

UNIVERSITE DE STRASBOURG

FACULTE DE CHIRURGIE DENTAIRE

Année 2021

N° 2

THESE

Présentée pour le Diplôme d'Etat de Docteur en Chirurgie Dentaire
le 9 février 2021

par

MOYAUX Paul-Alexandre

Né le 22 novembre 1996 à AMIENS

PREVENTION BUCCO-DENTAIRE ET PLONGEE
SUBAQUATIQUE : LA PLACE DU CHIRURGIEN-DENTISTE

JURY

Président : Professeur Anne-Marie MUSSET
Assesseurs : Professeur François CLAUSS
Docteur Florence FIORETTI
Docteur Damien OFFNER

FACULTE DE CHIRURGIE DENTAIRE DE STRASBOURG

Doyen : Professeur Corinne TADDEI-GROSS

Doyens honoraires : Professeur Robert FRANK

Professeur Maurice LEIZE

Professeur Youssef HAIKEL

Professeurs émérites : Professeur Henri TENENBAUM

Responsable des Services Administratifs : Mme Françoise DITZ-MOUGEL

Professeurs des Universités

Vincent BALL	Ingénierie Chimique, Energétique - Génie des Procédés
Agnès BLOCH-ZUPAN	Sciences Biologiques
François CLAUSS	Odontologie Pédiatrique
Jean-Luc DAVIDEAU	Parodontologie
Youssef HAÏKEL	Odontologie Conservatrice - Endodontie
Olivier HUCK	Parodontologie
Marie-Cécile MANIERE	Odontologie Pédiatrique
Florent MEYER	Sciences Biologiques
Maryline MINOUX	Odontologie Conservatrice - Endodontie
Anne-Marie MUSSET	Prévention - Epidémiologie - Economie de la Santé - Odontologie Légale
Corinne TADDEI-GROSS	Prothèses
Béatrice WALTER	Prothèses
Matthieu SCHMITTBUHL	Sciences Anatomiques et Physiologiques, Occlusodontiques - Biomatériaux - Biophysique - Radiologie
<i>Délégation (Juin 2024)</i>	

Maîtres de Conférences

Youri ARNTZ	Biophysique moléculaire
Sophie BAHU-GROSS	Chirurgie Buccale - Pathologie et Thérapeutique - Anesthésiologie et Réanimation
Yves BOLENDER	Orthopédie Dento-Faciale
Fabien BORNERT	Chirurgie Buccale - Pathologie et Thérapeutique - Anesthésiologie et Réanimation
Abdessamad BOUKARI	Chirurgie Buccale - Pathologie et Thérapeutique - Anesthésiologie et Réanimation
Claire EHLINGER	Odontologie Conservatrice - Endodontie
Olivier ETIENNE	Prothèses
Florence FIORETTI	Odontologie Conservatrice - Endodontie
Catherine-Isabelle GROS	Sciences Anatomiques et Physiologiques - Biophysique - Radiologie
Sophie JUNG	Sciences Biologiques
Nadia LADHARI	Sciences Anatomiques et Physiologiques, Occlusodontiques - Biomatériaux - Biophysique
<i>Disponibilité (Nov. 2020)</i>	
Davide MANCINO	Odontologie Conservatrice - Endodontie
Damien OFFNER	Prévention - Epidémiologie - Economie de la Santé - Odontologie Légale
Catherine PETIT	Parodontologie
François REITZER	Odontologie Conservatrice - Endodontie
Martine SOELL	Parodontologie
Marion STRUB	Odontologie Pédiatrique
Xavier VAN BELLINGHEN	Prothèses
Delphine WAGNER	Orthopédie Dento-Faciale
<i>Délégation (Août 2021)</i>	
Etienne WALTMANN	Prothèses

Equipes de Recherche

Nadia JESSEL	INSERM / Directeur de Recherche/Directrice d'UMR
Philippe LAVALLE	INSERM / Directeur de Recherche
Pierre SCHAAF	UNISTRA / Professeur des Universités / Directeur d'UMR
Bernard SENGER	INSERM / Directeur de Recherche

A NOTRE PRESIDENTE DE THESE :

Madame le Professeur Anne-Marie MUSSET,

Docteur en Chirurgie-Dentaire

Professeur des Universités – Praticien Hospitalier

Sous-section : Prévention – Epidémiologie – Economie de la Santé – Odontologie Légale

Je vous remercie sincèrement de l'honneur que vous me faites en présidant ce jury. Votre confiance et votre disponibilité ont été d'un grand soutien dans le cadre de ce travail.

Je désire également vous exprimer ma gratitude sur votre investissement en tant que chef de Pôle et dans votre enseignement. Dans un souci permanent de faire évoluer vos étudiants dans les meilleures conditions, vous avez grandement contribué à cette réussite.

Veillez trouver par la réalisation de cette thèse, toute l'expression de ma considération et de mon respect.

A NOTRE JUGE ET DIRECTEUR DE THESE :

Monsieur le Docteur Damien OFFNER,

Docteur en Chirurgie-Dentaire

Maître de Conférence des Universités – Praticien Hospitalier

Sous-section : Prévention – Epidémiologie – Economie de la Santé – Odontologie Légale

Je tiens tout spécialement à vous remercier pour l'énergie et l'inspiration dont vous avez pu me faire part dans le cadre de ce projet. Je vous suis entièrement reconnaissant pour vos précieux conseils et de votre originalité qui font de vous un directeur hors du commun.

Je vous remercie particulièrement pour toute la pédagogie dont vous avez fait preuve durant ces cinq années. Vous nous avez toujours encouragé à exploiter le meilleur de nous-même, dans la bienveillance et la sympathie qui vous caractérisent. Ce fût pour moi un réel plaisir de partager ces épanouissantes vacations cliniques avec vous.

Veillez trouver dans ce travail l'expression de mon respect et de ma profonde gratitude.

A NOTRE JUGE DE THESE :

Monsieur le Professeur François CLAUSS,

Docteur en Chirurgie-Dentaire

Professeur des Universités – Praticien Hospitalier

Sous-section : Odontologie Pédiatrique

Je vous remercie chaleureusement d'avoir accepté de siéger parmi les membres de ce jury et de votre intérêt à ce sujet d'odontologie du sport qui vous tient particulièrement à cœur.

Vos enseignements théoriques et cliniques en odontologie pédiatrique ont été d'une grande influence dans mon apprentissage et me guident chaque jour dans ma pratique.

Veillez recevoir le témoignage de ma vive reconnaissance.

A NOTRE JUGE DE THESE :

Madame le Docteur Florence FIORETTI,

Docteur en Chirurgie-Dentaire

Maître de Conférence des Universités – Praticien Hospitalier

Sous-section : Odontologie Conservatrice – Endodontie

Je souhaite vous remercier de rejoindre ce jury et de votre entière implication tout au long de mon cursus universitaire.

Vous avez participé à l'évolution de cet étudiant que vous avez rencontré en salle de simulateurs jusqu'au cours de vos vacances cliniques. Depuis ce premier jour de formation au sein de la faculté, vous avez réussi à me faire partager votre savoir avec une gentillesse sans égale.

Aujourd'hui, c'est avec une immense joie de vous compter parmi les juges de ce travail pour clôturer cette merveilleuse aventure. La boucle est maintenant bouclée.

Soyez assurée de mon immense considération.

A NOTRE MARRAINE DE THESE :

Madame le Docteur Christine ROMAGNA,

Docteur en Chirurgie-Dentaire

Ex-Maître de Conférence des Universités

Praticien Hospitalier

Je suis heureux de votre présence en ce jour si particulier. Je ne vous remercierai jamais assez pour la confiance que vous m'avez accordée depuis notre rencontre.

A travers ce stage riche en apprentissage et en relations humaines, vous avez su me transmettre avec passion vos connaissances et vos valeurs qui font de vous la grande praticienne que vous êtes.

Veuillez recevoir par ces mots l'expression de ma haute reconnaissance et de mon respect le plus sincère.

Une grande pensée tout d'abord à celles et ceux qui forment la communauté **des plongeurs**. Vous avez encore prouvé aujourd'hui votre implication citoyenne à travers ce projet qui n'aurait jamais vu le jour sans votre mobilisation.

Ce travail est également le vôtre.

A l'ensemble de **l'équipe pédagogique** ainsi qu'au **personnel soignant et administratif de la Faculté de Chirurgie-Dentaire de Strasbourg**. Je vous remercie sincèrement pour votre préoccupation à garantir la meilleure qualité de notre formation. Votre écoute des étudiants a été sans faille, contribuant à notre épanouissement le plus certain au sein de cette maison.

Au **Docteur Benoît DELATTRE**, car c'est par là que tout a commencé. Le destin a fait croiser nos chemins lorsque vous m'avez ouvert les portes de votre cabinet. De cette rencontre aussi improbable qu'exceptionnelle, vous avez réussi à faire naître une vocation auprès d'un lycéen indécis. Vous prouvez encore à ce jour votre dévouement à la profession auprès des instances ordinales.

Veuillez recevoir la grande reconnaissance de votre « padawan ».

Au **Docteur Victorin AHOSSI** ainsi qu'à **l'équipe d'odontologie du CHU de Dijon**, pour cette formidable intégration dans le cadre de ce stage extériorisé. Je vous remercie pour votre grande bienveillance lors de cette période si particulière que nous avons traversée au cours de ce printemps 2020.

Veuillez trouver à travers cette pensée l'expression de mon plus grand respect.

A mes parents Isabelle et Jean-Paul, je ne vous serai à jamais reconnaissant pour votre investissement qui a permis de façonner la personne que je suis devenue. Vous avez toujours trouvé les mots justes pour m'éclairer lorsque tout semblait impossible.

Je vous aime.

Maman, je pense qu'il n'existe pas de mot à la hauteur de ma reconnaissance sur l'amour que tu as pu m'apporter et pour ces heures interminables de révisions, sans parler de ton incroyable intuition. Notre devise restera toujours la même : « on ne change pas une équipe qui gagne ».

Papa, tu as été pour moi un symbole de mérite et de travail dont j'ai été plus d'une fois inspiré. Merci pour la transmission de tes valeurs qui te sont chères à travers tes messages remplis de sagesse et de petites blagounettes.

A ma sœur Elisabeth, pour sa bonne humeur au quotidien. Malgré la distance et les années qui nous séparent, tu pourras toujours compter sur ton petit frère.

A mes nièces Hind et Nour. Je vous vois grandir de jour en jour et à chaque fois un bonheur de vous retrouver.

Je vous souhaite le plus bel avenir possible.

A mes Ch'tites grands-mères Thérèse et Françoise ainsi qu'à Francis. Vous avez toujours porté un regard admiratif et vous m'avez donné tout l'amour et le soutien que des grands-parents peuvent apporter à leur petit-fils. Mes pensées vont vers vous.

A mes grands-pères, dont ils avaient en commun le nom de Paul. Je ne vous ai malheureusement jamais connu, mais j'espère honorer votre mémoire par l'achèvement de ce travail.

A Chantal, véritable marraine. Merci pour ton immense soutien dans tous les projets que j'ai pu mener. Ton œil affuté m'a été d'une aide précieuse dans la rédaction de ce travail abouti.

A mon oncle François, pour son soutien et pour la transmission de son goût pour les sciences médicales.

A Gladys, pour sa présence en toute circonstance et sa fidélité sans pareille.

A Juliette, mon rayon de soleil. C'est avec une immense joie de partager avec toi ces merveilleux instants de bonheur. Merci pour tout ce que tu m'apportes et de rendre ma vie si belle depuis ces nombreuses années. Que cet événement puisse écrire ce nouveau chapitre de notre vie commune.

Je t'aime de tout mon cœur.

A ces amis inséparables, amoureux du ballon rond et de belles cylindrées : **Davy, Thomas, Alex, Toto, Maxime.**

Malgré nos chemins différents, nous trouvons toujours une occasion pour passer d'agréables moments de convivialité. Vous incarnez l'amitié comme elle peut l'être dans sa forme la plus authentique et la plus sincère.

A mes compagnons alsaciens qui ont contribué à cet épanouissement : **Pierre-Jean, Tanguy, Jocelyn, Adèle, Ines, Lucile, Alexandre, Eloïse, Alexandra, Mathieu, Louise, Nils, Apolline, David, Aurélie, Christian, Gwendoline...**

Pour ces années étudiantes mémorables à coups de week-end d'intégration, de soirées finement préparées par ces « before » d'exception ! Que de souvenirs et d'aventures improbables qui n'appartiennent qu'à nous. Merci pour votre chaleureux accueil dans cette merveilleuse région ainsi que pour vos grandes qualités humaines et confraternelles.

A cette fine équipe de binômes, **Yann et Victoria.** Vous êtes sans nulle doute mes plus belles rencontres durant ces derniers mois strasbourgeois. Que d'agréables moments passés en votre compagnie, que ce soit en clinique ou lors de soirées bien arrosées... ! J'espère que nos destins mèneront à nous croiser dans le futur. Je vous souhaite la plus belle réussite pour la fin de vos études.

Une grande pensée pour **Monsieur et Madame Michel's KNOELL**, pour leur hospitalité et pour leur constante disponibilité durant ces années strasbourgeoises. Veuillez trouver l'expression de mes respectueuses et amicales salutations.

UNIVERSITE DE STRASBOURG

FACULTE DE CHIRURGIE DENTAIRE

Année 2021

N° 2

THESE

Présentée pour le Diplôme d'Etat de Docteur en Chirurgie Dentaire
le 9 février 2021

par

MOYAUX Paul-Alexandre

Né le 22 novembre 1996 à AMIENS

PREVENTION BUCCO-DENTAIRE ET PLONGEE
SUBAQUATIQUE : LA PLACE DU CHIRURGIEN-DENTISTE

JURY

Président : Professeur Anne-Marie MUSSET
Assesseurs : Professeur François CLAUSS
Docteur Florence FIORETTI
Docteur Damien OFFNER

TABLE DES MATIERES

LISTE DES FIGURES.....	6
LISTE DES TABLEAUX.....	8
INTRODUCTION.....	9
 PARTIE 1 : PRESENTATION DE LA PLONGEE SUBAQUATIQUE.....	 11
I. Historique de la plongée.....	12
A. L'Antiquité.....	12
B. La Renaissance.....	13
C. Le siècle des Lumières	14
D. Le XIXe siècle : les évolutions du scaphandre	16
E. Le XXe siècle et la redécouverte du scaphandre autonome	17
 II. Le matériel du plongeur.....	 18
A. La bouteille de plongée.....	19
B. Le détendeur	19
C. L'embout intra-buccal	20
D. Le gilet de stabilisation.....	20
E. La combinaison	21
F. L'ordinateur de plongée.....	21
 III. La pratique de la plongée subaquatique en France	 22
A. Les certifications françaises	22
B. Les certifications internationales.....	23
 IV. L'émergence de la médecine de la plongée.....	 24
 PARTIE 2: BASES PHYSIQUES ET ANATOMIQUES APPLIQUEES A LA PLONGEE SUBAQUATIQUE.....	 26
I. Les bases physiques	27
A. Notion de pression	27
1. Définition	27
2. La pression atmosphérique.....	28
3. La pression hydrostatique	28
4. La pression absolue	29
5. Intérêt en plongée	29

B. La loi des gaz parfaits et ses applications	30
1. Définition	30
2. La loi de Boyle et Mariotte	31
3. Mélange de gaz parfaits : la loi de Dalton	31
4. Dissolution de gaz parfaits : la loi de Henry	32
C. Notion de flottabilité : la poussée d'Archimède	33
 II. Anatomie et physiologie neuro-sensitive de la sphère ORL et dentaire	34
A. Le système auditif	34
1. L'oreille externe.....	35
2. L'oreille moyenne	36
3. L'oreille interne.....	36
B. Les sinus du massif facial	36
1. Le sinus maxillaire	38
2. Le sinus frontal.....	39
3. Les cellules ethmoïdales.....	39
C. Le complexe dentino-pulpaire.....	39
1. Histologie	40
2. Nociception pulpaire	40
3. Voies sensibles pulpaire.....	42
 PARTIE 3: ACCIDENTS ORO-FACIAUX ET PLONGEE SUBAQUATIQUE:	
PHYSIOPATHOLOGIE ET PREVENTION.....	43
 I. Les barotraumatismes oro-faciaux	44
A. Le placage de masque	44
B. Les barotraumatismes de l'appareil auditif.....	45
1. Le barotraumatisme de l'oreille externe	45
2. Le barotraumatisme de l'oreille moyenne	45
3. Le barotraumatisme de l'oreille interne	47
C. Les barotraumatisme sinusiens.....	48
D. Les barotraumatismes dentaires	49
1. Définition	49
2. Etiologies	50
3. Physiopathologie.....	50
E. Prévention des barotraumatismes dentaires.....	52
1. Prévention en odontologie restauratrice	52
2. Prévention en endodontie	52
3. Prévention en prothèse conjointe	53

II. Les douleurs dentaires en plongée subaquatique.....	55
A. Les barodontalgies.....	55
1. Définition	55
2. Etiologies	55
3. Physiopathologie.....	57
B. Les autres douleurs du plongeur.....	58
1. Les douleurs liées au froid	58
2. Les douleurs du parodonte	59
3. Les douleurs post-chirurgicales	59
C. Prévention	59
1. Prévention en odontologie restauratrice	59
2. Prévention en endodontie	60
3. Prévention en chirurgie orale et parodontale	61
III. Les pathologies liées à l'embout buccal	61
A. Le syndrome buccal	61
1. Définition	61
2. Symptomatologie	62
3. Epidémiologie	63
B. Les traumatismes intra-buccaux.....	64
C. La transmission de maladies infectieuses.....	64
D. Prévention	65
1. L'évolution de l'embout du commerce	65
2. L'embout personnalisé	66
IV. Les traumatismes dentaires par chocs	69

Partie 4: ENQUETE SUR LA PREVENTION BUCCO-DENTAIRE CHEZ LES PLONGEURS CIVILS FRANÇAIS..... 70

I. Objectifs de l'étude	71
II. Matériel et méthode.....	72
A. Schéma d'étude	72
B. Population étudiée.....	72
C. Questionnaire.....	73
1. Elaboration	73
2. Ethique	74
3. Diffusion du questionnaire	74
D. Traitement des données	74
1. Regroupement des réponses.....	74
2. Méthodologie statistique	75

III. Résultats de l'enquête.....	76
A. Participation	76
B. Analyse descriptive des données	76
1. Profil des répondants	76
2. Concernant la prévention	78
3. Concernant les accidents en plongée subaquatique	83
4. Concernant les embouts intra-buccaux	85
C. Analyse comparative des données.....	86
1. Concernant la connaissance des risques	86
2. Concernant la qualité de la prévention bucco-dentaire.....	87
3. Concernant les accidents en plongée subaquatique	89
4. Concernant les embouts intra-buccaux	93
IV. Discussion.....	95
A. Forces de l'étude	95
1. Pertinence de l'étude	95
2. Puissance	95
3. Diversité de l'échantillon	95
B. Faiblesses de l'étude.....	96
1. Type d'étude	96
2. Double réponse.....	96
3. Format du questionnaire	96
4. Biais de l'étude.....	97
5. Confusion entre les questions.....	97
C. Analyse critique des résultats.....	98
1. Les accidents oro-faciaux en plongée subaquatique.....	98
2. Etat des lieux de la prévention bucco-dentaire chez les plongeurs	105
3. La place du chirurgien-dentiste	107
V. Conclusions de l'enquête.....	110
VI. Perspectives	111
A. Justification de l'affiche préventive.....	112
B. Conception	112
C. Diffusion	113
CONCLUSIONS GENERALES.....	116
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....	120
ANNEXE.....	130

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Cloche de Halley ; Louis Figuier ; Les merveilles de la science, 1870.	15
Figure 2: La machine hydrostatergatique de Fréminet, Bailly N, Malamas J-P ; Encyclopédie de la plongée ; 2004.	15
Figure 3: Scaphandrier pieds-lourds ; Bailly N, Malamas J-P ; Encyclopédie de la plongée ; 2004.	16
Figure 4: Régulateur autonome de Rouquayrol et Denayrouze ; E.O. Lami ; Encyclopédie industrielle ; 1875.....	17
Figure 5: Plongeur équipé d'un scaphandre autonome, photographie prise par Alfred Léon Lemerrier, 1870.	17
Figure 6: Scaphandre autonome de Gagnan et Cousteau ; archive Pearson Scott Foresman, 2007.	18
Figure 7: Croquis des éléments constitutifs d'un détendeur de plongée.....	19
Figure 8: Schéma d'un embout buccal de plongée ; RS Hobson, JP Newton ; Dental evaluation of scuba diving mouthpieces using a subject assessment index and radiological analysis of jaw position ; British Journal of Sports Medicine ; 2001.20	
Figure 9: Tables de plongée ; A. Foret, P. Torres ; Plongée plaisir niveau 1 ; 2019. 22	
Figure 10: Ordinateur de plongée ; Bailly N, Malamas J-P ; Encyclopédie de la plongée ; 2004.	22
Figure 11: Schéma illustrant la pression absolue ; Foster P ; La plongée sous- marine l'adaptation de l'organisme et ses limites ; 2010.....	30
Figure 12: Coupe coronale de l'appareil auditif ; Franck H. Netter ; Atlas d'anatomie humaine, Editions Maloine ; 1989.	35
Figure 13: Coupe coronale des sinus de la face ; Franck H. Netter ; Atlas d'anatomie humaine, Editions Maloine ; 1989.	37
Figure 14: Coupe latérale illustrant l'innervation du sinus maxillaire ; Franck H. Netter ; Atlas d'anatomie humaine, Editions Maloine ; 1989.....	38
Figure 15: L'innervation pulpaire ; Villanueva L ; Aspects périphériques et médullaires de la douleur trigéminal, Réal. Cli., 1994, Vol. 5, n°2, p. 121-133.	41
Figure 16: Coupe latérale illustrant les voies sensibles dentaires, Carmine D. Clemente ; Anatomy : a Regional Atlas of the Human Body ; 2010.....	42

Figure 17: Schéma de la manœuvre d'équilibration des pressions de l'oreille moyenne ; A. Foret ; Plongée plaisir niveaux 1 et 2 ; 1999.....	46
Figure 18: : Barotraumatisme dentaire explosif en phase de remontée, Gunepin et al. ; Sports des profondeurs : Fractures dentaires induites par les variations de pression ; Information Dentaire n°22 ; 2012.....	51
Figure 19: Barotraumatisme dentaire implosif en phase de descente, Gunepin et al. ; Sports des profondeurs : Fractures dentaires induites par les variations de pression ; Information Dentaire n°22 ; 2012.....	51
Figure 20: Mouvements à l'origine du syndrome buccal ; Gunepin et al. ; Le syndrome buccal de la plongée sous-marine : étiologie et prévention ; L'Information Dentaire ; 2013 ; p28-31.....	62
Figure 21: tracés céphalométriques comparatifs en OIM (a), avec un embout personnalisé (b), avec un embout standard (c) ; Gunepin et al ; Le syndrome buccal de la plongée sous-marine : étiologie et prévention ; L'Information Dentaire, 2013.....	67
Figure 22: Professionnels de santé consultés annuellement dans le cadre de la plongée.	78
Figure 23: Moyens d'accès à l'information des plongeurs en prévention bucco-dentaire.	80
Figure 24: Qualité de l'information perçue par les plongeurs en prévention bucco-dentaire.	81
Figure 25: Motifs de consultation dentaire chez les plongeurs.	82
Figure 26: : Localisation des douleurs oro-faciales chez les plongeurs.	83
Figure 27: Embouts intra-buccaux utilisés par les plongeurs interrogés.	85
Figure 28: Moyens d'accès à l'information sur les embouts personnalisés.....	86
Figure 29: Schéma du parcours préventif du plongeur en prophylaxie bucco-dentaire, selon P-A. Moyaux et D. Offner.	111
Figure 30: Affiche de sensibilisation bucco-dentaire destinée aux plongeurs ; P-A. Moyaux et D. Offner.	115

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1: Diagnostics différentiels des barodontalgies ; Y. Zadik ; Barodontalgia ; Journal of Endodontics ; 2009 ; 35 : 481-485.	56
Tableau 2: Classification des barodontalgies directes ; E. Ferjentsik, F. Acker ; Barodontalgia : a system of classification ; Mil Med 1982 ; 147 : 299, 303-304. 57	
Tableau 3: : Synthèse des questions relatives au profil sportif des plongeurs interrogés.	77
Tableau 4: Fréquence des douleurs oro-faciales rencontrées chez les plongeurs interrogés.	84
Tableau 5: Qualité de l'information préventive en fonction de la consultation dentaire.	89
Tableau 6: Prévalence des accidents oro-faciaux en fonction du sexe.	90
Tableau 7: Prévalence des accidents oro-faciaux en fonction de la classe d'âge. ...	91
Tableau 8: Prévalence des accidents oro-faciaux en fonction du niveau de plongée.	92
Tableau 9: Prévalence des accidents bucco-dentaires en fonction de la prévention reçue.	93
Tableau 10: Utilisation des embouts semi-personnalisés en fonction du niveau de plongée.	94
Tableau 11: Prévalence des douleurs aux mâchoires et gingivales en fonction du type d'embout.	94
Tableau 12: Prévalence des barodontalgies dans la littérature et dans l'enquête menée chez les plongeurs civils français.	99
Tableau 13: Prévalence des fractures dentaires et/ou de restaurations en plongée dans la littérature et dans l'enquête menée chez les plongeurs civils français. 101	
Tableau 14: Prévalence des douleurs aux mâchoires dans la littérature et dans l'enquête menée chez les plongeurs civils français.	102
Tableau 15: Prévalence des douleurs gingivales dans la littérature et dans l'enquête menée chez les plongeurs civils français.	104

INTRODUCTION

« La mer, une fois qu'elle a jeté son sort, tient pour toujours dans son filet d'émerveillement ». Ces mots prononcés par Jacques-Yves Cousteau illustrent parfaitement la fascination des hommes pour l'exploration sous-marine. Avec l'apparition du scaphandre autonome et le développement du matériel au milieu du XXe siècle, le monde du silence n'a jamais été aussi accessible qu'aujourd'hui. Cet engouement se reflète en France par une augmentation constante des pratiquants en activité loisir, mais également à travers les professions subaquatiques dans le domaine civil et militaire.

Néanmoins, la plongée subaquatique est une activité qui n'est pas sans risque sur la santé, justifiant l'encadrement et la réglementation stricte qui s'y réfèrent. En effet, l'exposition de l'organisme à un milieu hyperbare nécessite une adaptation des fonctions vitales dans un environnement encore hostile pour l'être humain. Désormais bien identifiés, les accidents liés à la pratique de la plongée subaquatique font encore régulièrement l'objet d'accidents mortels, souvent évitables. Ces manifestations sont ainsi à mettre en perspective avec les effets induits sur la sphère oro-faciale dont les structures sont particulièrement sensibles aux variations de pression.

Etant moi-même plongeur, j'ai pu constater au cours de ma formation que les conséquences de cette pratique sur la sphère orale restaient encore méconnues auprès de la communauté des plongeurs et des professionnels de santé. Je me suis donc interrogé sur la pertinence des informations délivrées aux patients plongeurs sur le plan bucco-dentaire, en parallèle des autres comorbidités impliquées en plongée. Après une brève présentation de cette activité et de son histoire, l'objectif de ce travail consiste à exposer l'ensemble des manifestations physiques liées à la pression responsable des accidents oro-faciaux en plongée subaquatique. Cette synthèse de la littérature aura pour finalité de mettre en lumière la place centrale du chirurgien-dentiste dans la prévention pluridisciplinaire chez ces patients à risques bucco-dentaires.

Dans un souci de promouvoir la prévention et l'information des pratiquants, cette thèse mènera à l'élaboration d'un questionnaire auprès des plongeurs français afin d'obtenir un état des lieux sur la fréquence de ces accidents et des connaissances en matière de prévention bucco-dentaire. Les résultats de cette enquête mèneront enfin à la conception d'un support préventif de communication en ce sens.

PARTIE 1 :

PRESENTATION DE LA PLONGEE SUBAQUATIQUE

I. Historique de la plongée

Le monde subaquatique a toujours éveillé la curiosité des hommes à travers les âges. Source de craintes et de représentations mystiques durant l'Antiquité, il est devenu peu à peu le sujet de fantasmes d'explorateurs et d'inventeurs à l'imagination inassouvie.

Avec les innovations majeures du XXe siècle, ce milieu encore occulte ouvre progressivement ses secrets, repoussant davantage les limites de l'être humain qui étaient jusqu'ici, impossibles à atteindre.

Les avancées techniques et scientifiques ont ainsi permis l'aboutissement de plusieurs siècles de rêves à l'exploration rationnelle de la réalité des fonds sous-marins.

A. L'Antiquité

Même s'il est difficile de pouvoir dater avec exactitude les origines des activités subaquatiques, il est très fortement probable que l'homme ait initié l'exploration sous-marine depuis l'Antiquité, comme peuvent en témoigner des fresques crétoises datant de 2000 ans avant notre ère [1].

D'abord utilisée par certains pêcheurs pour recueillir des coquillages ou encore chasser les poissons, la plongée deviendra progressivement une activité professionnelle afin de rechercher des denrées rares et précieuses.

Selon des écrits d'Aristote ou de Pline l'Ancien datant du IVe siècle avant Jésus-Christ, des plongeurs descendaient alors jusqu'à 30m de fond pour rapporter des éponges, coraux ou huîtres perlières fortement appréciées à cette époque [2].

Ces récits décrivent ces plongeurs en apnée pratiquant une hyperventilation puis, lestés d'une lourde pierre et attachés à une corde, entament leur descente avec de l'huile d'olive en bouche qu'ils laissent échapper durant leur exploration afin d'illuminer l'obscurité du monde sous-marin [3].

Par la suite, l'activité de la plongée sera appliquée à des fins militaires. En effet, des plongeurs de combat étaient régulièrement sollicités au cours de batailles maritimes. Ces derniers avaient pour mission d'atteindre des navires ennemis par le fond et d'y percer leurs coques, de sectionner les ancres ou de cisailer les chaînes.

A l'époque romaine, ces plongeurs militaires apnéistes nommés *urinatores* s'illustrèrent dans de nombreuses batailles et représentaient une importance stratégique [3, 4].

En 325 avant Jésus-Christ, Alexandre Le Grand construisit un tonneau ouvert d'un seul côté pouvant accueillir une personne à son bord. Une fois immergé, le dispositif emprisonnait une bulle d'air permettant à son passager de respirer sous l'eau. Cette invention baptisée *Colympha* fut le premier dispositif inventé par l'homme afin de pratiquer la plongée sous-marine [1, 2].

B. La Renaissance

Longtemps délaissée durant le Moyen-Age, la face cachée de l'eau devient à nouveau un sujet de curiosité croissant auprès des inventeurs de la Renaissance. La plongée profite ainsi de ces avancées politiques, religieuses et scientifiques.

Le plus célèbre de ces inventeurs, Léonard de Vinci, évoque notamment « un moyen de demeurer sous l'eau aussi longtemps que l'on peut rester sans manger », mais refuse de le divulguer de peur que cette invention ne cède à la mauvaise nature de l'homme [3].

De nombreux croquis sont également esquissés de la part du maître. Nous pouvons citer par exemple un casque à hublot, un tuba, des gants palmés... Ces imaginations dont on ne sait si elles ont été réellement appliquées témoignent de l'intérêt que porte l'artiste à l'exploration sous-marine.

En 1538 à Tolède, une grande avancée va bouleverser la plongée et ses applications. C'est ainsi que deux grecs présentent sur les bords du Tage devant l'empereur Charles Quint ce qu'ils appelleront « la cloche de plongée ». Basé sur le principe du tonneau d'Alexandre Le Grand, ce vase amarré par des cordes peut accueillir deux individus avec une ouverture par le bas. Une fois l'embarcation immergée, l'air y reste enfermé permettant à ses occupants de respirer et d'empêcher l'infiltration d'eau à l'intérieur. Lorsque les réserves d'air sont épuisées, un système permet de prévenir à la surface qu'il faut remonter la cloche afin d'y renouveler l'air.

Cette présentation fait le tour de l'Europe et connaît un engouement pour ses applications dans le cadre de travaux sous-marins ainsi que pour la recherche de cargaisons d'épaves englouties.

Ainsi, le plongeur au sein de la cloche emplit d'air ses poumons afin de quitter l'embarcation pour travailler quelques instants, puis retourne dans la cloche pour reprendre sa respiration [2, 3].

C. Le siècle des Lumières

Bien que la cloche de plongée présente un intérêt certain, elle connaît néanmoins de nombreux inconvénients. L'autonomie très limitée de la réserve d'air présente sous la cloche impose la nécessité d'interrompre régulièrement le travail afin d'y renouveler l'air.

C'est à la fin du XVII^e siècle que Denis Papin propose d'alimenter par de l'air comprimé la cloche depuis la surface à l'aide d'un soufflet et de tuyaux. Mais les limitations technologiques rencontrées à l'époque ne permettent pas de telles prouesses d'ingénierie [3].

En 1690, l'astronome Edmund Halley propose de renouveler l'air rapidement irrespirable sous ces cloches par de l'air comprimé administrée à l'aide de petits tonneaux emplis d'un robinet et connectés à l'intérieur de la cloche. Selon ses écrits, le scientifique aurait passé 1h30 immergé à 18 mètres de fond au sein de cette cloche avec quatre autres personnes, ce qui représentait une prouesse pour l'époque [3].

