

UNIVERSITE TOULOUSE III PAUL SABATIER

FACULTE DES SCIENCES PHARMACEUTIQUES

ANNEE : 2014

THESES 2014 TOU3 2049

THESE

POUR LE DIPLOME D'ETAT DE DOCTEUR EN PHARMACIE

Présentée et soutenue publiquement
par

Camille COMET

L'AUTOMEDICATION DU PLONGEUR SOUS-MARIN :
META-ANALYSE DE LA CONSOMMATION ET DEVENIR DU MEDICAMENT

Le 13 Juin 2014

Directeur de thèse : Sophie CAZALBOU

JURY

Madame le Docteur Sophie CAZALBOU
Monsieur le Docteur Marc DRAPEAU
Madame le Docteur Vannina PEYRE
Monsieur le Docteur André FORTIS

Président
Assesseur
Assesseur
Assesseur

Au Président du Jury

Madame le Docteur Sophie Cazalbou,

Maitre de conférences à l'Université Paul Sabatier,

Vous me faites l'honneur de présider ce jury de thèse,

Vous m'avez également guidée dans mon travail grâce à vos conseils et votre esprit critique. Pour votre disponibilité et votre bienveillance, veuillez trouver ici le témoignage de ma profonde reconnaissance et de mes sincères remerciements.

Monsieur le Docteur Marc Drapeau,

Médecin fédéral et suppléant de la Commission Médicale et de Prévention de la FFESSM,

C'est un honneur pour moi de vous compter parmi les membres de ce jury.

Soyez assurés de ma profonde reconnaissance pour l'intérêt et la considération que vous portez à ce travail.

Madame le Docteur Vannina Peyre,

Docteur en Pharmacie,

C'est un réel plaisir et un honneur de t'avoir parmi les membres de mon jury de thèse, autour d'un sujet qui te passionne et que j'ai découvert grâce à Philippe et à toi. Recevez l'expression de ma sincère reconnaissance.

Monsieur le Docteur André Fortis,

Médecin fédéral,

Je suis honorée par votre présence dans ce jury de soutenance, et je vous en remercie.

Soyez assurés de ma profonde reconnaissance pour l'intérêt et la considération que vous portez à ce travail.

Il ne m'est pas possible de remercier ici toutes les personnes qui m'ont aidée, soutenue et conseillée au cours de l'élaboration de ce travail, ainsi que tous ceux qui me sont chers. Je me contenterai donc de citer quelques personnes à qui je suis particulièrement redevable.

Un grand merci

A tous ceux qui m'ont apporté leur aide, et qui m'ont permis de mener à son terme cette thèse qui me tenait tant à cœur,

Au Docteur Mathieu Coulange,

Chef du service de Médecine Subaquatique et Hyperbare des Hôpitaux de Marseille,
Vos travaux sont une référence dans le domaine de la médecine de plongée.
Votre intérêt pour ce travail a été un grand honneur pour moi. J'espère qu'il est à la hauteur de vos attentes.

A Mme Mélanie White-Koning,

Pour vos conseils sur le traitement statistique des données de mon étude.

Au Docteur Sarah SPITERI STAINES,

Qui en plus de m'avoir tant appris pendant mon stage à Malte, a amorcé les rencontres qui ont compté.

Au Docteur Tamsin PACE,

Pour avoir accepté de me rencontrer et m'avoir fourni ses travaux.

Aux auteurs d'études et médecins, qui ont répondu à mes questions.

A Patricia, pour ta précieuse relecture, et pour m'avoir présenté Némó.

A mes parents, à ma sœur Clémence, à ma tatie-marraine, à Michel, à ma grand-mère Marcelle et à mon grand-père Henry qui me manque, à mes grands-parents Marinette et Raymond

Je vous remercie pour votre soutien et votre patience tout au long de ces années d'études, pour la confiance que vous avez toujours su me témoigner, pour vos encouragements, votre affection et votre réconfort.

Clémence, je te souhaite le meilleur.

A Antoine,

Un grand merci pour ton soutien et pour le bonheur que tu m'apportes. Comme disait « ce bon vieux Confucius », il y a deux types de personnes dans le monde, toi et tous les autres.

A Etienne,

Entre la famille et les amis, c'est la bonne place pour notre relation unique et irremplaçable. J'espère t'avoir toujours à mes côtés.

A mes amis

Il est difficile de vous remercier tous ou de n'en citer que certains. J'ai néanmoins une pensée particulière pour Vanessa, Mathilde, Karine, Vincent, Benoit, Eve ... qui êtes là depuis si longtemps ;

Pour Anne, Elsa, Cécile, Leslie, Clément, Pierre, Pauline, Gautier, Jeremy, Paul, Camille, Emmanuel, Fanny, Benjamin ... avec qui j'ai partagé mes années d'étude, et tant d'autres choses.

A un moment ou un autre vous avez profondément marqué ma vie, que notre amitié dure toujours.

A ceux qui ont permis mon parcours subaquatique, déjà riche et merveilleux, et que j'espère long et encore plus beau

A mes formateurs et tous mes partenaires de plongée, qui m'ont transmis leurs connaissances et leur passion.

« LE COMMENCEMENT DE TOUTES LES SCIENCES,
C'EST L'ETONNEMENT DE CE QUE LES CHOSES
SONT CE QU'ELLES SONT. »

ARISTOTE

TABLE DES MATIERES

<u>TABLE DES ILLUSTRATIONS.....</u>	10
<u>TABLE DES ABREVIATIONS</u>	12
<u>INTRODUCTION</u>	14
<u>I. LE PLONGEUR SOUS-MARIN</u>	17
I.1. L'ENVIRONNEMENT DU PLONGEUR	19
I.1.1. LOIS PHYSIQUES.....	19
I.1.2. GESTION DE LA DESATURATION.....	28
I.1.3. LE MILIEU AQUATIQUE	30
I.1.4. INTERACTION AVEC LA FAUNE	32
I.2. PHYSIOLOGIE ET SPECIFICITES LIEES A LA PLONGEE	34
I.2.1. MODIFICATIONS PHYSIOLOGIQUES EN PLONGEE	34
I.2.2. LES ACCIDENTS DE PLONGEE	41
I.3. DEPASSER LES LIMITES : LA PLONGEE TECHNIQUE.....	65
I.3.1. LA PLONGEE A L'AIR.....	65
I.3.2. LA PLONGEE TECHNIQUE ET LES MELANGES GAZEUX	66
I.4. L'APTITUDE A PLONGER.....	70

<u>II. L'AUTOMEDICATION DU PLONGEUR SOUS-MARIN</u>	73
II.1. L'AUTOMEDICATION	74
II.1.1. DEFINITION ET CONTEXTE DE L'AUTOMEDICATION	75
II.1.2. AUTOMEDICATION ET DOPAGE	82
II.2. ETAT DES LIEUX DE LA CONSOMMATION	85
II.2.1. ENQUETES RETROSPECTIVES : LA CONSOMMATION DE MEDICAMENTS	85
II.2.2. ENQUETE PROSPECTIVE : L'IMPREGNATION MEDICAMENTEUSE	104
II.3. ANALYSE, COMPORTEMENTS ET PRATIQUES	107
II.3.1 PRISE MEDICAMENTEUSE A DES FINS CURATIVES	108
II.3.2. PRISE MEDICAMENTEUSE A DES FINS PREVENTIVES.....	111
II.3.3. ANALYSE DE LA PRISE MEDICAMENTEUSE EN PLONGEE	119
<u>III. MEDICAMENT ET PLONGEE</u>	121
III.1. PHARMACOLOGIE CHEZ LE PLONGEUR SOUS-MARIN	122
III.1.1. PHARMACOCINETIQUE ET PLONGEE SOUS-MARINE.....	127
III.1.2. PHARMACODYNAMIE ET PLONGEE SOUS-MARINE.....	132
III.1.3. EXEMPLE DE MEDICAMENTS ETUDIES EN CONDITIONS HYPERBARE	138
III.2. MEDICAMENTS	141
III.2.1. MEDICAMENTS CONSEILS	141
III.2.2. MEDICAMENTS LISTES	147
III.2.3. ALCOOLS ET TOXIQUES.....	154
III.3. DISCUSSION ET RECOMMANDATIONS	158
III.3.1. ETAT DES LIEUX DES CONNAISSANCES ET PERSPECTIVES.....	158
III.3.2. CHOIX DES MEDICAMENTS EN PLONGEE	162
III.3.3. CONSEILS A L'USAGE DES PLONGEURS.....	163

CONCLUSION	164
ANNEXES	167
LISTE DES ANNEXES	168
BIBLIOGRAPHIE	176

TABLE DES ILLUSTRATIONS

Figure 1 : Variations de pression en fonction de la profondeur.....	19
Figure 2 : La poussée d'Archimède	20
Figure 3 : La flottabilité	21
Figure 4 : Illustration de la loi de Boyle-Mariotte.....	23
Figure 5 : La loi de Henry	25
Figure 6 : Une manifestation bien connue de la loi de Henry : la désaturation d'un gaz à l'ouverture d'une bouteille de boisson gazeuse	27
Figure 7 : Cascade des effets de l'immersion sur l'équilibre hémodynamique et le bilan hydrique	35
Figure 8 : l'équilibrage des oreilles	37
Figure 9 : L'obstruction de la trompe d'Eustache.....	38
Figure 10 : Exemple d'un profil de plongée	41
Figure 11 : Les organes soumis aux barotraumatismes	44
Figure 12 : L'oreille	45
Figure 13 : Les sinus	46
Figure 14 : La composition de l'air.....	49
Figure 15 : Profondeur d'apparition de la narcose a l'azote.....	50
Figure 16 : Les signes cliniques de la narcose à l'azote.....	51
Figure 17 : Le cercle vicieux de l'essoufflement	52
Figure 18 : La désaturation et l'accident de décompression.....	55
Figure 19 : La localisation des accidents de désaturation	56
Figure 20 : Dépasser les limites de la plongée a l'air : les mélanges.....	65
Figure 21 : Exemple de mélanges Nitrox.....	67
Figure 22 : L'équipement de plongeurs trimix.....	68

Figure 23 : Médicaments consommés en France	79
Figure 24 : L'information du consommateur, baromètre AFIPA 2013	81
Figure 25 : Imprégnation médicamenteuse des 320 plongeurs hospitalisés pour accident de plongée	104
Figure 26 : Répartition des substances retrouvées chez les 196 plongeurs.....	105
Figure 27 : Physiopathologie de la naupathie.....	109
Figure 28 : Le nasopharynx et les cavités nasales entrent en communication avec les différents sinus de la face et avec les trompes d'eustache	112
Figure 29 : Rôle des plaquettes dans l'accident de décompression	115
Figure 30 : Schéma physiopathologique de la maladie de décompression	116
Figure 31 : Les principales modifications environnementales en plongée	123
Figure 32 : Le devenir du médicament dans l'organisme	124
Figure 33 : Variables pharmacocinétiques chez un plongeur sous-marin	125
Figure 34 : Le blood shift	128
Figure 35 : Pharmacocinétique et pharmacodynamie	132
Figure 36 : Effets physiologiques du froid sur l'organisme.....	133
Figure 37 : Système nerveux et risques en plongée.....	137
Figure 38 : Un patch de Scopoderm.....	144

TABLE DES ABREVIATIONS

ADME : Absorption, distribution, métabolisation, élimination

AINS : Anti inflammatoire non stéroïdiens

AMA : Agence mondiale antidopage

ADD : Accident de décompression

ADH : hormone anti-diurétique

AFIPA : Association française de l'industrie pharmaceutique pour une automédication responsable

AFSSAPS : Agence Française de Sécurité Sanitaire des Produits de Santé, devenu en 2011 l'ANSM.

AMM : Autorisation de mise sur le marché

ANSM : Agence nationale de sécurité du médicament et des produits de santé

ATM : Atmosphère normale = 1 bar

CROSS-MED : Centre Régional Opérationnel de Surveillance et de Sauvetage en Méditerranée

CSP : Code de la Santé Publique

FFESSM : Fédération Française d'Etudes et de Sports Sous-Marins

FOP : Foramen ovale perméable

MPa : mégapascal, 1 MPa = 10^6 Pa

OHB : Oxygénothérapie hyperbare

OMS : Organisation mondiale de la Santé

ORL : Oto-Rhino-Laryngologie

OTC : Over the counter

Pi : Pression partielle inspirée.

PMF : Prescription médicale facultative

Pp : Pression partielle

INTRODUCTION

Pourquoi plonger ?

La beauté du monde sous-marin, la rencontre avec les résidents des mers, le frisson de l'aventure, l'impression de faire corps avec le milieu, le plaisir d'évoluer en apesanteur, la liberté, la sérénité et le silence ...

Chaque plongeur a une opinion différente sur la question tant les sensations sont nombreuses.

Une étude réalisée en 2004 pour le Ministère de la Jeunesse, des Sports et de la Vie Associative estimait à 273 000 le nombre de plongeurs de nationalité française qui exercent les diverses activités de la plongée exploration en scaphandre. La tendance de l'évolution du nombre de plongeurs est, depuis, à la hausse. [1]

Un environnement extraordinaire

Un environnement entièrement nouveau s'ouvre devant ceux qui pénètrent dans l'océan. Pour évoluer dans l'eau, l'Homme doit surmonter deux propriétés du milieu aquatique : la pression et l'absence d'air.

L'eau est 800 fois plus dense que l'air. Ainsi, lorsque l'on descend sous le niveau de la mer, la pression croît très rapidement. L'Homme, constitué de solides (muscles, organes, os ...), de liquides (sang, lymphe ...) mais aussi d'espaces creux remplis d'air, doit s'adapter à cette force.

A la différence des poissons, nous sommes incapables d'extraire de l'oxygène, indispensable à notre survie. La capacité d'apnée des humains est très limitée et très inférieure à celle de nos cousins mammifères marins.

Malgré l'irrésistible attrait de la mer, le corps humain est médiocrement adapté pour l'immersion profonde et prolongée. L'intérêt de la plongée avec bouteille est d'en

profiter sans besoin de remonter à la surface pour respirer. Les équipements et les techniques modernes repoussent toujours plus loin les frontières d'un monde qui défie l'imagination. [2]

La pharmacologie sous-marine : une discipline à inventer ?

La médecine de la plongée s'intéresse aux réactions physiologiques et physiopathologiques de l'organisme aux changements des conditions physiques de l'environnement, à l'instar de la médecine astronautique. La plongée présente des risques potentiels comme les barotraumatismes, la toxicité des gaz et les accidents de désaturation (ADD).

Parmi les facteurs de risques existants, la consommation de principes actifs, qu'il s'agisse de médicament, d'alcool ou de drogue récréative, ne peut être négligée. Un effet bénin à la surface peut devenir fatal sous l'eau.

Nous avons tenté de dresser un état des lieux des pratiques d'automédication parmi la population des plongeurs en scaphandre autonome. Pour cela, nous avons réalisé la méta-analyse de quatre enquêtes menées auprès de plongeurs de quatre pays : la France, le Royaume-Uni, l'Australie et les Etats-Unis. Nous nous sommes également attachés à comprendre les motivations de ce recours à l'automédication.

Nous avons ensuite présenté une revue des études et expériences qui ont été réalisées afin de comprendre le devenir du médicament, et ses effets sur l'organisme lorsque celui-ci se trouve dans les conditions d'une plongée.

L'objectif de ce travail est de présenter et d'évaluer les connaissances actuelles de l'impact du médicament sur le plongeur sous-marin.

1

**Le plongeur
sous-marin**

Cette première partie a pour objectif d'appréhender l'univers particulier dans lequel le plongeur évolue, ainsi que ses conséquences physiologiques et physiopathologiques.

La plongée en scaphandre autonome offre une complète liberté et mobilité pour observer la faune et la flore, ainsi que les fonds sous-marins. Cependant, la capacité d'un humain à rester sous l'eau est physiologiquement très limitée, en raison des pressions et surtout des modifications de pressions auxquelles il est soumis. La compréhension de ces limites permet de les repousser, dans une plus grande sécurité.

La plongée en scaphandre autonome est une activité physiologiquement contraignante. La visite médicale a pour but de limiter la contrainte au seuil de risque grave, en décelant les contre-indications, absolues ou relatives.

I.1. L'ENVIRONNEMENT DU PLONGEUR

I.1.1. LOIS PHYSIQUES

Le plongeur est exposé à des changements de pression conséquents. L'eau est plus dense que l'air, ce qui entraîne des changements de pression ambiante bien plus importants avec la profondeur qu'avec l'altitude. Pour réduire la pression ambiante atmosphérique de 0.5 bar, il faut se placer à 5486m d'altitude.

La pression hydrostatique varie de 1 bar tous les 10 mètres. Un plongeur a besoin de descendre à seulement 5m de profondeur pour expérimenter une augmentation de pression de 0.5 bar. A 40m, le corps est soumis à une pression cinq fois supérieure à la pression atmosphérique

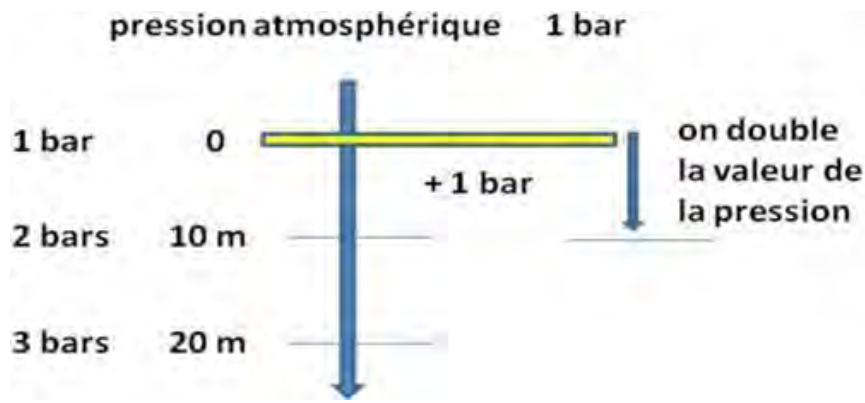


Figure 1 : Variations de pression en fonction de la profondeur

Cet important changement de pression pour une petite variation de profondeur se rencontre uniquement dans le milieu subaquatique et est à l'origine des mécanismes de nombreux problèmes rencontrés par le plongeur [4].

Les lois physiques permettent de comprendre les phénomènes et les règles qui s'appliquent en plongée.

Loi d'Archimède

Tout corps plongé dans un fluide reçoit une poussée verticale du bas vers le haut et égale au poids du volume de fluide déplacé.

Cette loi permet de déterminer la flottabilité du plongeur et le lestage qui lui sera nécessaire.

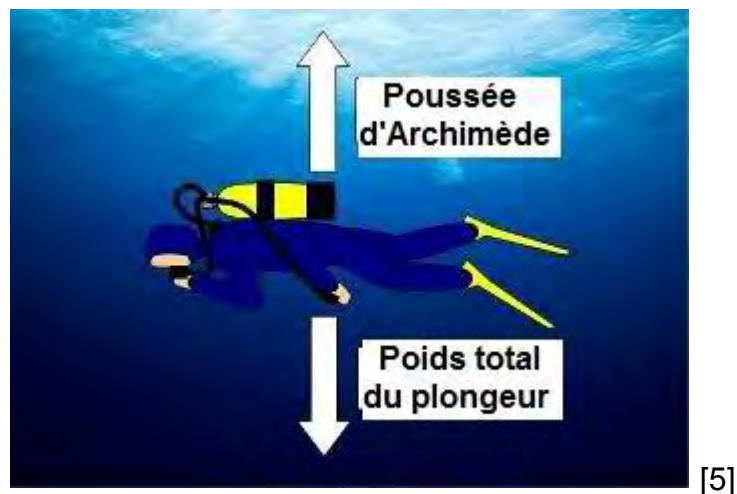


Figure 2 : La poussée d'Archimède

La flottabilité est l'état d'équilibre d'un corps dans un liquide, qui résulte de l'opposition entre le poids du corps et la poussée d'Archimède appliquée à ce corps. Elle est dite positive si le corps a tendance à flotter, nulle si le corps est stable (le poids compense exactement la poussée d'Archimède), ou négative si le corps coule.

Afin de gérer sa flottabilité, le plongeur en scaphandre autonome dispose d'une part d'un lestage adapté et d'autre part du volume d'air contenu dans ses poumons

(poumon ballast) ainsi que d'un gilet stabilisateur gonflable. Le plongeur peut ainsi modifier son volume (et par voie de conséquence, la poussée d'Archimède) et agir sur sa flottabilité. Il dégonfle son gilet pour réduire la poussée d'Archimède et diminuer sa flottabilité, ce qui lui permet de descendre ; et gonfle son gilet lorsqu'il veut augmenter sa flottabilité et remonter.

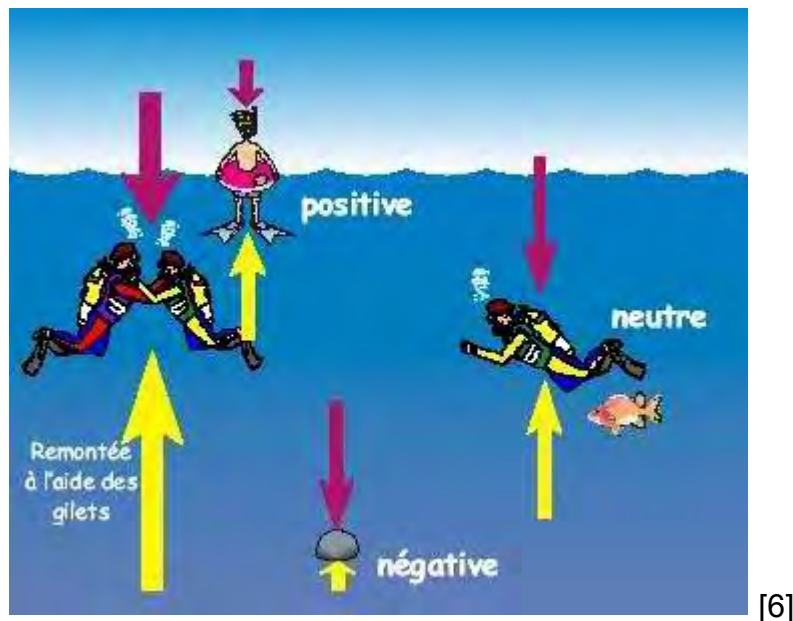


Figure 3 : La flottabilité

Le lestage, lui, varie pour chaque individu, selon son morphotype, sa densité et son équipement. Il est constitué le plus souvent d'une ceinture de plomb, qui augmente le poids du plongeur et permet de vaincre la poussée d'Archimède. Il est nécessaire pour avoir une bonne aisance dans l'eau, contrôler la flottabilité et la vitesse de remontée. [7].

Il est important de noter que la maîtrise de la flottabilité est d'une extrême importance puisqu'elle permet de réaliser en toute sécurité les paliers de décompression et permet ainsi au plongeur de gérer au mieux sa désaturation

Définition d'un gaz parfait

Le gaz parfait est un modèle thermodynamique décrivant le comportement d'un gaz dont les molécules n'ont pas d'action les unes sur les autres.

L'oxygène, l'azote, l'hélium et l'hydrogène sont des gaz parfaits. L'air est considéré comme un gaz parfait.

Les gaz parfaits obéissent à l'équation $PV = nRT$.

Avec :

P : la pression du gaz (en pascal),

V : le volume occupé par le gaz (en mètre cube),

n : la quantité de matière, en mole,

R : la constante universelle des gaz parfaits,

T : la température absolue, en kelvin.

Cela signifie que la variation d'un des trois facteurs (pression, volume ou température) entraîne un changement mesurable des deux autres.

L'équation des gaz parfaits généralise les lois de Boyle Mariotte, de Dalton et de Henry.

Il est nécessaire de comprendre le sens de ces lois car ce sont elles qui régissent les phénomènes des accidents de plongée. Une bonne connaissance de celles-ci permet de bien intégrer les règles d'évolution et de sécurité et d'étudier les pathologies liées à la pratique de la plongée sous-marine [7].

Loi de Boyle-Mariotte

A température constante, le volume d'un gaz est inversement proportionnel à la pression qu'il reçoit.

Le plongeur respire de l'air comprimé. A la remontée, cet air va se détendre et augmenter en volume.



Figure 4 : Illustration de la loi de Boyle-Mariotte

La plus importante variation relative de pression se faisant entre 0 et 10m, c'est dans cette zone que la plus grande variation de volume est enregistrée. D'après la loi de Boyle Mariotte, si nous considérons un volume V d'air à la surface de l'eau, c'est-à-dire à pression atmosphérique, celui-ci diminuera de moitié lorsqu'il atteindra une profondeur de 10m (c'est-à-dire à une pression de 2 bars). Inversement, si nous considérons un volume V d'air à 10m de profondeur, son volume doublera lorsqu'il remontera à la surface.

Les applications en plongée sont surtout liées aux accidents, avec notamment tous les barotraumatismes (masque, sinus, tympans, et le plus grave, la surpression pulmonaire).

Ceci concerne uniquement les volumes d'air fermés.

Loi de Dalton

La pression totale développée par un mélange gazeux est égale à la somme des pressions partielles de chacun de ses composants.

La notion de pression partielle est importante pour comprendre la toxicité des gaz. Cette loi sert à calculer la profondeur limite de la plongée selon le gaz respiré (air comprimé ou mélanges), ainsi que les tables de plongée.

La pression partielle du gaz est égale à la pression totale du mélange multipliée par le pourcentage du gaz.

Ainsi on a, à pression atmosphérique :

$$PpO_2 = 1 * 0,21 = 0,21 \text{ bar}$$

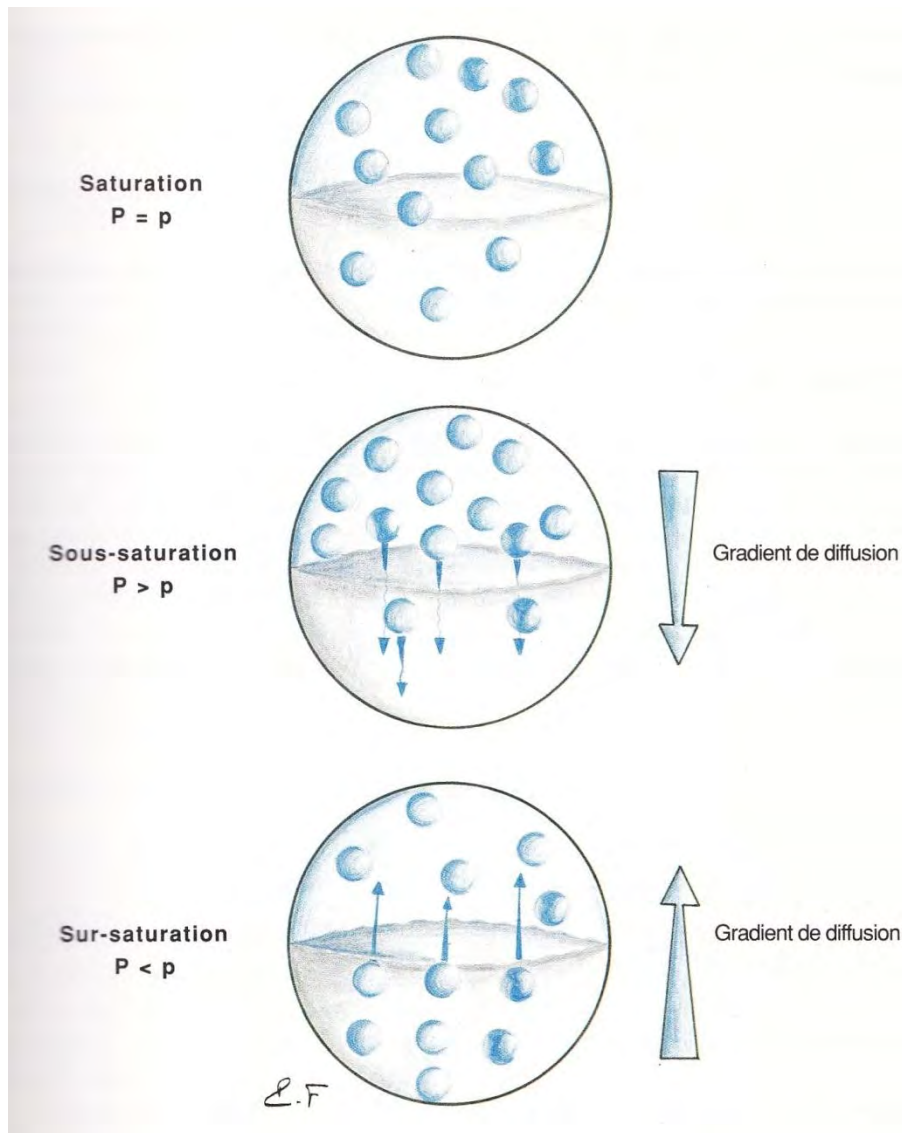
$$PpN_2 = 1 * 0,79 = 0,79 \text{ bar}$$

Loi de Henry

A température et saturation constante, la quantité de gaz dissous dans un liquide est proportionnelle à la pression exercée sur ce gaz.

Si on augmente la pression d'un gaz, en l'occurrence l'air comprimé fourni par la bouteille et présent dans les poumons, des molécules de ce gaz seront dissous dans le liquide, ici le sang au contact des poumons. A l'inverse, lorsqu'on remonte, des molécules de gaz vont s'échapper du liquide saturé et créer des bulles dans le

liquide si la pression baisse trop rapidement. C'est le phénomène de l'accident de décompression.



[7]

Figure 5 : La loi de Henry

Il existe deux sortes de pressions selon que le gaz est à l'état dissous ou libre :

- Tension p : c'est la pression exercée par un gaz à l'état dissous.
- Pression P : c'est la pression exercée par un gaz à l'état libre.

La dissolution ou l'élimination d'un gaz par un liquide suit une cinétique qui dépend des critères de solubilité. Un état dynamique est créé lorsqu'il existe une différence

de pression entre le gaz libre et le gaz dissous. La différence de pression induit alors un gradient de diffusion pour les molécules de gaz, de la pression la plus haute vers la pression la plus basse.

Par conséquent, lorsqu'un gaz libre est en contact avec un liquide, il existe trois situations pour le liquide :

- La saturation : $P = p$.

Le gradient de diffusion est égal à zéro.

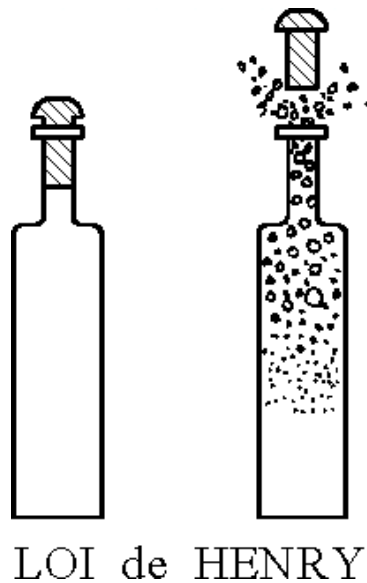
Il s'agit de l'état d'équilibre. La pression P du gaz libre est égale à la tension p de gaz dissous.

- La sous-saturation : $P > p$.

Au cours de la descente, les pressions partielles P des gaz respirés augmentent mais les tensions de ces mêmes gaz dissous sont inférieures. Il se produit alors une dissolution des molécules de gaz libre par le liquide. C'est la phase de saturation.

- La sursaturation : $P < p$.

Au cours de la remontée, les pressions partielles P des gaz respirés diminuent mais les liquides qui ont précédemment dissous ces gaz possèdent alors des tensions de gaz supérieures. Il se produit alors un transfert des molécules de gaz dissous à travers l'interface liquide-gaz vers le gaz libre. C'est la phase de désaturation.



**Figure 6 : Une manifestation bien connue de la loi de Henry :
la désaturation d'un gaz à l'ouverture
d'une bouteille de boisson gazeuse**

Lors d'une descente à 10 mètres, l'organisme du plongeur fait face à une augmentation de 100% de la pression environnante, et de 100% de quantité de gaz contenu dans les voies respiratoires et échangé avec le sang.

Cela a pour conséquence d'augmenter la quantité de gaz dissous dans le sang, qui peut se transformer en bulle en cas de remontée trop rapide.

De plus, cette pression importante exerce une poussée sur les tissus de l'organisme, avec des conséquences potentiellement délétères dans les espaces clos.

C'est la cause des accidents de plongée.

I.1.2. GESTION DE LA DESATURATION

L'application majeure de ces lois physiques est l'accident de décompression. Ses conséquences cliniques sont développées dans la partie traitant des accidents de plongée.

L'oxygène et l'azote respirés lors de la plongée vont se dissoudre dans le sang et les tissus. Même absorbé en grande quantité, l'oxygène ne s'accumule pas dans l'organisme. En revanche, l'azote n'est pas va se concentrer dans l'organisme tout au long de la plongée, et devra être éliminé par un mécanisme inverse lors de la remontée.

Lors d'une désaturation normale, l'azote dissout dans le sang repassera dans l'air au niveau des alvéoles pulmonaires. Lorsque la remontée est trop rapide, les microbulles d'azotes deviennent de plus en plus grosses et nombreuses. Leur taille augmente avec la diminution de la pression. L'azote n'est plus suffisamment évacué par l'expiration. Ces bulles vont se trouver bloquées dans les vaisseaux sanguins de calibre de plus en plus petits, vont arrêter la circulation et par conséquent l'apport en oxygène vers les tissus situés en aval.

La vitesse de remontée maximale est de 15 mètres par minute, ce qui implique qu'il faut par exemple au minimum 2 minutes pour remonter d'une profondeur de 30m.

De plus, il est fréquent que le profil de plongée impose de réaliser un palier de décompression. Le palier de sécurité, qui est un arrêt de 3 minutes à 5m, toujours effectué, est le moins contraignant, et certains paliers peuvent être très longs. Un palier non effectué est considéré comme un accident de décompression à priori et doit déclencher une prise en charge. [9]

Une table de plongée est disponible en annexe 1.

I.1.3. LE MILIEU AQUATIQUE

La plongée en milieu naturel peut se dérouler en mer, en rivière, en carrière, dans un lac ou en milieu souterrain. Chaque type de plongée présente ses particularités et ses dangers.

Le premier challenge du plongeur est de s'immerger dans un milieu aquatique. L'eau est 800 fois plus dense que l'air et offre une forte résistance aux mouvements.

La visibilité

L'eau absorbe les rayonnements lumineux. Ce qui explique que les couleurs sont modifiées et la luminosité décroît en fonction de la profondeur. Ces modifications sont d'autant plus importantes que l'ensoleillement est faible et la quantité de particules ou de microorganismes en suspension est élevée.

Les couleurs sont absorbées disparaissent avec la profondeur. Plus la couleur est chaude, plus elle est absorbée rapidement.

Les mouvements de l'eau

La houle, les courants, le sac et le ressac peuvent mettre en danger le plongeur. Un déplacement vertical involontaire expose à un accident de décompression. Un courant horizontal peut conduire à des chocs contre une paroi ou à un épuisement.

La température

La capacité thermique élevée de l'eau, associée à la convection, peut rapidement provoquer une hypothermie. La déperdition calorique est 25 fois plus rapide dans l'eau que dans l'air.

L'équilibre ou neutralité thermique, c'est-à-dire la température pour laquelle on n'a ni chaud, ni froid sans qu'il y ait régulation, correspond à une température dans l'air de 25°C et dans l'eau de 33°C. C'est en vue d'éviter une déperdition importante de chaleur, qu'il est bien souvent nécessaire d'utiliser une combinaison en néoprène qui a l'avantage d'éviter le contact direct du corps avec le milieu environnant (l'eau froide) et qui permet de réduire les pertes calorifiques

Les milieux fermés

Les épaves et les grottes n'ont pas d'accès direct à la surface et constituent les plongées les plus dangereuses. Le plongeur s'expose aux risques de blessures liées à l'environnement (structures instables, objets tranchants), de perte d'orientation et à la possibilité de rester bloqué. Les filets et lignes peuvent également se révéler être un piège redoutable pour le plongeur. [10]

I.1.4. INTERACTION AVEC LA FAUNE

La biodiversité marine expose l'homme à entrer en contact avec de nombreux animaux venimeux, piquants ou tranchants.

Les invertébrés dangereux sont représentés par certains cnidaires (méduses, anémones et coraux), spongiaires (éponge de feu), annélides (vers marins), mollusques (cônes), et échinodermes (étoiles de mer et oursins).

Parmi les vertébrés, on retrouve une vingtaine de poissons venimeux, tels que les raies, les vives, les poissons scorpions ou les poissons pierre, dont la toxicité du venin est comparable à celle d'un cobra. Des serpents de mer et des murènes peuvent également représenter un danger.

