperbare (Coulange, 2013).

Au sein de la FFESSM, il existe une formation de plongée appelé « réaction intervention face à un accident de plongée » (RIFAP) facultative jusqu'au niveau 2 et obligatoire à partir du niveau 3. Le but est de réduire le risque d'accidents graves, en formant les

plongeurs sur les différents protocoles et techniques de sauvetages en cas de problèmes graves durant la plongée (FFESSM, 2019d).

1.3.3. Risque de décès

Les différentes études menées au Japon, Canada ou États-Unis ont conclu à un taux de mortalité de 2 à 3 pour 100 000 plongées par an, correspondant à 15-30 décès pour 100 000 plongeurs par an (Vann et coll., 2013).

Chiffre que l'on peut mettre en perspective avec le risque de décéder à bord d'un véhicule motorisé qui est de 11,5 décès pour 100 000 conducteurs (Centers for disease control and prevention, 2019).

Ce qui place le risque de décès entre la randonnée de montagne (6 à 7 pour 100 000) et celui de l'escalade en montagne (55 à 60 pour 100 000) (Your Chances of Dying) (figure 2).

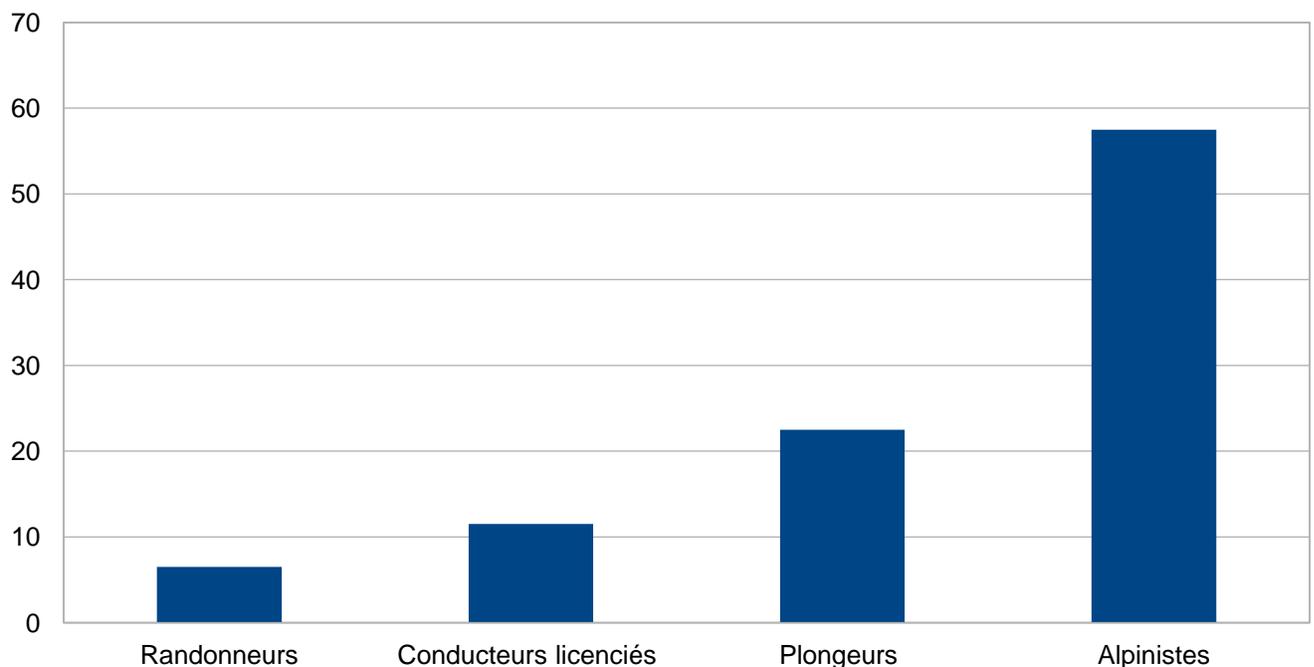


Figure 2 : Risque de décès pour 100 000 personnes selon la discipline aux États-Unis (document personnel).

En France, la FFESSM ne communique pas directement sur les statistiques de décès. Les chiffres ont été obtenu en recoupant les sites internet d'associations et les médias (Rigou et coll., 2013). En 2010, 23 morts ont été recensés ce qui correspondrait à 1 décès pour 100 000 plongées.

2. Les barodontalgies et barotraumatismes pendant la plongée

2.1. Introduction aux barodontalgies

2.1.1. Définition

Du grec "baro" qui signifie pression, "odonte" : dent, et algie : douleur. Elle correspond à une douleur dentaire causée par une variation de pression. Elle peut toucher toute personne soumise à des barovariations tels les pilotes, les plongeurs et plus rarement les alpinistes (Reinke, 2014 ; Sarazin, 2017). On parle de « *barodontalgia* » ou « *tooth squeeze* » en anglais.

Les dernières études tendent à prouver que la barodontalgie est un symptôme et non une pathologie, c'est à dire qu'elle sous-tend un état pathologique préalable, elle n'est donc que la manifestation d'une pathologie dentaire sous-jacente (Zadik, 2009a). La variation de pression agit comme un déclencheur.

La douleur n'est cependant pas à minimiser, elle peut être intense et compromettre la sécurité de la plongée (Jager et coll., 1997).

On va s'intéresser dans notre travail de thèse aux barodontalgies ayant lieu pendant la plongée. Les barodontalgies survenant au cours de la plongée partagent de nombreux points communs avec les autres barodontalgies retrouvées en aviation et en alpinisme mais possèdent également certaines spécificités que nous évoquerons dans notre manuscrit.

2.1.2. Historique

Découverte au début du XX^e siècle et mis en évidence dans les années 40 lors de la seconde guerre mondiale, suite à l'utilisation massive d'avions, on parlait à l'époque d'aérodontalgie (Robichaud et McNally, 2005). C'est seulement à partir de 1965, suite à la parution d'une étude de William Shiller (Shiller, 1965) et d'une proportion grimpante de plongeurs, que le terme générique barodontalgie va commencer à être adopté et remplacera définitivement celui d'aérodontalgie, dénomination considérée dès lors comme approximative. La recherche menée par William Shiller sur 45 plongeurs va poser les bases pour les décennies à venir sur les études modernes des barodontalgies en

milieu subaquatique. La douleur n'étant plus spécifique à l'aviation, mais décrit désormais un phénomène ayant pour origine un changement de pression, peu importe le milieu considéré.

Il est essentiel, avant d'expliquer précisément les phénomènes que l'on observe, de faire quelques rappels de physique élémentaire qui sont à la base des processus physiques intervenant dans les barodontalgies.

2.2. Rappel physique

2.2.1. La pression atmosphérique

La pression atmosphérique est définie comme la pression générée par une colonne d'air à un point donné. Si l'on prend comme référence un point sur Terre, cela correspond à la force (poids) exercée par une colonne d'air sur ce point jusqu'au sommet de l'atmosphère. Sur Terre, cela correspond donc à la pression qu'exerce l'air sur chaque objet.

Elle est historiquement mesurée à l'aide d'un baromètre en millimètre de mercure. On préfère aujourd'hui parler en atmosphère par commodité, ou en hectopascal afin de respecter le système international (Météo France, 2013). Avec : $1 \text{ atm} = 1013,25 \text{ hPa}$.

Au niveau de la mer, on se situe à 1 atmosphère. A mesure que l'on prend de l'altitude, la pression atmosphérique diminue (la quantité d'air y est de plus en plus rare) (Berberan Santos et coll., 1997). La pression atmosphérique est ainsi divisée par 2 à 5 500 m d'altitude, par 3 à 10 000 m (vol long-courrier) et par 10 à 16 000 m d'altitude (figure 3).

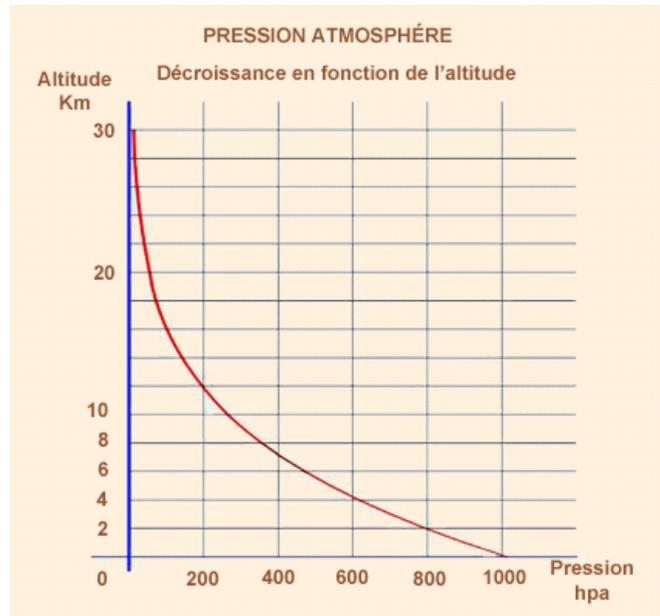


Figure 3 : Variation de la pression atmosphérique selon l'altitude (document personnel).

2.2.2. La pression hydrostatique

On retrouve un phénomène physique similaire au niveau de la mer : la pression hydrostatique. Elle représente la pression générée par une colonne d'eau à un point donné. Plus on est loin de la surface, plus la pression est élevée, car il faut tenir compte du poids de l'eau au-dessus de nous. Ainsi à 10 mètres de profondeur, chaque centimètre carré de notre peau supportera le poids d'un kilogramme d'eau (1 L d'eau = 1 kg) (Moon, 1999).

La pression à 10 m de profondeur est donc de 1 kg/cm² soit 1 atmosphère, à 20 m de profondeur elle est de 2 kg/cm² soit 2 atm, ... La figure 4 ci-dessous synthétise la variation de pression hydrostatique selon la profondeur.

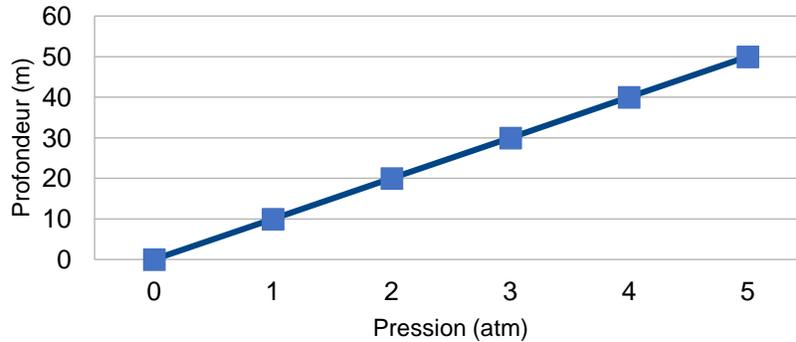


Figure 4 : Variation de la pression hydrostatique selon la profondeur (document personnel).

2.2.3. Pression relative et pression absolue

La pression hydrostatique que l'on obtient à 10 mètres de profondeur est exprimée en pression relative car on ne se réfère qu'au poids de l'eau. Si l'on veut intégrer le poids de l'atmosphère, afin de faciliter la comparaison entre les variations de pressions aériennes et hydriques, il faut parler en pression absolue :

$$P_{\text{absolue}} = P_{\text{relative}} + P_{\text{atmosphérique}}, \text{ avec } P_{\text{atmosphérique}} = 1$$

Par exemple, à 20 mètres de profondeur en plongée, on a une pression relative de 2 atm à laquelle on ajoute la pression atmosphérique de 1 atm si on veut parler en pression absolue :

$$P_{\text{absolue}} (\text{à } 20\text{m}) = 2 (20\text{m}) + 1 = 3 \text{ atm}$$

A partir de maintenant, par simplification et pour faciliter les comparaisons, on prendra comme référentiel la P_{absolue} .

2.2.4. La loi de Boyle-Mariotte

La loi de Boyle-Mariotte est une composante de la loi des gaz parfaits.

Elle permet de relier la pression et le volume en stipulant qu'à température constante, pour une quantité de matière donnée de gaz, le produit de la pression par le volume de ce gaz ne varie pas selon la formule :

$$P(1) \times V(1) = \text{constante}$$

Or, dans le référentiel qui est celui de la plongée, il est communément admis que l'air se comporte comme un gaz parfait dans des conditions inférieures à 10 atmosphères avec la température et la quantité de matière de gaz constante, ce qui nous permet d'utiliser la loi de Boyle Mariotte (Johnson et Berwal, 1932).

On a vu précédemment que la pression augmente avec la profondeur en plongée. Ainsi en suivant les principes de la loi de Boyle-Mariotte énoncés, si on multiplie la pression par 2 on divise le volume par 2 et inversement (Figure 5).

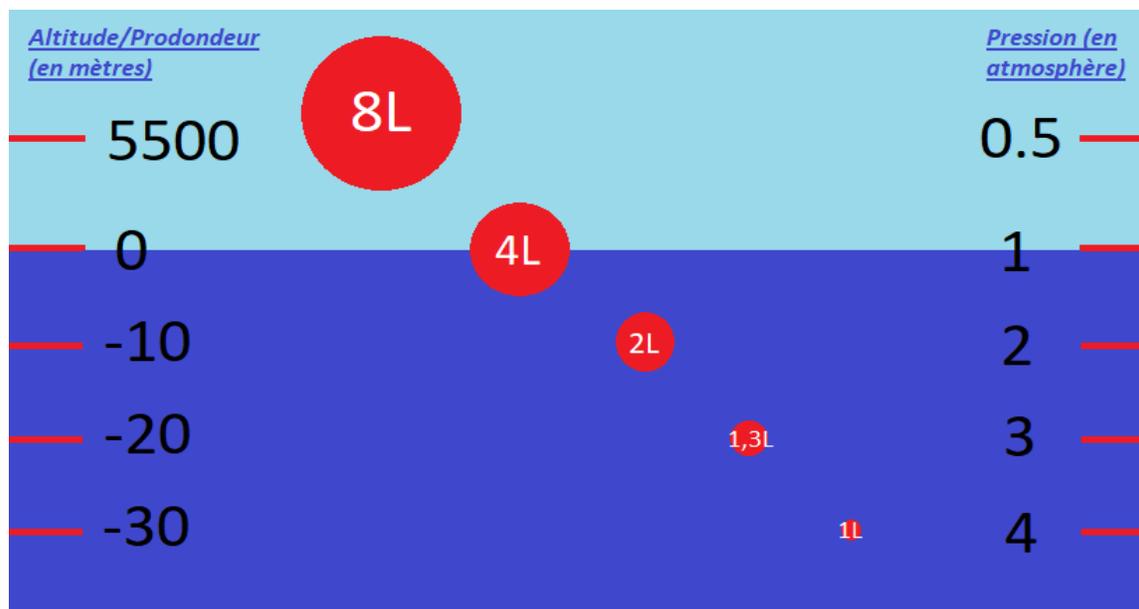


Figure 5 : Variation de volume selon la variation de pression (document personnel).

La compréhension de cette loi physique est fondamentale pour appréhender les mécanismes de barotraumatismes et de barodontalgies. Des différences de pressions se produisent dans le corps humain lorsqu'une cavité remplie de gaz ne peut pas communiquer avec l'extérieur et que la pression ne peut plus être égalisée.

2.3. Barodontalgie directe et indirecte : un symptôme, plusieurs origines

Strohaver propose en 1972 de diviser les barodontalgies en deux catégories (Strohaver, 1972) :

- les barodontalgies directes qui ont une origine dentaire, on parle ici de douleur dentaire primaire, car la douleur émane directement de la dent ;
- les barodontalgies indirectes qui ont une origine non dentaire, on parle d'une douleur dentaire secondaire. Subjectivement, le patient peut penser que la douleur vient effectivement de la dent, mais en réalité elle peut avoir pour origine une barosinusite, un barotraumatisme de l'oreille externe ou moyenne irradiant secondairement dans la dent via le nerf alvéolaire postéro-supérieur.

2.3.1. Les barodontalgies directes

2.3.1.1. Étiopathogénie

Les mécanismes de douleurs dues aux barodontalgies ne sont pas encore totalement élucidés. Dans une grande majorité des cas (environ 70 à 90% des occurrences) une variation de pression coïncidant à un état pulpaire pathologique préalable (carie secondaire, pulpite) semble être une condition préexistante pour l'apparition de barodontalgies.

La théorie populaire selon laquelle de l'air emprisonné dans une cavité avec un traitement de mauvaise qualité et qui aurait tendance à s'expandre et causer des douleurs lors de la remontée - qui s'explique dans le cas des barotraumatismes dentaires - est à ce jour non prouvé (Zadik, 2009b). Certaines études expérimentales n'ayant pas réussi à prouver ce paradigme (Devoe et Motley, 1945).

De nombreuses autres théories ont été avancées ces dernières années tels que : l'ischémie directe due à une inflammation ; l'ischémie indirecte due à une augmentation de la pression intra-pulpaire ; l'expansion des gaz intra-pulpaire ou encore un changement de pression barométrique sur une restauration défectueuse forçant les

fluides intra-oraux à être aspirés à l'intérieur des tubules dentinaires causant sensibilité et douleurs pulpaires. Aucune de ces hypothèses n'a pour l'instant fait consensus (Rauch, 1985 ; Zadik, 2009a).

On admet que 10 à 30% des barodontalgies pourraient avoir lieu sur des dents qui semblent saines. Carlson a en effet testé cette hypothèse d'une dent sans état pathologique préexistant sur des rats soumis à une pression de 3,73 atm, en observant la diffusion du bleu de méthylène. La douleur viendrait du fluide dentinaire qui serait sous l'effet de la surpression déplacée vers la cavité pulpaire provoquant une douleur aiguë sans nécessité d'une inflammation pulpaire préexistante (Carlson et coll., 1983). De nouvelles recherches sont à mener sur ce sujet.

2.3.1.2. Classification des barodontalgies directes

Plusieurs auteurs ont proposé de relier la symptomatologie à la biologie, afin de simplifier la démarche diagnostique.

Une classification a été présentée en 1982 par Ferjentsik et Aker qui divise les barodontalgies directes selon 4 catégories en prenant en compte le type de douleur (aiguë, lancinante, persistante) et la phase de plongée (ascension ou descente) (Ferjentsik et Aker, 1982) (tableau 1).

Tableau 1 : Classification des barodontalgies (d'après Ferjentsik et Aker, 1982).