Il imagine également une mini cloche de verre pouvant être portée par un individu et reliée par un tuyau à la cloche de plongée alimentée par de l'air comprimé. Cette invention permet au travailleur de s'éloigner de la cloche de plongée tout en respirant de l'air sous pression.

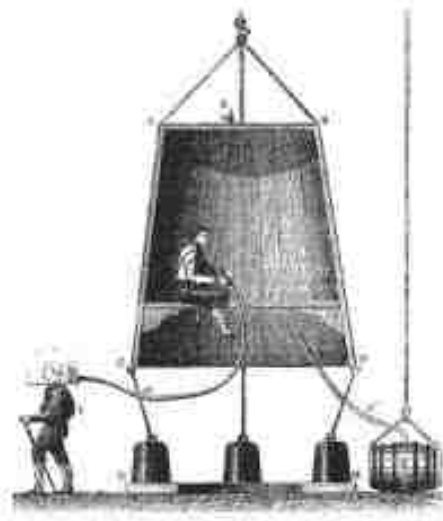


Figure 1 : Cloche de Halley ; Louis Figuier ; Les merveilles de la science, 1870.

Dans le même temps, certains ingénieurs imaginent d'autres alternatives, jugeant la cloche de plongée encombrante et onéreuse. A la différence de cette dernière, ils imaginent les plongeurs évoluant seuls dans une carapace protectrice, précurseur du scaphandre.

En 1772, le français Fréminet fabrique son engin qu'il baptise la « machine hydrostatergatique » qui se présente sous la forme d'un casque de cuivre à hublot habillé d'une combinaison en cuir et d'un réservoir d'air comprimé que le plongeur peut déplacer lui-même. Il modifie son invention en 1776, reliant le réservoir à la surface à l'aide d'un tuyau, apportant un air neuf dans la réserve sans discontinuer [2, 3].

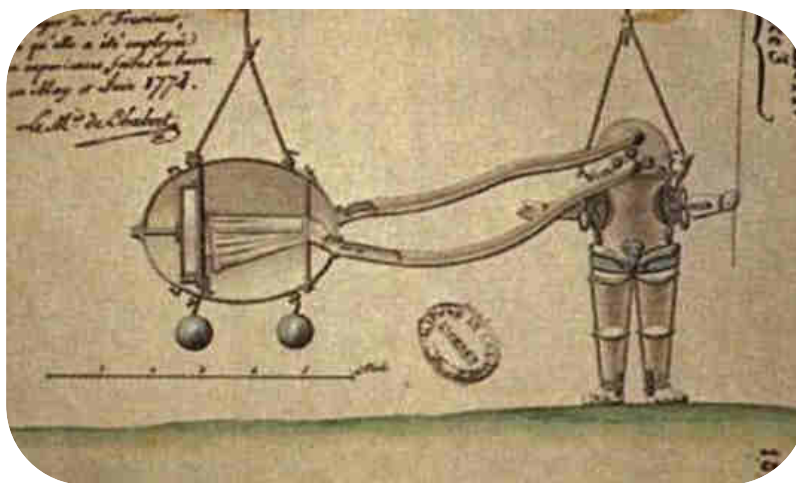


Figure 2: La machine hydrostatergatique de Fréminet, Bailly N, Malamas J-P ; Encyclopédie de la plongée ; 2004.

D. Le XIXe siècle : les évolutions du scaphandre

En 1819, Auguste Siebe s'inspire de l'invention de l'astronome Halley et de l'idée de Denis Papin. Il décide de supprimer la cloche principale et de garder seulement la cloche secondaire transformée en casque à hublot fixée à la tête du plongeur, l'apport d'air s'effectuant depuis une pompe à la surface : c'est le début du scaphandre lourd. L'opérateur est ainsi muni d'un vêtement lesté et de semelles de plomb. L'air y est introduit au niveau du casque par un tuyau et évacué du vêtement à l'aide d'une soupape d'expiration. Le « Standard Diving Apparatus » est un succès immense et se vend dans le monde entier [1, 3].



*Figure 3: Scaphandrier pieds-lourds ; Bailly N, Malamas J-P ;
Encyclopédie de la plongée ; 2004.*

Le véritable progrès décisif s'est illustré dans les années 1860 par deux aveyronnais. Ingénieur des mines, Benoît Rouquayrol développe un régulateur à gaz créant ainsi un appareil respiratoire de sauvetage permettant de circuler dans des atmosphères irrespirables après des coups de grisou ou dans des galeries noyées. Il s'associe avec son ami Auguste Denayrouze, lieutenant de vaisseau, afin d'étendre son invention à l'activité sous-marine. Ensemble, ils créent le scaphandre autonome [3, 5].

Alimenté en air à pression ambiante par un régulateur autonome relié à une bouteille, le plongeur s'affranchit de tout lien avec la surface au cours de son immersion durant près de trente minutes. Néanmoins, l'air contenu dans la bouteille devait être régulièrement renouvelé à la surface.

L'engouement autour du « Self-Contained Underwater Breathing System » (SCUBA) est tel qu'il reçut une médaille d'or au cours de l'exposition universelle de 1867. Jules Verne qui assistait à l'évènement s'est notamment inspiré de cette invention dans son ouvrage « Vingt mille lieues sous les mers » qu'il publie deux ans plus tard [6]. Malheureusement, la faible autonomie, l'encombrement et la fabrication onéreuse de ces détendeurs obligent Rouquayrol et Denayrouze à revenir au système de scaphandre lourd classique plus pratique pour les travaux sous-marins. Ainsi, l'invention innovante du scaphandre autonome tombe rapidement dans l'oubli jusqu'au milieu de la Seconde Guerre mondiale [7].

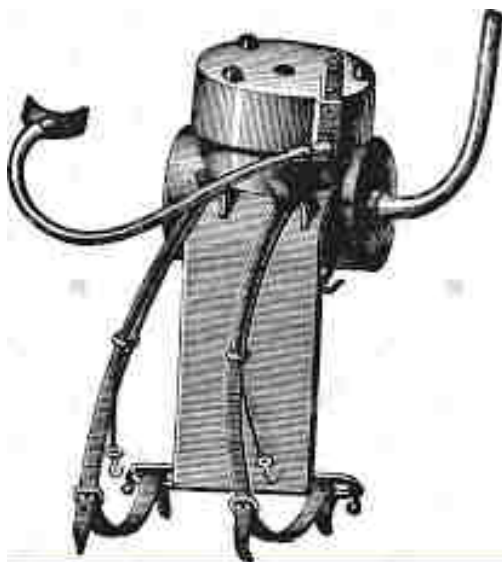


Figure 4: Régulateur autonome de Rouquayrol et Denayrouze ; E.O. Lami ; Encyclopédie industrielle ; 1875.

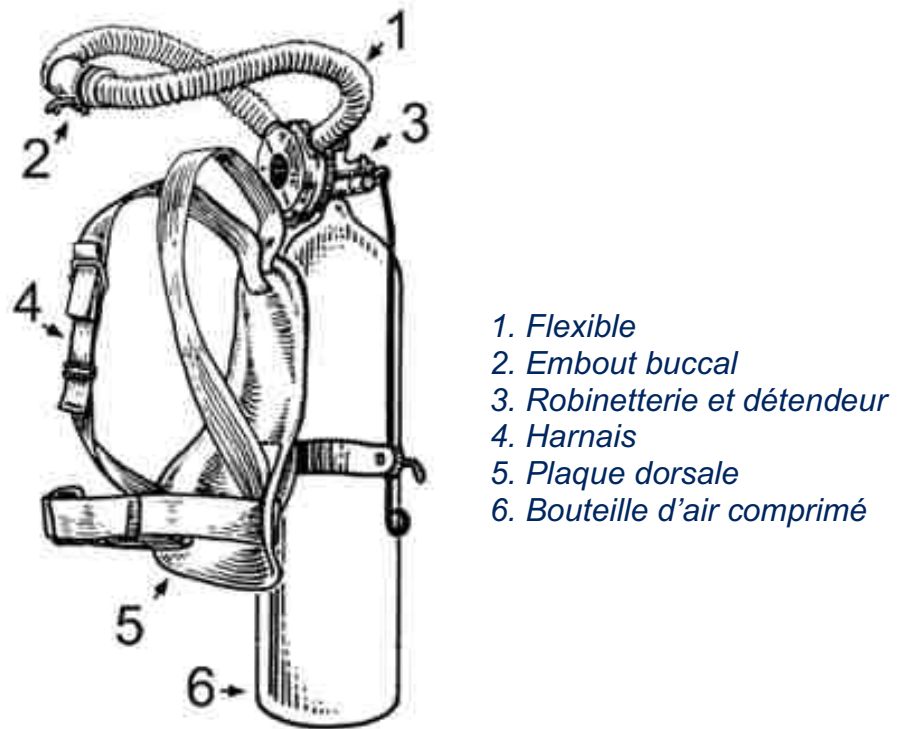


Figure 5: Plongeur équipé d'un scaphandre autonome, photographie prise par Alfred Léon Lemerrier, 1870.

E. Le XXe siècle et la redécouverte du scaphandre autonome

Durant l'occupation allemande, les pénuries de carburant imposent aux ingénieurs français de trouver une alternative aux énergies automobiles. S'intéressant aux moteurs à gaz, l'ingénieur Emile Gagnan élabore un détendeur pour gaz comprimé semblable à l'invention de Rouquayrol et Denayrouze dans la conception de voitures gazogènes.

En 1942, il s'associe avec le lieutenant Jacques-Yves Cousteau afin de parvenir à miniaturiser le dispositif et de l'appliquer à la plongée sous-marine l'année suivante. Il permet en effet de respirer l'air comprimé des bouteilles détendues à la pression ambiante, c'est le détendeur que nous connaissons aujourd'hui [8].



*Figure 6: Scaphandre autonome de Gagnan et Cousteau ;
archive Pearson Scott Foresman, 2007.*

Devant l'enthousiasme de cette innovation, Cousteau tourne ses premiers films présentant ses aventures sous-marines avec son dispositif remplaçant progressivement l'obsolète et encombrant scaphandre lourd Rouquayrol-Denayrouze. Ainsi, l'industrialisation du scaphandre autonome a permis une démocratisation de la plongée subaquatique et par extension le développement de la pratique loisir de cette activité.

II. Le matériel du plongeur

Avec l'essor de la plongée loisir, la découverte du monde sous-marin est maintenant à la portée de tous et requiert un équipement spécifique pour évoluer dans un milieu hostile pour l'être humain [3, 9].

A. La bouteille de plongée

Pour pouvoir respirer sous l'eau, le plongeur doit avoir à disposition une réserve d'air comprimé contenu dans une bouteille, ou « bloc ». Ces réservoirs de contenance variable peuvent supporter des pressions allant jusqu'à 300 bars. Ainsi, plus la contenance en pression d'air est grande et plus l'autonomie est importante. Cette dernière est vérifiée par le plongeur à l'aide d'un manomètre qui l'informe en temps réel sur la pression résiduelle du bloc.

B. Le détendeur

Elément essentiel dans la sécurité d'une plongée, le détendeur est la pièce maîtresse de l'équipement du plongeur. Ce dernier est directement connecté au système de robinetterie du bloc et convertit l'air de haute pression de la bouteille en air à pression ambiante, à la demande du pratiquant.

Il se compose de 3 éléments :

- ❖ Le premier étage connecté directement au système de robinetterie du bloc, il permet de détendre l'air de haute pression à un niveau ambiant augmenté d'une dizaine de bars à l'aide d'un système à piston.
- ❖ Un flexible faisant circuler de l'air à moyenne pression entre le premier et le second étage.
- ❖ Le deuxième étage : relié à l'embout intra-buccal du plongeur, il fonctionne avec un système de membrane pour finaliser la détente et ainsi délivrer de l'air à la pression ambiante respirable pour le plongeur.

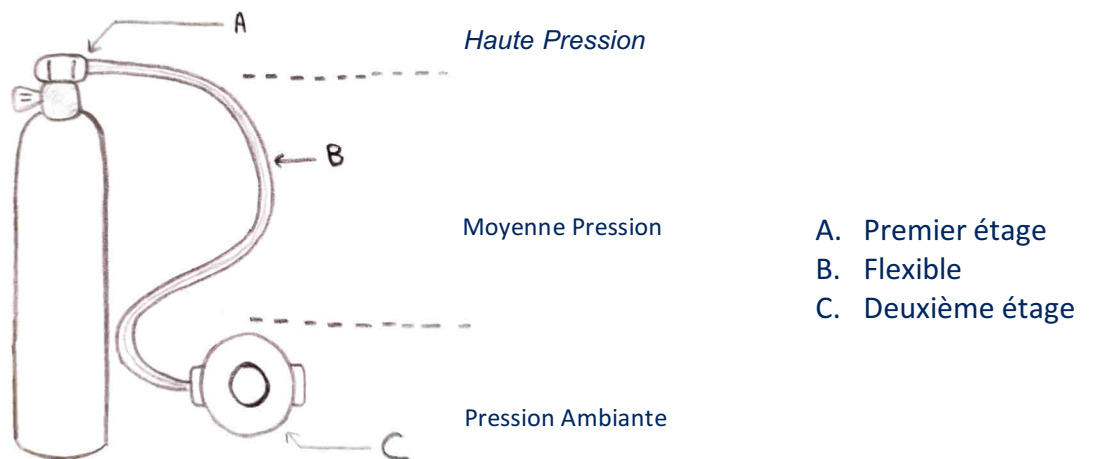


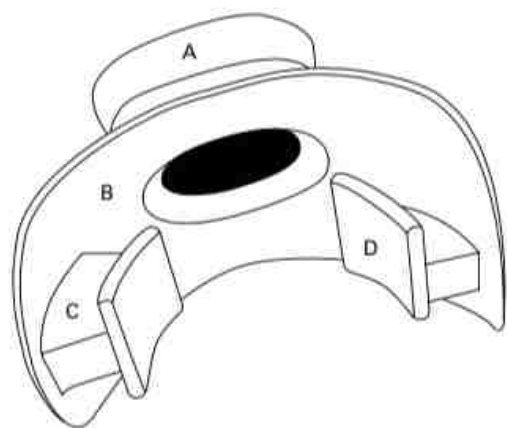
Figure 7: Croquis des éléments constitutifs d'un détendeur de plongée, document personnel.

C. L'embout intra-buccal

L'embout est le dispositif permettant au plongeur de réaliser une préhension orale du système de délivrance d'air fourni par le biais du détendeur. Les lèvres forment ainsi un joint hermétique autour du dispositif afin de prévenir l'entrée d'eau dans la cavité buccale.

Il se compose :

- ❖ D'une jonction reliée directement au deuxième étage du détendeur.
- ❖ D'un plan de morsure permettant de maintenir l'embout par interposition occlusale.
- ❖ D'un écran buccal situé en vestibulaire participant à la formation d'un joint étanche avec les lèvres.
- ❖ D'un écran lingual afin de stabiliser le dispositif.



- A. Jonction
- B. Ecran buccal
- C. Plan de morsure
- D. Ecran lingual

Figure 8: Schéma d'un embout buccal de plongée ; RS Hobson, JP Newton ; Dental evaluation of scuba diving mouthpieces using a subject assessment index and radiological analysis of jaw position ; British Journal of Sports Medicine ; 2001.

D. Le gilet de stabilisation

Une maîtrise de la flottabilité est essentielle en plongée. Le gilet de stabilisation est l'accessoire indispensable afin de régler ce paramètre et de réaliser des plongées en sécurité. En effet, il permet d'adapter sa flottabilité en profondeur, flotter en surface, ou encore réaliser une remontée d'urgence.

Ce gilet est connecté au premier étage du détendeur par un tuyau moyenne pression, faisant gonfler ou dégonfler ce dernier par l'intermédiaire d'un système de purge.

Par ailleurs, le gilet présente différentes sangles ainsi que des poches permettant au plongeur de ranger ses accessoires (lampe, tuba, boussole, couteau) ou pour y adjoindre son lestage.

E. La combinaison

L'eau étant un excellent conducteur thermique, le plongeur doit se munir d'une combinaison adaptée pour pouvoir se protéger des variations de température.

Secondairement, la combinaison permet au plongeur de se protéger des agressions du milieu : par exemple des piqûres d'animaux ou bien lors des frottements contre des roches.

Nous distinguons deux types de combinaison :

- ❖ Les combinaisons étanches : le principe est de ne pas laisser entrer l'eau. Utilisées dans des conditions extrêmes, elles isolent parfaitement le corps du froid et permettent d'y ajouter des couches supplémentaires de vêtements maintenues au sec.
- ❖ Les combinaisons humides constituées généralement de néoprène. Elles laissent pénétrer l'eau qui est retenue dans le vêtement puis réchauffée par le corps. Ces combinaisons sont indiquées dans des eaux tempérées.

F. L'ordinateur de plongée

La gestion de la remontée est primordiale pour garantir la sécurité de cette activité à risque. Les tables de plongée servaient autrefois à calculer les paliers nécessaires lors d'une remontée, en fonction des paramètres de temps et de profondeur planifiés au préalable par le plongeur.

Aujourd'hui, les ordinateurs de plongée représentent des instruments « tout en un » qui informent le plongeur instantanément sur les paliers à effectuer.



Figure 9: Tables de plongée ; A. Foret, P. Torres ; Plongée plaisir niveau 1 ; 2019.



Figure 10: Ordinateur de plongée ; Bailly N, Malamas J-P ; Encyclopédie de la plongée ; 2004.

III. La pratique de la plongée subaquatique en France

Selon les dernières statistiques disponibles depuis 2010, le nombre de pratiquants de sports subaquatiques s'établit à environ 350 000 personnes et ne cesserait de croître [10].

Devant l'engouement de cette pratique, des organismes se sont créés en France et à l'étranger afin d'assurer la formation et garantir un encadrement de ces activités.

En France, leur organisation s'articule autour de structures commerciales encadrées, mais également autour de 2000 clubs de plongée associatifs dispensés par des moniteurs bénévoles dans le cadre de la plongée loisir.

Par ailleurs, il est important de considérer les professions subaquatiques dans les milieux civils et militaires.

A. Les certifications françaises

On dénombre en France environ 160 000 licenciés, largement représentés par la FFESSM (Fédération Française d'Etude des Sports Sous-Marins).

Ces formations se composent de quatre niveaux permettant au sportif d'évoluer à différentes profondeurs, en autonomie au sein d'une palanquée ou encadré par un moniteur [9].

- ❖ Le niveau 1 FFESSM permet d'initier le plongeur à la préparation de son équipement, l'évolution et la communication en milieu subaquatique. Cette certification permet de pouvoir évoluer jusqu'à une profondeur de 20 mètres encadré par un moniteur.
- ❖ Le niveau 2 FFESSM : il s'oriente vers la familiarisation aux gestes de premiers secours et de sécurité afin de plonger en autonomie jusqu'à 20 mètres de profondeur au sein d'une palanquée et se trouve encadré par un moniteur jusqu'à 40 mètres de profondeur.
- ❖ Le niveau 3 FFESSM : il s'agit d'un niveau de perfectionnement. Cette certification permet de pratiquer en autonomie jusqu'à 60 mètres de profondeur.
- ❖ Le niveau 4 FFESSM permet d'obtenir le statut de guide de plongée. Le titulaire de ce niveau peut alors encadrer une équipe de plongeurs au cours d'explorations.

Par ailleurs, des qualifications intermédiaires sont proposées aux pratiquants permettant une évolution personnalisée et progressive du plongeur au cours de sa formation.

Enfin, des brevets d'encadrement supérieurs au niveau 4 permettent le perfectionnement de l'encadrant jusqu'au statut de moniteur de plongée.

B. Les certifications internationales

D'autres organismes internationaux sont également très répandus dans la formation des plongeurs, avec notamment l'association américaine PADI (Professional Association of Diving Instructors) qui représente plus de 27 millions de licenciés dans le monde et se compose de 4 niveaux :

- ❖ PADI Open Water : permet d'initier le plongeur à la découverte du monde sous-marin en toute sécurité, pouvant évoluer en binôme jusqu'à 18 mètres de profondeur.

- ❖ PADI Advanced Open Water : permet d'approfondir les techniques acquises au cours de l'Open Water et de plonger jusqu'à 30 mètres de fond.
- ❖ PADI Rescue Diver : dans le cadre de l'acquisition des gestes de premiers secours, ce niveau s'oriente vers la prévention, l'identification des aléas en plongée et des bonnes pratiques à adopter dans ces circonstances.
- ❖ PADI Dive Master : représente le premier pas vers la pratique professionnelle, permettant d'encadrer des plongeurs lors des explorations jusqu'à 30 mètres.

Afin d'assurer une cohésion entre les différents niveaux nationaux et internationaux, des associations permettent d'établir des standards entre ces brevets afin de pouvoir pratiquer la plongée au sein des pays étrangers.

C'est notamment le cas avec la CMAS (Confédération Mondiale des Activités Subaquatiques) qui délivre aux pratiquants de la FFESSM une équivalence des niveaux acquis en France reconnue à l'étranger.

IV. L'émergence de la médecine de la plongée

Durant l'Antiquité, Aristote rapporte l'existence de maux survenus aux oreilles des plongeurs lors des phases de descente. Du fait de l'insuffisance des connaissances à cette époque, ces manifestations ne sont pas reliées à la pression exercée par l'eau sur l'organisme [1].

Ce n'est qu'à partir du XVII^e siècle que l'homme réussit à rester longtemps en milieu hyperbare. L'invention de la cloche de plongée ouvre de nouvelles perspectives pour les activités sous-marines. Néanmoins, la rançon du succès est constatée dès 1670 par le scientifique Robert Boyle qui recense des accidents mortels de plus en plus fréquents chez les ouvriers sous-marins. Cette nouvelle maladie appelée « le mal des caissons » se manifeste ainsi quelques instants après la remontée du plongeur et se traduit par des crises d'apoplexie accompagnées de paralysies et de pertes de conscience [1, 11].

Deux siècles plus tard, Rouquayrol et Denayrouze rapportent des cas mortels de scaphandriers en 1870. De ce fait, ces derniers recommandent dans leurs instructions une remontée lente après un temps d'immersion prolongé [3].

C'est ainsi que ces inventeurs travailleront avec le médecin Paul Bert à l'étude des variations de pression sur le corps humain. Avec la publication de « La pression barométrique » en 1878, le physiologiste démontre la toxicité de l'oxygène pur chez les plongeurs et la dissolution de l'azote dans le sang sous l'effet de la pression de l'eau. La classification de ces maladies imputables à une décompression trop rapide le mène à recommander la recompression thérapeutique dans le cadre de ces accidents [1, 3].

Dans la poursuite de ces travaux, Haldane propose en 1896 une modélisation mathématique de décompression. Les premières tables de plongée voient le jour. Indiquant les paliers de décompression à respecter, elles diminuent significativement les risques liés à la décompression et les accidents qui en découlent [11].

A ce jour, les ordinateurs de plongée remplacent les tables de Haldane utilisées pendant plus d'un siècle.

C'est en ce sens que s'est développée la médecine de la plongée dans la communauté scientifique et la recherche de connaissances quant aux effets de cette pratique sur le corps humain, désormais bien identifiés.

Aujourd'hui, les risques que présente la plongée subaquatique impliquent obligatoirement l'établissement d'un certificat médical de non contre-indication à sa pratique.

En France, la médecine de la plongée est encadrée par l'ensemble de la communauté des professionnels de santé avec notamment 79 médecins fédéraux certifiés en 2019. L'enseignement en matière de médecine du sport, et plus spécifiquement de la plongée, s'inscrit dans le cadre de la formation continue et initiale des professionnels de santé impliqués dans cette prévention afin de garantir une pratique encadrée et sécurisée.

PARTIE 2 :

BASES PHYSIQUES ET ANATOMIQUES APPLIQUEES A LA PLONGEE SUBAQUATIQUE

I. Les bases physiques

Les variations de profondeurs au cours de la plongée entraînent des phénomènes physiques qui provoquent une situation de stress sur le corps humain.

L'ensemble de ces manifestations peut s'expliquer par la notion de pression et par la mécanique des fluides.

A. Notion de pression

1. Définition

Dans la théorie, la pression constitue une grandeur représentée par une force appliquée perpendiculairement sur une surface, quantifiée par la formule :

$$P = F/S$$

P : Pression en Pascal (N.m^{-2})

F : Force appliquée (Newton)

S : Surface (m^2)

Dans le système international, l'unité utilisée pour caractériser la pression est le Newton par m^2 (N.m^{-2}). Par convention, cette unité est substituée par le Pascal (Pa).

Dans le domaine médical, il est courant que le Pascal soit remplacé par d'autres unités comme le millimètre de mercure (mmHg) ou le Torr (torr) qui équivalent chacun à 133 Pa.

Pour les applications météorologiques ou la plongée, les hautes valeurs de pression imposent l'utilisation d'unités pratiques comme le bar (bar) ou l'atmosphère (atm).

Un bar représentant la pression exercée par un corps de 1kg sur une surface de 1cm^2 , nous obtenons ainsi : **$10^5 \text{ Pa} \approx 1 \text{ bar} \approx 1 \text{ atm}$** .

2. La pression atmosphérique

L'atmosphère est composée d'air qui engendre une pression sur tout point du corps sur lequel il est appliqué, c'est la pression atmosphérique.

Cette dernière peut être modélisée par la force qu'exerce une colonne d'air de 1 cm^2 de section sur une surface [9].

Au niveau de la mer, la pression atmosphérique possède une valeur normale de 1013hPa sur un manomètre, soit environ 1 bar ou 1 atm.

Si l'altitude augmente, cette colonne d'air est moins importante donc cette pression diminue, et inversement.

3. La pression hydrostatique

Tout liquide en équilibre exerce une pression qui est consécutive à son poids propre, c'est la pression hydrostatique.

Aussi nommée pression relative, elle représente en plongée la force appliquée par la colonne d'eau située au-dessus d'un corps immergé [1, 9].

La masse volumique de l'eau est d'environ 1 kg.L^{-1} .

Or, le volume d'une colonne ayant une section de 1 cm^2 et une hauteur de 10 mètres vaut 1 litre. La colonne d'eau résultante possède donc une masse de 1 kilogramme.

La force représentée par le poids de la colonne vaut donc :

$$F = m \cdot g = 1 \cdot 9,81 = 9,81 \text{ N}$$

F le poids (Newton)

m la masse (kg)

g la constante de pesanteur ($9,81 \text{ m.s}^{-2}$)

Nous pouvons ainsi aisément calculer la pression exercée par cette colonne d'eau sur une surface par :

$$P = F / S = 9,81 / 10^{-4} = 0,981 \cdot 10^5 \text{ Pa} \approx 1 \text{ bar}$$

P la pression (Pascal)

F la force (Newton)

S la surface (m^2)

Ainsi, une colonne d'eau ayant une base de 1cm^2 sur 10 mètres de hauteur exerce une pression hydrostatique de 1 bar.

Nous pouvons donc conclure que la pression relative de l'eau augmente proportionnellement de 1 bar tous les 10 mètres de profondeur.

4. La pression absolue

Sous l'eau, la pression absolue représente la somme des pressions exercées sur un corps immergé [1].

Par conséquent, elle sera la résultante de la pression exercée par l'air constituant l'atmosphère terrestre et de la colonne d'eau située au-dessus du sujet d'étude :

$$P_{\text{absolue}} = P_{\text{atmosphérique}} + P_{\text{hydrostatique}}$$

5. Intérêt en plongée

Lors de la plongée, il convient d'être particulièrement attentif aux variations liées à la pression absolue dont l'organisme humain est particulièrement sensible.

Tout d'abord, il est important de constater que les changements les plus importants surviennent au cours des premiers mètres d'immersion. En effet, la pression absolue appliquée sur le corps immergé double entre la surface et 10 mètres de profondeur, tandis qu'elle n'augmente que d'un tiers entre 10 et 20 mètres, puis d'un quart entre 20 et 30 mètres, etc.

Cette constatation permet notamment d'expliquer que la zone entre 0 et 10 mètres est la plus délicate en plongée, s'illustrant par des répercussions sur les cavités aériques de l'organisme que nous détaillerons [9].

Néanmoins, il en est différemment lorsque les plongées s'effectuent en altitude dans un lac de montagne. En effet, la pression absolue résultante sera plus faible qu'au niveau de la mer du fait de la diminution de la pression atmosphérique consécutive en altitude [1].

Ces variations de pression, bien qu'elles soient minimales, suffisent à perturber les fonctions physiologiques sensibles et nécessitent d'être anticipées par le plongeur.

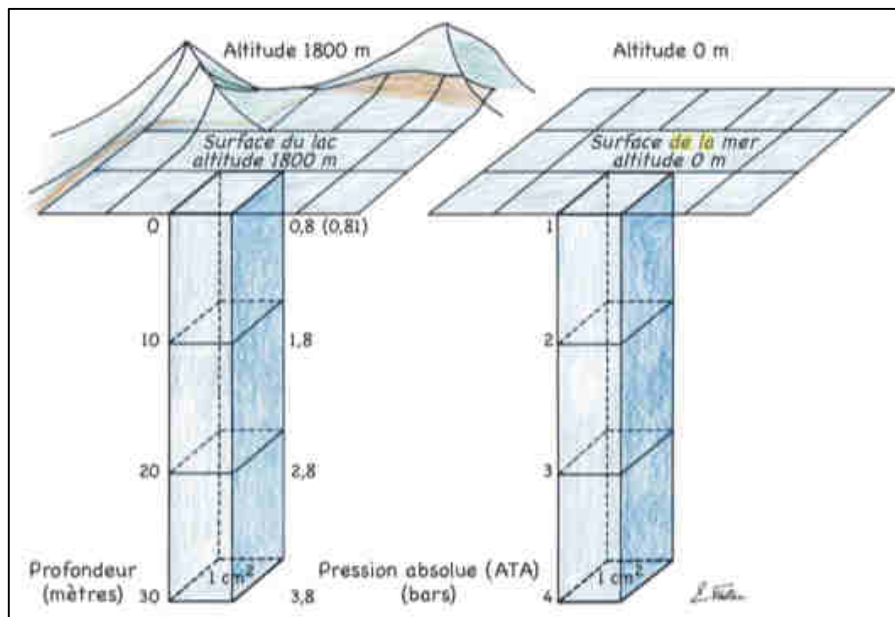


Figure 11: Schéma illustrant la pression absolue ; Foster P ; La plongée sous- marine l'adaptation de l'organisme et ses limites ; 2010.

B. La loi des gaz parfaits et ses applications

1. Définition

Un gaz est dit parfait lorsqu'il n'existe aucune interaction entre les molécules, supposées indépendantes les unes des autres. Ainsi, la pression est due aux chocs élastiques des molécules, sans perte d'énergie [1].

Ce modèle théorique permet d'établir une relation d'équilibre entre la pression, le volume et la température des gaz telle que :

$$P \cdot V = n \cdot R \cdot T$$

Avec

V le volume (m^3)

n la quantité de matière (mol)

R la constante des gaz parfaits ($8,31 J \cdot mol^{-1} \cdot K^{-1}$)

T la température (Kelvin)

P la pression (Pa)

Etant donné que les valeurs de n et R sont constantes, nous constatons que les variables P , V et T forment un équilibre qui implique une compensation de ces valeurs lorsque l'une d'entre elles est amenée à être modifiée.

2. La loi de Boyle et Mariotte

Cette loi est une application directe de la modélisation des gaz parfaits énonçant le principe de compressibilité et de détente des gaz.

Elle mentionne que dans un système isotherme, le volume d'un gaz est inversement proportionnel à la pression [12].

$$P_1 \cdot V_1 = \text{constante} = P_2 \cdot V_2$$

Avec :
 P_1 la pression initiale
 V_1 le volume initial
 P_2 la pression finale
 V_2 le volume final

Ainsi, toute augmentation de pression au sein d'un gaz provoque une diminution de son volume se traduisant par une compression des molécules en phase de descente. Au contraire, lors de la remontée vers la surface, la diminution de pression engendre une augmentation du volume de gaz par une dilatation.

Ce phénomène s'illustre aisément en constatant l'augmentation de la taille d'une bulle d'air remontant progressivement vers la surface de l'eau.

3. Mélange de gaz parfaits : la loi de Dalton

L'air est un mélange gazeux dont la composition reste constante en tout point.

Chaque gaz qui le compose occupe une fraction molaire du mélange qui représente sa proportion.

Pour l'air, il est constitué de :

- ❖ 78% en N_2
- ❖ 21% en O_2
- ❖ 0,04% en CO_2
- ❖ 0,96% d'autres gaz comme l'eau, l'argon ou le néon

Chaque gaz exerce une pression partielle P_i qui représente la pression qu'aurait ce gaz s'il occupait seul le volume du mélange. Cette valeur est ainsi égale au produit de sa fraction molaire par la pression totale du récipient.

Selon la loi de Dalton, la pression totale d'un mélange gazeux est égale à la somme des pressions partielles de chaque gaz qui le compose :

$$P_T = P_1 + P_2 + P_3 + \dots = \sum P_i$$

Avec : P_T la pression du mélange gazeux
 P_i la pression partielle du gaz composant le mélange

4. Dissolution de gaz parfaits : la loi de Henry

Tout gaz en présence d'un liquide se dissout partiellement entraînant la formation de deux phases : une phase gazeuse non dissoute et une phase liquide composée du solvant et du gaz dissout.