Les attaques de requins, bien que largement fantasmées, ne doivent pas être négligées.

Les blessures provoquées par des animaux marins ne sont pas en elles-mêmes une cause d'accident de plongée, mais peuvent participer à l'ensemble de facteurs défavorables qui caractérise souvent l'accident de plongée, en provoquant panique, manque d'attention, angoisse et douleur. Il s'agira d'éviter l'accident de décompression secondaire (remontée panique sans respect des paliers) et la noyade. [11] [12]

Cette liste non-exhaustive a pour but de mettre en évidence les dangers encourus par le plongeur.

Pour éviter des blessures liées aux animaux marins, le plongeur doit apprendre à les reconnaître et à éviter particulièrement le contact, bien que le plongeur ne soit jamais sensé interagir avec l'environnement subaquatique. [13].

Le plongeur sous-marin évolue dans un milieu hostile, pour lequel son organisme est très mal adapté.

Il doit faire face aux propriétés physiques du milieu aquatique telles que la pression, aux conditions météorologiques, aux particularités propres à chaque site et à la faune et la flore sous-marine.

I.2. PHYSIOLOGIE ET SPECIFICITES LIEES A LA PLONGEE

I.2.1. MODIFICATIONS PHYSIOLOGIQUES EN PLONGEE

Modifications cardio-vasculaires

Le plongeur est exposé à de multiples contraintes environnementales qui modifient profondément les conditions hémodynamiques. L'immersion dans l'eau cause une importante redistribution des volumes sanguins et un remaniement de l'équilibre hydrominéral qui résulte d'une cascade de phénomènes.

La pression hydrostatique réalise une compression sur l'ensemble du corps, et entraîne une hypervolémie, qui favorise le retour veineux et augmente la précharge cardiaque. Le volume d'éjection systolique est augmenté ; par conséquent, le débit cardiaque s'accroît de 30 à 50%.

La translocation sanguine depuis la périphérie augmente le volume sanguin central de 700 ml. La distension auriculaire inhibe la libération d'hormone antidiurétique (ADH). Le rôle de l'ADH est de provoquer une réabsorption d'eau via une action sur le segment distal du néphron lors d'une déshydratation corporelle. Les barorécepteurs déclenchent une réduction de l'activité orthosympathique. Il en résulte une inhibition de l'activité du système.

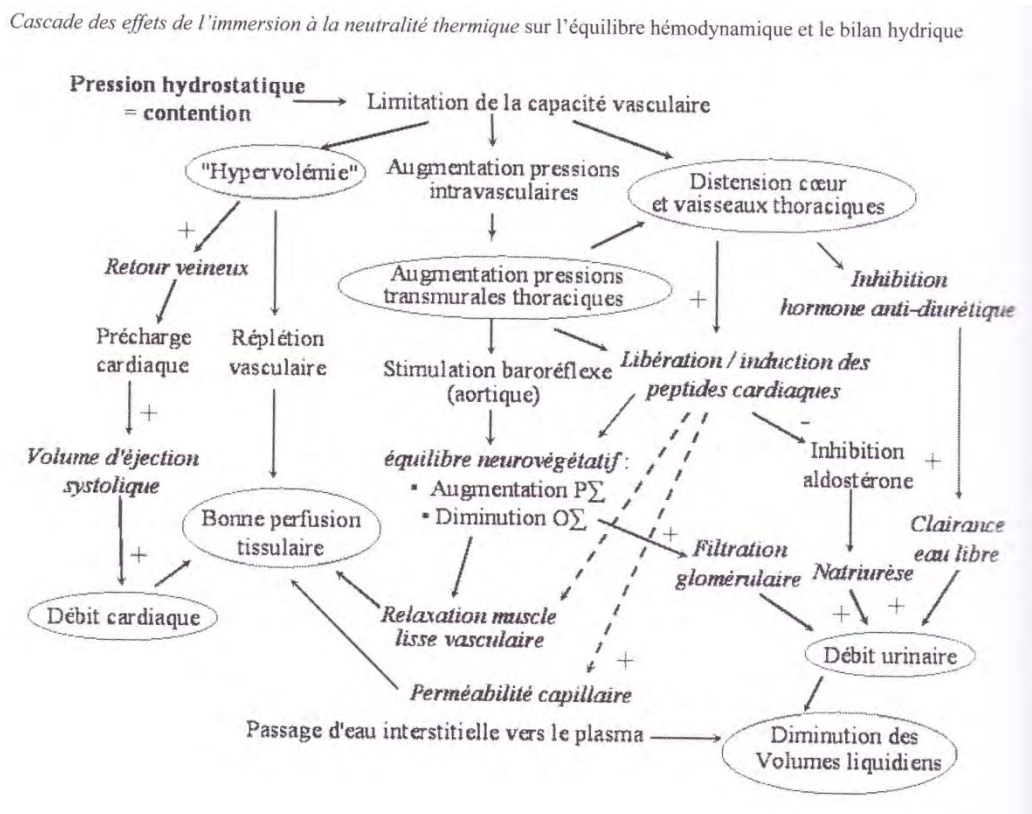
On note donc une diminution du tonus vasculaire, une plus grande perméabilité vasculaire, une augmentation de la natriurèse et du volume urinaire, ainsi qu'une faible mobilisation des médiateurs vasoconstricteurs. Tous ces facteurs contribuent à une bonne perfusion tissulaire et à une diminution des volumes liquidiens.

L'activité physique et les contraintes thermiques influencent de façon notable les effets de l'immersion.

La neutralité thermique pour un plongeur en contact avec l'eau est de 33°C. Lorsqu'un plongeur s'immerge dans une eau à moins de 33°C, ce qui est le cas de l'immense majorité des eaux du globe, un mécanisme de vasoconstriction des vaisseaux sanguins est provoqué par le froid. Le retour veineux vers le cœur droit est augmenté. De plus, le froid peut accroître la perte hydrique et la chaleur (externe ou secondaire à un effort physique) peut déclencher des pertes sudorales importantes.

[7]

L'activité physique a cependant un effet antidiurétique qui peut limiter la diurèse d'immersion.



[14]

Figure 7 : Cascade des effets de l'immersion sur l'équilibre hémodynamique et le bilan hydrique

Les modifications hémodynamiques qui résultent de l'immersion mobilisent les mécanismes neurovégétatifs et endocriniens d'ajustement des activités cardiaques, vasculaires et rénales, ce qui retentit sur le bilan hydrique de l'organisme. [14]

L'effet le plus conséquent de l'exposition au milieu hyperbarique sur la fonction cardiaque est une bradycardie. Les récepteurs thermiques cutanés sont très présents sur le visage et vont induire, au contact du froid, une bradycardie réflexe. La pression partielle en oxygène et la densité gazeuse augmentées, qui sont des facteurs physique de la pression, contribuent également à l'induction de la bradycardie. [15] [16] [17]

Modifications de la fonction respiratoire

L'immersion s'accompagne également de modifications de la mécanique ventilatoire. Le travail respiratoire se trouve accru en plongée sous-marine, le poumon étant moins compliant du fait de l'afflux sanguin intra-thoracique et de la pression hydrostatique, qui agit comme un bandage compressif sur le thorax et l'abdomen.

Les gaz respirés étant plus denses, les résistances à l'écoulement se trouvent augmentées, en particulier au moment de l'effort. Ceci a pour effet de limiter l'expiration au fond.

L'inspiration est le facteur limitant le plus important de la respiration au fond. Il est strictement effort dépendant, l'énergie dépensée par les muscles inspiratoires au fond étant importante. La ventilation maximale volontaire, d'environ 200 l/minute à la surface, n'est plus que de 50 l/min à une profondeur de 15m. De plus, une ventilation maximale volontaire ne peut être maintenue longtemps en plongée, chutant de 53 à 80% de la valeur initiale suite à un effort respiratoire soutenu de 15 minutes. [7]

Le matériel est également une source de majoration des résistances respiratoires et crée un espace mort supplémentaire, induisant une dépression inspiratoire et une surpression expiratoire accrue qui majorent la tension d'étirement de l'alvéole. [18]

L'adaptation de l'oreille : l'équilibration

Le tympan est une fine membrane qui sépare l'oreille externe de l'oreille moyenne, elle-même reliée au pharynx par la trompe d'Eustache.

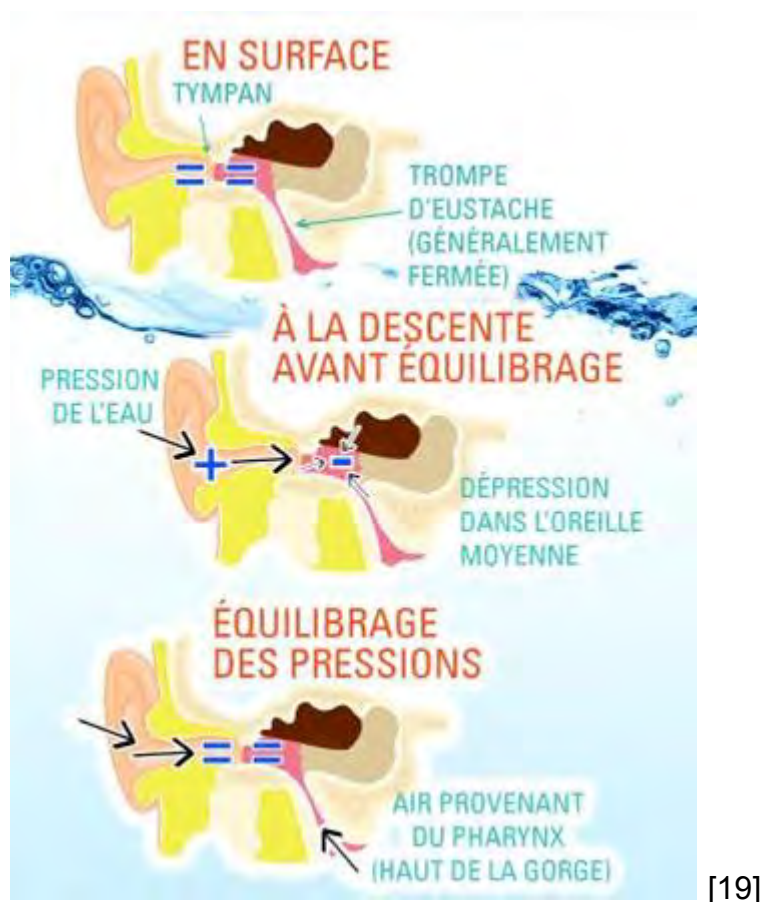


Figure 8 : l'équilibration des oreilles

En surface, la pression de l'air extérieur est égale à la pression de l'air dans l'oreille moyenne (pression atmosphérique). L'oreille est équilibrée.

Lors de la descente, la pression extérieure, exercée par l'eau, augmente. La pression de l'oreille moyenne reste fixe, à pression atmosphérique. Ce déséquilibre induit alors une déformation douloureuse du tympan vers l'intérieur de l'oreille.

Il faut effectuer un équilibrage des pressions. La manœuvre de Valsalva consiste à pincer les ailes du nez, à fermer la bouche et à souffler. Elle a pour effet de forcer l'ouverture de la trompe d'Eustache pour amener de l'air dans l'oreille et rétablir l'équilibre des pressions de chaque côté du tympan.

A la remontée, l'équilibre s'effectue naturellement, l'air contenu dans l'oreille moyenne s'évacuant par la trompe d'Eustache.

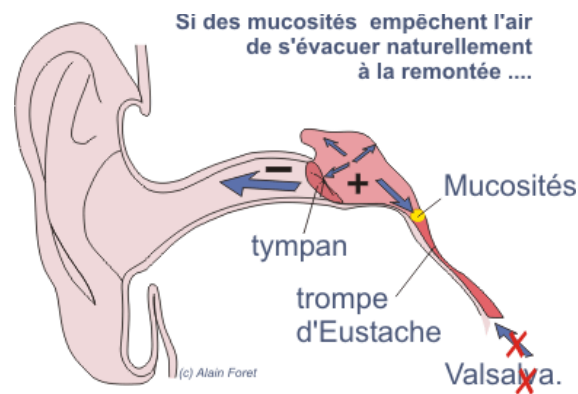


Figure 9 : L'obstruction de la trompe d'Eustache

Lorsque des mucosités obstruent la trompe d'Eustache, l'équilibre des pressions peut être gêné ou empêché. [20-21]

L'adaptation psychologique

Le stress est l'ensemble des réponses d'un organisme aux pressions et aux contraintes de son environnement. Le stress active un processus hormonal et nerveux (libération d'adrénaline et stimulation du système nerveux sympathique) qui déclenche une augmentation du rythme cardiaque et un état de vigilance.

La panique est la situation pathologique de réponse au stress. Il s'agit d'un moment de peur inattendue et incontrôlée.

A propos du stress en plongée, Carl Edmonds estime que « Mourir à cause d'une panique en plongée prend aussi peu de temps qu'il n'en faut pour réagir rationnellement et résoudre le problème ». [22]

Les causes de stress potentielles lors d'une plongée sont variées :

- Facteurs personnels (fatigue, manque d'expérience, mauvaise planification de la plongée, problèmes médicaux, ...)
- Problèmes techniques (mauvais lestage, perte ou défaillance de matériel, ...)
- Dangers liés au milieu (courant, température, profondeur, visibilité ...)

Nombreux sont les plongeurs expérimentés qui ont au moins une fois fait une expérience de panique. En 1987, dans une étude sur 254 plongeurs, W. Morgan rapporte que 64% des femmes et 50% des hommes déclarent avoir déjà expérimenté un ou plusieurs épisodes de panique durant une plongée. La plupart des recherches à propos des accidents de plongée mettent en cause la panique, en tant que réponse au stress, comme la cause principale des décès en plongée [23].

Ces éléments mettent en évidence la vulnérabilité du plongeur face au stress et amènent à s'interroger sur l'influence d'éventuels effets indésirables induits par un médicament, notamment de type neuropsychiatriques, qui surviendraient au cours d'une plongée. [24-26]

La plongée engendre, de par ses contraintes physiques et environnementales, des modifications physiologiques majeures. Chez le sujet sain, ces conditions n'entraînent pas de troubles dans les conditions habituelles de plongée, conduites dans le respect des normes de sécurité.

Les effets cumulés de l'immersion, du stress thermique, de la respiration hyperbare et de l'exercice, qui constituent les conditions habituelles d'une plongée, posent cependant la question du devenir du médicament, tant d'un point de vue pharmacocinétique qu'en terme d'effets indésirables.

I.2.2. LES ACCIDENTS DE PLONGEE

Les phases de la plongée et l'accident

La plongée peut se décomposer en trois principales phases :

- La descente,
- Le séjour au fond,
- La remontée.

Au cours de ces trois phases, des modifications importantes de pression sont enregistrées. En réalité, à ces trois phases, nous ajouterons une quatrième phase qui considérera le plongeur après la plongée, c'est-à-dire soumis à la pression atmosphérique, mais dont l'organisme sera encore saturé en azote (avec une pression partielle en azote supérieure à 0,8 bar).

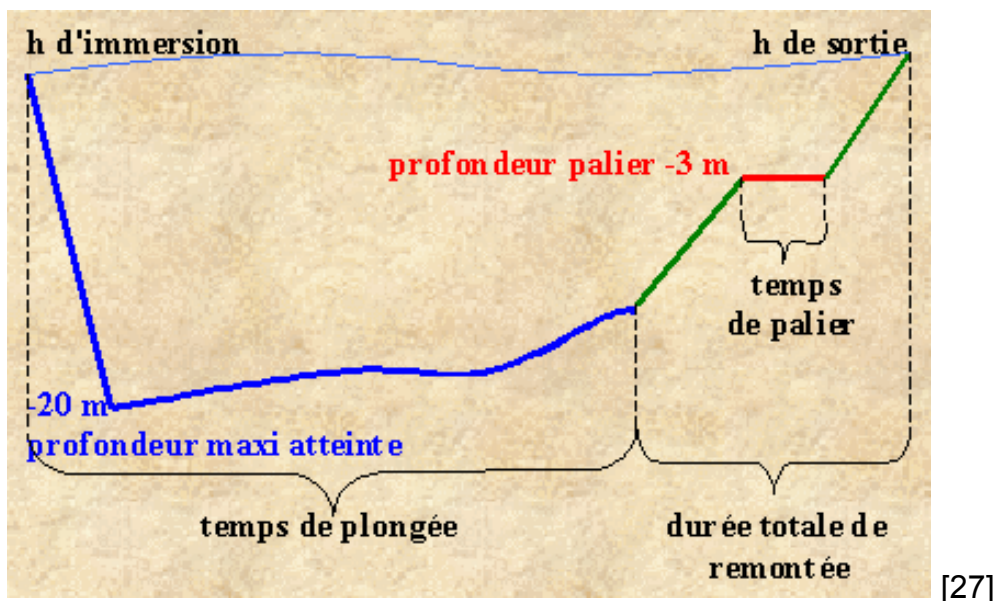


Figure 10 : Exemple d'un profil de plongée

Lorsque le plongeur ne respecte pas les règles de sécurité liées à ces trois phases, il s'expose à différents types d'accidents :

Première phase : la descente

Les accidents barotraumatiques

- Sinusiens (douleurs)
- Plaquage de masque
- Barotraumatisme dentaire
- De l'oreille moyenne et interne (lésion du tympan, vertiges)

Deuxième phase : le séjour au fond

- Intoxication à l'azote : la narcose
- Intoxication au CO₂ : l'essoufflement
- Intoxication à l'O₂ : l'hyperoxie, voire l'hypoxie.

Troisième et quatrième phases : la décompression (lors de la remontée et après la plongée)

Les accidents barotraumatiques

- La surpression pulmonaire

L'accident de décompression et tous les types d'accidents qui lui font suite.

Par accident de plongée on désigne l'accident de plongée en scaphandre autonome, par opposition à l'accident d'apnée, non traités dans cette thèse.

Il est classique de différencier les accidents *de* plongée des accidents *en* plongée. Ces derniers sont la conséquence d'une détresse sous l'eau ou en surface. Les causes sont médicales (asthme, syndrome coronarien aigu, ...), comportementales (panique, essoufflement, ...) ou liées à l'environnement (courant, accident avec la faune sous-marine).

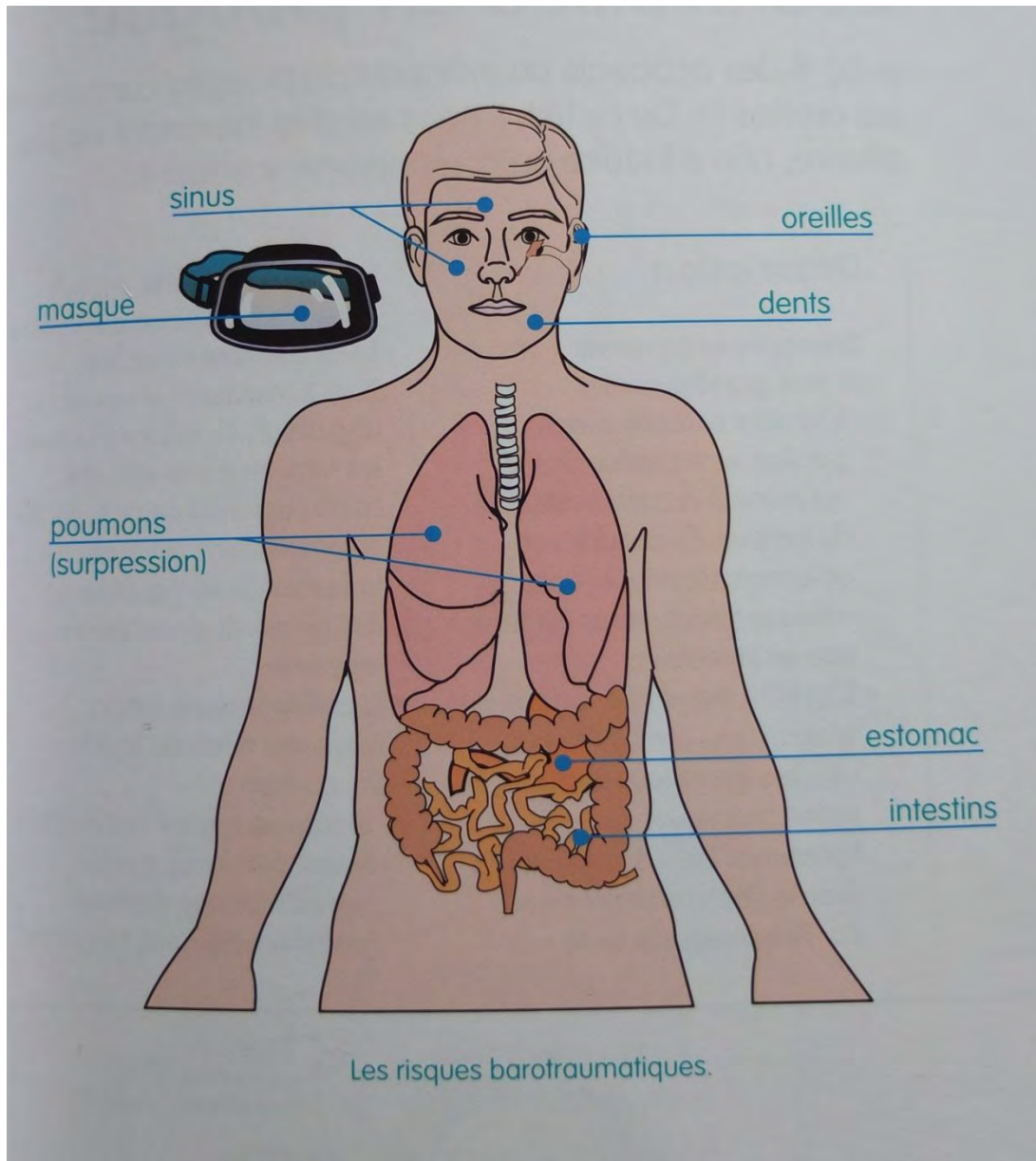
Des études médicales montrent que parmi les accidents recensés, 56% seulement sont des accidents de plongée [28]. Cependant, un accident en plongée est à considérer comme un accident de plongée jusqu'à preuve du contraire. [29]

I.2.2.1. LES ACCIDENTS BAROTRAUMATIQUES OU ACCIDENTS MECANIQUES

Les variations des volumes gazeux en plongée obéissent à la loi de Boyle-Mariotte. Un barotraumatisme est un dommage tissulaire résultant de l'extension ou de la contraction d'un gaz contenu dans un espace clos et est un effet direct des variations de volume de ce gaz qui causent une déformation des tissus. Les barotraumatismes se produisent lorsque le gaz contenu dans un organe creux ne s'équilibre pas avec la pression hydrostatique.

Certains accidents pourront survenir lors de la descente dans l'eau, lorsque la pression augmente, d'autres à la remontée, lorsque la pression diminue.

Toutes les cavités aériennes de l'organisme sont concernées par ce phénomène : oreilles (externe, moyenne ou interne), dents (existence d'une cavité pathologique), poumons, sinus, ainsi que le volume créé par le masque. [30]



[31]

Figure 11 : Les organes soumis aux barotraumatismes

Barotraumatisme de l'oreille

Il s'agit d'accidents fréquents, qui concernent tous les types de plongée et toutes les catégories de plongeurs.

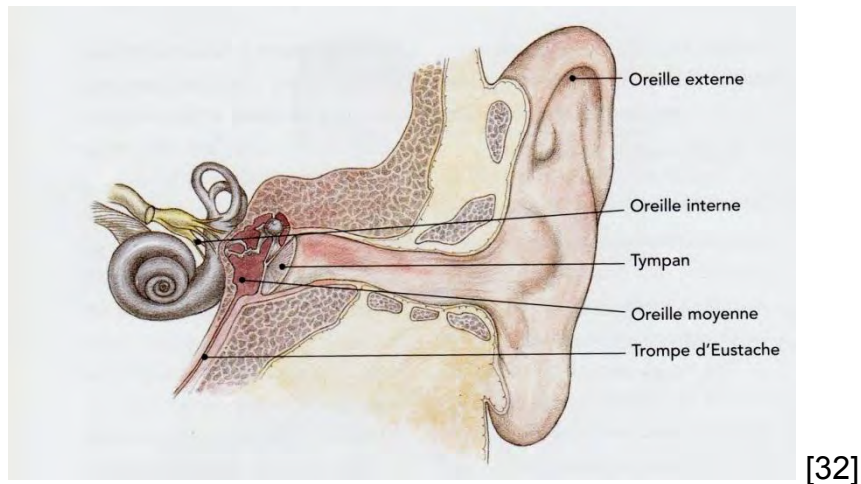


Figure 12 : L'oreille

Les barotraumatismes de l'oreille moyenne surviennent toujours à la descente, trop rapide ou lors d'un dysfonctionnement de l'équipression. L'état de dépression relative de la caisse du tympan va entraîner un enfoncement de la membrane tympanique. Les manifestations cliniques sont, de façon constante, une otalgie (allant de la gêne à la syncope), éventuellement accompagnée d'hypoacousie et d'acouphènes et la membrane tympanique peut être perforée.

Les barotraumatismes de l'oreille interne sont moins fréquents mais entraînent des séquelles fonctionnelles graves, parfois irréversibles. La surpression des liquides labyrinthiques est susceptible d'entraîner des lésions de l'oreille interne. Outre des nausées et vomissements, on peut retrouver, comme manifestations cliniques, des vertiges rotatoires importants et une hypoacousie dans la majorité des cas.

Le traitement de la perte auditive est une urgence car elle peut devenir rapidement irréversible.

Le cas le plus fréquent est un traumatisme mixte, où l'hyperpression de l'oreille moyenne est transmise à l'oreille interne.

Barotraumatisme des sinus

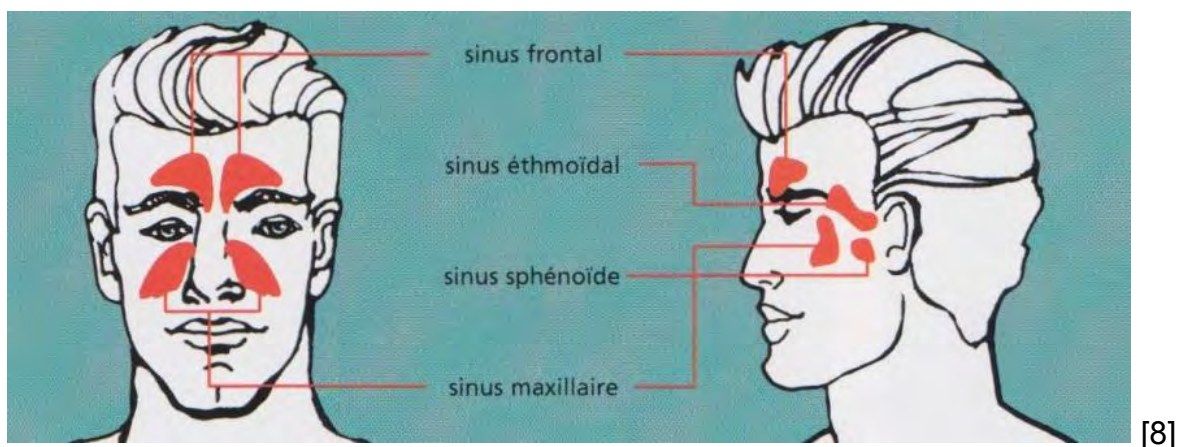


Figure 13 : Les sinus

Il s'agit de phénomènes pathologiques en rapport avec une mauvaise équipression entre les sinus et le milieu ambiant. L'épistaxis est fréquent, la douleur est variable en intensité mais peut être très violente et son siège dépend du sinus concerné.

Barotraumatisme facial

Le masque crée un volume additionnel de gaz, externe mais au contact du visage. Au cours de la descente, l'air à pression atmosphérique emprisonné à la surface est comprimé par la pression extérieure, provoquant le plaquage du masque sur le visage avec un effet ventouse. Expirer par le nez à la descente permet de rétablir

l'équipression et d'éviter ce phénomène. Ce type d'accident se produit essentiellement dans les dix premiers mètres, car les variations de pression y sont rapides. Les lésions sont bénignes et peuvent être des hémorragies ou hématomes sous-conjonctivaux, des hématomes palpébraux et/ou orbitaire, ou encore un épistaxis. [14]

Barotraumatisme dentaire

L'accident barotraumatique survient lorsqu'un espace gazeux pathologique existe sur la dent. A la remontée, une bulle d'air emprisonnée dans une carie ou un amalgame dentaire mal serti, va se dilater et créer une surpression, provoquant douleur et dans le pire des cas, l'éclatement de la dent. Une visite dentaire annuelle constitue la prévention. [15] [33]

Barotraumatisme pulmonaire

Cet accident survient souvent dans la zone des 10m lors d'une remontée rapide. Il touche majoritairement les débutants.

Lors de la remontée, une entrave à la libre circulation des gaz pulmonaires (blocage de respiration) produit une dilatation du gaz qui ne peut être évacué. Cette augmentation de volume distend les alvéoles, jusqu'à dépasser leur limite d'élasticité. Lors d'une distension alvéolaire comme lors d'une déchirure, une partie des gaz pulmonaires peut alors traverser leur paroi. Le gaz gagne les tissus interstitiels environnants et peut se distribuer vers la plèvre, le médiastin, le péricarde et dans la circulation pulmonaire. Une embolie gazeuse systémique peut alors survenir par la migration de bulles, le plus fréquemment retrouvé est l'aéroembolisme cérébral.

La surpression pulmonaire est caractérisée par la diversité de ses formes cliniques. Le trépied symptomatique associant des signes généraux, pulmonaires et neurologiques n'est pas toujours complet.

On peut retrouver parmi les signes généraux : malaise, angoisse, asthénie, pâleur, cyanose et perte de connaissance.

Une symptomatologie pulmonaire peut être retrouvée, avec une douleur thoracique, une dyspnée, une hémoptysie ou une détresse respiratoire.

L'aéroembolisme cérébral, consécutif à un barotraumatisme pulmonaire, compose un tableau non spécifique, comparable à celui des embolies gazeuses iatrogènes et dont la gravité dépend de l'importance de l'embolie et du territoire atteint.

Poumons et oreille interne sont les grandes victimes des barotraumatismes, qui représentent environ 20% des accidents.

Les surpressions pulmonaires graves sont heureusement rares, mais elles peuvent s'avérer tragiques.

I.3.2.2. LES ACCIDENTS TOXIQUES OU ACCIDENTS BIOCHIMIQUES

L'air est composé de 78,08% de diazote (N_2), de 20,95% de dioxygène (O_2), et de moins de 1% des autres gaz, dont les gaz rares et du dioxyde de carbone (CO_2).

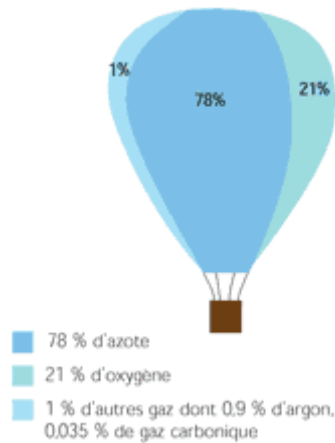


Figure 14 : La composition de l'air

Source : ADEME

Si on considère que la pression atmosphérique est de 1 bar, la pression partielle respective est de : $PpN_2 = 0,8$ bar et $PpO_2 = 0,2$ bar.

L'augmentation de la pression ambiante en plongée provoque une augmentation de la pression partielle en oxygène et en azote. Ces augmentations limitent la pénétration de l'homme sous la mer. [34]

Gaz impliqué	Phénomène	PP Seuil	Profondeur
Azote	Narcole	PP > 1.2 bar	< 30m
Oxygène	Hyperoxie	PP > 1.4 bar	< 60 m
Dioxyde de carbone	Essoufflement	PP > 0.02 bar	Selon effort physique

Contrairement aux précédents types d'accidents, les accidents biochimiques surviennent au fond et s'améliorent à la remontée. L'augmentation de la pression partielle des gaz inhalés provoque une toxicité qui peut mener à l'accident de plongée. [28]

Toxicité de l'oxygène

A partir d'une pression partielle de 1,6 bar, l'oxygène a un effet toxique sur le système nerveux central, surtout pendant l'effort physique.

La sémiologie est celle de la crise de grand mal épileptique. On retrouve la phase tonique puis clonique et enfin la dépression post critique. En raison du milieu aquatique dans lequel elle survient, cette crise a une forte potentialité de survenue de complications, telles que noyade ou surpression pulmonaire. [34]

Toxicité de l'azote : la narcose

L'accroissement de la pression partielle en azote (proportionnelle à l'accroissement de la pression ambiante) peut aboutir à une narcose à l'azote.



Figure 15 : Profondeur d'apparition de la narcose a l'azote

Ce phénomène, aussi appelé ivresse des profondeurs, se manifeste par un état de griserie, qui émousse le sens critique et peut aller jusqu'à la perte de connaissance. Les signes observés varient en fonction de la profondeur et de la sensibilité personnelle. [34]

Figure 16 : Les signes cliniques de la narcose à l'azote

Profondeur (mètres)	PiN ₂ (mmHg)	Signes observés
10 à 30	1216 - 2432	Diminution des capacités d'exécution des tâches, légère euphorie, altération des capacités de raisonnement et de mémoire
30 à 50	2432 – 3648	Hilarité, idées fixes, somnolence, hallucinations
50 à 70	3648 – 4864	Instabilité thymique, détérioration marquée des capacités intellectuelles
70 à 90	4864 - 6080	Confusion mentale, perte de connaissance

Le mécanisme physiopathologique est probablement l'incorporation de molécules d'azote, aisément liposolubles, dans les membranes cellulaires sous une pression partielle accrue. Cela entraîne une modification de leurs propriétés électro-physiologiques produisant un effet semblable à celui des anesthésiques par inhalation. Les facteurs favorisant sont le froid, l'angoisse, l'effort et certains effets médicamenteux. [36]

A côté de cette toxicité, l'azote est souvent incriminé dans la physiopathologie des accidents de décompression. L'utilisation de mélanges gazeux enrichis en oxygène (Nitrox) permet de diminuer les risques liés à l'azote. Toutefois, le seuil de toxicité de l'oxygène sur le système nerveux central limite la profondeur de la plongée.

Toxicité du dioxyde de carbone

Lors d'une hypercapnie, le centre de commande de la respiration (bulbe rachidien) va augmenter la fréquence respiratoire dans le but d'éliminer le CO₂.

La cause est une expiration insuffisante, qui peut être liée au stress, à un effort physique, un lestage trop important et constitue la première étape du cercle vicieux de l'essoufflement. La ventilation devient superficielle et inefficace.

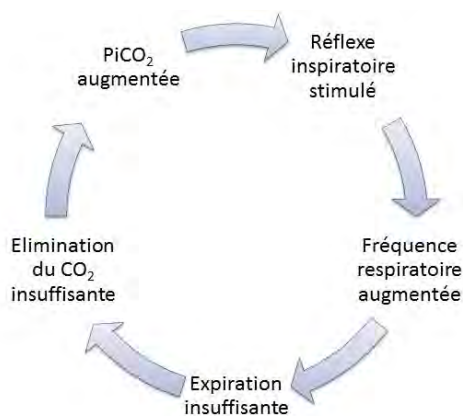


Figure 17 : Le cercle vicieux de l'essoufflement

L'essoufflement en plongée est à prendre très au sérieux en raison de ses conséquences dramatiques s'il n'est pas traité à temps. La dyspnée qui l'accompagne est une sensation complexe et subjective, qui se manifeste par une difficulté à respirer, un manque d'air. Très anxiogène, il peut être à l'origine d'une noyade par inhalation d'eau, ou d'une surpression pulmonaire due à une remontée rapide en retenant sa respiration. [37]

Le plongeur peut être confronté à la toxicité du dioxyde de carbone, de l'azote et de l'oxygène.

La présence de ces gaz à des concentrations élevées, ainsi que leurs effets sur l'organisme, posent la question de leur éventuelle interaction avec les médicaments.

I.2.2.3. LES ACCIDENTS DE DECOMPRESSION OU ACCIDENTS BIOPHYSIQUES

MECANISME DE L'ACCIDENT DE DECOMPRESSION

Les échanges gazeux pulmonaires sont une diffusion entre deux milieux (l'air contenu dans les alvéoles, d'une part, et le sang contenu dans les capillaires, d'autre part) de concentrations différentes à travers une membrane perméable (la paroi des capillaires) : c'est un phénomène osmotique.