Classe	Cause	Symptôme
I	Pulpite aiguë	Douleur aiguë lors de la remontée (momentanée)
II	Pulpite chronique	Douleur lancinante terne lors de la remontée
III	Pulpe nécrotique	Douleur lancinante terne lors de la descente
IV	Pathologie péri-radriculaire	Douleur forte et persistante lors de la remontée et/ou descente

Dans la majorité des cas :

- une douleur en descente est reliée à une pulpe non vitale / un accident barosinusique (on expliquera cette notion plus tard) / une douleur sur dent de sagesse incluse ;
- une douleur en remontée vive témoigne d'une inflammation pulpaire aiguë, tandis qu'une douleur sourde indique une pulpite chronique (Reinke, 2014) ;
- une pathologie péri-radriculaire donnera des douleurs en montée et en descente pouvant se prolonger à la fin de l'activité ;
- la douleur aurait tendance à se stopper une fois sortie de l'eau. Ainsi, une douleur qui ne cesse pas à l'arrêt de l'activité doit nous interroger sur irréversibilité de la pulpite ou sur la possibilité d'une barodontalgie indirecte (Nakdimon et Zadik ; 2019).

2.3.1.3. Diagnostic

La barodontalgie étant un symptôme, il est difficile d'obtenir un diagnostic certain, de par l'impossibilité pour le praticien de reproduire le facteur causal qui est le changement de pression. De plus, nous savons que dans notre pratique, il peut parfois être compliqué de demander à un patient de localiser précisément la douleur (Gonzalez et coll., 2004).

Une suspicion de barodontalgie doit donc mener le praticien à utiliser l'ensemble de son arsenal d'outils diagnostic : une anamnèse précise et concise, des tests de vitalité et de percussions ainsi que l'aide radiographique dans le but de retrouver la dent incriminée (Robichaud et McNally, 2005). Toute suspicion de carie secondaire, de restauration défectueuse ou d'élargissement ligamentaire doit alerter celui-ci.

On rappelle ici, que la douleur barodontalgique n'est qu'un signal en réponse à une pathologie sous-jacente tels qu'une carie, une restauration défectueuse, une pathologie péri radriculaire, une nécrose ou un kyste (Zadik, 2006).

2.3.1.4. Diagnostic différentiel

Il convient de différencier les barodontalgies avec une origine dentaire (appelée barodontalgie primaire ou barodontalgie vraie) qui sont du ressort de notre spécialité, des barodontalgies indirectes (barodontalgies secondaires) qui mènent à une douleur dentaire, mais qui sont plutôt du ressort de l'ORL.

Le diagnostic différentiel est à faire avec les barodontalgies indirectes représentées par :

- barotraumatisme de l'oreille externe ;
- barotraumatisme de l'oreille moyenne ;
- barotraumatisme du sinus maxillaire ;
- syndrome de l'articulation temporo mandibulaire (ATM) avec le respirateur appelé « *divers mouth syndrom* » (Raman et coll., 2020).

Si les barotraumatismes de l'oreille sont les plus courants, statistiquement parlant, c'est le barotraumatisme du sinus maxillaire (ou barosinusite maxillaire) qui est le principal facteur confondant connu avec la barodontalgie directe. Elle est toujours à exclure avant de poser le diagnostic d'une douleur d'origine dentaire. (Koriwchak et Werkhaven, 1994 ; Nakdimon et Zadik, 2019).

2.3.1.5. Facteurs de risques

On distingue les facteurs prédisposants qui augmentent le risque d'apparition des barodontalgies, des facteurs précipitants qui peuvent agir comme déclencheurs.

Parmi les facteurs prédisposants on retrouve :

- fêlures dentaire préexistantes ;
- reprises de caries sous obturation ;
- obturation non adaptée ;
- bruxisme.

Parmi les facteurs précipitants on distingue :

- bruxisme/para-fonction (les appareils tenus en bouche pendant la plongée type détendeur pourrait contribuer à l'abrasion dentaire) (Carlson et coll., 1983) ;
- basse température (documenté comme n'étant pas un facteur précipitant en aviation car la langue à un rôle protecteur dans le maintien de la température,

ce rôle est cependant plus compliqué à analyser en plongée, car les circonstances sont différentes (dû à la préhension du détenteur). Des recherches sont encore à mener (Gunepin et coll., 2010).

- la vitesse de variation de la pression (un cas documenté par Sognaes a été attribué à l'accélération) (Sognaes, 1946) ;
- la diminution de rétention des prothèses.

2.3.2. Les barodontalgies indirectes

2.3.2.1. Les barosinusites

2.3.2.1.1. Généralités

Les sinus sont des cavités aériennes paires situées de part et d'autre de la cavité nasale jouant un rôle de caisse de résonance vocale et d'allègement des os du crâne. Ils sont au nombre de 4 sinus paranasaux : sinus frontaux, maxillaires, ethmoïdaux, sphénoïdaux. Ils communiquent avec les fosses nasales par des petits orifices appelés *ostia*.

La barosinusite est une complication relativement courante en plongée, elle touche en majorité les sinus frontaux, ethmoïdaux et maxillaires. Le sinus frontal semble être le plus touché, tandis que la sinusite maxillaire est la mieux discernée radiologiquement (Fagan et coll., 1976). Cependant, en termes de diagnostic seule la sinusite maxillaire peut être confondue avec une barodontalgie (Fagan et coll., 1976 ; Lachkar et coll., 2016).

Les pathologies sinusiennes d'origine dentaire intéressent statistiquement par ordre de fréquence : la 1^{ère} molaire maxillaire, la 2^{ème} prémolaire maxillaire suivi par la 2^{ème} molaire maxillaire et la 1^{ère} prémolaire maxillaire.

2.3.2.1.2. Mécanismes

En condition normale, il y a un équilibrage de pression entre la cavité sinusienne et l'environnement externe. En condition pathologique lorsque l'un des *ostia* est obturé - typiquement lors d'un rhinosinusite – la communication naso-sinusienne s'en retrouve compromise et l'air ne peut plus rentrer dans le sinus, celui-ci devient sensible aux barovariations.

En descente, lorsque la muqueuse sinusale d'un plongeur est soumise à un vide relatif (dépression), il y a un œdème de la muqueuse et la formation d'un hématome sous-

muqueux peut survenir. En ascension, si le sinus est bouché le volume d'air augmente et va mener à des douleurs, des nécroses de la muqueuse voire une fracture de la paroi sinusale, on parle de *reverse squeeze* (pression inversée) (Livingstone et Lange, 2018 ; Misirovs et Mohamad, 2020).

2.3.2.1.3. Aspect clinique

L'incidence des barosinusites est deux fois plus élevée en descente, qu'en ascension. Le 1^{er} symptôme est la douleur (Hamilton-Farell et Bhattacharrya, 2004).

La symptomatologie peut être facilement confondue avec une douleur dentaire ; le sinus maxillaire et les dents maxillaires postérieures partageant une localisation intime et une innervation commune : la branche sous orbitaire (V2) du trijumeau (figure 6). Une épistaxis peut donner une orientation diagnostic.

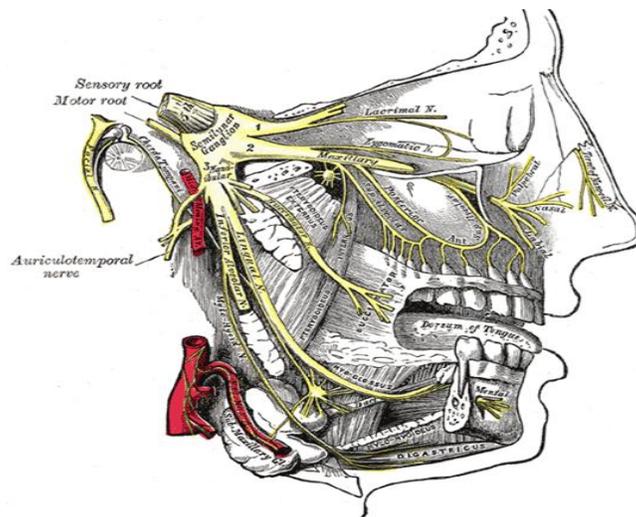


Figure 6 : Trajet du nerf trijumeau (Gray, 1918).

Il n'y a pas consensus sur l'impact des barotraumatismes du sinus sur les barodontalgies indirectes. Pour certains, une majorité des douleurs dentaires maxillaire en plongées ont pour origine les sinus maxillaires (Shiller, 1965 ; Gunepin et coll., 2016b) quand pour d'autres l'effet est minoritaire (Lachkar et coll., 2016).

2.3.2.2. Les otites barotraumatiques

2.3.2.2.1. *L'otite barotraumatique externe*

Lésion de la muqueuse du conduit externe due à un obstacle (généralement un bouchon d'oreille) (Hamilton-Farell et Bhattacharrya, 2004). L'obstacle crée un espace étanche à l'air, avec une pression localement négative, conduisant à l'aspiration des tissus épithéliaux, hémorragies et douleurs (Zadik, 2006).

Cette douleur peut être rarement confondue avec une douleur dentaire postérieure, de par l'innervation commune du nerf trigéminal, on parle de douleur référée.

2.3.2.2.2. *L'otite barotraumatique moyenne*

La différence de pression à lieu entre le conduit auditif externe et la cavité tympanique.

Pendant la descente présence d'une pression négative dans la cavité tympanique qui doit être équilibrée via une manœuvre de Valsalva (ou autre manœuvre d'équilibration des pressions). Si rien n'est fait, il y a une rétraction du tympan suivi d'une hémorragie et d'un engorgement vasculaire qui mène au barotraumatisme de l'oreille moyenne (Zadik, 2006).

2.3.2.3. Cas du *Divers Mouth Syndrom*

Le *Divers mouth syndrom* (syndrome buccal) a lieu lors du maintien du détendeur sur une longue durée. En effet, le maintien de celui-ci provoque une antéverson mandibulaire - maintenu par les incisives et canines mandibulaires - concomitant à un déficit d'occlusion postérieur. Une fatigue musculaire associée ou non à des troubles de l'ATM préexistant est susceptible de provoquer ce syndrome. Cette charge inégale sur l'ATM peut mener à une inflammation et à une douleur pouvant être confondue avec une barodontalgie (Aldridge et Fenlon, 2004 ; Robichaud et McNally, 2005). Selon le type d'embout utilisé, on modifie la répartition des charges sur l'ATM et sur les dents.

Nous pouvons l'illustrer par un cas rapporté dans la littérature. Un plongeur militaire de 39 ans présentant des douleurs lors de plongée à partir de 15 mètres qui cesse à la remontée : l'hypothèse diagnostic de départ est la barodontalgie. Après anamnèse, il a été constaté que la douleur apparaissait avec le détendeur en bouche. Après examen clinique, un contact prématuré dentaire est mis en évidence. La présence d'un détendeur non adapté a entraîné une occlusion traumatique sur la 26 qui était déjà affaiblie par la

présence d'un soin important et à une douleur évoquant une barodontalgie (Gunepin et coll., 2013). Le diagnostic de *Divers mouth syndrom* est posé.

Les problèmes d'ATM sont ainsi liés à la plongée et sont aggravés par l'utilisation d'un embout buccal de plongée non adapté. L'idéal serait d'utiliser un embout personnalisé ou semi personnalisé (Hobson et coll., 1991).

2.3.3. Différence diagnostic entre barodontalgie direct et indirect

Une classification basée sur la symptomatologie, l'historique de la dent, la clinique et la radiologie peut nous aider à distinguer les barodontalgies directes et indirectes (tableau 2) (Khalekar et coll., 2016 ; Lakshmi et Sakthi, 2014).

Tableau 2 : Différence entre barodontalgie direct ou indirect (Khalekar et coll., 2016 ; Lakshmi et Sakthi, 2014).

	<u>Barodontalgie direct</u>	<u>Barodontalgie indirect</u>
Cause	Maladie pulpaire et/ou périapicale	Barosinusite Otite barotraumatique
Aspect	<u>Si pulpite</u> : douleur durant la remontée. <u>Si pathologie périapicale</u> : douleur lors de la remontée ou de la descente	Douleur majoritairement à la descente qui se poursuit généralement à la remontée et en fin de plongée
Symptômes	<u>Pulpite irréversible</u> : douleur aiguë soudaine pénétrante <u>Pulpite réversible ou pulpe nécrotique</u> : douleur sourde, pulsatile <u>Périapical</u> : douleur forte continue	Douleur dentaire dans la région prémolaire/molaire maxillaire
Historique	Traitement dentaire récent Sensitivité au boisson froide, à la percussion, en mangeant	Sinusite antérieure Infection aiguë des voies respiratoires supérieures Otite à répétition
Clinique	Liaison carieuse extensive et/ou restauration défectueuse Douleur aiguë au froid ou au test de percussion	Douleur à la palpation du sinus Douleur lors du changement brusque de position de la tête Vertiges, nausées, vomissements
Radiologique	Carie pulpaire et/ou restauration proche de la chambre pulpaire Si pathologie périapicale : radio transparence péri apicale ou obturation endodontique inadéquate	Opacité dans le sinus maxillaire

2.4. Les barotraumatismes

2.4.1. Définition

Un barotraumatisme correspond à une lésion d'une cavité close ou semi-close provoquée par une brusque variation de pression, que l'on retrouve, par exemple, au cours d'une plongée sous-marine. La fermeture accidentelle de ces cavités par un événement fortuit, le plus souvent inflammatoire ou mécanique va empêcher toute communication avec l'extérieur et tout équilibrage des pressions. Ce différentiel de pression sera susceptible de provoquer un large spectre de pathologies : de l'incident mineur de type algie à l'accident majeur représenté par l'embolie gazeuse (Bove, 2014).

Comme vu précédemment, d'après la loi de Boyle-Mariotte, toute diminution de pression entraîne une augmentation du volume occupé par le gaz causant des phénomènes de compression sur les tissus adjacents ; alors qu'une augmentation de pression entraîne une diminution du volume causant des phénomènes d'aspirations tout aussi néfastes.

A noter que pour certaines cavités closes telles que les oreilles, un équilibrage des pressions est encore possible en cours de plongée par une manœuvre de Valsalva entre autres. Dans d'autres cas, comme dans les douleurs dentaires, il n'existe aucun moyen direct de rééquilibrer les pressions.

2.4.2. Zones concernées

De nombreuses zones peuvent être touchées, on y retrouve (Hamilton-Farell et Bhattacharrya, 2004) :

- barotraumatisme de l'oreille = otite barotraumatique (la plus fréquente) ;
- barotraumatisme du sinus = barosinusite ;
- barotraumatisme dentaire ;
- barotraumatisme des yeux = plaquage du masque ;
- barotraumatisme des poumons = surpression pulmonaire (le plus dangereux) ;

- barotraumatisme estomac/intestins/péritoine (quelques cas documentés dans la littérature).

Les barotraumatismes des oreilles, oculaires, dentaires et des sinus sont regroupés sous le terme générique de barotraumatismes orofaciaux (Gunepin et coll., 2010).

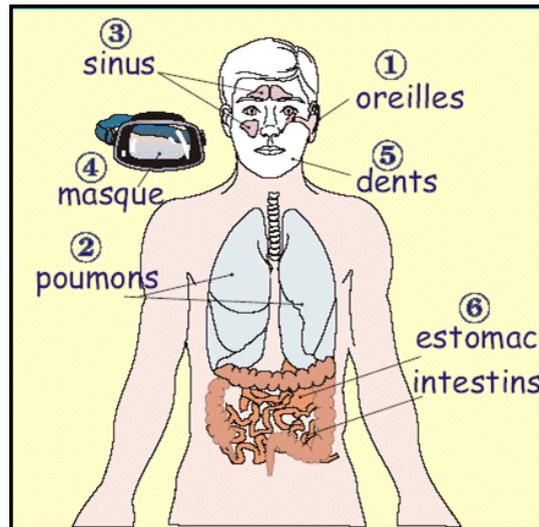


Figure 7 : Localisation préférentielle des barotraumatismes
(Les barotraumatismes, 2010).

2.4.3. Barotraumatisme dentaire

On parle de barotraumatisme dentaire pour désigner un ensemble de phénomènes traumatologiques causés par des barovariations touchant les dents. On y retrouve (Zadik, 2008) :

- les fractures dentaires ;
- les fractures d’obturations dentaires (tous deux réunis sous l’appellation d’*odontocrexis*) ;
- les réductions de rétention des restaurations dentaires (prothèse fixée ou amovible) (Musajo et coll., 1992 ; Kumar et coll., 2015).

Il est important d’assimiler que le barotraumatisme dentaire peut être associé ou non à une barodontalgie qui implique une notion de douleur (Boggia, 1998 ; Zadik, 2006).

Des restaurations déficientes ou défectueuses qui n'entraînent aucun problème à pression ambiante sont potentiellement dangereuses lors de barovariations. En effet, des poches d'air sont susceptibles de se former en cas de restaurations non étanches (pansement, infiltration via une carie secondaire, ou non-respect du protocole de collage/scellement aboutissant à une obturation de faible qualité) et, d'après les principes de la loi de Boyle-Mariotte, de provoquer fractures et descellements.

Un problème mineur à pression barométrique normale peut ainsi devenir un gros problème à pression hyper ou hypobarique.

Calder et Ramsey ont conclu en 1983, à l'aide d'une étude *in vitro* sur des dents préalablement extraites, que les principales causes de fractures d'obturations dentaires étaient des restaurations en mauvais états, suivi de reprises carieuses appelées caries secondaires (Gunepin et coll., 2010).

Le risque immédiat en cas de barotraumatisme dentaire est l'inhalation d'un fragment de dent/obturation (Peker et coll., 2009) qui peut mener à des difficultés respiratoires et à des remontées en urgence avec un risque de décompression.

3. Enquête

3.1. Introduction

Réputée à tort comme dangereuse, difficilement accessible ou encore élitiste, la plongée sous-marine a connu une explosion de sa pratique dans les années 1980. Sous l'impulsion d'un contexte économique favorable, d'une démocratisation des loisirs et de la modernisation du matériel (avancée technologique venant de l'armée). Aujourd'hui, la plongée est un sport répandu en France avec la présence de plus de 2 000 clubs sur notre territoire (France métropolitaine et Outre-mer). Environ 2,2 millions de plongées sont effectuées par an en France. Près de 140 000 français sont licenciés auprès de la FFESSM qui est la principale pourvoyeuse de licences de plongées sur le territoire national (FFESSM, 2020a).