Le phénomène de diffusion entre ces deux phases est décrit par la loi de Henry : « dans un milieu isotherme, la dissolution d'un gaz dans un liquide est proportionnelle à la pression exercée par le gaz sur ce liquide » [11].

Lorsque le système gaz-solvant est en équilibre, on parle de saturation. La pression partielle du gaz est égale à la tension qu'exerce le gaz dans le liquide.

Quand la pression augmente, le gaz a tendance à se dissoudre au sein de la phase liquide.

Lorsque la pression diminue, la tension du gaz dans le solvant est supérieure à sa pression partielle dans sa phase gazeuse. Le gaz dissout doit alors s'évacuer du liquide afin de retrouver l'équilibre du système, on parle de désaturation.

L'organisme humain étant majoritairement composé d'eau, de nombreux échanges entre ces différentes phases interviennent lors des variations de pression, notamment au cours d'une plongée.

Lors d'une phase de descente, l'augmentation de la pression partielle des gaz entraîne leur dissolution dans le sang et les tissus jusqu'au niveau de saturation. Lorsque la concentration d'azote devient trop importante, il survient un phénomène de narcose, aussi connu sous le nom « d'ivresse des profondeurs ». L'utilisation de mélanges gazeux dans lesquels d'autres gaz inertes comme l'hélium remplacent l'azote permet ainsi de limiter sa concentration dans le sang et ses effets narcotiques.

Au cours de la remontée, la désaturation peut subitement entraîner la formation de bulles suite à une diminution brutale de pression. C'est l'accident de décompression. En effet, tandis que l'oxygène ou le dioxyde de carbone peuvent facilement s'évacuer en se fixant sur l'hémoglobine, les gaz inertes comme l'azote ou l'hélium forment des bulles lorsqu'ils ne sont pas dissous dans le solvant. Ceci peut donner lieu à la survenue d'accidents vasculaires [9, 11].

C'est ce que modélisa Haldane sur ses tables, par l'établissement de paliers nécessaires à l'évacuation de l'azote en désaturation au cours de la remontée. Elles permettent ainsi d'éviter les accidents de décompression. Aujourd'hui, ces outils sont remplacés par les ordinateurs de plongée.

C. Notion de flottabilité : la poussée d'Archimède

Le principe d'Archimède énonce que tout corps introduit dans un fluide subit une poussée vers le haut proportionnelle au poids du volume de fluide qu'il déplace [1, 9]. Cette force s'oppose directement à la force gravitationnelle exercée par l'attraction terrestre sur l'objet, c'est-à-dire son poids réel.

Plus un corps déplace le liquide autour de lui, plus ce fluide va exercer sur lui une force de poussée.

Ainsi :

$$\text{Poids Apparent} = \text{Poids Réel} - \text{Poussée d'Archimède}$$

Nous distinguons trois situations :

- ❖ Lorsque le poids réel de l'objet est supérieur au poids de fluide déplacé, la poussée d'Archimède est insuffisante pour assurer la flottaison du corps. Le poids apparent est positif et le mouvement résultant est alors dirigé vers le bas : l'objet coule.

- ❖ Lorsque la force gravitationnelle est égale à la force de poussée, la résultante est nulle. Ceci engendre le maintien du corps dans un équilibre stationnaire.
- ❖ Lorsque la poussée d'Archimède est plus importante que le poids du corps immergé, la pesée finale est négative et le mouvement résultant est alors dirigé vers le haut : l'objet flotte.

Au cours d'une plongée, cette flottabilité est assurée par le gilet de stabilisation et par un lestage plombé. Lorsque le gilet est gonflé, le fluide déplacé est plus important, ce qui favorise la poussée d'Archimède et inversement pour descendre en profondeur. Le maintien de la flottabilité à une profondeur stationnaire est adapté en permanence par cet équipement.

Une bonne gestion de la flottabilité en plongée permet ainsi d'assurer un déplacement sécurisé en exploration et de maintenir les paliers de décompression au cours de la remontée.

II. Anatomie et physiologie neuro-sensitive de la sphère ORL et dentaire

L'analyse de la sphère ORL occupe une place essentielle dans la compréhension de la physiopathologie des accidents de plongée oro-faciaux qui seront détaillés dans la prochaine partie.

Cette région regroupe l'ensemble des organes et des cavités aériques du massif facial. Nous développerons à travers ce chapitre l'anatomie ainsi que la contiguïté nerveuse qui existe entre l'oreille, les sinus et les dents.

A. Le système auditif

L'oreille est l'organe assurant les fonctions de l'ouïe et de l'équilibration. Elle est formée de trois éléments : l'oreille externe, l'oreille moyenne et l'oreille interne.

Ce complexe est intimement lié au passage de la deuxième portion intra-osseuse du nerf facial (VII) dans sa partie moyenne et interne [13, 14].

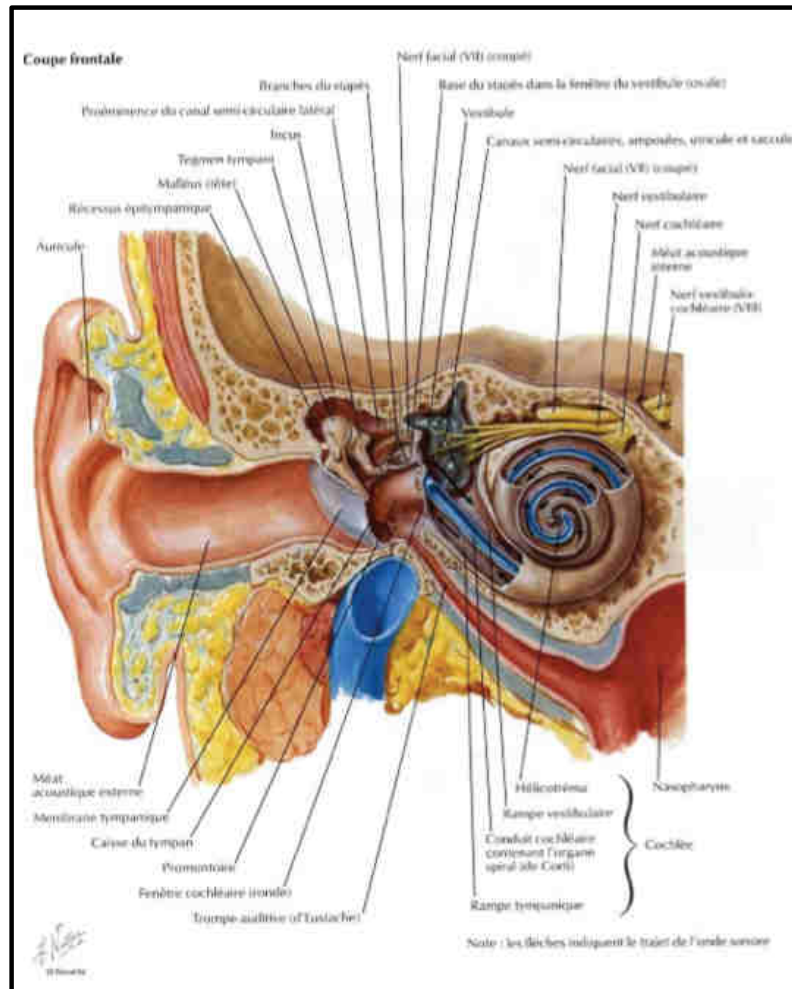


Figure 12: Coupe coronale de l'appareil auditif ; Franck H. Netter ; Atlas d'anatomie humaine, Editions Maloine ; 1989.

1. L'oreille externe

L'oreille externe est constituée du pavillon, expansion cartilagineuse recouverte de peau qui a pour fonction de capter les sons. Le méat acoustique externe représente le conduit ostéo-cartilagineux interne qui relie l'auricule jusqu'à la membrane du tympan.

L'innervation sensitive dépend du nerf auriculo-temporal issu du nerf mandibulaire (V_3), de la branche auriculaire du plexus cervical, du nerf vague (X), et du nerf facial (VII).

2. L'oreille moyenne

L'oreille moyenne (cavum ou caisse tympanique) est creusée au sein du rocher de l'os temporal. Formée par une chaîne d'ossicules représentée par le marteau (malléus), l'enclume (incus) et l'étrier (stapès), elle a pour rôle de transmettre les vibrations sonores du tympan à l'oreille interne.

L'oreille moyenne est reliée au naso-pharynx par un canal ostéo-cartilagineux : la trompe d'Eustache. Cette dernière possède un rôle essentiel d'aération et d'équilibration des pressions au niveau du cavum tympanique. Sa perméabilité est modulée par les muscles élévateurs et tenseurs du voile du palais ayant pour effet de le dilater lors de mouvements de déglutition ou de bâillement.

L'innervation sensitive du cavum tympanique est assurée par le nerf tympanique, branche du nerf glosso-pharyngien (IX).

3. L'oreille interne

L'oreille interne est composée d'organes creux tapissés à l'intérieur de cellules barosensibles baignant dans un liquide lymphatique. Elle est directement reliée à la base de l'étrier par la fenêtre ovale (ou vestibulaire) et au cavum par la fenêtre ronde (ou cochléaire).

La cochlée est un organe en spirale composé de cils sensoriels responsables de l'audition.

Le système vestibulaire est quant à lui constitué d'un réseau complexe sensible aux mouvements de la tête et contribue au maintien de l'équilibre.

L'ensemble des cellules sensorielles de l'oreille interne est relié à l'encéphale par le nerf vestibulo-cochléaire (VIII) dans le méat acoustique interne.

B. Les sinus du massif facial

La face est un complexe pneumatisé par des cavités aériques creusées dans les structures osseuses.

Les sinus paranasaux sont symétriques par rapport à la ligne médiane du visage. Ils sont tapissés d'une expansion de la muqueuse respiratoire ciliée et richement

vascularisée s'ouvrant dans les fosses nasales par des voies de communication assurant la circulation de l'air et le drainage des fluides et mucosités [15, 16].

Les fonctions de ventilation et de drainage de ces cavités sont principalement conditionnées par les propriétés de la muqueuse sinusienne et des orifices de communication [17].

Les ensembles sinusiens principalement impliqués en plongée sont les sinus maxillaires, les sinus frontaux et les cellules ethmoïdales.

L'innervation sensitive des sinus paranasaux est assurée par le nerf trijumeau, cinquième paire de nerfs crâniens et de ses branches collatérales [14].

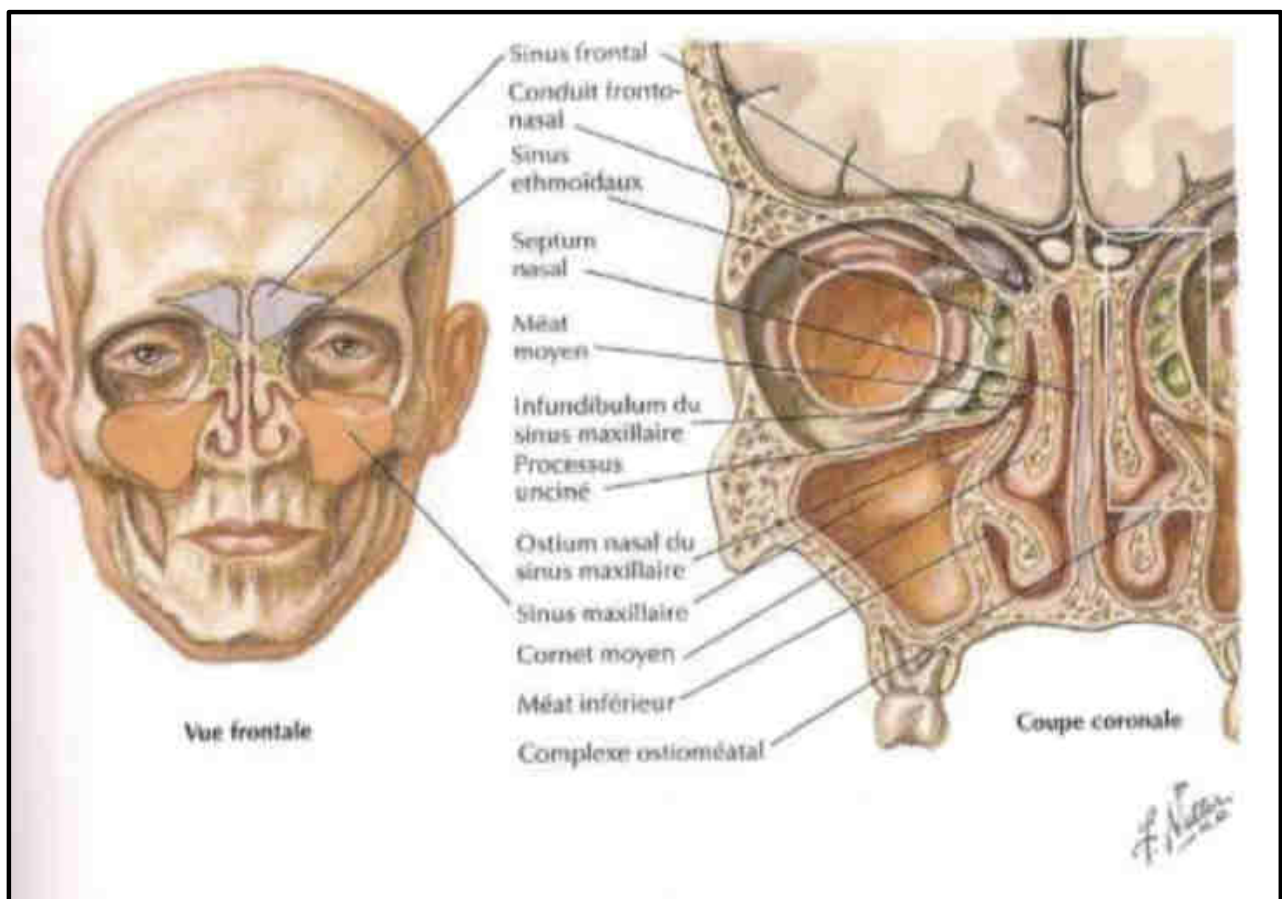


Figure 13: Coupe coronale des sinus de la face ; Franck H. Netter ; Atlas d'anatomie humaine, Editions Maloine ; 1989.

1. Le sinus maxillaire

Les sinus maxillaires sont des pyramides bilatérales à base triangulaire de part et d'autre des fosses nasales, sous les cavités orbitaires. Ils sont tapissés d'une muqueuse respiratoire très fine nommée membrane de Schneider [13, 14].

L'ostium représente la voie de communication du sinus maxillaire dans les fosses nasales. Ce canal très court de 1 à 3mm de diamètre s'ouvre dans le méat moyen [16]. Cette structure possède une région antrale dans sa face inférieure où elle possède des rapports étroits avec les racines dentaires, en particulier celles de la deuxième prémolaire et première molaire supérieures [18].

L'innervation sensitive du sinus maxillaire est assurée par la deuxième branche du trijumeau, le nerf maxillaire (V_2).

Au cours de son cheminement, il forme le nerf infra-orbitaire qui donnera naissance aux collatérales destinées à l'innervation du sinus maxillaire avec les nerfs alvéolaires supérieurs postérieur, moyen et antérieur qu'il partage avec les dents maxillaires [14].

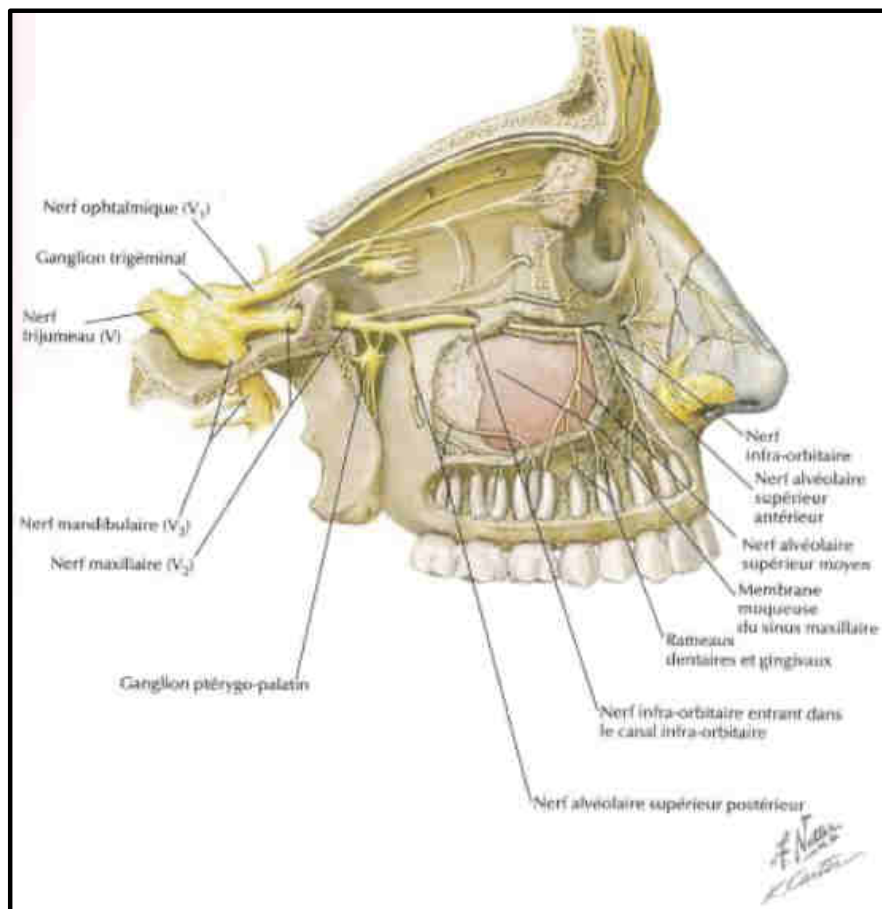


Figure 14: Coupe latérale illustrant l'innervation du sinus maxillaire ; Franck H. Netter ; Atlas d'anatomie humaine, Editions Maloine ; 1989.

2. Le sinus frontal

Les sinus frontaux représentent deux cavités bilatérales de taille variable. Elles sont creusées dans l'os frontal, au-dessus des orbites [13, 14].

Ces structures communiquent avec les fosses nasales par le canal naso-frontal, dans l'ethmoïde antérieur. Cette voie de communication possède un trajet long, étroit et parfois tortueux [16].

L'innervation sensitive du sinus frontal s'effectue par le nerf supra-trochléaire et supra-orbitaire venant du nerf ophtalmique (V_1).

3. Les cellules ethmoïdales

Le sinus ethmoïdal est composé d'un ensemble variable de petites cavités appelées cellules, creusées profondément dans les masses latérales de l'ethmoïde.

Les cellules s'ouvrent dans les fosses nasales par des orifices principalement localisés dans le méat moyen afin d'assurer la circulation de l'air et le drainage du mucus [13, 14].

L'innervation sensitive des cellules ethmoïdales se fait par le nerf ethmoïdal antérieur et postérieur ainsi que par le nerf nasal postérieur latéral supérieur et inférieur. Ces ramifications nerveuses proviennent du nerf maxillaire (V_2).

C. Le complexe dentino-pulpaire

La dent représente un organe particulièrement riche en terminaisons nerveuses sensibles à l'origine d'une grande sensibilité aux différents stimuli.

L'expression de la douleur dentaire et de son caractère irradiant sont notamment expliqués par l'histologie du complexe dentino-pulpaire ainsi que par les voies sensibles communes aux structures voisines.

1. Histologie

La pulpe dentaire est un tissu conjonctif vascularisé, innervé et non minéralisé. Elle est contenue dans une cavité close formant la chambre pulpaire dans sa partie coronaire, protégée par la dentine et l'émail. Au niveau radiculaire, les canaux pulpaire sont circonscrits de dentine et de cément jusqu'à l'apex.

Le parenchyme pulpaire est composé de cellules majoritairement représentées par les fibroblastes au sein d'une matrice extra-cellulaire [19].

La pulpe est caractérisée par la présence d'un pédicule vasculo-nerveux qui pénètre dans la dent par l'apex et chemine jusqu'à la chambre pulpaire. Il permet d'apporter l'irrigation vasculaire, les défenses immunitaires ainsi que l'innervation sensitive et végétative.

La région juxta-dentinaire de la pulpe est marquée par la palissade odontoblastique. Les odontoblastes possèdent une fonction sécrétrice de prédentine qui secondairement minéralisée formera la dentine.

La dentine est un tissu minéralisé perméabilisé par de nombreuses porosités appelées tubulis dentinaires qui la parcourent sur toute son épaisseur. Ces canalicules contiennent un exsudat pulpaire dans lequel sont baignés les prolongements cellulaires des odontoblastes [19, 20].

2. Nociception pulpaire

Les nocicepteurs pulpaire activent des influx nerveux impliqués dans la perception de la douleur. Ils sont stimulés lors d'agressions thermiques, mécaniques ou chimiques du complexe dentino-pulpaire.

Ces terminaisons nerveuses libres sous la couche odontoblastique se prolongent par un réseau dense de fibres sensibles formant le plexus de Raschkow [19].

Les fibres afférentes peuvent être de différente nature [19] :

- Myélinisées de type $A\delta$ et $A\beta$, responsables de la douleur aiguë épicritique.
- Non myélinisées de type C, à l'origine d'une douleur lancinante et retardée.

Par ailleurs, on reconnaît l'implication des canalicules dentinaires dans la stimulation des nocicepteurs pulpaire [20, 21].

En effet, certaines terminaisons nerveuses libres poursuivent leurs cheminements en accompagnant les prolongements odontoblastiques au sein des tubulis dentinaires. La présence d'une agression de la dentine partiellement innervée entraîne donc une stimulation directe de ces fibres afférentes provoquant une douleur.

Par ailleurs, l'hypothèse hydrodynamique soulève la stimulation indirecte des fibres nerveuses pulpaire par des déplacements rapides du fluide contenu dans ces canalicules. Par conséquent, ils entraîneraient un phénomène de surpression pulpaire à l'origine de sensibilités. Ces mouvements pourraient également stimuler les terminaisons nerveuses se trouvant sous la couche odontoblastique par écrasement sous l'effet de la déformation des corps cellulaires des odontoblastes.

Enfin, certaines théories supposent l'existence d'un phénomène de transduction initié par les odontoblastes, responsable de l'activation des terminaisons nerveuses. Cette cellule se comporterait alors comme un récepteur qui communiquerait des dépolarisations aux fibres sensibles par l'existence de jonctions. Néanmoins, aucune étude n'a montré l'existence à ce jour d'une synapse entre l'odontoblaste et les axones.

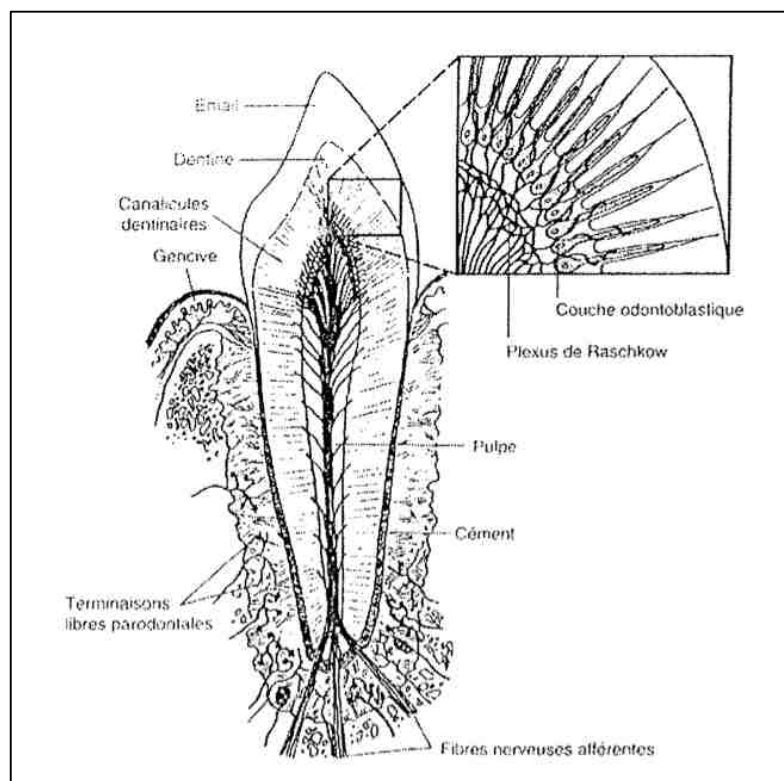


Figure 15: L'innervation pulpaire ; Villanueva L ; Aspects périphériques et médullaires de la douleur trigéminal, Réal. Cli., 1994, Vol. 5, n°2, p. 121-133.

3. Voies sensibles pulpaire

Les fibres nerveuses qui relaient la sensibilité dentaire proviennent du nerf trijumeau (V) et de ses branches collatérales.

Les dents mandibulaires sont toutes innervées par le nerf alvéolaire inférieur provenant du nerf mandibulaire (V_3), commun au méat acoustique externe et à l'articulation temporo-mandibulaire par le nerf auriculo-temporal [14, 22].

L'innervation des dents maxillaires est réalisée par les afférences du nerf maxillaire (V_2). Les molaires, prémolaires et incisives-canines sont respectivement innervées par les nerfs alvéolaires supérieurs postérieur, moyen et antérieur [14].

Elles partagent ainsi leur innervation sensitive avec les sinus maxillaires.

Ces configurations peuvent notamment expliquer les phénomènes d'irradiation algique entre le système dentaire et la sphère ORL.

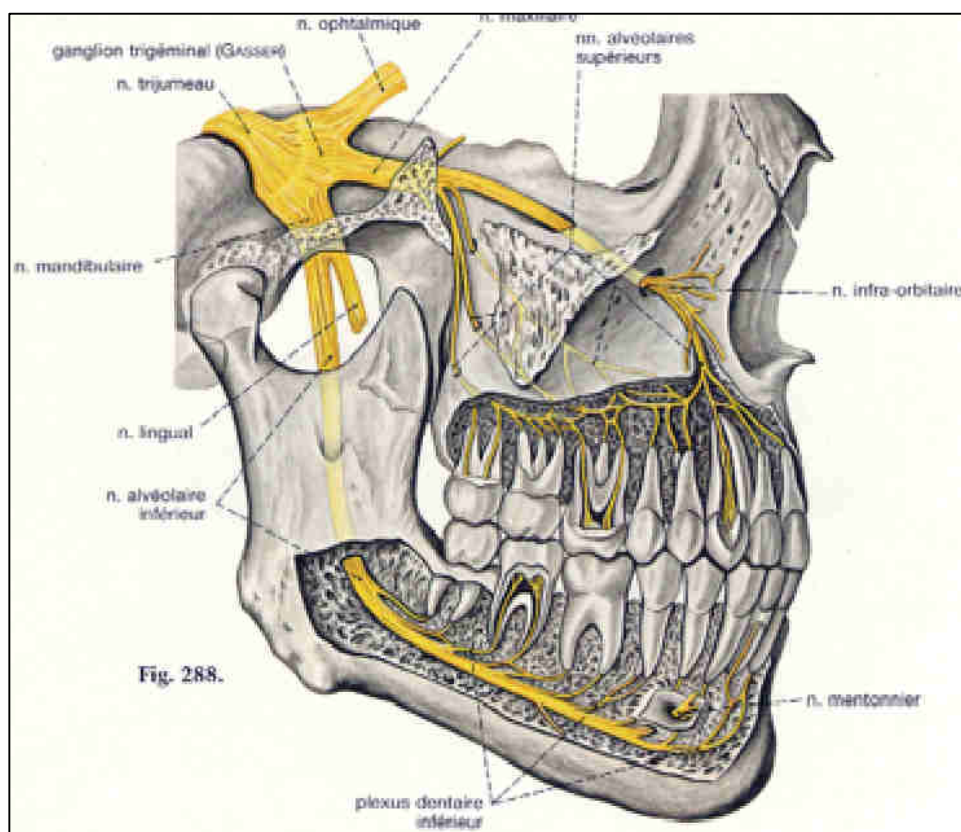


Figure 16: Coupe latérale illustrant les voies sensibles dentaires, Carmine D. Clemente ; *Anatomy : a Regional Atlas of the Human Body* ; 2010.

PARTIE 3 :

**ACCIDENTS ORO-FACIAUX ET
PLONGEE SUBAQUATIQUE :
PHYSIOPATHOLOGIE ET
PREVENTION**

I. Les barotraumatismes oro-faciaux

Les variations de pression soumettent les cavités aériques naturelles ou pathologiques de l'organisme à des modifications des volumes de gaz qu'ils contiennent selon la loi de Boyle et Mariotte [23, 24].

En phase de remontée, la dilation des gaz engendre une déformation des cavités permettant de supporter ces variations jusqu'à un seuil de tolérance d'élasticité des parois [11]. Néanmoins, lorsque celles-ci ne peuvent se déformer comme dans les sinus, les oreilles ou parfois les dents, une communication s'avère nécessaire avec les voies aériennes afin d'équilibrer les pressions. Lorsque ces voies d'évacuation sont trop étroites ou obstruées, l'air ne peut pas s'échapper correctement et une surpression apparaît au sein de ces cavités entraînant un barotraumatisme [25, 26].

Ces accidents d'origine mécanique surviennent ainsi préférentiellement entre la surface et les dix mètres de profondeur, lorsque les variations de pression sont les plus importantes [23].

A. Le placage de masque

Le placage de masque est un phénomène très courant, réversible et le plus souvent bénin pour le pratiquant [1, 11].

Il se traduit par l'apparition d'une pression négative à l'intérieur du masque consécutive à l'augmentation de la pression du milieu en phase de descente, ce qui induit un effet ventouse de l'accessoire sur le visage du plongeur. Lorsque le placage du masque est excessif, il peut apparaître des hémorragies mineures de la conjonctive de l'œil ainsi que des hématomes palpébraux et péri-orbitaires qui sont parfois localement douloureux [27, 28].

Enfin, le placage de masque peut entraîner des stimulations de la branche médiale du nerf naso-palatin à l'origine de douleurs dentaires localisées au niveau du secteur incisivo-canin maxillaire [29].

La prévention consiste en une expiration nasale en cours de descente afin d'augmenter la pression à l'intérieur du masque [27, 28].

B. Les barotraumatismes de l'appareil auditif

1. Le barotraumatisme de l'oreille externe

Ce barotraumatisme survient en phase de descente lorsque le méat acoustique externe est obstrué par un obstacle tel un bouchon de cérumen, la cagoule de la combinaison ou la sangle du masque prenant un appui trop important sur l'auricule [27].

Par ailleurs, une étude de Sheard et Doherty en 2008 portant sur 154 apnéistes met en évidence la présence d'exostoses au sein du canal auditif externe dans 87,7% des cas et favoriseraient ces barotraumatismes [30]. Les auteurs supposent à travers cette publication que l'eau froide prédisposerait les plongeurs à développer ces exostoses, confirmant par la publication d'Ito et Ikeda [30, 31]. Enfin, la revue d'Azizi en 2011 montre qu'il n'existe pas de consensus sur une relation entre l'apparition des exostoses et l'ancienneté du plongeur en milieu subaquatique [32].

Ceci aurait pour conséquence de provoquer une sténose de 10% à 20% du méat acoustique externe, perturbant ainsi l'équilibration des pressions [33].

Ces traumatismes se manifestent généralement par des sensations algiques et de plénitude dans l'oreille, comparables à une otite. Ils s'observent par l'apparition de pétéchies sur les parois du méat acoustique externe lors d'un examen otoscopique [28].

2. Le barotraumatisme de l'oreille moyenne

Les barotraumatismes de l'oreille moyenne sont fréquents en plongée et surviennent en grande majorité durant la phase de descente. En effet, les douleurs associées sont recensées chez 10% à 30% des plongeurs souvent à de faibles profondeurs jusqu'à provoquer l'arrêt de l'exploration ou la rupture de la membrane du tympan dans les cas les plus sévères [27, 28]. Ces accidents sont expliqués par un différentiel de pression entre le milieu ambiant et l'oreille moyenne à l'origine de lésions du tympan et de la muqueuse de la caisse [34].

En phase de descente, l'augmentation de la pression externe engendre une dépression dans l'oreille moyenne. L'apparition de tensions au niveau du tympan vers l'intérieur est rapidement gérée par la manœuvre de Valsalva. Elle consiste en une expiration forcée à glotte fermée et nez pincé ayant pour effet d'expulser de l'air dans le cavum tympanique par les trompes d'Eustache et d'équilibrer les pressions.

Au contraire, la phase de remontée se traduit par une hyperpression dans l'oreille moyenne, entraînant une déformation du tympan vers le méat auditif externe. Ainsi, il convient dans cette situation d'évacuer l'air contenu dans le cavum en dilatant les trompes d'Eustache par des mouvements de déglutition ou de bâillement [9, 11, 23].