En plus des échanges respiratoires qui concernent le CO_2 et l' O_2 , de l'azote est présent dans les alvéoles. Lorsqu'un plongeur respire de l'air comprimé à une pression supérieure à la pression atmosphérique, la pression partielle de l'azote contenu dans l'air alvéolaire sera supérieure à la pression partielle de l'azote dissous dans le sang.

Par osmose, une partie de l'azote alvéolaire va se dissoudre dans le sang, puis secondairement dans les tissus. A la remontée, l'azote dans le sang aura une pression partielle supérieure à celle de l'azote contenu dans le gaz alvéolaire et reprendra sa forme gazeuse en retraversant la paroi capillaire et en pénétrant dans l'alvéole.

A la remontée, le gaz dissous est rediffusé par les tissus, pour autant que la vitesse de redistribution ne dépasse pas la capacité de diffusion.

Selon la loi de Henry, lorsque la pression d'un gaz au-dessus d'un liquide diminue, la quantité de gaz dissous dans le liquide va également diminuer et former des bulles. C'est ce qui se produit à l'ouverture d'une bouteille de champagne qui déborde, où le gaz dissous repasse à l'état gazeux. Si la remontée est trop rapide, l'azote reprend

sa forme gazeuse dans le sang et les tissus, donnant lieu à un accident de décompression (ADD).

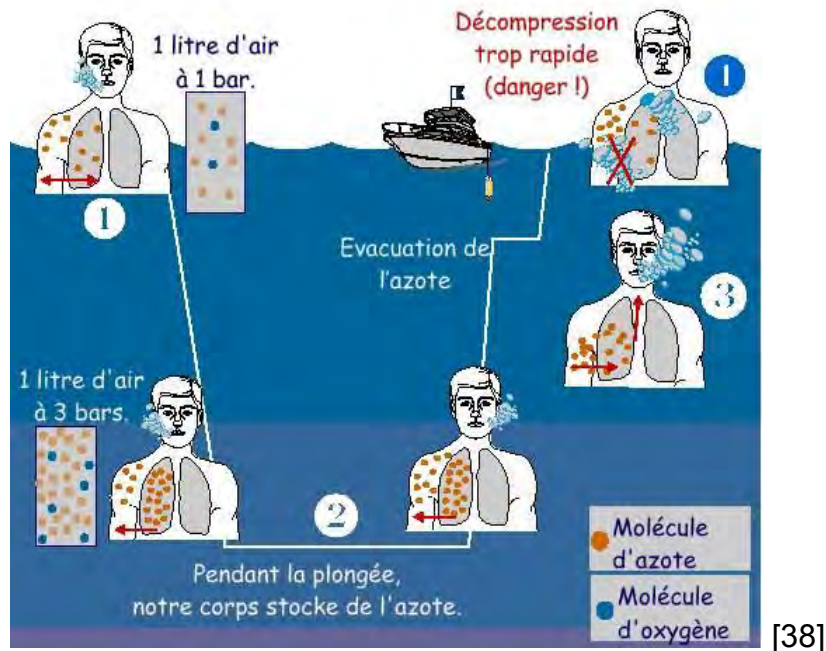


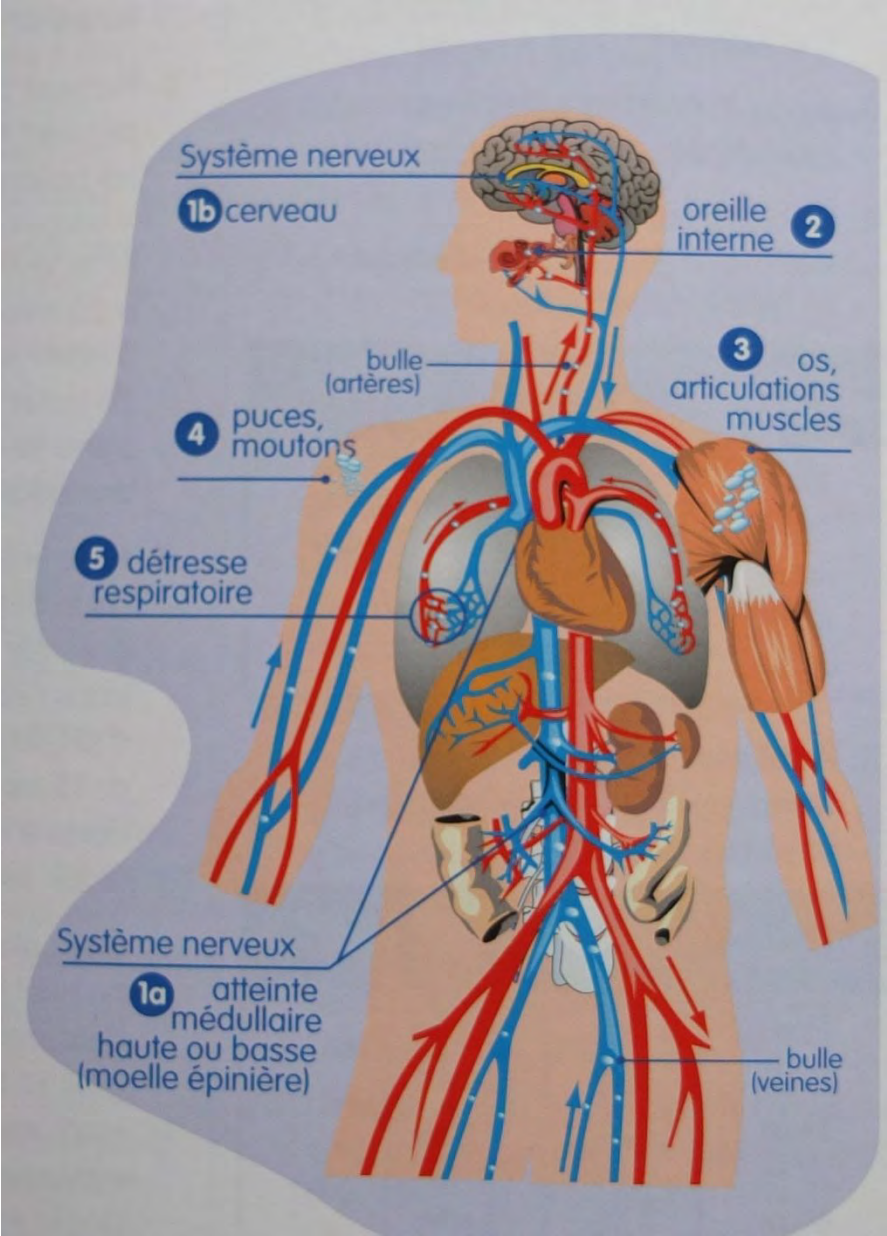
Figure 18 : La désaturation et l'accident de décompression

Cependant, cette seule loi ne suffit pas à expliquer le phénomène de désaturation. Différentes théories restent encore débattues et font toujours l'objet de nombreuses études. La formation de la bulle commence par la création de micro noyaux gazeux inférieurs à 20 microns, ensuite stabilisés par des charges ioniques ou des substances tensio-actives, protéines de la coagulation, plaquettes, etc. De la nature de cette stabilisation dépend la demi-vie dans l'organisme et la faculté à initier la formation de bulles. [14]

Les bulles formées vont grossir au cours de la remontée en raison de la diminution de pression (Loi de Mariotte).

Les bulles occasionnent des lésions en fonction de leur localisation.

La description classique des accidents de désaturation de plongée oppose les accidents bénins de type I, aux accidents graves de type II.



[31]

Figure 19 : La localisation des accidents de désaturation

LES ACCIDENTS MINEURS : TYPE I

Ces accidents sont souvent bénins mais peuvent être annonciateurs d'un accident médullaire.

Les accidents cutanés

Ils sont dus à de petites bulles dermiques ou hypodermiques.

Les puces se traduisent par un prurit prédominant au niveau du torse, disparaissant généralement en 30 minutes. Les moutons sont des plages érythémateuses et œdémateuses, accompagnées d'éruptions maculo-papuleuses douloureuses. [39]

Les accidents ostéo-arthro-musculaires

Ces accidents, aussi appelés « bends », siègent le plus souvent au niveau d'une grosse articulation d'un membre soumis au travail, au niveau des tendons ou de localisation osseuse. La symptomatologie évoque une tendinopathie, avec une douleur articulaire dont le début est insidieux, le plus souvent dans les 15 minutes suivant la fin de plongée. L'accident peut évoluer vers une ostéonécrose. [14]

Le malaise général

Il s'agit d'une asthénie intense au décours d'une plongée, sans commune mesure avec les efforts fournis. La survenue de cette symptomatologie traduit les désordres biologiques de la maladie de décompression.

Les accidents neurologiques médullaires

Ce sont les plus fréquents (70% des ADD, et 75% des accidents neurologiques). Ils se caractérisent par leur polymorphisme. La douleur lombaire ou abdominale initiale en coup de poignard, lorsqu'elle est présente, est pathognomonique. Le plus souvent, les signes inauguraux sont des fourmillements, des sensations de faiblesse musculaire, qui peuvent évoluer jusqu'à une paraplégie. Tout symptôme neurologique survenant dans les 24h suivant une plongée doit évoquer un ADD.

Les accidents cérébraux

Plus rares, ils sont essentiellement dus à une embolie gazeuse cérébrale.

Les accidents cochléo-vestibulaires ou labyrinthiques

Fréquents, ils sont dus à une embolie gazeuse dans l'une des branches de l'artère cochléo-vestibulaire ou dans les liquides labyrinthiques. Le tableau clinique est bruyant et précoce, les premières manifestations peuvent survenir durant la plongée. On retrouve un syndrome vertigineux rotatoire, accompagné de nausées et vomissements. Le diagnostic différentiel est à faire avec un ADD cérébelleux ou un accident barotraumatique labyrinthique.

Les accidents respiratoires

Egalement appelée « chokes », cette atteinte est liée à la formation massive d'embolies gazeuses veineuses au niveau pulmonaire. Elle se caractérise par un ensemble de signes pulmonaires : dyspnée, toux, gêne respiratoire avec oppression thoracique et douleur rétro-sternale. Le diagnostic différentiel est à effectuer avec une surpression pulmonaire ou un œdème aigu du poumon. [40-41]

PRISE EN CHARGE

La prise en charge initiale est une administration d'oxygène à 100% et à 15 l/min. Si le diagnostic d'ADD est retenu, le patient bénéficiera d'une séance d'oxygénothérapie hyperbare (OHB) au caisson le plus proche. En augmentant la pression ambiante, l'OHB réduit la taille des bulles (Mariotte). L'oxygène augmente le gradient d'azote, contribuant à la résorption bullaire et à la dénitrogénéation tissulaire.

Le retard de traitement peut influencer le résultat. [42]

Une fiche d'alerte est disponible en annexe 2.

Le corps humain est composé de plusieurs types de tissus de densités variable, plus ou moins vascularisés, quiaturent et désaturent à des vitesses variables. Pour simplifier les phénomènes de désaturations, le corps humain est modélisé par système composé de 12 compartiments qui possèdent des vitesses de saturation-désaturatiuon variables.

Les liquides tels que le LCR sont considérés comme des compartiments rapides alors que les tissus osseux, eux, sont considérés comme des compartiments très lents, c'est-à-dire quiaturent et par voie de conséquence, désaturent très lentement.

Afin d'éviter tout risque d'accident de décompression, il est indispensable d'adopter une vitesse de remontée suffisamment lente pour permettre la désaturation durant la remontée des tissus les plus rapides mais suffisamment rapide pour éviter de poursuivre le phénomène de saturation durant la remontée (au-delà de 20m).

La vitesse de remontée ne doit pas dépasser la vitesse de désaturation tissulaire à pression décroissante. La vitesse de remontée maximale est de 15m par minute et les paliers sont effectués si trop d'azote a été accumulé durant la plongée. [36]

De même, il est contre indiqué de prendre l'avion dans les 24h consécutives à une plongée, ou de monter rapidement en altitude.

Les accidents de décompression sont la conséquence de plongées mal conduites ou réalisées dans de mauvaises conditions physiologiques. Dans 60% des cas, il n'y a pas de fautes de procédures. Les facteurs de risques favorisent les accidents et il importe que les plongeurs en soient informés. La connaissance des signes cliniques permet de réduire le délai de prise en charge que l'on sait déterminant pour le pronostic fonctionnel. [14]. [43]

Les points importants pour éviter l'accident, le reconnaître et le prendre en charge :

- Etre à l'écoute de son organisme : les accidentés reconnaissent souvent a posteriori avoir ressenti quelque chose d'anormal
- Remonter au moindre incident
- Faire boire et mettre sous oxygène
- Ne pas hésiter à alerter les secours
- Ce n'est pas la personne qui doit s'adapter à la plongée, mais la plongée qui doit être adaptée à chacun ...

I.3.2. EPIDEMIOLOGIE DES ACCIDENTS DE PLONGEE

En France, le nombre de victimes d'accidents de plongée sous-marine de loisir n'est pas appréhendé dans sa globalité. Pour estimer leur incidence, nous étudierons l'enquête publiée par la FFESSM et une étude du CROSS-MED, qui recensent une partie des accidents.

1. La Fédération Française d'Etude et de Sports Sous-Marins

La commission Médicale et de Prévention de la FFESSM étudie tous les ans les accidents de plongée qui lui sont déclarés. La déclaration n'étant pas systématique, une grande partie des accidents échappent à cette évaluation.

En 2011, 258 accidents ont été recensés, ce qui confirme la tendance à la baisse observée depuis plusieurs années. Parmi eux, 53 accidents étaient avérés, soit 20,5% des plongeurs traités.

La majorité des accidents (65,2%) concerne des plongeurs autonomes (niveau 2 ou supérieur) et la zone la plus accidentogène est comprise entre 25 et 40m de profondeur (48,9%).

66% des accidents ont eu lieu lors d'une plongée avec respect du profil choisi, mais on note l'existence de facteurs favorisant dans 70,5% des cas (fatigue, effort pendant ou après la plongée, obésité, plongées successives). [44]

Tableau de la répartition par type d'accident en 2011 [44]

Type d'accident		Nombre d'accidents
Accident de décompression	Neurologique médullaire	13/51 (25,5%)
	Neurologique cérébral	6/51 (12%)
	Labyrinthique	16/51 (31,3%)
	Ostéo-articulaire	5/51 (9,8%)
Accident barotraumatique	Cochléo-vestibulaire	4
	Pulmonaire	2

2. Le CROSS-MED

Marc Bonnafous a analysé les accidents de plongée traités par le CROSS-MED (Centre Régional Opérationnel de Surveillance et de Sauvetage en Méditerranée) de 2001 à 2005. Le CROSS-MED dirige en moyenne annuelle 80 à 100 opérations de recherche et de sauvetage pour la plongée autonome. C'est l'organisme à prévenir en cas de difficulté en mer.

De 1983 à 2006, la médiane enregistrée des décès en plongée autonome en Méditerranée est de 10 par an. Ces données sont cependant incomplètes par définition, car elles ne concernent que les accidents survenus et traités en mer, portés à la connaissance du CROSS sur le littoral méditerranéen. [28]

3. Tendances 2011-2013

Selon la Préfecture Maritime de la Méditerranée, 73 accidents ont été traités dans des opérations menées par le CROSS en 2011 sur le littoral méditerranéen, parmi lesquels 14 plongeurs sont décédés. [45]

En 2012, le bilan est de 8 plongeurs sous-marin en scaphandre autonome décédés et 9 en 2013. [46-47]

4. Conclusion

Ces chiffres ne sont cependant pas exhaustifs, d'une part en raison de la difficulté de reconnaître l'accident de plongée et, d'autre part, en raison de méthodes de recueil de ces accidents.

Bien qu'incomplets, ces bilans annuels témoignent du risque réel que peut constituer la pratique de la plongée sous-marine.

Le nombre d'accidents reste stable depuis plusieurs années, malgré une augmentation du nombre des pratiquants et un vieillissement de la population des plongeurs.

De plus, l'accident concerne rarement des plongeurs inconscients qui ne respecteraient pas les procédures.

I.3. DEPASSER LES LIMITES : LA PLONGEE TECHNIQUE

I.3.1. LA PLONGEE A L'AIR

La plongée profonde à l'air impose des problématiques physiologiques que nous avons évoquées précédemment : la décompression, la narcose à l'azote, et l'hyperoxie.

La plongée à l'air est donc, pour des raisons de sécurité, limitée à 60m.

En réponse à ces limitations, le plongeur dispose de solutions à travers l'usage de plusieurs gaz.

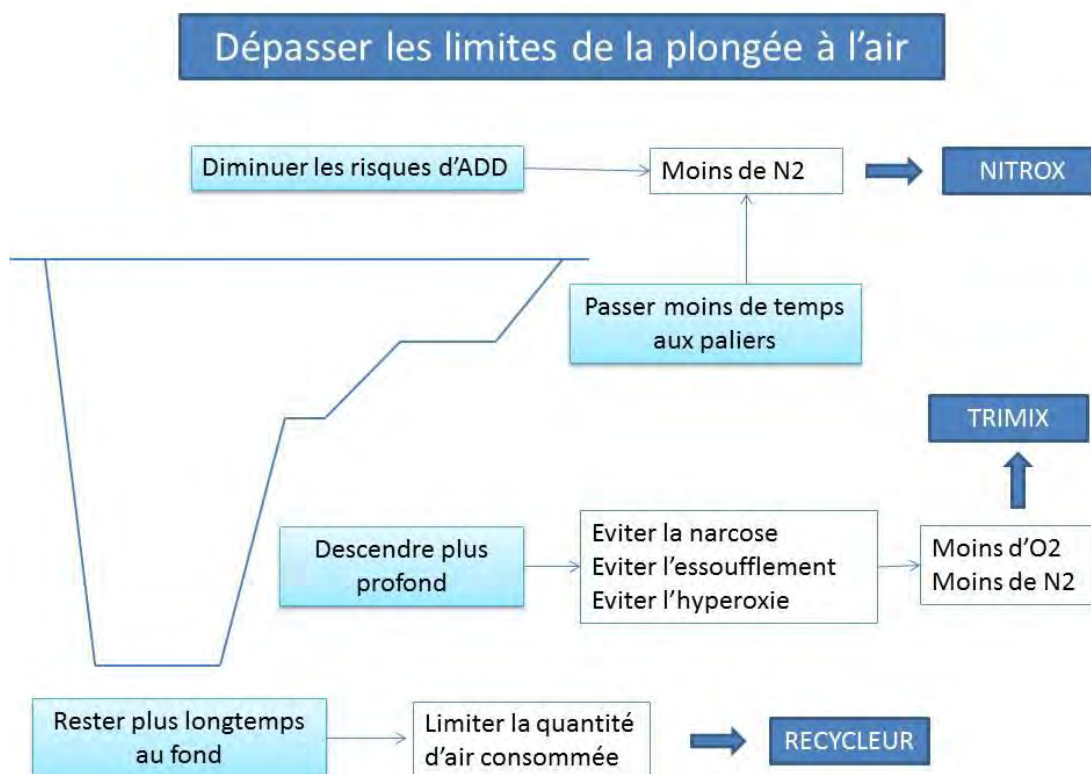


Figure 20 : Dépasser les limites de la plongée a l'air : les mélanges

Il est essentiel de connaître les caractéristiques et les risques de ces différents gaz et éventuellement d'apprendre à manipuler une plus grande quantité de matériel. Cette quantité, pour les plongées profondes aux mélanges tels que le trimix, est rendue obligatoire par le transport des différents gaz sélectionnés.

I.3.2. LA PLONGEE TECHNIQUE ET LES MELANGES GAZEUX

La plongée technique (appelée également plongée tek) est une forme de plongée sous-marine qui se pratique plus profondément que la plongée loisir (bien que la majorité des plongeurs techniques plongent avant tout dans un but de loisir).

Le Nitrox

Le terme «Nitrox» vient de la contraction des mots NITRogen (azote en anglais) et OXYgen. Une plongée au Nitrox est réalisée avec un air enrichi en oxygène (O₂) et donc appauvri en azote (N₂).

L'intérêt de telles plongées est de réduire la charge en azote, afin de :

- diminuer la fatigue de fin de plongée, due en grande partie à l'élimination de l'azote en excès,
- accroître la sécurité des plongées en réduisant les risques d'accidents de désaturation.

Le Nitrox peut être utilisé soit durant toute la plongée, soit uniquement durant la phase de désaturation après une plongée à l'air ou au trimix (azote, hélium, oxygène).

Un mélange Nitrox se caractérise par deux nombres (exemple 32/68). Le premier indique le pourcentage d'oxygène, le second celui d'azote.

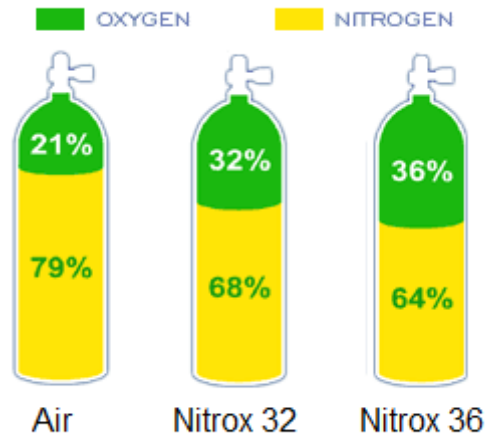


Figure 21 : Exemple de mélanges Nitrox

Les plongées au Nitrox nécessitent cependant de respecter strictement une profondeur plancher afin de prévenir les risques de crise d'hyperoxie. Cette profondeur plancher est calculée en fonction de deux éléments :

- le pourcentage d'oxygène (O₂) du Nitrox utilisé,
- la pression partielle maximum acceptée.

Le Trimix

Le trimix, contraction du mot « tri » (trois) et « mix » (mélange), est un mélange ternaire, c'est-à-dire un mélange gazeux constitué de trois gaz : le dioxygène (O₂), l'hélium (He) et le diazote (N₂). Il est utilisé à la place de l'air dans le cadre de la plongée profonde (typiquement au-delà de 40 m), et permet de plonger jusqu'à la profondeur de 120m.

Il réduit la narcose tout en évitant la toxicité de l'oxygène. La densité de l'hélium étant inférieure à celle de l'air, le travail respiratoire est diminué et le risque d'essoufflement minoré.

Parmi ces inconvénients, on retrouve la complexité des paliers et le changement de gaz nécessaires sous l'eau, le matériel emporté étant par conséquent plus important,

la déperdition calorique augmentée, ainsi que le prix et la difficulté de préparation et d'analyse.



Figure 22 : L'équipement de plongeurs trimix

Le Recycleur

Avec le recycleur, le plongeur respire en "circuit fermé" : l'air expiré est recyclé et réutilisé.

Cette technique offre bien des avantages : des plongées plus longues (3 à 4h d'autonomie), une possibilité de plongées plus profondes, des paliers plus courts et surtout, l'absence de bulles et de bruit.

Le recycleur demande cependant une formation exigeante et une grande rigueur dans la préparation et l'utilisation. La flottabilité est à ré-envisager totalement en l'absence de poumon ballast (technique de plongée à l'air, permettant de faire varier grâce au volume d'air pulmonaire la profondeur à laquelle le plongeur évolue). La sécurité doit être une préoccupation constante et faire l'objet de nombreuses vérifications. Le coût de cette pratique est encore important.

Afin d'accéder à de nouveaux espaces d'évolution, la plongée technique se développe.

Il est nécessaire d'approfondir les connaissances encore incomplètes sur les effets physiologiques de la plongée à l'air et de développer l'évaluation des plongées tek.

I.4. L'APTITUDE A PLONGER

Dans le milieu aquatique, la moindre défaillance physique, physiologique ou psychologique peut entraîner des conséquences graves sur le plan fonctionnel ou vital. Les frontières physiologiques sont très variables d'un individu à l'autre. L'évaluation de ces limites doit être rigoureuse, afin de limiter les risques liés à la pratique de la plongée sous-marine.

La finalité de la visite médicale d'aptitude initiale à la plongée est de :

- dépister toutes les anomalies susceptibles de causer un accident de plongée ou un accident en plongée,
- dépister toutes les pathologies pouvant s'aggraver du fait de la plongée,
- déterminer les limites physiologiques et juger des capacités d'adaptation de l'organisme aux variations de pressions.

La décision de contre-indication se base sur l'existence d'un risque hypothétique de dangerosité. Par conséquent, des incertitudes existent et différentes décisions peuvent être prises face à une même pathologie. [14]

La commission médicale et de prévention nationale de la FFESSM établit tous les ans une liste de contre-indications à la plongée en scaphandre autonome (non exhaustive), divisée en contre-indications définitives ou temporaires.

CONTRE-INDICATIONS à la PLONGEE en SCAPHANDRE AUTONOME

Cette liste est indicative et non limitative. Les problèmes doivent être abordés au cas par cas, éventuellement avec un bilan auprès d'un spécialiste, la décision tenant compte du niveau technique (débutant, plongeur confirmé ou encadrant).
En cas de litige, la décision finale doit être soumise à la Commission Médicale et de Prévention Régionale, puis en appel, à la Commission Médicale et de Prévention Nationale.

	Contre indications définitives	Contre indications temporaires
Cardiologie	Cardiopathie congénitale Insuffisance cardiaque symptomatique Cardiomyopathie obstructive Pathologie avec risque de syncope Tachycardie paroxystique BAV II ou complet non appareillés Maladie de Rendu-Osler Valvulopathies(*)	Hypertension artérielle non contrôlée Coronaropathies : à évaluer(*) Péricardite Traitement par anti-arythmique : à évaluer(*) Traitement par bêta-bloquants par voie générale ou locale: à évaluer (*) Shunt D G découvert après accident de décompression à symptomatologie cérébrale ou cochléo-vestibulaire(*)
Oto-rhino-laryngologie	Cophose unilatérale Évidement pétromastoïdien Ossiculoplastie Trachéostomie Laryngocèle Déficit audio. bilatéral à évaluer (*) Otospongiose opérée Fracture du rocher Destruction labyrinthique uni ou bilatérale Fistule peri-lymphatique Déficit vestibulaire non compensé	Chirurgie otologique Épisode infectieux Polypose nasosinusienne Difficultés tubo-tympaniques pouvant engendrer un vertige alterno-barique Crise vertigineuse ou au décours immédiat d'une crise Tout vertige non étiqueté Asymétrie vestibulaire sup. ou égale à 50%(6mois) Perforation tympanique(et aérateurs trans-tympaniques) Barotraumatismes de l'oreille interne ADD labyrinthique +shunt D-G :à évaluer(*)
Pneumologie	Insuffisance respiratoire Pneumopathie fibrosante Vascularite pulmonaire Asthme :à évaluer (*) Pneumothorax spontané ou maladie bulleuse, même opéré : à évaluer(*) Chirurgie pulmonaire	Pathologie infectieuse Pleurésie Traumatisme thoracique
Ophthalmologie	Pathologie vasculaire de la rétine, de la choroïde, ou de la papille, non stabilisées, susceptibles de saigner Kératocône au delà du stade 2 Prothèses oculaires ou implants creux Pour les N3, N4 , et encadrants : vision binoculaire avec correction<5/10 ou si un œil<1/10,l'autre <6/10	Affections aiguës du globe ou de ses annexes jusqu'à guérison Photokératectomie réfractive et LASIK : 1 mois Phacoémulsification-trabéculéctomie et chirurgie vitro-rétinienne : 2 mois Greffe de cornée : 8 mois Traitement par bêta bloquants par voie locale : à évaluer(*)
Neurologie	Épilepsie Syndrome déficitaire sévère Pertes de connaissance itératives Effraction méningée neurochirurgicale, ORL ou traumatique Incapacité motrice cérébrale	Traumatisme crânien grave à évaluer
Psychiatrie	Affection psychiatrique sévère Éthylisme chronique	Traitement antidépresseur, anxiolytique, par neuroleptique ou hypnogène Alcoolisation aiguë
Hématologie	Thrombopénie périphérique, thrombopathies congénitales. Phlébites à répétition, troubles de la crase sanguine découverts lors du bilan d'une phlébite. Hémophiles : à évaluer (*)	Phlébite non explorée
Gynécologie		Grossesse
Métabolisme	Diabète traité par insuline : à évaluer (*) Diabète traité par antidiabétiques oraux (hormis biguanides)	Tétanie / Spasmophilie
Dermatologie	Différentes affections peuvent entraîner des contre-indications temporaires ou définitives selon leur intensité ou leur retentissement pulmonaire, neurologique ou vasculaire	
Gastro-Entérologie	Manchon anti-reflux	Hernie hiatale ou reflux gastro-œsophagien à évaluer
Toute prise de médicament ou de substance susceptible de modifier le comportement peut être une cause de contre-indication		
La survenue d'une maladie de cette liste nécessite un nouvel examen		
Toutes les pathologies affectées d'un (*) doivent faire l'objet d'une évaluation, et le certificat médical de non contre indication ne peut être délivré que par un médecin fédéral		
La reprise de la plongée après un accident de désaturation, une surpression pulmonaire, un passage en caisson hyperbare ou autre accident de plongée sévère, nécessitera l'avis d'un Médecin Fédéral ou d'un médecin spécialisé selon le règlement intérieure de la C.M.P.N.		

Le contrôle médical annuel est une obligation légale pour les fédérations sportives en France (dont la FFESSM). Les autres organismes organisant des plongées peuvent par conséquent définir leur propre règle en matière de visite médicale d'aptitude, moins restrictive, voire même se dispenser de contrôle.

L'aptitude ne peut se concevoir à long terme, la réévaluation régulière est essentielle.

Au-delà des contrôles médicaux, chaque plongeur doit évaluer son aptitude « instantanée » au vu de son état psychologique, physique et physiologique et de sa consommation de médicaments. Il doit être capable de déceler une contre-indication temporaire et renoncer à plonger si sa situation médicale ne le permet pas.

La FFESSM conseille aux membres et licenciés de privilégier, chaque fois que possible, le recours à un médecin fédéral et ce, même dans les cas où le certificat de non-contre-indication peut être délivré par tout médecin. [48]

La visite médicale est un moment crucial dans le parcours du plongeur.

Le certificat de non-contre-indication est cependant le reflet de l'état de santé du plongeur à un instant donné et il est de la responsabilité du plongeur d'évaluer son état de santé avant chaque plongée.

2

L'AUTOMÉDICATION DU PLONGEUR

II.1. L'AUTOMEDICATION

L'automédication s'inscrit dans un comportement général de soin qu'une personne se prodigue elle-même sans prendre l'avis d'un professionnel de la santé. L'Académie Nationale de Pharmacie précise que « l'automédication constitue une démarche, un comportement d'accès aux soins, et non une classe de médicament ». [49]

En 2013, 70% des répondants à une enquête sur l'automédication en France déclarent acheter au moins une fois par an des médicaments sans ordonnance et 81,6% réutilisent les médicaments dont ils disposent. [50]

II.1.1. DEFINITION ET CONTEXTE DE L'AUTOMEDICATION

Le médicament

Le médicament est défini de façon claire et sans contestation possible sur le plan juridique, faisant l'objet d'une définition communautaire et nationale par l'article L5111-1 du Code de la Santé Publique (CSP).

« On entend par médicament toute substance ou composition présentée comme possédant des propriétés curatives ou préventives à l'égard des maladies humaines ou animales, ainsi que toute substance ou composition pouvant être utilisée chez l'homme ou chez l'animal ou pouvant leur être administrée en vue d'établir un diagnostic médical ou de restaurer, corriger ou modifier leurs fonctions physiologiques en exerçant une action pharmacologique, immunologique ou métabolique.

Sont notamment considérés comme des médicaments, les produits diététiques qui renferment dans leur composition des substances chimiques ou biologiques ne constituant pas elles-mêmes des aliments, mais dont la présence confère à ces produits, soit des propriétés spéciales recherchées en thérapeutique diététique, soit des propriétés de repas d'épreuve.

Les produits utilisés pour la désinfection des locaux et pour la prothèse dentaire ne sont pas considérés comme des médicaments.

Lorsque, eu égard à l'ensemble de ces caractéristiques, un produit est susceptible de répondre à la fois à la définition du médicament prévue au premier alinéa et à celle d'autres catégories de produits régies par le droit communautaire ou national, il est, en cas de doute, considéré comme un médicament ».

Les médicaments sont des produits qui ont fait l'objet d'une autorisation de mise sur le marché (AMM) délivrée par l'Agence Nationale de Sécurité du Médicament et des produits de santé (ANSM).

Parmi les médicaments, on distingue :

- **les substances vénéneuses**, soumises à une réglementation spéciale (Art L5132-1 CSP). On retrouve parmi les substances vénéneuses :

Les substances stupéfiantes et psychotropes

Au niveau international, les stupéfiants et les psychotropes figurent sur des listes annexées à des conventions des Nations Unies dont la France est signataire. En France, la réglementation actuelle reprend cette classification et liste les substances nécessitant une surveillance particulière. Le classement d'une substance repose sur une évaluation du potentiel d'abus, de dépendance et des risques pour la santé publique, au regard de son éventuel intérêt thérapeutique.

Un psychotrope est une substance chimique qui agit sur le système nerveux central en induisant des modifications de la perception, des sensations, de l'humeur ou de la conscience.

Les substances inscrites sur les listes I et II

Ces substances sont susceptibles de présenter directement ou indirectement un risque pour la santé. L'activité ou les effets indésirables de ces médicaments nécessitent une surveillance médicale. La liste I comprend les produits présentant le plus de risques pour la santé.

Les substances vénéneuses sont soumises à une prescription médicale obligatoire.

- **Les substances « hors liste »**

Par défaut, les substances n'appartenant pas à ces listes ne sont pas soumises à prescription. On parle alors de prescription médicale facultative (PMF).

Les PMF sont des produits dont la toxicité est modérée, y compris en cas de surdosage et d'emploi prolongé et dont l'emploi ne nécessite pas a priori un avis médical.

L'Agence Nationale de Sécurité du Médicament et des produits de santé (ANSM) fixe la liste des médicaments, dits médicaments de médication officinale, que le pharmacien d'officine peut présenter en accès direct au public (article R. 4235-55).

[51]

Définition de l'automédication

L'usage du terme automédication est un terme courant qui ne fait pas l'objet d'une définition unique.

Il s'agit d'un comportement d'accès au soin et non d'une classe de médicament.

La définition stricte de l'automédication est le fait pour un patient d'avoir recours à un ou plusieurs médicaments à prescription médicale facultative, dispensés dans une pharmacie et non effectivement prescrite par un médecin.

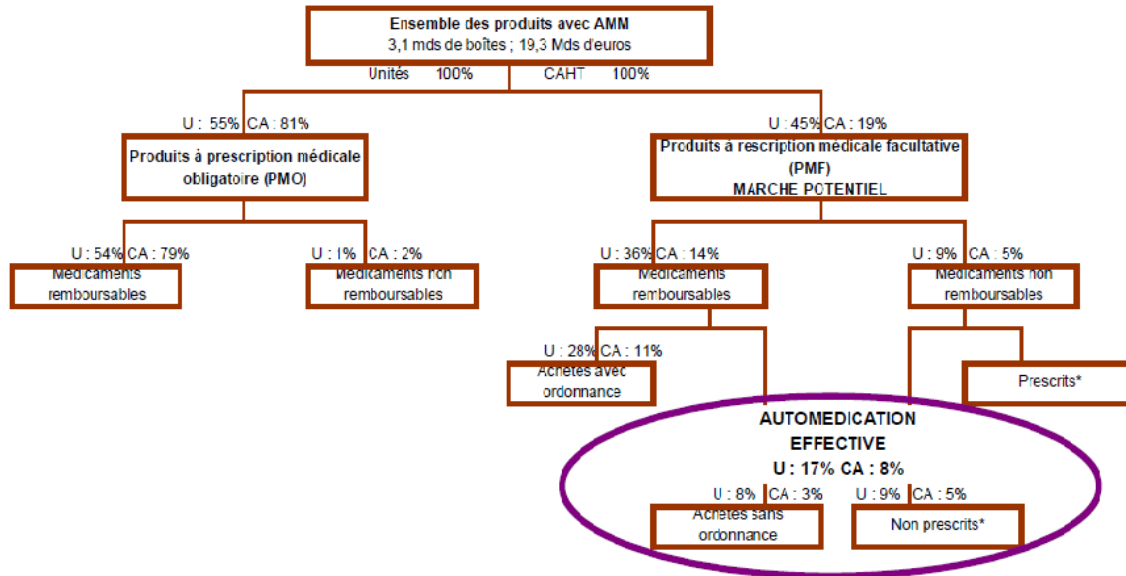
Nous retiendrons ici la définition du Conseil National de l'Ordre des Médecins, plus vaste, qui tient compte de la réalité des pratiques.