Considérée par le passé comme sport extrême, on utilise de nos jours le terme de plongée loisir à des profondeurs inférieures à 40 mètres. Cependant, l'évolution de cette dénomination ne doit pas nous laisser tromper sur les risques inhérents à la pratique d'une telle activité sportive. Bien que rare, les risques en plongée sont particulièrement dangereux, du fait de leurs natures et de la présence d'un environnement non adapté à la vie humaine. Il est ainsi l'un des trois sports classés dans les disciplines sportives qui s'exercent dans un environnement spécifique et qui requiert un certificat médical annuel, afin d'obtenir une licence, alors que depuis 2016 la grande majorité des sports ne nécessitent plus qu'un certificat médical triennal pour obtenir une licence (Ministère chargé des sports, 2016). Les principaux risques que l'on retrouve chez les plongeurs sont les barotraumatismes (oreilles, sinus et dents), les accidents de décompression, les surpressions pulmonaires, les essoufflements, la narcose et l'hypothermie (Bove, 2014).

Les barodontalgies sont des douleurs dentaires qui surviennent lors de la plongée ou lors de vols en altitude. Elles sont dues aux variations de pression atmosphérique. Il ne s'agit pas d'une pathologie à part entière, mais d'un symptôme lié à la présence d'une pathologie, dentaire ou non, ou à un état bucco-dentaire prédisposant (Boggia, 1998 ; Shiller, 1965). La douleur peut être intense avec des vertiges et/ou une incapacité subite qui peuvent compromettre la sécurité de la plongée (Boggia, 1998 ; Zadik, 2006). Ces

variations de pression peuvent même engendrer des fractures dentaires en cas de carie ou défaut de restauration, on parle alors de barotraumatisme bucco-dentaire. Ce phénomène s'explique par la loi de Boyle et Mariotte qui stipule qu'à température constante le volume est inversement proportionnel à la pression exercée (Brandt, 2004). Une augmentation de la pression entraîne donc une diminution du volume gazeux, alors qu'une diminution de la pression entraîne l'effet inverse.

En milieu subaquatique, les barotraumatismes sont dus à la pression exercée au sein des cavités aériennes de l'organisme dont les parois sont indéformables (sinus, oreille moyenne ou dents) provoquée par la modification du volume gazeux lorsque la pression atmosphérique varie. Si les orifices de communication sont obstrués ou très étroits, l'air ne peut y pénétrer et l'équilibration des pressions devient impossible, engendrant un barotraumatisme. Les barotraumatismes dentaires peuvent se manifester sous la forme de fractures de la dent ou d'une restauration dentaire (Gunepin et coll., 2015).

Quelques études se sont déjà portées sur ce sujet chez les plongeurs dans divers pays. En 2005, 17,3% des plongeurs en Arabie Saoudite et au Koweït déclaraient avoir connu une barodontalgie (Al-Hajri et Al-Madi, 2006) contre 21% des plongeurs en Australie en 2009 (Jagger et coll., 2009). En France, seuls les plongeurs militaires ont bénéficié d'une étude qui a révélé que 7,3% d'entre eux avaient subi au moins une barodontalgie (Gunepin et coll., 2016a). Toutefois ces plongeurs militaires représentent une niche d'environ 2 000 plongeurs au sein des 140 000 plongeurs français licenciés et ne peuvent fournir des données applicables aux civils, car ces militaires sont très suivis sur le plan médical (Gunepin et coll., 2015). Aucune étude ne s'est – à notre connaissance – portée sur les plongeurs civils français, et il semble important de voir s'ils sont autant sujets aux barodontalgies que les plongeurs étudiés en Arabie Saoudite. Au Koweït et en Australie, les plongeurs semblent relativement épargnés par cette symptomatologie comme les plongeurs militaires français.

Si la prévalence des barodontalgies et barotraumatismes bucco-dentaires se révèle importante chez les plongeurs licenciés en France, il faudra alors envisager une meilleure communication et formation au sein des clubs de plongée ; car la prévention bucco-

dentaire de ces symptômes et fractures sont possibles en effectuant des contrôles réguliers et une prise en charge adéquate chez le chirurgien-dentiste.

3.2. Objectifs

L'objectif principal de l'étude était d'estimer la prévalence des barodontalgies chez les plongeurs licenciés à la FFESSM en France.

Les objectifs secondaires étaient de :

- décrire les facteurs associés aux barodontalgies chez les plongeurs (âge, sexe, niveau de plongée, nombre de plongées, profondeur et phase de plongée, secteur et état dentaire, fréquence de consultations dentaires, sinusite) ;
- déterminer la prévalence des barotraumatismes dentaire chez les plongeurs.

3.3. Matériels et méthodes

3.3.1. Type d'étude et déroulement

Une étude épidémiologique observationnelle descriptive et analytique de type transversal chez les plongeurs licenciés en France métropolitaine et d'Outre-mer a été réalisée. L'enquête comprenait un questionnaire auto-administré disponible en ligne entre septembre et décembre 2020.

3.3.2. Population d'étude

Les sujets étudiés étaient les plongeurs licenciés auprès de la FFESSM dans différents clubs de plongée. Les clubs étaient répartis sur le territoire de France métropolitaine et d'Outre-mer.

3.3.2.1. Critères d'inclusion

Les critères d'inclusion des sujets étaient :

- être un plongeur licencié ;
- posséder la validation du niveau 1 (équivalent à un minimum de 5 plongées) ;
- avoir au moins 16 ans ;

- savoir lire et écrire français ;
- accepter de répondre au questionnaire.

Pour une bonne compréhension du questionnaire et la capacité à pouvoir le remplir de façon autonome, la limite d'âge a été fixée à 16 ans ; ce qui correspond à l'âge minimal pour passer le niveau 2.

3.3.2.2. Critères d'exclusions

Les questionnaires présentant des données manquantes ou incohérentes affectant l'analyse des données ont été exclus de l'étude. Ainsi, une personne a été exclue pour des données aberrantes (99 ans et 789 barodontalgies) et 8 données ont été supprimées par manque de cohérence mais sans exclure les autres réponses données par le plongeur (concerne 7 personnes qui ont déclaré un chiffre d'ancienneté en plongée supérieur à leur âge et 1 personne qui a déclaré 100 barodontalgies).

3.3.2.3. Taille de l'échantillon

Le calcul du nombre de sujet nécessaire a été réalisé avec le logiciel EpilInfo® (version 7.2.2.6), selon la formule : $n \geq \frac{Z^2 \alpha / 2NP(1-P)}{(N-1)\epsilon^2 + Z^2 \alpha / 2NP(1-P)}$. Pour cela, il a été retenu une population cible (N) de 140 000 plongeurs licenciés auprès de la FFESSM et en choisissant un risque alpha (α) de 5%, et une proportion (P) approximative de barodontalgies de 20,0 % en accord avec l'étude de Yousef qui a été menée parmi 154 plongeurs civils en Arabie Saoudite (Yousef et coll., 2015). L'étude transversale nécessitait le recrutement d'un échantillon (n) d'au moins 245 plongeurs français.

3.3.3. Aspects éthiques et réglementaires

Afin de mener cette étude, nous avons rédigé un protocole de recherche qui a été envoyé à la délégation à la recherche clinique et à l'innovation (DRCI) du CHRU de Nancy et qui a ensuite été validé par le comité d'éthique du CHRU (saisine n° 283) (annexe 1).

Une note d'information destinée aux plongeurs accompagnait le lien au questionnaire (annexe 2).

3.3.4. Le questionnaire

3.3.4.1. Mise en place

Le questionnaire (annexe 2) était anonyme. Ce questionnaire a été mis en ligne et administré sur Google-Form®. Il était inspiré des questionnaires de Al-Hajri et Al-Madi, Jagger et coll., et Gunepin et coll. (Al-Hajri et Al-Madi, 2006 ; Jagger et coll., 2009 ; Gunepin et coll., 2016a). Il comprenait une première partie de données générales sur le plongeur (sexe, âge, ancienneté de la pratique de, localisation du club, niveau de plongée, type de plongée pratiqué majoritairement, nombre de plongées réalisées), puis une deuxième partie sur les éventuelles expériences de barodontalgies et barotraumatismes bucco-dentaires avec une investigation sur la survenue du ou des éventuels barodontalgies (phase et profondeur de plongée, secteur dentaire concerné, ...). Enfin une troisième partie portait sur la prévention bucco-dentaire (fréquence de visite chez le dentiste, ...).

Le questionnaire a été testé par cinq plongeurs (un chirurgien-dentiste et quatre plongeurs n'ayant aucune connaissance particulière en odontologie) afin de vérifier la bonne compréhension des questions et le temps nécessaire au remplissage du questionnaire. Les questions fermées à choix multiples ont été largement privilégiées permettant une analyse et des comparaisons plus aisées avec ce qu'on retrouve dans la littérature.

Les termes jugés trop techniques ont été précisés pour s'assurer de leur bonne compréhension.

3.3.4.2. Diffusion du questionnaire

Les différents clubs ont été contacté en utilisant le module de recherche de club que l'on retrouve sur le site de la FFESSM qui liste la totalité de ceux-ci.

La communication a eu lieu en deux temps :

- le premier contact via téléphone avec le directeur de la structure a eu pour objectif de présenter l'étude, de solliciter son accord pour la diffusion du questionnaire et d'obtenir son e-mail afin qu'il le diffuse parmi ces membres ;

- le second contact via mail comprenait la transmission du lien menant au questionnaire internet ainsi qu'une note d'information en pièce jointe expliquant les enjeux de l'enquête. Il a aussi été demandé un retour pour évaluer le nombre de personnes ayant reçu l'enquête afin de calculer le taux de réponse.

Le lien du questionnaire a aussi été diffusé via un groupe Facebook de plongée (figure 8).

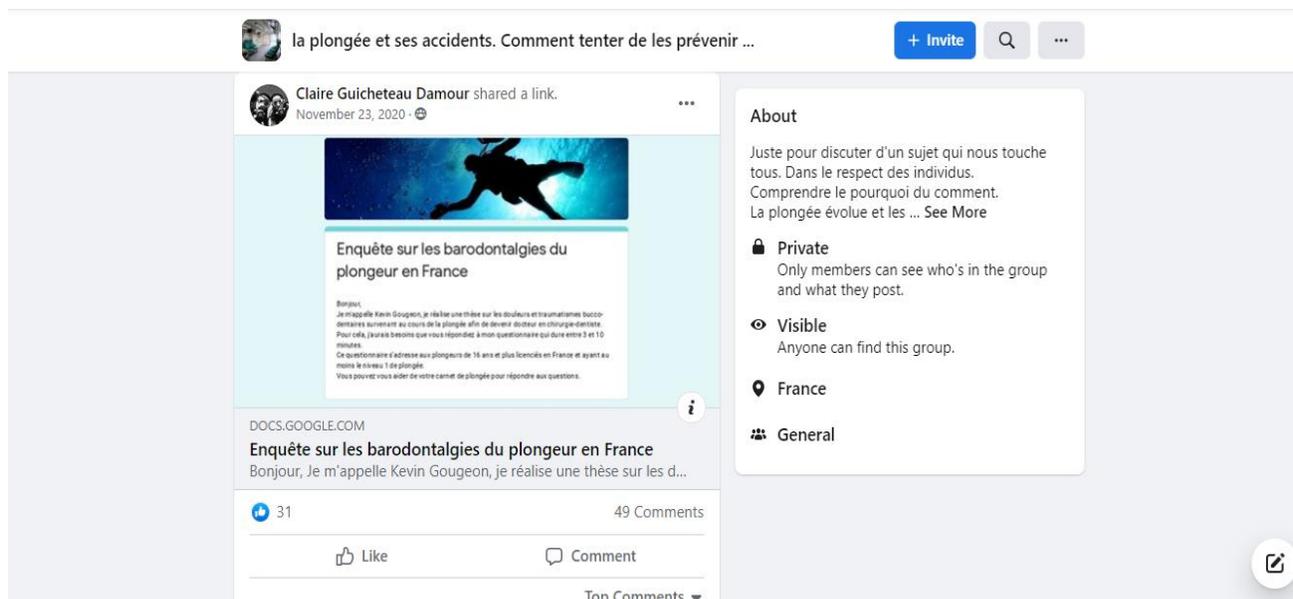


Figure 8 : Capture d'écran du questionnaire diffusé via Facebook (document personnel).

3.3.5. Analyse statistique

L'extraction des données recueillies en ligne a été faite sur Microsoft Excel® puis l'analyse statistique a été réalisée à l'aide du logiciel RStudio® (version 1.1.456).

3.3.5.1. Analyse descriptive

De manière générale, les données qualitatives (sexe, niveau de plongée profondeur et phase de plongée, ...) ont été décrites par leur fréquence et leur pourcentage. Le nombre de données manquantes a également été présenté.

Les données quantitatives (âge, nombre de plongées, nombre de barodontalgies, ...) ont été décrites par le nombre de sujets, la moyenne et l'écart-type (ou la médiane et l'espace

interquartile si distribution non normale), le minimum, le maximum et le nombre de données manquantes.

À partir de ces données, les prévalences des barodontalgies et des barotraumatismes bucco-dentaires ont été calculées.

3.3.5.2. Analyse comparative

Les données fournies par l'analyse ont permis ensuite de déterminer les éventuels facteurs associés à la survenue de barodontalgies chez les plongeurs : niveau de plongée, nombre de plongées, profondeur et phase de plongée, secteur dentaire, ...

Il a été procédé à des analyses univariées pour étudier les associations à l'aide de tests du chi-2 ou des tests de Fisher lorsque les fréquences attendues étaient inférieures à 5 pour les variables qualitatives. Pour les variables quantitatives le test de Mann-Whitney a été utilisé dû à une distribution non normale des valeurs (analysée par le test de Shapiro-Wilk). Le degré de significativité a été fixé à une valeur $p < 0,05$.

3.4. Résultats

3.4.1. Caractérisation des répondants

Un total de 684 plongeurs a répondu, comprenant 447 hommes (65,4%) et 237 femmes (34,6%) avec un âge moyen de 48 ± 12 ans (intervalle : 18-78 ans).

Les répondants étaient issus de centre de plongée répartis sur 278 villes et 82 départements (77 départements métropolitains et 5 Drom/Com représentés par la Guadeloupe, la Guyane, la Martinique, la Réunion et Mayotte) (figure 9).

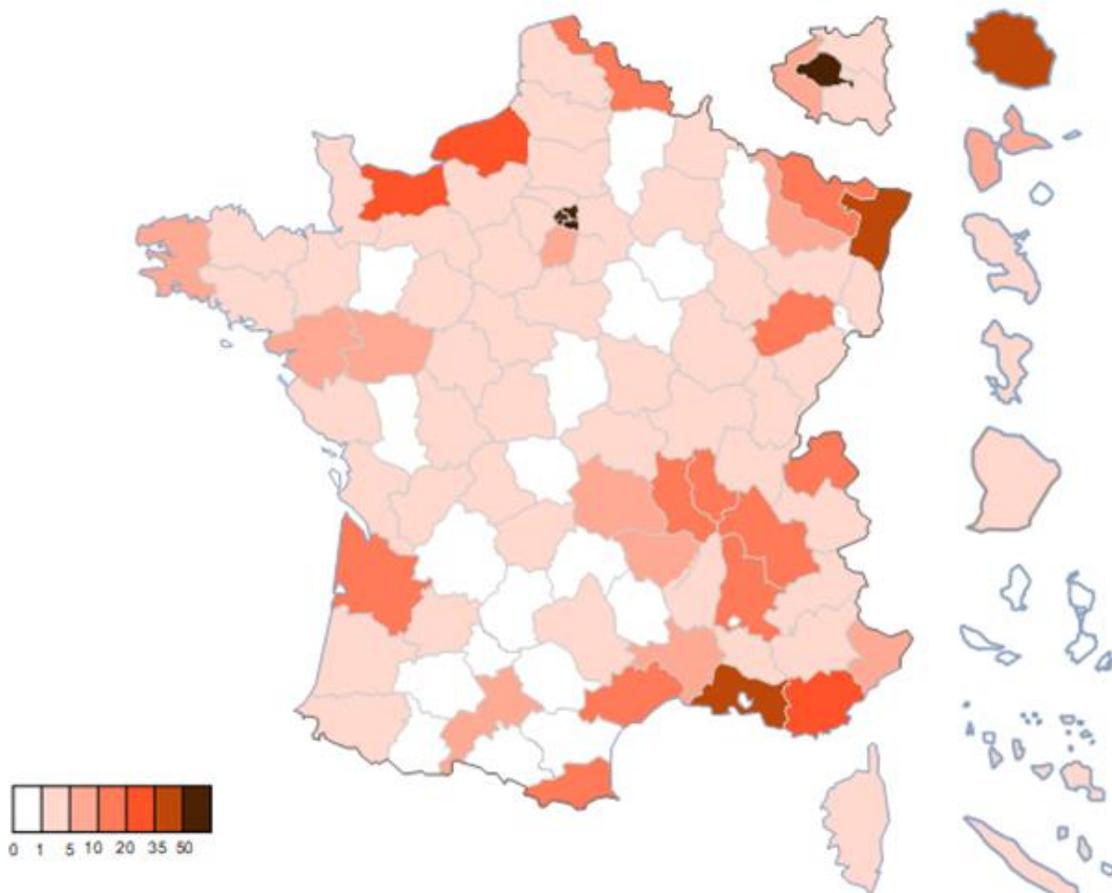


Figure 9 : Nombre de répondants par département (document personnel).

La moyenne d'expérience en plongée retrouvée était de 17 ± 12 ans (intervalle : 1-60 ans). La majorité des plongeurs (55,0%) possédaient au moins le niveau 4 et 84,5% des participants déclaraient avoir plongé au moins 80 fois (tableau 3).

Tableau 3 : Caractéristiques générales des 684 plongeurs (document personnel).

	Moyenne \pm IC	Intervalle
Age (en année)	48 \pm 12	18-78
Années de plongée	17 \pm 12	1-60
	n	%
Genre		
Femme	237	34,6
Homme	447	65,4
Niveau de plongée		
Niveau 1	42	6,1
Niveau 2	96	14
Niveau 3	170	24,9
Niveau 4 et plus	376	55
Nombre de plongées effectuées		
1 à 20	25	3,7
21 à 40	24	3,5
41 à 60	30	4,4
61 à 80	27	3,9
81 et plus	578	84,5

3.4.2. Traumatologie

3.4.2.1. Prévalence des barodontalgies

Parmi les répondants, 128 personnes (**18,7 %**) déclaraient avoir déjà connu au moins un épisode de barodontalgie, 12,0 % au moins deux et 2,9 % plus de dix.