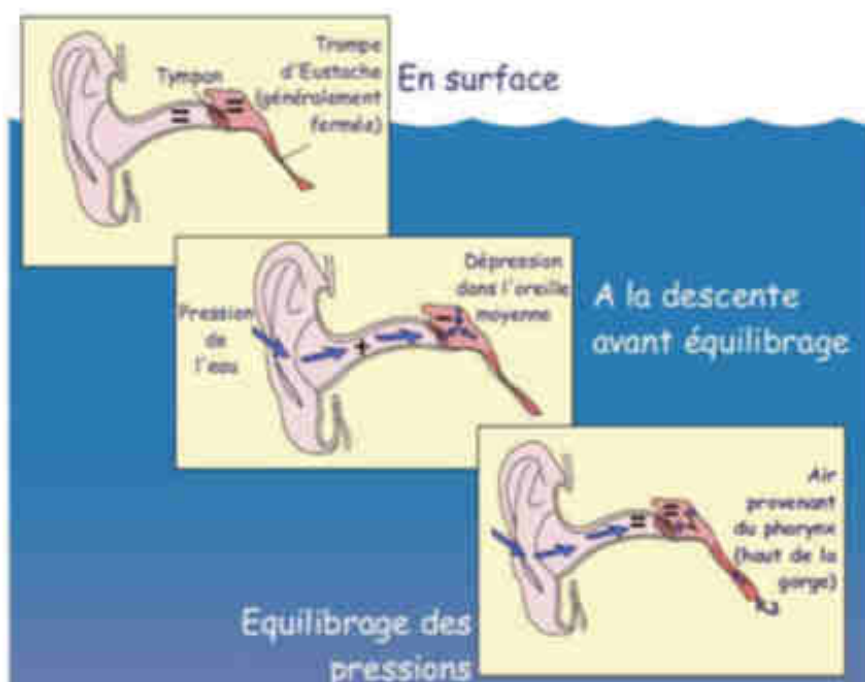


Figure 17: Schéma de la manœuvre d'équilibration des pressions de l'oreille moyenne ; A. Foret ; Plongée plaisir niveaux 1 et 2 ; 1999.

Cependant, la présence d'infections respiratoires supérieures ou des variations anatomiques entraînent une dysperméabilité tubaire pouvant compromettre l'équilibration des pressions de l'oreille moyenne par les trompes d'Eustache [28, 34].

La symptomatologie des barotraumatismes de l'oreille moyenne s'exprime par des signes subjectifs (douleurs, bourdonnements, vertiges, surdité) et des signes otoscopiques décrits par la classification de Haines et Harris [35] :

- Stade I : injection du manche du marteau et de la pars flaccida du tympan.
- Stade II : tympan congestif et rétracté.
- Stade III : tympan congestif, liquide séro-hématique baignant la caisse du tympan.
- Stade IV : tympan rouge et bombé.
- Stade V : perforation tympanique avec hémorragie dans le conduit auditif externe.

Enfin, il a été constaté que la surpression au sein du cavum tympanique pouvant survenir en phase de remontée ou lors d'une manœuvre de Valsalva trop intense serait à l'origine de paralysies périphériques réversibles du nerf facial [32]. En effet une surpression trop intense au sein de l'oreille moyenne peut engendrer une compression des vasa nervorum menant à terme à une neuropraxie ischémique du nerf facial, notamment chez le sujet hypotendu [36].

A cette fin, une vigilance particulière est recommandée chez les sujets ayant des antécédents ORL par des examens réguliers de l'appareil auditif et de la perméabilité tubaire [37].

Enfin, il semblerait que l'administration prophylactique de pseudoephedrine 30 minutes avant la plongée entraînerait une diminution significative des barotraumatismes de l'oreille moyenne durant l'activité selon l'étude de Brown et al. [38].

3. Le barotraumatisme de l'oreille interne

Bien qu'il soit dix fois moins fréquent que l'atteinte de l'oreille moyenne, le barotraumatisme de l'oreille interne est particulièrement grave [11, 24]. Cet accident est principalement retrouvé chez les plongeurs apnéistes et les moniteurs effectuant des variations répétées de profondeur au cours d'exercices [35]. Par ailleurs, il est fréquemment rapporté des manœuvres de Valsalva intempestives et inefficaces en

descente ou inappropriées au cours de la remontée créant une hyperpression au sein du cavum [27, 28].

Ce barotraumatisme est à différencier de l'accident de désaturation vestibulo-cochléaire qui se manifeste exclusivement en phase de remontée ou après un intervalle libre après des plongées très profondes et saturantes [27, 35].

La physiopathologie est étroitement liée au barotraumatisme de l'oreille moyenne qui y est associé dans près de la moitié des cas en l'absence de manœuvre d'équilibration durant la descente [35]. En phase de compression, la dépression brutale au niveau du cavum va exercer une tension médiale de la membrane tympanique qui se transmet par la chaîne ossiculaire jusqu'à la rampe vestibulaire. Il se manifeste alors par un « coup de piston » de l'étrier à l'origine d'une rupture labyrinthique au niveau de la fenêtre ovale responsable d'une fistule périlymphatique [27, 28, 35].

Ce phénomène des fenêtres est également vérifié lors de dysperméabilités tubaires au cours de manœuvres d'équilibration forcées en phase de descente. En effet, lorsqu'elle est bouchée, une manœuvre de Valsalva excessive peut entraîner la survenue d'une augmentation de la pression du liquide cérébrospinal transmise au liquide périlymphatique [28, 35]. On assiste alors à une rupture des membranes des fenêtres de dedans en dehors (voie « explosive »). Dans le cas inverse, la rupture des fenêtres se fera de dehors en dedans par l'hyperpression brutale causée par la manœuvre d'équilibration excessive (voie « implosive ») [35, 39].

Le syndrome vestibulo-cochléaire qui en découle se traduit par des acouphènes de perception, surdité, vertiges et nausées-vomissements entraînant la noyade [27].

C. Les barotraumatismes sinusiens

Les barotraumatismes sinusiens se définissent comme des manifestations pathologiques consécutives à un différentiel de pression entre le milieu ambiant et les sinus maxillaires et frontaux [16]. Ils se manifestent le plus souvent par des douleurs localisées dans la région frontale et secondairement d'épistaxis [27, 28, 40].

L'incidence de ces accidents est deux fois plus importante en phase de descente qu'en cours de remontée avec une prédominance au niveau des sinus maxillaires [28, 40].

De façon habituelle, l'ostium et le canal naso-frontal constituent respectivement les voies de communication des sinus maxillaires et frontaux aux fosses nasales.

Ceci a pour conséquence une équilibration des pressions entre les différents compartiments durant la plongée.

Lorsque ces voies de communication exigües sont obstruées par des phénomènes allergiques, inflammatoires ou infectieux, l'équilibre des pressions n'est plus effective provoquant un barotraumatisme [9, 16]. En effet, il a été rapporté que près de 50% des accidents barotraumatiques des sinus sont associés à une pathologie sinusienne sous-jacente jusqu'à 78% dans l'étude de Fagan et al. [11, 40]. Par ailleurs, des variations anatomiques ainsi que la présence d'hyperplasies comme des polypes peuvent se rajouter à l'obstruction des canaux sinusiens et amplifier la rétention d'air dans ces cavités [16, 23, 40].

En phase de descente, l'augmentation de la pression du milieu engendre une dépression au sein des cavités sinusiennes selon la loi de Boyle et Mariotte. L'effet de ventouse provoque une congestion et une hyperhémie de la sous-muqueuse à l'origine d'un œdème. Cette force implosive induit progressivement un décollement du revêtement muqueux pouvant se compliquer en hémorragie intra-sinusienne [16, 40]. Durant la remontée, l'air ne pouvant s'échapper correctement exerce une force explosive intra-sinusienne qui s'applique aux parois osseuses. La muqueuse se retrouve ainsi plaquée contre la paroi pouvant provoquer des douleurs intenses et un épistaxis homolatéral [16, 23].

Une attention particulière doit être portée aux patients ayant des antécédents de sinusites et de barotraumatismes de l'oreille moyenne qui seraient significativement exposés aux barotraumatismes sinusiens [41].

D. Les barotraumatismes dentaires

1. Définition

Au niveau dentaire, les barotraumatismes s'illustrent dans le cadre de fractures d'odontes et/ou de restaurations ainsi que dans la diminution de rétention des éléments prothétiques fixes [42].

L'ensemble de ces manifestations est englobé sous le terme d'odontocrexie pour décrire les « explosions » dentaires consécutives à des variations brutales de pression rencontrées notamment chez les plongeurs et en altitude [43]. Ces constatations ont été mises en évidence lors d'une étude longitudinale montrant que les militaires plongeurs présentaient un nombre de dents détériorées significativement plus élevé sur une période de 10 ans comparé aux équipages des sous-marins au sein de l'armée allemande [44].

Ces fractures barotraumatiques peuvent provoquer ou non des douleurs avec un risque majoré d'inhalation de fragments pouvant compromettre la sécurité du plongeur et entraîner l'arrêt prématuré de l'exploration en cours [26, 45].

2. Etiologies

Même si les étiologies ne sont pas clairement définies, ces phénomènes semblent intimement liés à l'existence de facteurs prédisposants, pathologiques ou non.

En effet, il apparaît dans l'étude in vitro de Calder et Ramsey que seules les dents présentant une carie sous-jacente ou porteuses d'une restauration défectueuse (reprise carieuse ou défaut d'étanchéité) ont subi des fractures lors de variations répétées de la pression [43].

De plus, ces barotraumatismes seraient favorisés par l'utilisation de certains gaz, notamment l'hélium qui diminue significativement la viscosité de l'air inspiré. Ceci aurait pour conséquence une meilleure pénétration des gaz sous pression dans les tissus ensuite emprisonnés au sein des cavités dentaires [43].

A ce jour, nous ne pouvons recenser dans la littérature qu'un cas de fracture sur une dent considérée comme initialement saine [46].

3. Physiopathologie

Les barotraumatismes dentaires surviennent majoritairement au cours de la phase de remontée et sont principalement liés à la présence d'une cavité créée par la carie dentaire ou sous une restauration. En effet, la dilatation de l'air au sein de la cavité provoque un gradient de pression centrifuge sur les parois dentaires pouvant provoquer une fracture par explosion [47].

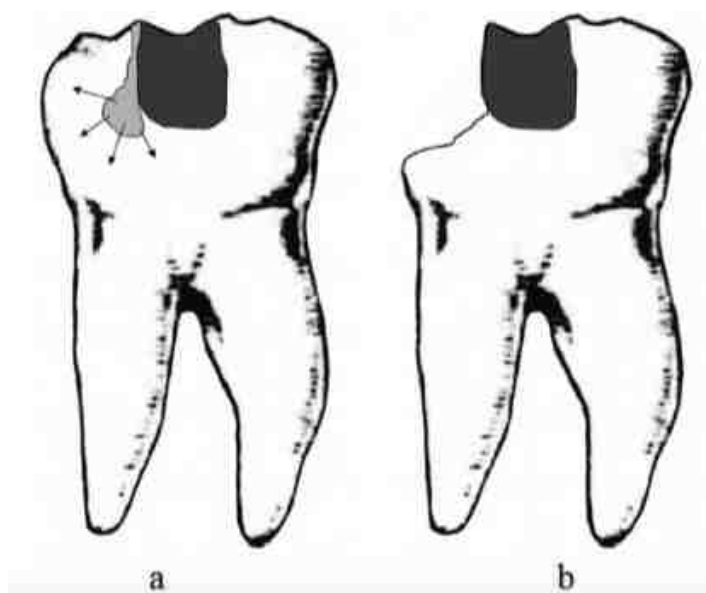


Figure 18: : Barotraumatisme dentaire explosif en phase de remontée, Gunepin et al. ; Sports des profondeurs : Fractures dentaires induites par les variations de pression ; Information Dentaire n°22 ; 2012.

Dans des situations plus rares, le barotraumatisme peut se manifester en phase de descente par la présence d'une restauration peu résistante ou d'une cavité sous une restauration [48]. En effet, la rétraction de l'air contenu dans la cavité génère des forces implosives qui favorisent l'écrasement de la restauration pouvant s'accompagner d'une fracture de la dent [47].

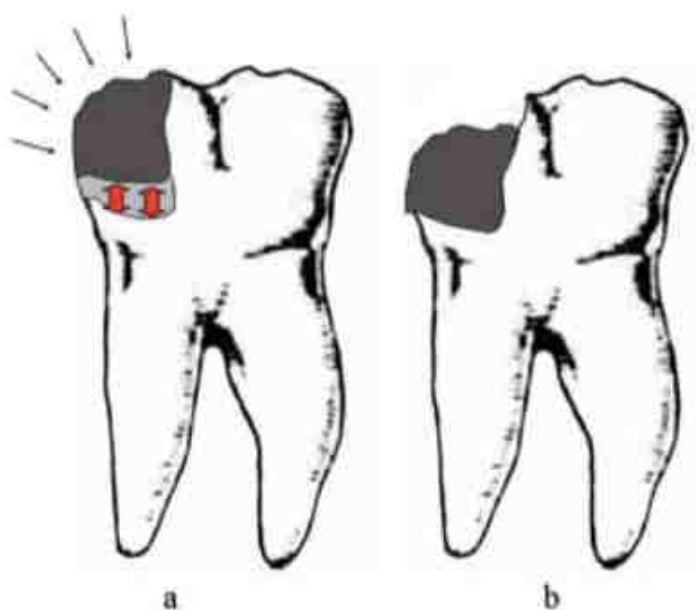


Figure 19: Barotraumatisme dentaire implosif en phase de descente, Gunepin et al. ; Sports des profondeurs : Fractures dentaires induites par les variations de pression ; Information Dentaire n°22 ; 2012.

E. Prévention des barotraumatismes dentaires

1. Prévention en odontologie restauratrice

Dans le cadre d'une attitude préventive, le pratiquant est encouragé à informer son chirurgien-dentiste de son activité sportive.

Ces accidents étant principalement liés à l'existence de cavités ou de bulles au sein de l'organe dentaire, le rôle du praticien est de dépister et de traiter les caries initiales et secondaires ainsi que toutes les obturations non étanches et défectueuses [26].

En odontologie restauratrice, l'utilisation de composites compacts est préférée aux composites classiques micro et nano-hybrides. En effet, l'étude in vitro du comportement de ces matériaux lors de variations de pression révèle une meilleure résistance à la fracture pour les composites compacts. Les auteurs recommandent ainsi leur utilisation chez les patients pratiquant une activité subaquatique [49].

Par ailleurs, les restaurations provisoires sont à éviter au cours de toute activité entraînant des variations de pression [26]. Dans ce cadre, il est recommandé aux praticiens d'avoir recours à des temporisations coronaires à base de verre ionomère, plus intéressantes sur le plan mécanique. En effet, l'étude de Zaia et al. a mis en évidence la contre-indication des obturations à base d'eugénates ou de type CAVIT dans des conditions dysbariques contrairement aux CVImar qui tolèrent davantage les variations de pression. [50, 51].

2. Prévention en endodontie

En endodontie, l'étude de Stoetzer et al. s'est intéressée au comportement de différentes techniques d'obturation canalaire au cours de plongées simulées in vitro à 5 bars. Les résultats montrent que les obturations par condensation verticale à chaud ainsi que de l'utilisation d'un tuteur enrobé de gutta percha possèdent une meilleure herméticité par rapport à une technique de condensation latérale à froid ou au Resilon. Il est également confirmé que les techniques d'obturation à chaud génèrent des gradients de pression significativement moindres entre l'entrée canalaire et l'apex de la dent. Les auteurs recommandent ainsi l'utilisation de techniques d'obturation endodontique à chaud afin de prévenir la formation de microbulles au sein du matériau,

responsable de la survenue d'une fracture radiculaire barotraumatique sur dent dépulpée [52].

De plus, la mise en place d'un scellement du plancher pulpaire par un système adhésif optimiserait l'étanchéité de l'obturation par la formation d'un joint résistant aux variations de pression [53].

En période de temporisation, l'utilisation d'une boulette de coton en interséance endodontique semble proscrite en milieu dysbarique. C'est en ce sens que l'étude de Gunepin et al. a mis en évidence la survenue in vitro de fractures dentaires ou de restaurations temporaires au cours de cycles de variations de pression similaires à une exploration subaquatique. Les caractéristiques communes de ces barotraumatismes reposaient sur la mise en place d'une boulette de coton au sein de la chambre pulpaire, quel que soit le matériau d'obturation coronaire provisoire employé (CAVIT ou eugénate). Aucune fracture n'est néanmoins constatée sur les dents sans coton ou avec la présence de coton uniquement aux entrées canalaires. Les auteurs interprètent ces résultats par la création d'une cavité aérique volumineuse formée par la boulette de coton volumineuse associée à une diminution de l'épaisseur de l'obturation provisoire. Par conséquent, les gradients de pression générés au sein de la chambre pulpaire soumettent des contraintes sur la restauration provisoire déjà fragilisée. Ils recommandent alors de prohiber la mise en place d'une boulette de coton ou de le limiter aux seuls orifices canalaires chez les patients devant pratiquer une activité subaquatique entre les séances de traitement endodontique [51].

Par ailleurs, l'application d'hydroxyde de calcium intra-canaire ne semble pas compromettre la dent traitée endodontiquement au cours de variations de pression [53].

3. Prévention en prothèse conjointe

Plusieurs cas de descellement sont rapportés au cours d'une activité subaquatique, notamment durant la phase de remontée [54]. Ces événements seraient principalement liés par la présence de microbulles au sein de certains ciments de scellement, responsables d'une fragilisation du matériau.

Dans une étude in vitro réalisée sur des dents extraites et couronnées, Lyons et al. ont mis en évidence l'impact négatif des variations de pression sur la rétention et l'apparition de fissures sur les ciments oxyphosphates et à base de verre ionomère. Par conséquent, les auteurs ont constaté une perte de rétention de 50% et 90% sur les couronnes scellées respectivement au verre ionomère et au ciment oxyphosphate. Au contraire, les prothèses scellées par la résine ne présentent aucune fissure du matériau et aucun impact sur la rétention des éléments prothétiques n'a été constaté. Ces résultats pourraient s'expliquer par l'infiltration du matériau au sein des tubulis dentinaires et de sa flexibilité aux contraintes mécaniques [55].

Ces constatations peuvent s'expliquer par la composition de ces matériaux. En effet, il apparaît que les ciments en résine présentent peu de pores et des microbulles de très petite taille (inférieures à 20nm) contrairement aux autres ciments comme les oxyphosphates ou les polycarboxylates [56].

Le bénéfice de l'utilisation de ciments à base de résine en milieu dysbarique s'est également vérifié dans la rétention des tenons collés-fibrés utilisés comme ancrages radiculaires de reconstructions corono-radiculaires [57].

Enfin, le choix d'un ciment auto-mélangé montre des résultats de rétention prothétique significativement supérieurs au mélange manuel sur des couronnes en zircone in vitro. En effet, la méthode de mélange serait notamment impliquée dans l'incorporation de microbulles au sein du matériau ainsi majorée dans les ciments mélangés manuellement [58].

Il est ainsi conseillé par l'ensemble des auteurs précédemment cités d'éviter autant que possible l'exposition hyperbare avec une prothèse scellée provisoirement à l'oxyphosphate dont la rétention diminuerait d'un tiers après l'équivalent d'une semaine de plongée loisir [59]. L'utilisation d'un protocole de collage en prothèse fixée semble alors particulièrement compatible avec la pratique d'une activité subaquatique.

II. Les douleurs dentaires en plongée subaquatique

A. Les barodontalgies

1. Définition

Les barodontalgies représentent les douleurs dentaires consécutives aux variations de pression [26].

Initialement décrites au cours de la Seconde Guerre mondiale chez les aviateurs sous le terme d'aérodontalgies, elles se sont progressivement étendues dans le domaine de la plongée subaquatique [60]. Dans le cadre de cette pratique, les conséquences de ces douleurs peuvent fortement compromettre la sécurité du plongeur par des algies intenses entraînant des vertiges et une incapacité subite [26, 45].

La barodontalgie est davantage qualifiée de symptôme que de pathologie à part entière. En effet, elle se manifeste dans la plupart des cas comme une expression aigue d'une pathologie subclinique préexistante [26].

Par ailleurs, il apparaît que ces douleurs concernent en particulier les dents maxillaires et surviennent préférentiellement entre 10 et 25 mètres de profondeur [61–63].

En outre, ces phénomènes algiques apparaîtraient préférentiellement durant la troisième décennie de vie chez les sujets atteints, sans préférence de sexe [64].

2. Etiologies

Ces manifestations douloureuses peuvent avoir des origines dentaires ou non. Il convient de distinguer les barodontalgies exclusivement pulpaires et apicales (barodontalgies directes) des douleurs irradiantes générées par les barotraumatismes faciaux et provoquant une douleur dentaire (barodontalgies indirectes). Il est ainsi fréquent de constater que des barodontalgies soient indirectement liées aux barotraumatismes de l'oreille ou du sinus, notamment au cours des phases de descente [65].

Un tableau récapitulatif des diagnostics différentiels a été élaboré par Zadik afin de facilement identifier les caractéristiques de ces barodontalgies rencontrées en milieu dysbarique.

Caractéristiques	Barodontalgie directe induite par une pathologie pulpaire	Barodontalgie directe induite par une pathologie apicale	Barodontalgie indirecte induite par un barotraumatisme facial
Causes	Pathologie pulpaire	Pathologie apicale	Barosinusite et barotraumatisme de l'oreille moyenne
Survenue	Durant la remontée	Durant la remontée ou la descente	Durant la descente
Symptômes	Pulpite irréversible : douleurs aiguë ponctuelle Pulpite réversible et nécrose pulpaire : douleur lancinante	Parodontite apicale : douleur continue aigue ou douleur lancinante	Douleur dentaire au niveau des prémolaires et molaires maxillaires
Anamnèse	Restauration dentaire récente Sensibilité thermique récente	Sensibilité récente à la percussion	Infections des voies respiratoires supérieures Antécédent de sinusite
Examen clinique	Lésions carieuses Restaurations dentaires défectueuses Réponse au test de sensibilité au froid exacerbée	Lésions carieuses Restaurations dentaires défectueuses Douleurs aigues lors du test de percussion	Douleurs à la palpation des sinus Douleurs lors d'un changement rapide de la position de la tête
Examen radiographique	Lésions carieuses avec proximité pulpaire Restaurations dentaires avec proximité pulpaire	Lésions carieuses avec proximité pulpaire Restaurations dentaires avec proximité pulpaire Radioclarté périapicale Obturation endodontique inadaptée	Radio-opacité au niveau des sinus maxillaires

*Tableau 1: Diagnostics différentiels des barodontalgies ; Y. Zadik ;
Barodontalgia ; Journal of Endodontics ; 2009 ; 35 : 481-485.*

Dans les situations directes, ce symptôme survient notamment sur des dents avec des caries sans atteintes pulpaire ou présentant une restauration défectueuse dans 29,2% des cas, dans un contexte de nécrose pulpaire ou périapicale dans 27,8% des cas, 13,9% au cours de pathologies pulpaire, et enfin suite à des traitements dentaires récents dans 11,1% des cas [64].

Une classification clinique a été proposée par Ferjentsik et Aker et adoptée par la Fédération Dentaire Internationale (FDI) afin de définir la symptomatologie des barodontalgies directes, liées aux affections pulpaire et périapicales [66].

Classification	Etiologie	Symptômes
Classe I	Pulpite irréversible	Douleurs aiguës à la montée
Classe II	Pulpite réversible	Douleurs sourdes à la montée
Classe III	Pulpe nécrosée	Douleurs sourdes à la descente
Classe IV	Pathologie périapicale	Douleurs aiguës et sévères à la montée et à la descente

Tableau 2: Classification des barodontalgies directes ; E. Ferjentsik, F. Aker ; Barodontalgia : a system of classification ; Mil Med 1982 ; 147 : 299, 303-304.

3. Physiopathologie

Les mécanismes impliqués dans ces douleurs sont encore flous et largement méconnus. Cependant, plusieurs hypothèses ont été évoquées afin d'expliquer ces manifestations algiques au cours des variations de pression.

La principale cause des barodontalgies serait liée à une irritation du complexe pulpo-dentinaire suite à l'apparition de bulles au sein d'une carie dentaire ou d'une restauration défectueuse.

En phase de remontée, la dilatation des gaz entraînerait la stimulation de nocicepteurs par la pression exercée sur les parois dentaires ainsi qu'une meilleure pénétration de la carie dentaire dans la dentine. Un déplacement de fluide serait ainsi généré au sein

des canalicules dentinaires selon la théorie hydrodynamique de Brännstrom et irriterait les fibres nerveuses. La stimulation générée provoquerait ainsi une inflammation pulpaire et secondairement une ischémie vasculaire [65, 67, 68].

Cette inflammation serait par ailleurs accélérée par les phénomènes de dilatation des gaz intra-pulpaire au niveau des tissus inflammatoires durant la phase de remontée. La conséquence serait ainsi la formation d'une hyperhémie pulpaire accompagnée d'une stimulation des nocicepteurs [68].

Une autre piste de réflexion concerne l'origine vasculaire de ces douleurs. En effet, la réalisation d'une décompression trop rapide en phase de remontée entraînerait un phénomène de désaturation des gaz dissous dans les vaisseaux pulpaire à l'origine de la formation de bulles. Celles-ci provoqueraient des micro-hémorragies et des embolies gazeuses à l'origine de douleurs sourdes pouvant entraîner une nécrose secondaire de la dent par hypoxie [65, 68].

Sur des dents dépulpées ou mortifiées, les gaz produits par les germes anaérobies suivent les mêmes phénomènes de dilatation. Ceci aura pour conséquence la stimulation des nocicepteurs parodontaux périapicaux ou un emphysème si ces gaz ne parviennent pas à s'échapper [69, 70].

La mise en pression d'un milieu septique pourrait enfin entraîner une dissémination microbienne pouvant se compliquer d'un risque oslérien [70].

B. Les autres douleurs du plongeur

Dans d'autres contextes, des manifestations douloureuses se distinguent des barodontalgies en milieu subaquatique.

1. Les douleurs liées au froid

La détente des gaz inspirés associée à la convection thermique de l'eau font diminuer significativement la température de l'air inhalé. Le froid provoque ainsi des douleurs dentaires, notamment sur les dents cariées, fêlées ou aux collets exposés. De plus, l'existence de restaurations métalliques telles que des amalgames ou des couronnes

métalliques sur dents vitales favorisent la conduction thermique et amplifient ces manifestations douloureuses.

Sur le long terme, la vasoconstriction consécutive à l'action du froid peut entraîner une nécrose pulpaire ainsi qu'une dessiccation des tissus mous buccaux et parodontaux à l'origine de gerçures [68, 70].

2. Les douleurs du parodonte

Au niveau du parodonte, la dilatation de gaz contenus dans des poches parodontales ou d'espaces inter-dentaires peuvent provoquer des douleurs vives et brèves [70].

3. Les douleurs post-chirurgicales

Enfin, la pression positive de l'air en phase de descente peut entraîner une pénétration des gaz dans un site chirurgical mal cicatrisé et provoquer une alvéolite durant la plongée. La survenue de ces douleurs est intense et similaire aux symptômes décrits dans les barodontalgies [60, 68].

C. Prévention

La réalisation d'un suivi bucco-dentaire périodique est essentielle dans la prévention des barodontalgies. En ce sens, une attention particulière est portée sur la recherche de foyers infectieux, de caries ou de restaurations défectueuses par des tests de vitalité pulpaire et de percussion sur les dents suspectes accompagnés d'un contrôle radiographique [71].

En cas d'apparition d'une barodontalgie, le chirurgien-dentiste doit poser un diagnostic différentiel avec les sinusites barotraumatiques et les barotraumatismes de l'oreille.

1. Prévention en odontologie restauratrice

Lors des soins carieux, un curetage intégral de la lésion doit être privilégié afin d'arrêter le processus pathologique et de limiter les agressions pulpaires exercées par les variations de pression.

Afin d'éviter toute infiltration d'air sous les restaurations, il est encouragé de déposer et de refaire toute obturation défectueuse, même en l'absence de reprise carieuse sous-jacente [65].

Lors de la réalisation de restaurations provisoires, l'utilisation d'un matériau à base d'oxyde de zinc-eugénol (ZOE) réduirait les symptômes liés aux barodontalgies lorsqu'une pulpite réversible est incriminée [71].

Pour les obturations définitives, l'application d'un substitut dentinaire (CVI) en fond de cavité est encouragée afin de limiter les contraintes exercées sur le matériau [68].

Par ailleurs, l'application régulière de gel et de vernis fluorés réduirait significativement les hyperesthésies dentinaires liées au froid chez les plongeurs [70].

Enfin, il est préférable de surseoir à la plongée durant les 24 à 72h après tout soin ayant eu recours à une anesthésie locale [72].

2. Prévention en endodontie

Dans le cadre de pathologies endodontiques, il est recommandé au plongeur d'éviter toute pratique dès la pose du diagnostic, et ce, jusqu'à 24h après la disparition des symptômes suite au traitement définitif [72].

Du fait de la grande proximité pulpaire, les coiffages directs sont proscrits. Par conséquent, toute intervention entraînant une effraction pulpaire doit orienter le praticien vers un traitement endodontique conventionnel [65, 73].

En cas d'exposition en milieu hyperbare, le chirurgien-dentiste doit s'assurer de la résistance, de l'étanchéité de la restauration provisoire avant chaque plongée et éviter de laisser les canaux non obturés [72].

3. Prévention en chirurgie orale et parodontale

Lors d'un acte chirurgical, une suspension de l'activité doit être effective durant une à deux semaines précédant une avulsion dentaire. Cette période est étendue de six semaines à deux mois en cas d'intervention chirurgicale complexe jusqu'à une cicatrisation vérifiée par le chirurgien-dentiste [72].

En cas de communication bucco-sinusienne ou d'acte impliquant les sinus (avulsion de dents antrales, sinus lift, lambeau), l'activité doit être suspendue durant au moins 2 semaines. Toute manifestation inflammatoire du site doit être appréciée par le praticien et peut entraîner un report de la plongée [72].

Aucune contre-indication n'est précisée pour l'implantologie, avec néanmoins cinq à huit semaines de restriction recommandées après la chirurgie [72].

III. Les pathologies liées à l'embout buccal

L'embout intra-buccal est un accessoire incontournable en plongée. Cet équipement permet de réaliser la jonction hermétique entre le second étage du détendeur et la cavité buccale, nécessaire à une délivrance de l'air sur demande.

Cependant, la mise en place d'un corps étranger en bouche au cours d'une plongée variant de trente minutes à une heure présente des conséquences sur l'appareil manducateur si celui-ci n'est pas correctement adapté. Elles se traduisent notamment par des atteintes au niveau des articulations temporo-mandibulaires, des dents et du parodonte.

A. Le syndrome buccal

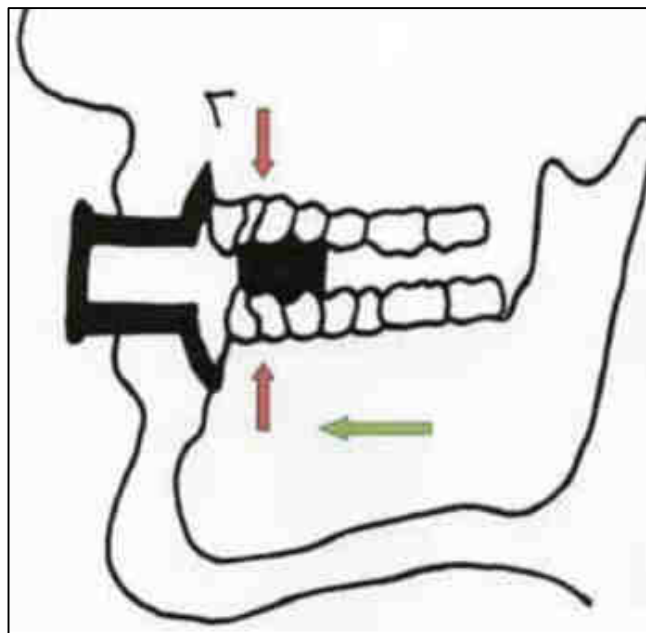
1. Définition

Le syndrome buccal du plongeur regroupe l'ensemble des troubles de l'articulation temporo-mandibulaire (ATM) consécutif à la pratique de la plongée subaquatique [26]. Chez le plongeur, ce syndrome peut inclure toute la symptomatologie des algies et dysfonctionnements de l'appareil manducateur (ADAM). Il peut survenir chez les

patients ayant des antécédents de dysfonctions temporo-mandibulaires ou initialement sains de toute pathologie des ATMs [26, 74] .

Ces manifestations seraient notamment causées par une protrusion mandibulaire non physiologique ainsi que par une contraction isométrique importante et prolongée des muscles masticateurs [68, 75].

Ce mouvement de serrage excessif serait notamment entretenu par le design de l'embout, à l'origine d'un manque de calage postérieur sur le plan de morsure [76].



• Flèches rouges : serrage de l'embout

• Flèche verte : protrusion mandibulaire

Figure 20: Mouvements à l'origine du syndrome buccal ; Gunepin et al. ; Le syndrome buccal de la plongée sous-marine : étiologie et prévention ; L'Information Dentaire ; 2013 ; p28-31.

2. Symptomatologie

Ces symptômes sont variables et exacerbés chez le patient bruxomane.

Ils regroupent [77] :

- L'ensemble de la symptomatologie des ADAM : douleurs musculaires et articulaires, atteintes méniscales, céphalées.
- Des algies faciales.
- Des bruits articulaires comme des craquements.
- Des douleurs au niveau des oreilles.
- Un trismus avec possibilité de perturbation de la cinétique mandibulaire.

Ces manifestations peuvent apparaître ponctuellement au cours de la plongée et disparaître ou devenir chroniques et permanentes.

Ces sensations douloureuses allant de la simple gêne à des douleurs intenses peuvent ainsi compromettre la sécurité du plongeur et entraîner l'arrêt de l'exploration en cours.