« L'automédication est l'utilisation, hors prescription médicale, par des personnes pour elles-mêmes ou pour leurs proches et de leur propre initiative, de médicaments considérés comme tels et ayant reçu l'AMM avec la possibilité d'assistance et de conseil de la part des pharmaciens ». [52-54]

Produits consommés

Les premiers produits utilisés dans le cadre de l'automédication sont, par définition, les médicaments à PMF.

Poids des PMF dans le marché total en France



* les données dont nous disposons ne permettent pas de déterminer la part des médicaments prescrits dans les médicaments à PMF non remboursables
On considère par conséquent que l'ensemble des médicaments à PMF non remboursables sont acquis sans prescriptions

[55]

Figure 23 : Médicaments consommés en France

Au-delà de cette automédication dite « effective », on retrouve également l'utilisation de produits anciennement prescrits, personnellement ou à un proche, issus de l'armoire à pharmacie familiale. [56]

Sources d'approvisionnement

La source d'approvisionnement est majoritairement la pharmacie d'officine.

Depuis le 2 janvier 2013, les pharmaciens établis en France, titulaires d'une pharmacie d'officine, peuvent vendre des médicaments sur Internet. On entend par commerce électronique de médicaments l'activité économique par laquelle le pharmacien propose ou assure à distance et par voie électronique la vente au détail

et la dispensation au public des médicaments à usage humain. En France, les médicaments qui peuvent être commercialisés en ligne sont les médicaments non soumis à prescription médicale obligatoire. Cette pratique est encadrée par le code de la santé publique (articles L. 5125-33 et suivants, et R. 5125-70 et suivants).

N'oublions pas, par ailleurs, les médicaments achetés à l'étranger, lors d'un voyage de plongée par exemple.

Facteurs motivationnels

Il ressort de différentes études que la motivation la plus importante pour recourir à l'automédication semble être le besoin de soulagement rapide. Viennent ensuite le fait que le problème est considéré comme bénin et ne nécessite pas de consultation médicale et le fait qu'il s'agit d'un problème familial pour lequel le médicament est déjà connu.

On retrouve également la difficulté à se rendre chez le médecin pour une consultation. [55-56]

Sources d'informations

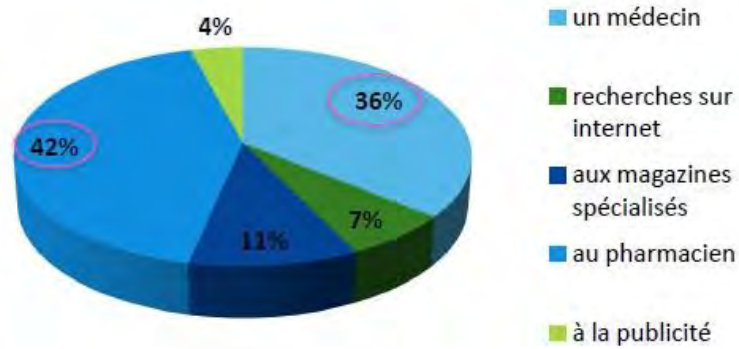


Figure 24 : L'information du consommateur, baromètre AFIPA 2013

On note, d'après cette étude, que les professionnels de santé sont plébiscités par les patients comme interlocuteur de confiance. Cependant, 1/5 des patients font confiance à d'autres sources d'informations. [50] [57]

Le plongeur est, au même titre que les autres patients, un consommateur d'automédication pour traiter ses pathologies courantes.

II.1.2. AUTOMEDICATION ET DOPAGE

Plusieurs études, sur lesquelles nous reviendrons en détail ultérieurement, ont montré que les plongeurs consomment fréquemment des médicaments avant de plonger.

L'automédication dans le contexte d'une plongée comporte deux sources principales de difficultés : le problème de santé traité et le médicament lui-même.

Ces paramètres peuvent être incompatibles avec une activité sous-marine.

Une conduite dopante se définit par la consommation d'un produit pour affronter ou surmonter un obstacle réel ou ressenti, dans un but de performance. [58]

Il faut distinguer le dopage de la conduite dopante. La conduite dopante est la consommation de substances, quelles qu'elles soient, en vue d'être plus performant. On tient moins compte du produit que de la motivation à l'origine de la consommation. Dans ce contexte, le dopage est une conduite dopante particulière qui concerne une population particulière, les sportifs, et une liste de médicaments bien précis, les produits dopants. [59]

Consommation de médicaments dans une conduite de dopage

Les produits consommés peuvent être divisés en deux classes :

- Les produits interdits

La liste des interdictions est élaborée par l'Agence Mondiale Antidopage (AMA) et est actualisée chaque année pour une entrée en vigueur au 1er janvier de l'année suivante. Elle regroupe les substances et méthodes qui satisfont à au moins deux des trois critères suivants :

- Améliore la performance
- Présente un risque pour la santé
- Est contraire à l'esprit sportif

En France, la liste des interdictions du Code mondial antidopage est adoptée chaque année par décret. [60-62]

- Les produits non interdits

De nombreuses molécules n'appartenant pas à la liste des produits dopants sont utilisées afin d'améliorer les performances sportives. [63]

Motivations à la conduite dopante dans la pratique de la plongée sous-marine

Ce travail étudie les pratiques du plongeur sous-marin de loisir, ce qui exclut donc les sportifs de haut niveau et les professionnels. Contrairement aux autres sports, il n'existe pas de compétition en plongée. Le loisir s'oppose ici à la pratique professionnelle.

La pratique de la plongée sous-marine ne présente pas les mêmes exigences que les sports « terrestres ». En effet, les objectifs du dopage dans ces derniers seront d'augmenter la capacité aérobie (EPO), d'augmenter la masse musculaire (hormones, facteurs de croissance et agents anabolisants), ou enfin d'augmenter la charge de travail supportable (stimulants, narcotiques, glucocorticoïdes).

Ces objectifs ne s'appliquent pas à la plongée sous-marine de loisir dans laquelle la pratique compétitive n'existe pas. De même, la législation anti-dopage concerne uniquement le sport de haut niveau et les athlètes inscrits sur les compétitions et ne réglemente pas la plongée loisir.

Le dopage au sens strict du terme, et la consommation de substances présentes sur la liste de l'AMA (hormis les corticoïdes), n'ont pas d'intérêt pour un plongeur. Nous préférons par conséquent parler de conduite dopante.

L'objectif pour le plongeur sera d'une part, de faciliter la plongée et, d'autre part, de continuer à plonger lorsque l'état médical n'est pas optimal et compromet la pratique.

[64-65]

La consommation de substances dans un but de performance est une pratique assez courante et parfois banalisée dans le milieu de la plongée sous-marine de loisir.

Nous détaillerons maintenant les médicaments consommés et nous tenterons de décrire les usages, les comportements et les attentes qui sont liés à cet emploi.

II.2. ETAT DES LIEUX DE LA CONSOMMATION

II.2.1. ENQUETES RETROSPECTIVES : LA CONSOMMATION DE MEDICAMENTS

II.2.1.1. MATERIEL D'ETUDE

Entre 2002 et 2011, 5 études se sont intéressées à l'imprégnation médicamenteuse des plongeurs [66-70].

Elles ont été réalisées sur 4 pays (France, USA, Royaume Uni, Australie).

A travers des questionnaires anonymes, des plongeurs ont été interrogés sur leur consommation médicamenteuse, mais également sur des données démographiques, sur leurs antécédents médicaux, leur consommation de drogues et leur perception de leur pratique.

Titre de la publication	Auteurs	Pays	Année	Nombre de répondants
Medications taken daily and prior to diving by experienced scuba divers	Simone Taylor <i>et al.</i>	Australie et USA	2002	709
Evaluation de la pratique de l'automédication chez les plongeurs en scaphandre autonome	Thibaut Fraisse, Nicolas Balmes, Benoit de Wazières	France	2004	106
Les risques liés à l'usage des médicaments chez le plongeur sous-marin	Sophie Depierreux	France	2005	331
Automédication chez les plongeurs	Thierry Douge	France	2009	122
The use of drugs by UK recreational divers : prescribed and over-the-counter medications	Marguerite St Leger Dowse <i>et al.</i>	Royaume Uni	2011	531

Nous avons fait le choix de ne pas traiter les résultats de l'enquête du Dr Douge en raison du manque d'informations.

Les études seront respectivement citées par les abréviations suivantes : Taylor, FBW, Depierreux et Dowse.

Le nombre de plongeurs ayant répondu est donc de 1677.

Biais

Le questionnaire est un outil méthodologique comportant un ensemble de questions qui s'enchaînent d'une manière structurée.

On retrouve parmi les questionnaires des différentes enquêtes, et parfois même à l'intérieur d'un même questionnaire, différentes formes de questions selon les possibilités de réponses :

- Ouvertes (réponse libre, un mot, une phrase...)
- Fermées (les réponses sont proposées)

- A choix binaire (une seule réponse ou case à cocher)
- A choix multiples (de type cafétéria : réponse unique parmi la liste ou plusieurs réponses possibles)

- A échelle de valeur (donner un ordre de préférence, classer les éléments proposés)
- A échelle d'appréciation (donner un avis ou décrire une situation à partir d'une liste proposée)

De plus, les caractéristiques de l'enquête (institution à l'origine de l'enquête, durée, population interrogée, type d'enquête) diffèrent.

Il s'agit de questionnaires pour lesquels on espère la sincérité et l'exactitude du répondant.

On peut cependant raisonnablement craindre :

- Un biais des questions fermées avec liste de réponse non exhaustive : plus les questions sont précises, plus on peut espérer une réponse complète.
- Une défaillance de la mémoire,
- Un effet de halo : la réponse à la question est influencée par la réponse précédente, par exemple « Pensez-vous que les médicaments peuvent être dangereux en plongée » suivi de « quels médicament prenez-vous ? ».
- Un biais d'acquiescement : tendance à répondre « oui »
- Un désir d'impressionner par des réponses valorisantes, la crainte d'être mal jugé.

Objectif

En raison des différences entre le matériel recueilli par chaque étude, il n'est pas souhaitable de comparer les différents résultats de façon significative.

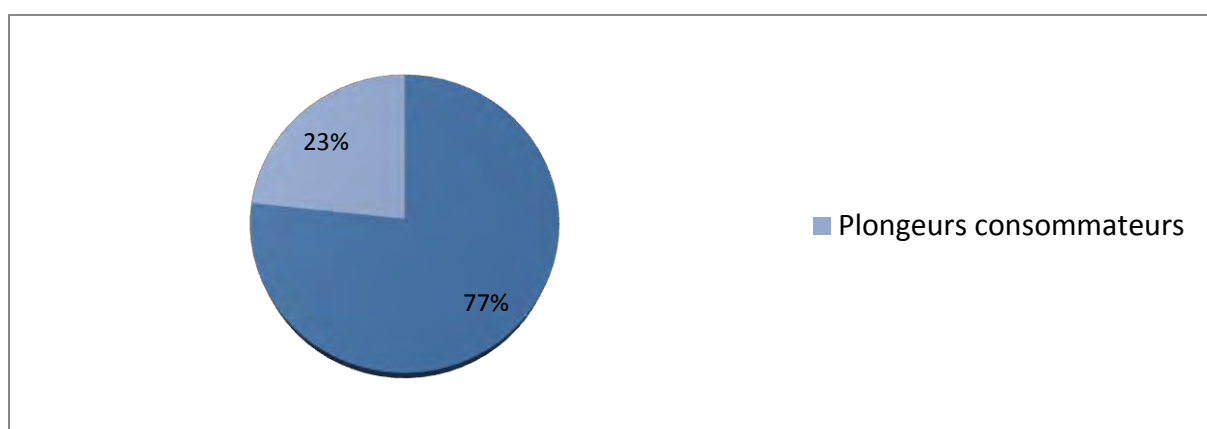
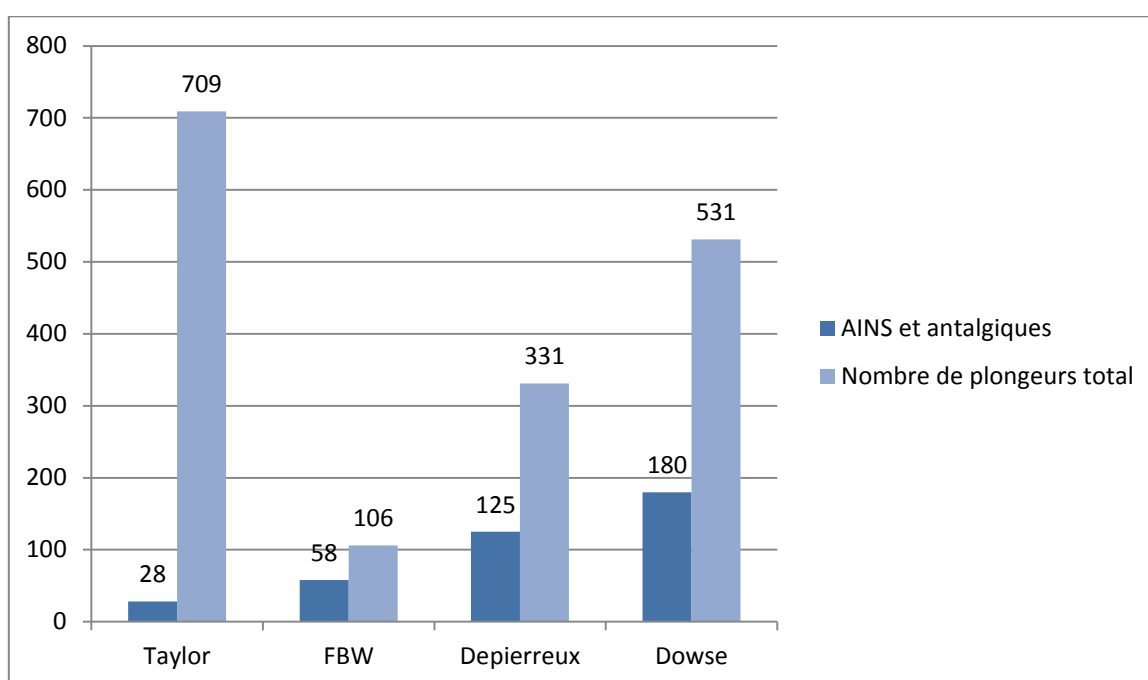
Les informations recueillies sont néanmoins intéressantes en raison des liens manifestes qui apparaissent entre les différentes études.

Le but poursuivi ici n'est pas de faire une liste exhaustive des médicaments consommés par les plongeurs, ni de leur fréquence, mais de décrire les tendances de l'automédication des plongeurs.

II.2.1.2. RESULTATS

Le tableau des résultats bruts est disponible en annexe 3.

AINS et antalgiques



Consommation d'AINS et d'antalgiques

La consommation d'anti inflammatoires non stéroïdiens (AINS) et d'antalgiques est très importante : 391 répondants soit 23,3% de l'échantillon.

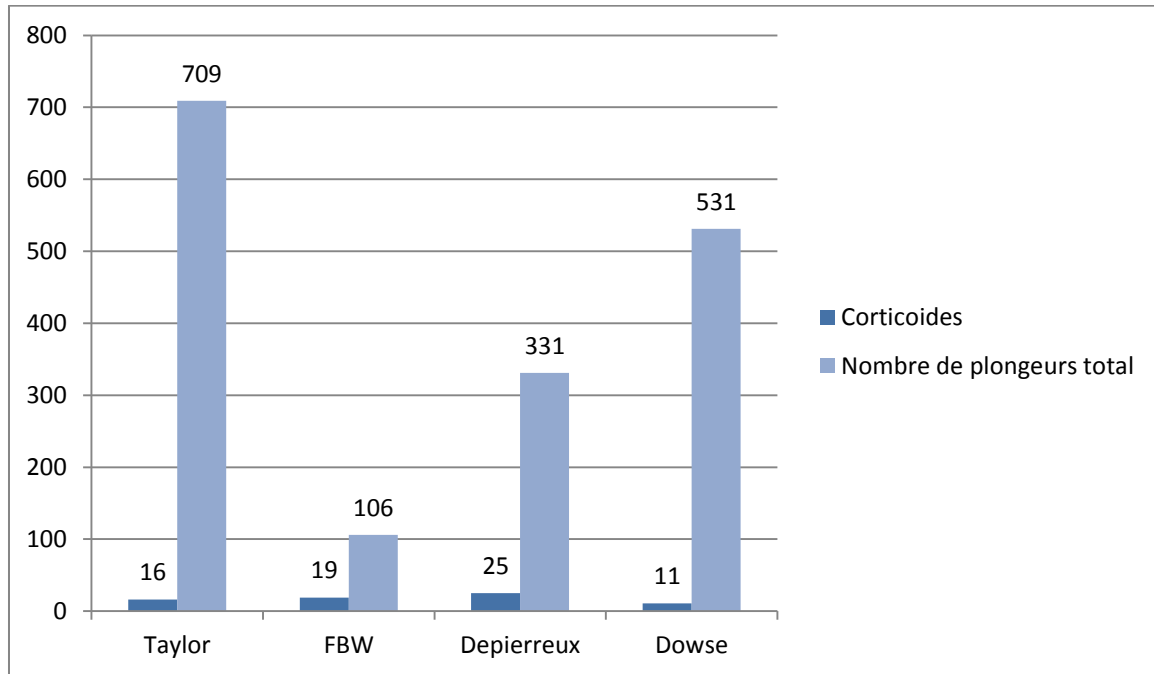
Le paracétamol, la codéine en association, l'ibuprofène, le tramadol et l'aspirine sont les 5 substances les plus vendues en France (en unités). Il n'est pas surprenant de constater qu'elles soient consommées par 23% des répondants. [71]

Aux Etats-Unis en 2002, 83% des 4263 personnes questionnées ont rapporté la prise d'antalgiques pendant l'année écoulée, dont 15% mentionnaient une consommation quotidienne. [72]

D'autres études existent, mais il est difficile de les comparer à nos informations recueillies. Il semble néanmoins que les plongeurs sous-marins de notre étude sont de forts consommateurs d'antalgiques et anti-inflammatoires.

Les raisons de cette consommation d'antalgiques sont le plus souvent les lombalgies et les céphalées chez l'adulte jeune et les douleurs liées à l'arthrose, suivies des atteintes rhumatismales inflammatoires, chez les personnes de plus de 65 ans. [73]

Corticoïdes

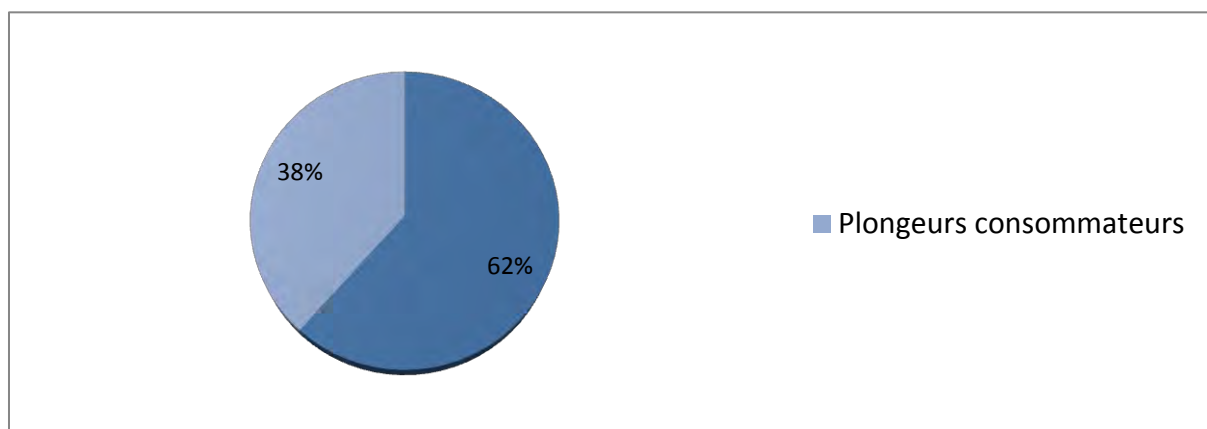
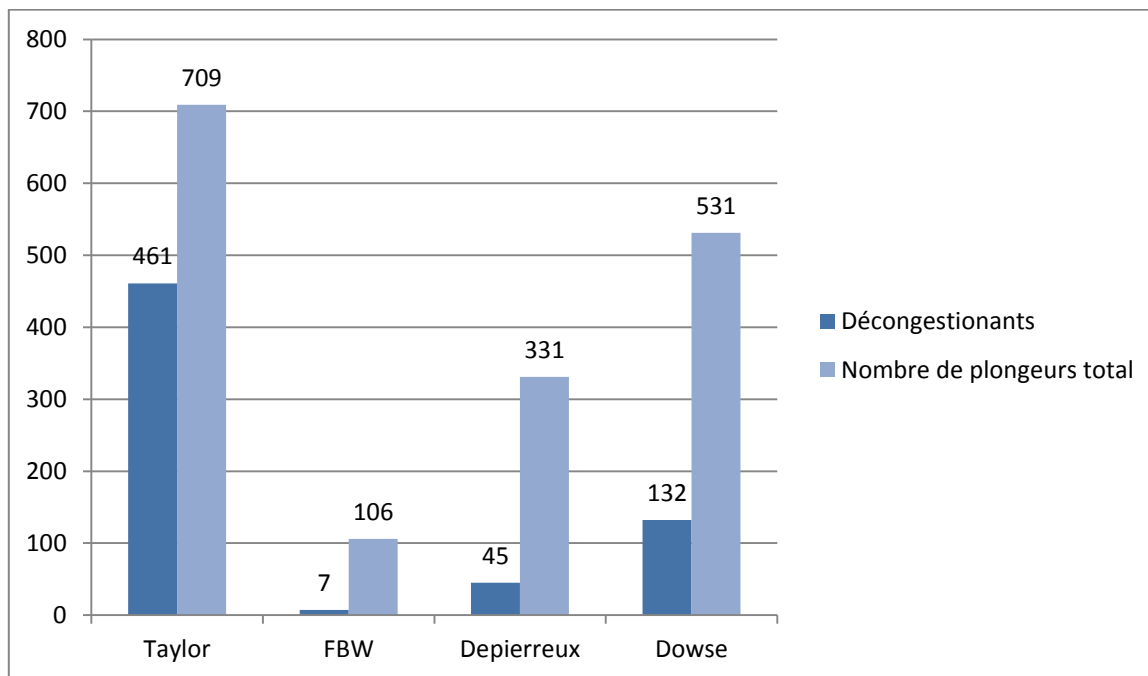


Consommation de corticoïdes

La consommation de corticoïdes, par voie orale et/ou nasale, par 4,24% des répondants (71 plongeurs) est importante pour un médicament soumis à prescription.

Il n'est malheureusement pas possible de faire une comparaison avec la consommation générale, les classes thérapeutiques et les formes étant trop variées.

Décongestionnants de la sphère ORL

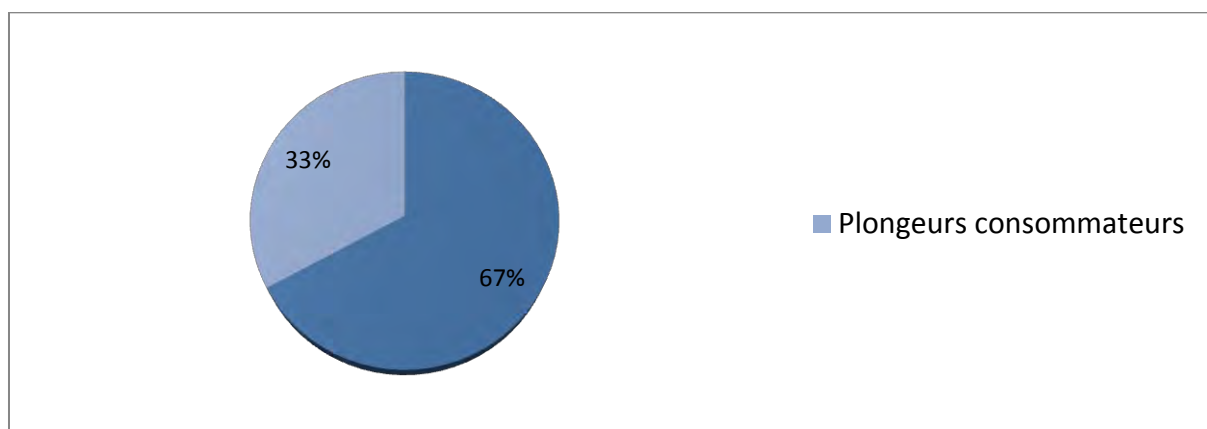
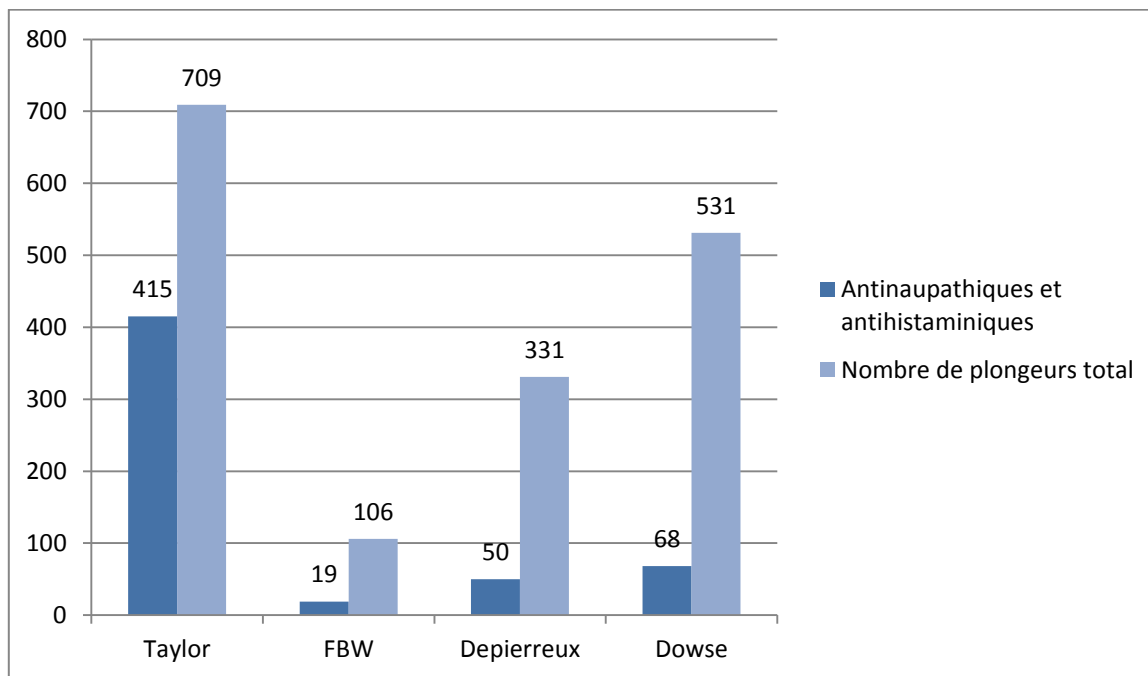


Consommation de décongestionnants de la sphère ORL

Les décongestionnants sont consommés par 38,46% des répondants de notre échantillon.

Cette forte consommation est à relier à la pratique de consommation à but préventif des otalgies à la descente, décrite plus loin.

Antinaupathiques et antihistaminiques



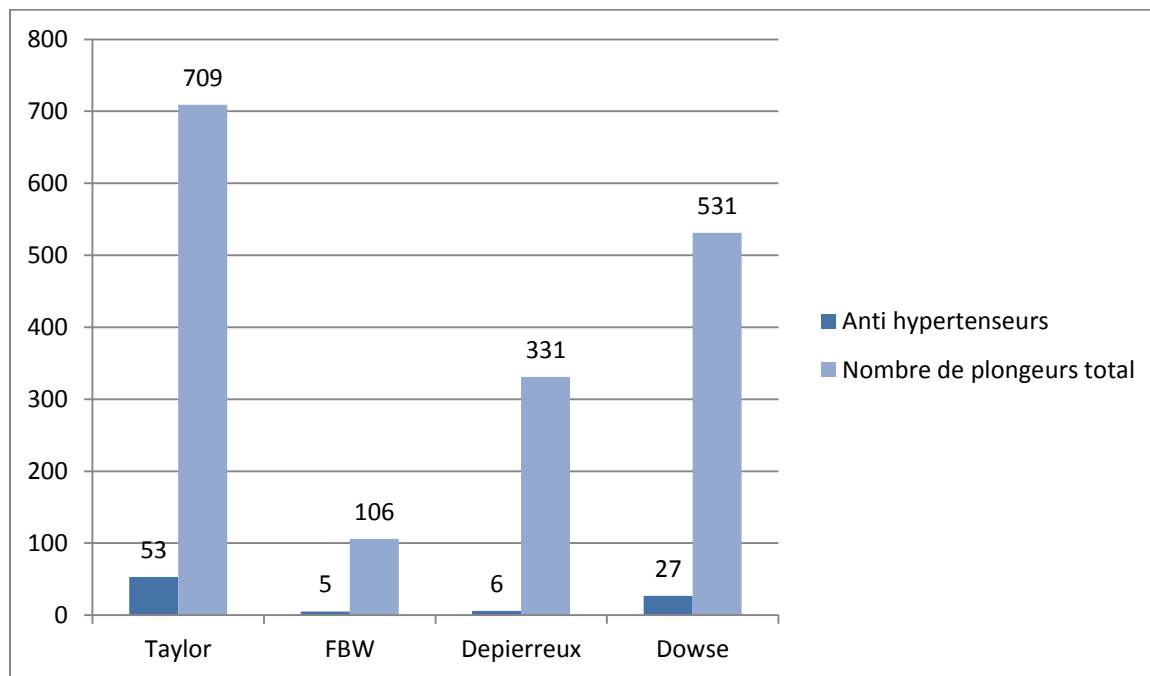
Consommation d'antinaupathiques et antihistaminiques

On retrouve ici sans surprise une importante consommation d'antihistaminiques et d'antinaupathiques. Si la raison pour laquelle ce traitement est pris n'est pas précisée, nous avons regroupé les données de ces deux classes.

Nous obtenons 32,91% de répondants qui déclarent utiliser des antinaupathiques et antihistaminiques.

Les trajets en bateau entre la côte et le site de plongée sont fréquents, on peut donc supposer que la part en vue de prévenir ou traiter le mal de mer est plus importante que dans la population générale.

Anti hypertenseurs



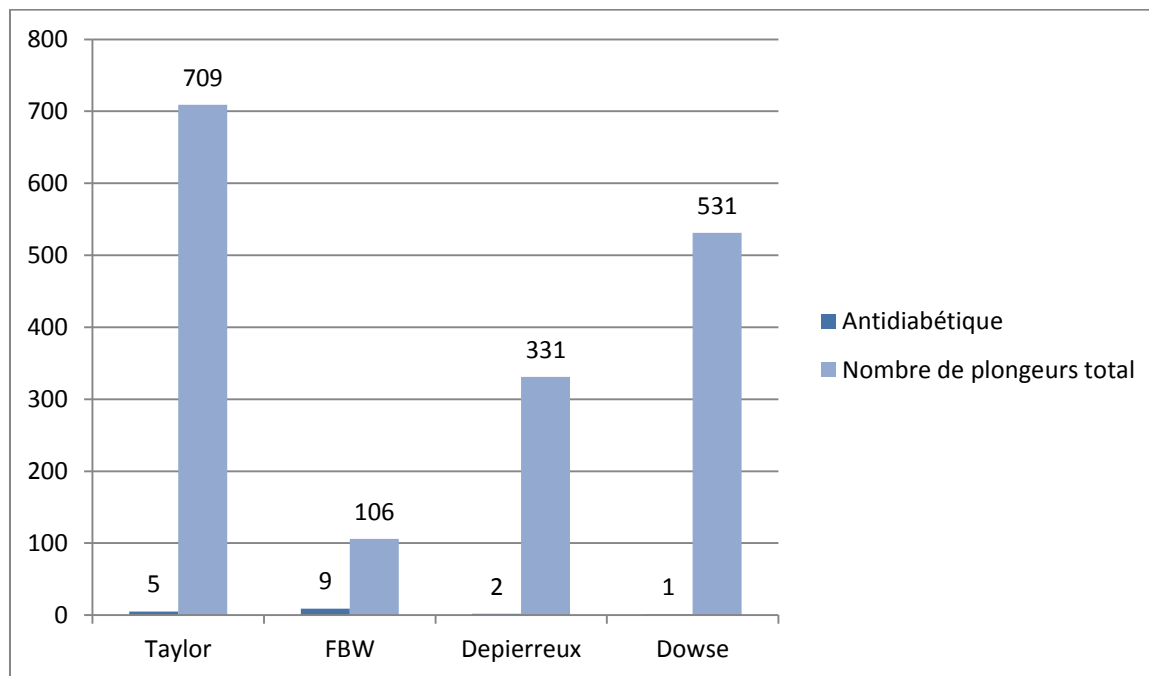
Consommation d'antihypertenseurs

91 répondants ont rapporté leur traitement par un antihypertenseur, soit 5.42% de notre échantillon, ce qui constitue une consommation non négligeable.

Les traitements antihypertenseurs sont soumis à prescription médicale

L'hypertension artérielle non contrôlée est une contre-indication temporaire. L'évaluation est effectuée par un médecin, de préférence spécialiste.

Antidiabétiques



Consommation d'antidiabétiques

17 répondants déclarent être sous traitement antidiabétique, soit 1% de notre échantillon. Ces médicaments sont soumis à prescription médicale.

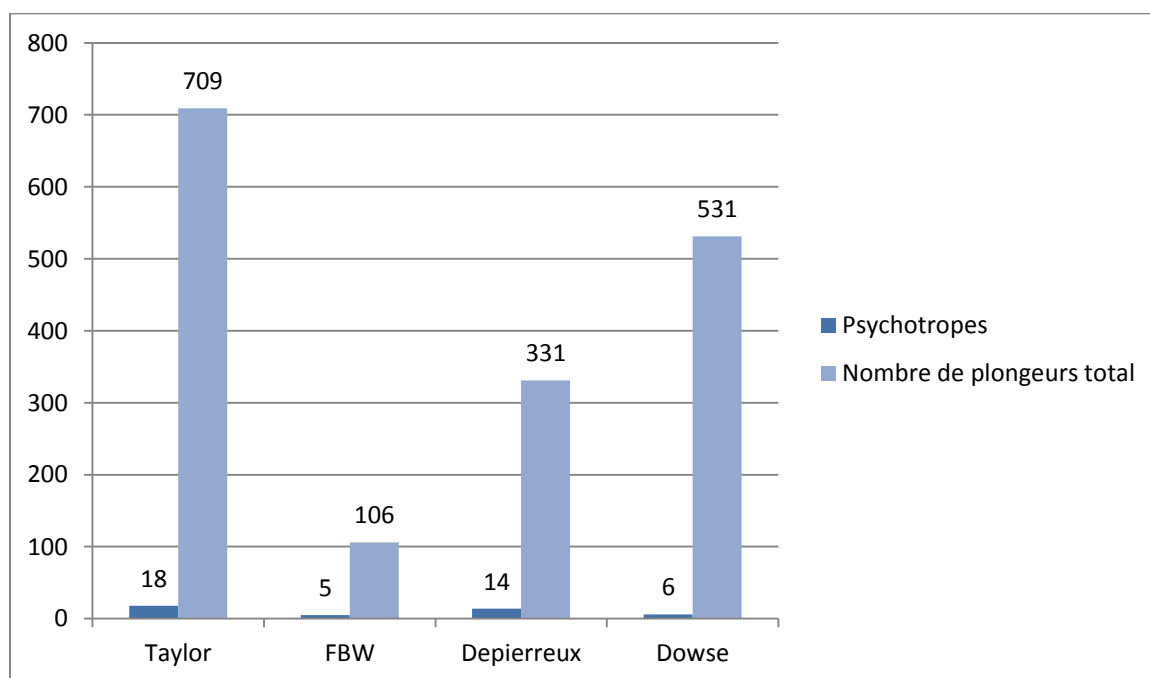
Selon la FFESSM, un diabète traité par insuline est à évaluer par le médecin lors de la visite de non contre-indication par un médecin fédéral.

Un diabète traité par antidiabétique oraux (hormis biguanides) constitue, quant à lui, une contre-indication définitive.

Si la majorité des répondants semblent être sous insuline ou metformine (biguanide), on note au moins un exemple de sulfamide (le gliclazide est un sulfamide hypoglycémiant, antidiabétique oral).

Psychotropes

Nous avons retenu dans cette catégorie : les anxiolytiques, les hypnotiques et les antidépresseurs.



Consommation de psychotropes

Ces résultats sont nettement inférieurs à la consommation dans l'ensemble de la population.