Avec 521 occurrences pour 128 individus, le nombre de barodontalgies recensées par personne variait entre 1 et 40 épisodes, pour une moyenne à $4,1 \pm 5,7$ épisodes et une médiane à 2,0 épisodes. La figure 10 représente la distribution du nombre d'épisodes recensés chez les personnes s'étant plaint d'au moins un épisode barodontalgique.

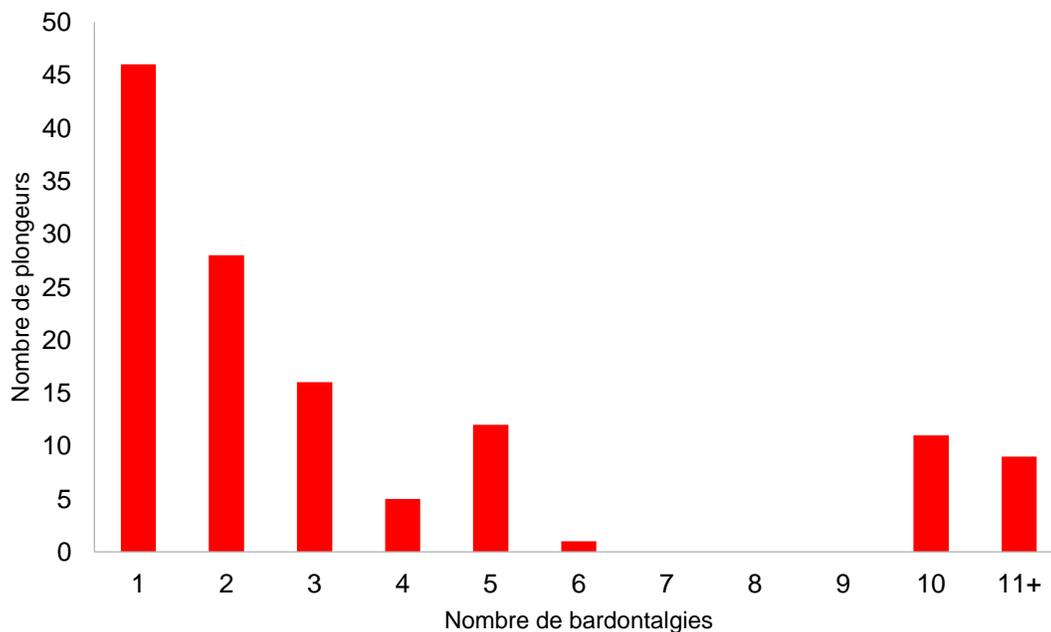


Figure 10 : Nombre d'épisodes barodontalgiques recensés par plongeur (document personnel).

On note que dans 64% des cas (82/128) les personnes ayant connu une barodontalgie, en ont connu au moins une seconde sans qu'on puisse préciser si la douleur a eu lieu sur la même dent ou une autre.

3.4.2.2. Conditions d'apparitions des barodontalgies

Parmi les 128 personnes ayant déclaré une douleur dentaire 73,4% d'entre elles avaient eu lieu à moins de 20 mètres de profondeurs. Une majorité d'occurrences s'est produite à une profondeur inférieure à 10 m (42,1%) (tableau 4).

Concernant la phase de plongée, on dénombre sensiblement le même nombre d'épisodes de barodontalgies en ascension qu'en descente (tableau 4).

Tableau 4 : Phase de plongée et profondeur d'apparition des barodontalgies (document personnel).

Apparition de la douleur	n	%
Phase d'apparition - profondeur de plongée (n = 152)		
10 mètres et moins	64	42,1
11 à 20 mètres	51	33,6
21 à 40 mètres	18	11,8
Plus de 41 mètres	6	3,9
Ne sais plus	13	8,6
Phase d'apparition - phase de plongée (n = 153)		
Ascension	64	41,9
Descente	62	40,5
Exploration	21	13,7
Ne sais plus	6	3,9

3.4.2.3. Localisation dentaire des barodontalgies

Sur les 128 personnes ayant déclaré une barodontalgie, la douleur était apparue pour une majorité d'entre eux sur l'arcade maxillaire (55,2%) et les dents postérieures (81,2%). (tableau 5).

Tableau 5 : Secteurs dentaires concernés par les barodontalgies (document personnel).

Dents concernées	n	%
Sens antéro-postérieur (n=133)		
Antérieures	18	13,5
Postérieures	108	81,2
Ne sais plus	7	5,3
Arcades (n=145)		
Supérieures	80	55,2
Inférieures	54	37,2
Ne sais plus	11	7,6

On s'est également intéressé à l'état dentaire lors de la survenue de la barodontalgie, en questionnant les plongeurs sur une éventuelle connaissance d'un ancien soin ou d'une carie sur la dent incriminée. Aux dires de ceux-ci, la douleur était apparue sur une dent soignée pour 50,0% des intéressés (tableau 6).

Tableau 6 : Condition dentaire au moment de la barodontalgie (N=128 plongeurs)
(document personnel).

	n	%
Dent soignée	68	50,0
Dent saine	28	20,6
Dent cariée	27	19,8
Ne se souvient plus	13	9,6

Cas particulier de la sinusite :

On a voulu vérifier dans quelle proportion la sinusite était associée à la douleur dentaire, en s'intéressant exclusivement aux personnes qui ont connu une douleur sur les dents du haut. Parmi les 80 personnes ayant connu au moins une barodontalgie sur l'arcade supérieure, 28 personnes (35%) ont répondu qu'une sinusite était concomitante.

3.4.2.4. Les barotraumatismes dentaires

Parmi les 684 personnes interrogées, nous avons retrouvé un total de 10,1% (66) de barotraumatismes dentaires.

En détail, sur 695 événements recensés, les principaux problèmes retrouvés ont été une fracture ou perte d'obturation dans 4,2% des cas, des descellements d'une couronne dans 2,3% des cas, des fractures dentaires avec 2,0% d'occurrences et une combinaison de ces 3 problèmes dans 1,6% des cas.

3.4.3. Éducation, prévention, relation patient dentiste et place du carnet dans la plongée

Dans certains cas, la barodontalgie peut entraîner des conséquences sévères. Ainsi, 21,9% (28) plongeurs ont été contraints à l'arrêt de l'activité et 75,0 % ont consulté un praticien à la suite de leur épisode barodontalgique.

La majorité des plongeurs ne notaient pas leurs épisodes barodontalgiques et barotraumatiques dans leur carnet de plongée avec respectivement 7,8% et 31,0% qui les déclarent systématiquement contre 13,3% et 11,0% uniquement pour les accidents majeurs (tableau 7).

Tableau 7 : Notification dans le carnet de plongée (document personnel).

	n	%
Notez-vous les épisodes de barodontalgie ? (n=128)		
Oui, pour les fortes douleurs ou douleurs persistantes	17	13,3
Oui, systématiquement	10	7,8
Non	101	78,9
Notez-vous les barotraumatismes ? (n=212)		
Oui, pour les accidents majeurs	23	11,0
Oui, systématiquement	66	31,0
Non	123	58,0

Concernant la relation patient/praticien, 92,5% (633) des plongeurs estimaient être suffisamment informés de l'importance d'un bon état bucco-dentaire lors de plongées et 87,3% (597) déclaraient préciser leur qualité de plongeur à leur chirurgien-dentiste.

Il est intéressant de noter que 64,5% des plongeurs pensaient qu'il est important de consulter leur chirurgien-dentiste en cas de douleur dentaire et 32,3% en cas de fortes douleurs seulement.

Enfin 55,0% (376) déclaraient aller chez leur chirurgien-dentiste 1 fois par an ; 18,1% (124) 2 fois par an ; 26,9% (184) moins d'une fois par an. A noter qu'il n'a été retrouvé aucun lien statistique entre la survenue d'une barodontalgie et d'un barotraumatisme dentaire chez les plongeurs certifiant se rendre chez leur chirurgien-dentiste moins d'une fois par an par rapport à ceux s'y rendant plus d'une fois par an (respectivement $p = 0,33$ et $p = 0,19$).

3.4.4. Analyse du risque barodontalgique/barotraumatique en fonction des caractéristiques des plongeurs

La survenue des barodontalgies n'était statistiquement pas reliée au genre ($p = 0,37$), à l'âge ($p = 0,79$), au nombre d'années de plongées ($p = 0,06$) ou au niveau de plongée ($p = 0,15$).

On retrouvait cependant, une prévalence de barodontalgie significativement plus élevée chez les personnes ayant respectivement moins de 20 plongées, moins de 40 plongées (28% et 16,7%) et celles beaucoup plus expérimentées qui comptabilisent plus de 81

plongées (19,9%) par rapport aux personnes ayant effectué entre 41 et 80 plongées, respectivement 3,3 et 3,7% de barodontalgies ($p = 0,02$).

Concernant les barotraumatismes dentaires, leurs occurrences étaient significativement plus élevées chez les hommes (12,3%) que les femmes (5,9%) ($p = 0,008$), et augmentaient significativement en fonction de l'âge ($p < 0,001$), du nombre d'années de plongée ($p < 0,001$) et du niveau de plongée ($p = 0,04$) (tableau 8).

Tableau 8 : Risque barodontalgique/barotraumatique en fonction des caractéristiques des plongeurs (document personnel).

	Barodontalgie			Barotraumatisme dentaire		
	Oui	Non	p	Oui	Non	p
Age en année (moyenne±IC)	48±12	48±12	0.79 ^M	53±9	47±12	<0.001 ^M
Année de plongée (moyenne±IC)	19±13	17±12	0.06 ^M	23±13	16±12	<0.001 ^M
	n/N	%	p	n/N	%	p
Genre						
Femme	40/237	16.9	0.37 ^X	14/237	5.9	0.008 ^X
Homme	88/447	19.7		55/447	12.3	
Niveau de plongée						
Niveau 1	8/42	19.0	0.15 ^X	1/42	2.4	0.04 ^F
Niveau 2	11/96	11.5		5/96	5.2	
Niveau 3	29/170	17.1		15/170	8.8	
Niveau 4 et plus	80/376	21.3		48/376	12.8	
Nombre de plongée						
1 à 20	7/25	28.0	0.02 ^F	1/25	4.0	0.28 ^F
21 à 40	4/24	16.7		2/24	8.3	
41 à 60	1/30	3.3		0/30	0.0	
61 à 80	1/27	3.7		3/27	11.1	
81 et plus	115/578	19.9		63/578	10.9	

M : Test de Mann-Whitney ; F : Test de Fisher ; X : Test du chi-2

3.5. Discussion

3.5.1. Représentativité vis-à-vis de la population générale

L'échantillon étudié de 684 personnes représente environ 0,48% des inscrits à la FFESSM. La proportion hommes / femmes est proche des dernières enquêtes menées par la FFESSM qui a retrouvée 67% d'homme au sein de la fédération pour 65,4 % ici et 33% de femme pour 34,6 % dans cette étude (FFESSM, 2020b).

Le taux de réponse est inconnu dans cette étude. En effet, malgré plusieurs relances aux directeurs de plongées, nous n'avons pas toujours obtenu satisfaction. De plus, le questionnaire a également été diffusé sur Facebook par certains membres.

De ce fait, l'effectif initial ayant eu accès au questionnaire est inconnu. Ces éléments expliquent que le taux de participation n'a pas pu être calculé.

Une grande majorité des départements français y est concernée avec une représentation plus importante des régions Île de France, Bretagne, Provence-Alpes-Côte-D'azur et Auvergne-Rhône-Alpes ce qui est en adéquation avec la densité de clubs que l'on y retrouve (FFESSM, 2021a).

Parmi les 684 participants, la répartition des tranches d'âges de notre échantillon versus les données nationales est de : pour les 20-29 ans (9,4% vs 11,2%), les 30-39ans (15,2% vs 15,1%), les 40-49ans (26,5% vs 18,5%), les 50-59 ans (31,4% vs 24,2%) et les plus de 60 ans (17,3% vs 21%) (FFESSM, 2020a).

Enfin, la répartition des niveaux de plongée de notre échantillon versus les données nationales diffère ; avec un niveau plus élevé au sein de notre échantillon : niveau 1 (6,1 % contre 64%), niveau 2 (14,0 % contre 24%), niveau 3 (24,9% contre 9%) et niveau 4 ou plus (55,0 % contre 3%) (Délégation à l'emploi et aux formations, 2005).

3.5.2. Comparaison aux autres études sur le domaine

3.5.2.1. Prévalence des barodontalgies

On a comparé les résultats obtenus à ceux des barodontalgies toutes causes et toutes populations confondues.

Nakdimon et Zadik ont résumé dans une méta-analyse de 2019 la différence de données entre aviation et plongée ainsi qu'entre civils et militaires (Nakdimon et Zadik, 2019) (tableau 9).

Tableau 9 : Fréquences de barodontalgies selon aviateur/plongeur, civil/militaire (Zadik, 2006).

Population	Vol : n (%)	Plongée : n (%)	Total : n (%)
Civile	44 (6,5)	139 (12,8)	183 (10,4)
Militaire	70 (5,4)	96 (7,3)	166 (6,4)
Total	114 (5,8)	288 (9,8)	402 (8,2)

Les résultats que nous avons obtenu sont donc en accord avec les études publiées jusqu'alors. Le taux de barodontalgie est plus élevé chez les plongeurs que les aviateurs et plus élevé chez les civils que les militaires (Ranna et coll., 2016).

En plus d'observer une différence entre civils et militaires en partie explicable par une disparité de suivi bucco-dentaire entre ces deux populations (Bas et coll., 2020 ; Pegon-Machat et coll., 2018), on note également une différence entre le personnel volant et les plongeurs (Nakdimon et Zadik, 2019). L'explication pourrait être double et d'ordre physique :

- d'une part les variations de pressions en plongée sont plus importantes et plus forte qu'en altitude. En effet, il faut seulement descendre à 10 m de profondeur pour passer de 1 à 2 atm en plongée, alors qu'il faut 5 500 m d'altitude pour passer de 1 à 0,5 atm (facteur 2). Les avions commerciaux volent en moyenne à 10 000 m d'altitude sous une cabine pressurisée à 2 000-2 500 mètres, les variations de pression sont donc plus lentes et moins importantes qu'en plongée sous-marine (Nakdimon et Zadik, 2019). Les

recherches tendent à prouver que le gradient de pression est un facteur contribuant (Kieser et Holborow, 1997).

- l'autre explication impliquerait les sinus ; qui seraient d'avantages responsables de barodontalgies en plongée qu'en aviation. Les rhinosinusites semblent plus fréquentes chez les plongeurs (Klingmann et coll., 2007).

Il semble donc souhaitable d'exclure les barodontalgies aériennes pour la suite de l'étude afin de confronter des chiffres comparables.

Dans notre enquête, on retrouve 18,7% de barodontalgies, ce qui s'inscrit dans une fourchette de résultats habituellement retrouvée dans la littérature :

- proche des 16,2% de l'étude menée au Koweït (Shshtari H et coll., 2020) et des 17,3% de celle supervisée en Arabie Saoudite/Koweït (Al-Hajri et Al-Madi, 2006) ;
- moins élevé que les 35% retrouvés en Arabie Saoudite (Aldakhil et coll., 2018) ;
- supérieur au 9,2% retrouvé aux États unis et en Australie (Taylor et coll., 2003).

La prévalence de barodontalgie renseignée ces dernières années est comprise dans un intervalle de 7,3% à 52,3%.

La totalité – à l'exception d'une – des études préalablement menées sur les barodontalgies en plongée ont également utilisé un questionnaire rétrospectif, car il est difficile de suivre les plongeurs sur une longue durée. Notre étude rentre donc dans le pool des études déjà effectuées (tableau 10).

Tableau 10 : Récapitulatif et comparaisons aux autres études sur le domaine (document personnel).

Auteurs	Lieu	Date de parution	Type d'étude	Population étudiée	Taux de réponses (nombre de répondants)	Barodontal gie	Douleur sinus	Douleur mâchoire	Perte/casse restauration dentaire	Perte couronne/ inlay / onlay	Perte morceau dents
Gougeon et coll.	France	2021	Q, R, A,	Civils	NR (684)	18,7%	4,1% du total / 22,8% des barodontal gies	10,7%	5,7%	2,8%	3,4% (Fêlure comprise)
Alwohaibi et coll.	Arabie Saoudite	2020	Q, R, A,	Militaires	77% (216)	52,3%	46,5%	13,9%	/	/	/
Shshtari et coll.	Koweït	2020	Q, R, A,	Civils	88,2 % (150)	16,2%	32,2%	22,1%	4,0%	2,8%	1,4%
Onose et coll.	Japon	2019	Q, R, A,	Civils	NR (269)	17,8%	/	15,7%	/	12,0%	/
Ranna et coll.	Us	2016	Q, R, I,	Civils	NR (100)	17,0 %	/	9,0 %	1,0 %	2,0%	/
Aldakhil et coll.	Arabie Saoudite	2018	Q, R,	Civils	100% (60)	35,0%	25,0%	30,0%	/	/	/

Gunepin et coll.	France	2016	Q, R,	Militaires	94,8% (1317)	7,30 %	/	/	3,6%	0,6%	0,8%
Yousef et coll.	Arabie Saoudite	2015	Q, R, A,	Civils	98,0% (166)	19%	/	19,5%	/	/	/
Zanotta et coll.	Suisse	2014	Q, R, I,	Civils, militaires	69,3% (520)	10,2%	7,3%	11,3%	5,0%	0,8%	0,5%
Jagger et coll.	Australie/Us	2009	Q, R,	Civils	62,5% (125)	21%	17%	16%	<1,0%	0%	/
Al Hajri et Al Madi	Arabie Saoudite/ Koweït	2006	Q, R,	Civils	NR (127)	17,3%	/	/	/	/	/
Taylor et coll.	Australie/Us	2000	Q, R,	Civils	NR (709)	9,2%	34,6%	/	/	/	/
Goethe et coll.	Allemagne	1989	S,	Militaires	NR (2580)	/	/	/	/	/	/
Shiller	États Unis	1961-1964	Q, Ec, Cr, Ar	Militaires	NR (45)	/	37% des barodontalgies	/	/	/	/

Q : questionnaire / R : rétrospectif / A : auto-administré / I : interview / S : Suivi (sur 9 ans) / Ec : examen clinique / Cr : contrôle radiologique / NR : Non renseigné / Ar : Analyse rétrospective

On peut s'interroger sur l'existence de profil de patient à haut facteur de risque pour les barodontalgies.