Par ailleurs, il a été démontré que le maintien prolongé des ATMs dans cette position peut provoquer une inflammation à l'origine de la formation d'un œdème responsable d'un blocage de la trompe d'Eustache. L'équilibration des pressions dans l'oreille moyenne ne pouvant plus se réaliser correctement, l'embout peut provoquer indirectement des barotraumatismes de l'oreille moyenne se manifestant par des vertiges ou une désorientation [78].

3. Epidémiologie

Les dysfonctions temporo-mandibulaires liées à l'embout sont récurrentes et leur prévalence reste néanmoins floue, variant de 24 à 68% selon les études [26].

Tout comme pour les pathologies temporo-mandibulaires, il semblerait que les sujets féminins soient davantage exposés à ce syndrome que les hommes [79, 80].

En outre, les enquêtes réalisées dans les centres de plongée montrent que la fréquence de ces symptômes sont d'autant plus importants que l'eau est froide [80]. En effet, la diminution de la température de l'eau réduirait l'action rétentive des muscles orbiculaires de la bouche. De ce fait, le plongeur compense le manque d'herméticité par une contraction excessive des muscles manducateurs à l'origine d'un réflexe de serrage traumatique pour les ATMs.

Par ailleurs, l'étude menée par Ozturk et al. auprès de plongeurs sur une période de cinq ans met en évidence une relation entre l'apparition de ces symptômes et le niveau des pratiquants. Ainsi, on peut constater que les signes du syndrome buccal étaient principalement retrouvés chez les débutants. Ces résultats peuvent s'expliquer par le stress émotionnel présent chez ces plongeurs, favorisant un serrage excessif de l'embout [81].

B. Les traumatismes intra-buccaux

En outre, l'utilisation d'un embout inadapté peut également entraîner des traumatismes au niveau intra-buccal. En effet, la force excessive entraîne des surcharges d'autant plus fortes qu'elles sont longues et répétées. Ces contraintes sont préjudiciables pour les dents et le parodonte.

Tout d'abord, les pressions excessives sur les dents peuvent provoquer la détérioration des obturations, même si l'embout est flexible [82]. Elles sont notamment dues à la concentration des forces occlusales appliquées sur un plan de morsure étroit. Ces fractures sont à distinguer des odontocrexies causées par un barotraumatisme dentaire.

Par ailleurs, il est souvent rapporté par les plongeurs qu'une modification temporaire de l'occlusion pouvait apparaître au retour sur l'embarcation. Ce phénomène peut notamment s'expliquer par un mouvement d'ingression provoqué par les charges occlusales sur le desmodonte. Cette compression serait à l'origine d'une diminution temporaire de la vascularisation de l'organe dentaire et d'une inflammation du ligament alvéolo-dentaire [68]. Ces lésions répétées sur le parodonte par des surcharges occlusales intempestives peuvent mener jusqu'à l'apparition d'une mobilité pathologique, en particulier sur les prémolaires [83].

Enfin, la résistance de l'eau au cours du déplacement génère des frottements de l'embout sur la muqueuse buccale, notamment dans le secteur incisivo-canin. Ces douleurs sont principalement dues à la forme inadaptée de l'écran buccal aux arcades dentaires et aux insertions des freins. Les conséquences de ces traumatismes des tissus mous donnent lieu à l'apparition de gingivorragies, de récessions gingivales ou d'hyperplasies rapportées dans la littérature [68, 70, 84].

C. La transmission de maladies infectieuses

L'embout intra-buccal peut être le vecteur de transmission pour certains germes entre plongeurs. C'est notamment le cas de certains virus comme l'herpès simplex dont plusieurs cas de primo-infections ont été rapportés quelques jours après la plongée [85].

En effet, des manœuvres d'échange d'embout afin de simuler une panne d'air sont fréquemment pratiquées au cours des formations, pouvant transmettre l'agent pathogène d'un plongeur à un autre. De plus, la location fréquente de l'ensemble détenteur-embout dans les centres de plongée implique des protocoles de désinfection très stricts afin de garantir un accessoire exempt de germe pour le sportif suivant. Il est ainsi possible d'obtenir une transmission du virus si ces dispositifs ne sont pas désinfectés correctement.

D. Prévention

1. L'évolution de l'embout du commerce

L'ensemble des études menées sur le design des embouts intra-buccaux a permis d'obtenir de nombreuses améliorations ergonomiques de ces accessoires.

L'évolution constante de la conception des embouts standards du commerce a significativement amélioré le confort et la santé orale du plongeur.

Ces développements ont notamment concerné :

Le plan de morsure : d'après les études menées par Mack et al., l'épaisseur ne doit pas excéder 4mm afin de limiter une souffrance musculo-articulaire liée à une ouverture buccale trop importante [86].

De plus, le recouvrement de cette plateforme jusqu'aux premières voire aux deuxièmes molaires serait tout à fait bénéfique dans la préservation des ATMs. En effet, il permettrait de limiter l'antéposition de la mandibule et réduirait significativement l'activité des muscles masticateurs à l'origine du serrage selon les publications de Mack et Hirose [76, 86].

L'écran buccal : la collerette vestibulaire est intimement liée à l'activité des muscles orbiculaires de la bouche, nécessaires à l'obtention d'un joint étanche péri-buccal. Selon l'étude d'Hirose, l'utilisation d'un écran buccal étendu permettrait d'optimiser l'activité musculaire de l'orbiculaire de la bouche tandis qu'elle diminue celle du masséter et du muscle temporal. Par conséquent, l'utilisation d'embouts à large collerette vestibulaire permettrait de limiter le réflexe de serrage [76].

Néanmoins, il convient de limiter la taille de l'écran buccal à 6mm ainsi que d'ébarber les insertions des freins et brides afin de prévenir toute lésion traumatique sur les muqueuses [77, 87].

L'écran lingual : Goldstein recommande une taille suffisante de la collerette linguale afin d'assurer une meilleure rétention et stabilisation du dispositif. Une longueur de 13mm ainsi qu'une épaisseur de 10mm seraient les dimensions adéquates à cette fin [87]. Au contraire, Mack et al. privilégient l'utilisation d'un écran lingual de petite taille afin de ne pas perturber les manœuvres d'urgence impliquant le retrait de l'embout en cas de panne d'air [86].

2. L'embout personnalisé

Afin de prévenir davantage les pathologies liées à un embout intra-buccal inadapté, l'ensemble des auteurs préconise la personnalisation de l'accessoire.

En effet, ce concept repose sur le postulat que c'est au dispositif de s'adapter à la physiologie de la cavité buccale, et non l'inverse.

Par ailleurs, le risque d'inhalation implique une contre-indication au port de tout élément prothétique amovible en bouche durant la plongée [45]. Il y a donc nécessité d'adapter les surfaces d'appui de l'embout sur les crêtes édentées du plongeur.

En ce sens, l'utilisation d'embouts personnalisés à partir de la morphologie buccale du plongeur trouve toute son indication.

Nous distinguons 2 catégories d'embouts anatomiques :

- ❖ **L'embout semi-personnalisé** dont le plan de morsure est formé d'un matériau thermoplastique. Le sportif trempe le dispositif dans une source de chaleur avant de le mordre, prenant ainsi la forme des arcades dentaires.
- ❖ **L'embout personnalisé** conçu sur mesure par un professionnel de santé bucco-dentaire à partir de modèles montés sur articulateurs et obtenu par la technique de la cire perdue.

Ainsi, il apparaît que l'utilisation des embouts personnalisés serait la meilleure prévention du syndrome buccal chez le plongeur. Une période d'essai en piscine est néanmoins souhaitée afin de tester le dispositif en bouche avant sa première utilisation en exploration [44].

Les analyses céphalométriques réalisées par Hobson et Newton révèlent que le déplacement antérieur de la mandibule est significativement moins prononcé chez les sujets portant un embout anatomique. Par ailleurs, les dispositifs entièrement personnalisés présentent des résultats plus satisfaisants que les embouts semi-personnalisés, se rapprochant davantage d'une position mandibulaire physiologique de repos [88].

En outre, les études par électromyogramme menées par Ingervall et Warvinge ont démontré que l'utilisation d'un embout semi-personnalisé permettait de réduire significativement l'activité musculaire nécessaire au maintien du dispositif. Ils ont en effet constaté une diminution de 39 à 53% de la pression occlusale lorsque l'embout est adapté à l'anatomie dentaire par thermoformage [89].

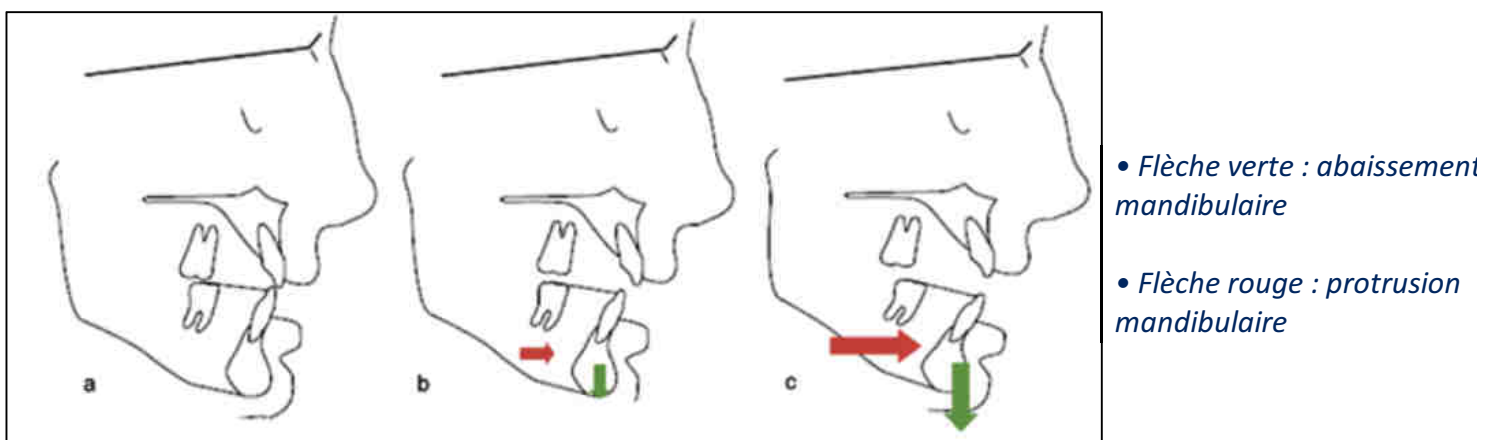


Figure 21: tracés céphalométriques comparatifs en OIM (a), avec un embout personnalisé (b), avec un embout standard (c) ; Gunepin et al ; Le syndrome buccal de la plongée sous-marine : étiologie et prévention ; L'Information Dentaire, 2013.

Le bénéfice du port d'un embout intra-buccal personnalisé est ainsi vérifié auprès des plongeurs suite à des enquêtes de satisfaction menées par Hirose et Hobson.

Après l'utilisation prolongée de ces dispositifs, les participants font part d'une nette amélioration du confort ainsi qu'une diminution de l'effort et de la fatigue musculaire par rapport à l'utilisation d'un embout standard [88, 90].

Ces retours se sont également vérifiés au cours d'une enquête de La Société Française d'Odonto-Stomatologie du Sport (SFOSS) dont les observations ont mené à [70] :

- La disparition des épisodes douloureux au niveau des ATMs.
- La diminution des algies de contracture et de la fatigue musculaire.
- Un meilleur confort.
- Un meilleur maintien.
- Une bonne étanchéité.
- Une isolation thermique efficace.

Par conséquent, les avantages liés à la personnalisation de l'embout sont :

- ✓ Une meilleure répartition des forces occlusales par l'incorporation des dents postérieures et l'adaptation du plan de morsure à l'anatomie dentaire.
- ✓ Une meilleure rétention du dispositif permettant de limiter le réflexe de serrage et favoriser une relaxation musculaire.
- ✓ Une position ostéo-articulaire se rapprochant d'une situation de repos physiologique de la mandibule.
- ✓ Un meilleur maintien de l'embout en présence d'édentements.
- ✓ Une isolation thermique plus efficace.
- ✓ Une limitation des frottements traumatiques sur les tissus mous.
- ✓ Une réduction du risque de transmission de germes par voie orale.
- ✓ Une meilleure équilibration auriculaire par facilitation de l'ouverture tubaire et éviter les accidents barotraumatiques de l'oreille moyenne.

Nous avons ainsi pu démontrer que l'embout intra-buccal personnalisé représente la meilleure prévention de pathologies liées à sa mauvaise adaptation.

Aujourd'hui, les embouts anatomiques sont notamment proposés chez les patients dont la présence d'appareils orthodontiques multi-attaches sont incompatibles au port d'un embout buccal standard du commerce [91].

Cependant, leur utilisation devrait se démocratiser auprès de l'ensemble des patients plongeurs dont la fréquence des dysfonctions temporo-mandibulaires liées à leur activité reste floue mais néanmoins fréquente.

IV. Les traumatismes dentaires par chocs

A la différence des traumatismes provoqués par les variations de pression, des fractures consécutives à des impacts peuvent survenir en plongée subaquatique.

Les chocs peuvent être directs sur les structures odontostomatologiques ou indirects par l'intermédiaire du deuxième étage du détenteur.

Ces accidents peuvent survenir avant et pendant la plongée, principalement causés par les nombreux accessoires dont dispose le plongeur. Sous l'eau, ils ont principalement lieu au cours d'une mauvaise stabilisation ou de la présence de courant.

Ces traumatismes peuvent survenir, entre autres [68] :

- Lors d'une chute causée par un déséquilibre sur l'embarcation.
- Au cours de la remontée à l'échelle instable du bateau.
- Lors d'un impact indirect par le détenteur avec un membre de la palanquée (coup de palme) ou une structure subaquatique (roche, épave).
- Suite à un arrachage d'embout pendant une manœuvre de panne d'air.

PARTIE 4 :

**ENQUETE SUR LA PREVENTION
BUCCO-DENTAIRE CHEZ LES
PLONGEURS CIVILS FRANCAIS**

I. Objectifs de l'étude

La démarche initiale de cette enquête était de réaliser un état des lieux sur la prévention bucco-dentaire des plongeurs civils français dans le cadre de leur activité sportive.

Par ailleurs, il était pertinent de nous intéresser à la prévalence des accidents oro-faciaux en plongée subaquatique et de rechercher les différents facteurs de risque pouvant favoriser leur manifestation.

Les problématiques soulevées par cette enquête sont les suivantes :

- Quel est le niveau de connaissance des plongeurs sur la prévention bucco-dentaire dans le cadre de leur pratique sportive ?
- Sont-ils suffisamment informés par les professionnels de santé sur les risques liés à la plongée subaquatique ?
- Qui sont les principaux acteurs intervenant dans cette prévention ?
- Quelle est la place du chirurgien-dentiste dans la prise en charge des patients plongeurs ?
- Quelle est la prévalence des accidents oro-faciaux et leur distribution ?
- Existe-t-il des facteurs de risque favorisant la survenue de ces accidents ?

Ainsi, ces interrogations nous ont amené à définir les objectifs de cette étude nécessaires afin de répondre à ces questions :

❖ Objectifs principaux :

- Évaluer les connaissances et l'observance des plongeurs civils français en matière de prévention bucco-dentaire dans le cadre de leur pratique sportive.
- Identifier la place du chirurgien-dentiste au sein de cette prévention.
- Optimiser la prévention de cette population en odontostomatologie.

❖ Objectifs secondaires :

- Quantifier la prévalence des accidents oro-faciaux en plongée subaquatique.
- Rechercher les facteurs de risque favorisant la survenue de ces accidents.

Les hypothèses supposent que :

- Les plongeurs civils français seraient informés des risques bucco-dentaires liés à leur activité, notamment dans le cadre de leur formation théorique durant l'acquisition des niveaux.
- L'information délivrée resterait cependant incomplète et floue pour les pratiquants.
- Il existerait un défaut d'information émanant des chirurgiens-dentistes sur les risques et la prévention des patients plongeurs concernant leur pratique sportive.
- Les plongeurs n'auraient pas connaissance de l'ensemble des moyens préventifs bucco-dentaires mis à leur disposition.
- Nous supposons l'existence de relations entre des facteurs de risque et la survenue d'accidents oro-faciaux en plongée subaquatique.

II. Matériel et méthode

A. Schéma d'étude

Nous avons réalisé une étude descriptive transversale sur la prévention des accidents bucco-dentaires et oro-faciaux des plongeurs français basée sur un auto-questionnaire en ligne.

B. Population étudiée

- Critères d'inclusion :
 - Le répondant doit avoir un âge supérieur ou égal à 18 ans.
 - Le répondant doit être titulaire d'un niveau de certification à la pratique de la plongée subaquatique.

- Critère d'exclusion :
 - Le répondant est âgé de moins de 18 ans.
 - Le plongeur ne possède pas de niveau de certification en plongée subaquatique.
 - Refus de participer à l'enquête.

C. Questionnaire

1. Elaboration

L'enquête est constituée de 20 questions composant 4 grandes parties (*Annexe 1*) :

- Les premières questions ont été posées afin de cibler le profil de la personne interrogée. Celles-ci ont permis d'identifier son sexe, sa classe d'âge, sa formation en plongée, son niveau et son expérience dans sa pratique sportive.
- La deuxième partie est destinée à évaluer les connaissances ainsi que l'observance du pratiquant sur la prévention bucco-dentaire liées à la plongée subaquatique et des circonstances par lesquelles celui-ci a reçu l'information.
- La troisième partie se concentre sur la prévalence des douleurs et autres accidents oro-faciaux survenus chez le pratiquant au cours d'une plongée subaquatique.
- Enfin, la quatrième partie s'intéresse à l'utilisation des différents embouts chez les plongeurs.

Avant la diffusion, une étude pilote de compréhension de faisabilité et d'évaluation du temps nécessaire pour répondre au questionnaire a été menée en Janvier 2020 sur un panel de 10 plongeurs qui a validé l'ensemble des exigences requises pour le bon déroulement de l'enquête.

2. Ethique

Le protocole et les procédures ont été approuvés par le comité d'éthique des Facultés de Médecine, d'Odontologie, de Pharmacie, des Ecoles d'Infirmières, de Kinésithérapie, de Maïeutique et des Hôpitaux de Strasbourg. Il s'agit de l'accord du Comité d'éthique CE-2020-145.

3. Diffusion du questionnaire

Le questionnaire a été conçu sur « Google Forms » afin de faciliter le recueil des données.

La diffusion a débuté le 3 Février 2020 et s'est organisée sur internet. Elle a été réalisée majoritairement sur les réseaux sociaux auprès de groupes de plongeurs et sur la page Facebook de la FFESSM, ainsi que par mail via les associations de plongeurs qui ont partagé le lien du questionnaire aux adhérents. Ces associations étaient équitablement réparties sur l'ensemble du territoire français métropolitain et en outre-mer.

Le recueil des réponses a été clôturé le 22 Juillet 2020.

D. Traitement des données

1. Regroupement des réponses

Afin de garantir la cohérence des réponses obtenues au cours de cette enquête, nous avons décidé de regrouper certaines réponses similaires au sein de plusieurs catégories.

Ces normalisations ont concerné :

- **Question n°3 : Quelle est votre formation en plongée subaquatique ?**
 - Les formations autres que PADI, FFESSM, SSI, SDI et TDI ont été considérées comme mineures et regroupées dans la catégorie « Autre ».
- **Question n°4 : Quel est votre dernier niveau acquis ?**
 - Les formations assimilées à des niveaux de monitorat et les formateurs ont été regroupés dans la catégorie « Moniteur ».

- **Question n°7 : Dans le cadre de votre activité de plongée, vous allez consulter au moins une fois par an :**
 - Les réponses comprenant « médecin hyperbare » ainsi que « médecin fédéral » ont été regroupées dans la catégorie « médecin spécifique ».
 - Les réponses présentant « ostéopathe » et « kinésithérapeute » ont fusionné pour former la catégorie « kinésithérapeute/ostéopathe ».
 - Les autres professionnels de santé tels que « cardiologue », « ophtalmologue », « gynécologue », « pneumologue » et « endocrinologue » ont été rassemblés dans la catégorie « Autre ».

- **Question n°14 : Au cours d'une plongée, avez-vous déjà ressenti des douleurs au niveau :**
 - Les réponses concernant d'autres régions de la face ont été regroupées dans la catégorie « Autre ».

- **Question n°20 : si vous connaissez l'existence des embouts sur mesure, dans quelles circonstances en avez-vous pris connaissance ?**
 - Les réponses entrant dans le cadre professionnel ou autres ont été regroupées dans la rubrique « Autre ».

2. Méthodologie statistique

Les fréquences et pourcentages ont été calculés pour l'ensemble des variables qualitatives de l'étude, principalement descriptive.

Les données recueillies sur « Google Forms » ont été exportées et exploitées par le logiciel « Microsoft Excel 2016 » version 16.0.4738.1000. Les représentations graphiques ont également été réalisées par Excel.

Les analyses multivariées ont été effectuées à l'aide d'un test statistique du Chi² sur le site web www.biostatgv.sentiweb.fr et ont été présentées avec un intervalle de confiance à 95%.

Le test de Fisher a été utilisé lorsque les conditions d'application du test du Chi² (effectifs théoriques < 5) n'étaient pas applicables.

Une p-value inférieure à 0,05 a été fixée pour ces tests, objectivant une différence significative entre les valeurs comparées dans l'étude.

III. Résultats de l'enquête

A. Participation

Le nombre de réponses enregistrées s'élève à 1024 questionnaires.

Sur l'ensemble de ces réponses, nous avons exclu deux formulaires lors de la question n°3 pour motif « Ne possède pas de certification de niveau en plongée subaquatique ». Par ailleurs, sept questionnaires ont été exclus de l'étude pour motif « Réponse inadaptée ou inappropriée à la question posée ».

Ainsi, nous pouvons considérer la prise en compte de $1024 - 9 = 1015$ questionnaires validés pour cette enquête.

B. Analyse descriptive des données

1. Profil des répondants

Tout d'abord, nous remarquons que l'échantillon est majoritairement composé d'hommes (59,2%) tandis que les femmes constituent 40,8% des sondés.

Les classes d'âge sont équitablement représentées, hors les 65 ans et plus qui sont moins présents comparés aux autres groupes (5,5%).

Par ailleurs, nous constatons que la certification délivrée par la FFESSM est la plus représentée au sein de l'échantillon (96,4% des répondants). La formation PADI concerne 13,8% des participants alors que les formations moins connues telles que SSI (3%), TDI (2%) et SSI (1%) impliquent moins de plongeurs.

Concernant les niveaux des pratiquants, nous relevons qu'ils apparaissent homogènes au sein de l'échantillon. Nous notons cependant que les participants présentent dans l'ensemble un niveau confirmé en plongée puisque 61,7% d'entre eux possèdent au moins le niveau 3.

Cette pratique sportive régulière se vérifie par l'adhésion massive des répondants au sein de clubs associatifs. En effet, 88,3% des plongeurs interrogés déclarent pratiquer la plongée au sein d'un club, ce qui implique des entraînements réguliers.

Caractéristiques	Effectifs (N = 1015)	Proportions
1) Vous êtes		
- Un homme	601	59,2%
- Une femme	414	40,8%
2) Quel âge avez-vous ?		
- 18 – 34 ans	228	22,5%
- 35 – 49 ans	346	34,1%
- 50 – 64 ans	385	37,9%
- 65 ans et plus	56	5,5%
3) Quelle est votre formation en plongée subaquatique ? (Plusieurs réponses possibles)		
- FFESSM	978	96,4%
- PADI	140	13,8%
- SSI	30	3%
- SDI	6	0,6%
- TDI	18	1,8%
- Autre	34	3,3%
4) Quel est votre niveau ?		
- Niveau 1	145	14,4%
- Niveau 2	243	23,9%
- Niveau 3	264	26%
- Niveau 4	171	16,9%
- Moniteur	191	18,8%
5) Etes-vous inscrit dans un club associatif de plongée ?		
- Oui	896	88,3%
- Non	119	11,7%
6) Combien de plongées avez-vous effectué ?		
- 1–20	121	11,9%
- 21–40	103	10,1%
- 41–60	79	7,9%
- 61–80	51	5%
- >80	661	65,1%

Tableau 3: : Synthèse des questions relatives au profil sportif des plongeurs interrogés.

2. Concernant la prévention

7) Dans le cadre de la plongée, vous allez consulter au moins une fois par an (plusieurs réponses possibles) :

- Votre médecin traitant (n=674) : 66,4%
- Un médecin ORL (n=109) : 10,7%
- Un chirurgien-dentiste (n=587) : 57,8%
- Un kinésithérapeute/ostéopathe (n=72) : 7,1%
- Un médecin du sport (n=394) : 38,8%
- Un médecin spécifique (n=64) : 6,3%
- Autres (n=34) : 3,3%
- Aucun (n=24) : 2,4%

Nous remarquons que les participants sont particulièrement observants quant aux visites médicales dans le cadre de leur pratique sportive. En effet, 66,4% d'entre eux consultent chaque année leur médecin traitant, suivi par le chirurgien-dentiste (57,8% des répondants).

Les médecins du sport sont également fortement sollicités par 38,8% des répondants.

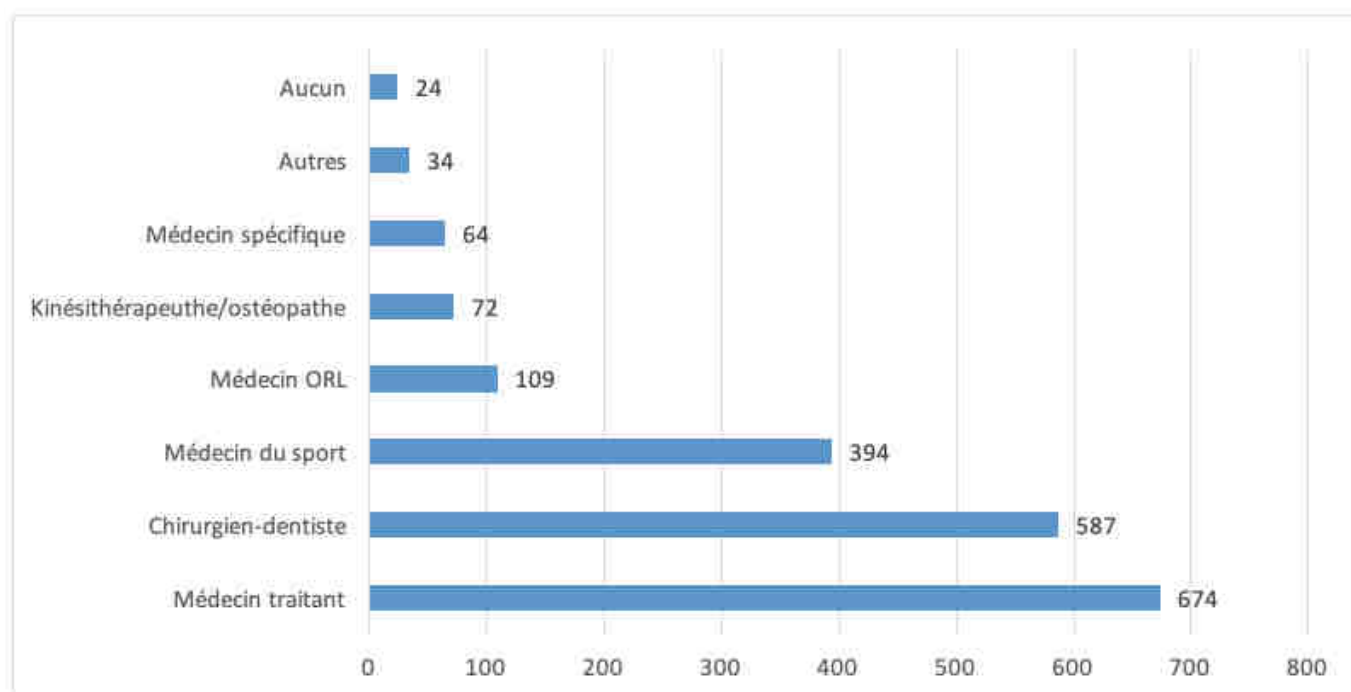


Figure 22: Professionnels de santé consultés annuellement dans le cadre de la plongée.

8) Avant de répondre à cette enquête, aviez-vous été informé de l'existence de risques bucco-dentaires liés à la pratique de la plongée subaquatique ?

- Oui (n=960) : 94,6%
- Non (n=55) : 5,4%

Nous remarquons qu'une très grande majorité des plongeurs a le sentiment d'avoir été sensibilisée aux risques bucco-dentaires en lien avec leur pratique sportive (94,6%).

9) Si oui à la question 8, dans quelles circonstances en avez-vous pris connaissance ? (Plusieurs réponses possibles)

- Au cours de la formation en centre de plongée ou d'un club formateur (n=864) : 90%
- Entre plongeurs (n=183) : 19,1%
- Par votre médecin traitant (n=72) : 7,5%
- Par votre chirurgien-dentiste traitant (n=111) : 11,6%
- Dans la documentation (littérature, médias) (n=150) : 15,6%
- Je ne m'en souviens plus (n=2) : 0,2%
- Autre (n=26) : 2,7%

Pour les répondants ayant reçu l'information, la formation en centre de plongée constitue le moyen d'information le plus représenté dans l'échantillon en matière de prévention bucco-dentaire (90%), suivi du « bouche-à-oreille » entre les plongeurs (19,1%) et la documentation (15,6%) tandis que l'information délivrée par les professionnels de santé semble en retrait (11,6% par un chirurgien-dentiste et 7,5% par le médecin traitant).

Nous observons par ailleurs que 66,6% des plongeurs ayant été sensibilisés déclarent un seul item, tandis qu'ils sont 22% à déclarer deux interlocuteurs et 11,4% avoir reçu l'information par plus de deux moyens de communication.

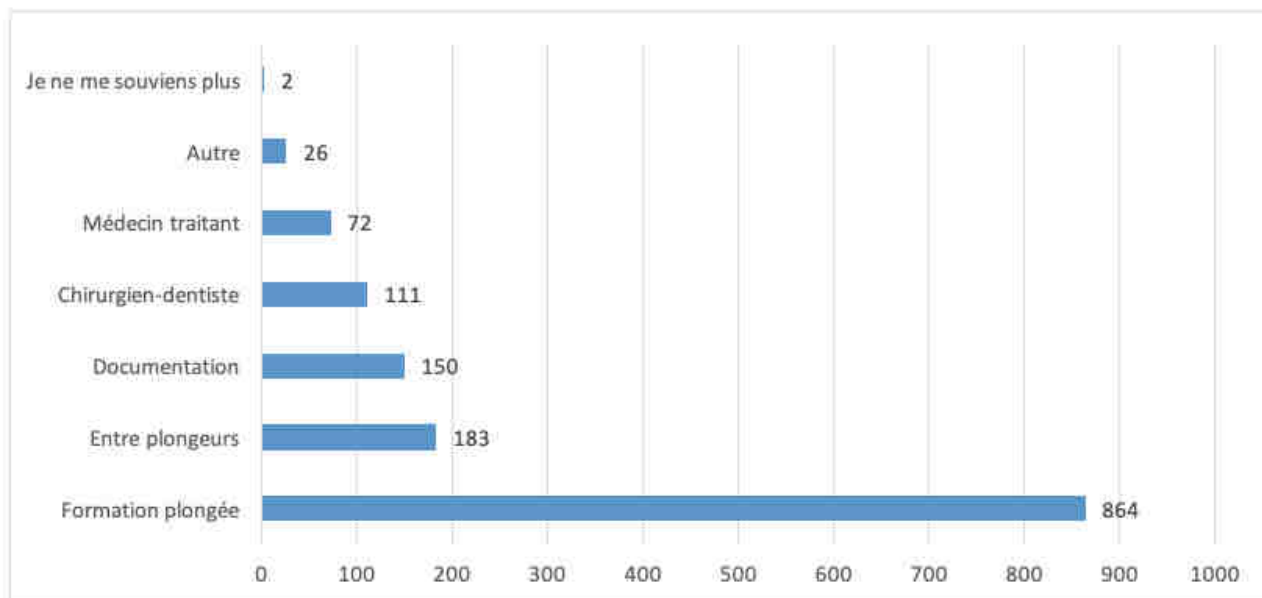


Figure 23: Moyens d'accès à l'information des plongeurs en prévention bucco-dentaire.

10) Si oui à la question 8, comment jugez-vous l'information que vous avez à votre disposition ?

- Insuffisante (n=231) : 24,1%
- Bonne (n=711) : 74,1%
- Trop détaillée (n=16) : 1,7%
- Sans avis (n=2) : 0,2%

Nous constatons que près des trois quarts des personnes ayant reçu l'information l'estiment complète (74,1%) tandis que 24,1% la jugent insuffisante.

Enfin, 1,7% des participants sensibilisés trouvent cette prévention trop détaillée.

Par ailleurs, il est pertinent d'indiquer que 28,2% de l'échantillon ont soit une méconnaissance des risques bucco-dentaires (n=55), soit une information jugée insuffisante plongée (n=231).