En effet, on estime qu'en France une personne sur 4 consomme des psychotropes.
[74]

Autres médicaments

On retrouve également d'autres médicaments, dans des proportions plus faibles et plus hétérogènes.

Une contraception orale est retrouvée chez 28 répondantes (1,31%).

Les normolipémiants sont utilisés par 34 répondants (2,02%).

Les hormones thyroïdiennes, parmi les 10 substances les plus vendues en unité en France, sont logiquement retrouvées chez 29 répondants.

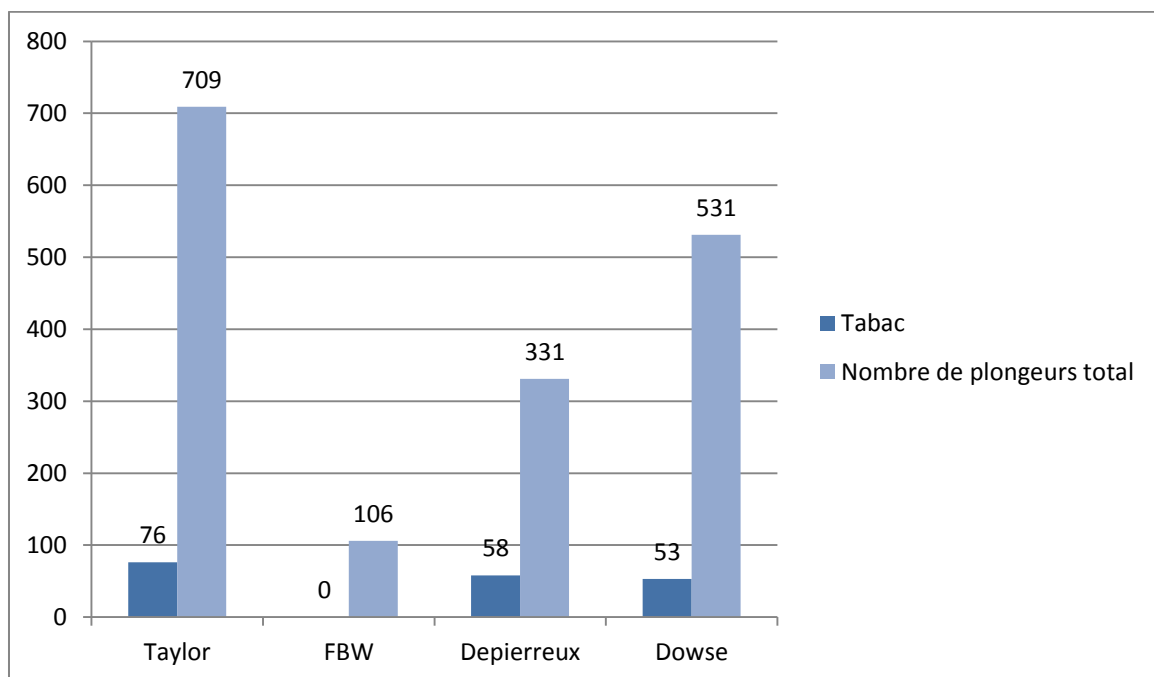
D'autres médicaments sont en nombre insuffisant pour être commentés.

Cette liste est non exhaustive, des oublis étant probables de la part des répondants.

Tabac

La question posée était « Quelle est votre consommation régulière de tabac ? ».

Il est cependant rare de voir un fumeur suspendre sa consommation avant une plongée, alors que la cigarette est souvent retrouvée à bord, jusqu'à quelques minutes avant la mise à l'eau.



Consommation de tabac

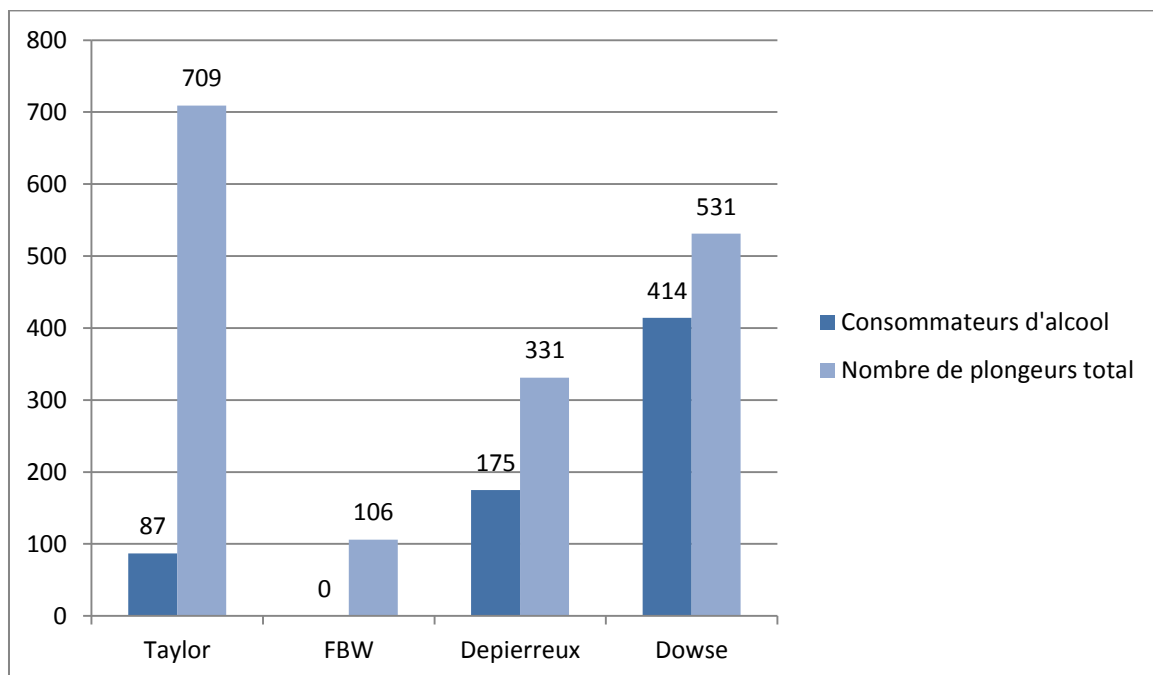
FBW : résultat non disponible

On retrouve 11,9% de fumeurs réguliers sur notre échantillon.

Alcool

La question posée était « Quelle est votre consommation régulière d'alcool ? » pour Dowse et Depierreux, et « Buvez-vous de l'alcool jamais / occasionnellement / avant la plupart des plongées ? » pour Taylor. Ceci explique la différence dans les résultats obtenus. La consommation d'alcool n'est pas renseignée dans l'étude FBW.

Il n'est pas précisé si les répondants adaptent leur consommation habituelle avant une plongée, ce que l'on peut espérer pour certains d'entre eux, et que suggère la différence de résultats entre Taylor et les autres.



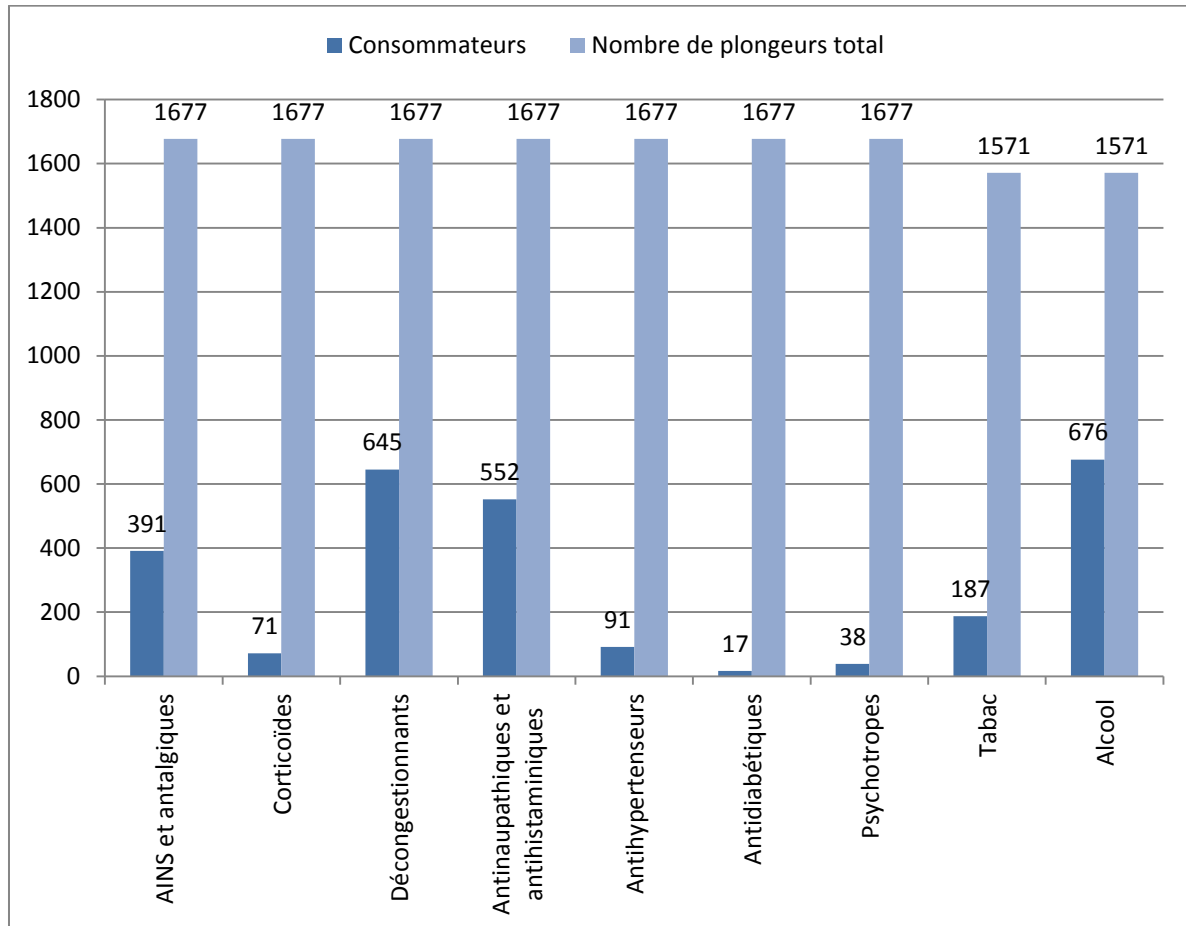
Consommation d'alcool

La consommation d'alcool avant une plongée n'est pas un sujet tabou, chacun ayant sa propre définition de la modération : jusqu'à quand avant la plongée est-il possible de consommer de l'alcool et dans quelle quantité ?

Dans un contexte convivial, peu de personnes s'offusquent d'un apéritif ou de vin lors du repas entre deux plongées et l'alcool est banalisé.

Le chiffre de 43% de consommateurs réguliers d'alcool est peut-être à nuancer, mais est néanmoins préoccupant.

Conclusion



Résultats de la méta-analyse sur la consommation de médicaments avant une plongée

Cette méta-analyse met en évidence une forte consommation de médicaments et substances. Il est intéressant de retrouver les mêmes tendances à travers les différents pays étudiés.

Nous regrettons cependant deux limites à cette conclusion :

- La distinction pas toujours évidente dans les différentes études entre une consommation régulière et une prise avant une plongée, pour l'alcool par exemple.
- La difficulté de comparer ces résultats avec la consommation dans l'ensemble population. En effet, le mode d'évaluation de la consommation d'une classe de médicament est souvent basé sur le nombre de boîtes vendues sur une période et un territoire donné.

II.2.2. ENQUETE PROSPECTIVE : L'IMPREGNATION MEDICAMENTEUSE

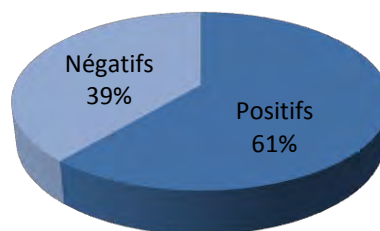
Une étude, réalisée du 1er avril 1995 au 31 décembre 1998, a étudié tous les patients admis pour accident de plongée à l'hôpital Salvator de Marseille et Font Pré de Toulon, soit 47 % des accidents traités en France sur cette période.

Les prélèvements suivants ont été réalisés à l'admission :

- 2 tubes de sang sur héparinate de sodium
- 1 flacon de 50 ml d'urines

En plus des analyses orientées par la clinique et l'interrogatoire, les analyses suivantes ont été réalisées systématiquement : éthanol, barbituriques, antidépresseurs tricycliques, benzodiazépines, paracétamol, salicylés, monoxyde de carbone, opiacés, cocaïne, amphétamines, dextropropoxyphène, cannabis, méthadone.

**Résultats des analyses effectuées sur les 320
plongeurs admis à l'hôpital**



**FIGURE 25 : IMPREGNATION MEDICAMENTEUSE DES 320 PLONGEURS
HOSPITALISES POUR ACCIDENT DE PLONGEE**

Sur 320 plongeurs, 124 se sont avérés être négatifs pour tous les tests effectués. 196 étaient positifs pour au moins une substance.

Molécules retrouvées dans les analyses des plongeurs accidentés

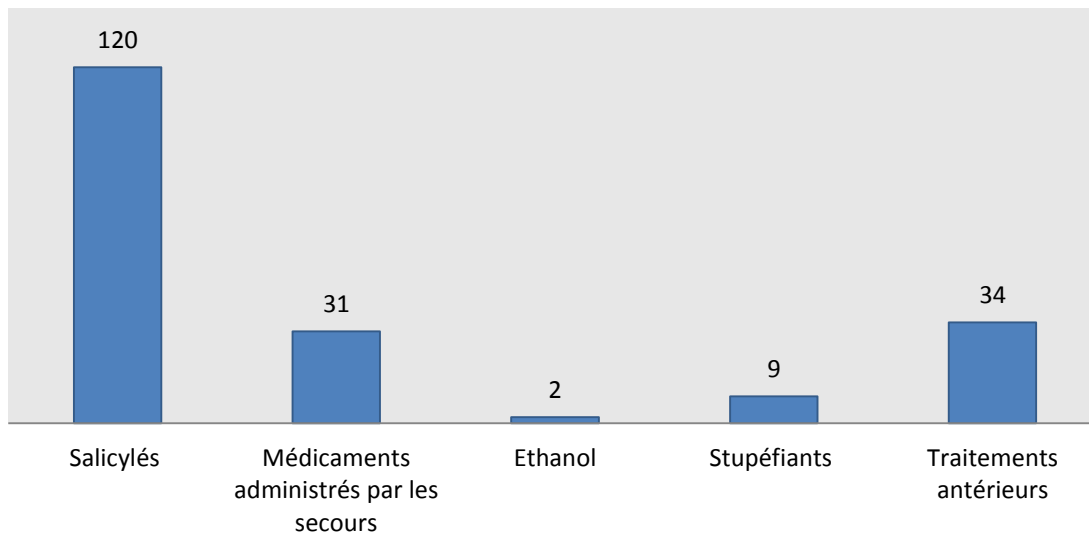


FIGURE 26 : REPARTITION DES SUBSTANCES RETROUVEES CHEZ LES 196 PLONGEURS

Il est intéressant de noter que les salicylés ont pu être administrés précocement par l'entourage du plongeur accidenté, dans le cadre de la prise en charge de l'accident selon le protocole français, sur lequel nous reviendrons ultérieurement.

Par ailleurs, les cas cliniques qui illustrent cette étude mettent en évidence la discordance fréquente entre la prise médicamenteuse déclarée et les substances retrouvées. Le traitement signalé à l'interrogatoire est fréquemment incomplet au vu des analyses.

Les molécules testées systématiquement ne permettent pas de mettre en évidence les pratiques d'automédication si le plongeur accidenté ne les a pas déclarées. On peut donc raisonnablement penser que la consommation retrouvée à travers cette étude est encore inférieure à l'imprégnation médicamenteuse réelle. [75]

Les études rétrospectives et prospectives mettent en évidence une forte consommation de médicament.

Les résultats obtenus semblent cependant être en deçà de l'imprégnation médicamenteuse réelle des plongeurs sous-marins.

II.3. ANALYSE, COMPORTEMENTS ET PRATIQUES

Deux tendances se dégagent quant à la finalité de la prise médicamenteuse :

- Un trouble existe et la prise médicamenteuse a pour but de le traiter,
- Le médicament est utilisé pour prévenir un trouble supposé pouvant survenir pendant la plongée ou à l'issue de celle-ci et a pour objectif de l'éviter.

De même, nous observons deux types d'intentions :

- Ceux qui ont recours à l'automédication en pensant qu'elle ne présente aucun risque,
- Ceux qui y ont recours en pensant qu'elle est dopante. [76]

Nous cherchons dans un premier temps à comprendre les comportements et la consommation médicamenteuse des plongeurs. Les témoignages qui suivent sont issus de rencontres personnelles et de discussion dans des forums de sites web dédiés à la plongée.

Nous reviendrons sur ces différentes molécules au cours d'une troisième partie où nous nous attacherons aux études ayant été réalisées dans des conditions hyperbares et à leur devenir dans les conditions pharmacocinétiques et physiologiques particulières de la plongée.

II.3.1 PRISE MEDICAMENTEUSE A DES FINS CURATIVES

Deux études se sont penchées sur l'état de santé des plongeurs avant de plonger.

La première a interrogé 346 plongeurs australiens. [77]

La deuxième a repris ces résultats ainsi que les réponses de 363 plongeurs américains. [78]

La majorité des plongeurs expérimentés qui ont répondu à l'enquête avait subi des lésions liées à la plongée, principalement un barotraumatisme. Un large éventail d'autres incidents ont été signalés, parmi lesquelles des accidents de décompressions.

Antalgiques et anti-inflammatoires non stéroïdiens (AINS)

Comme pour tout médicament, il est sage de considérer la condition sous-jacente lors de la prise d'anti-inflammatoires ou d'analgésiques. Ces médicaments sont généralement pris pour le soulagement temporaire des douleurs mineures et même si elles peuvent apporter une amélioration momentanée, il faut garder à l'esprit que la pathologie elle-même est toujours présente. En outre, les effets de la pression sur un tissu enflammé sont mal connus.

Le médicament peut, de plus, masquer les signes et les symptômes de la maladie de décompression, ce qui constitue une raison de précaution supplémentaire.

[76] [79-81]

Mal de mer

"Vous pouvez être sûrs que la cause pour laquelle Ulysse fut si souvent naufragé n'est pas due aux anges du Dieu de la mer ; il était simplement sujet au mal de mer" (Sénèque).

Le mal des transports atteint l'homme dans ses déplacements sur terre (par exemple en voiture), dans les airs, ou dans le cosmos et bien entendu, sur mer et même sous l'eau.

Au cours de son évolution, l'Homme a acquis la verticalité, au prix de la mise en place d'un système de l'équilibration très complexe. La naupathie est le résultat d'un conflit neurosensoriel, c'est-à-dire un désaccord entre les informations fournies aux centres nerveux par les différents capteurs sensoriels (oreille interne, vision, proprioception).

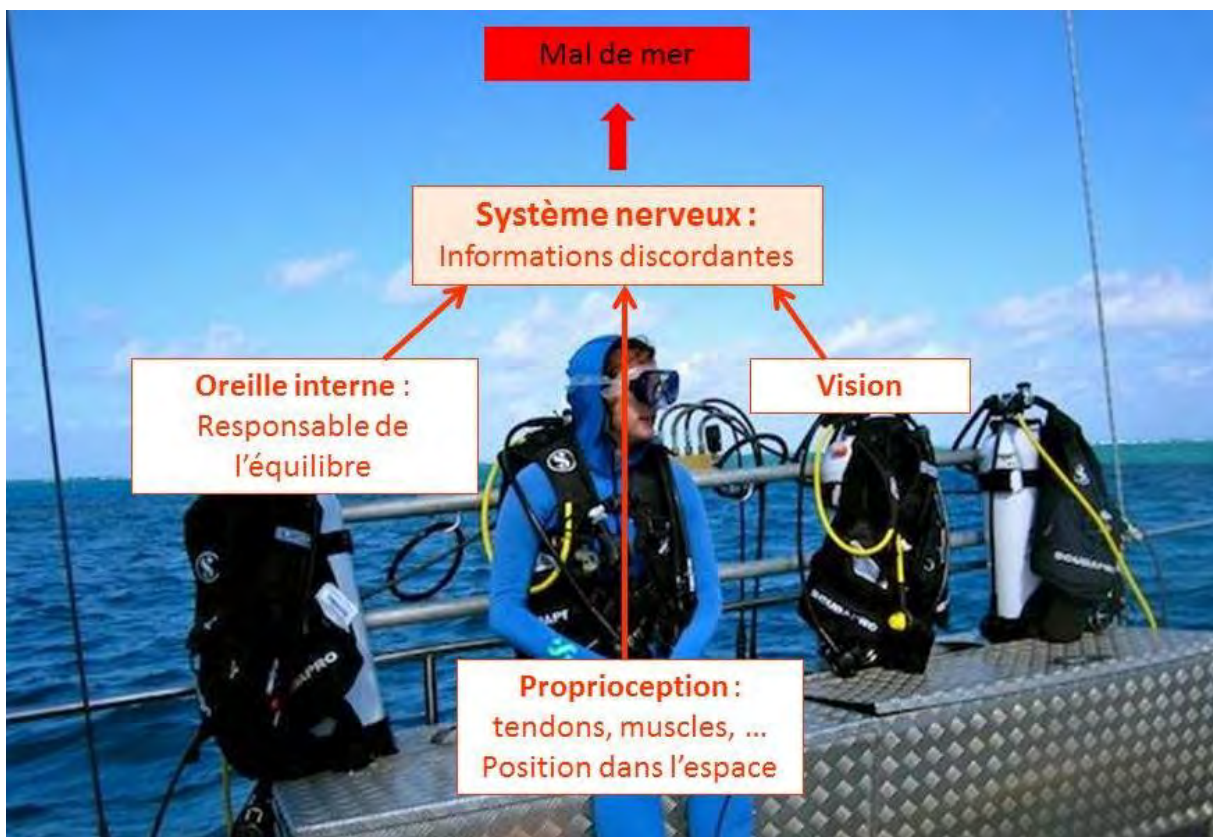


Figure 27 : Physiopathologie de la naupathie

Le trajet en bateau entre la côte et le site de plongée par une mer agitée, avec des vagues courtes, par mauvais temps et sur certains types d'embarcations sont des facteurs favorisant. Le fait de rester en surface sur un bateau au mouillage, avant le début de la plongée et dans l'attente du retour de la palanquée qui est au fond, est une situation pénible qui a été expérimentée par chaque plongeur.

Les médicaments les plus fréquemment utilisés dans le traitement du mal de mer sont :

- Les antihistaminiques, représentés par le diméthylhydrinate (Mercalm® et Nausicalm®) et la diphénylhydramine (Nautamine®),
- Le patch de scopolamine (Scopoderm®) est un parasympholytique de type atropinique,
- Cocculine® est un médicament homéopathique, pour lequel on ne recense pas d'effets indésirables, mais qui se révèle inefficace chez un certain nombre de personnes.

La scopolamine et les antihistaminiques se caractérisent par des effets secondaires neurovégétatifs (somnolence, sédation, troubles de l'équilibre, vertiges, baisse de la mémoire ou de la concentration, incoordination motrice et tremblements, confusion mentale, hallucinations). [82]

ORL

En plus du mal de mer que nous venons d'évoquer, les antihistaminiques sont très souvent utilisés pour soulager les symptômes des allergies ou d'un rhume. [83]

II.3.2. PRISE MEDICAMENTEUSE A DES FINS PREVENTIVES

Les enquêtes étudiées mettent en évidence le fait que certains plongeurs consomment des médicaments afin de pouvoir réaliser une plongée qu'ils ne pourraient pas effectuer sans ce traitement.

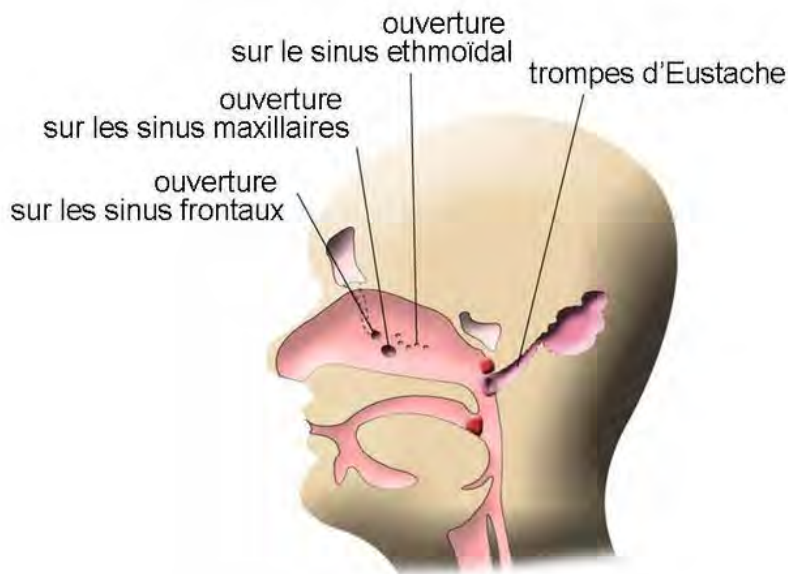
Les vasoconstricteurs et décongestionnants

Les vasoconstricteurs nasaux généraux et locaux sont fréquemment utilisés en ORL et en médecine libérale dans la prise en charge des pathologies rhinosinusiennes aiguës et dans le traitement d'appoint de certaines rhinosinusites chroniques. Très efficaces pour améliorer rapidement l'obstruction nasale, certaines spécialités disponibles sans prescription médicale font l'objet d'un mésusage.

De nombreux plongeurs éprouvent des difficultés à équilibrer leurs oreilles et leurs sinus avec la pression ambiante. Cette difficulté est parfois associée à une congestion de la muqueuse du nez.

Divers médicaments sont utilisés par les plongeurs pour diminuer les otalgies et faciliter l'égalisation à la descente. En effet, l'obstruction nasale gêne la réalisation de la manœuvre de Valsalva. En pinçant les ailes du nez et en fermant la bouche, le plongeur souffle doucement. Ce geste force l'ouverture de la trompe d'Eustache et permet à de l'air de rentrer dans l'oreille moyenne. L'équilibre est rétabli. [84]

Cet équilibre se crée normalement naturellement lorsque l'on baille ou que l'on déglutit. La présence de mucosité peut cependant gêner ou empêcher l'ouverture de la trompe d'Eustache.



[85]

Figure 28 : Le nasopharynx et les cavités nasales entrent en communication avec les différents sinus de la face et avec les trompes d'eustache

Nous avons retrouvé, au cours de notre enquête, un taux de consommation de 38,46% parmi l'échantillon de plongeurs.

Une expérience menée sur 116 sujets a mis en évidence l'efficacité de la pseudoéphédrine dans la prévention des otalgies en plongée. L'inconfort de l'oreille et le blocage pendant la plongée étaient présents dans 8% (5 sur 60) des patients recevant 60 mg de pseudoéphédrine 30 minutes avant la plongée, contre 32% (18 sur 56) du groupe contrôle. [86]

Les témoignages de l'utilisation de vasoconstricteurs et décongestionnants sont très nombreux. Les otalgies sont un sujet de conversation récurrent et les plongeurs n'hésitent pas à confier leur propre stratégie thérapeutique pour y faire face et à la conseiller.

Anna déclare « pour que mes sinus soient dégagés, je continue au Zyrtec® et Derinox® » (respectivement cétirizine, anti-histaminique par voie orale et naphazoline et prednisolone, décongestionnant par voie nasale).

Charles raconte son cocktail de prédilection : « Ce que je fais et qui fonctionne bien : la veille et le matin, rinçage des fosses nasales au sérum physiologique + une pulvérisation de Nasonex® » (mométasone, corticoïde, décongestionnant par voie nasale).

Pierre utilise quant à lui « le Sudafed®, et c'est un médicament qui fonctionne relativement bien pour moi. En fait, je ne pourrais pas faire une semaine de plongée intensive sans en prendre au moins au début du séjour » (pseudoéphédrine).

Utilisés par le plongeur afin de prévenir un barotraumatisme de l'oreille moyenne ou des sinus, ils peuvent au contraire provoquer ce type d'accident. En effet, même s'ils facilitent le début de plongée, permettant la descente, ils exposent à un effet rebond, qui peut conduire à un barotraumatisme à la remontée.

L'effet rebond se définit par une aggravation de la sensation d'obstruction nasale pour laquelle le traitement par vasoconstricteur local a été institué. La majoration de l'obstruction nasale à l'arrêt du traitement vasoconstricteur s'explique par la réapparition de la congestion nasale induite par la pathologie rhinosinusienne, lorsque le médicament n'agit plus. Si ce rebond survient au fond, le plongeur ne peut plus équilibrer ses oreilles, et s'expose à un barotraumatisme. [87-90]

Les Corticoïdes

4,23% des plongeurs de notre échantillon déclarent consommer des corticoïdes avant une plongée.

L'enquête réalisée par T. Fraisse, N. Balmes et B. de Wazières, met en évidence des posologies de corticoïdes importantes (1 mg de prednisone/kg/jour) sur plusieurs jours avec un risque non négligeable d'effets secondaires. [91]

Les corticoïdes ont un effet anti-œdémateux sur la trompe d'Eustache, diminuent son inflammation et augmentent la production de surfactant. Ils sont utilisés afin de faciliter la manœuvre de Valsalva, et réduire les problèmes d'équilibrage des oreilles. [92]

Ils peuvent cependant être responsables d'une surexcitation, une euphorie, voire d'une anxiété et inhibent la sensation de fatigue [69] [93] [89].

L'Aspirine

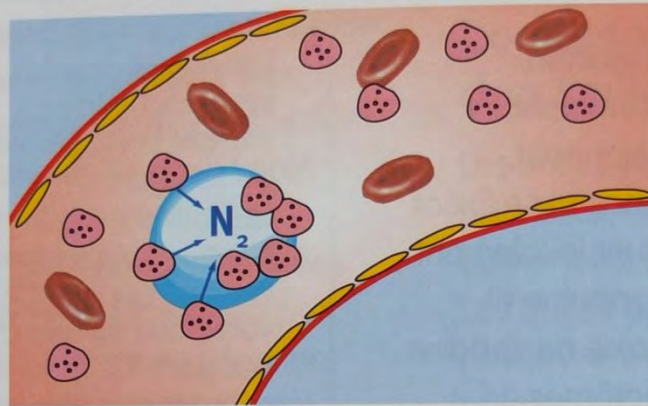
Nous avons retrouvé chez les plongeurs de notre enquête un nombre conséquent de consommateurs d'aspirine.

Les motivations retrouvées pour la consommation d'aspirine avant une plongée sont le traitement d'une douleur ou un état grippal et la prévention de l'accident de décompression (ADD). Il est intéressant de noter qu'un certain nombre de plongeurs utilise l'aspirine à l'issue de la plongée, toujours afin d'éviter un éventuel ADD [69].

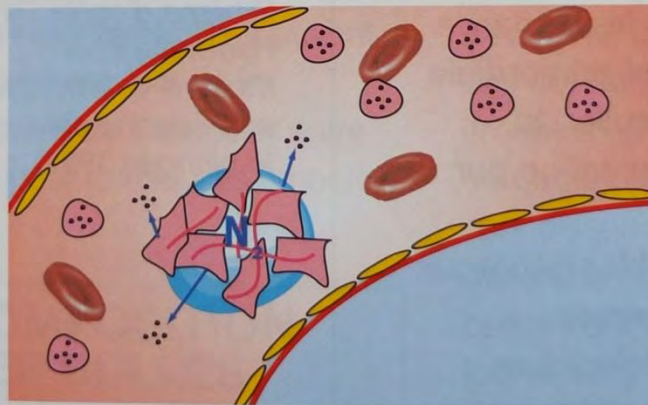
John témoigne : « il m'arrive d'en prendre 500 mg après une plongée profonde ; je trouve que ça fait du bien après ce genre de plongée en général un peu fatigante ».

Bulle d'azote : action des plaquettes

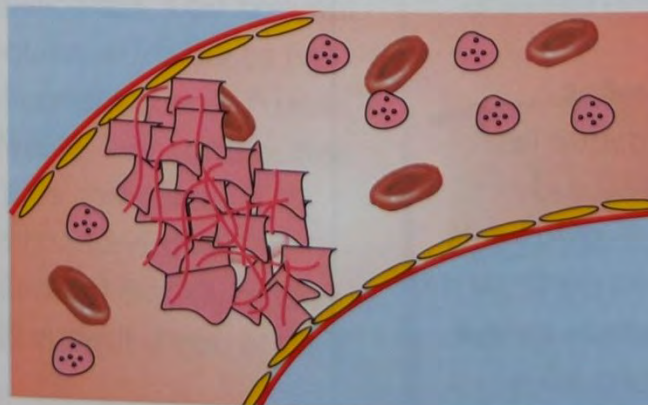
Schémas d'après Tortora et Grabowski



Etape 1 : Adhésion plaquettaire.



Etape 2 : Libération plaquettaire.

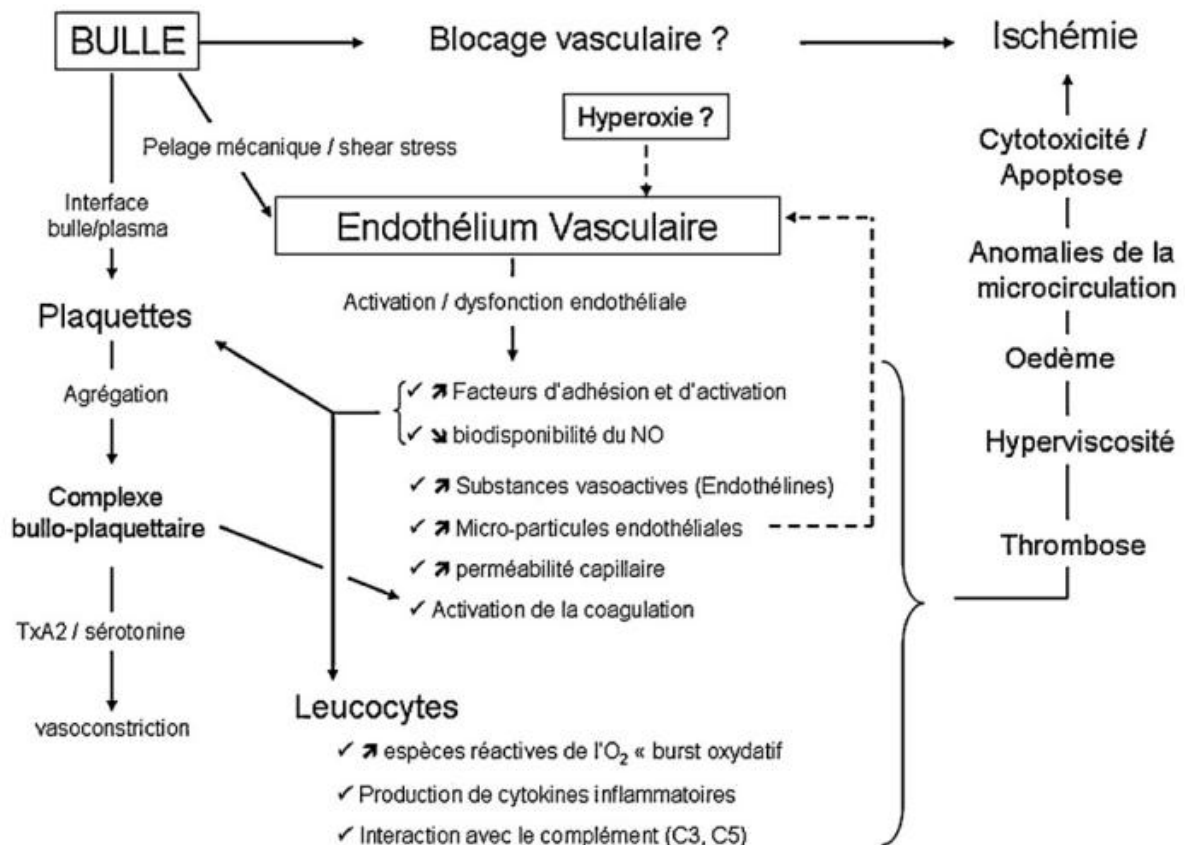


Etape 3 : Agrégation plaquettaire.

[94]

**Figure 29 : Rôle des plaquettes
dans l'accident de décompression**

Les plaquettes semblent jouer un rôle important dans la physiopathologie des ADD : l'agrégation plaquettaire autour de la bulle est un phénomène bien décrit. Bloquer cette agrégation devrait permettre de limiter la taille du manchon bullaire, donc de limiter l'ischémie tissulaire et, par conséquent, limiter les symptômes cliniques.



