

Accidents de plongée sur l'île de la Réunion de 1982 à 2012 : comparaison des accidents en structure et hors structure

Mélody Garot

▶ **To cite this version:**

Mélody Garot. Accidents de plongée sur l'île de la Réunion de 1982 à 2012 : comparaison des accidents en structure et hors structure. Médecine humaine et pathologie. 2014. dumas-01080488

HAL Id: dumas-01080488

https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-01080488

Submitted on 5 Nov 2014

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

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

UNIVERSITÉ BORDEAUX 2 – Bordeaux Segalen

U.F.R DES SCIENCES MEDICALES

Année 2014 Thèse n° 88

Thèse pour l'obtention du

DIPLÔME d'ÉTAT de DOCTEUR EN MÉDECINE

Discipline : MÉDECINE GÉNÉRALE

Présentée et soutenue publiquement le 12 septembre 2014 par

Mélody GAROT

Née le 04 mars 1985 à Toulouse

Accidents de Plongée sur l'île de la Réunion de 1982 à 2012 : Comparaison des accidents en structure et hors structure.

Directeur de thèse

Docteur D'ANDREA Cyril

Membres du Jury

M. le Professeur Georges GBIKPI BENISSAN ..... Président du jury

M. le Professeur Fabrice PAGANIN ..... Rapporteur

M. le Professeur Xavier COMBES..... Examinateur

M. le Docteur Jan-Dirk HARMS..... Examinateur

M. le Docteur Cyril D'ANDREA..... Directeur de thèse

REMERCIEMENTS

A notre maître et Président de jury

Monsieur le Professeur Georges GBIKPI-BENISSAN,
Professeur Universitaire Emérite,
Praticien hospitalier,
Réanimateur médical, médecin Hyperbare
Officier de l'Ordre des Palmes Académiques

Nous sommes très honorés de votre présence dans ce jury, veuillez trouver ici l'expression de notre profonde gratitude.

A notre maître et juge

Monsieur le Professeur Xavier COMBES
Professeur Universitaire,
Praticien Hospitalier,
Urgentiste et Réanimateur médical
Chef de service des Urgences adultes, SAMU, SMUR, CHU Félix Guyon Saint Denis

Nous vous remercions de l'honneur que vous nous faites en acceptant de participer au jury de notre thèse.

A notre maître et rapporteur

Monsieur le Professeur Fabrice PAGANIN
Professeur Universitaire,
Praticien Hospitalier,
Pneumologue et Réanimateur médical dans le service de Pneumologie et Maladies Infectieuses, CHU Sud Réunion Saint Pierre

Nous sommes très honorés de votre présence dans ce jury et que vous ayez été le rapporteur de notre thèse. Veuillez trouver ici l'expression de notre profonde gratitude.
En particulier pour votre compréhension et votre rapidité d'analyse même dans l'urgence.

A notre maître et juge

Monsieur le Docteur Jan-Dirk HARMS
Praticien Hospitalier Emérite
Urgentiste et Médecin Hyperbare

Merci de nous faire l'honneur de juger ce travail auquel vous avez largement contribué.
Merci pour votre enseignement et votre soutien indéfectible tant pour le DIU de Médecine Hyperbare et Subaquatique que pour la thèse.
Merci de nous faire partager votre passion pour la plongée.

A notre Directeur de thèse

Monsieur le Docteur Cyril D'ANDREA
Praticien Hospitalier,
Chef de service de Soins Hyperbare CHU Sud Réunion Saint Pierre,
Urgentiste et Médecin Hyperbariste

C'est un honneur que tu aies été mon Directeur de thèse.
Merci de m'avoir soutenue et guidée dans ce travail.
Merci pour ta disponibilité, ta rapidité et la perspicacité de tes multiples corrections.
En espérant pouvoir travailler avec toi de nouveau.

A ma famille

Mes Parents, pour tout l'Amour et le soutien. C'est grâce à vous que je suis là aujourd'hui. Vous serez toujours des exemples pour moi.

Ma sœur, pour ton intérêt pour mon travail et tes relectures assidues. Mais aussi pour ta compréhension et nos conversations du jeudi après-midi !

Mon frère, d'être là toujours de bon conseil.

Les autres, qui même loin sont toujours dans mon cœur et m'aident à avancer.

A mes amis

Les Concarnois, les plus anciens amis et pour autant toujours là ! Pour continuer encore et toujours nos chemins et faire en sorte qu'ils se croisent le plus souvent possible.

Les Brestois, avec qui les années de faculté ont été parmi les meilleures. Pour tout ce que vous m'avez apporté et que vous m'apportez encore.

Les Réunionnais, ceux de passage et les locaux, pour cette aventure formidable qu'est votre île. Et pour votre présence à nos côtés chaque jour !

A la meilleure moitié de Nous

Jean-Philippe, pour ton Amour, ta compréhension, ton soutien dans les moments difficiles comme dans le bonheur. Pour ton humour qui restera toujours le meilleur moyen de lutter contre le découragement. Parce que sans toi je ne serais pas moi.

Pour toutes ces raisons que nous connaissons tous les deux et qu'il n'est pas besoin de citer.

A notre fils

Tristan, pour tout ce que tu es et tout ce que tu deviendras. Parce que tu m'apprends chaque jour à être mère.

« La Médecine c'est :

Guérir parfois,

Soulager souvent,

Consoler toujours… »

Ambroise Paré

Table des matières

1- Abréviations 9
2- Introduction 10
2.1- L'île de la Réunion 10
2.1.1- Climat (spécificités locales intéressant les plongeurs) 10
2.1.2- La plongée sur l'île de la Réunion 12
2.1.4- EvaSan (ou les plongées sur les îles avoisinantes) 13
2.2-Le caisson hyperbare de la Réunion (un peu d'histoire…) 14
2.3- Les accidents de plongée 16
2.3.1-Les Barotraumatismes 17
2.3.2- Les accidents de désaturation 19
2.3.3- Les accidents biochimiques 23
2.3.4- Les autres accidents 24
2.4- Le sujet de cette étude 25
3- Matériels et méthodes 26
3.1- Objectifs 26
3.2- L'Etude 26
3.2.1- Les dossiers 26
3.2.2- La population étudiée 27
3.3- Analyse statistique 30
4- Résultats 31
4.1-Résultats dans la population générale 31
4.1.1-Années 31
4.1.2- Mois 32
4.1.3-Localisation générale des accidents 32
4.2-Description des deux populations 34
4.2.1-Description générale 34
4.2.2-Sexe 34
4.2.3-Age 35
4.2.4-Profession 36
4.2.5-Niveau 37
4.2.6-Nationalité et résidence 38

4.2.7-Antécédent d'accident de plongée 39
4.3-Licence et ordinateur 40
4.3.1-Licence 40
4.3.2-Ordinateur 41
4.4-Les Plongées 41
4.4.1-Localisation des plongées 41
4.4.2-Profondeur 42
4.4.3-Type de Plongée 43
4.5-Prise en charge pré-hospitalière 44
4.5.1-Aspirine 44
4.5.2-Oxygène 45
4.5.3-SMUR 46
4.6-Accidents 47
4.6.1-Type d'accidents 47
4.6.2-Gravité 51
4.6.3-Séquelles 53
4.6.4-Délai d'apparition des symptômes 53
4.7–Prise en charge hospitalière 54
4.7.1-Nombre de jours d'hospitalisation 54
4.7.2-Séances d'OHB 55
4.8-Problème de procédure et facteurs favorisants 57
4.8.1-Problèmes de procédure 57
4.8.2-Facteurs favorisants 58
5- Discussion 61
5.2- Analyse des résultats 61
5.2.1- Profil des plongeurs accidentés 62
5.2.2- Ordinateur et licence 66
5.2.3- Profils des plongées 68
5.2.4- Prise en charge pré-hospitalière 71
5.2.5- Prise en charge hospitalière 73
5.2.6- Accidents de plongée 75
5.2.7- Problèmes de procédure et facteurs favorisants 78
5.3- La Force de cette étude 83
5.3- Les Limites de cette étude 83

5.3.1- Les biais **83**
5.3.2- Les Limites **84**
6- Conclusion **85**
7- Bibliographie **86**

Annexe 1 : Dossier Accident de Plongée..... **93**

Annexe 2 : Contre-Indications à la Plongée en Scaphandre autonome..... **95**

Annexe 3 : Tables de Plongée MN 90..... **96**

1- Abréviations

FFESSM : Fédération Française des Sports Sous-Marins

IFREMER : Institut Français de Recherche pour l'Exploitation de la Mer

OHB : Oxygène Hyperbare

EvaSan : Evacuation Sanitaire

TOM : Territoire d'Outre-Mer

DOM : Département d'Outre-Mer

ADD : Accident de désaturation

MDD : Maladie de décompression

FOP : Foramen Ovale Perméable

OAP : œdème aigu du poumon

PADI: Professional Association of Diving Instructors

NAUI: National Association of Underwater Instructors

BEES: Brevet Elémentaire d'Etudes Sportives

ATA : Atmosphère Absolue (unité de pression absolue)

CROSS : Centre Régional Opérationnel de Surveillance et de Sauvetage

SAMU : Service d'Aide Médicale d'Urgence

SMUR : Service Mobile d'Urgence et de Réanimation

Nitrox : mélange sur-oxygéné azote/oxygène

Héliox : mélange sur-oxygéné hélium/oxygène

Trimix : mélange sur-oxygéné azote/hélium/oxygène

DAN : Diver's Alert Network

TDM : Tomodensitométrie

IRM : Imagerie par Résonnance Magnétique

2- Introduction

La plongée en scaphandre autonome est un sport en expansion depuis une vingtaine d'années, le nombre de licences annuelles délivré a triplé durant cette période tout autour du globe (150 000 licenciés FFESSM en 2013) (1). La multiplicité des structures encadrantes l'a rendue plus sûre ainsi que l'utilisation croissante de nouveaux matériels. L'utilisation large de gilets de flottaison, de combinaisons plus adaptées et plus souples et surtout d'ordinateurs de plongée plus fiables et moins encombrants depuis les années 1990, en ont fait un sport abordable pour toute une frange de la population. La plongée en scaphandre réalisée initialement à des fins professionnelles, scientifiques ou militaires s'est vue ouverte aux amateurs de tous horizons.

Les plongeurs à la Réunion, sont comme ceux du monde entier, victimes d'accidents en lien avec leur sport. Ces accidents sont multiples et variés. Ils ont été de nombreuses fois décrits dans diverses études. Nous nous centrons dans celle-ci sur les plongeurs exerçant leur sport-passion en dehors de tout encadrement et de toute structure.

2.1- L'île de la Réunion

2.1.1- Climat (spécificités locales intéressant les plongeurs)

La Réunion a été de façon naturelle le témoin de cette démocratisation : sa géologie sous-marine, son corail et sa faune en font une destination de choix pour la plongée.

La Réunion est une île au climat tropical humide qui présente une eau entre 23.4° (minimales observées en septembre) et 28° (maximales observées en février), avec très peu de variations dans l'espace médian (soit jusqu'à 20m de profondeur) (2, 3). La température moyenne annuelle de l'air est de 24°, ce qui en fait un climat très clément pour la villégiature de plongée.

- ***Eté Austral***

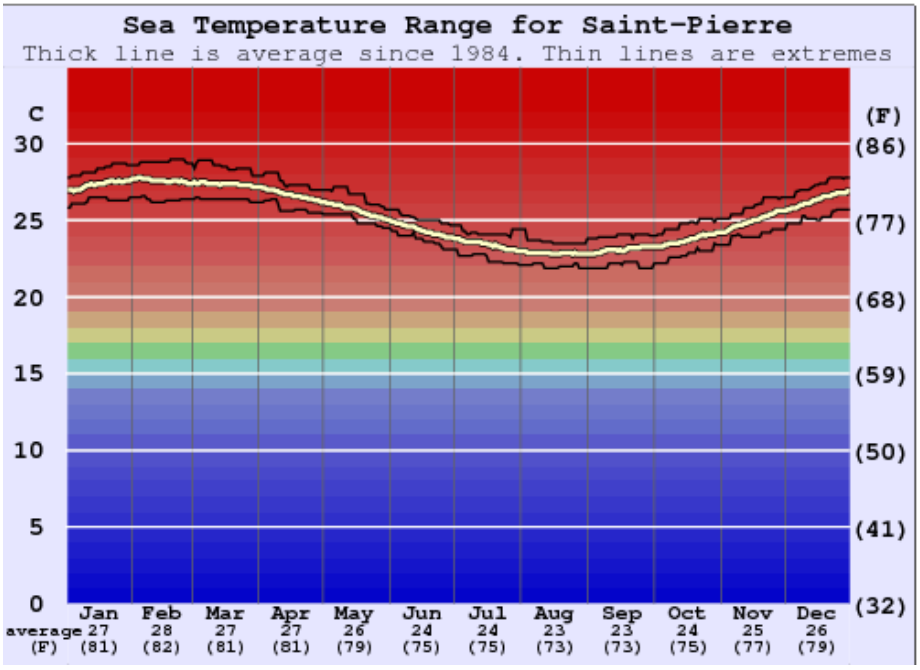
L'été austral (de novembre à avril) est une période particulièrement propice à la plongée. Les eaux sont les plus chaudes : jusqu'à 28° sur les hauts fonds et dans le lagon, et les températures de l'air peuvent être caniculaires (maximales relevées au Port : 36°).

La visibilité est aussi très bonne durant cette période, en relation avec la faiblesse de la houle ambiante. Cependant, il existe un risque élevé de cyclone qui peut être porteur de fortes houles et d'abondantes précipitations. Ces paramètres peuvent considérablement troubler la visibilité de par l'engorgement des ravines qui s'écoulent directement dans la mer, chargées de particules en suspension. Mais aussi par la mobilisation des sédiments des fonds marins par les fortes houles.