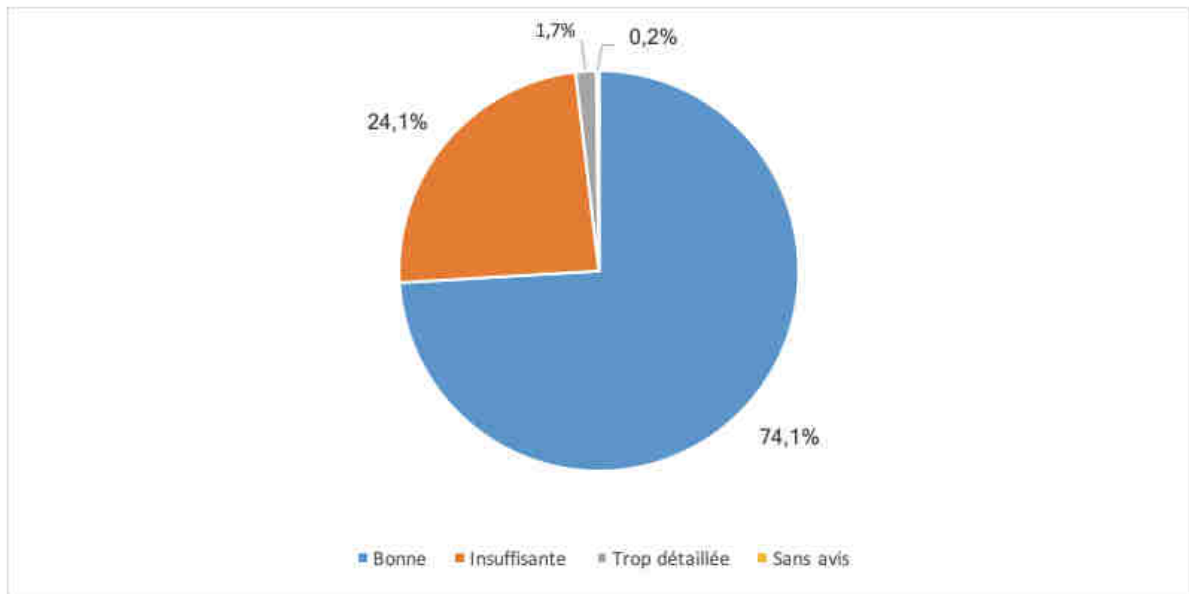


Figure 24: Qualité de l'information perçue par les plongeurs en prévention bucco-dentaire.

11) Avez-vous déjà consulté un chirurgien-dentiste dans le cadre de la plongée ?

- Oui (n=481) : 47,4%
- Non (n=534) : 52,6%

Moins d'un répondant sur deux a déjà consulté un chirurgien-dentiste spécifiquement dans le cadre de la plongée (47,4%) alors que 52,6% des sondés déclarent n'avoir jamais consulté leur praticien dans le cadre de la plongée.

12) Si oui à la question 11, dans quelles circonstances ? (Plusieurs réponses possibles)

- Prévention (n=442) : 91,9%
- Douleurs survenues au cours de la plongée (n=53) : 11%
- Accident de plongée (n=10) : 2,1%
- Autre (n=4) : 0,8%

Bien qu'une minorité de plongeurs consulte son chirurgien-dentiste dans le cadre des activités subaquatiques, le motif principal est représenté par la prévention (91,9%). Le nombre de pratiquants qui déclare consulter son praticien uniquement pour de la prévention s'élève à 417 plongeurs.

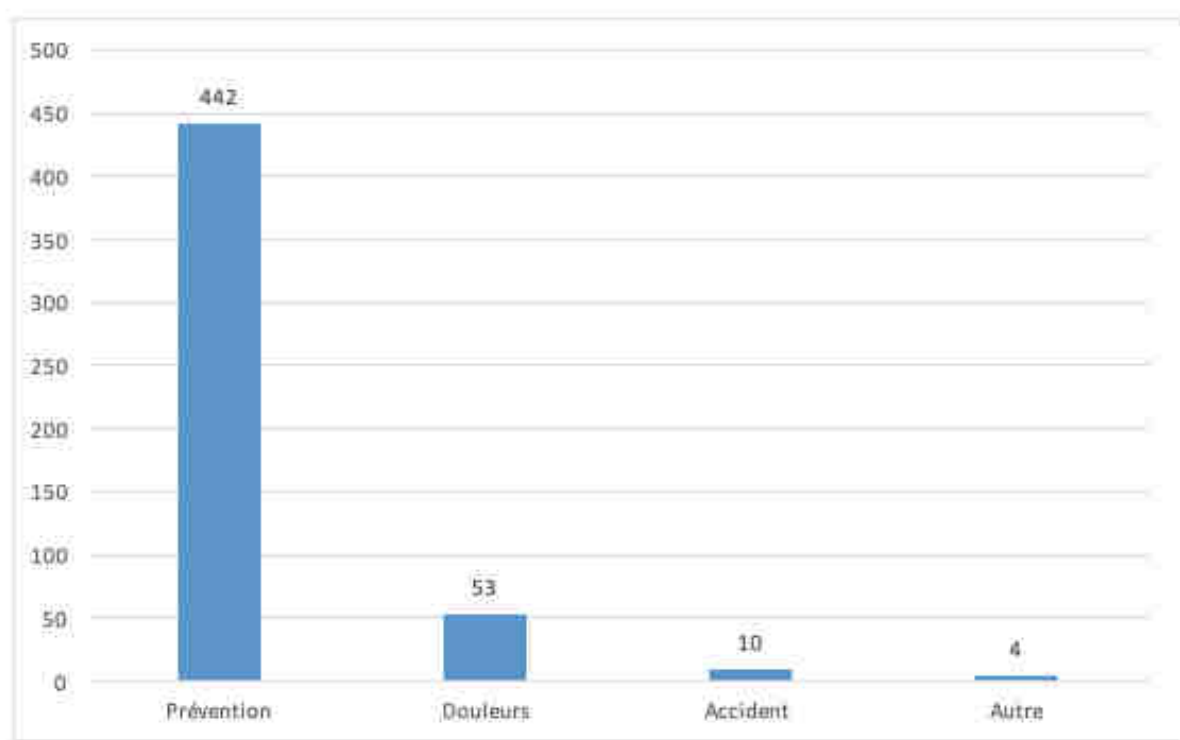


Figure 25: Motifs de consultation dentaire chez les plongeurs.

13) Avez-vous été informé par votre chirurgien-dentiste que votre activité implique des soins bucco-dentaires adaptés à la plongée ?

- Oui (n=357) : 35,2%
- Non (n=658) : 64,8%

Un nombre important de répondants indique n'avoir pas été informé sur la nécessité de soins bucco-dentaires de la part de leur praticien (64,8%) alors que 35,2% des participants ont échangé avec leur chirurgien-dentiste sur les soins dentaires compatibles dans le cadre de la plongée.

3. Concernant les accidents en plongée subaquatique

14) Au cours d'une plongée, avez-vous déjà ressenti des douleurs au niveau (plusieurs réponses possibles) :

- Des sinus (n=445) : 43,8%
- Des oreilles (n=675) : 66,5%
- Dentaire (n=110) : 10,8%
- Des gencives (n=28) : 2,8%
- Des mâchoires (crispations musculaires, douleurs articulaires) (n=136) : 13,4%
- Je n'ai jamais eu de douleur (n=203) : 20%
- Autre (n=3) : 0,3%

Tout d'abord, nous constatons que 812 répondants déclarent avoir déjà ressenti des douleurs orofaciales au cours d'une plongée, soit 80% de l'échantillon.

Ces manifestations algiques ont principalement concerné les oreilles et les sinus avec respectivement 66,5% et 43,8% des plongeurs.

Par ailleurs, on note que 274 douleurs odontostomatologiques en relation avec la plongée subaquatique ont été recensées chez 237 plongeurs, soit 23,4% de l'ensemble des personnes interrogées.

En effet, les douleurs en plongée concernent 10,8% des plongeurs au niveau dentaire, 13,4% au niveau des mâchoires et 2,8% dans la zone gingivale.

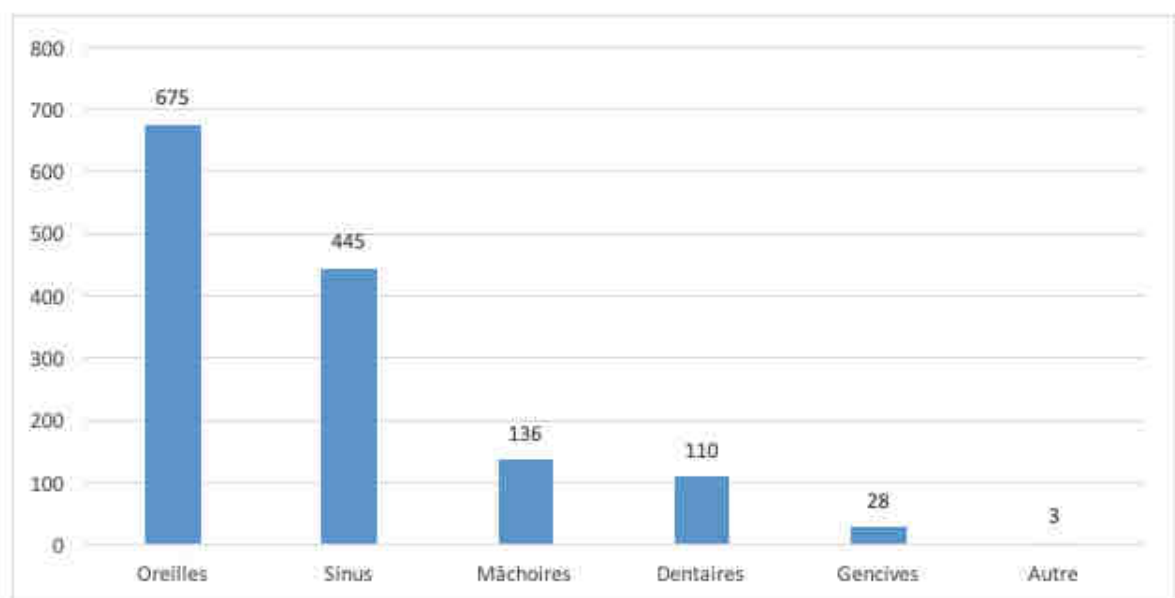


Figure 26: : Localisation des douleurs oro-faciales chez les plongeurs.

Douleurs	Manifestations rencontrées	Fréquence parmi l'ensemble des problèmes recensés (N=1397)	Fréquence au sein de l'échantillon (N=1015)
Sinus	445	31,9%	43,8%
Oreilles	675	48,3%	66,5%
Dentaires	110	7,9%	10,8%
Gencives	28	2%	2,8%
Mâchoires	136	9,7%	13,4%
Autres	3	0,2%	0,3%

Tableau 4: Fréquence des douleurs oro-faciales rencontrées chez les plongeurs interrogés.

15) Si oui, ces douleurs ont-elles entraîné un arrêt anticipé de la plongée en cours ?

- Oui (n=230) : 28,3%
- Non (n=582) : 71,7%

Les douleurs oro-faciales entraînent un arrêt prématuré de l'immersion dans 28,3% des cas.

16) Au cours d'une plongée, avez-vous déjà subi une fracture dentaire ou de restauration dentaire (amalgame, couronne, résine-composite) suite à un choc ?

- Oui (n=19) : 1,9%
- Non (n=996) : 98,1%

Au sein de l'échantillon, nous remarquons que 1,9% des plongeurs a déjà été victime de chocs à l'origine de fractures dentaires ou de restaurations dans le cadre de la plongée.

17) Au cours d'une plongée, avez-vous déjà subi une fracture dentaire ou de restauration dentaire sans choc (barotraumatisme dentaire) ?

- Oui (n=38) : 3,7%
- Non (n=977) : 96,3%

Nous constatons que 38 plongeurs ont subi un barotraumatisme dentaire en immersion, soit 3,7% des répondants.

4. Concernant les embouts intra-buccaux

18) Quel type d'embout utilisez-vous ?

- Standard, fourni avec le détendeur (n=978) : 96,4%
- Adaptable à l'aide d'une source de chaleur, acheté dans le commerce (n=36) : 3,5%
- Personnalisé, réalisé par un professionnel de santé bucco-dentaire (n=1) : 0,1%

Une très grande majorité des répondants utilise un embout intra-buccal standard du commerce (96,4%) tandis que 3,5% des répondants possèdent un dispositif semi-personnalisé.

Un seul répondant déclare disposer d'un embout personnalisé réalisé par un professionnel de santé bucco-dentaire (0,1%).

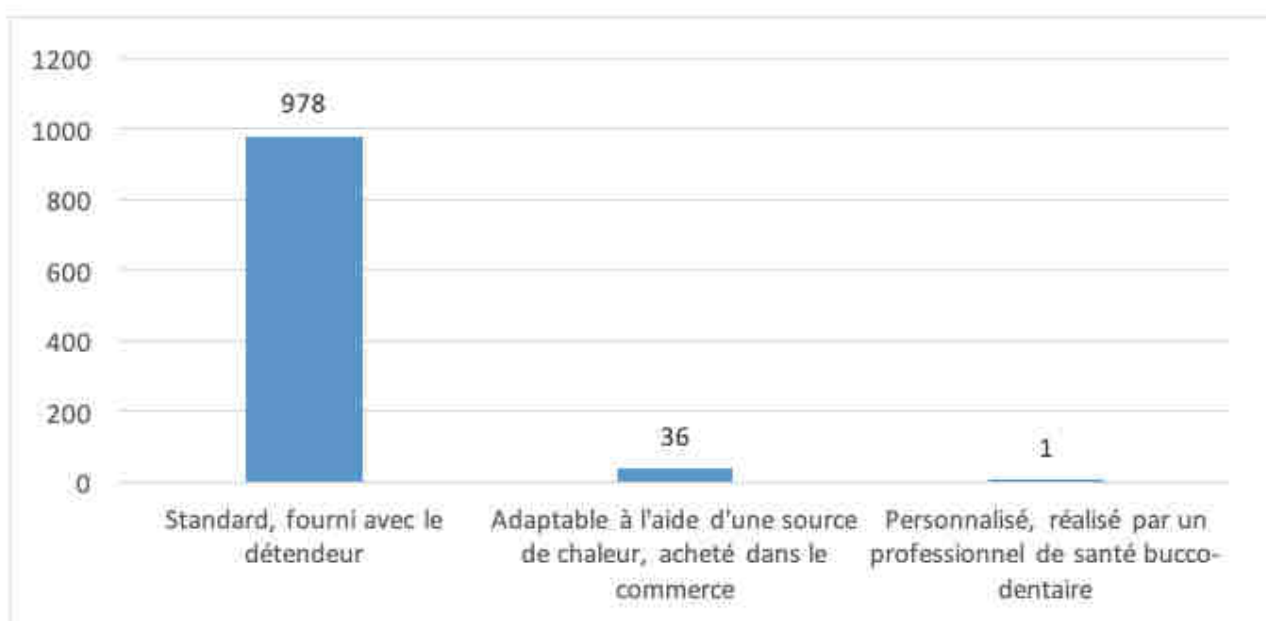


Figure 27: Embouts intra-buccaux utilisés par les plongeurs interrogés.

19) Connaissez-vous l'existence des embouts sur mesure réalisés par un professionnel de santé (chirurgien-dentiste / stomatologue) ?

- Oui (n=131) : 12,9%
- Non (n=884) : 87,1%

Beaucoup de répondants ignorent l'existence des embouts personnalisés. En effet, ils ne sont que 12,9% à connaître la possibilité de concevoir un embout sur mesure par l'intermédiaire d'un professionnel de santé.

20) Si oui à la question 19, dans quelles circonstances en avez-vous pris connaissance ? (Plusieurs réponses possibles)

- Par un chirurgien-dentiste (n=14) : 10,7%
- Par un moniteur de plongée (n=24) : 18,3%
- Entre plongeurs (n=60) : 45,8%
- Dans la documentation (n=52) : 39,7%
- Je ne m'en souviens plus (n=4) : 3,1%
- Autre (n=8) : 6,1%

Concernant les embouts intra-buccaux, les échanges entre plongeurs (45,8%) et la documentation (39,7%) sont les interlocuteurs les plus représentés. 18,3% des personnes ayant reçu l'information l'ont obtenue auprès du moniteur de plongée au cours de la formation.

Les chirurgiens-dentistes sont parmi les moins représentés dans cette information avec 10,7% des réponses.

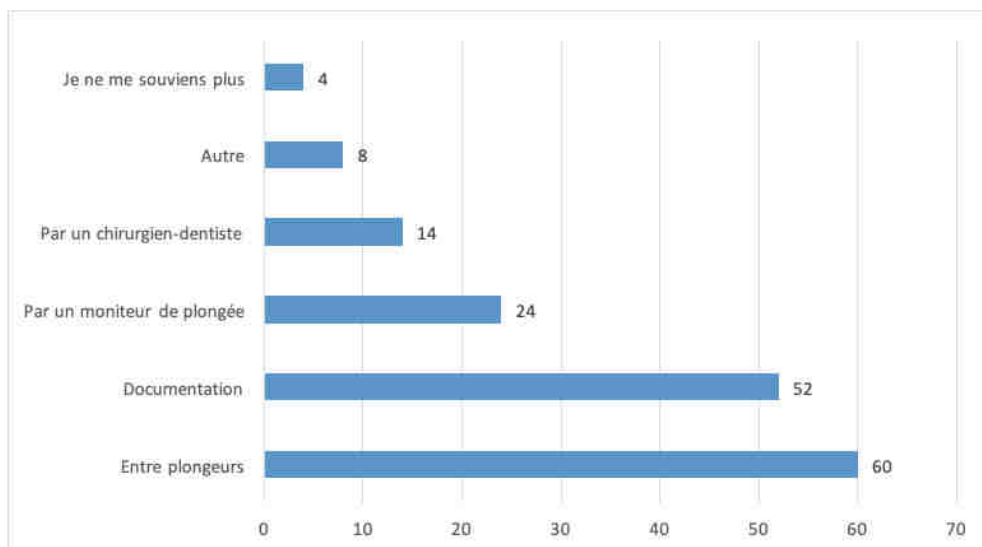


Figure 28: Moyens d'accès à l'information sur les embouts personnalisés.

C. Analyse comparative des données

1. Concernant la connaissance des risques

Nous nous sommes intéressés au profil des individus qui n'ont pas eu accès à l'information concernant les risques liés à la plongée subaquatique.

L'étude de ces répondants a concerné :

• **Le niveau du pratiquant**

Il apparaît que les plongeurs de niveau 1 sont significativement moins informés que les autres pratiquants en terme de prévention bucco-dentaire ($p\text{-value} = 3,9.10^{-9}$).

En effet, ils sont 83,5% à connaître l'existence de ces risques en plongée subaquatique.

Aucune différence significative n'a été constatée entre les pratiquants titulaires du niveau 2 (94,2%), du niveau 3 (96,2%), du niveau 4 (98,3%) ou les moniteurs (97,9%).

• **L'inscription dans une association de plongée**

Les plongeurs adhérents dans une association de plongée sont significativement mieux informés (95,3%) par rapport à ceux qui ne le sont pas (89,1%) avec une $p\text{-value}$ de $4,8.10^{-3}$.

• **L'âge du pratiquant**

Nous remarquons que les jeunes plongeurs et les plus âgés sont significativement moins informés par rapport aux classes d'âges intermédiaires ($p\text{-value} = 2,0.10^{-2}$).

En effet, la proportion de personnes ayant connaissance des risques s'élève à 91,7% chez les 18 – 34 ans et à 91,1% chez les plus de 65 ans. Ce chiffre s'élève à 94,5% chez les 35 – 49 ans et de 96,9% chez les 50 – 64 ans.

En somme, les plongeurs déclarant ne pas avoir connaissance des risques bucco-dentaires en plongée subaquatique sont des individus jeunes ou âgés. Leur expérience est novice dans la pratique, sans adhérer à une association.

Les pratiquants expérimentés en association dans les classes d'âges intermédiaires sont les mieux informés.

2. Concernant la qualité de la prévention bucco-dentaire

L'aspect préventif est fondamental en plongée subaquatique. L'analyse des données relatives à ce domaine est essentielle afin d'identifier la pertinence des informations délivrées.

A cet égard, nous nous sommes interrogés sur la qualité de l'information en fonction :

• De l'origine de l'information

Nous remarquons que seule l'information entre plongeurs est jugée de moins bonne qualité par les répondants ayant reçu l'information.

En effet, ils ne sont que 31,8% à déclarer l'information pertinente lorsqu'elle s'effectue seulement entre les pratiquants.

Nous notons que l'information provenant de la formation seule présente 75,1% d'avis positifs, et 64,3% lorsqu'elle est délivrée par le médecin traitant seul.

Seule une personne sur deux déclare cette information de bonne qualité lorsqu'elle est délivrée par le chirurgien-dentiste seul (50%) ou à travers la documentation (50%).

• Du nombre d'interlocuteurs

L'augmentation des moyens de communication dans le cadre de la prévention bucco-dentaire en plongée augmente les avis positifs quant à la qualité de l'information, sans qu'elle ne soit significative entre les différents groupes.

En effet, 73,1% des personnes ayant déclaré un unique interlocuteur considèrent l'information de bonne qualité. Elle est de 75,8% lorsque deux moyens ont été mentionnés et 77,1% au-delà.

Tandis que l'information est bien assimilée au cours des formations de plongée ou lorsqu'elle est délivrée par le médecin traitant, elle reste plus nuancée quand elle provient du chirurgien-dentiste ou de la documentation. L'information entre plongeurs est jugée de mauvaise qualité dans la majorité des cas.

La qualité de l'information délivrée augmente proportionnellement avec le nombre de supports de communication sans qu'elle ne soit significativement déterminante.

- **La consultation dentaire en fonction du niveau d'information**

Par ailleurs, nous nous sommes intéressés à l'influence de la consultation dentaire sur la qualité des informations prodiguées aux plongeurs.

Nous remarquons que presque autant de personnes jugeant l'information de bonne qualité n'a jamais consulté un chirurgien-dentiste (47,3%) que de répondants ayant eu une consultation dentaire (52,7%).

Au contraire, on note une vraie différence concernant les personnes jugeant l'information insuffisante puisque 62,8% d'entre elles n'ont jamais consulté leur praticien.

L'absence de consultation dentaire semble particulièrement récurrente chez les pratiquants jugeant l'information incomplète. L'orientation de ces patients plongeurs vers leur chirurgien-dentiste représente alors un enjeu majeur de santé publique bucco-dentaire.

	Consultation dentaire	Pas de consultation dentaire
Information jugée de bonne qualité	52,7%	47,3%
Information jugée insuffisante	37,2%	62,8%

Tableau 5: Qualité de l'information préventive en fonction de la consultation dentaire.

3. Concernant les accidents en plongée subaquatique

Après avoir étudié la prévalence générale des accidents oro-faciaux en plongée, nous nous sommes interrogés sur les liens qui pouvaient exister entre la survenue de ces manifestations et certains paramètres individuels des plongeurs interrogés.

• Par rapport au sexe

Tout d'abord, l'analyse des fréquences de survenue des différents accidents oro-faciaux semble montrer des disparités en fonction du sexe de l'individu.

En effet, il apparaît que les femmes présentent des douleurs significativement plus fréquentes que les hommes au niveau des oreilles (70,0% contre 64,1%) ainsi qu'aux mâchoires (18,6% contre 9,8%).

A l'inverse, les individus masculins seraient davantage exposés aux douleurs des sinus (48,1% contre 37,7%) et aux barotraumatismes dentaires (5,0% contre 1,9%).

Aucune différence significative n'est observée entre les sexes concernant les barodontalgies, les douleurs gingivales ainsi que les chocs dentaires dans le cadre de la plongée.

	Homme	Femme	Significativité (p-value)
Douleurs oreilles	64,1%	70,0%*	<0,05
Douleurs sinus	48,1%*	37,7%	<0,05
Douleurs dentaires	11,1%	10,4%	0,7
Douleurs gencives	2,5%	3,1%	0,53
Douleurs mâchoires	9,8%	18,6%*	<0,05
Barotraumatismes dentaires	5,0%*	1,9%	<0,05
Chocs dentaires	2,3%	1,2%	0,43

Tableau 6: Prévalence des accidents oro-faciaux en fonction du sexe.

• Par rapport à la classe d'âge

Nous constatons certaines disparités de ces manifestations en fonction de l'âge des répondants.

En effet, nous recensons une augmentation significative de la prévalence des douleurs au niveau des mâchoires chez les 18 – 34 ans et 35 – 49 ans par rapport aux classes d'âges supérieures.

Concernant les barotraumatismes dentaires, les 18 – 34 ans présentent une fréquence significativement moins importante par rapport aux plongeurs plus âgés.

Enfin, une différence statistiquement significative a été relevée entre les plus de 65 ans et les moins de 50 ans concernant les chocs dentaires.

Ainsi, tandis que les douleurs des mâchoires semblent concerner une population particulièrement jeune, les barotraumatismes dentaires ainsi que les chocs impliqueraient davantage les pratiquants plus âgés.

Aucune différence n'a été observée quant aux douleurs au niveau des oreilles, des sinus, des dents ou des gencives.

	18 – 34 ans	35 – 49 ans	50 – 64 ans	≥ 65 ans	Significativité (p-value)
Douleurs oreilles	69,7%	68,2%	63,4%	64,3%	0,34
Douleurs sinus	43,9%	43,9%	43,6%	44,6%	0,99
Douleurs dentaires	9,7%	13,0%	10,1%	7,1%	0,39
Douleurs gencives	3,1%	2,3%	3,4%	0%	0,58
Douleurs mâchoires	18,9%*	15,3%*	9,4%	7,1%	<0,05
Barotraumatismes dentaires	0,9%	4,1%*	4,7%*	7,1%*	<0,05
Chocs dentaires	0,4%	1,2%	2,6%	7,1%*	<0,05

Tableau 7: Prévalence des accidents oro-faciaux en fonction de la classe d'âge.

• Par rapport au niveau d'expérience du plongeur

En outre, nous nous sommes interrogés sur la prévalence des accidents oro-faciaux en fonction de l'expérience du pratiquant. Etant donné l'hétérogénéité concernant le nombre de plongées effectuées, largement dominée par la réponse « supérieure à 80 plongées », nous avons considéré l'expérience de la pratique en fonction du niveau des plongeurs.

Globalement, nous notons que l'ensemble des manifestations semble suivre des fréquences croissantes au fur et à mesure des niveaux acquis.

Nous remarquons par exemple qu'il existe une supériorité significative des douleurs au niveau des sinus entre chaque niveau.

De plus, les barodontalgies sont significativement plus fréquentes pour les plongeurs expérimentés de niveau 4 par rapport aux débutants ayant le niveau 1.

Par ailleurs, les douleurs gingivales et les barotraumatismes concernent significativement plus les plongeurs de niveau 4 par rapport aux niveaux inférieurs.

Aucune différence significative n'a été retrouvée en ce qui concerne les douleurs au niveau des oreilles et des mâchoires ainsi que pour les chocs dentaires qui présentent une distribution homogène des fréquences en fonction de l'expérience du plongeur.

	Niveau 1	Niveau 2	Niveau 3	Niveau 4	Moniteur	Significativité (p-value)
Douleurs Oreilles	62,1%	68,3%	67,4%	66,1%	66,5%	0,81
Douleurs Sinus	22,8%	36,2%*	40,5%**	53,2%**	65,4%***	<0,05
Douleurs Dentaires	6,2%	7,0%	11,4%	17,5%*	12,6%	<0,05
Douleurs gencives	0%	1,2%	1,9%	7,0%*	4,2%	<0,05
Douleurs mâchoires	13,8%	14,8%	10,2%	15,2%	13,6%	0,52
Barotraumatismes dentaires	0%	2,9%*	2,7%*	7,6%**	5,8%	<0,05
Chocs dentaires	0,2%	0,4%	2,3%	2,3%	3,7%	0,09

Tableau 8: Prévalence des accidents oro-faciaux en fonction du niveau de plongée.

- **Par rapport à la prévention bucco-dentaire du pratiquant**

Enfin, nous allons d'étudier la prévalence des accidents bucco-dentaires en fonction de la prévention suivie par les plongeurs auprès de leur chirurgien-dentiste.

Nous remarquons que les sujets ayant reçu une prévention au cours d'une consultation dentaire rapportent significativement moins de barodontalgies (7,2%) que les plongeurs n'ayant pas été sensibilisés (13,4%).

Néanmoins, la survenue des barotraumatismes ainsi que des traumatismes dentaires par chocs semblent indépendants de la prévention reçue par le pratiquant.

	Plongeur avec prévention	Plongeur sans prévention	Significativité (p-value)
Barodontalgies	7,2%	13,4%*	<0,05
Barotraumatismes dentaires	2,6%	4,5%	0,12
Chocs dentaires	1,4%	2,2%	0,39

Tableau 9: Prévalence des accidents bucco-dentaires en fonction de la prévention reçue.

4. Concernant les embouts intra-buccaux

L'utilisation d'un embout personnalisé est essentielle dans la prévention des douleurs de l'appareil manducateur.

L'analyse croisée des résultats ne permet pas de mettre en évidence une différence significative concernant l'utilisation d'embouts semi-personnalisés ou personnalisés entre les catégories de sexes ou d'âges.

Néanmoins, les moniteurs et les titulaires du niveau 4 utilisent significativement davantage les embouts semi-personnalisés avec respectivement 9,7% et 4,0% de ces catégories.

L'utilisation des embouts semi-personnalisés représente 0,7% chez le niveau 1, 0,8% chez le niveau 2 et 3,0% chez le niveau 3.

	Niveau 1	Niveau 2	Niveau 3	Niveau 4	Moniteur	Significativité (p-value)
Utilisation d'un embout semi-personnalisé	0,7%	0,8%	3,0%	4,0%*	9,4%*	<0,05

Tableau 10: Utilisation des embouts semi-personnalisés en fonction du niveau de plongée.

Par ailleurs, nous nous sommes interrogés sur la prévalence des douleurs relatées par les pratiquants en fonction de l'embout utilisé.

Nous ne constatons aucune différence significative sur la prévalence des douleurs aux mâchoires entre les plongeurs utilisant des embouts du commerce (13,2%) et ceux qui déclarent employer des embouts semi-personnalisés (19,4%).

De la même manière, nous retrouvons la même prévalence des douleurs gingivales entre ces différents dispositifs (2,8%).

	Embout standard	Embout semi-personnalisé	Significativité (p-value)
Douleurs mâchoires	13,2%	19,4%	0,28
Douleurs gencives	2,8%	2,8%	1

Tableau 11: Prévalence des douleurs aux mâchoires et gingivales en fonction du type d'embout.

IV. Discussion

A. Forces de l'étude

1. Pertinence de l'étude

Les patients plongeurs sont des sujets à risques bucco-dentaires, ce qui implique une prise en charge spécifique afin d'éviter les accidents odontologiques en milieu hyperbare. La place de la prévention est essentielle afin que le professionnel de santé puisse identifier le pratiquant au sein de sa patientèle et assurer un dépistage précoce des lésions dentaires pouvant compromettre la sécurité du pratiquant au cours de son activité.

L'étude s'intéresse à une population encore peu étudiée en santé publique bucco-dentaire, dont la pratique sportive de la plongée subaquatique représente un risque majoré d'accidents oro-faciaux spécifiques à cette discipline. Malgré une surveillance régulière réalisée par le Service de Santé des Armées chez les plongeurs militaires, les pratiquants loisirs dans le domaine civil en France n'ont encore jamais fait l'objet d'une enquête sur leur santé bucco-dentaire.

L'évaluation des connaissances des plongeurs en matière de prévention bucco-dentaire représente un indicateur permettant d'améliorer l'information délivrée aux pratiquants et d'identifier la place occupée par le chirurgien-dentiste dans le cadre de cette prévention.

2. Puissance

Le questionnaire a été bien accueilli auprès des plongeurs qui ont participé à l'enquête. Nous avons constaté un réel intérêt des participants pour le sujet qui a suscité une grande curiosité concernant la prévention bucco-dentaire en plongée subaquatique, souvent placée au second plan dans la prophylaxie.

Cet engouement se traduit par l'inclusion de 1015 répondants, ce qui renforce la puissance de l'étude et la fiabilité des résultats obtenus.

3. Diversité de l'échantillon

Les plongeurs ayant participé à l'étude sont répartis de façon homogène sur l'ensemble du territoire français, que ce soit en métropole ou en outre-mer. L'ensemble des catégories d'âge et de sexe est représenté au sein de notre échantillon.

B. Faiblesses de l'étude

1. Type d'étude

Il s'agit d'une étude observationnelle avec des variables qualitatives. Le type d'étude choisi est donc à faible niveau de preuve.

Par conséquent, les conclusions que nous apportons ne peuvent que supposer l'existence de liens entre les facteurs étudiés et les manifestations. Elles se limitent donc à l'établissement d'hypothèses épidémiologiques.

Elles peuvent néanmoins amorcer la mise en place d'un programme de santé publique afin de renforcer la prévention primaire des manifestations odontostomatologiques en plongée subaquatique.

Des investigations plus approfondies au sein de cohortes seraient tout à fait intéressantes afin de nuancer ou de renforcer ces résultats.

2. Double réponse

Le questionnaire en ligne est accessible à l'aide d'une adresse web qui redirige le participant au formulaire, sans limitation.

Le répondant a ainsi la possibilité de répondre à plusieurs reprises au questionnaire. L'anonymat étant respecté dans cette étude, l'investigateur est incapable de pouvoir identifier l'origine des formulaires envoyés.

Par conséquent, la présence de plusieurs réponses émanant d'un seul et même participant peut-être à l'origine de doubles réponses pouvant modifier les résultats de l'enquête.

Néanmoins, l'impact d'une double réponse serait minime étant donné le nombre important de participants inclus dans l'étude.