[95]

Figure 30 : Schéma physiopathologique de la maladie de décompression

Des résultats chez le rat pourraient être en faveur d'une action de l'aspirine si elle est administrée avant la plongée, mais ces résultats ne sont pas retrouvés chez l'Homme. En France, et c'est une exception, la recommandation dans la prise en charge de l'ADD est de 500mg en administration précoce.

En l'état actuel des connaissances, il n'existe aucun argument fort pour recommander l'usage de l'aspirine, tant en prévention des ADD que pour leur traitement, bien que cette pratique soit largement répandue. L'aspirine a, par ailleurs, une toxicité gastroduodénale dose dépendante lors d'une utilisation au long cours qui pourrait concerner le plongeur l'utilisant à titre prophylactique. [87] [96]

Nous rappelons que le traitement de l'ADD repose sur l'oxygénothérapie normobare dès l'apparition des premiers signes, la réhydratation puis la recompression thérapeutique en urgence. [89] [95] [97]

Liens avec le dopage

Une pathologie rhinosinusienne est une contre-indication temporaire à la plongée. L'utilisation de décongestionnants s'inscrit tout à fait dans une démarche de conduite dopante.

La consommation de corticoïdes avant une plongée, afin de faciliter la descente et éviter les otalgies relève du dopage afin d'améliorer la performance.

Le cas de l'aspirine est plus délicat : il ne met pas en jeu le souhait d'améliorer une performance, mais le désir d'éviter un accident lié à la pratique normale et dans le respect des procédures de sécurité de l'activité. Il existe également une dérive.

Les médicaments utilisés sont, pour certains, soumis à prescription médicale, pour d'autres pas. Ils illustrent le fait que l'automédication fait souvent appel à l'armoire à pharmacie familiale en détournant des médicaments de leur prescription initiale.

Dans leur étude, Fraise *et al.* ont dissocié la consommation médicamenteuse des médecins qui pratiquent la plongée, de celle de la population générale des plongeurs. Ils concluent sur une utilisation plus importante, notamment pour les

corticoïdes. Cette pratique pourrait être favorisée par la facilité d'accès aux médicaments par rapport aux autres plongeurs, en particulier pour ceux qui nécessitent une prescription médicale. [69]

II.3.3. ANALYSE DE LA PRISE MEDICAMENTEUSE EN PLONGEE

PERCEPTION DU RISQUE

Une enquête réalisée en 2005 dans la Marne auprès de 331 plongeurs s'est intéressée à la perception du risque.

Parmi eux, 83,4% reconnaissent que la prise d'un médicament peut influencer le bon déroulement d'une plongée.

Cependant, ils ne sont que 2,4% à avoir arrêté un traitement avant une plongée et 13,3% à avoir modifié leur profil de plongée suite à la prise de médicaments, alors que seulement 26,9% d'entre eux ne prenaient jamais de médicament avant une plongée.

On note également que seuls 22,7% des répondants ont déjà annulé une plongée pour une raison médicale et 12,1% reconnaissent avoir déjà réalisé une plongée déraisonnable.

De plus, il est retrouvé que pour 81,6% des plongeurs, leur pharmacien n'est pas au courant de leur pratique. [66]

La notion de risque est intimement liée à la pratique de la plongée.

Dans un premier temps, il s'agit d'évoluer dans des situations où la sécurité est assurée (sous la responsabilité d'un moniteur), puis d'être capable de détecter des

risques (en présence et à l'aide du moniteur) pour finir par la maîtrise de solutions répondant aux situations risquées (d'une manière autonome).

De nombreux accidents en plongée sous-marine découlent de prises de risques individuelles. La pratique de la plongée comporte des risques physiologiques qu'il convient de maîtriser par l'expertise technique. Pourtant, certains pratiquants augmentent délibérément les risques en dépit des possibles conséquences négatives. [26] [98] [99]

La quasi-totalité des plongeurs ont recours à l'automédication.

Le profil type du plongeur ayant un risque de dérive vers des conduites dopantes est une personne connaissant mal les médicaments qu'il consomme, prenant peu l'avis des professionnels de santé et n'hésitant pas à avoir recours à des médicaments afin d'augmenter son confort en plongée.

3

**Médicaments et
plongée**

III.1. PHARMACOLOGIE CHEZ LE PLONGEUR SOUS-MARIN

Sur terre, la force gravitaire est omniprésente. Elle exerce une vaste influence sur l'Homme (et l'animal) puisqu'elle agit directement sur nos systèmes sensoriels et moteurs et par le fait même, sur notre motricité et notre perception de notre corps et de l'environnement.

Si la gravité n'existait pas, nous n'aurions pas besoin d'un système cardiovasculaire aussi complexe, en particulier avec la mise en place de mécanismes de protection permettant de maintenir une circulation normale lors de l'orthostatisme. Même remarque en ce qui concerne le système nerveux central (rôle de la gravité dans le contrôle des mouvements, de la mémorisation des formes ...). [100]

Le plongeur s'affranchit de la gravité, d'une part par la poussée d'Archimède et, d'autre part, par l'usage de son matériel (gilet stabilisateur) et de ses poumons (technique du poumon ballast).

Sous l'eau, l'Homme est sujet à différents phénomènes tels que l'augmentation de la pression hydrostatique, la variation des pressions partielles d'azote et d'oxygène dans l'air comprimé, les interactions des nouveaux gaz (hélium, mélanges NITROX...) et des nouvelles pressions avec les effets des substances ingérées.

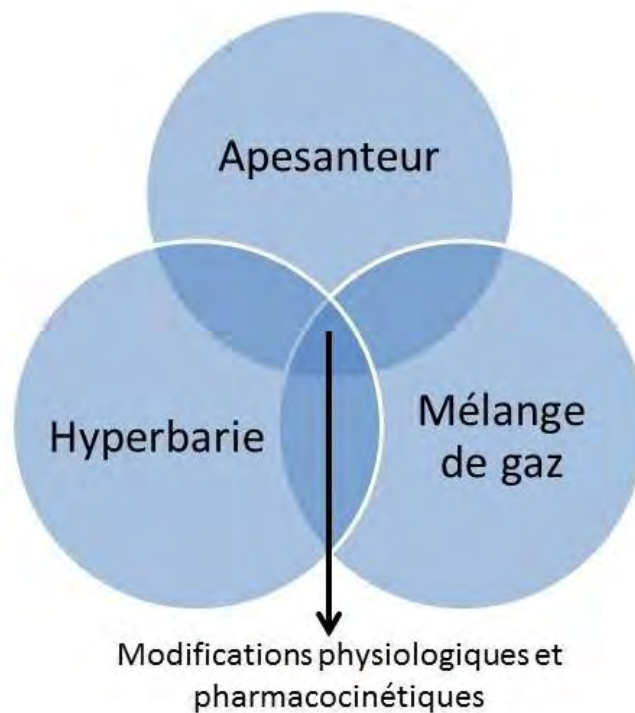


Figure 31 : Les principales modifications environnementales en plongée

La pharmacocinétique est l'étude du devenir du médicament dans l'organisme, autrement dit, l'action de l'organisme sur le médicament. Elle est divisée en quatre processus, résumés par le sigle ADME : l'absorption, la distribution, la métabolisation et l'élimination. [101]

La pharmacodynamie décrit les effets que le médicament produit sur l'organisme.

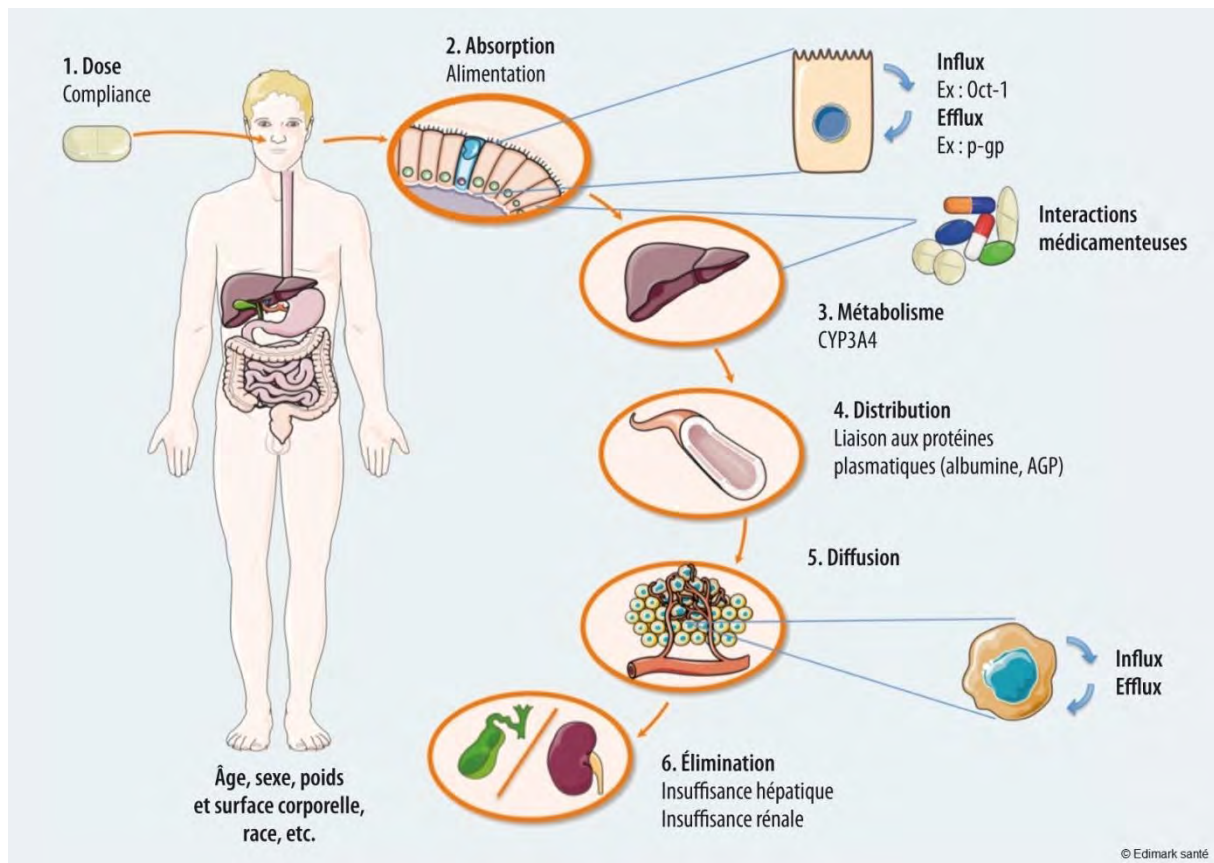


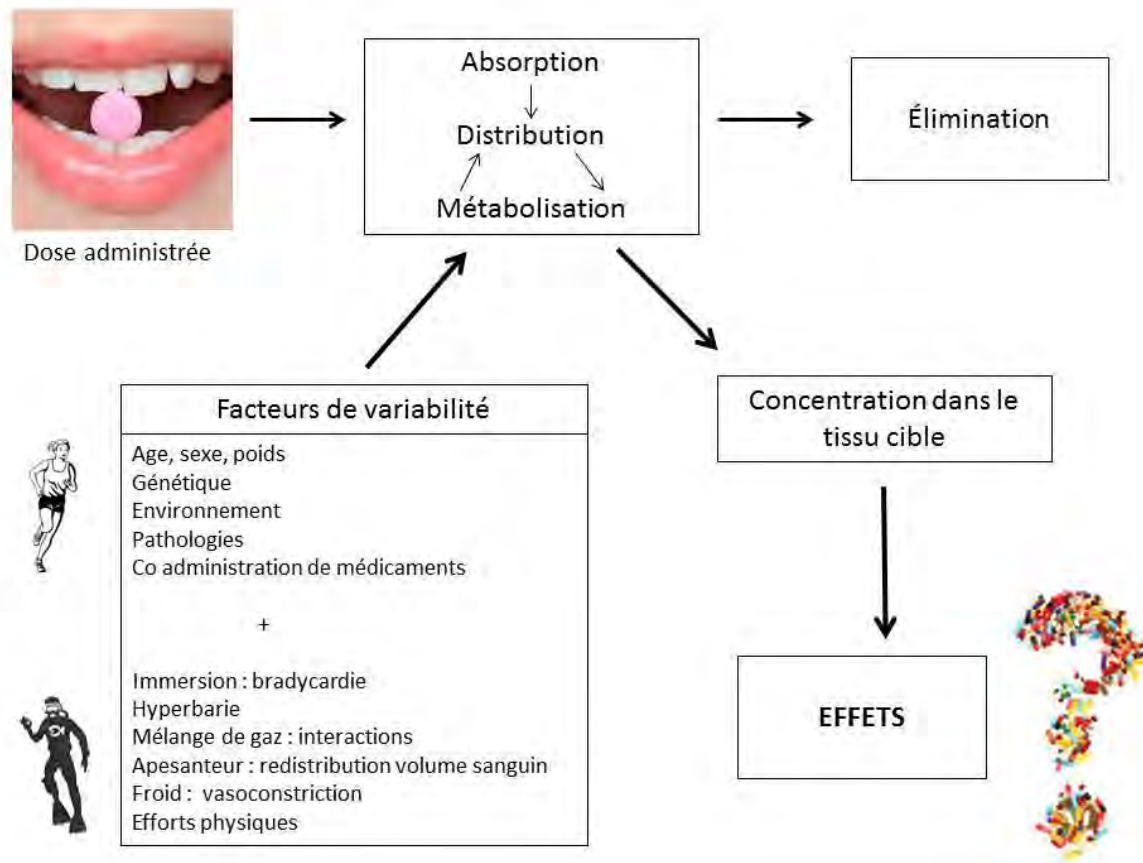
Figure 32 : Le devenir du médicament dans l'organisme

Il est intéressant de faire un parallèle avec les travaux menés sur la modification de la pharmacologie chez la personne âgée.

Les effets pharmacologiques observés chez le sujet âgé peuvent être très différents de ceux mis en évidence avec la même dose chez un sujet plus jeune de même sexe et de poids comparable.

Ces changements peuvent être dus à des modifications d'ordre pharmacocinétique ou pharmacodynamique, en modifiant les paramètres contrôlant la pharmacocinétique et donc la concentration et les effets des médicaments. [102]

Au cours d'une plongée, l'organisme est soumis à de nouvelles contraintes qui se traduisent par la modification de certains paramètres.



**Figure 33 : Variables pharmacocinétiques
chez un plongeur sous-marin**

Si les recherches de pharmacologie clinique depuis de nombreuses années ont apporté bon nombre d'éléments permettant une utilisation plus rationnelle des médicaments chez les personnes de plus de 65 ans, ce n'est pas le cas pour la médecine hyperbare.

L'activité des principes actifs en hyperbarie (c'est-à-dire un milieu où la pression est supérieure à la pression atmosphérique) n'est pas prévue dans le protocole des essais cliniques des médicaments. Les conséquences d'un traitement médicamenteux sont supposées par extrapolation, ou constatés lors de l'utilisation.

Peu de cas concernant l'association de médicaments à la plongée ont été publiés. Quelques études se sont penchées sur l'étude de certaines substances ou médicaments, mais les expérimentations sont rares.

En 1994, des chercheurs ont mis au point une méthode de criblage des effets comportementaux de drogues chez les rats sous 4 ATM. Pour l'alcool, le propranolol, la chlorpromazine et le diazépam, la perturbation du comportement était statistiquement supérieure à 4 ATM qu'à 1 ATM. [103]

On peut raisonnablement penser que tous les médicaments agissant sur le système nerveux central, sur le système cardiovasculaire ou pulmonaire peuvent interférer sur la physiologie du plongeur. [93]

III.1.1. PHARMACOCINETIQUE ET PLONGEE SOUS-MARINE

Bien que l'effet de l'impesanteur sur la pharmacocinétique reste lui aussi peu documenté, une modification de l'efficacité pharmacologique des molécules utilisées en vol spatial a plusieurs fois été constatée. Les modifications pharmacocinétiques font l'objet d'expériences en microgravité, afin de prédire le devenir du médicament lors des missions spatiales.

L'immersion a, pour point commun avec ces expériences, une pesanteur limitée. Une part des résultats peut, par conséquent, être extrapolée à la pharmacocinétique lors d'une plongée sous-marine, et constitue une intéressante source d'informations.

[104]

Les effets cardiovasculaires de l'immersion en scaphandre autonome ont été décrits dans la partie I.

En résumé, les contraintes cardiovasculaires de la plongée sont liées d'une part, à l'effort fourni, mais aussi aux contraintes environnementales, qui sont :

- L'immersion, responsable d'une augmentation du travail cardiaque et d'une redistribution de la masse sanguine vers le thorax,
- Le froid, entraînant un ralentissement de la fréquence cardiaque et une vasoconstriction périphérique,
- La pression, qui favorise la bradycardie,
- La toxicité de l'oxygène, qui majore la vasoconstriction.

L'augmentation du volume sanguin central (Blood shift) est à l'origine d'un phénomène bien connu des plongeurs : l'envie d'uriner ou diurèse d'immersion qui peut parfois aboutir à une déshydratation. [105]

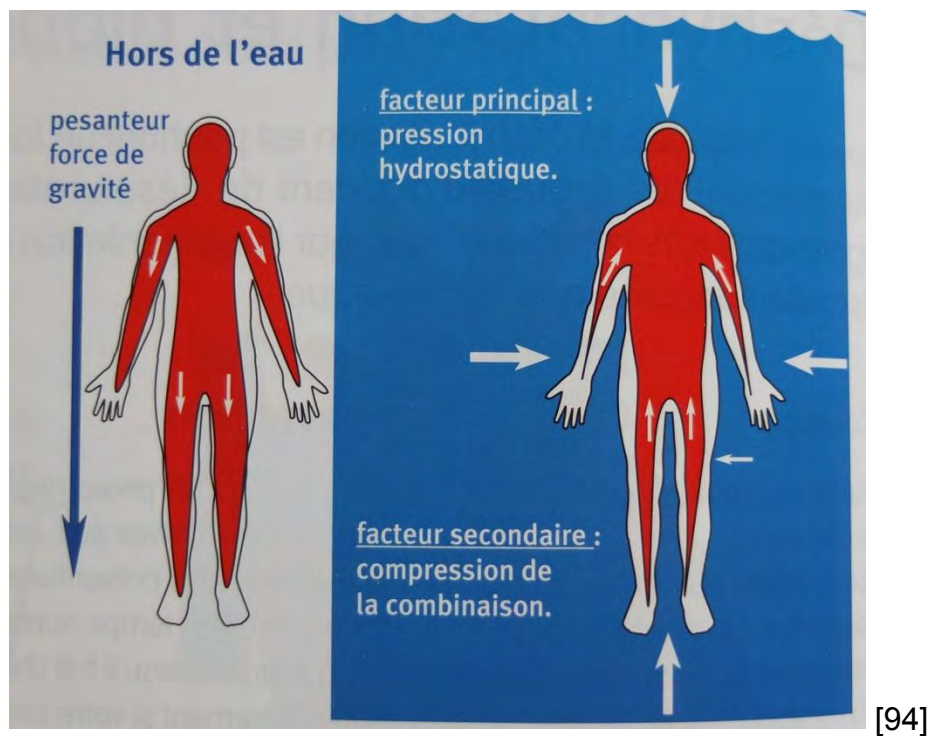


Figure 34 : Le blood shift

Le blood shift est également responsable de l'accroissement de 30 à 50% du débit cardiaque. [7] [106-108]

Absorption

La vidange gastrique et la motilité intestinale sont les principaux facteurs susceptibles d'induire une modification de l'absorption médicamenteuse lorsque le médicament est pris par voie orale.

Le débit sanguin intestinal est également augmenté.

Distribution

Le déplacement de fluide induit une augmentation de la pression veineuse centrale et implique une réponse adaptative rapide des systèmes endocrinien, cardiovasculaire et rénal.

Ces mécanismes physiologiques d'adaptation ont pour conséquence de réduire l'eau corporelle totale et le volume de plasma, avec la réduction des volumes de fluides extracellulaires, intracellulaires et interstitiels.

Cela implique une augmentation de la concentration de l'hémoglobine et des protéines sériques. En théorie, une augmentation de la concentration en protéines a, pour conséquence, la diminution de la fraction libre et active, mais n'a pas été expérimentée.

Les flux sanguins sont également perturbés et la distribution des molécules médicamenteuses peut varier si les territoires dans lesquels elles sont normalement retrouvées sont touchés par ce phénomène.

Métabolisation et Elimination

Les molécules à fort coefficient d'extraction hépatique ont un métabolisme régi par le flux sanguin hépatique. Ce dernier étant significativement augmenté, la clairance hépatique est tout à fait susceptible d'être modifiée.

Les modifications de la fraction libre plasmatique impliquent des variations de la clairance rénale par filtration glomérulaire.

De plus, la modification du flux sanguin rénal peut potentiellement modifier l'élimination rénale. [109]

Etudes pharmacocinétiques en milieu hyperbare chez le chien

Une étude chez le chien a mis en évidence l'augmentation de la clairance de l'acide salicylique en milieu hyperbare et hyperoxique. Un milieu hyperoxique correspond à une $ppO_2 > 0,2$.

Le mécanisme reste inexpliqué et n'est pas retrouvé pour d'autres molécules testées, ni chez l'humain.

Les conditions hyperbares et/ou hyperoxiques peuvent affecter la disponibilité de médicaments par des changements dans l'activité catalytique des enzymes métabolisant les principes actifs, des changements hémodynamiques et les changements dans la perméabilité de la membrane, ayant une incidence sur la distribution du principe actif. [105]

Exemple du lorazepam

Une étude a été menée pour comparer la pharmacocinétique du lorazepam sous oxygénothérapie hyperbare (OHB) à sa pharmacocinétique à l'air normobarique.

Le lorazepam appartient à la classe des benzodiazépines et a une activité pharmacodynamique qualitativement semblable à celle des autres composés de cette classe : myorelaxante, anxiolytique, sédative, hypnotique, anticonvulsivante et amnésiante.

Dans les conditions OHB, le pic plasmatique du lorazepam, ainsi que la demi-vie étaient beaucoup plus longs que dans l'air normobarique .

La pharmacocinétique du lorazepam est modifiée dans l'environnement OBH. Il semble que l'OHB ralentit le métabolisme du lorazepam. [110]

III.1.2. PHARMACODYNAMIE ET PLONGEE SOUS-MARINE

La pharmacocinétique décrit le devenir du médicament dans l'organisme mais doit être complétée par la pharmacodynamique qui renseigne sur l'effet du médicament sur l'organisme.

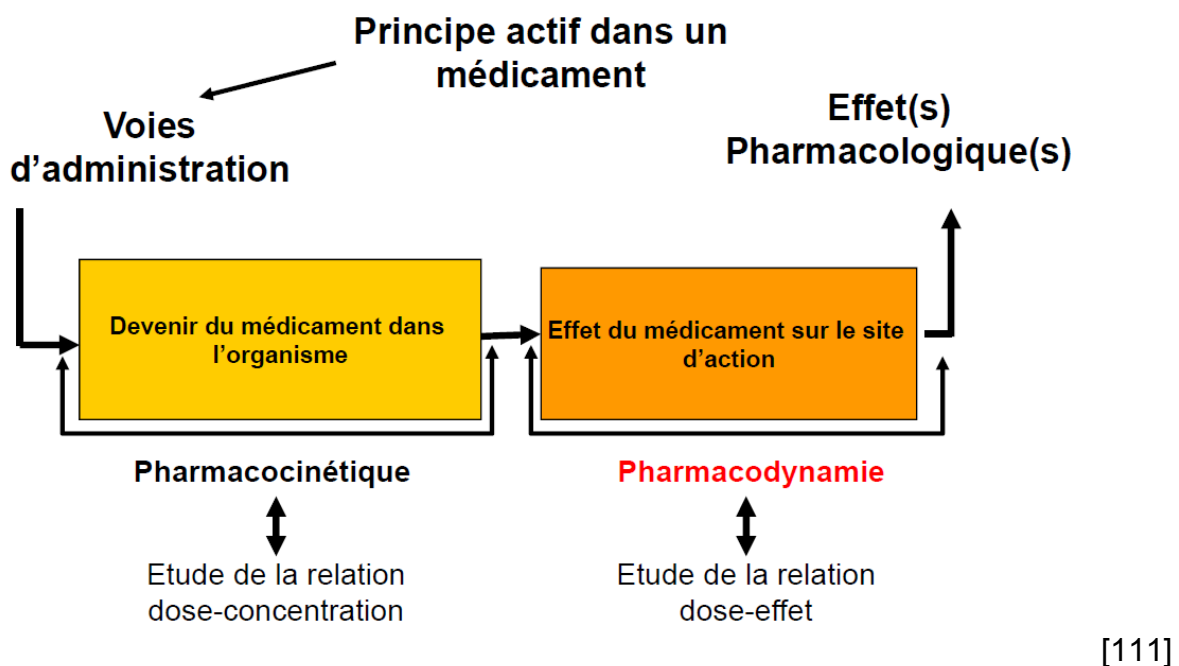
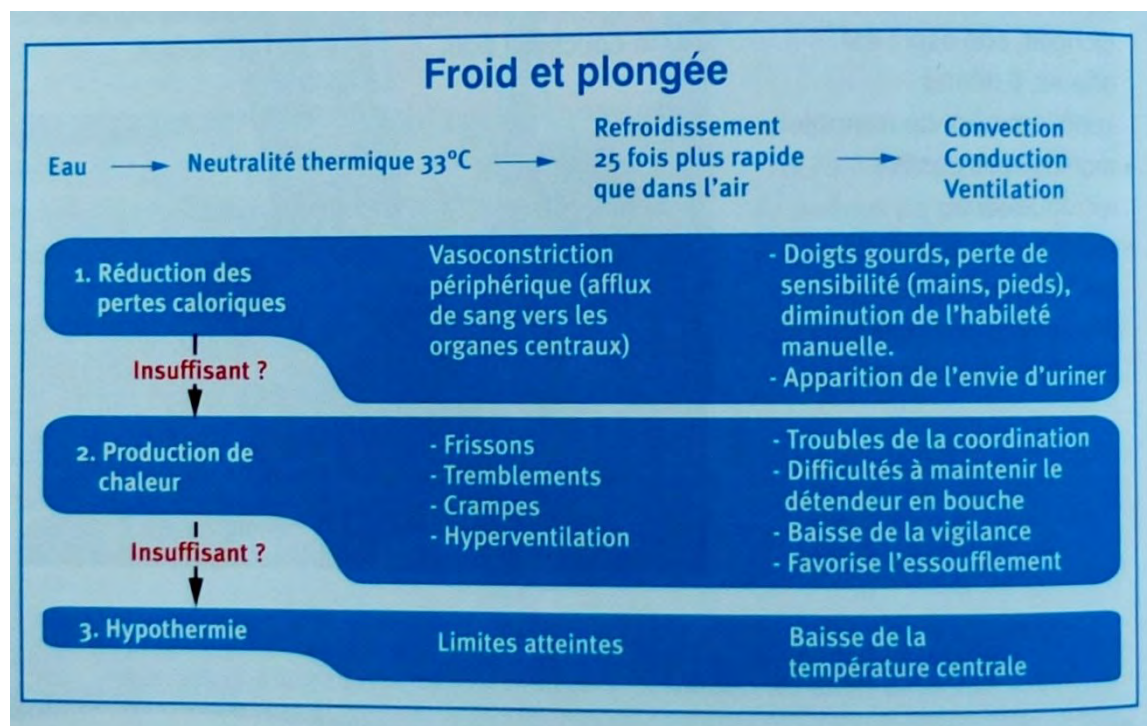


Figure 35 : Pharmacocinétique et pharmacodynamie

Pour une pharmacocinétique donnée, d'autres paramètres liés au contexte spécifique de la plongée peuvent influencer sur l'effet du médicament sur l'organisme.

Effets de la température



[94]

Figure 36 : Effets physiologiques du froid sur l'organisme

Ces effets peuvent potentialiser les effets indésirables des médicaments consommés par le plongeur.

En perturbant la thermorégulation centrale (hypothalamus), les neuroleptiques (par inhibition du mécanisme du frissonnement au niveau central et par action sur les centres thermorégulateurs), ou encore les barbituriques, les benzodiazépines et apparentés (par dépression du système nerveux central), sont susceptibles d'aggraver une hypothermie.

Certains anti-hypertenseurs (alpha-bloquants, inhibiteurs calciques, inhibiteurs de l'enzyme de conversion de l'angiotensine, antagonistes des récepteurs de l'angiotensine II) ainsi que les vasodilatateurs, notamment les dérivés nitrés, peuvent

perturber la thermorégulation au niveau périphérique (vaisseaux) par limitation de la réponse vasoconstrictrice :

La prise de neuroleptique est une situation connue pour favoriser les dysrégulations thermiques, que ce soit dans des conditions normales de température ou en cas d'exposition au froid, et peut induire une hypothermie.

Les médicaments à faible marge thérapeutique (par modification de leur distribution ou de leur élimination) notamment les sels de lithium, la digoxine, certains anti-épileptiques (carbamazépine, acide valproïque, phénobarbital, phénytoïne), ainsi que les médicaments dont l'absorption peut être modifiée (les patchs, notamment ceux contenant des dérivés nitrés ou du fentanyl, et les médicaments administrés par voie sous-cutanée) peuvent être affectés par la vasoconstriction induite par le froid.

Les médicaments agissant sur la vigilance (sédatifs, benzodiazépines et apparentés) peuvent altérer les capacités à lutter contre le froid. [112]

Effets sur la fonction cardiaque

Les différentes modifications cardiovasculaires (vasoconstriction, augmentation du travail cardiaque, bradycardie) que nous venons d'étudier dans le cadre des modifications pharmacocinétiques sont susceptibles de s'ajouter à des effets secondaires de substances consommées par le plongeur. [105] [107]

Toxicité des gaz

Oxygène

L'oxygénothérapie hyperbare interagit avec les médicaments par des mécanismes pharmacocinétiques ou pharmacodynamiques.

Les 100 médicaments les plus fréquemment prescrits en 2009 (ramené à 69 une fois les doublons éliminés) ont été examinées vis-à-vis des interactions avec l'oxygène hyperbare citées dans la littérature médicale. Les interactions médicamenteuses signalées résultant des effets de l'oxygène hyperbare ont eu lieu avec 38 des 69 médicaments examinés (55%). Ces résultats complets sont disponibles en annexe 4.

Malgré toutes les informations relevées, l'auteur conclut que les interactions médicamenteuses avec l'oxygène hyperbare représentent un sujet important, mais qu'il y a un écrasant manque de données cliniques probantes, décrivant les effets de l'oxygénothérapie hyperbare pour la plupart des médicaments couramment prescrits.

[113]

Une pression partielle en O₂ trop élevée peut conduire à une crise d'hyperoxie (effet Paul Bert). Cette toxicité se manifeste par des crises convulsives, qui conduisent le plongeur à la noyade. [34] [105] [113-114]

Azote

Le risque de narcose à l'azote et de somnolence serait majoré par la prise de dépresseur du système nerveux central. Inversement, les effets des sédatifs seraient intensifiés par la narcose des profondeurs. [93]

Des expériences neurochimiques chez des rats ont indiqué qu'une exposition d'azote (3 MPa, ce qui correspond à une exposition de 0.8 MPa chez l'Homme) peut réduire jusqu'à 20% la concentration de dopamine dans le striatum, structure impliquée dans le contrôle de l'activité motrice extrapyramidale. [115] [116]

Hélium

L'hélium, bien qu'utilisé en vertu de ses propriétés non narcotiques, est également connu pour entraîner des modifications de concentration des neurotransmetteurs. [117]



[94]

Figure 37 : Système nerveux et risques en plongée

III.1.3. EXEMPLE DE MEDICAMENTS ETUDIÉS EN CONDITIONS HYPERBARE

Parmi les études ayant été réalisées, toutes ne trouvent pas des résultats significatifs. En voici néanmoins quelques-unes dont les résultats mettent en évidence un lien entre le milieu hyperbare et la modification de l'effet du principe actif.

III.1.3.1. CHLORPROMAZINE, DIAZEPAM ET CHLORDIAZEPOXIDE

Des expériences en laboratoire ont été menées par l'Institut de Recherche Médicale de la Marine (USA, 1979) chez des rongeurs, puis des chiens et enfin des humains.

Les animaux et les humains sont formés pour effectuer des tâches complexes similaires. Ils sont traités avec le médicament puis exposés à des conditions normales de pression avec une augmentation de la pression (dans une chambre hyperbare, sans immersion).

Les résultats de ces évaluations ont démontré combien les effets des médicaments varient lorsque le sujet est introduit à l'environnement hyperbare.

Les courbes doses-effets de la chlorpromazine (antipsychotique, Largactil®), du diazépam et du chlordiazépoxyde (benzodiazépines, Valium® et Librax®) ont été étudiées chez l'animal. Il a été mis en évidence que l'amplitude de l'effet est pression dépendant. Ce phénomène a également été relevé avec l'administration de THC (principe actif du cannabis). L'expérience n'a cependant pas été menée jusqu'à l'homme. [118]

III.1.3.2. CYCLIZINE ET PSEUDOEPHEDRINE

Lors d'une étude néo-zélandaise, vingt-quatre sujets ont ingéré de la pseudoéphédrine (60 mg), de la cyclizine (50 mg) ou un placebo deux heures environ avant une plongée en chambre sèche à l'air. Des tests de grammaire, de raisonnement, de dextérité manuelle et d'arithmétique ont été réalisés.

La pseudoéphédrine (vasoconstricteur) n'a pas ou peu montré d'effet sur la performance dans ces conditions, mais la dépréciation avec la cyclizine (antihistaminique utilisé comme antiémétique) suggère qu'elle devrait être utilisée avec prudence avant de plonger à l'air dans des conditions d'eau libre. [119]

III.1.3.3. ANTIHISTAMINIQUES ET PSEUDOEPHEDRINE

Une autre étude américaine a examiné les effets psychométriques et cardiaques de la pseudoéphédrine et du dimenhydrinate à 100 kPa (niveau de la mer) et 300 kPa (20 m).

Cette étude conclut que la pseudoéphédrine, jusqu'à la profondeur de 20m, est peu susceptible de causer des altérations de la fonction cognitive ou cardiaque, qui augmentent les risques d'accidents pour le plongeur.

L'étude conclut également que le dimenhydrinate présente des effets défavorables sur les différents tests cognitifs et que la profondeur affecte négativement la mémoire. Il est probable que ces effets, en combinaison, peuvent présenter un risque pour le plongeur. [120] [121]

La modification pharmacodynamique a été mise en évidence, mais les différents paramètres susceptibles d'être à l'origine de ce phénomène n'ont pas été étudiés.

Au vu du grand nombre de variables concernées et de notre méconnaissance de ces mécanismes, le principe de précaution s'impose comme une évidence.

III.2. MEDICAMENTS

Cette discussion ne sera pas limitée aux médicaments en vente libre qui répondent strictement à la définition de l'automédication, parce que nous voulons prendre en compte toutes les facettes de l'automédication pratiquée par les plongeurs, telle que nous l'avons retrouvée dans notre étude. [118] [122]

III.2.1. MEDICAMENTS CONSEILS

Des similitudes existant pour plusieurs classes thérapeutiques, nous abordons les médicaments conseils par système et du point de vue des risques encourus pour éviter des redondances.

III.2.1.1. SYSTEME NERVEUX

Toute médication qui affecte le système nerveux central, tels que antihistaminiques, décongestionnants, antinaupathique, a le potentiel d'interagir avec l'augmentation des pressions partielles d'azote. Comment ? Les effets de ce médicament peuvent augmenter le risque de narcose à l'azote. En outre, l'azote peut avoir un effet de synergie dans l'augmentation de l'effet sédatif ou stimulant de la drogue. [83]

De plus, en raison de l'augmentation de l'intensité de ces effets, une réaction nouvelle et inattendue telle que la panique peut se produire, même chez un plongeur habituellement rationnel. Ces effets secondaires varient d'un plongeur à l'autre et de jour en jour chez le même plongeur. Il est tout simplement impossible de prédire qui aura une réaction en plongée.

Antihistaminiques

Les antihistaminiques sont habituellement utilisés pour traiter les manifestations allergiques et pour certaines molécules éviter la cinétose (mal des transports).

Les effets secondaires les plus cités sont somnolence, fatigue, vertiges, maux de tête et plus rarement, sécheresse de la bouche, troubles de l'accommodation.