- ***Hiver Austral***

L'hiver austral (de mai à octobre) est une période où les conditions marines peuvent-être plus difficiles. En effet, les houles australes sont plus fréquentes, avec la mauvaise visibilité qu'elles peuvent entraîner. Le vent est plus soutenu et peut générer un clapot de surface difficile à gérer.

La température baisse (dans les limites du raisonnable) aussi bien dans l'air que dans l'eau où elle peut descendre à 23°, ce qui nécessite tout de même un équipement adéquat. Une combinaison néoprène de 3 à 5mm d'épaisseur (pour les plus frileux !) devient nécessaire.



Graphique 1 : températures de l'eau de surface à St Pierre, moyennes de 1984 à 2004 (source Surf-forecast)

2.1.2- La plongée sur l'île de la Réunion

- ***Géologie***

Du fait de son volcanisme très récent, La géologie sous-marine de l'île est particulièrement intéressante pour les plongeurs. Il existe des tombants récifaux très abrupts proches du rivage et très accessibles, comme celui de la Pointe au sel par exemple.

La faune au pied du volcan (le piton de la Fournaise) est excessivement rare et spécifique pour intéresser des équipes de scientifiques spécialisés en biologie marine de l'IFREMER. Plusieurs nouvelles espèces sous-marines y ont été découvertes après l'éruption de 2007 (4).

Cette géologie se retrouve aussi en surface avec la présence d'à-pics nombreux et de villages à une altitude supérieure à 200m. Cette spécificité peut engendrer des accidents de décompression ou en majorer certains. En effet, certains patients ressentent des symptômes à la remontée en altitude (retour à domicile à plus de 300m, ou randonnée en montagne), alors que leur plongée précédente ne leur avait pas provoquée de sensations anormales (5).

- ***Côte sous le vent***

D'autre part la côte Ouest de l'île, ou côte « sous le vent », présente des lagons coralliens. Ces lagons étroits et peu profonds se retrouvent sur les communes de St Paul, St Leu, L'Etang Salé et St Pierre. Ils ont la particularité de présenter une barrière de corail vivace très proche du rivage (moins de 200m) et donc facilement accessibles aux plongeurs de tous niveaux.

Enfin, il existe depuis 2007 une réserve marine sur les communes de St Paul, St Leu et L'Etang Salé. Une partie de cette réserve est « sanctuarisée » (5%), soit une réserve intégrale avec la prohibition de toute activité humaine dans ce périmètre. Elle couvre actuellement 40km de côte soit 35km², permettant un renouvellement et une multiplicité de la faune endémique (6).

- ***Côte au vent***

La côte Est de l'île, ou côte « au vent », ne possède pas de lagon et les conditions marines sont souvent plus capricieuses. La plongée sur ce versant de l'île est traditionnellement beaucoup moins développée. On y recherche des plongées plus difficiles avec la possibilité de voir certaines espèces de poissons pélagiques comme les requins qui seraient à priori plus nombreux à cet endroit.

- ***Epaves***

Il existe, pour finir, plusieurs épaves coulées à des fins de plongée sur la côte Ouest de l'île. La Barge en baie de St Paul : une barge de 15m de long coulée à 25m de fond, et le Sea Venture un cargo panaméen qui a coulé involontairement par 40m de fond dans ladite baie. L'Haï Siang et le Navarra, anciens thoniers, coulés tous deux à 53m en face de la Pointe des Aigrettes à St Gilles Les Bains. L'Antonio Lorenzo en baie de St Leu, ancien long liner, bateau pirate coulé volontairement par 35m de fond.

2.1.4- EvaSan (ou les plongées sur les îles avoisinantes)

Certains patients de notre étude ont été transportés par Evacuation Sanitaire (EvaSan) depuis les îles environnantes. Les îles les plus proches et connues pour la plongée sous-marine sont : Maurice, Mayotte avec le reste de l'archipel des Comores et Madagascar (7).

- ***Ile Maurice***

L'île Maurice est dotée d'un caisson hyperbare depuis 1988 (monoplace initialement puis multiplace actuellement) il est pleinement utilisé depuis l'arrivée de médecins hyperbaristes spécialisés en 1991 (8). C'est pourquoi peu de patients mauriciens sont représentés dans notre étude alors que l'île possède un grand nombre de clubs et de spots de plongée réputés.

- ***Mayotte et les Comores***

Mayotte, avec le plus grand lagon de l'océan indien, est une destination de choix pour la plongée. Les patients mahorais présentant des accidents de désaturation (ADD) étaient historiquement évacués vers la Réunion (l'île étant initialement un TOM, puis depuis 2011 un DOM français) (9).

Mayotte possède son propre caisson depuis 2011. Les accidentés mahorais seront désormais moins nombreux à être évacués sur l'île de la Réunion. Il existe tout de même une étroite collaboration entre le caisson de Mayotte et celui de La Réunion. Un contact téléphonique direct est systématique depuis le service Hyperbare de Mayotte vers celui de La Réunion pour chaque recompression thérapeutique urgente (10). Ce caisson pourra donc prendre en charge les accidents survenus dans la totalité de l'archipel des Comores.

- ***Madagascar***

Les accidents « EvaSanés » depuis Madagascar sont pour la plupart, de ressortissants français en vacances de plongée, transportés dans le DOM français le plus proche. Il n'existe pas à ce jour de caisson hyperbare en activité sur « la grande île » par faute de moyens humains et financiers. En effet, il existe un caisson hyperbare à Nosy Bé, mais il est hors service, sans financement pour le faire fonctionner ni pour monter une équipe spécialisée de personnel dédié aux recompressions thérapeutiques.

2.2-Le caisson hyperbare de la Réunion (un peu d'histoire…)

- ***Les débuts de la plongée sur l'île***

Nous situons les débuts de la plongée en scaphandre autonome sur l'île de la Réunion vers le début des années 1960, il n'existait à ce moment-là pas de club officiel et peu de plongées sont répertoriées avant cette période. Le club le plus ancien de l'île, le Subaquatique, a ouvert ses portes en 1966.

De rares accidents ont été mentionnés avant 1982 et leur prise en charge a été sujette à polémiques devant l'absence de caisson de recompression sur l'île. Paradoxalement, à cette époque les accidents de désaturation étaient transportés vers Diego Suarez (à Madagascar), pour être traités par des médecins militaires qui eux possédaient un caisson.

- ***Le premier caisson***

A l'initiative de quelques médecins plongeurs (Dr L-P. Stichelbout et Dr P. Potier notamment) un caisson de chantier d'occasion COMEX RDO 1200 a été acquis en 1979. Il s'agissait d'un ancien caisson militaire laissé sur un chantier à Mayotte, le financement fut réalisé grâce à une souscription auprès des clubs de plongée de la Réunion et l'aide d'organismes publics, et le transport réalisé par l'armée.

Il a initialement fonctionné hors du cadre hospitalier, il était alors installé en dehors des locaux de l'hôpital dans un hangar de chaudronnerie du Port. Il a été implanté officiellement à l'hôpital de St Pierre (actuellement le CHU sud-Réunion) en 1982. Le caisson a alors fonctionné avec les médecins du service des Urgences, un groupe de médecins hospitaliers et extra-hospitaliers qui en assuraient la permanence mais de façon bénévole et en plus de leurs attributions officielles.

En 1989, le caisson est rééprouvé, repeint et son tableau de commande amélioré. Mais ses limites et carences restent et son utilisation en est toujours réduite aux urgences vitales. Pour ne pas améliorer les choses la permanence hyperbare est supprimée en 1991.

- ***Le deuxième caisson***

En septembre 1996 un nouveau caisson : le caisson multiplace COMEX 22OO est installé. L'obtention d'un effectif efficace de personnel médical et paramédical pour le fonctionnement quotidien d'une unité hyperbare a été retardée jusqu'en novembre 1997. L'activité de l'Unité de Soins Hyperbares s'est rapidement développée à partir de cette date, et n'était plus cantonnée aux seules urgences.

Le dimanche 11 avril 2004, un incident malheureux assombrit l'histoire de l'hyperbarie à la Réunion. Un nouveau caisson (de la société Hytech) est reçu pour l'Unité de Soins Hyperbares. Lors des essais sur la vanne de surpression avant l'ouverture effective, la fermeture de la porte est

défectueuse. L'alarme étant déconnectée, les essais se faisant en mode manuel, aucun des techniciens ne peut s'en rendre compte. A la montée en pression la porte présente un défaut d'étanchéité et ne soutient pas le travail mécanique. La porte finit par céder à 5,7 ATA provoquant l'explosion du caisson, l'arrachage de la porte et le décès de l'un des techniciens. Le service des Urgences contigu étant presque vide, aucun autre décès n'est à déplorer malgré des dégâts matériels considérables. L'ancien caisson n'ayant pas été endommagé, il est alors remis en service, et l'Unité de Soins Hyperbares n'aura plus le budget pour renouveler celui-ci.

- ***L'activité actuelle***

Le caisson hyperbare de St Pierre traite actuellement les urgences : les accidents de plongée (une quinzaine par an), les embolies gazeuses, les gangrènes gazeuses ainsi que les intoxications au CO et les anoxies cérébrales aiguës (rares sur l'île). Mais le caisson traite aussi les pathologies chroniques : cicatrisations difficiles, ostéo-radio-nécrose, surdités, et est à la pointe de la recherche pour le traitement des tumeurs cérébrales (11).

2.3- Les accidents de plongée

La plongée est donc très développée à la Réunion : quarante-six clubs associatifs et structures commerciales sont à ce jour dénombrés sur l'île et agréés par la FFESSM (Fédération Française d'Etude et de Sports Sous-Marin). Le revers de la médaille en est tout aussi inéluctable : les accidents ont grevés l'histoire de la plongée à La Réunion. Ces accidents, en fonction de leur gravité, sont pris en charge selon divers parcours de soins. Une probable grande proportion est traitée par les médecins de ville, pour les accidents de faible gravité, que nous ne pouvons donc pas comptabiliser dans cette étude.

Les accidents de plongée sont divers et variés. Ceux répertoriés dans notre étude sont principalement représentés par les barotraumatismes et les accidents de désaturation. Nous citons aussi quelques accidents dits « biochimiques » qui sont la narcose et l'hypercapnie, nous ne présentons pas de cas d'hyperoxie dans notre étude. Et enfin quelques cas d'accidents divers directement liés à la plongée en scaphandre autonome.

2.3.1-Les Barotraumatismes

- ***Rappels physiques et physiologiques***

Comme sus cité, nous retrouvons de nombreux barotraumatismes dans cette étude. Les accidents barotraumatiques sont dus à une variation de pression de l'air dans une cavité fermée, physiologique ou néoformée.

Selon la loi de Boyle-Mariotte : Pression x Volume = constante.

Les pressions existantes en plongée sont :

- La pression atmosphérique qui est le poids d'une colonne d'air atmosphérique sur une surface. Elle est par convention égale à 1 atmosphère (1ATA) à la surface de l'eau.
- La pression hydrostatique qui est la force exercée par une colonne d'eau sur une surface. Elle augmente à la descente de 1ATA tous les 10m.
- La pression absolue qui est la résultante des deux précédentes : {pression atmosphérique + pression hydrostatique}, et qui est celle à laquelle est soumis un corps en immersion.

A température constante, le volume de gaz contenu dans une cavité va donc varier selon la pression, plus la pression augmente et plus le volume diminue et à l'inverse, plus la pression diminue plus le volume augmente.

Si la cavité est fermée, l'air ne peut s'échapper et son volume va varier au-delà des capacités mécaniques de la cavité (12). On remarque ainsi que dans les 10 premiers mètres, les variations relatives de pression et de volume sont proportionnellement plus importantes qu'en profondeur.

- ***Physiopathologie et clinique***

Il existe donc deux types de traumatismes :

A la descente où le volume d'air va diminuer et, si la paroi de la cavité est rigide ou semi-rigide, entraîner un traumatisme par dépression et décollement des tissus, au niveau :

- des sinus : la ventilation sinusienne est assurée par un ostium qui abouche dans la cavité nasale, une altération de la perméabilité de celui-ci peut entraîner un barotraumatisme. Cliniquement on retrouve une douleur aiguë et parfois un épistaxis.

- de l'oreille moyenne : il s'agit du barotraumatisme le plus fréquent. Il est retrouvé en l'absence de Valsalva efficace sur une trompe d'Eustache obstruée ou lésée. A la descente l'équipression ne pourra donc se faire entre la caisse du tympan et le milieu ambiant. Cliniquement on retrouve une otalgie, des acouphènes, une hypoaccousie et parfois des vertiges. La gravité paraclinique est décrite en quatre stades croissants par Haines et Harris.

- de l'oreille externe s'il y a un bouchon (rare) : Pouvant réaliser une otorragie.

- de l'oreille interne : moins fréquents mais plus redoutables de par leurs séquelles fonctionnelles. Il est décrit une voie implosive ou entorse stapédo-vestibulaire, lors d'une manœuvre de Valsalva trop puissante ou trop tardive par traumatisme direct sur l'oreille interne. Et une voie « explosive de Goodhill » due à une hyperpression endocrinienne transmise à l'oreille interne par le canal cochléaire (engendrée par un Valsalva puissant ou une malformation congénitale de l'aqueduc cochléaire). On retrouve cliniquement une hypoaccousie, un vertige intense et un nystagmus.

- des globes oculaires par le fameux « plaquage de masque » : il est à l'origine d'épistaxis, d'ecchymoses, d'œdèmes palpébraux ou d'hémorragies sous conjonctivales.

- dans des cas rares si le plongeur porte une combinaison sèche il existe des cas de traumatisme cutané par pincement des tissus sur la peau.

A la remontée, où le volume d'air va augmenter s'il ne peut être évacué de la cavité et entraîner une surpression, de type :

- barotraumatisme dentaire en cas de carie non traitée : l'air piégé dans la dent cariée ou après un soin dentaire pouvant entraîner une odontalgie pneumatique allant au pire jusqu'à la fracture de la dent ou odontocrexie.