3. Format du questionnaire

L'enquête se présentant sous la forme d'un questionnaire à choix multiples (QCM), certaines réponses peuvent être orientées par les différentes propositions suggérées au répondant.

L'introduction de réponses ouvertes permet d'élargir les champs de proposition qui s'offrent aux participants, limitant ainsi les restrictions imposées par le QCM.

4. Biais de l'étude

Les objectifs de l'étude n'ont été que partiellement atteints du fait des quelques biais qu'elle présente.

Nous pouvons distinguer notamment :

- **Le biais de sélection**

La participation à l'enquête s'effectuant sur la base du volontariat, il est probable que les répondants correspondent aux plongeurs qui sont davantage concernés par le sujet de l'étude.

Ainsi, les plongeurs ayant déjà vécu une expérience similaire à l'objet de l'enquête sont sensiblement plus favorables à répondre au formulaire proposé.

Par ailleurs, le format en ligne du questionnaire ainsi que les moyens de diffusion employés (réseaux sociaux et mails) impliquent l'accès aux outils numériques. Ceci pourrait mener à la participation plus importante de répondants appartenant à une génération « cyber-connectée », pouvant expliquer une faible représentation des sujets âgés d'au moins 65 ans au sein de l'échantillon.

- **Le biais de mémorisation**

Au cours de l'enquête, le participant est invité à solliciter sa mémoire afin de répondre à certaines questions posées.

Ainsi, il apparaît que les personnes ayant vécu un accident de plongée se souviendront mieux de leur expérience que ceux qui ont subi des manifestations mineures.

5. Confusion entre les questions

Cette notion s'est illustrée pour les questions n°7 et n°11 lorsque nous avons interrogé les participants à propos des consultations dentaires.

Ainsi, nous avons constaté que 481 répondants déclarent avoir déjà consulté leur chirurgien-dentiste dans le cadre de la plongée (question n°11) tandis que 587 plongeurs disent effectuer des contrôles annuels avec ce même professionnel dans le cadre de leur pratique sportive (question n°7).

Ces résultats présentent une certaine incohérence car nous devrions retrouver un nombre de plongeurs réalisant une consultation annuelle chez un chirurgien-dentiste

(question n°7) inférieur ou égal à celui des pratiquants ayant vu au moins une fois leur praticien (question n°11).

Nous supposons qu'une incompréhension s'est installée chez les répondants sur la question n°7 pour laquelle ces derniers pourraient évoquer des consultations dentaires hors du contexte de la plongée, pouvant expliquer cette différence.

Ainsi, nous avons considéré les données de consultations dentaires émanant de la question n°11 davantage fiables car la question se présente plus spécifiquement dans le contexte de la pratique sportive.

C. Analyse critique des résultats

1. Les accidents oro-faciaux en plongée subaquatique

Nous avons pu constater au cours de cette étude que la prévalence des douleurs oro-faciales reste élevée chez les plongeurs. En effet, 812 participants ont déclaré avoir déjà rencontré ces problèmes, ce qui représente 80% de l'échantillon.

Ces complications constituent un réel enjeu pour la sécurité du pratiquant puisqu'elles nécessitent un arrêt immédiat de l'immersion dans près d'un tiers des cas (28,3%).

Si elles sont majoritairement représentées par les douleurs au niveau des oreilles (66,5%) et des sinus (43,8%), les problèmes odontostomatologiques (douleurs et traumatismes) concernent 253 plongeurs, soit près d'un plongeur civil sur quatre (24,9%).

A titre de comparaison, l'étude POP (Problèmes Odontologiques des Plongeurs sous-marins français) publiée en 2015 par Gunepin et al. retient que 12,5% des 1317 plongeurs militaires interrogés présentent ces mêmes manifestations bucco-dentaires [92].

Plus spécifiquement, nous pouvons distinguer parmi les manifestations odontostomatologiques :

• Les barodontalgies

Au cours de notre étude, nous avons recensé 110 plongeurs ayant subi des barodontalgies lors d'une activité subaquatique, soit 10,8% de l'échantillon.

Ces résultats s'inscrivent parmi les données que nous pouvons rencontrer dans la littérature qui rapportent des prévalences allant de 7,3% à 21,6% (tableau 12).

Dans sa revue, Zadik évalue une prévalence moyenne de 11,9% de barodontalgies chez les plongeurs civils et militaires [64].

Concernant le profil des plongeurs, les publications ne révèlent pas de différence entre les plongeurs amateurs ou professionnels dans le domaine civil [93, 94].

	Population étudiée	Taille de l'échantillon	Prévalence Barodontalgies
Taylor et al. 2003 [95]	Plongeurs civils amateurs américains et australiens	709	9,2%
Al-Hajri et al. 2006 [62]	Plongeurs militaires saoudiens et du Koweït	127	17,3%
Jagger et al. 2009 [61]	Plongeurs civils amateurs australiens	125	21,6%
Zanotta et al. 2013 [93]	Plongeurs civils amateurs et professionnels suisses	520	10,2%
Gunepin et al. 2015 [92]	Plongeurs militaires français	1317	7,3%
Enquête 2020	Plongeurs civils français	1015	10,8%

Tableau 12: Prévalence des barodontalgies dans la littérature et dans l'enquête menée chez les plongeurs civils français.

Dans notre étude, nous ne constatons aucune différence statistiquement significative entre les sexes, ce qui rejoint les propos apportés dans l'étude de Jagger et al. et confirmés dans la revue de Zadik [61, 64].

L'analyse des résultats de notre enquête révèle une vraie disparité entre les niveaux des plongeurs. En effet, il apparaît que les plongeurs de niveau 4 rapportent significativement plus de barodontalgies par rapport aux pratiquants de niveaux inférieurs (*Tableau 8*).

Ces constatations peuvent amener à plusieurs hypothèses en lien avec les caractéristiques des plongeurs de haut niveau et l'étiologie des barodontalgies. L'obtention d'un niveau élevé en plongée autorise le pratiquant à descendre à des profondeurs qui sont plus importantes. Les forces de pression à ces profondeurs extrêmes liées à l'action du froid peuvent ainsi expliquer l'augmentation soudaine des barodontalgies chez ces plongeurs.

De plus, la plongée en grande profondeur expose davantage le sportif à la narcose nommée « ivresse des profondeurs ». La pratique dans ces conditions hostiles oblige l'utilisation de mélanges gazeux enrichis en hélium afin d'éviter la narcose. Or, il apparaît que l'hélium présente une action cryogénique pouvant alors créer des sensibilités dentinaires. L'autre hypothèse proposée par Calder et Ramsey soulève que l'hélium présente une très faible viscosité le rendant susceptible de s'emprisonner au sein de cavités dentaires à l'origine de barodontalgies [43].

Ces hypothèses seraient intéressantes à vérifier au sein d'une étude de cohortes sur les barodontalgies en fonction des mélanges gazeux employés et ouvrent de nouvelles perspectives de recherche sur les étiologies de ces manifestations qui sont encore difficilement identifiables à ce jour.

• Les fractures dentaires et/ou de restauration

Les fractures dentaires ou de restauration concernent 47 plongeurs interrogés dans l'étude, ce qui représente 4,6% des répondants de l'échantillon. Elles regroupent alors les fractures provoquées par les barotraumatismes ainsi que par les chocs directs ou indirects.

Dans la littérature, les auteurs rapportent une prévalence de ces fractures qui varie selon les études de 0,8% à 6,3% avec une moyenne qui s'établit à 5,3% (*Tableau 13*) [92].

	Population étudiée	Taille de l'échantillon	Prévalence Fractures
Jagger et al. 2009 [61]	Plongeurs civils amateurs australiens	125	0,8%
Zanotta et al. 2013 [93]	Plongeurs civils amateurs et professionnels suisses	520	6,3%
Gunepin et al. 2015 [92]	Plongeurs militaires français	1317	4,4%
Enquête 2020	Plongeurs civils français	1015	4,6%

Tableau 13: Prévalence des fractures dentaires et/ou de restaurations en plongée dans la littérature et dans l'enquête menée chez les plongeurs civils français.

Par ailleurs, il apparaît dans notre étude que les barotraumatismes dentaires sont deux fois plus fréquents que les fractures dentaires par chocs (3,7% contre 1,9% des plongeurs interrogés). Ceci nous illustre que l'odontocrexie reste rare, mais loin d'être isolée.

Les données collectées s'accordent pour montrer une prévalence significativement plus élevée de ces fractures chez les sujets âgés quelle que soit l'étiologie de ces fractures (*Tableau 7*). La présence de pathologies dentaires sous-jacentes ou de restaurations anciennes et non étanches pourrait expliquer cette fragilité dentaire aux fractures augmentant progressivement avec l'âge du pratiquant.

Plus spécifiquement, les barotraumatismes dentaires semblent davantage concerner les plongeurs expérimentés évoluant dans de grandes profondeurs au même titre que pour les barodontalgies (*Tableau 8*).

L'hypothèse des mélanges gazeux enrichis en hélium employés dans ces explorations serait une piste envisageable compte tenu de sa faible viscosité, favorisant des infiltrations gazeuses au sein des obturations non étanches ou des cavités créées par la carie dentaire [43].

Enfin, les sujets masculins semblent davantage exposés que les femmes aux barotraumatismes (*Tableau 6*).

• Le syndrome buccal

Les douleurs aux mâchoires forment une grande source de problèmes rapportées par 13,4% des plongeurs interrogés. Ces manifestations sont souvent consécutives au port d'un embout intra-buccal inadapté, rendant une position protrusive non physiologique de la mandibule afin d'assurer la préhension du dispositif.

Ces résultats concordent avec les données de la littérature puisque cette prévalence varie de 11,3% à 26% (*Tableau 14*).

	Population étudiée	Taille de l'échantillon	Prévalence Syndrome buccal
Jagger et al. 2009 [61]	Plongeurs civils amateurs australiens	125	16,8%
Zanotta et al. 2013 [93]	Plongeurs civils amateurs et professionnels suisses	520	11,3%
Aldridge et al. 2004 [80]	Plongeurs civils amateurs anglais	63	26%
Enquête 2020	Plongeurs civils français	1015	13,4%

Tableau 14: Prévalence des douleurs aux mâchoires dans la littérature et dans l'enquête menée chez les plongeurs civils français.

Par ailleurs, l'ensemble des publications semblent s'accorder à notre enquête concernant le profil des plongeurs rapportant ces douleurs.

En effet, nous avons constaté que la prévalence était deux fois plus élevée chez les sujets féminins : 18,6% contre 9,6% chez les hommes (*Tableau 6*). Cette tendance est également vérifiée dans les publications de Zanotta et de Jagger qui constatent des douleurs significativement plus élevées chez les femmes [61, 93].

Les pratiquants « jeunes » sont également plus exposés que les plongeurs plus âgés au syndrome buccal (*Tableau 7*), ce qui est également constaté dans l'enquête menée par Jagger [61].

Lorsque nous nous intéressons à l'étude de ces facteurs de risque, nous observons que le profil des plongeurs souffrant d'un syndrome buccal est similaire à celui que nous pouvons retrouver au sein de la population générale concernant les dysfonctions temporo-mandibulaires. En effet, ces dernières affecteraient principalement les femmes avec un pic de fréquence se situant entre 20 et 40 ans avant de décroître après l'âge de 45-50 ans [96]. Ceci pourrait alors expliquer la prévalence nettement plus importante du syndrome buccal retrouvée dans l'étude de Aldridge et al. avec un échantillon composé de sujets âgés entre 11 et 40 ans, davantage prédisposé aux dysfonctions temporo-mandibulaires.

Par conséquent, nous pouvons supposer qu'un réel lien existe entre le syndrome buccal et les patients prédisposés aux dysfonctions temporo-mandibulaires. Sa manifestation en plongée serait ainsi l'expression d'une pathologie sous-jacente de l'articulation temporo-mandibulaire et accentuée par le port d'un embout buccal inadapté.

Cependant, l'étude des douleurs de l'appareil manducateur semble montrer une certaine antinomie concernant l'utilisation des embouts intra-buccaux. En effet, les données ne nous révèlent aucune différence significative des douleurs entre les personnes employant des embouts standards (13,2%) par rapport à ceux qui utilisent des dispositifs semi-personnalisés (19,4%). Dans la même réflexion, nous remarquons que les pratiquants ayant une fréquence de plongée élevée, comme les moniteurs, utilisent plus largement les embouts semi-adaptés sans pour autant constater une prévalence des douleurs aux mâchoires significativement inférieure (*Tableau 7, Tableau 10*).

Ces données sont discordantes avec la littérature qui s'accorde sur une diminution des dysfonctions temporo-mandibulaires chez les plongeurs utilisant des embouts thermoformables.

Cette ambiguïté semble liée à la chronologie rétrospective de notre enquête. En effet, il nous est difficile de savoir si ces douleurs se sont manifestées à une période précédant l'acquisition des embouts semi-personnalisés ou si elles sont survenues en présence de ces équipements. Il est ainsi difficile de conclure dans notre étude de l'impact du type d'embout sur les douleurs des mâchoires.

• Les douleurs gingivales

Les douleurs gingivales représentent des manifestations rares mais récurrentes en plongée subaquatique avec des étiologies variées. Elles apparaissent le plus souvent suite à une irritation des tissus mous par l'embout intra-buccal ne respectant pas l'anatomie du plongeur à l'origine de blessures. Dans des cas plus rares, la présence de poches parodontales constitue des cavités aériques soumises à la loi de dilatation des gaz de Boyle-Mariotte. Elles peuvent alors entraîner des douleurs si l'air ne parvient pas à s'évacuer correctement.

La prévalence des douleurs gingivales relevée dans notre étude est de 2,8%, ce qui reste comparable aux données que nous pouvons trouver dans la littérature.

L'étude menée par Gunepin et al. a en effet montré une fréquence de 0,8% chez les plongeurs militaires français [92].

Dans une autre publication portant sur un échantillon de plongeurs civils, les douleurs des gencives ont concerné 6,5% des personnes interrogées par Zanotta et al. [93].

Malheureusement, aucune précision sur le type d'embouts utilisés par les participants n'a été indiquée dans ces études. Cependant, nous supposons que les plongeurs militaires sont davantage équipés en matériel adapté à l'anatomie buccale du pratiquant, ce qui pourrait ainsi expliquer la prévalence moins importante chez les plongeurs professionnels.

	Population étudiée	Taille de l'échantillon	Prévalence Douleurs gingivales
Zanotta et al. 2013 [93]	Plongeurs civils amateurs et professionnels suisses	520	6,5%
Gunepin et al. 2015 [92]	Plongeurs militaires français	1317	0,8%
Enquête 2020	Plongeurs civils français	1015	2,8%

Tableau 15: Prévalence des douleurs gingivales dans la littérature et dans l'enquête menée chez les plongeurs civils français.

Nous observons dans notre étude que les douleurs gingivales concernent toutes les classes d'âges, sans différence de sexe (*Tableau 6*).

Néanmoins, nous constatons que les douleurs gingivales concernent particulièrement les pratiquants de niveau 4 (*Tableau 8*). Là encore, nous pouvons supposer que la récurrence des frottements et des pressions particulièrement élevées à ces profondeurs peuvent expliquer la majoration de ces douleurs chez ces pratiquants. Par ailleurs, l'utilisation des mélanges gazeux enrichis à l'hélium lors des explorations profondes peut encore soulever l'hypothèse de l'action cryogénique pouvant causer la dessiccation des tissus mous et parodontaux.

Nous remarquons qu'il n'existe aucune différence de prévalence entre les embouts standards et les embouts semi-personnalisés (2,8%). Ceci nous mène à nuancer l'intérêt des embouts semi-personnalisés dans la prévention des douleurs gingivales. En effet, le matériau thermoformable de ces embouts permet d'enregistrer les empreintes dentaires et les surfaces occlusales. L'écran buccal reste standard pouvant laisser persister l'irritation des tissus mous. Ainsi, même si les dispositifs semi-personnalisés ont montré leur efficacité dans la littérature sur le syndrome buccal, des limites peuvent se poser sur leur impact concernant les tissus mous.

La pertinence et la supériorité des embouts personnalisés sur mesure peuvent alors se poser afin d'optimiser la préservation des tissus mous en respectant l'insertion des freins et brides.

Les résultats de cette étude peuvent mettre en évidence que les problèmes odontostomatologiques représentent des phénomènes variés qui concernent une partie non négligeable des plongeurs. Les données que nous avons étudiées s'accordent avec l'ensemble des publications dont nous disposons sur le sujet.

La fréquence de ces accidents bucco-dentaires ainsi que l'existence de facteurs de risque argumentent en faveur d'une prévention justifiée de ces phénomènes chez les plongeurs.

2. Etat des lieux de la prévention bucco-dentaire chez les plongeurs

L'enquête nous révèle que la communauté des plongeurs semble massivement informée des risques bucco-dentaires liés à leur pratique sportive.

Seulement 5,4% des participants interrogés déclarent n'avoir jamais été informés. Parmi eux, 43,6% étaient de niveau 1. Même s'ils sont 83,5% à déclarer posséder des notions de santé bucco-dentaire en plongée, les plongeurs débutants de premier niveau restent significativement moins bien informés. Les classes d'âges extrêmes de notre étude semblent moins bien sensibilisées que les plongeurs d'âges intermédiaires.

A travers cette étude, nous pouvons remarquer que les centres de plongée ont une réelle importance dans cette prévention. En effet, ce sont 9 plongeurs informés sur 10 qui ont reçu l'information au cours de leur formation de plongée en vue de l'obtention de leurs certifications (*Figure 20*).

La qualité de cette information dispensée est globalement jugée de bonne qualité par les participants de l'étude (74,1%). Par ailleurs, elle est évaluée de moins bonne qualité quand elle s'effectue entre plongeurs par rapport aux autres interlocuteurs comme les formateurs, les professionnels de santé ou les médias. Ceci représente un aspect positif du jugement de cette prévention qui est mieux perçue par les pratiquants lorsque celle-ci est délivrée par un professionnel.

Néanmoins, le chirurgien-dentiste et le médecin traitant sont les moins représentés dans cette communication avec respectivement 11,6% et 7,5% des plongeurs informés de ces risques par ces interlocuteurs (*Figure 20*).

Paradoxalement, il apparaît que les plongeurs sont particulièrement observants quant aux visites médicales dans le cadre de la plongée. Des médecins spécifiques aux pratiques sportives en milieu hyperbare ont été également mentionnés, prouvant l'intérêt que portent les pratiquants de sports subaquatiques sur le suivi de leur santé (*Figure 19*).

Cependant, certains signes nous laissent à penser que l'information délivrée aux plongeurs reste partielle. En effet, lorsque nous évoquons le sujet des embouts personnalisés dans le cadre de la prévention du syndrome buccal, seulement 12,9% de l'échantillon ont connaissance de leur existence.

Ceci montre que les risques sont évoqués clairement auprès des plongeurs, mais qu'un défaut d'information persiste lorsqu'il s'agit de connaissances spécifiques concernant les moyens mis à disposition afin de pouvoir les prévenir efficacement. Cette idée se confirme par la qualité de l'information perçue comme insuffisante par près d'un plongeur sur quatre ayant connaissance des risques bucco-dentaires (24,1%), ce qui n'est pas négligeable.

Nous pouvons déduire que les plongeurs sont effectivement informés des risques bucco-dentaires liés à leur pratique. Principalement assurée par les centres de plongée lors des formations, ils constituent le premier maillon de l'information qui est globalement jugée de bonne qualité par les personnes interrogées. Elle est par ailleurs mieux perçue lorsqu'elle est délivrée par un intervenant professionnel. Néanmoins, l'impact des professionnels de santé sur l'information du pratiquant reste faible compte tenu de la mobilisation de ces sportifs dans le cadre du suivi de leur santé.

Il apparaît ainsi que cette information reste incomplète et s'illustre par la méconnaissance d'une majorité de répondants sur les différents moyens préventifs qui sont mis à leur disposition.

C'est en ce sens que peut se poser la question de la place du chirurgien-dentiste dans la délivrance de ces informations spécifiques complémentaires.

3. La place du chirurgien-dentiste

Le rôle du chirurgien-dentiste est essentiel dans le suivi des patients plongeurs. En effet, nous avons vu que les différentes manifestations spécifiques à cette discipline peuvent être facilement évitables par une prévention bucco-dentaire régulière et rigoureuse.

L'efficacité des consultations dentaires prophylactiques a été évoquée dans notre étude par une prévalence des barodontalgies significativement moins importante chez ces plongeurs (*Tableau 9*).

Cependant, nous pouvons constater que les chirurgiens-dentistes ne se trouvent pas suffisamment sollicités par les plongeurs. Au sein des recommandations publiées dans la littérature, il est admis qu'une consultation dentaire est indiquée au moins une fois par an afin d'y réaliser un contrôle clinique et radiographique.

Nous avons ainsi constaté que 52,7% des répondants affirmaient n'avoir jamais consulté de chirurgien-dentiste dans le cadre de la plongée subaquatique. Cette tendance est également vérifiée dans d'autres études comme celle de Zanotta et al. qui indique que seulement 28,2% des plongeurs civils réalisaient une visite de contrôle annuelle chez leur praticien [93]. Au contraire, les plongeurs militaires français étudiés par Gunepin et al. sont 88,5% à déclarer voir un chirurgien-dentiste au moins une fois par an. Ces constatations peuvent soulever l'hypothèse de l'impact positif de ces consultations afin de prévenir les accidents odontostomatologiques. Rappelons que les plongeurs militaires de l'étude POP sont mieux suivis que les plongeurs civils et présentent une prévalence de 12,5% contre 24,9% dans notre échantillon concernant les accidents odontostomatologiques.

Concernant le motif de la consultation dentaire pratiquée, les plongeurs semblent particulièrement sensibilisés puisque 91,9% des répondants qui vont consulter leur chirurgien-dentiste le font dans un cadre préventif (*Figure 22*). Ceci montre que ces sportifs n'attendent pas nécessairement la survenue de l'accident pour voir leur praticien, ce qui implique une démarche personnelle et spontanée.

Ainsi, il semblerait que les plongeurs soient dans un premier temps sensibilisés au sein même de leur communauté, en particulier au cours de leur formation. Cette information primaire donnerait lieu ensuite à une démarche personnelle du sportif à se rendre spontanément chez son praticien pour renforcer l'information. Nous pouvons ainsi distinguer l'existence d'une « information de sensibilisation » qui s'effectue au sein des centres de plongée et qui se poursuit à travers « information préventive » plus spécifique du chirurgien-dentiste en seconde ligne afin de proposer des moyens préventifs et des contrôles réguliers.

Nous avons vu que la consultation dentaire n'était pas déterminante dans l'obtention d'une information de qualité, ce qui confirme que le chirurgien-dentiste ne constituait pas l'unique interlocuteur afin de garantir la bonne qualité de l'information. Néanmoins, nous avons constaté que l'information était largement considérée comme insuffisante chez les participants n'ayant pas eu recours à une consultation dentaire (*Tableau 5*). Ces résultats nous montrent qu'il existe un réel enjeu d'orientation des pratiquants demandeurs d'informations complémentaires auprès des chirurgiens-dentistes. Ainsi, le rôle de ces intervenants « primaires » (clubs et associations) serait tout à fait légitime

dans la motivation des pratiquants de sports subaquatiques à consulter un chirurgien-dentiste pour renforcer les informations en matière de prévention bucco-dentaire.

Le développement d'outils de communication afin d'inciter les pratiquants à consulter un chirurgien-dentiste dans un second temps serait stratégique dans l'accompagnement vers une information préventive par ces praticiens qui ne sont pas assez sollicités. Cette orientation du patient plongeur peut se réaliser à tous les niveaux, que ce soit auprès des clubs et associations mais également au sein des cabinets médicaux du chirurgien-dentiste ou chez le médecin traitant.

Mais qu'en est-il de la qualité des informations prodiguées par ces professionnels ?

Lorsque nous interrogeons les plongeurs sur la conduite des chirurgiens-dentistes vis-à-vis de leur pratique sportive, nous remarquons plusieurs lacunes. En effet, nous relevons que 64,8% des répondants n'ont pas été informés par leur praticien que leur pratique sportive nécessitait des soins spécifiques comme le préconisent les recommandations. Ce constat est également vérifié par la qualité de l'information qui est considérée de bonne qualité auprès de seulement un plongeur sur deux lorsque celle-ci est délivrée par ce même professionnel. De la même manière, l'information concernant l'existence de dispositifs sur mesure n'a été délivrée par un chirurgien-dentiste que dans 10,7% des réponses (*Figure 25*).

Nous pouvons alors aisément constater que l'information semble floue et que les pratiquants ne se sentent pas suffisamment bien informés par les professionnels de la santé bucco-dentaire.

Ces résultats nous mènent alors à supposer une certaine méconnaissance des praticiens dans la prise en charge de leurs patients plongeurs ainsi qu'une difficulté de ces derniers à identifier ces personnes à risques bucco-dentaires.

L'intégration des pratiques sportives au sein du questionnaire médical serait un premier pas dans une démarche de prise en charge préventive, afin d'identifier ces sportifs à risques bucco-dentaires.

Par ailleurs, une meilleure connaissance de cette prise en charge spécifique pourrait se renforcer au cours de la formation initiale et continue du chirurgien-dentiste afin de prodiguer des informations de meilleure qualité auprès de ces patients plongeurs.

Une enquête chez les chirurgiens-dentistes sur la prise en charge de ces sportifs spécifiques serait tout à fait intéressante afin de vérifier cette hypothèse de défaut de formation de ces professionnels en odontologie du sport, et plus spécifiquement dans le cadre de la plongée.

Cette idée a été notamment suggérée par Gunepin et al. qui encourage le développement de la « dentisterie de la plongée » auprès des chirurgiens-dentistes des armées. Démarche qui pourrait s'étendre aux omnipraticiens afin de répondre à cette demande importante chez les plongeurs civils amateurs afin de garantir une prise en charge adaptée de cette population.

V. Conclusions de l'enquête

Au cours de cette étude, nous avons pu constater que les accidents oro-faciaux en plongée sont loin d'être marginaux. Les prévalences que nous avons relevées concordent avec les résultats retrouvés dans la littérature scientifique.

Elle soulève cependant de nombreuses hypothèses sur l'influence de différents facteurs de risque potentiels, ouvrant ainsi de nouvelles perspectives de recherche comme sur l'utilisation de certains mélanges gazeux.

Ces phénomènes justifient la nécessité d'une prophylaxie bucco-dentaire efficace chez les plongeurs afin de prévenir efficacement la survenue de ces accidents spécifiques, nécessaire à une immersion pratiquée en toute sécurité.

L'ensemble des plongeurs semble globalement bien sensibilisé aux risques odontostomatologiques dans le cadre de la plongée subaquatique. L'information primaire émane notamment des centres de plongée et des associations qui possèdent un rôle essentiel de première ligne au sein de cette prévention. Néanmoins, il apparaît que l'information délivrée reste incomplète et que certaines confusions persistent chez les plongeurs concernant les différents moyens préventifs disponibles.

Malgré une observance médicale satisfaisante de ces sportifs, le chirurgien-dentiste se trouve insuffisamment sollicité dans le cadre de la prévention. Et pourtant, son rôle préventif a été clairement soulevé dans la littérature et dans notre étude au sujet des barodontalgies.

Nous pouvons alors distinguer la place des interlocuteurs de première ligne dans un rôle de sensibilisation, et la place du chirurgien-dentiste qui délivre des informations spécifiques à sa spécialité ainsi qu'un suivi préventif adapté au pratiquant (*Figure 29*).

L'enjeu de cette synergie repose notamment sur l'accompagnement des plongeurs entre ces différents intervenants, ce qui implique une motivation du pratiquant afin de compléter les informations en prophylaxie bucco-dentaire.

Cette action doit être menée conjointement entre ces acteurs pour assurer cet accompagnement destiné notamment aux plongeurs débutants.

En effet, il serait alors intéressant de proposer une communication passant notamment par le biais de différents supports (affiches, posters, flyers) en complément de la sensibilisation oralement prodiguée par les moniteurs de plongée.

Par ailleurs, l'intégration des pratiques sportives dans les questionnaires médicaux et un affichage dans les cabinets médicaux seraient stratégiques dans l'identification et la motivation du pratiquant à réaliser un dépistage préventif chez son praticien.

Enfin, il semble que les informations dispensées par ces professionnels soient perfectibles, supposant une formation insuffisante en matière d'odontologie du sport et plus spécifiquement aux activités subaquatiques. Le concept de « dentisterie de la plongée » peut s'appliquer au domaine civil auprès des plongeurs amateurs pour assurer un développement professionnel continu.

Une étude complémentaire serait tout à fait envisageable afin de pouvoir vérifier cette hypothèse et ainsi soulever les problématiques rencontrées par les chirurgiens-dentistes dans ce domaine.

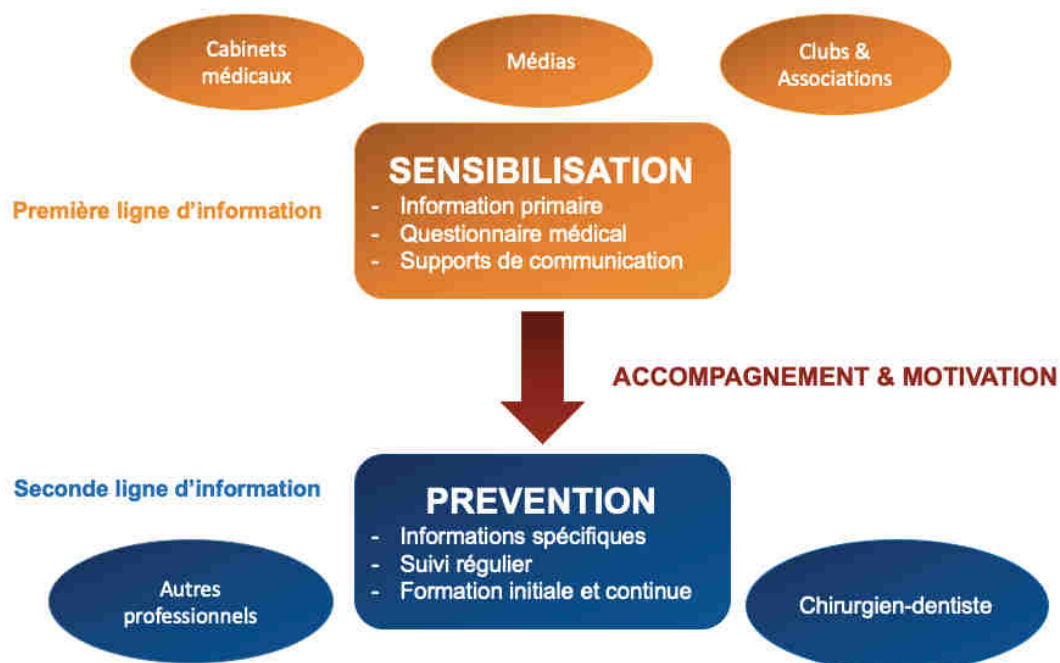


Figure 29: Schéma du parcours préventif du plongeur en prophylaxie bucco-dentaire, selon P-A. Moyaux et D. Offner.

VI. Perspectives

Notre étude a révélé certaines faiblesses concernant la prophylaxie bucco-dentaire chez les plongeurs. Nous avons en effet constaté que ces derniers sont nombreux à connaître l'existence des risques mais qu'ils ne sont pas suffisamment informés sur les moyens mis à leur disposition. La transition entre une information de sensibilisation et une information préventive représente une importance cruciale afin d'accompagner les plongeurs vers des professionnels de santé pouvant répondre à leurs interrogations et à leurs besoins.

Nous avons donc choisi d'agir sur la première ligne d'information (*Figure 29*).

A. Justification de l'affiche préventive

L'enjeu de ce travail est alors de mettre en application un outil pour diriger les pratiquants vers des informations plus spécifiques auprès de leur chirurgien-dentiste.

A cette fin, nous proposons de concevoir un support de communication permettant de renforcer la sensibilisation des plongeurs sur les risques bucco-dentaires mais surtout d'apporter un message motivant ces pratiquants à approfondir la prévention auprès de leur chirurgien-dentiste traitant. L'apport d'une affiche préventive accessible au public semble tout à fait adaptée pour atteindre cet objectif.

Par ailleurs, elle sera fructueuse auprès de ces professionnels de santé afin de faciliter l'identification des patients plongeurs. En effet, ces sportifs pourront aisément déclarer la pratique de leur activité suite à la lecture de cette affiche.

Ainsi, nous constatons que l'affiche préventive représente un outil particulièrement stratégique car elle exerce une double action bénéfique patient-praticien.

B. Conception

L'objectif de notre support de communication est de transmettre un message pédagogique accessible pour un public de tous âges et de tous niveaux. De ce fait, les informations se doivent d'être simples et rapides à interpréter par les lecteurs.

Dans la conception de cette affiche, nous avons favorisé l'utilisation de couleurs vives et lumineuses faisant référence à la plongée telles que le bleu, le jaune et l'orange qui attirent naturellement le regard.

La présence en arrière-plan d'une photographie d'un plongeur effectuant le signe « OK » permet d'écarter tout esprit anxigène du message. En effet, il est important de rassurer le pratiquant dans la transmission des informations afin de favoriser la compréhension sans dramatiser. Le but de cette affiche étant de montrer l'existence de solutions simples pour assurer une plongée sereine et sécurisée.