Les molécules de première génération, parmi lesquelles on retrouve le dimenhydrinate (Nausicalm®) et la diphenhydramine (Nautamine®) utilisés contre la cinétose, sont anticholinergiques et sédatives.

Les molécules de deuxième génération sont moins sédatives, du fait de leur moindre passage de la barrière hémato-encéphalique, comme la cétirizine (Zyrtec®), lévocétirizine (Xyzall®), loratadine (Clarytine®) et desloratadine (Aerius®). Elles sont uniquement indiquées dans le traitement de l'allergie.

Une expérience, en double aveugle réalisée en 2002, a étudié les effets sur les performances cognitives d'une prise d'antihistaminique (cétirizine, 2^e génération) et l'impact que pouvait avoir cette prise sur la narcose. Il n'a pas été noté de différence significative entre les deux groupes. [123]. [124]

Une autre étude en chambre hyperbare ne retrouve pas non plus de différences entre le groupe placebo et le groupe sous clémastine (1^{er} génération). [125]

D'autres expériences mettent cependant en évidence une diminution des performances cognitives, une obnubilation et une perturbation de la coordination motrice fine aux doses habituellement prescrites de diphenhydramine (1^{er} génération). [118]

Taylor conclut que le dimenhydrinate affecte la flexibilité mentale et que la profondeur affecte la mémoire, qu'il est donc probable que ces effets combinés augmentent le risque pour les plongeurs [121].

Par ailleurs, il est intéressant de noter que si l'antihistaminique est utilisé afin de traiter une rhinite (rhume des foins), il s'agit de contourner une contre-indication temporaire à la pratique de la plongée sous-marine, en raison du risque de barotraumatisme. [84] [87] [120] [123]

Scopolamine

La scopolamine est un antinaupathique efficace, utilisé par beaucoup de plongeurs soumis au mal de mer.

Parmi ses effets indésirables recensés, on s'attachera particulièrement à ceux concernant le système nerveux central : occasionnellement, somnolence ; rarement troubles de la mémoire et des capacités de concentration, agitation, vertiges, désorientation, confusion et/ou hallucinations.

On retrouve également parmi les mises en garde de la monographie du Scopoderm®, deux mentions particulières : « En raison des risques de somnolence et de troubles visuels liés à l'administration de scopolamine, l'utilisation de ce produit est déconseillée chez les conducteurs de véhicules et les utilisateurs de machines », et « dans certains cas, particulièrement chez les sujets âgés, peuvent survenir des états de confusion et/ou des hallucinations visuelles ». [126]



Figure 38 : Un patch de Scopoderm

Des études ont été menées dans les années 80, sur des rats et sur des plongeurs afin d'étudier l'impact de la scopolamine en milieu hyperbare.

Il en ressort que les effets secondaires, cités précédemment, sont retrouvés sur les individus ayant reçu de la scopolamine. Aucun effet inhabituel n'a été remarqué.

Les résultats à des tests psychométriques n'étaient pas significativement différents de ceux du groupe placebo.

On note cependant un certain nombre de sensations subjectives décrites par les plongeurs sous scopolamine, telles que vision altérée, léger malaise et une confusion.

Malgré des effets indésirables incitant à la prudence, les auteurs retiennent l'innocuité de la scopolamine dans les conditions des expériences [127-129].

III.2.1.2. BAROTRAUMATISMES

Les vasoconstricteurs et décongestionnants dont l'usage a déjà été abordé dans le contexte du dopage, font partie des substances les plus utilisées par les plongeurs : 38,46% d'entre eux déclarent en consommer.

Malgré leur usage banalisé, ils ne sont pas sans danger et exposent le plongeur à un risque accru de barotraumatismes ORL et à des effets indésirables disproportionnés par rapport à leur efficacité fugace sur des troubles bénins et passagers tels que le rhume ou un nez bouché.

Entre 2007 et 2011, le Centre régional de pharmacovigilance de Toulouse a recensé et analysé 142 effets indésirables cardiovasculaires ou neuropsychiques imputés aux décongestionnants utilisés par voie orale ou nasale.

Les médicaments renfermant un vasoconstricteur, et indiqués dans le traitement symptomatique des rhinites, existent sous 2 formes :

- Les spécialités administrées par voie nasale. Toutes ces spécialités ne sont délivrées que sur prescription médicale.
- Les spécialités administrées par voie orale. Ces spécialités peuvent être délivrées sans prescription médicale.

La liste des vasoconstricteurs disponible sur le marché en France est disponible en annexe 5.

Lors d'expériences en laboratoire menées par l'institut de recherche médicale de la Marine des États-Unis, un ralentissement du jugement et de la coordination a été mis en évidence après la prise de décongestionnants. [118]

L'effet rebond des vasoconstricteurs locaux, c'est-à-dire l'augmentation des résistances nasales à l'arrêt du traitement, peut empêcher l'équilibre des sinus et oreilles en fin de plongée. [88] [89] [93]

Suite à des rapports DAN (Divers Alert Network) mentionnant un lien entre crise hyperoxique et consommation de pseudoéphédrine, une étude a été menée chez le rat. Les résultats ont montré que des doses élevées de pseudoéphédrine accélèrent la crise hyperoxique à 5 ATM hyperoxique. Les auteurs extrapolent ces résultats chez l'Homme et concluent par une mise en garde à la consommation avant une plongée avec des mélanges de gaz enrichis en oxygène. [130]

III.2.1.3. ACCIDENTS CARDIAQUES

La scopolamine, les drogues récréatives stimulantes, le tabac et la caféine sont connus pour provoquer une tachycardie.

Les décongestionnants peuvent favoriser une arythmie.

Par ailleurs, de très nombreux médicaments soumis à prescription médicale et théoriquement contre indiqués lors de la pratique de la plongée sous-marine sont susceptibles de provoquer une bradycardie.

De même, il est intéressant de rappeler que l'effet vasoconstricteur des antihypertenseurs et des beta-bloquants est accru lors des plongées en eau froide, et que les diurétiques augmentent le risque de déshydratation.

L'accident cardiovasculaire est la troisième cause de décès en plongée sous-marine.

[89] [118] [131] [132]

III.2.2. MEDICAMENTS LISTES

Les médicaments listés et consommés par le plongeur peuvent être issus de l'armoire à pharmacie, anciennement prescrits, donnés par un proche (plongeur, encadrant, famille et ami), achetés en ligne et, bien entendu, prescrits par un médecin qui ignore la pratique de la plongée de son patient. [63]

De plus, le plongeur est fréquemment un voyageur. Selon les voyagistes, 30 000 d'entre eux vont plonger à l'étranger, principalement dans les mers chaudes (Mer Rouge, Antilles, Océan Indien). La législation dans ces pays peut permettre l'accès aux médicaments listés et soumis à prescription médicale en France. [1]

Bien que ces traitements ne rentrent pas dans le cadre strict de l'automédication, nous aborderons brièvement quelques molécules et classes thérapeutiques, en raison de l'intérêt de ces substances et de leur consommation fréquente.

Nous excluons cependant les traitements au long cours ramenant à l'existence d'une contre-indication possible à la plongée du fait de pathologies comme l'asthme, les pathologies cardiaque ou vasculaire, l'épilepsie et le diabète.

ANTALGIQUES ET CORTICOÏDES

L'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) a classé les médicaments antidouleur (antalgiques, analgésiques) en trois paliers selon leur puissance d'action.

Palier selon l'OMS	Indication	Molécules	Mode d'action
Palier I	Douleur légère à modérée	Paracetamol	Antalgique antipyrétique
		AINS : aspirine, ibuprofène, kétoprofène ...	Antalgique antipyrétique Anti inflammatoire
		Nefopam	Antalgique pur
Palier II	Douleur modérée à sévère	Codéine Tramadol (+/- paracetamol)	Opiacés faibles
Palier III	Douleurs intenses	Morphine, Fentanyl, Buprénorphine, Nalbuphine	Opiacés forts

Les antalgiques de palier I et certains antalgiques de palier II (certaines spécialités contenant de la codéine) sont en vente libre et à prescription médicale facultative.

Les autres sont soumis à prescription. Nous avons cependant choisi de tous les traiter dans cette partie.

La prise d'analgésiques implique plusieurs problématiques :

- La cause de la douleur nécessitant la prise,
- Les éventuels effets indésirables de la molécule,
- Le risque de masquer les symptômes d'un accident,
- La consommation à des fins de performance (conduite dopante).

Fondamentalement, la douleur a un rôle de signal d'alarme utile. Elle met en alerte l'individu et l'invite à remédier à une situation dangereuse pour son intégrité physique. Ce rôle est retrouvé dans l'ensemble du monde animal : un stimulus désagréable entraînera une réaction de défense.

Les contraintes physiologiques uniques de l'environnement subaquatique peuvent être à l'origine de nombreux troubles ou accidents.

La céphalée par exemple, commune et bénigne en général, peut parfois être le symptôme de conséquences graves de l'exposition hyperbare telles qu'une embolie gazeuse artérielle, une maladie de décompression, un barotraumatisme, une céphalée consécutive à l'effort ou à l'exposition au froid, ou encore une accumulation de CO₂ en raison d'une mauvaise ventilation.

Les diverses causes de maux de tête chez les plongeurs sous-marins vont de l'ordinaire à des conditions potentiellement mortelles qui nécessitent une évaluation minutieuse et parfois un traitement urgent. [133]

En tout état de cause, si le plongeur ressent une douleur nécessitant un analgésique, il ne devrait pas plonger.

Les analgésiques centraux opiacés peuvent provoquer de la somnolence, une dépression respiratoire, des nausées, de la constipation et de l'euphorie. Les sirops antitussifs qui contiennent de la codéine ou ses analogues sont également à proscrire.

Le paracétamol et les AINS ne semblent pas avoir d'influence sur la plongée.

L'utilisation d'aspirine et de corticoïdes afin de prévenir un éventuel ADD ou de s'affranchir des otalgies, s'inscrit dans une conduite dopante. Ces pratiques ont été décrites au cours de la deuxième partie de ce travail, décrivant les comportements et usages à des fins de dopage.

Parmi les effets indésirables liés aux corticoïdes, on retrouve particulièrement une surexcitation, une euphorie, voire une anxiété ainsi qu'une inhibition de la sensation de fatigue. [69] [93]

CONTRACEPTION ORALE

Il est avancé qu'une contraception hormonale à base d'œstroprogestatifs peut ralentir la désaturation de l'azote, entraînant un risque d'accident de décompression plus important de par les modifications au niveau des facteurs de coagulation. [134] [135]

À ce jour, aucune recherche n'a cependant démontré l'impact de la contraception hormonale sur le nombre d'accident de désaturation. A moins que le traitement présente un problème clinique pour la femme, il n'existe pas de données pour montrer qu'il est contre-indiqué dans le cadre de la pratique de la plongée loisir.

L'expérimentation animale (contraceptifs oraux sur des porcs, en milieu hyperbare) semble être en faveur de l'innocuité. [84] [89] [136] [137]

CHIMIOPROPHYLAXIE ANTIPALUDIQUE

Les pays tropicaux sont parmi les plus spectaculaires destinations de plongée mais ont fréquemment des maladies endémiques, telles que le paludisme. Le risque de contracter cette maladie potentiellement mortelle est réduit par le respect de précautions.

La première mesure de prévention est d'éviter les piqûres de moustiques. La deuxième mesure est la prise d'une chimioprophylaxie.

Chimioprophylaxie antipaludique chez l'adulte selon les groupes de chimiorésistance, 2013		
Groupe de chimiorésistance	Population générale	Femme enceinte
Groupe 1	Chloroquine Nivaquine® 100 mg/j À prendre pendant le séjour et durant les 4 semaines qui suivent	
Groupe 2	Chloroquine + Proguanil Nivaquine® 100 mg/j et Paludrine® 200 mg/j ou Savarine® 1 cp*/j À prendre pendant le séjour et durant les 4 semaines qui suivent le retour	
	Atovaquone 250 mg + Proguanil 100 mg Malarone® 1 cp/j À prendre pendant le séjour et durant la semaine qui suit le retour	Atovaquone 250 mg + Proguanil 100 mg Malarone® 1 cp/j Peut être envisagée si nécessaire.
Groupe 3	Méfloquine 250 mg Lariam® 1 cp/semaine À commencer 10 à 21 jours avant le départ, pendant le séjour et dans les 3 semaines qui suivent le retour	
	Doxycycline Doxypalu® 100 mg/j ou Granudoxy®Gé 100 mg/j Doxy® 100Gé 100 mg/j À prendre pendant le séjour et durant les 4 semaines qui suivent le retour	

* Cp=comprimé.

InVS - BEH Recommandations sanitaires pour les voyageurs 2013

Lors de l'évaluation du besoin individuel pour la chimioprophylaxie, un certain nombre de facteurs doivent être pris en compte, notamment la destination, le profil du voyage, les antécédents médicaux, les contre-indications à certains médicaments, et la pratique de la plongée lors du voyage.

Le voyageur doit être impliqué dans le processus de décision concernant les médicaments antipaludiques. Il doit être conscient de la nature potentiellement mortelle de la maladie et de l'importance de se conformer au traitement choisi d'une part, et des risques et effets indésirables (troubles neuropsychiques fréquemment décrits) d'autre part.

Nous insisterons sur la nécessité d'essayer le médicament avant le départ pour vérifier l'absence d'effets secondaires avant de plonger. [138-140]

PSYCHOTROPES : ANTIDEPRESSEURS, ANXIOLYTIQUES ET HYPNOTIQUES

Un traitement antidépresseur, anxiolytique ou hypnogène est une contre-indication temporaire figurant sur la liste de la FFESSM.

La plupart des chercheurs mettent en cause la panique, en réponse à un stress, comme la principale cause de décès en plongée.

Nous avons déjà évoqué une étude ayant démontré la modification du métabolisme du lorazepam en oxygénothérapie hyperbare, ainsi qu'une autre mettant en évidence l'effet pression-dépendant de benzodiazépines et d'un antipsychotiques. [118] [141]

Dans ce contexte, il est important de s'interroger à la fois :

- sur l'impact de la pathologie,
- et sur les éventuels effets indésirables du traitement (parmi lesquels troubles de la vigilance, de la mémoire, de la coordination, de l'équilibre, de la vision),

vis-à-vis de la sécurité du plongeur.

Nous attirons l'attention sur le fait que de nombreux psychotropes ont une demi-vie longue (supérieure à 20h), et que le prescripteur est rarement le médecin fédéral.

La consommation retrouvée au cours de notre étude (2,56% des plongeurs en consomment) pousse à s'interroger sur les connaissances des plongeurs qui en consomment et sur leur suivi médical. [23] [93] [141]

III.2.3. ALCOOLS ET TOXIQUES

Les drogues, qu'elles soient légales ou illégales selon les différentes législations nationales, sont retrouvées dans une part non négligeable de l'enquête d'imprégnation médicamenteuse et toxique menée par le Dr Bergmann sur des accidentés de plongée. Sur 320 plongeurs inclus, 2 étaient positifs à l'éthanol et 9 aux stupéfiants. [75]

Aux USA, une enquête de médecin légiste a révélé que 20% des décès en plongée dans le sud de la Californie étaient associés à un usage de stupéfiants. [87]

III.2.3.1. ALCOOL

L'éthanol est le toxique le plus communément consommé et le plus banalisé.

43.02% des plongeurs de notre enquête déclarent en consommer régulièrement.

Le danger de la consommation d'alcool éthylique associée à une activité aquatique est bien documenté. Dans les pays développés, 80% des noyades chez les hommes adultes sont associées à une consommation d'alcool. [84]

Celui-ci modifie le jugement et la coordination, le rythme cardiaque et la capacité de pompage du cœur. Il réduit le volume sanguin, augmente la production d'urine, ainsi que la dilatation des vaisseaux périphériques et donc favorise l'hypothermie. Il augmente le mal de mer et les vomissements.

Sous l'effet de l'éthanol, la narcose peut s'installer à des profondeurs moindres et provoquer des accidents. Plusieurs études ont mis en évidence l'alcoolémie comme

facteur favorisant de la narcose, provoquant un ralentissement du processus de l'information et par une diminution de l'état d'éveil. [142]

La nature exacte de la relation entre les effets de l'alcool et de la narcose reste encore non élucidée. [93] [143]

III.2.3.2. TOXIQUES

Tabac

11,9% des plongeurs de notre enquête sont des fumeurs.

La nicotine entraîne une augmentation du rythme cardiaque et de la pression artérielle. Elle diminue l'irrigation coronarienne qui s'adapte alors moins bien à l'effort : le corps se fatigue alors plus vite.

Plus on fume, plus l'hémoglobine du sang est chargée en monoxyde de carbone. Il a été démontré que fumer trente cigarettes par jour provoque l'occupation de 10 % de l'hémoglobine dans le sang. Ceci n'a pas vraiment d'effets dans la vie de tous les jours, mais lors d'un exercice physique et donc de la plongée, les effets peuvent être désastreux.

Rajoutons encore un danger supplémentaire : l'association nicotine et monoxyde de carbone rend le sang un peu plus coagulable, ce qui peut favoriser l'obstruction des petits vaisseaux et donc encore la survenue d'accidents de décompression.

L'irritation chronique du système respiratoire semble prédisposer à un risque plus important de barotraumatisme de l'oreille et des sinus, ainsi qu'à un barotraumatisme pulmonaire. [7] [84] [87]

Cannabis

La consommation de cannabis est à l'origine de troubles de la perception et du jugement, ainsi que d'altération de l'humeur, qui sont incompatibles avec la sécurité d'une plongée.

Les effets indésirables les plus fréquemment retrouvés sont : distorsion de la perception du temps et des distances, l'altération de la mémoire, la confusion, la léthargie, une capacité de concentration diminuée, une force musculaire et un équilibre amoindri, le rythme cardiaque est augmenté pendant que la tolérance à l'effort diminue. Les troubles psychologiques peuvent aller jusqu'à la paranoïa, le « bad trip », la panique et des hallucinations.

Il a été mis en évidence un effet pression-dépendant sur l'activité du cannabis.

De plus, comme d'autres drogues, ces effets sont cumulatifs avec la narcose à l'azote. [118] [144] [145]

Amphétamines, cocaïne et autres stimulants

Pressenties initialement comme un "antidote" à la narcose, les amphétamines présentent cependant plus de risques de modifications du comportement (tels que tachycardie, hyperthermie, vertiges, nausées, troubles de la vue, troubles du jugement, réponses inadaptées, prise de risque, agressivité), que de bénéfices.

La cocaïne a des effets physiologiques similaires à ceux de l'adrénaline : stimulation cardiaque, potentiel trouble du rythme létal et élévation de la pression artérielle. La stimulation mentale, la diminution de la sensation de fatigue et la levée d'inhibition encouragent la prise de risque.

Plusieurs cas de mort subite consécutive à une prise de cocaïne, et plus particulièrement chez de jeunes athlètes ou la prise est suivie d'un exercice physique, ont été recensés. [84] [89] [146]

LSD et autres hallucinogènes

Le cannabis, bien que bénéficiant d'un paragraphe dédié, est un hallucinogène.

Le LSD modifie profondément la perception de l'environnement, la coordination et la notion du temps. Il augmente le rythme cardiaque et la tension artérielle. Le risque d'attaque panique est à prendre en compte.

Les champignons hallucinogènes sont à l'origine d'une distorsion des couleurs, des sons et des objets, la notion du temps et du mouvement. [147]

L'usage de ces substances dans le cadre d'une plongée est, en plus d'être illégal, très risqué.

Ces substances peuvent altérer le jugement et la capacité de répondre de manière appropriée au cours d'une plongée.

III.3. DISCUSSION ET RECOMMANDATIONS

III.3.1. ETAT DES LIEUX DES CONNAISSANCES ET PERSPECTIVES

Consommation

Il ressort de notre étude que de nombreuses substances sont fréquemment utilisées par les plongeurs. Il est commun d'être sous l'influence de médicaments ou drogues lors de l'immersion.

On retrouve en premier lieu les antalgiques et anti-inflammatoires, suivis de près par les vasoconstricteurs. Les antinaupathiques, ainsi que des traitements chroniques.

L'alcool est très répandu, souvent décomplexé. La consommation de cannabis n'est pas négligeable.

Ces substances, qui peuvent être légales ou illégales selon la législation nationale, sont consommées régulièrement ou sporadiquement.

Impact

Peu d'études ont été réalisées sur les interactions entre le médicament et les conditions de la plongée sous-marine et interdire la plongée à tout plongeur sous médication n'est pas réalisable.

Les molécules qui ont été les plus étudiées sont les antihistaminiques et les vasoconstricteurs, très largement consommées par les plongeurs.

Parmi les études réalisées, certains auteurs concluent à une absence d'effets indésirables détectés durant l'enquête, qui semble en faveur de l'innocuité de la substance.

Cependant, ces résultats sont issus d'expériences chez le sujet sain, dans un cadre sécuritaire et sur une petite cohorte. Bien que les études aient été menées soigneusement sous des conditions de laboratoire contrôlées, les expériences n'étaient pas effectuées dans l'eau et l'addition de ce facteur et ses variables associées (par exemple, le blood shift, le froid, l'anxiété, la fatigue, les mélanges gazeux et leur pression} pourraient certainement modifier l'effet des médicaments.

D'autres auteurs concluent à l'existence d'effets secondaires avérés de certaines substances en milieu hyperbare et, *a fortiori*, en milieu sous-marin.

Ces études sont un premier pas nécessaire mais ne permettent pas une connaissance suffisante des effets du médicament dans les conditions réelles d'utilisation et à l'évaluation à grande échelle de sa tolérance.

L'objectif de la pharmacovigilance est de détecter des effets indésirables très rares qui n'ont pu être mis en évidence lors des autres phases d'essai. L'appréciation du

profil de sécurité d'emploi du médicament nécessite une connaissance constamment actualisée des effets indésirables tout au long de la vie du médicament.

Bien que totalement utopique dans le cadre de l'usage sous-marin des médicaments, cette définition met en évidence la fragilité des connaissances issues des rares études disponibles.

Elles mettent cependant toutes en évidence que la stricte transposition des propriétés pharmacologiques connues sur terre ne suffit pas à appréhender le devenir du médicament en milieu sous-marin.

Nous devons garder à l'esprit que chaque plongeur possède un profil différent et que chacun répond différemment au statut physiologique particulier par l'environnement hyperbare. Les possibles effets secondaires en plongée peuvent être divers et imprévisibles.

Perspectives

L'intérêt de notre méta-analyse est de mettre en évidence l'importance de l'automédication chez les plongeurs sous-marins et sa constance dans différents pays autour du globe.

La revue de littérature met en évidence l'existence de phénomènes spécifiques survenant lors de l'immersion, encore très mal connus. Ces premiers résultats confortent cependant l'intérêt de mener de nouvelles études pour évaluer les risques associés à la consommation de substances dans un environnement hyperbarique.

III.3.2. CHOIX DES MEDICAMENTS EN PLONGEE

Si la consommation du médicament est inévitable, il est préférable de choisir celui :

- avec le moins d'effets secondaires,
- présentant le moins d'interactions,
- pouvant être administré à distance de la plongée, ou après,
- ayant fait l'objet d'études concluant à la sécurité de leur emploi.

Il est souhaitable d'avoir un recul sur la tolérance personnelle du médicament. Pour cela, un nouveau traitement doit être initié au minimum 2 jours avant la plongée.

Les professionnels de santé, médecins et pharmaciens sont les seuls habilités à délivrer une information sur le bon usage du médicament. Parmi eux, le médecin fédéral est l'expert de ce terrain particulier.

III.3.3. CONSEILS A L'USAGE DES PLONGEURS

L'aptitude médicale à plonger sous médicament dépend du type de plongée, de la pathologie sous-jacente, des effets du médicament sur l'organisme et des conséquences d'arrêt du traitement. De plus, les hypothétiques effets secondaires dus à l'interaction avec la pression doivent être pris en considération.

Consultez votre médecin si vous êtes malade. Votre médecin peut être en mesure de vous fournir le traitement le plus efficace et vous conseiller sur votre aptitude à plonger.

Étudiez toutes les informations fournies avec votre médicament et assurez-vous de bien comprendre les avertissements, les précautions et les effets qu'il peut avoir sur votre corps. Une exposition d'essai d'au moins un ou deux jours avant la plongée peut vous aider à évaluer votre réaction individuelle.

La notion de risque acceptable est une question de jugement, avec une attention particulière accordée au risque par rapport aux avantages, ainsi que la capacité et la volonté de faire face à d'éventuelles conséquences négatives.

Une décision irrationnelle ou un moment de désorientation sous l'eau peut conduire à la noyade.

La plongée sous-marine de loisir doit être une expérience positive. Plongez avec prudence.

CONCLUSION

La pratique de la plongée sous-marine expose le plongeur à des conditions physiques extraordinaires.

Primum non nocere

« D'abord, ne pas nuire ». Proposé par Hippocrate, c'est un des principaux préceptes appris aux étudiants en pharmacie et médecine.

Ce principe doit également s'appliquer au plongeur lorsqu'il s'automédique.

Avant de prendre un médicament, il doit toujours se demander :

- Pourquoi je le prends ? Est-ce que la raison pour laquelle je le prends n'est pas une contre-indication à la plongée ?
- Est-ce que ce médicament est compatible avec la pratique de la plongée sous-marine ?

Entre peur et banalisation

La prise de risque fait partie intégrante de la logique des activités physiques de pleine nature et de la plongée en particulier. Elle ne doit cependant pas être considérée comme une activité dangereuse et les conclusions de ce travail ne doivent pas effrayer.

La plongée sous-marine est une activité à risque, mais ce risque est réduit à un niveau acceptable par le respect de l'ensemble des règles qui régissent sa pratique.

La majorité des accidents, anciennement nommés « immérités », ont lieu en dehors de toute erreur de procédure. [148]

La prévention, qui est la clé pour continuer à diminuer le nombre d'accidents, ne peut se résumer qu'au respect des règles et doit nécessairement prendre en compte l'aspect multifactoriel des accidents.

L'ensemble des connaissances médicales permet d'actualiser les recommandations et de tendre de plus en plus vers un risque minimal. La formation des encadrants comme des plongeurs sur ce sujet mériterait d'être développée.

La décision d'utiliser tout médicament mérite une attention particulière : les risques doivent être pesés contre tout bénéfice attendu.

ANNEXES

LISTE DES ANNEXES

Annexe 1 : Tables MN90 de plongée à l'air

Annexe 2 : Fiche d'alerte accident de plongée

Annexe 3 : Synthèse des études pour la méta-analyse

Annexe 4 : Drug interaction observations and recommendations

Annexe 5 : Liste des produits vasoconstricteurs et décongestionnants

ANNEXE 1 : TABLES MN90 DE PLONGEE A L'AIR

Prof.				Prof.				Prof.				Prof.				Prof.				Prof.				Prof.																	
T	S	G		T	S	G		T	S	G		T	S	G		T	S	G		T	S	G		T	S	G		T	S	G		T	S	G							
3 m				3 m				3 m				6 m:3 m				9 m:6 m:3 m				9 m:6 m:3 m				12 m:9 m:6 m:3 m																	
6	15	A		135	L			40	G			22	70	29	L	30	40		24	K			40	20		1	9	H	52	40	1	10	26	52	O						
	30	B		140	2	L		45	H				75	33	M		45	1	31	L			40	25	2	19	J		5				1	D							
	45	C		150	4	M		50		H			80	37	M		50	3	36	M			40	30	4	28	K		10			1	5	G							
	75	D		160	6	M		55	1	I			85	41	N		55	6	39	M			40	35	8	35	L		15			4	13	I							
	105	E		170	7	N		60	5	J			90	44	N		60	10	43	N			40	40	13	40	M		20			1	6	27	K						
	135	F		180	9	N		65	8	J			5		B		65	14	46	N			40	45	1	18	45	N		25			3	11	37	M					
	180	G		190	11	N		70	11	K			10		C		70	17	48	O			40	50	2	23	48	O		30			6	18	44	N					
	240	H		200	13	O		75	14	K			15		D		5			B			40	55	5	26	52	O		35	1	9	23	50	O						
	315	I		210	14	O		80	17	L			20		E		10			D			40	60	8	29	57	P		40	3	12	29	55	P						
	360	J		220	15	O		85	21	L			25		F		15			E			40	5			C		5					2	D						
	15	B		230	16	O		90	23	M			30		H		20			G			40	10			2	E		10				2	5	G					
	30	C		240	17	O		95	26	M			35		I		25			H			40	15			5	G		15			1	4	16	J					
	45	D		250	18	P		100	28	M		25	40	10	J		30			I			40	20	1	12	I		20			2	7	30	K						
	60	E		255	19	P		105	31	N		25	45	16	J		35			K			40	25	3	22	J		25			4	13	40	M						
	90	F		270	22	P		110	34	N		25	50	21	K		40	1	29	K			40	30	6	31	L		30	1	7	21	46	N							
	105	G		285	24	P		115	36	N		25	55	27	L		45	4	34	L			40	35	11	37	M		35	2	11	26	52	O							
	135	H		300	26	P		120	38	O		25	60	32	L		50	7	39	M			40	40	1	16	43	N		40	5	15	30	59	P						
	165	I		5	A			5	B			25	65	37	M		55	11	43	N			40	5			C		5					2	D						
	195	J		10	B			10	B			25	70	1	41	M		60	15	46	N			40	10		3	F		10			2	6	G						
	255	K		15	C			15	D			25	75	4	43	N		65	19	48	O			40	15	1	6	H		15			1	4	19	J					
	300	L		20	C			20	D			25	80	7	45	N		70	23	50	O			40	20		3	I		20			3	8	32	L					
	360	M		25	D			25	E			25	85	9	48	O		5			C			40	25	5	25	K		25			5	15	41	M					
8	15	B		30	E			30	F			25	90	11	50	O		10			D			40	30	9	35	L		30	1	8	22	48	O						
	30	C		35	E			35	G			25	5		B		15			F			40	35	1	15	40	M		35	4	11	28	54	P						
	45	D		40	F			40	H		20	10	10		D		20			H			40	40	3	20	46	N		40	6	17	30	62	P						
	60	F		45	G			45	1	I		20	15		E		25			I			40	5			D		Exceptionnel												
	75	G		50	G			50	4	I		20	20	1	F		30	1	20	J			40	10			4	F		5					2	★					
	105	H		55	H			55	9	J		20	25	2	G		35	2	27	K			40	15	2	7	H		10				2	7	★						
	120	I		60	H			60	13	K		20	30	6	H		40	5	34	L			40	20	4	19	J		15			1	5	21	★						
	135	J		65	I			65	16	K		20	35	12	I		45	9	39	M			40	25	7	30	K		5					3	★						
	165	K		70	I			70	20	L		20	40	19	J		50	14	43	N			40	30	1	12	37	M		10			3	8	★						
	180	L		75	J			75	24	L		20	45	25	K		55	18	47	N			40	35	3	18	44	N		15			2	5	24	★					
	240	M		80	2	J		80	27	M		20	50	32	L		60	22	50	O			40	40	6	23	48	O		20	1	5	23	K							
	255	N		85	4	K		85	30	M		20	55	2	36	M		5			C			40	5			1	D		Vitesse de remontée 15 à 17 m/mn										
	315	O		90	6	K		90	34	M		20	60	4	40	M		10			E			40	10			4	F		15				2	9	H				
	330	P		95	8	L		5	B			20	65	8	43	N		15			F			40	15	2	9	H		20			4	22	J						
	360	1	P	100	11	L		10	C			20	70	11	46	N		20			H			40	20	4	22	J		25			1	8	32	L					
	5	A		105	13	L		15	D			20	75	14	48	O		25	1	16	J			40	25	1	8	32	L		30			2	14	39	M				
	15	B		110	15	M		20	E			20	80	17	50	O		30	3	24	K			40	30	2	14	39	M		35			5	20	45	N				
	25	C		115	17	M		25	F			20	85	20	53	O		35	5	33	L			40	35	5	20	45	N		40			9	24	50	O				
	35	D		120	18	M		30	G			20	90	23	56	P		40	10	38	M			40	40	9	24	50	O		5				1	D					
	45	E		5	B			35	H			20	45	15	43	N		5			N			40	5			1	D		10					1	F				
	55	F		10	B			40	2	I		20	50	20	47	N		10			D			40	10	1	4	F		15			3	10	I						
	65	G		15	C			45	7	I		20	15	1	E		15			E			40	15	2	23	50	O		20	1	5	23	K							
	80	H		20	D			50	12	J		20	20	2	F		20			F			40	20	1	5	23	K		25			2	9	34	L					
	90	I		25	E			55	16	K		20	25	4	H		30			G			40	25	2	9	34	L		30			4	15	41	M					
	105	J		30	F			60	20	K		20	30	9	I		35			H			40	30	4	15	41	M		35			6	22	47	O					
	120	K		35	F			65	25	L		20	35	17	J		40			I			40	35	6	22	47	O													

ANNEXE 2 : FICHE D'ALERTE ACCIDENT DE PLONGEE

FICHE D'ALERTE - ÉVACUATION ACCIDENT DE PLONGÉE

Remplir en urgence les trois parties pour faciliter l'émission du message d'alerte

N° de tél. de l'appelant:

ALERTER	
EN MER, le CROSS...	À TERRE, tél. au 15, 18 ou 112
<p>VHF-ASN Canal 70</p> <p>Sélection du message - Appui maintenu sur Distress jusqu'à 5 bips courts et un long Attendre accusé de réception pour passer le message - Mode émission (bouton PTT)</p> <hr/> <p>VHF Canal 16</p> <p>PAN PAN (x 3) de (nom du navire x 3), situé aux points GPS° 'N° 'E - Attendre réception pour passer le message</p> <hr/> <p>Demande assistance immédiate pour accident de plongée <input type="checkbox"/> en arrêt cardiaque Mon délai pour atteindre (le point à terre le plus proche) est de min. Le bateau est répertorié: <input type="checkbox"/> OUI <input type="checkbox"/> NON Longueur navire: m. Couleur:</p>	<p>Demande assistance immédiate pour accident de plongée</p> <p>« en cas d'arrêt cardiaque, le préciser sans délai »</p> <p>Je me situe à</p>
PARAMÈTRES DE PLONGÉE	
<p>SEXE: <input type="checkbox"/> M <input type="checkbox"/> F ÂGE: ans NOM: PRENOM:</p> <p>Niveau de plongée: <input type="checkbox"/> Apnée <input type="checkbox"/> Bouteille <input type="checkbox"/> Recycleur <input type="checkbox"/> Air <input type="checkbox"/> Nitrox <input type="checkbox"/> Trimix <input type="checkbox"/> HélioX <input type="checkbox"/> Loisir <input type="checkbox"/> Formation <input type="checkbox"/> Professionnel</p> <p>Profondeur max: mètres Durée totale: min. Heure de sortie: H.....</p> <p>Paliers de décompression: <input type="checkbox"/> Ordinateur <input type="checkbox"/> Table:</p> <p>Incident:</p> <p>Plongée précédente < 24h: <input type="checkbox"/> OUI <input type="checkbox"/> NON Intervalle: h. Profondeur: mètres Durée: min.</p>	
BILAN	
<p>Médecin sur place: <input type="checkbox"/> OUI <input type="checkbox"/> NON Qualification: <input type="checkbox"/> Médecine de plongée <input type="checkbox"/> Autre:</p> <p>Bilan: <input type="checkbox"/> Inconscient <input type="checkbox"/> Ne respire pas <input type="checkbox"/> Gêne respiratoire (fréquence respiratoire: / min.) <input type="checkbox"/> Paralysie (localisation:) <input type="checkbox"/> Douleur (localisation:) <input type="checkbox"/> Vertige Peau: éruption ou démangeaison <input type="checkbox"/> Fourmillement (localisation:) <input type="checkbox"/> Saignements (localisation:) <input type="checkbox"/> Autres:</p> <p>Heure des 1ers signes: H..... Heure de début des soins: H.....</p> <p>Soins: <input type="checkbox"/> Oxygène (débit: L/min.) Eau (volume: mL.) <input type="checkbox"/> Aspirine (dose: mg.) <input type="checkbox"/> Réanimation cardio-pulmonaire (heure de début: H.....) <input type="checkbox"/> Défibrillateur sur site <input type="checkbox"/> Autres:</p>	

- MODÈLE DÉPOSÉ - SOCIÉTÉ MÉDICALE MÉDITERRANÉENNE D'URGENCE MARITIME - ECASC VALABRE - TANIT DÉVELOPPEMENT - TEL: + 33 (0)4 90 07 57 94 - WWW.TANIT-DEVELOPPEMENT.COM

ANNEXE 3 : SYNTHÈSE DES ÉTUDES POUR LA META-ANALYSE

Médicament incriminé	Taylor	Dowse	FBW	Depierreux	Total
Antalgiques et AINS	28	180	58	125	391
paracétamol			26		26
aspirine	17		16		33
AINS	11		16		27
Décongestionnants nasaux	461	132	7	45	645
Antihistaminiques, antinaupathiques	415	68	19	50	552
antihistaminique	113	41		18	172
antinaupathique	302	27		32	361
Gastrointestinal		3			3
lopéramide		3			3
Prophylaxie paludisme		3		36	39
Antiépileptique	2				2
Psychotropes	18	6	5	14	43
antidépresseurs	13	5		6	24
anxiolytiques	5	1		4	10
hypnotiques			5	4	9
Antihypertenseur	53	27	5	6	91
autres	30	18		1	49
beta bloquants	13	3		3	19
diurétiques	7	6		2	15
Anti-arythmiques	1			0	1
Anticoagulants				1	1
Vasodilatateurs ; bloqueurs		1		3	4
Anti-aggrégants plaquetaires		10		1	11
Corticoides	16	11	19	25	71
corticoides généraux	1			17	18
corticoides locaux	15	11		8	34
Antidiabétiques	5	9	2	1	17
Antiseptiques				29	29
Tabac	76	53		58	187

Cannabis				10	10
Alcool	87	414		175	676
Café				227	227
Hormones thyroïdiennes	18	9	2		29
Contraception orale	11	9	2		22
Homéopathie			2		2
Normolipédiant	21	12	1		34
Traitement asthme	11				11
Rhume		10			10
Antibiotique, antiviral, antifongique		7			7
Aucun	536			89	625
Autres	12		6	59	77

[66] [67] [68] [69]

ANNEXE 4 : DRUG INTERACTION OBSERVATIONS AND RECOMMENDATIONS

For this review, observed pharmacokinetic and pharmacodynamic changes resulting from the interaction with hyperbaric oxygen was applied to the 100 most frequently prescribed medications in 2009.