- sinusien : la dilatation de l'air vient comprimer la muqueuse déclenchant des douleurs syncopales, avec à l'extrême un emphysème sous cutané par fissure de la paroi osseuse sinusale.

- digestif : la colique du scaphandrier, témoin d'une dilatation modérée de l'intestin grêle ou du colon par des gaz, en particulier s'il y a eu une opération récente ou des brides post-

chirurgicales. Ou dans les cas les plus graves il peut exister des lésions pariétales gastriques pouvant aller jusqu'à la rupture gastrique, une urgence vitale.

- surpression pulmonaire : ce cas peut avoir lieu en cas de remontée à glotte fermée. Celui-ci peut être catastrophique. Les volumes gazeux pulmonaires vont se dilater pouvant aller jusqu'à la rupture des parois alvéolaires. Ceci peut entraîner un pneumothorax, un emphysème sous cutané ou majorer des bulles d'emphysèmes intra-pulmonaires préexistantes.

Dans le pire des cas, cela peut entraîner un passage de bulles d'air au travers de la membrane alvéolo-capillaire vers les capillaires pulmonaires et réaliser un aéro-embolisme cérébral (13). Il s'agit de l'accident de plongée potentiellement le plus grave. On le retrouve parfois en cas de remontée panique, mais le plus souvent dans le cadre d'exercices de passage de niveau à risques ou mal exécutés (14).

- on note pour mémoire l'exceptionnel laryngocèle qui peut se manifester à la remontée s'il n'avait pas été détecté avant, contre-indication définitive à la plongée à cause du risque de compression des organes vitaux avoisinants.

2.3.2- Les accidents de désaturation

- ***Physique et physiologie***

D'autre part nous retrouvons aussi de nombreux accidents de désaturation (ou ADD) dans notre étude. Les accidents de désaturation sont la conséquence des variations de la pression hydrostatique qui croît avec la profondeur. Cette variation de pression entraîne des modifications physico-chimiques importantes et en particulier une variation des quantités de gaz dissout dans les liquides avec apparition de bulles responsable des ADD (selon la loi de Henry).

A la pression atmosphérique notre corps est saturé d'une certaine quantité d'azote dissout. Pendant la descente et le séjour au fond, c'est-à-dire pendant les phases de compression, les pressions partielles des gaz inspirés augmentent. La quantité de gaz dissout étant proportionnelle à la pression de ce gaz (loi de Henry), il y aura dissolution d'azote dans les tissus pour tendre vers un

nouvel état de saturation. A la remontée, en phase de décompression, les pressions partielles des gaz inspirés diminuent. Les tissus libèrent alors une partie de l'azote dissout. Le gradient de pression fait que du gaz dissout passe des tissus vers le sang veineux pour être évacué au niveau pulmonaire par l'échangeur alvéolo-capillaire.

Si la vitesse de remontée est trop rapide, le dégazage trop important libère une quantité d'azote que le sang et les tissus ne peuvent contenir sous forme dissoute. Ces tissus sont alors sursaturés et il apparait des bulles. Les bulles circulantes excessives en quantité et en volume dépassent alors les capacités du filtre pulmonaire qui ne peut assurer correctement le dégazage. L'état de sursaturation est instable et persiste tant que la saturation correspondant à la nouvelle pression n'est pas atteinte.

Loi de Haldane : définition du coefficient de sursaturation *S* $\boxed{S = Py / Ph}$

Py est la pression du gaz dans le tissu y et *Ph* est la pression hydrostatique ambiante.

Si le coefficient *S* atteint sa valeur critique, les bulles deviennent pathogènes et les risques d'ADD augmentent considérablement. Pour obtenir un dégazage progressif de tous les tissus, il faut suivre une procédure de décompression qui maintient des coefficients de sursaturation admissibles pour chacun des tissus. Avec ce principe, Haldane a imaginé les premières tables de décompression.

Il est démontré depuis Paul Bert que les bulles sont à l'origine d'accidents de désaturation (15). Cependant, l'utilisation de la détection des bulles par méthode Doppler a montré que leur présence n'est pas obligatoirement synonyme d'ADD (16,17). Selon leur localisation, ces bulles peuvent entraîner des accidents ischémiques, souvent aigus, donnant naissance aux accidents de désaturation. La présence de ces bulles dans le sang et les tissus provoquera des réactions de l'organisme regroupées sous l'appellation "maladie de décompression" qui vient compliquer l'évolution de l'accident aigu.

- ***Physiopathologie et clinique***

Ces accidents de désaturation sont relativement rares dans une population de plongeurs. Le taux d'accidents de désaturation est compris entre 3.1 cas pour 10.000 plongées (Divers Alert Network) (18) et 1.8 cas pour 10 000 plongées (Allemagne) (19). Il n'est malheureusement pas possible de prévoir le nombre de plongées total à la Réunion au vu du grand nombre de plongeurs « hors structure », et du grand nombre de plongeurs non licenciés. Certaines estimations tendent à

s'approcher de 100 000 plongées annuelles sur l'île, chiffre qui montrerait que nos relevés sont plus faibles que cette littérature (la moyenne annuelle étant d'une dizaine d'ADD pris en charge au caisson hyperbare).

Il existe deux formes d'accident de désaturation in situ. Soit la bulle est formée dans le milieu interstitiel, extravasculaire. Elle est alors alimentée par des gaz dissouts dans les tissus, son volume augmentant elle comprime des tissus avoisinants et les filets nerveux qui s'y trouvent, et peut dilacérer un tissu (comme un tendon par exemple). Soit la bulle est intravasculaire et apparait directement dans la lumière du vaisseau. Elle peut ainsi provoquer une interruption de la circulation sanguine et une ischémie d'aval.

Les bulles peuvent aussi être circulantes et se comporter comme des emboles se bloquant alors dans les circulations de type terminales. Les shunts droite/gauche intrapulmonaires ou intracardiaques (Foramen Ovale Perméable) majorent le risque de passage bullaire dans la circulation artérielle en particulier cérébrale et médullaire (20,21). Ils s'ouvrent aussi lors d'hyperpression pulmonaire volontaire comme la manœuvre de Valsalva, contre indiquée pour cette raison, à la remontée.

Il existe plusieurs types d'accidents de désaturation classifiés en accidents de type I et de type II(12,22) :

- Les accidents cutanés de type I ou Skin-Bend: ils sont dus à la formation de bulles dans les capillaires sous-cutanés (23). On y retrouve les « puces » : avec prurit simple. Les « moutons » : plaques érythémato-papuleuse pouvant aller jusqu'au rash hémorragique, localisés principalement au niveau du tronc, des membres supérieurs du pavillon des oreilles et des ailes du nez. Le « Cutis Marmorata », précédent souvent des formes plus graves d'accident de décompression, formé de marbrures à centre cyanotique extensives. Et les accidents lymphatiques (œdèmes localisés).

- Les accidents ostéo-myo-articulaires de type I ou Bend : la physiopathologie retenue serait la présence de bulles dans les tendons près de leurs insertions et la présence de bulles in situ intra-osseuses.

  La symptomatologie, bruyante, est principalement représentée par des douleurs sur les grosses articulations (par ordre décroissant : épaules, genoux, coudes, hanches, poignet et cheville). Les Bends sont suspectées d'être à long terme responsables d'un taux plus élevé d'ostéo-nécroses dysbariques.

- La maladie de décompression (MDD) type I : regroupant des signes généraux variés, non systématisés, principalement une asthénie intense, des nausées et un malaise général avec des paresthésies. Ceci étant dû aux bulles circulantes avec une abrasion de l'endothélium vasculaire et à la réaction inflammatoire tissulaire qui en découle.

- Les accidents cérébraux type II : ils sont minoritaires dans les accidents neurologiques. Ils sont causés par la migration d'un embole gazeux vers les carotides ou vers les artères vertébrales, conséquence le plus souvent d'un FOP. L'ischémie bilatérale par embolie bi-carotidienne peut se voir en cas de surpression pulmonaire, mais la plus fréquente est partielle et unilatérale.

  Les syndromes les plus fréquents sont des troubles neurologiques systématisés à un territoire cérébral précis. Cependant ils peuvent aller de l'hémiplégie à prédominance brachio-faciale (artère sylvienne) ou crurale (artère cérébrale antérieure) à la quadriplégie avec coma en cas d'atteinte vertébro-basilaire.

- Les accidents médullaires type II : ils représentent les accidents de type II les plus fréquents (70 à 75%). Ils seraient causés par des bulles circulantes principalement veineuses épidurales provoquant une stase d'amont et d'aval ayant pour conséquence une sursaturation des tissus médullaires correspondants. Une part de participation artérielle ne doit tout de même pas être négligée (24). Cette stase majorerait donc la sursaturation locale et l'apparition de bulles intra tissulaires. Dans de récentes études, il est mis en évidence la préexistence de lésions médullaires non dysbariques (type sténose du canal médullaire) sur les territoires atteints qui pourraient les précipiter par anomalie de la vascularisation locale (25).

  Les symptômes débutent souvent par une douleur en coup de poignard, lombaire le plus souvent, mais aussi thoracique ou sternale, correspondant au niveau lésionnel. On retrouve des paraplégies pyramidales avec troubles sensitifs métamériques, des syndromes de Brown-Sequard, des syndromes cervicaux transverses (avec quadri ou triplégies initiale évoluant vers une paraplégie), des syndromes du cône terminal (avec troubles sphinctériens apparaissant en général dans un second temps) et des troubles sensitifs purs avec paresthésies ou dysesthésies parfois bien systématisés. A ces nombreux tableaux cliniques on peut rajouter le léchage médullaire, une forme bénigne donnant principalement des troubles sensitifs avec quelques fois de très légers déficits moteurs, régressant souvent spontanément.

- Les accidents cochléo-vestibulaires type II : ils correspondent souvent à une atteinte vestibulaire pure ou associée à une atteinte cochléaire de moindre gravité. Ils sont parfois difficilement différentiables d'accidents barotraumatiques de l'oreille interne, provoquant un symptôme vestibulaire harmonieux associé plus ou moins à des troubles de l'audition mais sans notion de difficulté d'équilibration des oreilles.

  L'hypothèse traditionnelle est un blocage circulatoire lié à un aéroembolisme dans l'une des branches de l'artère vestibulaire, ou de bulles intra-labyrinthiques dans l'endolymphe ou dans la périlymphe.

2.3.3- Les accidents biochimiques

Enfin les accidents biochimiques sont représentés dans notre étude par la narcose (accident lié à l'azote) et par l'hypercapnie (accident lié au dioxyde de carbone). Les accidents biochimiques sont dus à la toxicité d'un gaz lorsqu'il est sous pression. En effet selon la loi de Dalton, lorsque la pression totale d'un gaz augmente, les pressions partielles des gaz constituants le mélange gazeux vont augmenter dans les mêmes proportions, mais à certaines pressions partielles certains gaz deviennent plus ou moins toxiques (12,22).

- ***L'azote***

L'azote est toxique pour le système nerveux central selon un mécanisme encore mal connu et discuté. La narcose peut se manifester au-delà de 40m, certains plongeurs plus sensibles y sont sujets dès 35m, et la totalité des plongeurs est atteinte à partir de 60m de profondeur.

Elle entraîne une toxicité cérébrale avec une lenteur d'idéation et une sensation d'euphorie comparable à un état d'ébriété allant dans le cas le plus grave, jusqu'à la perte de connaissance. La narcose reste cependant réversible à tout moment par une remontée de quelques mètres. C'est pourquoi la plongée à l'air est interdite au-delà de 60m (26).

- ***Le dioxyde de carbone***

Le gaz carbonique peut se retrouver accidentellement présent dans l'air des bouteilles (local mal ventilé, échappement de moteur à proximité) mais cela reste exceptionnel. L'hypercapnie est le plus souvent métabolique provenant d'une activité musculaire excessive et de difficulté d'élimination. Elle peut se retrouver en surface en cas d'hyperventilation ou de lésions pulmonaires, elle est bien entendu, plus rapidement atteinte sous pression.

Elle entraîne une sensation d'essoufflement et de vertiges pouvant aller jusqu'à l'état syncopal. Elle est surtout « le lit » de l'accident de désaturation, entraînant une cascade de réactions inflammatoires qui majore la réaction bullaire et la maladie de décompression, mais aussi augmente l'action toxique de l'oxygène et de l'azote (27).

- ***L'oxygène***

L'hyperoxie neurotoxique ou effet Paul Bert est une crise convulsive de type grand mal. Ces accidents surviennent avec des pressions partielles d'oxygène voisines de 1.7 à 2ATA. Il existe cependant une sensibilité individuelle et une notion de durée d'exposition. Nous ne retrouvons pas dans notre étude ce type d'accidents, les plongées aux mélanges sur-oxygénés y sont en effet peu représentées.

Il existe aussi une toxicité pulmonaire de l'oxygène appelée effet Lorrain Smith qui apparait pour des pressions partielles d'oxygène de 0.6 à 2ATA et pour une durée minimum de 6h d'exposition. Cliniquement il existe une dyspnée croissante avec une toux, pouvant mener jusqu'à l'OAP.

2.3.4- Les autres accidents

Nous retrouvons tout de même d'autres accidents liés directement à la pratique de la plongée en scaphandre autonome. Nous citons dans notre étude :

- Les traumatismes liés à la flore et à la faune marine : nous retrouvons une flore variée mais aussi belle que dangereuse sur l'île. Certaines espèces sont venimeuses comme les physalies, le corail de

feu, de nombreuses espèces de rascasses (en particulier le poisson pierre) ou de raies. D'autres peuvent provoquer des morsures comme les murènes, les poissons chats ou les balistes titans (28). Nous citons à part les requins pour qui aucun accident visant les plongeurs en scaphandre autonome n'a été relevé.

- Les malaises « cardiaques », liés à l'augmentation des charges de travail vasculaires liés à la pression, au stress et à l'effort (plusieurs malaises vagaux, deux infarctus du myocarde et une cardiomyopathie de Tako Tsubo répertoriés dans notre recueil), un cas d'OAP d'immersion est aussi décrit dans notre étude.