Dans un premier temps, nous avons choisi d'attirer l'attention du lecteur dès le titre de l'affiche. L'utilisation d'une interrogation directement adressée au plongeur permet de mettre le pratiquant dans le rôle d'acteur principal de sa santé. Cette responsabilisation permet ainsi de renforcer l'implication auprès de la cible que nous avons décidé d'interpeller à travers cette affiche.

L'information débute par un message d'alerte. Il montre au lecteur qu'il appartient à un groupe de sportifs présentant des risques pour sa santé bucco-dentaire.

Nous avons ensuite argumenté nos propos par une énumération des différents accidents bucco-dentaires suivie des solutions apportées par un suivi médical régulier préventif. L'utilisation de pictogrammes permet de faciliter la compréhension des informations et de rendre la lecture agréable auprès de tout public.

Enfin, le message final s'inscrit dans la stratégie employée à travers le titre de l'affiche. En s'adressant directement au lecteur, il invite le pratiquant à échanger avec son chirurgien-dentiste dans le but d'obtenir des informations complémentaires. Il énonce l'objectif recherché par cette affiche : adresser les plongeurs vers une information préventive spécifique auprès des professionnels de la santé bucco-dentaire.

C. Diffusion

Le choix de la réalisation d'une affiche préventive se trouve particulièrement stratégique car elle offre la possibilité d'exploiter de nombreuses plateformes de diffusion afin d'impacter un large public.

Cette communication débiterait dans un premier temps par un affichage dans les clubs et associations de plongeurs. Les moniteurs pourront ainsi exploiter les

informations de ce support et illustrer leurs explications auprès des plongeurs en formation.

Par ailleurs, l’affichage pourrait s’étendre au sein des cabinets dentaires et médicaux. L’objectif étant d’attirer l’attention d’un patient plongeur avant une consultation de routine et de signaler au praticien sa pratique sportive.

En outre, l’extension du message à travers les plateformes numériques paraît tout à fait pertinente, notamment à travers les différents groupes de pratiquants sur les réseaux sociaux. En effet, nous avons constaté une grande mobilisation par ces moyens de partage au cours du recrutement des répondants de notre enquête. Il est ainsi probable qu’un large public puisse être sensibilisé par les messages relayés à l’aide d’une affiche virtuelle.

ACCIDENTS ET PLONGEE

Y avez-vous déjà pensé ?



LES PLONGEURS SONT A RISQUES BUCCO-DENTAIRES



Douleurs dentaires



Perte de couronne



Traumatismes



Troubles masticatoires

**Evitez-les par un suivi
médical régulier**



Dépistage



Embout sur mesure



Conseils

LA MEILLEURE SOLUTION C'EST LA PREVENTION

PARLEZ-EN A VOTRE CHIRURGIEN-DENTISTE



Paul-Alexandre MOYAUX / Dr. Damien OFFNER

Crédit photo: Zav-gsg – stock.adobe.com



Figure 30: Affiche de sensibilisation bucco-dentaire destinée aux plongeurs ;
P-A. Moyaoux et D. Offner.

CONCLUSIONS GENERALES

La conquête des profondeurs a été une source inspirante d'innovations scientifiques durant plusieurs millénaires. Les progrès techniques avec l'évolution du matériel ont permis de repousser les limites de l'être humain à une adaptation toujours plus importante aux conditions sous-marines.

L'encadrement très strict de la plongée subaquatique est justifié par l'existence de nombreux risques pouvant compromettre la sécurité du pratiquant. Ces phénomènes sont notamment dus au comportement des gaz sous l'effet des variations de pression. Dans la majorité des cas, les accidents de plongée sont provoqués en phase de décompression par la dilatation de l'air contenu dans les cavités aériques ou lors de la désaturation des gaz inertes au sein du système vasculaire.

La face et la cavité buccale présentent des structures particulièrement sensibles à ce milieu hostile. Les appareils auditif, sinusien et manducateur sont étroitement liés par leur contiguïté anatomique et leur physiologie nerveuse commune. Les douleurs auditives et sinusiennes prédominent dans leur prévalence malgré leur possible étiologie par des irradiations algiques d'origine dentaire.

Les manifestations odontologiques en plongée sont spécifiquement représentées par les barodontalgies et les barotraumatismes. Elles sont notamment favorisées par l'existence de pathologies dentaires sous-jacentes. Dans un autre registre, l'ensemble des dysfonctions temporo-mandibulaires causées par l'utilisation d'un embout intra-buccal inadapté constituant le syndrome buccal du plongeur reste une source de complications récurrentes chez les pratiquants.

Au cours de notre enquête réalisée auprès des plongeurs civils français, nous avons constaté que ces accidents odontostomatologiques sont loin d'être isolés, confirmant les données retrouvées dans la littérature. Les résultats de cette étude soulèvent plusieurs hypothèses sur l'existence de facteurs de risque potentiels qu'il serait intéressant de développer au cours d'études épidémiologiques à haut niveau de preuve.

En ce sens, l'ensemble des auteurs s'accordent à souligner l'importance de la prophylaxie bucco-dentaire chez les patients plongeurs, considérés à haut risque d'accidents odontostomatologiques. Cette démarche préventive pluridisciplinaire s'inscrit dans le cadre de la consultation dentaire par des dépistages réguliers, la proposition de dispositifs adaptés ainsi que l'application de protocoles thérapeutiques spécifiques aux conditions dysbariques.

Concernant l'analyse du comportement des plongeurs en matière de prophylaxie bucco-dentaire, nous pouvons ainsi identifier plusieurs niveaux d'information.

Tout d'abord, un temps de sensibilisation enseigné principalement par les clubs et les différents médias. Ils ont pour objectif d'initier le pratiquant à la connaissance de ces risques et de le motiver à consulter un professionnel spécialisé.

Dans un second temps, le rôle du chirurgien-dentiste repose sur l'identification des patients plongeurs, la délivrance d'informations préventives spécifiques et la proposition de solutions prophylactiques personnalisées afin de sécuriser la pratique sportive.

Nous constatons une grande mobilisation de la part des formateurs de plongée sur la sensibilisation. Néanmoins, nous relevons que l'information reste partielle chez les pratiquants. Ainsi, nous remarquons qu'il existe une défaillance dès le premier niveau d'information caractérisée par un manque de recours au praticien traitant.

La place du chirurgien-dentiste en tant que second intermédiaire de la prévention se trouve alors compromise par l'absence de relais d'information.

L'enjeu de ce travail est ainsi d'agir à ce premier niveau afin de développer l'accompagnement de ces sportifs vers leur praticien par la conception d'une affiche préventive.

L'objectif recherché est double. D'un côté, ce support permet de renforcer la sensibilisation et d'accompagner les lecteurs vers une démarche spontanée de recours à la prévention auprès des professionnels de santé. Par conséquent, l'affiche préventive s'inscrit dans un cadre pédagogique de responsabilisation du plongeur et d'autonomie en tant qu'acteur principal de sa santé.

Secondairement, elle permet aux professionnels de santé de faciliter l'identification des patients plongeurs dans un contexte d'affichage au sein des cabinets médicaux. La participation du chirurgien-dentiste en tant que premier relais d'information serait alors particulièrement stratégique afin de potentialiser la transition entre ces deux niveaux, sans intermédiaire.

Néanmoins, notre étude révèle la persistance de certaines difficultés de ces praticiens concernant la prise en charge des patients plongeurs dans la deuxième ligne d'information. Une enquête auprès des chirurgiens-dentistes serait une piste de recherche intéressante afin d'évaluer l'état des connaissances de ces professionnels en odontologie du sport appliqué à la plongée subaquatique.



SIGNATURE DES CONCLUSIONS

Thèse en vue du Diplôme d'Etat de Docteur en Chirurgie Dentaire

Nom - prénom de l'impétrant : MOYAUX Paul-Alexandre

Titre de la thèse : Prévention bucco-dentaire et plongée subaquatique: la place du chirurgien-dentiste

Directeur de thèse : Docteur Damien OFFNER

VU

Strasbourg, le :

5 novembre 2020

Le Président du Jury,

Professeur A-M. MUSSET

VU

Strasbourg, le :

19 NOV. 2020

Le Doyen de la Faculté
de Chirurgie Dentaire de Strasbourg,

Professeur C. TADDEI-GROSS

REFERENCES

BIBLIOGRAPHIQUES

- [1] Foster P. La Plongée Sous-Marine: L'adaptation De L'organisme Et Ses Limites. Paris: EDP Sciences ; 2010, 279p.
- [2] Riffaud C. La Grande Aventure Des Hommes Sous La Mer: Du Temps d'Aristote A L'âge Nucléaire. Paris: Michel, 1988, 504p.
- [3] Bailly N, Malamas JP. Encyclopédie De La Plongée (Archéologie, Apnée, Biologie, Droit, Enfants Et Plongée, Histoire, Matériel, Médecine, Océanographie, Photo). Paris: Vigo ; 2004, 422p.
- [4] Coutansais CP. Les Hommes Et La Mer. Paris: CNRS Editions ; 2017, 200p.
- [5] Damon P. Les Plongeurs De L'histoire: Naissance De L'industrie Du Scaphandre Français Au 19e Siècle. Etrechy: Editions BP 236, 91580 ; 2003, 164p.
- [6] Damon P. Le Jouet Scaphandrier Et Son Histoire De Jules Verne A Nos Jours. Saint-Cyr-Sur-Loire: Editions Sutton ; 2005, 96p.
- [7] Michel J. Trois Inventeurs Méconnus. Paris: Editions Musée Joseph-Vaylet ; 1980, 220p.
- [8] Alain FA, Martin-Razi Pierre, Borelli Jacques. Une Histoire De La Plongée Et Des Sports Subaquatiques. Paris: Editions Gap ; 2013, 863p.
- [9] Molle P, Rey P. Nouvelle Plongée Subaquatique Prépare Aux Brevets De Plongeur Jusqu'au Niveau 4. Paris: Amphora ; 2002, 368p.
- [10] Plongée Magazine. Juillet-Août 2010, 2010, P. 9.
- [11] Broussolle B, Meliet JL, Coulange M. Physiologie Et Médecine De La Plongée. Paris: Ellipses ; 2006, 880p.
- [12] Brandt MT. Oral And Maxillofacial Aspects Of Diving Medicine. Military Medicine 2004; 169: 137–141.

- [13] Rouvière H, Delmas A, Delmas V. Anatomie Humaine: Descriptive, Topographique Et Fonctionnelle, Tome I: Tête Et Cou. Paris: Masson ; 2002, 688p.
- [14] Norton NS, Netter FH, Duparc F. Netter Précis D'anatomie Clinique De La Tête Et Du Cou. Paris: Masson ; 2009, 624p.
- [15] Righini C, Debry C, Mondain M. ORL. Paris: Masson ; 2017, 300p.
- [16] De Rotalier P, Conessa C, Talfer S, et Al. Barotraumatismes Sinusiens. EMC - Oto-Rhino-Laryngologie 2004; 1: 232–240.
- [17] Dorkel A. Impact Des Traitements Médicamenteux Utilisés Dans Les Pathologies Sinusiennes Au Cours De La Pratique D'une Activité Subaquatique. Thèse De Médecine. Université De Lorraine ; 2015, 122p.
- [18] Eloy P, Nollevaux M-C, Bertrand B. Physiologie Des Sinus Paranasaux. EMC - Oto-Rhino-Laryngologie 2006; 1: 1–10.
- [19] Cohen S. Cohen's Pathways Of The Pulp. Eleventh Edition. St. Louis, Missouri: Elsevier ; 2016, 928p.
- [20] Simon S, Cooper P, Berdal A, Machtou P, Smith A. J. Biologie Pulpaire: Comprendre Pour Appliquer Au Quotidien. Revue d'Odonto-Stomatologie 2008; 209–235.
- [21] Yu C, Abbott P. An Overview Of The Dental Pulp: Its Functions And Responses To Injury. Australian Dental Journal 2007; 52: S4–S6.
- [22] Vacher C. Anatomie Clinique De l'Articulation Temporo-Mandibulaire. Actual Odonto-Stomatol 2009; 129–133.
- [23] Grenaud JJ, Coulange M. Sécurisez Votre Plongée: Mesures Préventives Et Médecine De Plongée. Paris: Ellipses ; 2008, 400p.

- [24] Barthélémy A, Coulange M. Médecine De Plongée. Science & Sports 2012; 27: 122–130.
- [25] Stewart TW. Common Otolaryngologic Problems Of Flying. Am Fam Physician 1979; 19: 113–119.
- [26] Zadik Y, Drucker S. Diving Dentistry: A Review Of The Dental Implications Of Scuba Diving: Dental Implications Of Scuba Diving. Australian Dental Journal 2011; 56: 265–271.
- [27] Degorordo A, Vallejo-Manzur F, Chanin K, Et Al. Diving Emergencies. Resuscitation. 2003; 59: 171–180.
- [28] Cheshire WP, Ott MC. Headache In Divers. Headache 2001; 41: 235–247.
- [29] Gaudy J-F, Arreto CD. Manuel D'analgésie En Odontostomatologie. Issy-Les-Moulineaux: Masson ; 2005, 175p.
- [30] Sheard PW, Doherty M. Prevalence And Severity Of External Auditory Exostoses In Breath-Hold Divers. J Laryngol Otol 2008; 122: 1162–1167.
- [31] Ito M, Ikeda M. Does Cold Water Truly Promote Diver's Ear? Undersea Hyperb Med 1998; 25: 59–62.
- [32] Azizi MH. Ear Disorders In Scuba Divers. Int J Occup Environ Med 2011; 2: 20–26.
- [33] Karegeannes JC. Incidence Of Bony Outgrowths Of The External Ear Canal In U.S. Navy Divers. Undersea Hyperb Med 1995; 22: 301–306.
- [34] Desforges JF, Melamed Y, Shupak A, Et Al. Medical Problems Associated With Underwater Diving. N Engl J Med 1992; 326: 30–35.
- [35] S. De Maistre, E. Gempp, P. Louge, M. Hugon, J.-É. Blatteau. Conduite A Tenir En Présence De Symptômes ORL Au Décours D'une Plongée. 2015; 43: 69–76.

- [36] d'Andréa C, Méliet J-L, Staikowski F. Paralysies Faciales Périphériques D'origine Dysbarique. *La Presse Médicale* 2008; 37: 643–647.
- [37] Uzun C, Adali MK, Tas A, Et Al. Use Of The Nine-Step Inflation/Deflation Test As A Predictor Of Middle Ear Barotrauma In Sports Scuba Divers. *British Journal Of Audiology* 2000; 34: 153–163.
- [38] Brown M, Jones J, Krohmer J. Pseudoephedrine For The Prevention Of Barotitis Media: A Controlled Clinical Trial In Underwater Divers. *Annals Of Emergency Medicine* 1992; 21: 849–852.
- [39] Singleton GT. Goodhill V. Sudden Deafness And Round Window Rupture. *Laryngoscope* 1997; 107: 577–579.
- [40] Fagan P, Mckenzie B, Edmonds C. Sinus Barotrauma In Divers. *Ann Otol Rhinol Laryngol* 1976; 85: 61–64.
- [41] Uzun C. Paranasal Sinus Barotrauma In Sports Self-Contained Underwater Breathing Apparatus Divers. *J Laryngol Otol* 2009; 123: 80–84.
- [42] Zadik Y. Dental Barotrauma. *Int J Prosthodont* 2009; 22: 354–357.
- [43] Calder IM, Ramsey JD. Ondontecrexis—The Effects Of Rapid Decompression On Restored Teeth. *Journal Of Dentistry* 1983; 11: 318–323.
- [44] Goethe WH, Bäter 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: 491–495.
- [45] 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: 380–382.
- [46] Gunepin M, Derache F, Audoual T. Fracture Of A Sound Tooth In A Pilot Under Hypobaric Conditions. *Aviat Space Environ Med* 2010; 81: 691–693.

- [47] F. Derache, M. Gunepin, Y. Zadik, J.-J. Risso, J.-E. Blatteau. Sport Des Profondeurs : Fractures Dentaires Induites Par Les Variations De Pression. L'information Dentaire. n°22, 30 Mai 2012, p 41-45.
- [48] Peker I, Erten H, Kayaoglu G. Dental Restoration Dislodgment And Fracture During Scuba Diving. The Journal Of The American Dental Association 2009; 140: 1118–1121.
- [49] Shafigh E, Et Al. 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. 2018 ; 8:204-208.
- [50] Zaia A.A., Nakagawa R, De Quadros I, Gomes B.P., Ferraz C.C., Teixeira F.B., Souza-Filho F.J. An In Vitro Evaluation Of Four Materials As Barriers To Coronal Microleakage In Root-Filled Teeth. Int Endod J 2002;35:729– 734.
- [51] Gunepin M, Derache F, Schmid B, Blatteau JE, Risso JJ, Dychter L, Zadik Y. Étude Exploratoire In Vitro De L'impact Des Variations De Pression Sur Les Obturations Coronaires Temporaires Réalisées En Interséance De Traitement Endodontique, Revue d'Odonto Stomatologie, Décembre 2016;45:262-274.
- [52] Stoetzer M, Ruecker M, Koch A. In Vitro Effects Of External Pressure Changes On The Sealing Ability Under Simulated Diving Conditions. ISRN Dentistry 2012; 2012: 1–5.
- [53] Von See C, Rücker M, Koch A, Et Al. The Influence Of Pressure Changes On Endodontically Treated Teeth During Simulated Dives: Root Canal And Diving. International Endodontic Journal 2012; 45: 57–62.
- [54] Gulve MN, Gulve ND. Provisional Crown Dislodgement During Scuba Diving: A Case Of Barotrauma. Case Reports In Dentistry 2013; 2013: 1–4.
- [55] Lyons KM, Rodda JC, Hood JA. Barodontalgia: A Review, And The Influence Of Simulated Diving On Microleakage And On The Retention Of Full Cast Crowns. Mil Med 1999; 164: 221–227.

- [56] Milutinović-Nikolić AD, Medić VB, Vuković ZM. Porosity Of Different Dental Luting Cements. *Dental Materials* 2007; 23: 674–678.
- [57] Gulve MN, Gulve ND. The Effect Of Pressure Changes During Simulated Diving On The Pull Out Strength Of Glass Fiber Posts. *Dent Res J (Isfahan)* 2013; 10: 737–743.
- [58] Sadighpour L, Geramipناه F, Fazel A, Et Al. Effect Of Selected Luting Agents On The Retention Of CAD/CAM Zirconia Crowns Under Cyclic Environmental Pressure. *J Dent (Tehran)* 2018; 15: 97–105.
- [59] Musajo F, Passi P, Girardello GB, Et Al. The Influence Of Environmental Pressure On Retentiveness Of Prosthetic Crowns: An Experimental Study. *Quintessence Int* 1992; 23: 367–369.
- [60] Robichaud R, McNally ME. Barodontalgia As A Differential Diagnosis: Symptoms And Findings. *J Can Dent Assoc* 2005; 71: 39–42.
- [61] Jagger RG, Shah CA, Weerapperuma ID, Et Al. The Prevalence Of Orofacial Pain And Tooth Fracture (Odontocrexia) Associated With SCUBA Diving. *Prim Dent Care* 2009; 16: 75–78.
- [62] Wadha Al-Hajri, Ebtissam Al-Madi. Prevalence Of Barodontalgia Among Pilots And Divers In Saudi Arabia And Kuwait, *Saudi Dental Journal*, Volume 18, No. 3, Septembre - Decembre 2006.
- [63] Pooja S Rajpal, Mandavi Waghmare, SS Pagare, Geeta Sachdev. Dental Barotrauma And Barodontalgia. 2: 3477–3483.
- [64] Zadik Y. Barodontalgia: What Have We Learned In The Past Decade? *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, And Endodontology* 2010; 109: E65–E69.
- [65] Zadik Y. Barodontalgia. *Journal Of Endodontics* 2009; 35: 481–485.

- [66] Ferjentsik E, Aker F. Barodontalgia: A System Of Classification. Mil Med 1982; 147: 299, 303–304.
- [67] Carlson OG, Halverson BA, Triplett RG. Dentin Permeability Under Hyperbaric Conditions As A Possible Cause Of Barodontalgia. Undersea Biomed Res 1983; 10: 23–28.
- [68] Bruy J. Barotraumatismes Et Algies Dentaires Dysbariques. Médecine Et Armées ; 2005, 33,4, p 305-310.
- [69] Verunac JJ. Recurrent Severe Facial Emphysema In A Submariner. The Journal Of The American Dental Association 1973; 87: 1192–1194.
- [70] Lamendin H. Odontologie Du Sport. Rueil-Malmaison: Éditions Cdp ; 2004, 123p.
- [71] Shetty K. P, Satish S. V, Rao K. ; Bhargavi PA. Barodontalgia - A Review , Endodontology; 4 Juin 2018. 30: 156–160.
- [72] Gunepin M, Derache F, Zadik Y, Risso JJ, Blatteau JE, Hugon M, Rivière D. Prise En Charge Buccodentaire Des Plongeurs Sous-Marins. Importance Du Concept De « Dentisterie De La Plongée », Encyclopédie Médico-Chirurgicale, Volume 8, n°5, Octobre 2013.
- [73] Kollmann W. Incidence And Possible Causes Of Dental Pain During Simulated High Altitude Flights. Journal Of Endodontics 1993; 19: 154–159.
- [74] Lobbezoo F, Van Wijk AJ, Klingler MC, Et Al. Predictors For The Development Of Temporomandibular Disorders In Scuba Divers. J Oral Rehabil 2014; 41: 573–580.
- [75] Balestra C. Scuba Diving Can Induce Stress Of The Temporomandibular Joint Leading To Headache. British Journal Of Sports Medicine 2004; 38: 102–102.
- [76] 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: 219–224.

[77] Gunepin M, Derache F, Risso JJ, Blatteau JE, Hugon M. Le Syndrome Buccal De La Plongée Sous-Marine: Etiologie Et Prévention, L'Information Dentaire. 2013, p. 28–31.

[78] Pinto OF. Temporomandibular Joint Problems In Underwater Activities. The Journal Of Prosthetic Dentistry 1966; 16: 772–781.

[79] Koob A, Ohlmann B, Gabbert O, Et Al. Temporomandibular Disorders In Association With Scuba Diving: Clinical Journal Of Sport Medicine 2005; 15: 359–363.

[80] Aldridge RD. Prevalence Of Temporomandibular Dysfunction In A Group Of Scuba Divers. British Journal Of Sports Medicine 2004; 38: 69–73.

[81] Öztürk Ö, Tek M, Seven H. Temporomandibular Disorders In Scuba Divers -An Increased Risk During Diving Certification Training: Journal Of Craniofacial Surgery 2012; 23: 1825–1829.

[82] Gunepin M, Zadik Y, Derache F, Et Al. Non-Barotraumatic Tooth Fracture During Scuba Diving. Aviation, Space, And Environmental Medicine 2013; 84: 630–632.

[83] Scheper WA, Lobbezoo F, Eijkman M A. J. Oral Problems In Divers. Ned Tijdschr Tandheelkd 2005; 112: 168–172.

[84] Scholtanus JD. Gingiva Damaged By Ill-Fitting Scuba-Diving Mouthpiece. Ned Tijdschr Tandheelkd 2003; 110: 403–405.

[85] Potasman I, Pick N. Primary Herpes Labialis Acquired During Scuba Diving Course. J Travel Med 1997; 4: 144–145.

[86] Mack PJ, Hobson RS, Astell J. Dental Factors In Scuba Mouthpiece Design. Br Dent J 1985; 158: 141–142.

- [87] Goldstein GR, Katz W. Divers Mouth Syndrome. N Y State Dent J 1982; 48: 523–525.
- [88] Hobson RS, Newton JP. Dental Evaluation Of Scuba Diving Mouthpieces Using A Subject Assessment Index And Radiological Analysis Of Jaw Position. Br J Sports Med 2001; 35: 84–88.
- [89] Ingervall B, Warfvinge J. Activity Of Oro-Facial Musculature During Use Of Mouthpieces For Diving. J Oral Rehabil 1978; 5: 269–277.
- [90] Hirose T, Gonda T, Maeda Y. Clinical Application Of Newly Developed Custom-Made Mouthpiece For Scuba Diving. Int J Prosthodont 2017; 30: 487–489.
- [91] Jones CM, Graham J. Underwater Orthodontics. British Journal Of Orthodontics 1990; 17: 325–328.
- [92] Gunepin M, Derache F, Zadik Y, Blatteau JE, Risso JJ, Hugon M. Problèmes Odontologiques Des Plongeurs Sous-Marins Militaires Français: Résultats De L'étude POP. Médecine Et Armées, 43, 1, 2015; 111–118.
- [93] 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) : 510-19.
- [94] Von See C, Rücker M, Gellrich N C. Barodontalgia Etiology, Diagnosis And Treatment Considerations. Endodontie 19: 43–48 (2010).
- [95] Taylor Dmcd, O'Toole KS, Ryan CM. Experienced Scuba Divers In Australia And The United States Suffer Considerable Injury And Morbidity. Wilderness & Environmental Medicine 2003; 14: 83–88.
- [96] Bueno CH, Pereira DD, Pattussi MP, Et Al. Gender Differences In Temporomandibular Disorders In Adult Populational Studies: A Systematic Review And Meta-Analysis. J Oral Rehabil 2018; 45: 720–729.

ANNEXE

QUESTIONNAIRE RELATIF A LA SANTE BUCCO-DENTAIRE DES PLONGEURS EN FRANCE

Madame, Monsieur Bonjour,

J'ai l'honneur de solliciter votre aide pour mon projet de thèse de docteur en chirurgie-dentaire.

Etant moi-même plongeur, il me tenait particulièrement à cœur de concevoir une enquête destinée à améliorer les connaissances bucco-dentaires liées à notre pratique sportive, et par conséquent d'établir une prévention efficace.

L'objectif de ce travail est ainsi de mettre en place un outil de prévention accessible à tous, afin d'effectuer une plongée en toute sécurité.

A cette fin, je serais heureux de votre contribution au questionnaire, et ce, quelle que soit vos connaissances sur le sujet.

Vous avez également la possibilité de répondre à l'aide du QR code à scanner ci-dessus à l'aide de votre smartphone.

L'anonymat de vos réponses est garanti par le mode de fonctionnement du questionnaire et ce dernier ne vous prendra que 2 minutes.

J'aurai naturellement le plaisir d'adresser mes résultats ainsi que l'outil préventif aux participants qui le souhaiteraient en inscrivant votre adresse e-mail à la fin du questionnaire ou par le biais du club dans lequel vous pratiquez votre activité.

En vous remerciant de votre participation,

Paul-Alexandre MOYAUX

1. Vous êtes :

- ☐ Un homme
- ☐ Une femme

2. Quel âge avez-vous ?

- ☐ Entre 18 et 34 ans
- ☐ Entre 35 et 49 ans
- ☐ Entre 50 et 64 ans
- ☐ 65 ans et plus

3. Quelle est votre formation en plongée subaquatique ?

- ☐ FFESSM
- ☐ PADI
- ☐ SSI
- ☐ SDI
- ☐ TDI
- ☐ Autre :

4. Quel est votre dernier niveau acquis ?

- ☐ Niveau 1 FFESSM ou équivalent
- ☐ Niveau 2 FFESSM ou équivalent
- ☐ Niveau 3 FFESSM ou équivalent
- ☐ Niveau 4 FFESSM ou équivalent
- ☐ Autre :

5. Etes-vous inscrit au sein d'un club associatif de plongée ?

- ☐ Oui
- ☐ Non

6. Combien de plongées avez-vous effectué ?

- ☐ Entre 1 et 20
- ☐ Entre 21 et 40
- ☐ Entre 41 et 60
- ☐ Entre 61 et 80
- ☐ Plus de 80

7. Dans le cadre de votre activité de plongée, vous allez consulter au moins une fois par an :

- ☐ Votre médecin traitant
- ☐ Un médecin ORL
- ☐ Un chirurgien-dentiste
- ☐ Un kinésithérapeute
- ☐ Un médecin du sport
- ☐ Aucun
- ☐ Autre :

8. Avant de répondre à cette enquête, aviez-vous été informé de l'existence de risques bucco-dentaires liés à la pratique de la plongée subaquatique ?

- ☐ Oui
- ☐ Non

9. Si oui à la question 8, dans quelles circonstances en avez-vous pris connaissance ?

- ☐ Au cours de la formation en centre de plongée ou d'un club formateur
- ☐ Entre plongeurs
- ☐ Par votre médecin traitant
- ☐ Par votre chirurgien-dentiste traitant
- ☐ Dans la documentation (littérature, médias)
- ☐ Je ne m'en souviens plus
- ☐ Autre :

10. Si oui à la question 8, comment jugez-vous l'information que vous avez à votre disposition ?

- ☐ Insuffisante
- ☐ Bonne
- ☐ Trop détaillée
- ☐ Sans avis

11. Avez-vous déjà consulté un chirurgien-dentiste dans le cadre de la plongée ?

- ☐ Oui
- ☐ Non

12. Si oui à la question 11, dans quelles circonstances ?

- ☐ Prévention
- ☐ Douleurs survenues au cours de la plongée
- ☐ Accident de plongée
- ☐ Autre :

13. Avez-vous été informé par votre chirurgien-dentiste que votre activité implique des soins bucco-dentaires adaptés à la plongée ?

- ☐ Oui
- ☐ Non

14. Au cours d'une plongée, avez-vous déjà ressenti des douleurs au niveau :

- ☐ Des sinus
- ☐ Des oreilles
- ☐ Dentaire
- ☐ Des gencives
- ☐ Des mâchoires (crispations musculaires, douleurs articulaires)
- ☐ Je n'ai jamais eu de douleur
- ☐ Autre :

15. Si oui, ces douleurs ont-elles entraîné un arrêt anticipé de la plongée en cours ?

- ☐ Oui
- ☐ Non

16. Au cours d'une plongée, avez-vous déjà subi une fracture dentaire ou de restauration dentaire (amalgame, couronne, résine-composite) suite à un choc ?

- ☐ Oui
- ☐ Non

17. Au cours d'une plongée, avez-vous déjà subi une fracture dentaire ou de restauration dentaire sans choc (barotraumatisme dentaire) ?

- ☐ Oui
- ☐ Non

18. Quel type d'embout utilisez-vous ?

- ☐ Standard, fourni avec le détendeur
- ☐ Adaptable à l'aide d'une source de chaleur, acheté dans le commerce
- ☐ Personnalisé, réalisé par un professionnel de santé bucco-dentaire

19. Connaissez-vous l'existence des embouts sur mesure réalisés par un professionnel de santé (chirurgien-dentiste / stomatologue) ?

- ☐ Oui
- ☐ Non

20. Si oui à la question 19, dans quelles circonstances en avez-vous pris connaissance ?

- ☐ Par un chirurgien-dentiste
- ☐ Par un moniteur de plongée
- ☐ Entre plongeurs
- ☐ Dans la documentation
- ☐ Je ne m'en souviens plus
- ☐ Autre :

MOYAUX (Paul-Alexandre) – Santé bucco-dentaire et plongée subaquatique : la place du chirurgien-dentiste
(Thèse : 3^{ème} cycle Sci odontol : Strasbourg : 2021 : N°2)
N°43.22.21.02

Résumé :

La pratique de la plongée subaquatique est une activité en plein essor, comptant aujourd'hui près de 360 000 pratiquants réguliers en France. L'engouement pour cette discipline est cependant à mettre en rapport avec les nombreux risques sur la santé qu'elle implique, notamment sur le plan bucco-dentaire.

En effet, les variations de pression ainsi que le port d'un matériel intrabuccal inadapté représentent des risques au niveau des structures odontostomatologiques qui peuvent nuire à la sécurité de la plongée et du plongeur. Ainsi donc, les plongeurs représentent une population à risques bucco-dentaires.

Malgré un nombre croissant d'accidents bucco-dentaires dans le cadre de cette pratique relaté dans la littérature, la prévention reste encore floue, et l'information auprès des patients-plongeurs encore très négligée.

L'objet de ce travail de thèse consistera à réaliser une analyse synthétique de la littérature quant à l'épidémiologie des complications bucco-dentaires liées à la pratique de la plongée subaquatique, ainsi qu'à la prévention de ces accidents en plongée et leur prise en charge. Nous allons tout d'abord mettre en évidence l'ensemble des phénomènes physiques et biologiques relatif à la sphère orale en plongée subaquatique, puis nous évoquerons les différents risques sur les structures odontostomatologiques ainsi que leur prise en charge odontologique. L'accent sera particulièrement mis sur la place du chirurgien-dentiste lors de l'identification des sujets à risques, ainsi que son rôle dans le cadre d'une prévention pluridisciplinaire efficace de ces accidents. Ce travail aboutira enfin à l'élaboration d'un outil de prévention adapté afin d'informer les plongeurs sur ces phénomènes.

Rubrique de classement : Odontologie du sport

Mots clés : Plongée subaquatique, Barotraumatisme dentaire, Barodontalgie, Syndrome buccal, Prévention bucco-dentaire, Epidémiologie.

Me SH : Underwater diving, Dental barotrauma, Barodontalgia, Mouth syndrom, Oral prevention, Epidemiology.

Jury :

Président : Professeur Anne-Marie MUSSET

Assesseurs : Professeur François CLAUSS
Docteur Florence FIORETTI
Docteur Damien OFFNER

Coordonnées de l'auteur :

Paul-Alexandre MOYAUX
3 rue Claus Sluter
21850 SAINT-APOLLINAIRE
Adresse de messagerie : pa.moyaux@gmail.com