3.5.2.2. Le plongeur à risque barodontalgique : caractéristiques générales

Comme vu précédemment, le genre n'est pas associé à un risque accru de barodontalgies ($p = 0,37$). Peu d'études disponibles sont discriminantes sur le genre, de part une surreprésentation des hommes dans les résultats publiés jusqu'alors (notamment pour les études menées auprès des militaires).

Deux études menées aux États-Unis et en Australie proposent un nombre de femmes suffisant pour conclure et retrouvent des résultats similaires aux nôtres (Jagger et coll., 2009 ; Ranna et coll., 2016).

Seul, le nombre de plongées est relié statistiquement aux barodontalgies ($p = 0,02$) avec deux pics à risques barodontalgiques (tableau 8), que l'on peut expliquer de la façon suivante :

- chez les plongeurs à moins de 40 plongées par la présence d'une pathologie latente non diagnostiquée qui se « réveille » (type pulpite chronique, parodontite apicale chronique, sinusite chronique). Ce qui expliquerait que 50,0% (4/8) d'entre eux pensent que la douleur a été déclenché sur une dent saine ;
- pour ceux à plus de 81 plongées : 16,6% (13/80) d'entre eux seulement déclarent que la barodontalgie a eu lieu sur dent saine, alors qu'ils sont 51,6% (41/80) à penser que la douleur concernait une dent déjà préalablement soignée. Une hypothèse probable serait qu'avec le temps - indépendamment de l'âge et du niveau de plongée qui ne témoignent pas du nombre de plongées - la multiplicité des soins dentaires et des plongées pourraient jouer un rôle dans l'apparition de la douleur.

3.5.2.3. Place de l'historique dentaire du plongeur dans les barodontalgies

La majorité des barodontalgies déclarées l'ont été sur des dents avec un possible état pathologique préalable (50,0% déjà restaurées, 20,0% cariées) (tableau 9). La revue de la littérature de Zadik sur le domaine retrouve des résultats similaires (Zadik, 2010) : à savoir que la majorité des barodontalgies ont eu lieu sur des dents déjà restaurées

(environ 40%), 9,7% liées à une barosinusite et 10 à 20% des cas sur des dents saines sans que l'on puisse précisément l'expliquer.

Une étude espagnole a comparé l'évolution de l'indice CAO (nombre de dents cariées, absentes, obturées) entre les personnes ayant été confronté à une barodontalgie et ceux n'en ayant pas connu, pendant 5 ans chez le personnel volant. Un plus grand nombre d'amalgames, de traitements endodontiques et de dents remplacées par des prothèses fixées a été observé parmi ceux qui souffraient de douleurs (Gonzalez, 2004). Ces valeurs sont à prendre avec précaution, l'étude concerne des pilotes et non des plongeurs.

Les barodontalgies seraient plus amènes d'arriver chez le plongeur avec une carie, une infection dentaire, une extraction ou une obturation dentaire récente (Duarte et Abu-Youssef, 2018). Malheureusement, la date et la raison de la dernière visite n'a pas été investiguée dans notre étude, nous ne pouvons pas corréliser barodontalgie et soins récents.

3.5.2.4. Circonstance d'apparition des barodontalgies

Notre étude montre que les barodontalgies se déclenchent pour l'écrasante majorité entre 0 et 20 mètres (plus de 70,0% des cas). Cette tendance est unanimement partagée par le reste de la littérature sur le sujet mais peu d'études ont jusqu'à présent analysé spécifiquement la profondeur d'apparition des barodontalgies (Zadik, 2010 ; Al-Hajri et Al-Madi 2006).

On a précisé l'intervalle qui était fixé jusqu'alors de 0 à 18-20 mètres par deux intervalles distincts de 0-10 mètres contenant 41,6% d'occurrences et de 10-20 mètres comprenant 33,1% d'occurrences.

Comme expliqué précédemment, les dix premiers mètres voient la pression absolue multiplier par deux – multiplicateur qui décroît par la suite tous les 10 mètres – ce qui représente le plus gros écart de pression absolue sur une plage de 10 mètres. Les barodontalgies suivent la logique de l'otite barotraumatique et sont donc plus fréquentes dans les premiers mètres de la plongée (Al-Hajri et Al-Madi, 2006).

Avec un taux de barodontalgies similaires en ascension et en descente (tableau 4), on ne retrouve pas la dynamique partagée par plusieurs études qui constatent que les

barodontalgies touchent d'avantages les plongeurs lors des descentes que lors des ascensions (Gunepin et coll., 2016a ; Al-Hajri et Al-Madi, 2006 ; Shiller, 1965 ; Ranna et coll., 2016). Comme vu dans la partie II, la barodontalgie est un symptôme qui sous-tend une pathologie sous-jacente. Selon la nature de celle-ci, les douleurs auront tendance à se déclarer plutôt en ascension ou en descente (Zadik., 2009b ; Ferjentsik et Aker, 1982).

3.5.2.5. Localisation préférentielle des barodontalgies

Les barodontalgies affectent en majorité les dents postérieures dans notre étude (81,2%), dans l'étude de Zanotta (78,8%) et celle de Ranna (65,9%) (Zanotta et coll., 2014 ; Ranna et coll., 2016). Ce ratio en faveur des dents postérieures serait la conséquence de dents postérieures d'avantages touchées par les caries et comportant en moyenne d'avantages de soins que les dents antérieures (Masood et coll., 2005 ; Broadbent et coll., 2013). Caries et obturations étant tous deux des facteurs de risques connus de barodontalgies (Zadik, 2009a ; Zadik et Drucker, 2011).

Concernant la localisation maxillo-mandibulaire : 55,2% de personnes ont connu une douleur sur l'arcade supérieure contre 37,2% sur l'arcade inférieure, on obtient un ratio de **1,48** en faveur de l'arcade supérieure. Les dents maxillaires sont plus touchées et on retrouve le même résultat chez Shiller qui avait déjà fait cette constatation en 1965, en parlant du rôle essentiel du sinus dans les barodontalgies ; rejoint plus tard par Gunepin (Shiller, 1965 ; Gunepin et coll., 2016a).

3.5.2.6. Rôle des sinus dans les barodontalgies

La sinusite maxillaire comme développée dans la partie II, peut être un facteur confondant avec la barodontalgie directe, on parle de barodontalgie indirecte. Le barotraumatisme du sinus maxillaire entraîne la barodontalgie ressentie au niveau de la dent mais l'origine n'est pas dentaire à proprement parlé.

Sur les 80 personnes interrogées ayant expérimenté une douleur maxillaire, 28 personnes (35%) évoquent une sinusite maxillaire associée, soit 22,4% (28/128) des barodontalgies avec une possible origine sinusienne.

Il semble exister une relation d'interrelation entre plongée, rhinite chronique, sinusite et barodontalgie. En effet, les plongeurs sont plus exposés aux rhinites chroniques

(Klingmann et coll., 2007), qui est un facteur de risque de barotraumatisme sinusien, lui-même facteur de risque de barodontalgie.

A noter, qu'en soustrayant les personnes ayant déclaré des barodontalgies liées à une sinusite on se retrouve avec une proportion similaire entre barodontalgie d'origine maxillaire et mandibulaire (52 barodontalgies maxillaires contre 54 barodontalgies mandibulaires). On obtient un ratio de 1,04 en faveur de l'arcade inférieure après cette correction. Ce que confirme le rôle potentiellement non négligeable des sinus dans les barodontalgies dentaires. Cette différence que l'on observe sur les études traitant des barodontalgies pendant la plongée n'est pas partagée par les études se basant sur le personnel volant, ce qui vient renforcer la responsabilité du sinus (Zadik, 2010).

3.5.2.7. Barotraumatismes et plongée

Avec 10,1% d'occurrences, les barotraumatismes dentaires ne sont pas à négliger. Ils sont deux fois moins nombreux que les barodontalgies, mais sont cependant deux fois mieux renseignés dans les carnets de plongée, imputable au caractère alarmant de ces accidents.

Les études menées sur les militaires français et des professionnels de la plongée en Suisse retrouvent respectivement 5,3% et 6,3% de barotraumatismes dentaires (Gunepin et coll., 2015 ; Zanotta, 2014). Dans ces études ils interviennent majoritairement sur des dents avec des obturations non conformes. L'augmentation de la pression durant la plongée affecterait les obturations générant fissures et porosités avec une perte d'étanchéité à l'interface dent/obturation (Duarte et Abu-Youssef, 2018 ; Mocquot et coll., 2017).

La différence significative ($p = 0,008$) qu'on retrouve entre les hommes (12,3%) et les femmes (5,9%) n'avait pas encore été documenté dans la littérature à notre connaissance. De futures recherches sont à mener sur ce domaine afin de confirmer ou infirmer cette hypothèse et d'en rechercher la ou les causes.

Contrairement aux barodontalgies, l'âge ($p < 0,001$), le nombre d'années de plongée ($p < 0,001$) et le niveau de plongée ($p = 0,04$) sont des facteurs significativement associés à la survenue des barotraumatismes dentaires.

Une étude de Goethe datant de 1989 sur une population mixte de sous mariniens allemands, de *frogmen* et plongeurs est la seule étude longitudinale à ce jour s'intéressant aux plongeurs au long terme. L'étude s'est intéressée à plus de 13 618 restaurations sur 2 580 personnes et a conclu à un plus grand nombre de dents manquantes et de dents couronnées sur 10 ans, chez les personnes étant exposées à des pressions hyperbariques, avec plus 300% de dents manquantes et plus 900% de couronnes. L'étude conclue que la pression dentaire hyperbarique répétée pourrait être un facteur de détérioration dentaire (Goethe et coll, 1989).

3.5.2.8. Place de la consultation dentaire dans l'expression des barodontalgies

Dans notre étude 73,1% des plongeurs consultent leur dentiste au moins une fois par an comparativement au 88,5% des plongeurs militaires français (Gunepin et coll., 2015).

Parmi les plongeurs militaires, il a été retrouvé un plus grand pourcentage de barodontalgies chez les plongeurs ayant été soumis à un examen dentaire moins d'une fois par an (14,5%) en comparaison aux plongeurs qui avaient un examen dentaire une fois par an ou plus (6,3%) ($p < 0,001$) (Gunepin et coll., 2016a).

Cependant, la fréquence des visites dentaires n'affecte pas significativement l'occurrence des barodontalgies ($p = 0,33$) et on retrouve un plus grand nombre d'occurrences parmi les plongeurs qui ont consulté leur dentiste au moins une fois par année (19,6%) en comparaison avec les plongeurs qui se sont rendus chez leur dentiste moins d'une fois par an (16,3%). Il est probable que les plongeurs aient rendu visites à leur dentiste plus fréquemment en raison d'antécédents de maladie dentaire révélés lors d'une plongée.

La fréquence des visites dentaires n'est probablement pas l'unique moyen de prévenir les barodontalgies. Parmi les plongeurs qui ont reporté une barodontalgie 64,1% en ont déclaré une seconde malgré le fait que 75,0% d'entre eux se soit rendu chez leur dentiste après l'épisode barodontalgique.

3.5.3. Limites et forces de l'étude

La principale limite est la nature rétrospective de l'étude via l'utilisation d'un questionnaire auto-administré, responsable de biais de mémoires et subjectivité.

En théorie, tous les incidents sont inscrits dans le carnet de plongée, cependant dans les faits près de 80% des participants déclarent ne pas avoir noté tous leurs épisodes de barodontalgie/barotraumatisme dentaire. Il est donc possible que certaines barodontalgies ou barotraumatismes dentaires aient été oublié ou ignoré, surtout ceux de moindre importance (douleurs mineures).

Le questionnaire auto-administré est la méthode préférentielle utilisée dans la majorité des études sur les barodontalgies à l'exception d'une étude incluant huit plongeurs (Duarte et Abu-Youssef, 2018) et d'une seconde impliquant 29 membres du personnels aériens (Zadik et coll., 2007).

La principale force a été la diversité de représentation de l'échantillon national qui a inclus 684 plongeurs - ce qui représente trois fois plus de répondants que le minimum espérait - hommes et femmes de toute la France, âgés de 18 à 78 ans, avec une solide expérience.

Celle-ci menée parmi les plongeurs civils français vient compléter le pool existant d'études françaises présentes dans la littérature parmi les plongeurs militaires français (Gunepin et coll., 2015 ; Gunepin et coll., 2016a) et les pilotes ou membre d'équipage militaires ou civils français (Laval-Meunier, 2013).

L'originalité de notre étude est qu'elle tente d'établir le lien entre les barodontalgies maxillaires et les barosinusites. De plus, les résultats obtenus ont également permis de chiffrer le nombre de barotraumatismes et d'y appliquer une analyse statistique. Enfin, l'aspect prévention a été pris en compte afin de juger de l'importance qu'accorde le plongeur aux barodontalgies, à la place du dentiste dans son parcours de soins et de quantifier le nombre de personnes ayant été contraints à l'arrêt de l'activité.

3.6. Conclusion de l'étude

Le nombre de barodontalgies et de barotraumatismes dentaires retrouvés est non négligeable parmi les plongeurs civils étudiés.

L'analyse menée a permis de mettre en évidence un certain nombre de facteurs favorables aux barodontalgies qui sont le nombre de plongées, la profondeur de plongée, la localisation anatomique de la dent incriminée, la présence de restaurations ainsi que la présence d'une pathologie dentaire sous-jacente. L'implication des barotraumatismes du sinus dans la survenue des barodontalgies en plongée justifie également l'interdiction de toute activité en cas de sinusite avant plongée.

Cet ensemble de facteurs rend l'existence possible de patient à plus haut risque de barodontalgie. Typiquement un plongeur avec de nombreux soins dentaires sur le secteur maxillo-postérieur, avec présence de lésion apicale non diagnostiquée ou plongeant avec une sinusite maxillaire semble plus à risque qu'une personne sans soins dentaires.

En ce qui concerne les barotraumatismes, le sexe semble jouer un rôle sans qu'une hypothèse tangible est plus être donnée. L'âge et le nombre d'années de plongées est également statistiquement en cause.

Dans les années à venir, l'accent doit être mis sur la qualité des rendez-vous préventifs des plongeurs en insistant entre autres sur le rôle essentiel du contrôle radiologique, en compléments d'autres points que nous allons voir dans la dernière partie.

4. Les barodontalgies : recommandations et bonnes pratiques

4.1. Le plongeur et sa responsabilité

Contrairement aux douleurs de l'oreille moyenne ou l'on apprend aux plongeurs à réaliser des manœuvres d'équilibrage et à ralentir la descente pour continuer la plongée en toute sécurité ; la barodontalgie ne peut être résolue sans l'intervention d'un dentiste, elle doit être traitée comme un incident de plongée.

La responsabilité du plongeur est engagée vis-à-vis des barodontalgies. S'il y a un doute sur l'origine de la douleur et que celle-ci est persistante malgré les manœuvres d'équilibrages et remontées préventives, deux réflexes sont à avoir :

- dans un premier temps, arrêter la plongée sous peine de s'exposer à un risque plus grave ;
- dans un second temps, consulter son chirurgien-dentiste afin de reprendre l'activité dans des conditions optimales de sécurité.

Le Fédération dentaire internationale (FDI) recommande une consultation annuelle pour les plongeurs subaquatiques (Lynch et Deaton, 2014).

4.2. La FFESSM et sa formation

Les barodontalgies ne sont pas des phénomènes isolés. L'incidence estimée à 18,7% dans notre étude doit alerter les formateurs à insister sur un phénomène enseigné, mais encore trop largement négligé et sous-estimé par les adhérents.

Le rôle des fédérations comme la FFESSM est de faire le lien entre plongeurs et chirurgiens-dentistes. Si un effort est consenti, on regrette l'absence d'un examen dentaire obligatoire standardisé et normalisé. Une réflexion est à mener dans les années à venir.

4.3. Le chirurgien-dentiste et ses connaissances

4.3.1. La consultation dentaire chez le plongeur

Le jour de la consultation une attention particulière doit être portée à toute pathologie pulpaire présumée : carie, pathologie périapicale ainsi qu'un dépistage d'éventuels parafonctions (Gunepin et coll., 2014). Les obturations défectueuses (reprise carieuse, mobilité, mauvaise adaptation marginale, fractures) devront être reprises (Robichaud et McNally, 2005). Le maintien et la qualité des prothèses fixées et amovibles seront vérifiés, et les soins temporaires en bouche (couronne temporaire, obturation temporaire) évités (Gulve et Gulve, 2013).

Pour cela le chirurgien-dentiste utilisera tous les moyens qu'il juge nécessaire en sa possession : anamnèse, test de vitalité, test de percussions et radiologie.

Si un patient vient au cabinet avec une suspicion de barodontalgie : toujours chercher à exclure la barosinusite maxillaire et porter une attention particulière aux dents postérieures, aux soins larges et profonds, et aux dents préalablement soignées, d'autant plus si le soin est récent.

4.3.2. Traitement des barodontalgies

La classification proposée en 1982 par Ferjentsik et Aker a été reprise par la FDI en la précisant et en incluant les possibilités de traitements, dans l'optique d'aider le chirurgien-dentiste dans sa prise de décision (tableau 11) (Kumar et coll., 2015).

Tableau 11 : Lien entre barodontalgies et traitements dentaires, d'après la FDI (Khalekar et coll., 2016).