- Le stress aigu et bouffées d'angoisse ont été cités à part dans les accidents, n'ayant pas d'incidence physique directe mais pouvant générer un malaise psychique profond induisant un arrêt de la plongée.

2.4- Le sujet de cette étude

L'étude présentée par cette thèse reprend les accidents de plongés répertoriés dans l'Unité de Soins Hyperbares depuis 1982 jusqu'en 2012. Ce recueil a été possible grâce aux archives conservées par le Dr Potier et le Dr Harms depuis le début de l'activité du caisson à l'hôpital de St Pierre.

Les données brutes de 1982 jusqu'en 2008 ayant déjà été présentées par le Dr Harms (29), il nous a paru pertinent de scinder l'effectif en deux selon que les plongées ayant entraînées les accidents avaient été réalisées dans le cadre d'une structure ou hors de toute structure. En effet, il est habituel de penser que la plongée « hors structure » présente des risques spécifiques d'accident du fait de l'absence d'encadrement. Ce travail est sous tendu par la nécessité de définir cette population. Présente-elle un profil particulier ? Des risques spécifiques ? A quel type d'accident de plongée sont-ils confrontés, s'agit-il des mêmes que pour les plongeurs « en structure » ? Leur prise en charge est-elle différente et peut-elle être améliorée ?

Nous nous sommes centrés, dans la discussion, sur les accidents graves et les accidents de désaturation qui sont plus représentés dans notre recueil réalisé en intra-hospitalier. En effet, le recueil ayant eu lieu au sein du service hyperbare, il est plus représentatif de s'attarder sur ces cas. La majorité des accidents de plongée non graves seraient à priori pris en charge par les médecins de ville et n'apparaissent pas dans ce travail, nous n'extrapolerons donc pas dans ce sens.

3- Matériels et méthodes

3.1- Objectifs

La population de plongeurs « hors structure » est difficile à appréhender. De par sa définition même, elle n'est inscrite sur aucun registre ni aucune liste et ne le souhaite probablement pas. Cette population représente pourtant un tiers des accidentés de plongée à la Réunion. Les coûts humains et matériels sont donc non négligeables.

Il nous a donc semblé pertinent de pouvoir définir plus précisément cette population en la comparant à un groupe accessible : les plongeurs accidentés « en structure ». D'autre part il semble nécessaire de savoir si cette population est plus ou moins sujette aux accidents de plongée en particulier les accidents graves (ADD et barotraumatismes pulmonaires) que la population des plongeurs « en structure ».

Il est aussi nécessaire d'évaluer les prises en charges pré-hospitalières et hospitalières afin de savoir s'il existe une différence de traitement entre les deux groupes. Enfin, il est intéressant d'analyser les comportements des deux groupes au sujet des profils de plongée et des facteurs favorisants les accidents pour réaliser une prévention ciblée.

3.2- L'Etude

Nous avons réalisé une étude épidémiologique, rétrospective, observationnelle, unicentrique (l'hôpital de St Pierre ou actuellement CHU sud-Réunion) depuis 1982 jusqu'en 2012 inclus.

3.2.1- Les dossiers

Nous avons récupéré les dossiers des patients étiquetés « accident de plongée » de l'Unité de Soins Hyperbares du CHU sud-Réunion.

Les quinze premières années de caisson jusqu'à l'ouverture officielle de l'Unité de Soins Hyperbares en 1997, ont été difficilement exploitables. Lors des premières années de

fonctionnement, il n'existait que de rares notes manuscrites sur les recompressions thérapeutiques. Le caisson n'étant pas directement hospitalier, il n'existait pas de « dossier patient ».

Les années suivantes ont pu être analysées grâce aux fiches de recompression du caisson conservées dans les archives du Dr Potier puis du Dr Harms.

Les données des dernières années ont été colligées grâce à un secrétariat efficace à l'ouverture officielle du service de médecine hyperbare en 1997. La main courante du caisson et le recueil des dossiers vus en consultation ont été utilisés. Une fiche « accident de plongée » est systématiquement complétée à l'arrivée du patient dans le service de Soins Hyperbares *(annexe 1 : Dossier Accident de Plongée)* et permet un recueil de nombreuses données, il est ajouté au dossier clinique.

Enfin, l'informatisation des « dossiers patients » depuis 2005 au CHU sud-Réunion a notoirement allégé la tâche. Toutes ces archives et leur recherche active de la part du Dr Harms ont permis de répertorier la quasi-totalité des accidents de plongée en scaphandre autonome de 1982 à 2012 sur l'île de la Réunion.

3.2.2- La population étudiée

- ***L'inclusion***

Les patients inclus dans cette étude sont ceux dont les dossiers ont été étiquetés « accidents de plongée » à l'entrée du service de médecine hyperbare du CHU sud-Réunion. Ont été inclus les dossiers des patients :

- entrés directement dans le service de médecine hyperbare,
- entrés dans le service par le biais des urgences ou d'un autre service du CHU,
- vus en consultation simple par un médecin du service,
- les avis téléphoniques spécialisés avec un médecin hyperbariste du service.

Sous le terme « accident de plongée » nous avons répertorié :

- tous les accidents de désaturation (ADD) de type I (musculo-cutané, Bend ou maladie de décompression : MDD) et II (médullaire, cérébraux, cochléo-vestibulaire et aéro-embolisme cérébral),

- les accidents barotraumatiques (des oreilles interne et moyenne, des sinus, digestif, pulmonaire, oculaire et dentaire),
- les accidents biochimiques (narcose et hypercapnie),
- les problèmes médicaux divers entraînés directement par une plongée en scaphandre autonome (OAP d'immersion, noyade ou inhalation, malaises, traumatismes divers entrainés durant la plongée par la faune ou la flore sous-marine).

Nous avons donc retrouvé un effectif de 520 patients accidentés traités dans le service de médecine Hyperbare depuis son ouverture en 1982 jusqu'en 2012.

➢ *Les items du recueil de données*

Un fichier Excel a été réalisé pour récapituler les données extraites des dossiers des patients. Les dossiers ont été directement et systématiquement anonymés lors du paramétrage des items recueillis. Le fichier Excel ne peut malheureusement pas être en totalité exploité pour les statistiques au vu du très grand nombre de données manquantes dans certains items.

Les items recueillis sont les suivants :

1. Date : mois, année
2. Sexe
3. Poids, IMC
4. Nationalité
5. Lieu de domicile
6. Age
7. Profession
8. Licencié FFESSM ou non
9. Niveau de plongeur
10. Lieu de plongée
11. Profondeur
12. Temps de plongée
13. Durée de plongée
14. Paliers effectués
15. Utilisation d'ordinateur de plongée
16. Motif de plongée
17. Prise d'Aspirine : quantité

18. Prise d'O^2
19. Intervention de secours médicalisés
20. Séances d'OHB : nombre
21. Type de la première séance
22. Délai de début d'OHB
23. Nombre de jours d'hospitalisation
24. Manifestations cliniques
25. Délai des premières manifestations cliniques
26. Classification en type d'accident
27. Gravité clinique
28. Problèmes de procédure de plongée
29. Facteurs favorisants
30. Antécédents d'accident de plongée

- ***Définition des deux groupes étudiés***

Les deux groupes pour l'analyse multivariée ont été définis comme :

- « en structure » : les plongées ayant provoqué un accident, réalisées dans une structure commerciale ou un club associatif défini par la FFESSM pour les plongées de loisir. Et les plongées réalisées dans un cadre professionnel, civil ou militaire : 368 cas.

- « hors structure » : les plongées ayant provoqué un accident, réalisées sans structure définie, dans un cadre privé et sans encadrement officiel : 127 cas.

Nous avons donc réalisé les comparaisons statistiques (par la régression de Khi^2) sur 495 cas au total.

- ***Les items exclus de l'analyse statistique***

Certaines de nos données n'ont pas pu être analysées statistiquement lors des comparaisons intergroupes. En effet pour que le test de régression soit fiable il est nécessaire d'avoir moins de 10% de données manquantes sur l'effectif total. Ces items sont, pour certains, cités à titre indicatif dans les résultats et ne seront donc pas discutés par la suite.

- Le poids et l'IMC

- La profession
- Les temps et durées de plongée
- Le délai de début de l'OHB
- Le délai d'apparition des signes

Devant l'étendue des données récoltées et les spécificités que nous avons voulu mettre en avant dans notre étude, nous avons volontairement exclu l'item « manifestations cliniques » de notre étude. Ceci pourrait être analysé lors d'une étude ultérieure.

3.3- Analyse statistique

L'analyse statistique a été réalisée par l'unité de soutient méthodologique du CHU (USM) dans le cadre de l'encadrement méthodologique.

L'analyse univariée menée pour comparer les variables des deux groupes « en structure » et « hors structure » a été réalisée selon le test du Khi carré de Pearson.
Un intervalle de confiance de 95% a été utilisé pour évaluer l'existence d'une différence significative entre les deux populations (p-value à 5%).

L'analyse des données a été effectuée à l'aide du logiciel SPSS (SPSS pour Windows, version 16.0, 2008, Chicago, IL).

4- Résultats

4.1-Résultats dans la population générale

4.1.1-Années

Le nombre d'accidents global en fonction des années depuis 1982 jusqu'en 2012 est reproduit dans le graphique suivant (figure 1) :

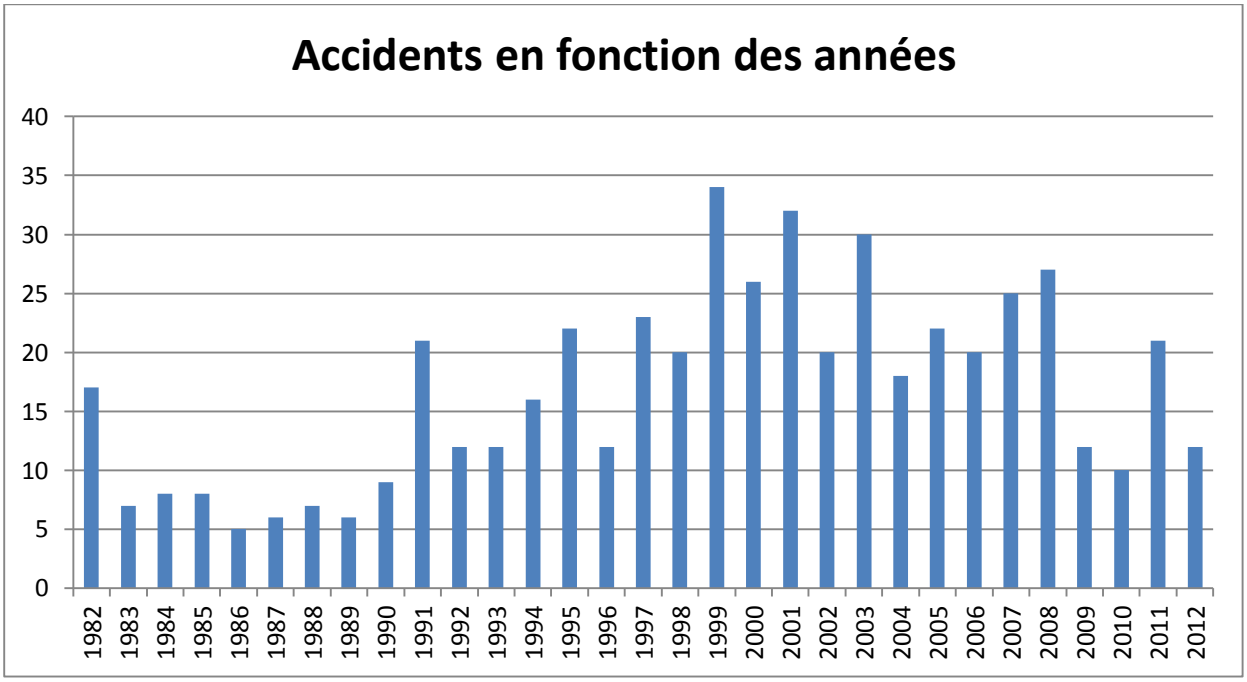


Figure 1 : accidents en fonction des années

Le nombre total annuel d'accidenté retrouvé varie entre 5 en 1986 et 34 en 1999 avec une moyenne de 16 accidents par an.

On observe une tendance à l'augmentation du nombre d'accidents par année qui converge avec l'essor global de la plongée sur l'île de La Réunion.

4.1.2- Mois

Le nombre global d'accident en fonction des mois est reproduit dans le graphique suivant (figure 2).

On retrouve un nombre d'accidents plus important lors des mois d'été austral, où les températures de l'eau sont plus clémentes (jusqu'à 28°), et associé aux congés scolaires annuels, il existe une augmentation de la fréquence des plongées en général.