Medication	Possible Effects of Hyperbaric Oxygen	Medication	Possible Effects of Hyperbaric Oxygen
ABILIFY	Probable Additive Hypoglycemic Effects	LIPITOR	No Adverse Effect Noted from Case Report
ACTOS		LISINOPRIL	
ADVAIR DISKUS	Could Effect Emission from Canister	LORAZEPAM	Protects Against Generalized Oxygen Toxicity
ALENDRONATE SOD	Probable Synergistic Effects	LYRICA	
ALPRAZOLAM	Protects Against Generalized Oxygen Toxicity	METFORMIN HCL	Probable Additive Hypoglycemic Effects
AMLODIPINE BESY	Probable Additive Hypotensive Effects	METOPROLOL SUCCIN	Give After and Not Before HBO Session
AMLODIP BES/BENAZ		TOPROL-XL	
		METOPROLOL TART	
AMOXICILLIN	Synergistic Antimicrobial Effects	NASONEX	
AMOX TR/CLAVUL		NEXIUM	
		OMEPRAZOLE	No Adverse Effect Noted from Case Report
APAP/CODEINE	Probable Additive CNS Depressive Effects	OXYCODONE/APAP	Probable Additive CNS Depressive Effects
ARICEPT		PANTOPRAZOLE SOD	
ATENOLOL	Give After and Not Before HBO Session	PLAVIX	
AZITHROMYCIN	Probable Synergistic Antimicrobial Effects	PREDNISONE	No Adverse Effect Noted from Case Report
CELEBREX		PREMARIN	
CEPHALEXIN	Synergistic Antimicrobial Effects	PREVACID	
CLONAZEPAM	Protects Against	PROAIR HFA	Pressure Effects Emission

	Generalized Oxygen Toxicity		from Cansiter
CONCERTA	Interacts Unfavorably with HBO	VENTOLIN HFA	
COZAAR	Increased Drug Efficacy	PROPOXYPHEN-N/APAP	Probable Additive CNS depressive Effects
CRESTOR		SEROQUEL	
CYMBALTA		SERTRALINE HCL	
DIGOXIN	Probable Decrease in Drug Effectiveness	SIMVASTATIN	Improves Oxidative Stress and Proteinuria
DIOVAN	Probable Increase Drug Efficacy	SINGULAIR	
DIOVAN HCT		SMX/TMP	Synergistic Antimicrobial Effects
EFFEXOR XR		SPIRIVA HANDIHALER	Could Effect Emission from Cansiter
FLOMAX		TAMIFLU	
FLUCONAZOLE	Probable Synergistic Antimicrobial Effects	TRAMADOL HCL	Probable Additive CNS Depressive Effects
FLUOXETINE HCL	Probable Synergistic Antidepressant Effects	TRAZODONE HCL	
FLUTICASONE PROP		TRICOR	
FUROSEMIDE	No Adverse Effects Noted from Case Report	VALTREX	
GABAPENTIN		VIAGRA	No Adverse Effects Reported in Trials
HYDROCODONE/APAP	Probable Additive CNS Depressive Effects	VIT D	
HYDROCHLOROTHIAZIDE	No Adverse Effects Noted from Case Report	VYTORIN	
IBUPROFEN (RX)	Dosage Should Be Readjusted	WARFARIN SOD	
LANTUS		YAZ-28	
LEVAQUIN	Synergistic Antimicrobial Effects	ZETIA	
LEVOTHYROXINE SOD	May Enhance Oxygen Toxic Effects	ZOLPIDEM TART	Probable Additive CNS Depressive Effects
SYNTHROID			
LEXAPRO			

[113]

ANNEXE 5 : LISTE DES PRODUITS VASOCONSTRICTEURS ET DECONGESTIONNANTS



Agence nationale de sécurité du médicament et des produits de santé

Liste des produits contenant des vasoconstricteurs décongestionnants de la sphère ORL actuellement commercialisés

Voie d'administration	Nom du médicament	Substance(s) active(s)	Conditions de prescription
Vasoconstricteurs non associés			
Voie nasale	ATURGYL	oxymétazoline	Liste II
	PERNAZENE	oxymétazoline	Liste II
Voie orale	SUDAFED	pseudoéphédrine	Non listé
Vasoconstricteurs associés			
Voie nasale	DERINOX	naphthazoline prednisolone	Liste II
	DETURGYLONE	oxymétazoline prednisolone	Liste I
	HUMOXAL	phényléphrine benzalkonium	Liste II
	RHINAMIDE	éphédrine acide benzoïque	Liste II
	RHINOFLUIMUCIL	N-acétylcystéine tuaminoheptane benzalkonium	Liste II
	RHINO SULFURYL	éphédrine sodium	Liste II
Voie orale	ACTIFED RHUME JOUR ET NUIT	<i>Comprimé jour :</i> paracétamol pseudoéphédrine <i>Comprimé nuit :</i> paracétamol diphénhydramine	Non listé
	ACTIFED RHUME	paracétamol pseudoéphédrine triprolidine	Non listé
	DOLIRHUME	paracétamol pseudoéphédrine	Non listé
	DOLIRHUMEPRO	<i>Comprimé jour :</i> paracétamol pseudoéphédrine <i>Comprimé nuit :</i> paracétamol doxylamine	Non listé
	HEXARHUME	biclotymol phényléphrine chlorphéniramine	Non listé
	HUMEX RHUME	<i>Comprimé :</i> paracétamol pseudoéphédrine <i>Gélule :</i> paracétamol chlorphénamine	Non listé
	NUROFEN RHUME	pseudoéphédrine ibuprofène	Non listé
	RHINADVIL	pseudoéphédrine ibuprofène	Non listé
	RHINUREFLEX	pseudoéphédrine ibuprofène	Non listé
	RHUMAGRIP	paracétamol pseudoéphédrine	Non listé
Vasoconstricteurs associés à la cétirizine et utilisé dans la rhinite allergique			
Voie orale	ACTIFED LP RHINITE ALLERGIQUE	pseudoéphédrine cétirizine	Non listé
	HUMEX RHINITE ALLERGIQUE	<i>Comprimé jour :</i> pseudoéphédrine <i>Comprimé nuit :</i> cétirizine	Non listé

BIBLIOGRAPHIE

- [1] **Chauveau, M.** *Etude socio-économique relative à la plongée subaquatique de loisir en 2004 - 2005.* : Ministère de la Jeunesse, des Sports et de la Vie Associative, 2005.
- [2] **Cousteau, JY.** *L'homme retourne à la mer .* : Robert Laffont, 1973.
- [3] La plongée sous-marine : une activité hyperbare. *Eduscol Culture Sciences Chimie.* [En ligne] 01 10 2010. [Citation : 20 05 2014.] <http://culturesciences.chimie.ens.fr/content/la-plongee-sous-marine-2-3-une-activite-hyperbare-745>.
- [4] **Benton, PJ et Glover, MA.** Diving medicine. *Travel Medicine and Infectious Disease.* 2006, 4, 238–254.
- [5] www.plongee-evolution.com. [En ligne] [Citation : 05 09 2013.]
- [6] www.plongee-plaisir.com. [En ligne] [Citation : 05 09 2013.]
- [7] **Foster, P.** *La plongée sous-marine à l'air : l'adaptation de l'organisme et ses limites.* : Presses universitaires de Grenoble, 1993.
- [8] **Jackson, J.** *La plongée.* : Artémis Editions, 2001.
- [9] **Levett DZH, Millar IL.** Bubble trouble : a review of diving physiology and disease. *Postgraduate medical journal.* 2008, 84:571-578.
- [10] **Nimb, CH.** Risk management in recreational diving : the PADI approach. *South pacific underwater medicine Society journal.* 2004, Vol. 34, 2:90-93.
- [11] **Berney, JY.** Envenimations marines. *Médecine et Hygiène.* 2004, 62:1028-1037.

- [12] **Francour, P.** Les espèces de faune et flore potentiellement dangereuses pour le plongeur. *Université de Nice*. [En ligne] [Citation : 20 05 2014.] http://nephi.unice.fr/ftp/users/francour/Flore_Faune_Dangereuses.pdf.
- [13] **Berger, L. et Caumes, E.** Accidents cutanés provoqués par la faune et la flore sous-marine. *Annales de dermatologie*. 2004, 131:397-404.
- [14] **Broussolle, B et Méliet, JL.** *Physiologie et médecine de la plongée.* : Ellipses, 2006.
- [15] **Schilling CW, Carlston CB, Mathias RA.** *The physician's guide to diving medicine*. New York : Plenum Press, 1984.
- [16] **Hirayanagi K, Nakabayashi K, Okonogi K et al.** Autonomic nervous activity and stress hormones induced by hyperbaric saturation diving. *Undersea and hyperbaric society journal*. 2003, Vol. 30, 1:47-55.
- [17] **Mourot, L.** *Régulation neurovégétative des fonctions cardiovasculaires, Etude lors de l'exercice, de l'entraînement, du surentrainement et lors de l'immersion*. Université de Franche Comté : 2004.
- [18] **Henckes, A. et al.** L'œdème pulmonaire en plongée sous-marine autonome : fréquence et gravité à propos d'une série de 19 cas. *Annales françaises d'anesthésie et de réanimation*. 2008, 27:694-699.
- [19] **Santé auditive et Communication, Lobe.** Conseils pour la plongée. <http://lobe.ca/>. [En ligne] octobre 2013.
- [20] **Spira, A.** Diving and marine medicine review. *Journal of travel medicine*. 1999, Vol. 6, 3:180-198.
- [21] **El Hachem, N.** La trompe d'Eustache : physiologie, physiopathologie et rôle dans la genèse de l'otite moyenne. *Kinésithérapie, la revue*. 2012, Vol. 12, 132:18-24.

- [22] **Edmonds C, Lowry C, Pennefather J.** *Diving and the subaquatic medicine, Third Edition* : Butterworth Heinemann, 1992.
- [23] **Colvard, D. et al.** A study of panic in recreational scuba divers. *The undersea journal*. First quarter 2003 40-44.
- [24] **Thouzeau, G.** Anatomie et physiologie appliquée à la plongée. *Observatoire océanologique de Banyuls sur mer CNRS*. [En ligne] [Citation : 03 02 2014.] <http://www.obs-banyuls.fr/Services/stageplongee/>.
- [25] **Jan, B.** *Le stress et la plongée*. : Commission technique régionale FFESSM Ile de France - Picardie, 2003.
- [26] **Raveneau, G.** La plongée sous-marine, entre neutralisation du risque et affirmation de la sécurité. *Ethnologie française*. 2006, Vol. 36, 4:613-623.
- [27] **Blondeau, N.** L'utilisation des tables de plongée. [En ligne] [Citation : 20 05 2014.] <http://nicoblou.free.fr/cours/tables.pdf>.
- [28] **Bonafous, M.** *Les accidents de plongée traités par le CROSS-MED : Constat et propositions d'amélioration*. 2007.
- [29] **Malte, P. et Rey, P.** *Nouvelle plongée subaquatique*. : Editions Amphora, 1999.
- [30] **Barthelemy, A et Coulange, M.** Médecine de plongée. *Science et sports*. 2012, 27:122-130.
- [31] **Foret A., Torres P.** *Plongée plaisir 3*. : Editions Gap, 2013.
- [32] **Jackson, J.** *Le guide complet de la plongée sous-marine*. : De Vecchi, 2005.
- [33] **Poujade, N.** Place du chirurgien-dentiste dans la prise en charge des patients pratiquant la plongée sous-marine. 2011.
- [34] **Ducassé, JL et Grandjean, B.** Oxygène et plongée. *Revue européenne de biotechnologie médicale*. 1995, 17, 7, 196-200.

- [35] **Brossart, M.** Toxicité des gaz. [En ligne] [Citation : 10 05 2014.] http://codep01.ffessm.fr/IMG/pdf/toxicite_des_gaz.pdf.
- [36] **Nussberger, P. et al.** Médecine de plongée : un abrégé. *Swiss Medical Forum*. 2007, 7:970-993.
- [37] **Edge, CJ.** Recreational diving medicine. *Current Anaesthesia & Critical Care*. 2008, 19:235-246.
- [38] **Picquet, C.** Indication de l'oxygénothérapie hyperbare dans les accidents graves de plongée . *Faculté de médecine de Limoges*. [En ligne] [Citation : 20 05 2014.] http://www.medecine.unilim.fr/formini/descreso/libourne_2008/ohbaccidentsgravesplongee.pdf.
- [39] **Pugin, D. et Berney, JY.** Plongée sous-marine et médecine hyperbare. *Revue médicale suisse*. 2009, 5:1610-14.
- [40] **Bonnin, JP., Grimaud, C. et Happey, JC.** *La plongée sous-marine sportive 3e Edition*. : Masson, 1999.
- [41] **Nakayama H, Shibayama M, et al.** Decompression sickness and recreational scuba divers. *Emergency medicine journal*. 2003, 20:332-334.
- [42] **Malerba, G.** *Traitement des accidents de plongée - DIU de Médecine Subaquatique et Hyperbare*. Samu 54 : 2003.
- [43] **Muller P, Beuster W, Huhn W, et al.** *Directive accident de plongée*. : Société suisse de médecine subaquatique et hyperbare, 2008.
- [44] **Grandjean, B.** *Enquête Nationale Accidents de plongée sportive en scaphandre autonome*. : FFESSM, Commission médicale et de Prévention, 2011.
- [45] **Préfecture maritime de la Méditerranée, Bilan 2011 : Campagne estivale de sécurité des loisirs nautiques en Méditerranée**. 2011.

- [46] **CROSS Méditerranée**, *Bilan 2012*. 2013.
- [47] *Bilan d'activité CROSS Méditerranée 2013*. 2014.
- [48] **Grisoni, A.** *Le généraliste et l'examen de non contre indication à la plongée bouteille du sujet de plus de 65 ans*. 2008.
- [49] **Mascret, C.** L'automédication, un comportement ou une classe de médicaments ? *Actualités pharmaceutiques*. Avril 2009, 484:56-58.
- [50] **Association française de l'industrie pharmaceutique pour une automédication responsable**. Baromètre du libre accès en 2013. *AFIPA*. [En ligne] [Citation : 05 juillet 2013.]
http://www.afipa.org/fichiers/20130619160506_Etude_sur_le_libre_acces_en_pharmacie__AFIPA_UPMC__27_mai_2013.pdf.
- [51] *Code de la Santé Publique* .
- [52] **Pouillard, J.** *Automédication*.: Conseil national de l'Ordre des Médecins, 2001.
- [53] **Raynaud, D.** Les déterminants du recours à l'automédication. *Revue française des affaires sociales*. 2008, 1:81-94.
- [54] **Organisation Mondiale de la santé**. Guideline for the regulatory assessment of medicinal products for use in self-medication. [En ligne] 05 juillet 2013.
<http://apps.who.int/medicinedocs/pdf/s2218e/s2218e.pdf>.
- [55] **Coulomb, A. et Baumelou, A.** *Situation de l'automédication en France*. : Ministère de la santé et de la protection sociale, 2007.
- [56] **Grare, T.** L'automédication, enquête descriptive et comparative du comportement de personnes fréquentant une officine parisienne et une officine vendéenne. Nantes : 2011.
- [57] **Lecomte-Somaggio, D.** L'automédication a le vent en poupe. *Actualités pharmaceutiques*. 2010, 495:4,5.

- [58] **Aeberhard, P. et al.** *Activités physiques et sportives, santé publique, prévention des conduites dopantes.* : Editions de l'Ecole Nationale de la Santé Publique, 2003.
- [59] **Laure, P.** L'automédication du sportif. *Science & Sports.* Elsevier Masson, 2011, 26:236-241.
- [60] *Agence Française de lutte contre le Dopage.* [En ligne] [Citation : 18 05 2014.] <https://www.afld.fr/>.
- [61] *Agence Mondiale Antidopage.* [En ligne] [Citation : 18 05 2014.] <http://www.wada-ama.org/fr/Programme-mondial-antidopage/Sport-et-Organisations-antidopage/Standards-internationaux/Liste-des-interdictions/>.
- [62] **Authier, N.** Automédication et douleur chez le sportif. *Réunion formateurs dopage DRJSCH.* 2012.
- [63] **Laure, P.** Epidémiologie du dopage. *Immunoanal. Biol. Spéc.* 2001, 16:96-100.
- [64] **Laure P, Binsinger C, Lecerf T.** General practitioners and doping in sport : attitudes and experience. *British Journal of Sports Medicine.* 2003, 37:335-338.
- [65] **Labarde s, Bugeaud JL, Nouaille Y.** Quelques généralités sur le dopage. *Actualités pharmaceutiques.* 2013, 523:16-17.
- [66] **Depierreux, S.** Les risques liés à l'usage des médicaments chez le plongeur sous-marin : Université de Reims, 2007.
- [67] **Taylor, S. et al.** Medications taken daily and prior to diving by experienced scuba divers. *South pacific underwater medicine society journal.* 2002, Vol. 32, 3:129-135.

- [68] **St Leger Dowse, Marguerite et al.** The use of drugs by UK recreational divers : prescribed and over-the-counter medications. *Diving and hyperbaric medicine*. 2011, Vol. 41, 1.
- [69] **Fraisse, T, de Wazières, B et Balmes, N.** Evaluation de la pratique de l'automédication chez les plongeurs en scaphandre autonome. *Thérapie*. 2005, Vol. 60, 4:409-412.
- [70] *Automédication chez les plongeurs*. **Douge, T.** Saint Etienne : 2009.
- [71] **ANSM.** *Analyse des ventes de médicaments en France en 2011*. Agence nationale de la sécurité du médicament et des produits de santé, 2012.
- [72] **Wilcox CM, Cryer B, Triadafilopoulos G.** Patterns of use and public perception of over-the-counter pain relievers : Focus on nonsteroidal antiinflammatory drugs. *The Journal of Rheumatology*. 2005, 32:2218-2224.
- [73] **R., O'Hayon Naïm et Escher, M.** Antalgiques en automédication : quels sont les risques ? *Revue médicale suisse*. 2010, 6:1338-1341.
- [74] **INSERM.** *Médicaments psychotropes : consommations et pharmacodépendances, une expertise collective de l'INSERM*. 2012.
- [75] **Bergmann, E.** Imprégnation médicamenteuse et toxique des accidentés de plongée. *Commission médicale et de prévention - FFESSM*. [En ligne] 2013. [Citation : 14 05 2014.] http://medical.ffessm.fr/?page_id=865.
- [76] **Lelong, E.** *Etude de l'automédication des sportifs et évaluation des risques de dérives vers des conduites dopantes*. : Université de Nantes, 2008.
- [77] **Taylor, David et al.** Experienced, recreational scuba divers in Australia continue to dive despite medical contraindications . *Wilderness and environmental medicine*. 2002, 13.

- [78] **Taylor, D. et al.** Experienced scuba divers in Australia and the United States suffer considerable injury and morbidity. *Wilderness and environmental medicine*. 2003, 14:83-88.
- [79] **Levano, B.** Taking medications when you dive. *DAN (Divers Alert Network)*. [En ligne] [Citation : 03 02 2014.] http://www.diversalertnetwork.org/medical/articles/Taking_medications_when_you_dive.
- [80] **Abitteboul Y., et al.** Automédication des rugbymens amateurs. *Science et sports*. 2011, 26, 242-245.
- [81] Drugs and Diving. *London Diving Chamber*. [En ligne] [Citation : 20 05 2014.] <http://www.londondivingchamber.co.uk/index.php?id=advice&page=6&cat=5>.
- [82] **Caliot, P.** *Note sur le mal de mer*. s.l. : FFESSM - Commission médicale et de prévention Aquitaine Limousin Poitou Charentes, 2013.
- [83] **Nord, D.** DAN Takes a Look at Over-the-Counter Medications. *DAN (Divers Alert Network)*. [En ligne] [Citation : 03 02 2014.] http://www.diversalertnetwork.org/medical/articles/DAN_Takes_a_Look_at_Over-the-Counter_Medications.
- [84] **Edmonds, Carl, et al.** *Diving medicine for scuba divers*. 2012.
- [85] **Nataf, S.** L'appareil respiratoire, cours PCEM2. <http://histoblog.viabloga.com/>. [En ligne] Université de Lyon, Hospices Civils de Lyon. [Citation : 14 05 2014.]
- [86] **Brown, M. et al.** Pseudoephedrine for the prevention of barotitis media: A controlled clinical trial in underwater divers. *Annals of Emergency Medicine*. Vol. 21, 7:849-852.
- [87] **Pace, T. et al.** Medication, recreational drugs and diving. *Malta Medical Journal*. 2005, Vol. 17, 1:9-15.

- [88] **Mortuaire, G. et al.** Effet rebond et rhinite aux vasoconstricteurs nasaux en pratique clinique. Revue critique de la littérature par un groupe d'experts. *Annales françaises d'Oto-rhino-laryngologie et de Pathologie Cervico-faciale*. 2013, 130:140-148.
- [89] **Poncin, V.** Activités subaquatiques, drogues festives et médicaments. *Commission médicale et de prévention - FFESSM*. [En ligne] 2013. http://medical.ffessm.fr/?page_id=865.
- [90] **Gertner, Jeffrey et al.** *Evaluation of drug effects on eustachian tube dysfunction in divers*. New London, USA : Naval submarine medical research laboratory, 2010.
- [91] **Labarde, S. et al.** Le dopage : quelques cas pratiques. *Actualités Pharmaceutiques*. 2013, Vol. 23, 523:32-34.
- [92] **Benbouzid, M.A. et al.** La corticothérapie en ORL. *Médecine du Maghreb*. 1997, 61:13-16.
- [93] **Kintz, P.** Accident de plongée sous influence de médicaments : à propos d'un cas et revue de la littérature. *Annales de Toxicologie Analytique*. 2011, Vol. 23, 4:169-174.
- [94] **Foret, A.** *Plongée plaisir 4*. : Editions Gap, 2013.
- [95] **Louge, P. et al.** Prise en charge des accidents de décompression médullaire en plongée sous-marine : actualités en 2010. *La Presse Médicale*. 2010, Vol. 39, 7:778-785.
- [96] **Bessereau, J. et Coulange, M. et al.** Place de l'aspirine dans le traitement médicamenteux de l'accident de désaturation. *Thérapie*. 2008, Vol. 63, 6:419-423.
- [97] **Pontier, JM.** Place des anti-aggrégants plaquettaire dans l'accident de décompression. *FFESSM, Communications de Cochin*. 2010.

- [98] **Malamas, JP.** Prise de risque et prise de décision. [En ligne] [Citation : 20 05 2014.] <http://www.plongee-en-corse.fr/parlons-de-plongee/prise-de-risque-et-prise-de-decision/>.
- [99] **Bonnet A, Fernandez L, Graziani P, et al.** Etat émotionnel subjectif et prise de risques : rôle de l'anxiété et de la fatigue psychologique . *Journal de Thérapie Comportementale et Cognitive* . 2004, Vol. 14, 2:89-93.
- [100] **CNES.** Sciences de la vie dans l'espace. *CNES, Centre national d'études spatiales* . [En ligne] 2010. [Citation : 10 02 2014.] http://www.cnes.fr/automne_modules_files/standard/public/p9859_a55e4eeccd82f424033f0aa41b734cba16_Sciences_de_la_Vie_dans_lespace.pdf.
- [101] **Leveque D, Lemachatti J, Nivoix Y, et al.** Mécanismes des interactions médicamenteuses d'origine pharmacocinétique. *La revue de médecine interne*. 2010, 31:170-179.
- [102] **Péhourcq, F. et al.** Pharmacocinétique de chez le sujet âgé. *Revue des maladies respiratoires*. 2002, 19:356-362.
- [103] **Coates, DW et Rose, KG.** A method for screening the potentially disruptive behavioral effects of drugs under hyperbaric pressure. *Undersea and Hyperbaric Medical Society*. 1994.
- [104] **Gandia, P. et al.** The influence of weightlessness on pharmacokinetics. *Fundamental & Clinical Pharmacology*. 2005, Vol. 19.
- [105] **Rump, A. et al.** Effects of hyperbaric and hyperoxic conditions on the disposition of drugs : theoretical considerations and a review of the literature. *General pharmacology*. 1999, Vol. 32, 1:127-133.
- [106] **Panneton, W. et al.** The rat : a laboratory model for studies of the diving response. *Journal of applied physiology*. 2010, 108:811-820.

- [107] **Lafay, V.** Abord clinique et paraclinique du plongeur sous marin, conseils pratiques pour le cardiologue. *Archives des maladies du coeur et des vaisseaux*. 2004, 126:15-17.
- [108] **McCulloch, P. et al.** The cardiovascular and endocrine responses to voluntary and forced diving in trained and untrained rats. *American Journal of Physiology*. 2010, Vol. 298, 1:224-234.
- [109] **Gandia, P.** *Influence de la microgravité simulée sur la pharmacocinétique du paracétamol utilisé comme marqueur de la vidange gastrique : étude chez le rat et chez le volontaire sain*. Toulouse : Thèse de l'Université Toulouse III, 2003.
- [110] **Aksenov, IV et al.** Pharmacokinetics of lorazepam under hyperbaric oxygen therapeutic pressure as compared to normobaric air. *Undersea and Hyperbaric Medical Society*. 2003.
- [111] **Stanke-Labesque, F.** Aspects pharmacodynamiques. *Université Paris Descartes*. [En ligne] 2011. http://www.uvp5.univ-paris5.fr/wikinu/docvideos/Grenoble_1011/stanke_labesque_francoise/stanke_labesque_francoise_p01/stanke_labesque_francoise_p01.pdf.
- [112] **AFSSAPS.** *Mise au point sur le bon usage des médicaments en cas d'épisode de grand froid*. 2009.
- [113] **Smith, R.** An Appraisal of Potential Drug Interactions Regarding Hyperbaric Oxygen Therapy and Frequently Prescribed Medications. *Wounds*. 2011, Vol. 23, 6:147-159.
- [114] **Arieli, R. et al.** Effects of the anti-motion-sickness medication cinnarizine on central nervous system oxygen toxicity. *Undersea and hyperbaric medical society journal*. 1999, 105-109.
- [115] **Daniels, S.** Cellular and neurophysiological effects of high ambient pressure. *Undersea and hyperbaric medical society*. 2008, Vol. 35, 1:13-19.

- [116] **Lavoute, C. et al.** Post effect of repetitive exposures to pressure nitrogen-induced narcosis on the dopaminergic activity at atmospheric pressure. *Journal of the Undersea and Hyperbaric Medical Society*. 2008, Vol. 35, 1:21-25.
- [117] **Rostain, JC et al.** A review of recent neurochemical data on inert gas narcosis. *Undersea & hyperbaric medical society*. 2011, Vol. 38, 1:49-59.
- [118] **Walsh, JM.** Should divers use drugs ? *South Pacific Underwater Medicine Society Journal* . 1979.
- [119] **McGeoch, G. et al.** The effects on performance of cyclizine and pseudoephedrine during dry chamber dives breathing air to 30 metres depth. *South pacific underwater medicine society journal*. 2005, Vol. 35, 4:178-182.
- [120] **Taylor, D. et al.** The psychometric and cardiac effects of pseudoephedrine and antihistamines in the hyperbaric environment. *South pacific underwater medicine society journal*. 2001, Vol. 31, 1:50-57.
- [121] **Taylor, D. et al.** The psychometric and cardiac effects of dimenhydrinate in the hyperbaric environment. *Pharmacotherapy*. 2000, Vol. 20, 9:1051-1054.
- [122] **Walsh, M.** *Interaction of drugs in the hyperbaric environment*. : Undersea Medical Society, 1979.
- [123] **Pace, T.** The use of a non-sedating antihistamine in the hyperbaric environment. : Department of Clinical Pharmacology and Therapeutics, University of Malta, 2002.
- [124] Monographie cetirizine 10 mg, comprimé pelliculé sécable. <http://www.evidal.fr/>. [En ligne] 2014. [Citation : 14 05 2014.]
- [125] **Sipinen, SA et al.** Neuropsychologic and cardiovascular effects of clemastine fumarate under pressure. *Undersea and Hyperbaric Medical Society*. 1995, Vol. 22, 4:401-406.

- [126] Monographie SCOPODERM TTS® 1 mg/72 h. <http://www.evidal.fr/>. [En ligne]
[Citation : 20 05 2014.]
- [127] **Williams, T.H. et al.** Effects of transcutaneous scopolamine and depth on diver performance. *Undersea Biomedical Research*. 1988, Vol. 15, 2:89-98.
- [128] **Bitterman, N. et al.** Hyperbaric oxygen and scopolamine. *Undersea Biomedical Research*. 1991, Vol. 18, 3:167-174.
- [129] **Schwartz, HJ et al.** *Transdermal scopolamine in the hyperbaric environment*. : Navy experimental diving unit, 1986.
- [130] **Pilla, R. et al.** High doses of pseudoephedrine hydrochloride accelerate onset of CNS oxygen toxicity seizures in unanesthetized rats. *Neuroscience*. 2013, 246:391-396.
- [131] **Bove, A.** The cardiovascular system and diving risk. *Undersea and hyperbaric medical society journal*. 2011, Vol. 38, 4:261-269.
- [132] **Laurent, S.** Entre coraux et poissons : influence de certains médicaments. *CHUchotis : Bulletin d'information des médecins du CHU de Liège*. 2005, 17:7.
- [133] **Cheshire, W. et al.** Headache in Divers. *Headache: The Journal of Head and Face Pain*. 2001, Vol. 41, 3:335-347.
- [134] **St. Leger Dowse M, Bryson P, Gunby A, et al.** Comparative data from 2250 male and female sports divers : diving patterns and decompression sickness. *Aviation, space and environmental medicine*. 2002, Vol. 73, 8:743-749.
- [135] **Bangasser, S.** Medical profile of the woman scuba diver. *NAUI international conference on underwater education*. 1978.

- [136] **Uguccioni, DM. et al.** DAN Explores Fitness and Diving Issues for Women. *DAN - Divers Alert Network*. [En ligne] [Citation : 14 02 2014.] http://www.diversalertnetwork.org/medical/articles/DAN_Explores_Fitness_and_Diving_Issues_for_Women.
- [137] **St Leger Dowse, M. et al.** A relationship between the menstrual cycle and decompression illness : is the evidence building ? *European journal of underwater and hyperbaric medicine*. 2006, Vol. 7, 4:84-86.
- [138] **Cosh, D.** Antimalarial drugs and diving - a brief review. *Diving and hyperbaric medicine*. 2008, Vol. 38, 3:156-157.
- [139] **Batchelor, T.** Malaria and the traveller. *South pacific underwater medicine society*. 2003, Vol. 33, 1:11-18.
- [140] **(InVS), Institut de veille sanitaire.** Recommandations sanitaires pour les voyageurs 2013. *www.sante.gouv.fr*. [En ligne] 2013. [Citation : 14 02 2014.] http://www.sante.gouv.fr/IMG/pdf/BEH_22-23.pdf.
- [141] **Aksenov, IV et al.** [abstract] Pharmacokinetics of lorazepam under hyperbaric oxygen therapeutic pressure as compared to normobaric air. *Undersea and hyperbaric medical society*. 2003.
- [142] **Fowler, B et al.** Effects of ethanol and amphetamines on inert gas narcosis in humans. *Undersea Biomedical Research*. 1986, Vol. 13, 3:345-354.
- [143] **Hobbs, M.** Subjective and behavioural responses to nitrogen narcosis and alcohol. *Undersea and hyperbaric medical society*. 2008, Vol. 35, 3:175-184.
- [144] **Campbell, E.** *Psychological issues in diving* : Alert diver, 2000.
- [145] **Walsh, JM et Burch, LS.** Reduction of the Behavioral Effects of delta(9)-Tetrahydrocannabinol by Hyperbaric Pressure. *Pharmacology, chemistry and behavior*. 1977, Vol. 7, 111-116.

- [146] **Adair, AC.** Drugs and diving. *Journal of the South Pacific Underwater Medicine Society*. 1979.
- [147] **St Leger Dowse, M. et al.** The use of drugs by UK recreational divers : illicit drugs. *Diving and hyperbaric medicine*. 2011, Vol. 40, 1:9-15.
- [148] **Bergmann, E.** Plongée & sécurité - 1er colloque national sport et sécurité : L'accidentologie en plongée loisir, état des lieux. *Université de Poitiers*. [En ligne] 27 03 2010. [Citation : 21 05 2014.] L'accidentologie en plongée loisirs: Etat des lieux - See more at: <http://uptyv.univ-poitiers.fr/program/plongee-securite-1er-colloque-national-sport-et-securite/video/2223/l-accidentologie-en-plongee-loisirs-etat-des-lieux/index.html#sthash.FDcWlwTQ.dpuf>.

L'AUTOMEDICATION DU PLONGEUR SOUS-MARIN :
META-ANALYSE DE LA CONSOMMATION ET DEVENIR DU MEDICAMENT

Résumé en français :

Lors de l'immersion, le plongeur sous-marin soumet son organisme à des contraintes extraordinaires, qui entraînent des modifications physiologiques importantes. Ces phénomènes sont à l'origine des accidents de plongée. Parmi les facteurs de risques, le médicament et les substances consommées par le plongeur doivent être considérés.

Ce travail est une méta-analyse, conduite à partir du recueil d'études sur la consommation de médicaments par des plongeurs, en France, au Royaume Uni, aux Etats Unis et en Australie. Elle est suivie d'une revue de la littérature sur le devenir et les effets des principes actifs dans l'organisme, en milieu sous-marin.

Il ressort de notre étude que de nombreuses substances sont fréquemment consommées avant l'immersion. Les interactions entre les médicaments et le corps en milieu hyperbare sont encore mal connues, mais il est démontré que certaines molécules ont un effet néfaste sur l'organisme, et diminuent l'aptitude médicale à plonger.

Titre et résumé en Anglais :

During immersion, the scuba diver's organism is subjected to extraordinary strain, leading to important physiological modifications. These phenomena are the source of diving accidents. Among risk factors, medications and substances consumed by the diver must be taken into consideration.

This work is a meta-analysis, drawn from a collection of studies on medication consumption by divers, in France, the United Kingdom, the United States and in Australia. It is followed by a literature review on the future of active substances on the organism, in an underwater medium.

Our study shows that many substances are frequently consumed prior to diving. Interactions between medication and the human body in a hyperbaric medium are still little known, but it has been proved that certain molecules have a negative effect on the organism and reduce the medical fitness to dive.

Discipline administrative : Pharmacie

Mots-clés : Plongée sous-marine, automédication, accident de plongée, effets indésirables, médecine hyperbare, devenir du médicament.

Faculté des sciences pharmaceutiques
Université Paul Sabatier, Toulouse III
35 Chemin des Maraîchers
31062 TOULOUSE Cedex 04

Directeur de thèse : Sophie CAZALBOU