	Plainte	Clinique	Diagnostic	Traitement
Classe I	<ul style="list-style-type: none"> - Douleur aiguë momentanée durant la remontée (décompression) - Asymptomatique en descente et par la suite 	<ul style="list-style-type: none"> - Carie ou adaptation d'une restauration inadéquate - La dent est vitale - Pas de pathologie périapicale associée 	Pulpite aiguë	<ul style="list-style-type: none"> - Oxyde de zinc eugénoïl temporaire suivi d'une restauration permanente si pulpite réversible - Après 2 semaines, thérapie endodontique si pulpite irréversible
Classe II	<ul style="list-style-type: none"> - Douleur palpitante sourde (lancinante) durant la remontée (décompression) - Asymptomatique en descente et ensuite 	<ul style="list-style-type: none"> - Carie profonde ou adaptation de restauration inadéquate - La dent est vitale/ ou non vitale - Pas de pathologie périapicale associée 	Pulpite chronique	Thérapie canalaire endodontique ou extraction de la dent non restaurable
Classe III	<ul style="list-style-type: none"> - Douleur palpitante sourde (lancinante) durant descente - Asymptomatique en remontée et par la suite 	<ul style="list-style-type: none"> - Carie ou restauration - La dent est non vitale - Pathologie périapicale associée 	Pulpe nécrotique	Thérapie canalaire endodontique ou extraction de la dent non restaurable
Classe IV	<ul style="list-style-type: none"> - Douleur sévère persistante après remontée ou la descente 	<ul style="list-style-type: none"> - Carie ou restauration - Dent est non vitale - Pathologie périapicale associée 	Abcès périapical ou kyste	Thérapie canalaire et/ou chirurgie ou extraction de la dent non restaurable

4.3.3. Matériaux et protocole dentaire : piste d'amélioration dans la prévention des barodontalgies

4.3.3.1. Quels matériaux choisir ?

Les résines composites qui ne cessent d'évoluer sont de plus en plus représentées, mais nécessitent un suivi du protocole adhésif du fabricant rigoureux afin de profiter pleinement de leur potentiel. Il convient de limiter la formation de bulles lors de la mise en place qui pourraient compromettre la pérennité des restaurations composites et générer des barotraumatismes dentaires.

Plusieurs techniques sont possibles : tels que l'adjonction de résine fluide en fond de cavité, l'utilisation d'instruments générant des vibrations ou le recourt à des résines composites réchauffées. Mocquot a prouvé, en 2017, via une étude expérimentale sur des dents préalablement extraites et soumises à des pressions hyperbariques de 40 à 50 mètres que des résines composites comportant des porosités étaient plus sensibles aux fissures et porosités que des restaurations en résine composite réalisées dans des conditions optimales (Mocquot et coll., 2017).

Les ciments verres ionomères (CVI) possèdent de bonnes propriétés adhésives, chimiques et thermiques ; mais ont comme contreparties de faibles propriétés mécaniques. Ils sont donc intéressants dans une technique sandwich (Montagne, 2007) ; en remplacement de l'oxyde de zinc eugéol conseillé en fond de cavité avant les années 1990 (Mocquot et coll., 2017 ; Duarte et Abu-Youssef, 2018).

Les restaurations adhésives semblent plus favorables que l'amalgame qui n'a pas d'adhésion propre à la dentine ni à l'émail, mais seulement une rétention. Certains travaux peuvent nuancer ce propos en indiquant qu'*in vivo* ; il se produit en plus d'une détérioration marginale néfaste, une couche de corrosion conférant un comblement relatif de l'interface entre la dent et l'obturation (Roche, 2010).

Les études publiées sur les *microleakages* (porosités) en pression ambiante et hyperbarique sont contradictoires (Mocquot et coll., 2017). Cependant en condition

hyperbarique les dernières recherches semblent donner un avantage aux composites en termes de résistance à la fracture vis à vis des amalgames (Shafigh et coll., 2018a).

Pour des cavités larges et profondes, on conseillera des restaurations de type sandwich : ciments verres ionomères modifiés par addition de résine (CVIMAR) - résine composite. Cette remarque est à moduler pour les résines composites mésio-occluso-distales (MOD) sur dents postérieures qui ont un risque de fractures plus élevées (proportionnel au volume de la cavité) (Patel et Burke, 1995 ; Mocquot et coll., 2017). Dans le cas de cavité MOD, l'avantage est donné aux restaurations indirectes (Shafigh et coll., 2018b).

Enfin, l'utilisation d'un oxyde de zinc eugéol temporaire - via son effet sédatif - est intéressante dès lors que la douleur est due à une pulpite réversible (Kumar et coll., 2015).

Chaque situation clinique doit interroger le praticien, selon son expérience et le profil du patient, afin de choisir le matériau le plus adapté à la situation.

4.3.3.2. Cas de la dentine affectée

Les techniques récentes consistant à supprimer la dentine infectée et à garder de la dentine affectée afin d'être plus économe sur l'éviction carieuse sont à éviter chez le plongeur. En effet, la dentine affectée possède des propriétés mécaniques plus faibles que la dentine saine et son adhésion via une restauration y est plus difficile (Zadik, 2009a).

4.3.3.3. Coiffage et traitement endodontique

L'hydroxyde de calcium doit être limité en raison à sa faible adhérence, on va lui préférer la biodentine™ (silicates tri-calcium).

Les études s'accordent à éviter la pulpotomie et le coiffage direct chez des patients soumis à des grosses variations de pression, on privilégiera le traitement endodontique (Stoetzer et coll., 2012). Rossi conseille le traitement endodontique, en cas de carie profonde, de même qu'un patient devrait ne pas prendre le risque de plonger en cas de mise en place d'une restauration temporaire due à un traitement endodontique effectué en plusieurs séances. Le risque d'un canal endodontique laissé ouvert sans obturation finale pendant la plongée est double :

- une fuite des bactéries intra-canalaires vers le tissu périapical est possible, pouvant causer un emphysème (infiltration air/gaz dans les tissus) (Rossi, 1995 ; Verunac, 1973) ;
- une fracture de la couronne temporaire en laissant une cavité pulpaire partiellement vidée (Gunepin et coll., 2016b).

Stoetzer a mené une étude afin d'identifier la meilleure méthode d'obturation endodontique sur des dents soumises à des pressions hyperbariques et a prouvé la supériorité des systèmes par condensation verticale à chaud et du tuteur enrobé de gutta percha (Stoetzer et coll., 2012).

4.3.3.4. Cas des extractions dentaires

Des précautions particulières devront être prises concernant les extractions des prémolaires et molaires maxillaires et du risque de communication bucco-sinusienne.

Un délai de 7 à 10 jours afin d'y entériner une cicatrisation muqueuse semble un minimum, idéalement complété par un examen clinique mené par un professionnel dentaire (Yuce et coll., 2015).

4.3.3.5. Ciment de scellement des couronnes dentaires

Une étude de Lyons confirmée par Khanna a comparé la résistance de 3 ciments : phosphate de zinc, verre ionomère et un ciment résineux à une pression absolue de 4 atmosphères (correspond à 30 mètres de profondeur) sur des couronnes métalliques. Il en ressort que le ciment résineux possède de meilleures propriétés, en effet on observe aucune micro-fuite ou percolation (*microleakage*) alors que l'on en observe avec les verres ionomères et d'avantage avec les ciments phosphates de zinc (Lyons, 1999 ; Khanna, 2010).

4.3.3.6. Prothèses amovibles et implants

Le port des prothèses amovibles n'est pas strictement contre indiqué. Dans les faits, il est conseillé de vérifier leur stabilité, du fait des difficultés esthétiques et mécaniques (maintien du détendeur) que peuvent engendrer le non-port de celles-ci (un cas de décès a été reporté dans la littérature due à une fausse route).

Privilégier un système implantaire si possible, ostéointégré et non soumis aux variations de pression (Jagger et coll., 1997). Une attention particulière doit être observée pendant la période d'ostéointégration (Stein, 2009).

4.3.4. Durée de contre-indication à la reprise de la plongée suite traitement dentaire

A partir des observations faites précédemment, on peut dégager une tendance sur la durée de contre-indication à la plongée en fonction du traitement bucco-dentaire effectué (tableau 12).

Tableau 12 : Traitements bucco-dentaires et durées de contre-indications temporaires à la pratique de la plongée (d'après Yuce et coll., 2016 ; Gunepin et coll., 2015).

Traitements bucco-dentaires	Durée de contre-indication à la plongée
Endodontie	De la pose du diagnostic justifiant le traitement endodontique jusqu'à 24 heures après la disparition des symptômes après traitement définitif
Soins conservateurs	De 24 à 72 heures après tout soin ayant nécessité une anesthésie locale (en fonction de la complexité du soin)
Chirurgie buccale simple	D'une à 2 semaines en fonction de la chirurgie pratiquée et de la durée de l'intervention
Chirurgie buccale complexe	De 6 semaines à 2 mois après une greffe osseuse (en fonction du volume de la greffe). De 6 semaines à 2 mois après une chirurgie du sinus (par exemple comblement de sinus). Idéalement jusqu'à la cicatrisation confirmée par un chirurgien-dentiste
Communication bucco-sinusienne	2 semaines, idéalement jusqu'à la cicatrisation confirmée par un chirurgien-dentiste
Prothèse fixées (couronnes, bridges)	Durant la période couvrant la réalisation du traitement prothétique. Éviter la pratique d'activités subaquatiques avec une prothèse provisoire ou scellée provisoirement
Implantologie	A déterminer par l'implantologiste, au minimum 5 à 8 semaines de restriction après implantation, quelle que soit la profondeur pratiquée

Ces durées de contre-indication sont données à titre indicatif et devront être adaptées au cas par cas et en fonction de l'expérience du dentiste traitant.

Conclusion

La barodontalgie est un phénomène certainement minimisé aux dires des plongeurs. Pourtant dans les faits, notre étude démontre que presque 1 plongeur sur 5 a présenté au moins une douleur dentaire au cours de la plongée.

Ainsi, la combinaison d'un soin dentaire se trouvant à la fois sur le secteur maxillaire et postérieur chez un adepte de la plongée semble aujourd'hui encore la meilleure méthode pour avertir le praticien sur le risque potentiel que présente ce type de patient. L'âge, l'ancienneté ou encore le niveau de plongée ne permettant pas de conclure sur un risque accru de barodontalgie, mais semble être un indice plus pertinent pour une utilisation sur les barotraumatismes.

On ne trouve pas de différence chez les hommes et les femmes pour les barodontalgies alors que la différence est statistiquement élevée pour les barotraumatismes. Nous n'avons pas trouvé ici d'explications à ce résultat. La liste des facteurs précipitants et prédisposants précédemment exposés ne semble pas aller en faveur d'un plus haut risque chez les femmes.

Du côté du dentiste, dans sa pratique quotidienne celui-ci, doit garder certains principes en tête, tels que : l'utilisation de ciment résineux lors de scellement de couronne dentaire, l'utilisation de résine composite ; la suppression de la dentine affectée ; le coiffage direct et la pulpotomie sont à éviter ; l'utilisation de la condensation verticale à chaud lors de traitement endodontique...

Il est évident que tous ces principes, comme souvent dans notre métier sont à mettre en perspective avec le profil du patient qui se présente à nous, ainsi que notre expérience avec les différents matériaux.

Afin de réduire le risque de barodontalgies/barotraumatismes, suivant les conclusions menées dans cette étude, il nous semble important d'agir sur la triade : praticien/patient/formateur.

La qualification de chirurgiens-dentistes formés aux spécificités de la plongée pourrait être un début de solution pour prévenir les symptômes durant la plongée. Cependant les

chirurgiens-dentistes ne sont pas les seuls à incriminer.

Des efforts sont également à entreprendre chez les plongeurs en interrompant l'activité au moindre signe de douleur dentaire. En effet 32,3% des plongeurs attendent d'avoir de fortes douleurs pour consulter alors qu'il est important d'arrêter l'activité et de questionner son dentiste afin de reprendre en toute tranquillité et sans danger.

Du côté de la FFESSM, l'effort doit être fait en insistant sur la nécessité d'un contrôle bucco-dentaire régulier et en instaurant un rendez-vous de contrôle spécifique à la plongée (contrôle des obturations, contrôle radiologique du desmodonte et des cavités sinusiennes).

Références bibliographiques

1. Aldakhil AM, Alshammari AF, Alshammari SS. Dental and Temporomandibular Joint Problems among SCUBA Divers in Jeddah, KSA. *Am J Sports Sci Med.* 2018; 6(3): 67-71.
2. Aldridge R, Fenlon M. Prevalence of temporomandibular dysfunction in a group of scuba divers. *Br J Sports Med.* 2004; 38(1): 69-73.
3. Al-Hajri W, Al-Madi E. Prevalence of Barodontalgia among pilots and divers in Saudi Arabia and Kuwait. *Saudi Dent J.* 2006; 18(3): 134-40.
4. Alwohaibi DM, Alohalı LM, Al-Takroni GS, Al-Abdulwahab B, El-Metwally A. Dental and Orofacial Barotraumas among Saudi Military Naval Divers in King Abdul Aziz Naval Base Armed Forces in Jubail, Saudi Arabia: A Cross-sectional Study. *J Int Soc Prev Community Dent.* 2020; 10(5): 643-51.
5. Bas AC, Dourgnon P, Azogui-Levy S, Wittwer J. Impact of fees on access to dental care: evidence from France. *Eur J Public Health.* 2020; 30(6): 1066-71.
6. Berberan Santos MN, Bodunov E, Pogliani L. On the barometric formula. *Am J Phys.* 1997; 65(5): 404-12.
7. Boggia R. The ups and downs of barodontalgia. *Br Dent J.* 1998; 184(5): 209.
8. Bove AA. Diving Medicine. *Am J Respir Crit Care Med.* 2014; 189(12): 1479-86.
9. Brandt MT. Oral and maxillofacial aspects of diving medicine. *Mil Med.* 2004; 169(2): 137–41.
10. Broadbent JM, Foster Page LA, Thomson WM, Poulton R. Permanent dentition caries through the first half of life. *Br Dent J.* 2013; 215(7): E12.
11. Brubakk A, Neuman T. Bennett & Elliott's Physiology and Medicine of Diving. 5th Edition. Edinburgh : W B Saunders Co Ltd; 2003. XII-779 p.

12. Carlson OG, Halverson BA, Triplett RG, Kizer KW. Dentin Permeability under Hyperbaric Conditions as a Possible Cause of Barodontalgia. *J Occup Environ Med.* 1983; 25(11): 838.
13. Denoble P, Caruso J, Dear G, Pieper C, Vann R. Common causes of open-circuit recreational diving fatalities. *Undersea Hyperb Med.* 2008; 35(6): 393-406.
14. Devoe K, Motley HL. Aerodontalgia. *Dent Dig.* 1945; 51: 16–8.
15. Duarte C, Abu-Youssef A. Oral health risks associated with recreational and professional scuba diving: A pilot study. *Hamdan Med J.* 2018; 11(2): 65-9.
16. Dunworth SA, Natoli MJ, Cooter M, Cherry AD, Peacher DF, Potter JF, et coll. Hypercapnia in diving: a review of CO₂ retention in submersed exercise at depth. *Undersea Hyperb Med.* 2017; 44(3): 191-209.
17. Eichhorn L, Leyk D. Diving Medicine in Clinical Practice. *Dtsch Arztebl Int.* 2015; 112(9): 147-58.
18. Fagan P, McKenzie B, Edmonds C. Sinus Barotrauma in Divers. *Ann Otol Rhinol Laryngol.* 1976; 85(1): 61-64.
19. Ferjentsik E, Aker F. Barodontalgia: a system of classification. *Mil Med. Avr* 1982; 147(4): 299, 303-4.
20. Goethe WH, Bater H, Laban C. Barodontalgia and barotrauma in the human teeth: findings in navy divers, frogmen, and submariners of the Federal Republic of Germany. *Mil Med.* 1989; 154(10): 491–5.
21. Gonzalez Santiago M del M, Martinez-Sahuquillo Marquez A, Bullón-Fernández P. Incidence of barodontalgias and their relation to oral/ dental condition in personnel with responsibility in military flight. *Med Oral.* 2004; 9(2): 98-105, 92-8.
22. Gulve MN, Gulve ND. Provisional Crown Dislodgement during Scuba Diving: A Case of Barotrauma. *Case Rep Dent.* 2013; 2013: 749142.
23. Gunepin M, Audoual T, Derache F, Zadik Y. Barotraumatismes dentaires en milieu hypobare : étiologies et prévention. *Inf Dent.* 2010 ; (11) : 24-8.

24. Gunepin M, Zadik Y, Derache F, Dychter L. Non-barotraumatic tooth fracture during scuba diving. *Aviat Space Environ Med.* 2013; 84(6): 630–2.
25. Gunepin M, Derache F, Zadik Y, Dychter L, Blatteau JE, Risso JJ, et coll. Barodontalgie en milieu hyperbare : étiologies et prévention. *Actu Gorssa.* 2014 ; (2) : 20-2.
26. Gunepin M, Derache F, Zadik Y, Blatteau J, Risso J, Hugon M. Problèmes odontologiques des plongeurs sous-marins militaires français : résultats de l'étude POP. *Med Armees.* 2015 ; 43(1) : 11-118.
27. Gunepin M, Derache F, Blatteau JE, Nakdimon I, Zadik Y. Incidence and Features of Barodontalgia Among Military Divers. *Aerosp Med Hum Perform.* 2016a; 87(2): 137-40.
28. Gunepin M, Derache F, Schmid B, Blatteau JE, Risso JJ, Dychter L, et coll. In vitro exploratory study on the impact of the pressure changes on the temporary coronal filling performed between sessions of endodontic treatment. *Rev Odontostomatol.* 2016b; 45(4): 262-74.
29. Hamilton-Farrell M, Bhattacharyya A. Barotrauma. *Injury.* 2004; 35(4): 359-70.
30. Hirose T, Ono T, Maeda Y. Influence of wearing a scuba diving mouthpiece on the stomatognathic system: considerations for mouthpiece design. *Dent Traumatol.* 2016; 32(3): 219-24.
31. Hobson RS. Temporomandibular dysfunction syndrome associated with scuba diving mouthpieces. *Br. J sports med.* 1991; 25(1): 49-51.
32. Jagger RG, Jackson SJ, Jagger DC. In at the deep end: an insight into scuba diving and related dental problems for the GDP. *Br Dent J.* 1997; 183(10): 380-2.
33. Jagger RG, Shah CA, Weerapperuma ID, Jagger DC. The prevalence of orofacial pain and tooth fracture (odontocrexia) associated with SCUBA diving. *Prim Dent Care J Fac Gen Dent Pract UK.* 2009; 16(2): 75-8.
34. Jain KK. High-pressure neurological syndrome (HPNS). *Acta Neurologica Scandinavica.* 1994; 90(1): 45-50.