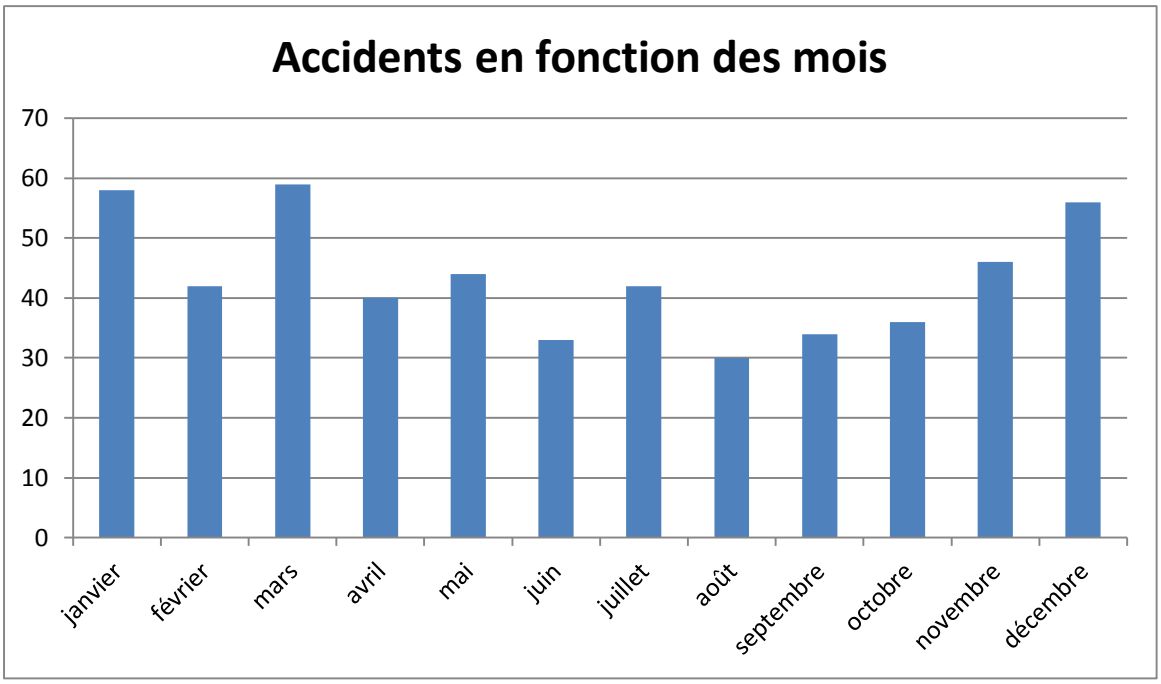


Figure 2 : accidents en fonction des mois (cumul de 1982 à 2012)

4.1.3-Localisation générale des accidents

Une grande majorité des accidents a eu lieu dans la «zone ouest » de l'île qui s'étend du sud de la commune du Port à la commune de l'Etang Salé Les Bains : soit 69% des accidents. Le nombre de clubs et autres structures de plongée est plus important et la côte moins sujette aux aléas météorologiques.

La « zone sud » qui s'étend de la pointe de l'Etang Salé Les Bains à Petite Ile ainsi que la « zone du volcan » (de Petite Ile à Ste Rose) représente la quasi-totalité du reste des accidents de l'île

avec 15% des accidents répertoriés. Les conditions météorologiques y sont moins souvent optimales avec des conditions de mer plus difficiles (mauvaise visibilité, houle, courant).

Les accidents en « zone est » (de Ste Rose à Bras Panon) et « zone nord » (de Bras Panon au Port), restent plus anecdotiques : 3% avec une concentration plus importante autour de la ville du Port, où la majorité des plongées est réalisée dans un cadre professionnel civil ou militaire.

Les accidents de plongée «EvaSanés» des autres îles environnantes sont relativement peu fréquents : 18 cas à Mayotte, 9 cas à Maurice, 8 cas à Madagascar, et 2 cas aux Comores. Les îles de Maurice et Mayotte possédant actuellement leur propre caisson, les EvaSan seront de moins en moins nombreuses dans les années à venir.

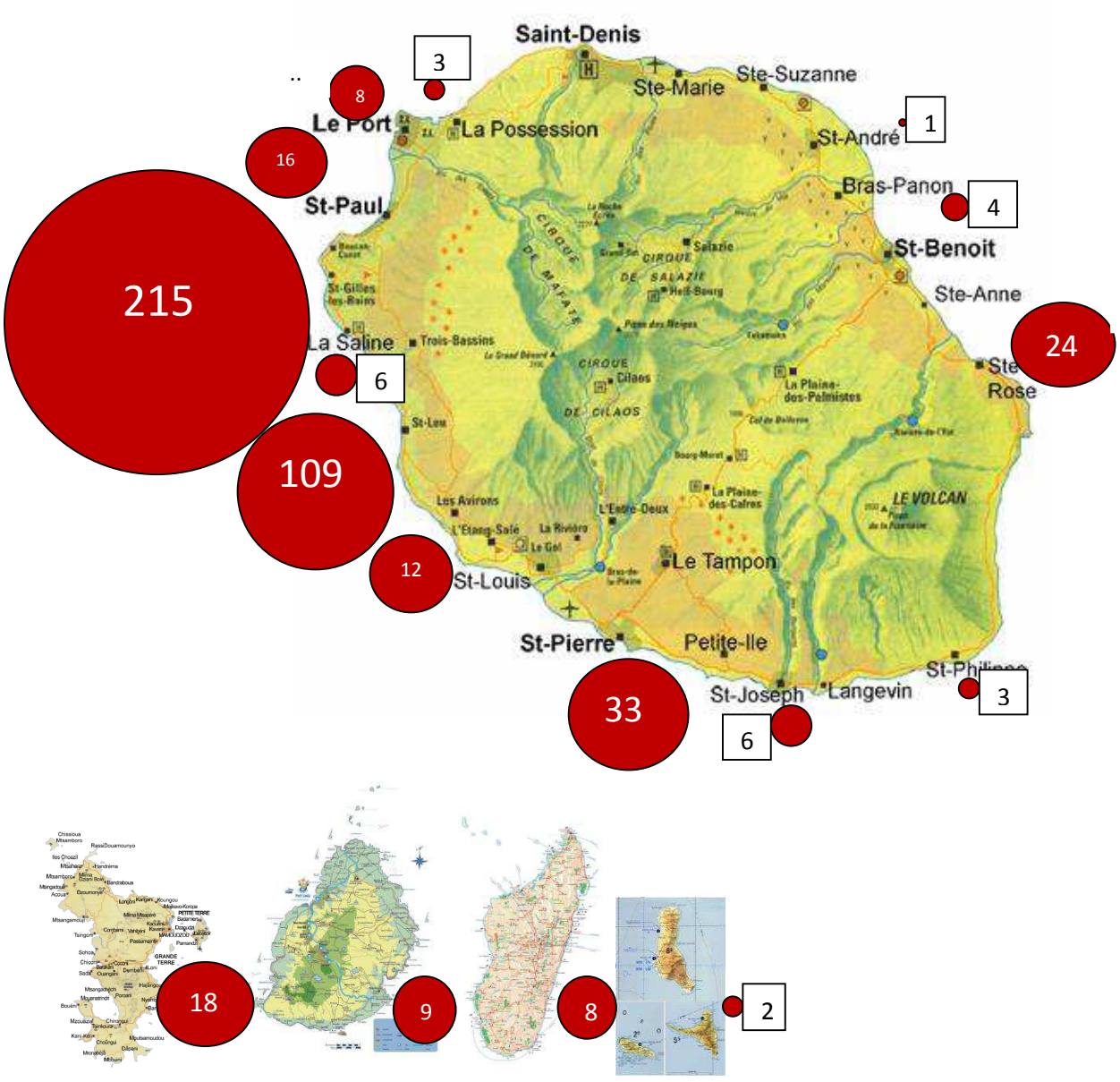


Figure 3 : nombre d'accidents selon les lieux

4.2-Description des deux populations

4.2.1-Description générale

Nous avons donc scindé la population totale des accidentés (520) en deux groupes. D'une part les accidents qui ont eu lieu lors une plongée réalisée dans le cadre d'une structure (club, militaire ou professionnel) et d'autre part, les accidents ayant lieu lors d'une plongée réalisée hors structure dans un cadre privé.

25 cas n'étaient pas renseignés, soit 4,8% de la population générale, notre population d'étude s'est donc limitée à 495 cas au total.

368 cas sont « en structure », (dont 11 professionnels) soit 74%, et 127 cas sont « hors structure » soit 26% (voir *figure 4*)

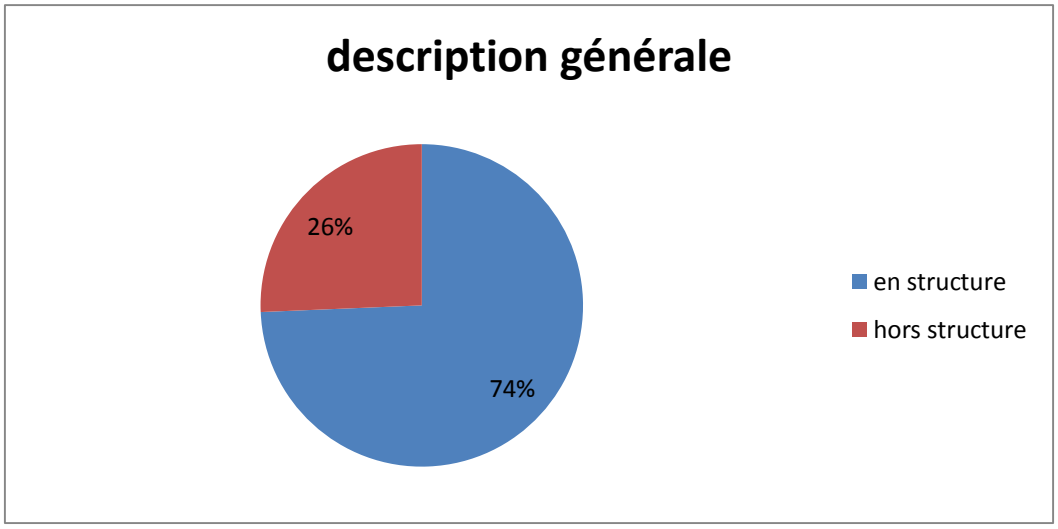


Figure 4 : pourcentage des plongeurs accidentés en structure/hors structure

4.2.2-Sexe

Le sexe des plongeurs présente une différence significative entre nos deux groupes (Khi^2= 19.20, ddl :1, p=0.00), avec une nette prédominance des hommes dans le groupe hors structure.

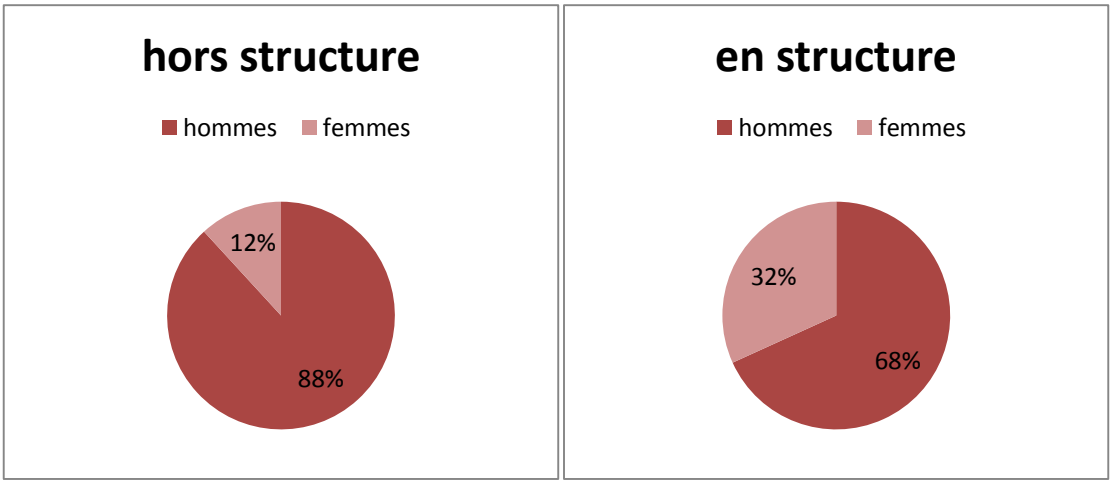


Figure 5 : ratios du sexe des accidentés

4.2.3-Age

La population des plongeurs présente une variabilité d'âge très importante. Le plus jeune des accidenté a 14 ans et il s'agit d'un barotraumatisme de l'oreille moyenne sans critère de gravité, lors d'un baptême. La recompression thérapeutique n'a été utilisée qu'une fois chez un mineur : un jeune homme de 17ans ayant présenté une paraplégie à l'émersion d'une plongée d'exploration à 50m sur Boucan Canot, un diagnostic d'ADD type II médullaire non régressif a été posé.

Le patient le plus âgé a 70 ans et a présenté un ADD type II médulllaire avec une tétraplégie non régressive lors d'une plongée pour braconnage de coquillages à 60m.

Entre les deux groupes « en structure » et « hors structure », il n'existe pas de différence significative (Khi^2=12.082 ; ddl : 12 ; p=0.439), nos populations sont donc comparables sur ce point.

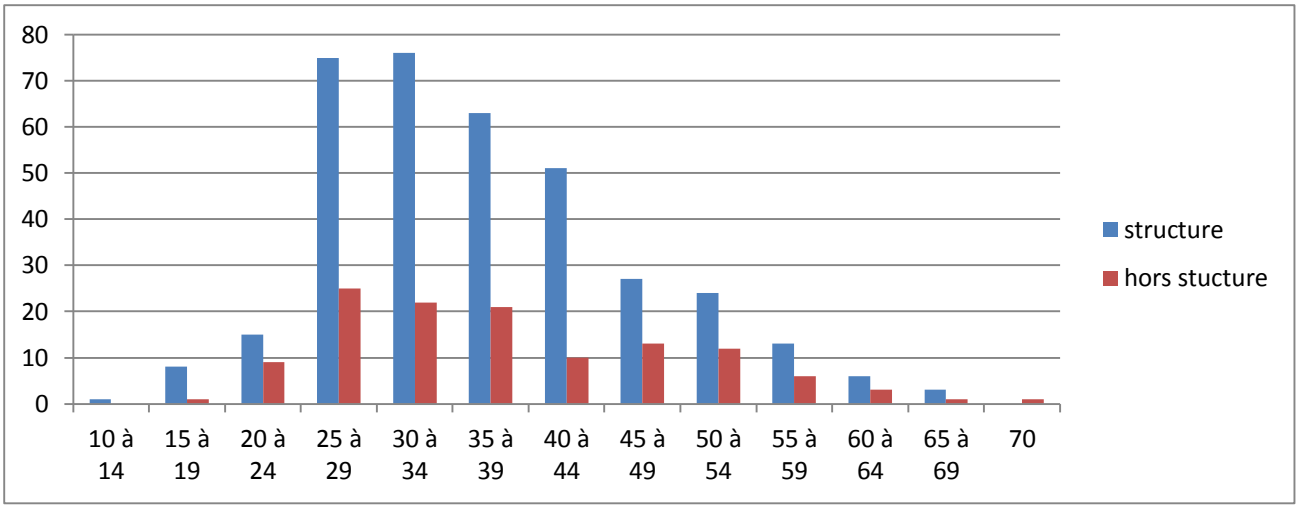


Figure 6 : âge des plongeurs (en années)

4.2.4-Profession

L'item « profession » n'a pas été renseigné dans 161 cas, nous ne ferons donc pas de comparaison statistique entre les deux groupes car cela représente plus de 10% de données manquantes.