35. Johnson TW, Berwald WB. Deviation of Natural Gas from Boyle's Law. Washington: U.S. Government Printing Office; 1932. 32 p.
36. Khalekar Y, Zope A, Chaudhari L, Brahmkar U. Barodontalgia: More light on less known. SRM J Res Dent Sci. 2016; 7(3): 158-61.
37. Khanna A. Crown Cementing Strategy for Naval Divers. Med J Armed Forces India. 2010; 66(1): 46-9.
38. Kieser J, Holborow D. The prevention and management of oral barotrauma. N Z Dent J. 1997; 93(414): 114-6.
39. Klingmann C, Praetorius M, Baumann I, Plinkert PK. Otorhinolaryngologic disorders and diving accidents: an analysis of 306 divers. Eur Arch Otorhinolaryngol. 2007; 264(10): 1243-51.
40. Koriwchak MJ, Werkhaven JA. Middle ear barotrauma in scuba divers. J wilderness med. 1994; 5(4): 389-98.
41. Kumar S, Kumar PS, John J, Patel R. Barotrauma Tooth under Pressure. N Y State Dent J. 2015; 81(3): 22-6.
42. Lachkar A, Aabach A, Elayoubi F, Ghailan R. Barotraumatisme du sinus frontal à propos d'un cas et revue de la littérature. Pan Afr med j. 2016 ; 24 : 272.
43. Lafère P, Germonpré P, Balestra C. Pulmonary barotrauma in divers during emergency free ascent training: review of 124 cases. Aviat Space Environ Med. 2009; 80(4): 371-5.
44. Lakshmi, Sakthi DS. Aviation Dentistry. J Clin Diagn Res. 2014; 8(3): 288-90.
45. Laval-Meunier F, Bertran PE, Arrivé E, Paris JF, Monteil M, Nguyen S, et coll. Frequency of barodontalgia among military or civilian pilots and aircrew members. Aviat Space Environ Med. 2013; 84(10): 1055-60.
46. Livingstone D, Lange B. Rhinologic and oral-maxillofacial complications from scuba diving: a systematic review with recommendations. Diving Hyperb Med. 2018; 48(2): 79-83.

47. Luther F. TMD and occlusion part II: Damned if we don't? Functional occlusal problems: TMD epidemiology in a wider context. *Br dent j.* 2007; 202(1): E3-E3.
48. Lynch JH, Deaton TG. Barotrauma With Extreme Pressures in Sport: From Scuba to Skydiving. *Curr Sports Med Rep.* 2014; 13(2): 107-12.
49. Lyons KM, Rodda JC, Hood JAA. Barodontalgia: A Review, and the Influence of Simulated Diving on Microleakage and on the Retention of Full Cast Crowns. *Mil Med.* 1999; 164(3): 221-7.
50. Masood M, Masood Y, Newton JT. The Clustering Effects of Surfaces within the Tooth and Teeth within Individuals. *J Dent Res.* 2015; 94(2): 281-8.
51. Massey EW, Moon RE. Neurology and diving. *Handb Clin Neurol.* 2014; 120: 959-69.
52. McDonnell JP, Needleman HL, Charchut S, Allred EN, Roberson DW, Kenna MA, et coll. The relationship between dental overbite and eustachian tube dysfunction. *Laryngoscope.* 2001; 111(2): 310-6.
53. Misirovs R, Mohamad S. Reverse Squeeze Maxillary Sinus Barotrauma. *Ear Nose Throat J.* 2020; 99(1): NP9-10.
54. Mocquot C, Cabrera A, Colon P, Bosco J, Grosogogeat B, Pradelle-Plasse N. Effect of a hyperbaric environment (diving conditions) on adhesive restorations: an in vitro study. *Br Dent J.* 2017; 223(5): 347-51.
55. Moon RE. Treatment of diving emergencies. *Crit Care Clin.* 1999; 15(2): 429-56.
56. Montagne P. Matériaux d'obturation et préparations cavitaires : évolution à travers le temps [thèse]. Nancy: Université Henry Poincaré Nancy I. Faculté d'odontologie ; 2007. 151 p.
57. Musajo F, Passi P, Girardello GB, Rusca F. The influence of environmental pressure on retentiveness of prosthetic crowns: an experimental study. *Quintessence Int.* 1992; 23(5): 367-9.

58. Nakdimon I, Zadik Y. Barodontalgia Among Aircrew and Divers. *Aerosp Med Hum Perform.* 2019; 90(2): 128-31.
59. Onose Y, Suzuki S, Yoshino K, Ishizuka Y, Satou R, Kamijyo H, et coll. Relationship between oral symptoms during diving work and preventative dental visits in Japanese male occupational divers. *Ind Health.* 2020; 58(3): 238-45.
60. Patel DK, Burke FJ. Fractures of posterior teeth: a review and analysis of associated factors. *Prim Dent Care.* 1995; 2(1): 6-10.
61. Pegon-Machat E, Jourdan D, Tubert-Jeannin S. Inégalités en santé orale : déterminants de l'accès à la prévention et aux soins en France. *Santé Publique.* 2018 ; 30(2) : 243-51.
62. Peker I, Erten H, Kayaoglu G. Dental Restoration Dislodgment and Fracture During Scuba Diving. *J Am Dent Assoc (1939).* 2009; 140: 1118-21.
63. Pollock NW, Buteau D. Updates in Decompression Illness. *Emerg Med Clin North Am.* 2017; 35(2): 301-19.
64. Querido AL. Diving and antidepressants. *Diving Hyperb Med.* 2017; 47(4): 253-6.
65. Raman P, Chandana H, Kumar A. Pressure provoking pain-barodontalgia: an overview. *World J Pharm Sci.* 2020; 8(1): 609-17.
66. Ranna V, Malmstrom H, Yunker M, Feng C, Gajendra S. Prevalence of dental problems in recreational SCUBA divers: a pilot survey. *Br Dent J.* 2016; 221(9): 577-81.
67. Rauch JW. Barodontalgia: dental pain related to ambient pressure change. *Gen Dent.* 1985; 33(4): 313-5.
68. Rigou A, Attoh-Mensah J, Geoffroy M, Thélot B. Une estimation des décès traumatiques liés à la pratique sportive en France métropolitaine, en 2010. *J Traumatol Sport.* 2013; 30(3): 159-65.
69. Ritchey B, Orban B. Toothache at altitude. *J Endod.* 1946; 1(2): 13-8.

70. Robichaud R, McNally ME. Barodontalgia as a differential diagnosis: symptoms and findings. *J Can Dent Assoc.* 2005; 71(1): 39-42.
71. Roche Xavier. L'amalgame d'argent : un matériau d'obturation actuel ? [thèse]. [Nancy] : Université Henry Poincaré Nancy I. Faculté d'odontologie; 2010. 144 p.
72. Rossi DG. Health Policy Directive no. 411: Aviation and diving: dental considerations. Melbourne: Surgeon General, Australian Defence Force; 1995.
73. Sarazin M. Pathologies générales et bucco-dentaires lors de la pratique de l'alpinisme [thèse]. [Paris] : Université Paris Descartes. Faculté de Chirurgie Dentaire; 2017. 78 p.
74. Shafigh E, Fekrazad R, Beglou A. Impact of various pressures on fracture resistance and microleakage of amalgam and composite restorations. *Diving Hyperb Med.* 2018a; 48(3): 168-72.
75. Shafigh E, Fekrazad R, Mokhtar A. Effect of Pressure Changes on Fracture Resistance and Micro-leakage of Three Types of Composite Restorations during Simulated Dives and Flights. *Ann Med Health Sci Res.* 2018b; 8(4): 204-8.
76. Shiller W. Aerodontalgia under hyperbaric conditions. An analysis of forty-five case histories. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* 1965; 20(5): 694-7.
77. Shshtari H, Chatzopoulou D, Gillam DG. The Prevalence of Periodontal Pain Associated with Scuba Diving: A Questionnaire Study. *ES J. Dent. Sci.* 2020; 1(1): 1002.
78. Sikri A. Aviation Dentistry: The big challenge!!! *IDA Times.* 2017; 13(1): 19-20.
79. Smith R, Ormerod JOM, Sabharwal N, Kipps C. Swimming-induced pulmonary edema: current perspectives. *Open Access J Sports Med.* 2018; 9: 131-7.
80. Sognaes RF. Further studies of aviation dentistry. *Acta Odontol Scand.* 1946; 7: 165–173.

81. Stoetzer M, Ruecker M, Koch A, Ziebolz D, Kokemüller H, Kaempf C, et coll. In Vitro Effects of External Pressure Changes on the Sealing Ability under Simulated Diving Conditions. *ISRN Dent.* 2012; 2012: 418609.
82. Strohaber RA. Aerodontalgia: Dental pain during flight. *Med Serv Dig.* 1972; 23: 35-41
83. Taylor DM, O'Toole KS, Ryan CM. Experienced scuba divers in Australia and the United States suffer considerable injury and morbidity. *Wilderness Environ Med.* 2003; 14(2): 83-8.
84. Vann RD, Butler FK, Mitchell SJ, Moon RE. Decompression illness. *Lancet.* 2011; 377(9760): 153-64.
85. Vann RD, Denoble PJ, Pollock NW. Rebreather Forum 3 Proceedings. Durham: AAUS/DAN/PADI; 2013. 324 p.
86. Verunac JJ. Recurrent severe facial emphysema in a submariner. *J Am Dent Assoc.* 1973; 87(6): 1192-4.
87. Yousef MK, Ibrahim M, Assiri A, Hakeem A. The prevalence of oro-facial barotrauma among scuba divers. *Diving Hyperb Med.* 2015; 45(3): 181-3.
88. Yuce E, Koçer G, Çini TA. Current concepts of oral and maxillofacial rehabilitation and treatment in aviation. *Gen Dent.* 2016; 64(5): 44-8.
89. Zadik Y. Barodontalgia due to odontogenic inflammation in the jawbone. *Aviat Space Environ Med.* 2006; 77(8): 864-6.
90. Zadik Y, Chapnik L, Goldstein L. In-flight barodontalgia: Analysis of 29 cases in military aircrew. *Aviat Space Environ Med.* 2007; 78(6): 593-6.
91. Zadik Y. Dental barotrauma. *Int J Prosthodont.* 2008; 22(4): 354-7.
92. Zadik Y. Aviation dentistry: Current concepts and practice. *Br dent j.* 2009a; 206(1): 11-6.
93. Zadik Y. Barodontalgia. *J endod.* 2009b; 35(4): 481-5.

94. Zadik Y. Barodontalgia: what have we learned in the past decade?
Oral surg oral med oral pathol oral radiol endod. 2010; 109(4): e65-9.
95. Zanotta C, Dagassan-Berndt D, Nussberger P, Waltimo T, Filippi A.
Barodontalgias, dental and orofacial barotraumas: a survey in Swiss divers and caisson workers. Swiss Dent J. 2014; 124(5): 510-9.

Références bibliographiques électroniques

93. Bertrand A. Code du sport : arrêté du 6 avril 2012 [Internet]. 2012 [consulté le 21 février 2021]. Disponible sur :
http://codep01.ffessm.fr/IMG/pdf/02_le_code_du_sport_2012.pdf
94. BestHealthDegrees. Your Chances of Dying [Internet]. [consulté le 5 avril 2021]. Disponible sur: <http://www.besthealthdegrees.com/health-risks/>
95. Bonnesbulles. Les barotraumatismes [Internet]. 2010 [consulté le 15 février 2021]. Disponible sur: <https://bonnesbulles.com/les-barotraumatismes/>
96. Buzzacott P, Bennett C, Denoble P, Gunderson J. Section 4: The Diving Incident Reporting System (DIRS) [Internet]. Dans: Denoble PJ. DAN Annual Diving Report 2019 Edition: A report on 2017 diving fatalities, injuries, and incidents. Durham: Divers Alert Network; 2019 [consulté le 10 juin 2021]. Disponible sur: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK562526/>
97. Coulange DM. société de physiologie et de médecine subaquatiques et hyperbares de langue française [Internet]. [consulté le 11 mars 2021]. Disponible sur :
<http://www.agenplongee.com/medias/files/fiche-alerte-plongee.pdf>
98. Délégation à l'emploi et aux formations. Étude socio-économique relative à la plongée subaquatique de loisir en 2004 – 2005 [Internet]. 2005 [consulté le 12 janvier 2021]. Disponible sur : <http://coindespros.ffessm.fr/wp-content/uploads/2015/observatoire-sca/ESEplongee-2006.pdf>
99. Centers for disease control and prevention. All injuries [Internet]. 2021 [consulté le 2 juillet 2021]. Disponible sur: <https://www.cdc.gov/nchs/fastats/injury.htm>
100. Fédération française d'études et de sports sous-marins (FFESSM). Le certificat médical [Internet]. 2018 [consulté le 5 février 2021]. Disponible sur :
<https://ffessm.fr/pratiquer/le-certificat-medical>

101. Fédération française d'études et de sports sous-marins (FFESSM). Une Grande Histoire [Internet]. 2019a [consulté le 23 avril 2021]. Disponible sur : <https://ffessm.fr/la-ffessm/une-grande-histoire>
102. Fédération française d'études et de sports sous-marins (FFESSM). Nouvelle licence FFESSM [Internet]. 2019b [consulté le 5 février 2021]. Disponible sur : <https://ffessm.fr/nouvelle-licence-ffessm>
103. Fédération française d'études et de sports sous-marins (FFESSM). A la découverte des activités subaquatiques [Internet]. 2019c [consulté le 22 janvier 2021]. Disponible sur : <https://ffessm.fr/decouvrir-les-activites/decouvrir-toutes-les-activites-subaquatiques>
104. Fédération Française d'Études et de Sports Sous-Marins (FFESSM). RIFA - Plongée Sous-marine (RIFAP) [Internet]. 2019d [consulté le 7 mars 2021]. Disponible sur : <https://ffessm.fr/rifa-plongee>
105. Fédération française d'études et de sports sous-marins (FFESSM). Licences par âge 2018-2019 [Internet]. 2020a [page consultée le 9 mars 2021]. Disponible sur : <http://coindespros.ffessm.fr/wp-content/uploads/2020/01/Licences-par-age-2018-2019.pdf>
106. Fédération française d'études et de sports sous-marins (FFESSM). Licences par sexe 2018-2019 [Internet]. 2020b [page consultée le 9 mars 2021]. Disponible sur : <http://coindespros.ffessm.fr/wp-content/uploads/2020/01/licences-par-sexe-2018-2019.pdf>
107. Fédération française d'études et de sports sous-marins (FFESSM). État des licences 2019 [Internet]. 2021a [consulté le 11 février 2021]. Disponible sur : <http://coindespros.ffessm.fr/wp-content/uploads/2021/01/Licences-2019.pdf>
108. Fédération française d'études et de sports sous-marins (FFESSM). Affiliations 2019 [Internet]. 2021b [consulté le 11 février 2021]. Disponible sur : <http://coindespros.ffessm.fr/wp-content/uploads/2021/01/Affiliations-2019.pdf>

109. Goehner JP. Les principaux organismes de formations en plongée subaquatique [Internet]. 2018 [consulté le 5 janvier 2021]. Disponible sur : [http://www.ffesm67.fr/attachments/article/422/13.%20Les%20principaux%20organismes%20de%20plongee%CC%81e%202017%20\(JP.Goehner\).pdf](http://www.ffesm67.fr/attachments/article/422/13.%20Les%20principaux%20organismes%20de%20plongee%CC%81e%202017%20(JP.Goehner).pdf)
110. Goël T. Les précurseurs [Internet]. 2021 [consulté le 23 avril 2021]. Disponible sur: <https://www.scaphandrier.ch/les-pr%C3%A9curseurs/>
111. Gray H. Anatomy of the Human Body [Internet]. 20th edition. Philadelphia: Lea & Febiger; 1918 [consulté le 05 juillet 2021]. Plate 778, Distribution of the maxillary and mandibular nerves, and the submaxillary ganglion [Image]. Disponible sur: https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Trigeminal_neuralgia&oldid=1031910484
112. Gunepin M, Derache F, Jean-Eric Blatteau, Dychter L, Zadik Y. Good practices recommendations for dental fitness to dive [Internet]. 2015b [consulté le 7 sept 2020]. Disponible sur: <http://rgdoi.net/10.13140/RG.2.1.4888.4320>
113. Légifrance. Sous-section 1 : Etablissements qui organisent et dispensent l'enseignement de la plongée subaquatique à l'air (Articles A322-71 à A322-87) [Internet]. 2010 [consulté le 3 mars 2021]. Disponible sur: <https://www.legifrance.gouv.fr/codes/id/LEGISCTA000022417869/2010-07-02/>
114. Légifrance. Code du sport. Article Annexe III-14 a (art. A322-77) [Internet]. 2012 [consulté le 3 mars 2021]. Disponible sur: https://www.legifrance.gouv.fr/codes/article_lc/LEGIARTI000025393959/
115. Météo-France. La pression [Internet]. [consulté le 29 janvier 2021]. Disponible sur: <http://www.meteofrance.fr/prevoir-le-temps/observer-le-temps/parametres-observees/pression>
116. Ministère chargé des sports. Certificat médical [Internet]. 2016 [consulté le 13 sept 2020]. Disponible sur: <https://www.sports.gouv.fr/pratiques-sportives/pratique-securite/securite-sur-la-voie-publique/Certificat-medical>

117. Ministère chargé des sports. Plongée [Internet]. 2017 [consulté le 14 juin 2021]. Disponible sur: <https://www.sportsdenature.gouv.fr/plongee>
118. PADI. 2021 Worldwide Corporate Statistics: data for 2015-2020 [Internet]. 2021 [consulté le 13 janvier 2021]. Disponible sur: <https://www.padi.com/sites/default/files/documents/2021-02/2021%20PADI%20Worldwide%20Statistics.pdf>
119. Plongée Plaisir, site officiel. Les niveaux en plongée [Internet]. [consulté le 7 janvier 2021]. Disponible sur: <https://www.plongee-plaisir.com/fr/les-niveaux-de-plongee/>
120. Reinke C. Barodontalgia: Toothache triggered by hypobaric and hyperbaric conditions [Internet]. 2014 [consulté le 14 juin 2021]. Disponible sur: <https://military-medicine.com/article/3102-barodontalgia-toothache-triggered-by-hypobaric-hyperbaric-conditions.html>
121. Stein L. La plongée sous-marine et les implants dentaires [Internet]. 2009 [consulté le 29 juin 2021]. Disponible sur: https://alertdiver.eu/fr_FR/articles/la-plongee-sous-marine-et-les-implants-dentaires

Annexes

Annexe 1 : Avis favorable du comité d'éthique

CENTRE HOSPITALIER REGIONAL UNIVERSITAIRE



Professeur Yves MARTINET
Président
☎ 03.83.15.34.10 / 06.63.51.31.69
y.martinet@chru-nancy.fr

Mme Véronique PIERSON
Vice-Présidente
☎ 03.83.85.13.34
v.pierson@chru-nancy.fr

Mme Florence HERMANN
Secrétaire
☎ 03.83.15.43.03
c.ethique@chru-nancy.fr
f.hermann@chru-nancy.fr

Mme Marie-Céline SIMON
Documentaliste
☎ 03.83.15.76.26
mc.simon@chru-nancy.fr

Réf. : saisine n°283

Vandœuvre-Lès-Nancy,
Le 23 septembre 2020

M. le Docteur Alexandre BAUDET
AHU
Faculté d'Odontologie de Lorraine
Campus Brabois Santé
7 avenue de la Forêt de Haye
BP20199
54505 Vandœuvre-lès-Nancy

Rapport concernant la sollicitation d'un avis éthique en vue de la réalisation d'une recherche :
« Enquête sur les barodontalgies du plongeur en France »
avec pour chercheur le Dr Alexandre BAUDET

Conformément à la procédure en vigueur au CHRU de Nancy, le projet de recherche a été soumis à la Direction de la Recherche et de l'Innovation. La recherche n'entrant pas dans le champ du Comité de Protection des Personnes, le projet a été soumis à l'avis du Comité d'Éthique du CHRU de Nancy.