Les professions de nos accidentés sont diverses avec une nette prédominance dans les deux groupes des enseignants comparé aux autres corps de métier (21% des accidentés).

Profession	Hors structure n= 83	En structure n= 251	Total n= 334
Etudiant	3	9	12 (3.5%)
Employé	5	14	19 (5.6%)
Commercial/Commerçant	4	10	14 (4.2%)
Pêcheur/Marin/Agriculteur	7	0	7 (2%)
Militaire/Pompier	4	20	24 (7.2%)
Technicien/Ingénieur	5	20	25 (7.5%)
Enseignant	17	53	70 (21%)
Cadre Supérieur	0	4	4 (1.2%)
Juriste/Avocat	0	3	3 (0.9%)
Paramédical/Pharmacien	4	34	38 (11.4%)

Médecin	6	18	24 (7.2%)
Moniteur de plongée	0	15	15 (4.5%)
Plongeur Professionnel	1	4	5 (1.5%)
Retraité	4	13	17 (5.1%)
Autre	10	27	37 (11%)
Sans profession	13	7	20 (6%)

Tableau 1 : profession des plongeurs

4.2.5-Niveau

Les organismes internationaux de plongeurs ont des certifications variées avec un découpage de niveau propre. Les principaux étant le PADI (anglo-saxon) et la FFESSM (française). Nous retenons ici le système de niveau de la FFESSM au vu du faible nombre de plongeurs étrangers dans notre étude.

Les moniteurs ont un diplôme d'éducateur avec différents niveaux (E1, E2, E3, E4, E5) en fonction des compétences. Les Brevets d'Etat BEES1 correspondent à l'E3, BEES2 à l'E4, et BEES3 à l'E5. Les niveaux simples sont nommés : P1, P2, P3, P4 (P0 correspondant aux baptêmes et à l'absence de niveau). Les plongeurs professionnels ayant un système de niveau et de compétences propre sont décomptés à part.

L'item « niveau de plongée » n'a pas été renseigné dans 23 cas.

Il existe entre les deux groupes une différence significative (Khi^2=91.6 ; ddl :15 ; p=o.oo*). La totalité des patients autodidactes (21 cas) plongent hors structure ; alors que les encadrants de plongée ne sont pratiquement pas représentés dans ce groupe.

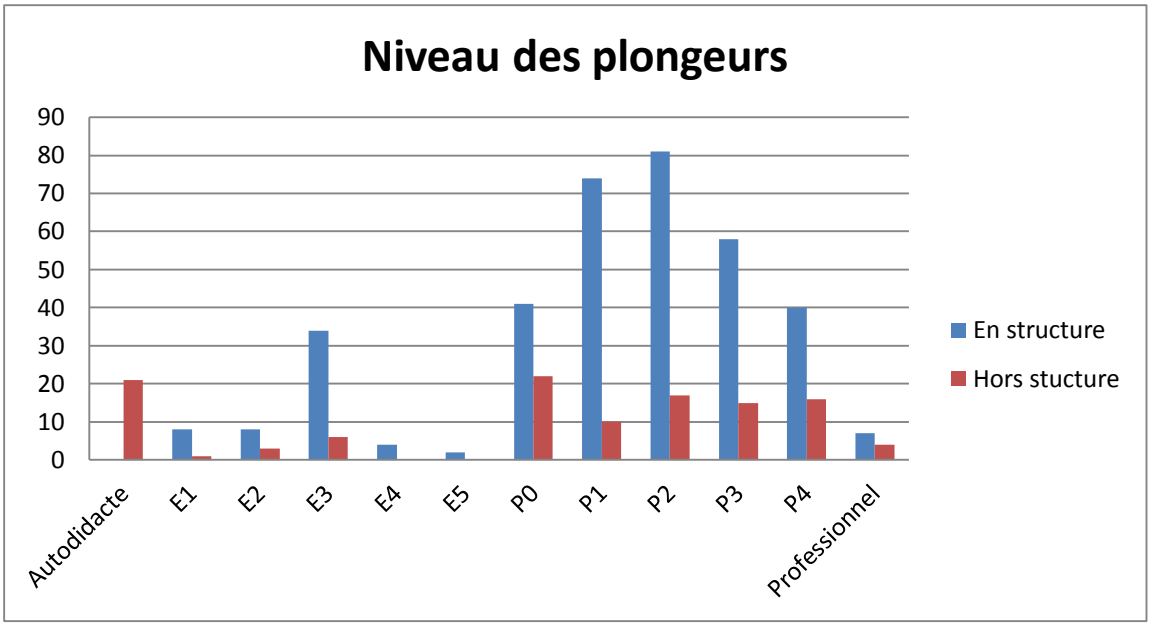


Figure 7 : Niveau des plongeurs

4.2.6-Nationalité et résidence

La Réunion étant internationalement connue pour ses spots de plongée, il est normal de retrouver quelques accidents chez des plongeurs étrangers, ils sont tout de même peu nombreux (5 cas) comparé aux plongeurs français (490 cas).

La totalité des Item « nationalité » était remplie pour notre effectif, il n'existe pas de différence significative entre les deux groupes (Khi^2=6.836 ; ddl : 5 ; p=2.33)

Nationalité	En structure n= 368	Hors structure n= 127	Total
Français	365 (99.1%)	125 (98.4%)	490
Anglais	0	1 (0.8%)	1
Italien	1 (0.3%)	0	1
Mauricien	0	1 (0.8%)	1
Tchèque	1 (0.3%)	0	1
Suédois	1 (0.3%)	0	1

Tableau 2 : nationalité des plongeurs

Il manque 8 observations à l'item « pays de résidence ».

Le lieu de résidence est majoritairement l'Île de la Réunion (426 cas).

Il existe cependant une différence significative entre les deux groupes (Khi²=18.827 ; ddl : 7 ; p=0.009*), avec les plongées « hors structures » pratiqué principalement par des plongeurs réunionnais.

Pays de Résidence	En structure n= 365	Hors structure n= 122	Total
France (Réunion)	311 (85.2%)	115 (94.2%)	426
France (Métropole)	43 (11.7%)	3 (2.5%)	46
France (Mayotte)	8 (2.2%)	3 (2.5%)	11
Italie	1 (0.3%)	0	1
Ile Maurice	0	1 (0.8%)	0
Suède	1 (0.3%)	0	1
République Tchèque	1 (0.3%)	0	1

Tableau 3 : pays de résidence des plongeurs

4.2.7-Antécédent d'accident de plongée

Dans notre recueil nous avons un très grand nombre de données manquantes (149 cas) ce qui ne nous permet pas de tirer des conclusions statistiques fiables. Néanmoins nous avons réalisé une comparaison statistique entre les deux groupes, résultats qu'il faut donc analyser avec prudence.

Il existe une différence statistique à propos de la simple présence d'antécédent d'accident de plongée qui semblerait plus importante chez les plongeurs « hors structure » (Khi²=31.989 ; ddl :1 ; p=0.00*). Pour plus de précision, certains antécédents particuliers ont été retrouvés plus nombreux dans le groupe « hors structure », il s'agit de : Bends, ADD type II médullaires et ADD type II cérébraux.

Les résultats complets sont présentés dans le tableau suivant :

ATCD	En structure n= 270	Hors structure n= 92	Total	p
Barotraumatisme occulaire	1 (0.4%)	0	1	0.559
Barotraumatisme sinusien	4 (1.5%)	0	4	0.240

Barotraumatisme oreille moyenne	7 (2.6%)	3 (3.3%)	10	0.736
ADD I Cutané	3 (1.1%)	2 (2.2%)	5	0.451
ADD I Bend	5 (1.8%)	15 (16.3%)	20	0.00*
ADD I MDD	7 (2.6%)	1 (1.1%)	8	0.396
ADD II Médullaire	6 (2.2%)	15 (16.3%)	21	0.00*
ADD II Cérébral	4 (1.5%)	1 (1.1%)	5	0.005*
ADD II Cochléo-vestibulaire	5 (1.9%)	5 (5.4%)	10	0.071

Tableau 4 : Antécédent d'accident de plongée

4.3-Licence et ordinateur

4.3.1-Licence

Dans notre étude, il manque 17 résultats pour l'item « licence ».

La différence entre les deux groupe est significative (khi²= 88.861 ; ddl :2 ; p= 0.00*), ce qui signifie que les plongeurs « hors structure » prennent peu de licence.

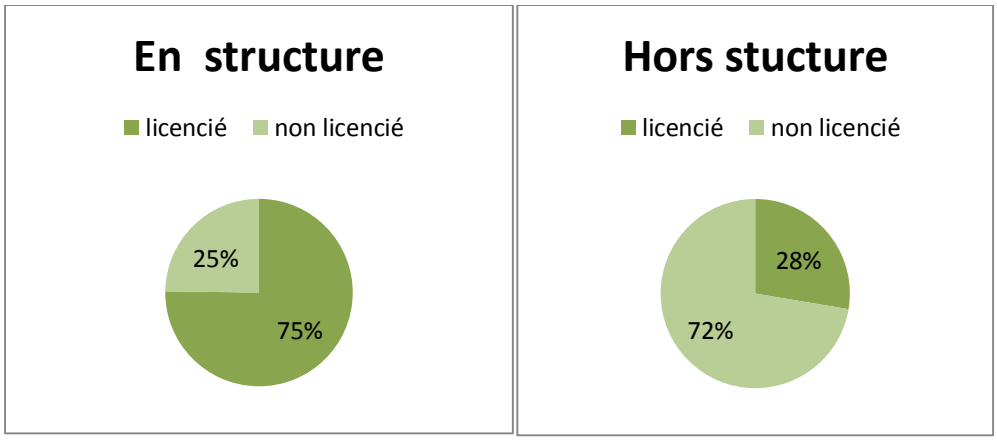


Figure 8 : pourcentage de plongeurs licenciés

4.3.2-Ordinateur

Les ordinateurs calculent selon des logarithmes des courbes de dénitrogénation extrapolant au plus proche la réalité physiologique, et ont permis de raccourcir considérablement les temps de palier.

Dans notre étude il manque 11 données pour l'item « ordinateur ».

La différence entre les groupes est significative (Khi^2=20.632 ; ddl :1, p=0.00*), les patients accidentés « hors structure » utilisaient beaucoup moins d'ordinateur que ceux en plongée encadrée.

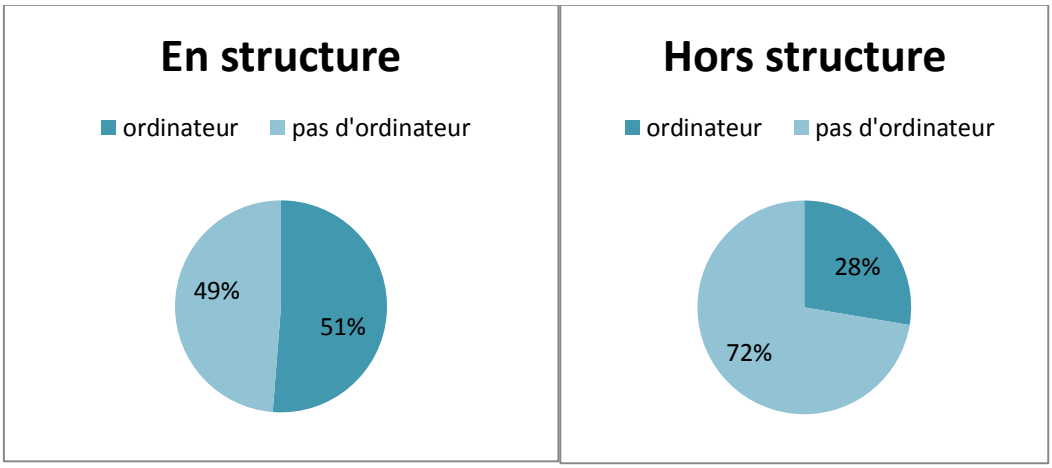


Figure 9 : pourcentage de plongeurs possédant un ordinateur

4.4-Les Plongées

4.4.1-Localisation des plongées

Comme précisé ci-dessus Les plongées sont localisées sur l'ensemble du pourtour littoral de l'île de la Réunion. Selon la description donnée ci-dessus la majorité des accidents a lieu dans l'ouest et le sud.

Nous retrouvons cependant une différence statistique significative entre nos deux populations (Khi^2=85.205, ddl : 18 ; p=0.00*). Il y a plus d'accidents lors de plongées « hors structure » dans le sud et l'est, précisément sur les communes de St Rose, St Philippe, St Joseph, et

St Pierre. Nous retrouvons aussi une majorité d'accidents lors de plongées « hors structure » à St Paul. De la même façon, les accidents « hors structure » sont majoritaires pour L'Etang Salé, Trois Bassins et La Possession mais avec des effectifs très faibles et peu significatifs statistiquement. Nous retiendrons aussi que les deux seuls accidents survenus aux Comores étaient « hors structure ».

Lieu de la plongée	En structure n= 360	Hors structure n= 117	Total
St André	1 (2.8%)	0 (0%)	1
St Benoît	1 (2.8%)	3 (2.6%)	4
St Rose	12 (3.3%)	12 (10.2%)	24
St Philippe	0 (0%)	3 (2.6%)	3
St Joseph	1 (2.8%)	5 (4.3%)	6
St Pierre	16 (4.4%)	17 (14.5%)	33
L'Etang Salé	9 (2.5%)	3 (2.6%)	12
St Leu	92 (25.6%)	17 (14.5%)	109
Trois Bassins	4 (1.1%)	2 (1.7%)	6
St Gilles	180 (50%)	35 (30%)	215
St Paul	7 (1.9%)	9 (7.7%)	16
Le Port	6 (1.7%)	2 (1.7%)	8
La Possession	2 (0.6%)	1 (0.8%)	3
Maurice	8 (2.2%)	1 (0.8%)	9
Madagascar	6 (1.7%)	2 (1.7%)	8
Mayotte	15 (4.2%)	3 (2.6%)	18
Les Comores	0 (0%)	2 (1.7%)	2

Tableau 5 : localisation des plongées

4.4.2-Profondeur

Nous retrouvons dans notre liste d'accidentés des profondeurs allant jusqu'à 95m (cas particulier et extrême d'un plongeur plongeant seul et avec des paliers écourtés, au profil psychologique suicidant).

L'item profondeur n'a pas été renseigné dans 9 cas.

La différence entre les deux groupes est statistiquement significative (khi²= 81.836, ddl : 19, p=0.00*), les plongeurs hors structure ayant tendance à plonger plus profond.

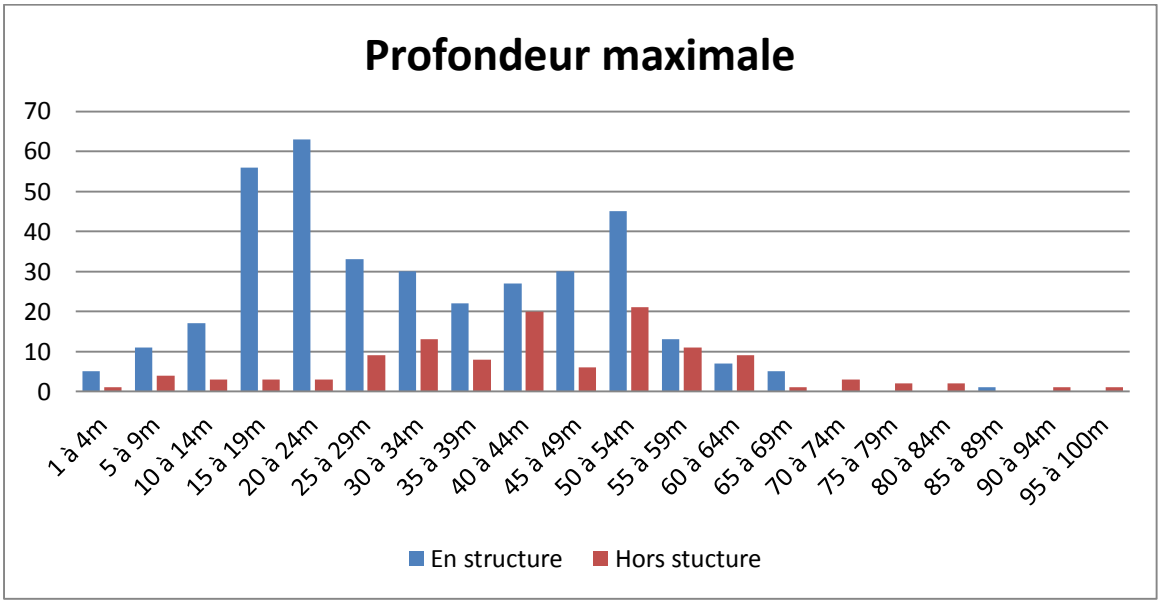


Figure 10 : profondeur maximale des plongées

4.4.3-Type de Plongée

Les plongées sont réalisées pour différents motifs, principalement l'exploration si elles sont pratiquées comme passe-temps, mais aussi le passage de niveau et pour les moniteurs l'encadrement. Bien évidemment il existe aussi des plongées réalisées dans un but professionnel et /ou scientifique. A noter, une spécificité locale avec le braconnage (chasseurs ou cueilleurs de coquillages).

90 items « type de plongée » n'ont pas été renseignés d'où la faible puissance de nos calculs statistiques.

Nous retrouvons cependant une différence significative entre nos deux groupes (khi²=106.453 ; ddl :5 ; p=o.oo*) expliquée principalement par le braconnage qui ne se pratique que hors structure du fait de son caractère illégal, et des passages de niveau, encadrement et plongée professionnelle qui ne peuvent se pratiquer que dans le cadre d'une structure agréée.

Type de plongée	En structure n= 308	Hors structure n= 105	total
Exploration	233 (75.6%)	67 (63%)	300
Entraînement /passage de niveau	37 (12%)	2 (1.9%)	39
Encadrement	7 (2.3%)	0	7
Baptême	10 (3.2%)	2 (1.9%)	12
Professionnel	13 (4.2%)	2 (1.9%)	15
braconnage	0	32 (30.5%)	32

Tableau 6 : type de plongée

4.5-Prise en charge pré-hospitalière

4.5.1-Aspirine

Les recommandations françaises proposent de d'administrer 500mg d'aspirine pour prétendre à une balance bénéfice / risque favorable. Cette recommandation est suivie avec beaucoup d'interprétations personnelles des responsables de plongée ou des encadrants, qui administrent des doses aléatoires allant de 75mg à 6g. Dans 44,5% des cas (des patients ayant reçu de l'aspirine), la dose de 500mg était correctement donnée. Dans 204 cas (soit 39% de la population totale) l'aspirine n'a pas été administrée.

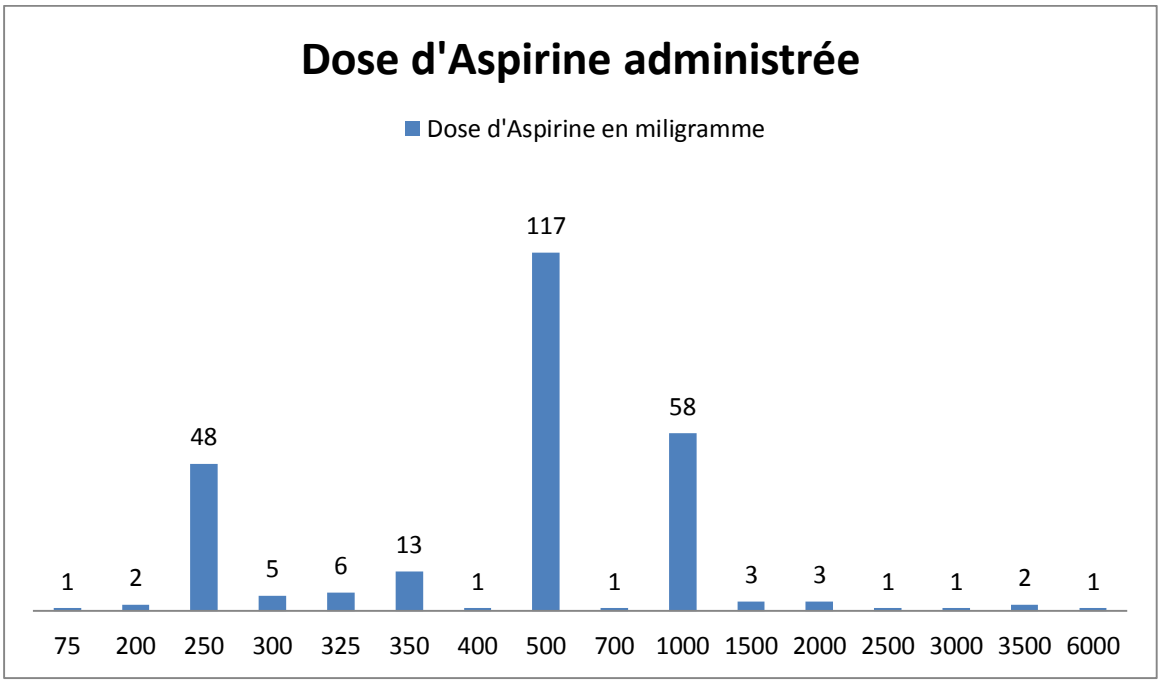


Figure 11 : Dose d'aspirine administrée dans la population totale (en mg)

Pour comparer nos deux groupes nous avons simplement conservé la dichotomie : aspirine donnée « oui » ou « non ».

Il manque 19 données dans cet item.

Les deux populations présentent une différence statistique significative (Khi²=4.574, ddl :1 ; p=0,032*), avec le groupe « hors structure » qui administre moins souvent l'aspirine.

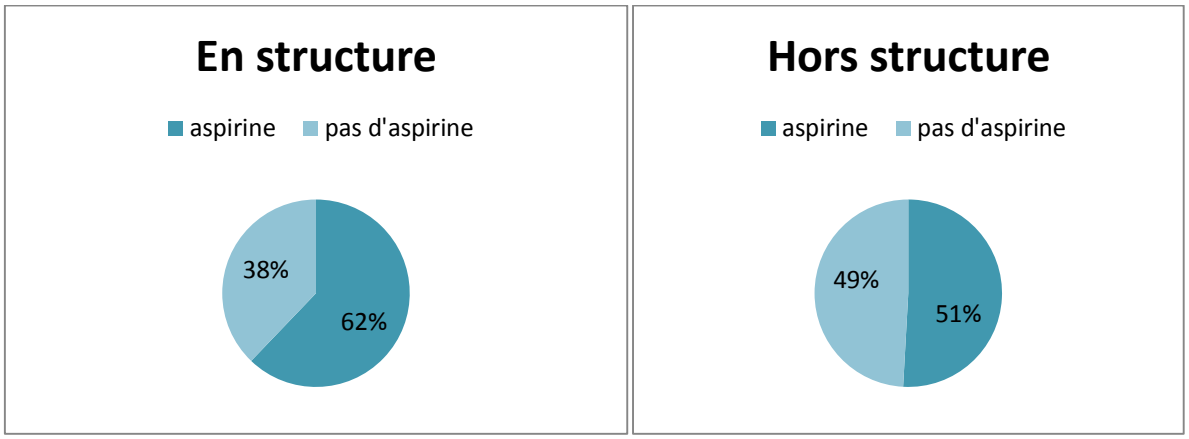


Figure 12 : pourcentage de l'administration d'aspirine

4.5.2-Oxygène

Le deuxième volet de la prise en charge immédiate après un accident de plongée est la mise sous oxygène au masque à haute concentration (à 15L /min). Dans notre population générale, nous retrouvons un cas de traitement par du Nitrox 80 chez un patient plongeant hors structure à plus de 50m. Il présentait un tableau typique d'accident de décompression cochléo-vestibulaire et ne possédait pas d'oxygène pur sur son embarcation.

L'item « oxygénothérapie » n'a pas été rempli dans 16 cas.

La différence entre les deux groupes est statistiquement significative (khi²=2.767, ddl :2, p=0.00*) avec de l'oxygène administré moins souvent chez les accidentés « hors structure ».

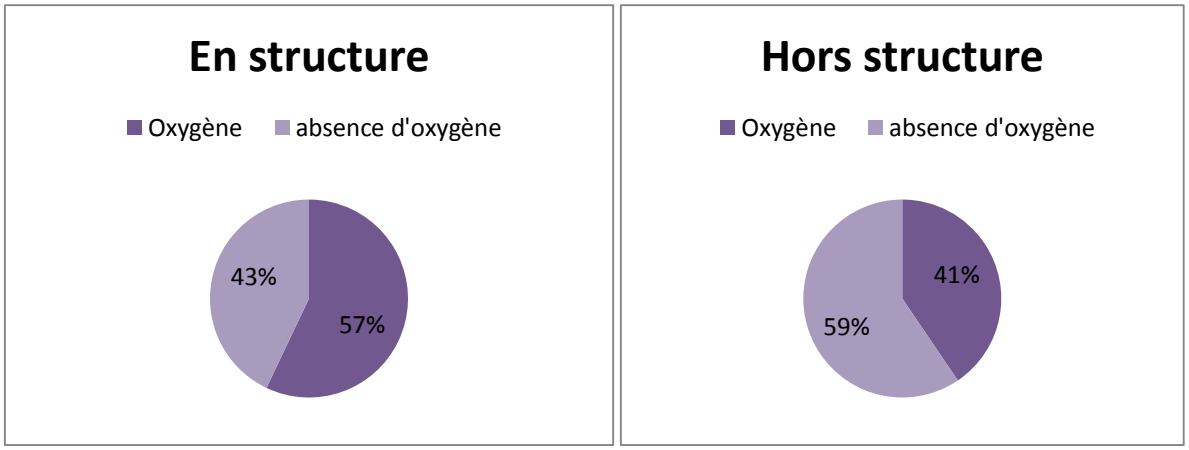


Figure 13 : pourcentage d'administration d'oxygène

4.5.3-SMUR

Le transport des accidentés vers les centres hospitaliers est codifié par le centre 15 et le CROSS Réunion. Le SMUR n'est déclenché que si la victime présente des signes de gravité neurologique ou une détresse d'organe, sinon le transport est non médicalisé vers l'hôpital.

Dans notre étude, nous avons inclus les accidents traités à la Réunion mais venant aussi des îles avoisinantes. Dans ces cas précis, une évacuation sanitaire d'urgence (EvaSan) est réalisée et presque toujours médicalisée.

L'item n'a pas été renseigné dans 12 cas.

Dans nos deux groupes la différence n'est pas significative entre le type de transport avec ou sans déclenchement du SMUR (Khi^2=2.808, ddl :3 ; p=0.246).

Transport	En structure n= 363	Hors structure n= 120	Total
Avec SMUR	117 (32.2%)	29 (24.1%)	146
Sans SMUR	237 (65.3%)	88 (73.3%)	325
EvaSan	9 (2.5%)	3 (2.5%)	12

Tableau 7 : Type de transport pour l'évacuation de l'accidenté

4.6-Accidents

4.6.1-Type d'accidents

Les accidents de plongés sont donc ici répertoriés. Nous les avons catégorisés en grandes familles.