Le projet de recherche a été examiné par deux lecteurs.

Dans la mesure où :

- L'intérêt scientifique de la recherche n'est pas à mettre en cause ;
- Il s'agit d'une étude prospective non interventionnelle multicentrique n'impliquant pas la personne humaine selon la Loi Jardé ;
- Il ne sera pas réalisé d'exploration supplémentaire en raison de l'étude, ce qui n'entraîne donc aucune contrainte particulière sur les plongeurs ;
- Les plongeurs ont la possibilité de s'opposer à l'utilisation de leurs données ;
- L'anonymat des plongeurs sera totalement respecté à l'issue de la recherche ;
- Le document d'information destiné aux plongeurs est clair et complet ;
- Les auteurs ont toute compétence dans le domaine de l'étude.

Il n'y a par conséquent aucune réserve éthique à la réalisation de ce travail tel qu'il nous a été soumis.

Professeur Yves MARTINET
Président du Comité d'Éthique

Annexe 2 : Note d'information diffusée avec le questionnaire



UNIVERSITÉ
DE LORRAINE



FACULTÉ
D'ODONTOLOGIE
DE LORRAINE

Enquête sur les barodontalgies du plongeur en France

Etude multicentrique

Plongeurs, plongées,

- Dans le cadre de la thèse pour le diplôme d'état de docteur en chirurgie dentaire de M. Kévin Gougeon, nous réalisons une étude par questionnaire sur les douleurs et traumatismes bucco-dentaires survenant lors de la plongée.
- Cette étude se déroulera auprès des licenciés de plusieurs clubs de plongée de France métropolitaine et Outre-mer. A cette occasion, un questionnaire en ligne vous est diffusé par courriel afin d'estimer la proportion de plongeurs qui ont déjà subi des douleurs ou traumatismes bucco-dentaires lors de la pratique de la plongée. Nous étudierons aussi les facteurs associés à ces éventuelles douleurs.
- Les résultats obtenus nous permettront de savoir si des informations et moyens de prévention doivent être apportés aux sportifs pour prévenir et prendre en charge les douleurs et traumatismes bucco-dentaires survenant au cours de la pratique de la plongée.
- Le questionnaire proposé est anonyme, facultatif et nécessite entre 3 et 10 minutes pour être complété. En cas de difficulté, vous pouvez contacter M. Kévin Gougeon par mail : kevin.gougeon8@etu.univ-lorraine.fr
- Ce travail a été approuvé par le comité d'éthique du CHRU de Nancy. Les questionnaires seront conservés sur clef USB durant 5 ans et vous disposez des droits d'accès, de rectification, d'opposition ou d'effacement aux données transmises par le biais de ce questionnaire. Pour cela vous pourrez contacter les docteurs Alexandre Baudet et Kazutoyo Yasukawa qui dirigent ce travail et restent à votre disposition pour tout renseignement complémentaire concernant cette étude au service d'Odontologie du CHRU de Nancy (tél : 03.83.85.97.50).
- Les résultats de l'enquête seront accessibles dans le manuscrit de thèse de M. Kévin Gougeon qui en transmettra une version électronique aux présidents des clubs participant à l'étude après soutenance de sa thèse. Les résultats pourront aussi faire l'objet de communications orales lors de congrès et être publiés dans une revue scientifique.

Vous remerciant par avance du sérieux avec lequel vous complèterez notre questionnaire et de la confiance que vous nous témoignez,

Dr Alexandre Baudet
Docteur en chirurgie dentaire
Assistant hospitalo-universitaire
Département de prévention,
épidémiologie, économie de la santé
et odontologie légale
Faculté d'Odontologie de Lorraine,
Université de Lorraine
Service d'Odontologie, CHRU Nancy

Dr Kazutoyo Yasukawa
Docteur en chirurgie dentaire
Maître de conférences des
universités, praticien hospitalier
Département de biologie orale
Faculté d'Odontologie de Lorraine,
Université de Lorraine
Service d'Odontologie, CHRU Nancy

Kévin Gougeon
Etudiant en Odontologie
Faculté d'Odontologie de Lorraine,
Université de Lorraine

Annexe 3 : Questionnaire

Ce questionnaire dure entre 3 et 10 minutes, il s'intéresse aux problèmes bucco-dentaires pouvant survenir au cours de la plongée. Il s'adresse aux plongeurs licenciés en France ayant au moins le niveau 1.

Vous pouvez vous aider de votre carnet de plongée pour répondre aux questions.

A. Informations générales

Êtes-vous :

- Un homme
- Une femme

Quel âge avez-vous ?

.....

Depuis combien d'années faites-vous de la plongée ?

.....

Dans quelle ville se trouve votre club de plongée ?

.....

Quel est votre niveau de plongée :

- Niveau 1 (PE-20)
- Niveau 2 (PE-40, PA-20)
- Niveau 3 (PE-60, PA-60)
- Niveau 4 ou plus (encadrant)

Combien de plongées avez-vous déjà effectué ?

- 1-20
- 21-40
- 41-60
- 61-80
- 80+

B. Barodontalgies et traumatismes bucco-dentaires

Avez-vous déjà présenté une douleur dentaire ou au niveau des mâchoires au cours d'une plongée ?

- Oui
- Non

Si oui,

Avez-vous présenté une douleur dentaire

- Oui
- Non

Si oui,

Combien d'épisodes de douleurs dentaires avez-vous présentés lors de plongées ?

.....

Pendant quelle(s) phase(s) de plongée :

- Descente
- Ascension
- Exploration
- Ne sais plus

A partir de quelle profondeur (plusieurs réponses possibles) :

- Inférieur à 10 mètres
- Entre 11 et 20 mètres
- Entre 21 et 40 mètres
- Supérieur à 41 mètres
- Ne sais plus

La douleur dentaire concernait :

- Les dents antérieures (dents de devant : incisives-canines)
- Les dents postérieures (dents de derrière : prémolaires-molaires)
- Les dents antérieures et postérieures
- Ne sais plus

La douleur dentaire concernait :

- Les dents du haut (maxillaire)
- Les dents du bas (mandibulaire)
- Les dents du haut et du bas
- Ne sais plus

Si dents du haut (maxillaire),

Une sinusite était-elle associée à la douleur dentaire ?

- Oui
- Non
- Ne sais pas

L'épisode de douleur dentaire a-t-il entraîné l'arrêt de l'activité ?

- Oui
- Non

La douleur dentaire est apparue sur :

- Une dent saine (sans carie ni traitement)
- Une dent soignée (plombage, couronne, dévitalisation, ...)
- Une dent cariée / à l'état de racine / en cours de traitement
- Ne sais pas

Avez-vous consulté un dentiste suite à l'épisode de douleur dentaire ?

- Oui
- Non

Inscrivez-vous ces douleurs dentaires (barodontalgies) dans votre carnet de plongée ?

- Oui, systématiquement
- Oui, mais seulement pour les fortes douleurs ou les douleurs persistantes
- Non

Avez-vous présenté une douleur des mâchoires ?

- Oui
- Non

Avez-vous déjà présenté l'un des problèmes dentaires (barotraumatisme) suivants lors de vos différentes plongées ?

- Fracture ou fêlure d'une dent
- Fracture ou perte d'une obturation / d'un pansement (plombage, composite, ...)
- Perte ou descellement d'une couronne, d'un bridge, ou d'un pivot
- Problème de fixation d'une prothèse amovible (dentier)
- Autre, précisez ...
- Non, aucun problème dentaire rencontré en plongée

Si oui,

Inscrivez-vous les accidents barotraumatiques tel que vu précédemment dans votre carnet de plongée ?

- Oui, systématiquement
- Oui, mais seulement les accidents majeurs
- Non

C. Prévention

A quelle fréquence consultez-vous votre dentiste ?

- Moins d'une fois par an

- 1 fois par an
- 2 fois par an ou plus

Prévenez-vous votre dentiste de votre qualité de plongeur ?

- Oui
- Non

Estimez-vous nécessaire de consulter votre dentiste en cas de douleur dentaire ressentie lors d'une plongée ?

- Oui, systématiquement
- Oui, mais seulement en cas de fortes douleurs ou douleurs persistantes
- Non

Estimez-vous avoir été suffisamment informé de l'importance de maintenir un bon état bucco-dentaire pour pratiquer la plongée en toute sécurité ?

- Oui
- Non

Tables des matières

Remerciements	4
Autres Remerciements	8
Sommaire	16
Liste des figures	17
Liste des tableaux	18
Liste des abréviations	19
Introduction.....	20
1. Présentation de la discipline	22
1.1. La plongée dans le monde : état des lieux	22
1.2. La plongée en France : les principales structures.....	22
1.2.1. La FFESSM.....	23
1.2.1.1. Description	23
1.2.1.2. La licence	23
1.2.1.3. Les activités représentées	23
1.2.1.4. Les niveaux	24
1.3. Les risques encourus : état des lieux.....	25
1.3.1. Liste des risques rencontrés en plongée	25
1.3.1.1. Les accidents mécaniques	26
1.3.1.2. Les accidents chimiques	26
1.3.1.3. Les accidents biophysiques	27
1.3.1.4. Les accidents relatifs à l'état de santé du plongeur	27
1.3.1.5. Les accidents du milieu.....	27
1.3.2. Les risques majeurs rencontrés en plongée.....	28
1.3.3. Risque de décès	29
2. Les barodontalgies et barotraumatismes pendant la plongée	31
2.1. Introduction aux barodontalgies.....	31
2.1.1. Définition	31
2.1.2. Historique	31
2.2. Rappel physique	32
2.2.1. La pression atmosphérique	32
2.2.2. La pression hydrostatique	33

2.2.3. Pression relative et pression absolue	34
2.2.4. La loi de Boyle-Mariotte	34
2.3. Barodontalgie directe et indirecte : un symptôme, plusieurs origines	36
2.3.1. Les barodontalgies directes.....	36
2.3.1.1. Étiopathogénie	36
2.3.1.2. Classification des barodontalgies directes	37
2.3.1.3. Diagnostic	38
2.3.1.4. Diagnostic différentiel	39
2.3.1.5. Facteurs de risques.....	39
2.3.2. Les barodontalgies indirectes.....	40
2.3.2.1. Les barosinusites	40
2.3.2.1.1. Généralités	40
2.3.2.1.2. Mécanismes.....	40
2.3.2.1.3. Aspect clinique	41
2.3.2.2. Les otites barotraumatiques	42
2.3.2.2.1. L'otite barotraumatique externe.....	42
2.3.2.2.2. L'otite barotraumatique moyenne.....	42
2.3.2.3. Cas du <i>Divers Mouth Syndrom</i>	42
2.3.3. Différence diagnostic entre barodontalgie direct et indirect	43
2.4. Les barotraumatismes	44
2.4.1. Définition	44
2.4.2. Zones concernées	44
2.4.3. Barotraumatisme dentaire	45
3. Enquête	47
3.1. Introduction.....	47
3.2. Objectifs.....	49
3.3. Matériels et méthodes	49
3.3.1. Type d'étude et déroulement	49
3.3.2. Population d'étude.....	49
3.3.2.1. Critères d'inclusion.....	49
3.3.2.2. Critères d'exclusions.....	50
3.3.2.3. Taille de l'échantillon	50
3.3.3. Aspects éthiques et réglementaires.....	50
3.3.4. Le questionnaire	51

3.3.4.1. Mise en place.....	51
3.3.4.2. Diffusion du questionnaire	51
3.3.5. Analyse statistique	52
3.3.5.1. Analyse descriptive.....	52
3.3.5.2. Analyse comparative	53
3.4. Résultats	54
3.4.1. Caractérisation des répondants	54
3.4.2. Traumatologie	55
3.4.2.1. Prévalence des barodontalgies	55
3.4.2.2. Conditions d'apparitions des barodontalgies.....	56
3.4.2.3. Localisation dentaire des barodontalgies	57
3.4.2.4. Les barotraumatismes dentaires.....	58
3.4.3. Éducation, prévention, relation patient dentiste et place du carnet dans la plongée	58
3.4.4. Analyse du risque barodontalgique/barotraumatique en fonction des caractéristiques des plongeurs.....	59
3.5. Discussion	61
3.5.1. Représentativité vis-à-vis de la population générale	61
3.5.2. Comparaison aux autres études sur le domaine	62
3.5.2.1. Prévalence des barodontalgies	62
3.5.2.2. Le plongeur à risque barodontalgique : caractéristiques générales	66
3.5.2.3. Place de l'historique dentaire du plongeur dans les barodontalgies.....	66
3.5.2.4. Circonstance d'apparition des barodontalgies.....	67
3.5.2.5. Localisation préférentielle des barodontalgies	68
3.5.2.6. Rôle des sinus dans les barodontalgies	68
3.5.2.7. Barotraumatismes et plongée.....	69
3.5.2.8. Place de la consultation dentaire dans l'expression des barodontalgies	70
3.5.3. Limites et forces de l'étude	71
3.6. Conclusion de l'étude	72
4. Les barodontalgies : recommandations et bonnes pratiques.....	73
4.1. Le plongeur et sa responsabilité	73
4.2. La FFESSM et sa formation	73
4.3. Le chirurgien-dentiste et ses connaissances	74
4.3.1. La consultation dentaire chez le plongeur	74
4.3.2. Traitement des barodontalgies	74

4.3.3. Matériaux et protocole dentaire : piste d'amélioration dans la prévention des barodontalgies	76
4.3.3.1. Quels matériaux choisir ?	76
4.3.3.2. Cas de la dentine affectée	77
4.3.3.3. Coiffage et traitement endodontique	77
4.3.3.4. Cas des extractions dentaires.....	78
4.3.3.5. Ciment de scellement des couronnes dentaires	78
4.3.3.6. Prothèses amovibles et implants	78
4.3.4. Durée de contre-indication à la reprise de la plongée suite traitement dentaire	79
Conclusion	81
Références bibliographiques	83
Références bibliographiques électroniques.....	92
Annexes	96
Annexe 1 : Avis favorable du comité d'éthique	96
Annexe 2 : Note d'information diffusée avec le questionnaire	97
Annexe 3 : Questionnaire.....	98
Tables des matières.....	103

Vu la demande du doyen de la faculté d'odontologie de Lorraine sur le rapport du jury :

Président : J.M. MARTRETTE – Professeur des universités
Membre du jury : K. YASUKAWA – Maître de conférences des universités (Co-directeur de thèse)
Membre du jury : M. VINCENT – Maître de conférences des universités
Membre du jury : A. BAUDET – Maître de conférences associé des universités (Co-directeur de thèse)

le président de l'université de Lorraine autorise

Monsieur Kévin GOUGEON

né à METZ (Moselle) le 22 octobre 1991,

à soutenir et imprimer sa thèse en vue d'obtenir le diplôme d'État de docteur en chirurgie dentaire intitulée :

« ENQUÊTE SUR LES BARODONTALGIES DU PLONGEUR »

Nancy, le 21 septembre 2021

N° autorisation : 11959 C

Le président de l'université de Lorraine



GOUGEON Kevin – Enquête sur les barodontalgies du plongeur en France

Nancy 2021 : 107 pages. 10 figures. 12 tableaux.

Th. : Chir.- Dent. : Nancy 2021

Mots clefs :

- Plongée
- Barodontalgies
- Barotraumatismes
- Étude transversale

Résumé : La pratique de la plongée expose à un large spectre de risques sur la santé des pratiquants qui s'étend de l'accident de décompression à des dangers plus spécifiques, dont ceux liés à la sphère bucco-dentaire : les barodontalgies et les barotraumatismes.

Le but principal de notre étude était de déterminer la prévalence des barodontalgies chez le plongeur civil en France.

Une étude transversale a été menée fin 2020 par questionnaire auto-administré auprès des licenciés de 16 ans et plus en France métropolitaine et ses territoires d'outre-mer.

Parmi les 684 personnes ayant participé à notre enquête, 18,7% ont déclarés avoir déjà été victime d'au moins une barodontalgie. Les traumatismes concernaient majoritairement des dents préalablement soignées (50%), situées sur le secteur maxillaire (55,2%) et postérieur (81,2%). Les barotraumatismes ont touché quant à eux 10,1% des plongeurs.

Contrairement aux barotraumatismes, la survenue d'une barodontalgie n'était pas relié au genre ($p = 0,37$), à l'âge ($p = 0,79$), au nombre d'années de plongées ($p = 0,06$) ou au niveau de plongée ($p = 0,15$).

Ce risque élevé de barodontalgies et barotraumatismes, nous a conduit à énumérer une liste de conseils adressées aux plongeurs, formateurs et chirurgiens-dentistes.

Jury :

Président : Pr. J-M. MARTRETTE

Directeurs de thèse : Dr. K. YASUKAWA

Dr. A. BAUDET

Membre : Dr. M. VINCENT

Adresse de l'auteur :

Kevin GOUGEON
4 rue Jean de la Fontaine
57420 FEY