Pour l'item « type d'accident », 3 cas étaient non renseignés.

- ***Barotraumatismes***

Dans notre étude nous retrouvons 114 barotraumatismes, il existe 22 cas de barotraumatismes associés à un autre barotraumatisme ou à un autre type d'accident :

- Les barotraumatismes de l'oreille moyenne (37 cas) : associés dans 6 cas avec un barotraumatisme de l'oreille interne, dans un cas avec un accident de décompression cérébral, dans un cas avec un accident de décompression cochléo-vestibulaire et dans un cas avec une narcose à l'azote.
- Les barotraumatismes sinusiens (6 cas): associés dans un cas avec un barotraumatisme de l'oreille interne, et dans 2 cas avec une maladie de décompression (MDD)
- Les barotraumatismes pulmonaires (21 cas) : associés dans 6 cas avec un aéroembolisme cérébral, et dans 2 cas à une inhalation d'eau de mer (noyade stade 1).
- Les barotraumatismes dentaires (3 cas) : dans un cas ayant entrainé une crise d'angoisse.
- Un seul barotraumatisme oculaire recensé ayant entraîné une inhalation (noyade stade 1).

Si on compare les deux groupes, « en structure » et « hors structure » nous retrouvons une seule différence significative sur les barotraumatismes : pour les accidents de l'oreille interne, avec une nette prédominance de ce type d'accidents pour les plongées en structure (Khi^2=9.327, ddl : 1 ; p = 0.002*).

Barotraumatisme	En structure n= 366	Hors structure n= 126	Total	p
Oreille moyenne	29 (7.9%)	8 (6.3%)	37	0.563
Oreille interne	37 (10.1%)	2 (1.6%)	39	0.002*
Sinus	6 (1.6%)	0	6	0.148
Oculaire	1 (0.3%)	0	1	0.557
Dentaire	2 (0.5%)	1 (0.8%)	3	0.759
Digestif	1 (0.3%)	0	1	0.557
Pulmonaire	19 (5.2%)	2 (1.6%)	21	0.084
Aéro-embolisme cérébral	5 (1.4%)	1 (0.8%)	6	0.614

Tableau 8 : comparaison des barotraumatismes

- ***Accidents de désaturation***

Nous retrouvons dans notre population 439 accidents de désaturation (ADD) (dont 26 douteux). Il y a 64 cas d'accidents avec deux formes cliniques (dont un douteux) et 9 cas d'accidents avec trois formes cliniques. Les accidents « douteux », sont ceux qui ont été étiquetés accidents de décompression mais dont la symptomatologie reste vague et non systématisée et dont le diagnostic final pourrait être sujet à controverses.

Nous retrouvons ce diagnostic douteux pour : un cas de Bend, treize cas de maladie de décompression (MDD) (la description même de la MDD peut être sujette à confusion), un cas d'accident cérébral, onze cas d'accidents médullaire et deux cas d'accidents cochléo-vestibulaire. Dans un cas d'accident à deux formes cliniques, cérébral associé à une MDD, le diagnostic final pourrait aussi être remis en cause.

Les accidents avec deux formes cliniques sont décrits de la manière suivante (dans la population générale) :

Type d'accident 1	Type d'accident 2	Total de patient
ADD Cutané	+ Bend	1
	+ MDD	4
Bend	+ MDD	4
	+ Barotraumatisme oreille moyenne	1
	+ Brûlure par physalies	2
MDD	+ Barotraumatisme oreille moyenne	1
	+ Barotraumatisme sinus	3
ADD Cérébral	+ ADD cutané	5
	+ Bend	1
	+ MDD	3
	+ ADD Médullaire	8
	+ ADD Cochléo-Vestibulaire	4
	+ Barotraumatisme oreille moyenne	1
ADD Médullaire	+ ADD cutané	1
	+ Bend	2
	+ MDD	11
	+ ADD Cochléo-Vestibulaire	2
	+ Barotraumatisme dentaire	1
ADD Cochléo-Vestibulaire	+ Bend	1
	+ MDD	4
	+ Barotraumatisme oreille moyenne	1

Tableau 9: description des ADD à deux formes cliniques

Les accidents à trois formes cliniques sont décrits de la manière suivante (dans la population générale) :

Type d'accident 1	Type d'accident 2	Type d'accident 3	Total de patient
ADD Médullaires	+ MDD	+ ADD Cochléo-vestibulaire	1
	+ Bend	+ ADD Cochléo-vestibulaire	1
		+ MDD	1
ADD Cérébraux	+ ADD Médullaire	+ ADD Cochléo-vestibulaire	2
	+ MDD	+ ADD Cutané	1
	+ Narcose à l'azote	+ Noyade stade 1	1
ADD Cochléo-vestibulaires	+ MDD	+ ADD cutané	1
		+ Bend	1

Tableau 10 : Description des ADD à trois formes cliniques

Si on compare les deux groupes, « en structure » et « hors structure », on ne retrouve de différence significative du taux d'accidents que pour les accidents médullaires (Khi^2 = 21.909, ddl :1 ; p=0.00*), et pour les bends (Khi^2=33.709, ddl :1, p=0.00*). Ces deux types d'accidents sont plus fréquents dans la population plongeant « hors structure ».

Type d'accident	En structure n= 366	Hors structure n= 126	Total	p
ADD cutané	15 (4.1%)	4 (3.2%)	19	0.643
Bend	22 (6%)	31 (24.6%)	53	0.000*
MDD	83 (22.7%)	24 (19%)	107	0.394
ADD cérébral	59 (16.1%)	13 (10.3%)	86	0.502
ADD médullaire	65 (17.6%)	48 (38%)	113	0.000*
ADD cochléo vestibulaire	54 (14.7%)	16 (12.7%)	70	0.569

Tableau 11 : comparaison des ADD

- ***Accidents Biochimiques***

Dans notre étude nous retrouvons dix cas de narcose et quatre cas d'hypercapnie, il n'existe pas de différence significative entre les deux groupes pour ces pathologies.

Type d'accident	En structure n= 366	Hors structure n= 126	Total	p
Narcose	7 (1.9%)	3 (2.3%)	10	0.748
Hypercapnie	4 (1.1%)	0	4	0.239

Tableau 12 : comparaison des accidents biochimiques

- ***Autres accidents***

D'autres accidents sont décrits dans cette étude :

- L'œdème aigu du poumon en immersion ou OAP d'immersion : nous retrouvons ici un seul cas typique d'une plongeuse touriste de 47ans.

- Les malaises dus à d'autre pathologies médicales sans rapport direct avec la plongée mais entraînés par celle-ci (10cas) (6 malaises vagaux, une cardiomyopathie de Tako Tsubo, 3 malaises cardiaques non étiquetés)
- La crise d'angoisse ou stress dus à la plongée, en général chez des plongeurs débutants qui ne maîtrisent pas leur milieu et leur évolution, ou en cas de douleur intense type barotraumatisme (12 cas).
- La noyade allant du stade inhalation d'eau de mer (noyade de stade 1 ou aqua stress) jusqu'au stade gravissime de noyade anoxique (stade 4) : 16 cas
- Les autres accidents variés (7 cas en tout) : blessure avec la faune ou la flore marine : 2 cas de brûlure par physalie, un cas d'attaque de murène, un cas de piqure de poisson pierre ; un cas de traumatisme sonore chez un plongeur professionnel travaillant sur une coque de bateau, 2 cas de traumatisme articulaire lors de la plongée, un cas de thrombose de l'artère palmaire de la main droite.

Nous ne retrouvons pas de différence significative entre les deux groupes à propos de ces autres types d'accidents.

Type d'accident	En structure n= 366	Hors structure n= 126	Total	p
OAP d'immersion	1 (0.3%)	0	1	0.557
Maladie autre	10 (3.3%)	0	10	0.061
Noyade/ inhalation	11 (3%)	5 (3.9%)	16	0.599
Angoisse / stress	12 (3.3%)	1 (0.8%)	13	0.165
autre	4 (1.1%)	3 (2.4%)	7	0.292

Tableau 13 : comparaison des accidents « autres »

4.6.2-Gravité

Nous avons utilisé une échelle de gravité clinique non spécifique qui nous permet de coter l'ensemble des accidents quel qu'en soit le type (accidents de décompression, accidents barotraumatiques et autres types d'accidents).

- Absence de gravité clinique : 0
- Symptômes diffus et régressifs : 1

- Symptôme avec atteinte d'organe non vital sensitif ou moteur régressif : 2
- Symptôme avec atteinte d'organe non vital sensitif ou moteur non régressif : 3
- Symptôme avec atteinte d'organe vital régressif : 4
- Symptôme avec atteinte d'organe vital non régressif : 5
- Décès : 6

Il existe une différence statistique significative entre nos deux groupes (Khi² = 35.05, ddl : 5, p = 0.00*) avec des accidents globalement plus graves chez les patients ayant plongé « hors structure ».

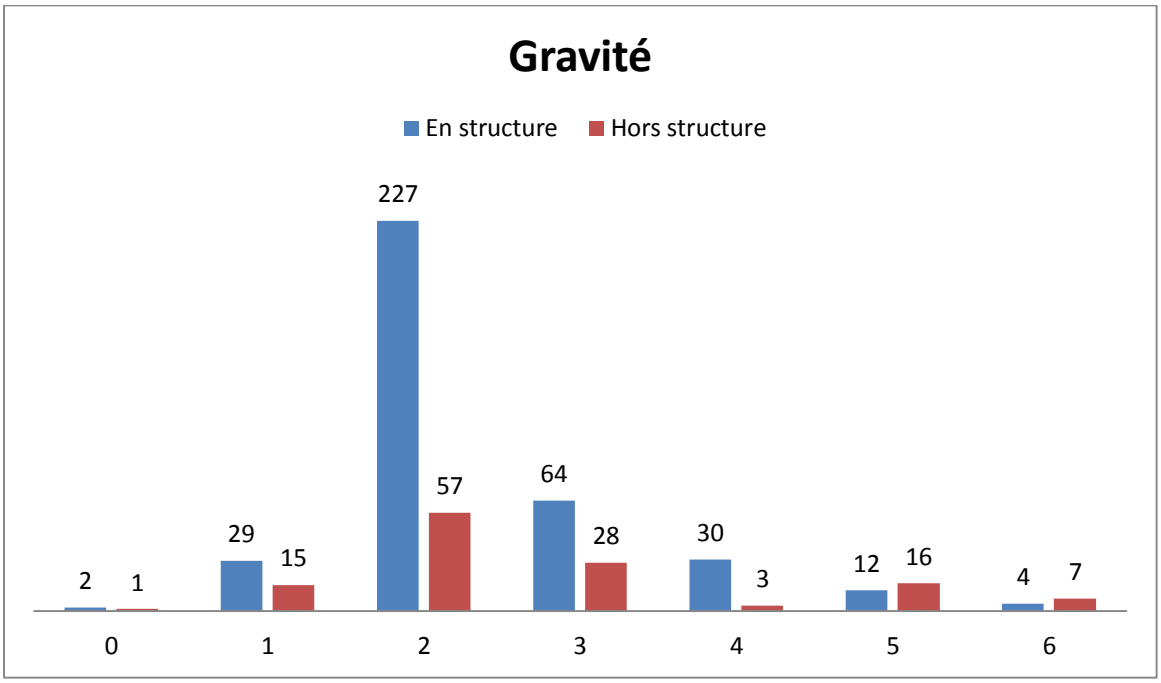


Figure 14 : gravité clinique des accidents

Le nombre de décès est en lien direct avec la gravité clinique (Khi²= 354.481, ddl : 5 , p=0.00*), dans notre étude le nombre total de patients décédés s'élève à 14 tous présentant une gravité clinique initiale à 5 (symptôme avec atteinte d'organe vital non régressif) ou décédés à l'émersion.

Nous n'avons pu comparer que 11 cas sur les 14 retrouvés car les données sur les patients décédés sont très faibles et beaucoup manquent. Le nombre total de décès dus à un accident de

plongée est non exhaustif dans cette étude en raison du type de recueil (en caisson en cas d'appel au service de médecine hyperbare et non pas directement au SAMU). Nous avons retrouvé deux patients décédés à l'hôpital : un pendant la première séance de caisson, l'autre au bout de 70 jours de réanimation. Les autres décès ont eu lieu soit au cours de la plongée soit directement à l'émersion, ils ne sont donc pas passés dans le service de médecine hyperbare bien que le médecin d'astreinte ait été contacté.

4.6.3-Séquelles

Les accidents de plongée sont souvent à l'origine de séquelles. Les accidents de décompression peuvent entraîner des séquelles neurologiques, les barotraumatismes auditifs, des troubles de l'audition ou des douleurs résiduelles.

Dans notre étude, nous n'avons pu recueillir que les données sur les séquelles à court terme. En effet la majorité des patients sont perdus de vue à long terme, il est donc impossible de connaître leur devenir. Les séquelles à court terme ont été définies par : des manifestations séquellaires de la symptomatologie initiale provoquée par l'accident de plongée, persistantes dans la première semaine après la fin du traitement.

Les séquelles à court terme sont en rapport avec la gravité du tableau, plus la symptomatologie est grave plus le risque de séquelle est élevée, dans notre étude, le lien entre gravité et séquelles est significatif (Khi^2= 354.481 ; ddl : 5 ; p=0.00*).

Si on compare le taux de séquelle entre nos deux populations, on retrouve une fréquence statistiquement plus élevée chez les plongeurs « hors structure » (Khi^2= 11.574, ddl : 1 ; p= 0.001*), ce qui est logique car ils présentent aussi le taux d'accidents les plus graves, or la gravité et le taux de séquelles sont liés.

4.6.4-Délai d'apparition des symptômes

Dans notre étude, le nombre de données manquantes est très important (126), nous n'avons donc pas pu faire de comparaisons statistiques. Les données sont donc présentées à titre indicatif et de façon descriptive.

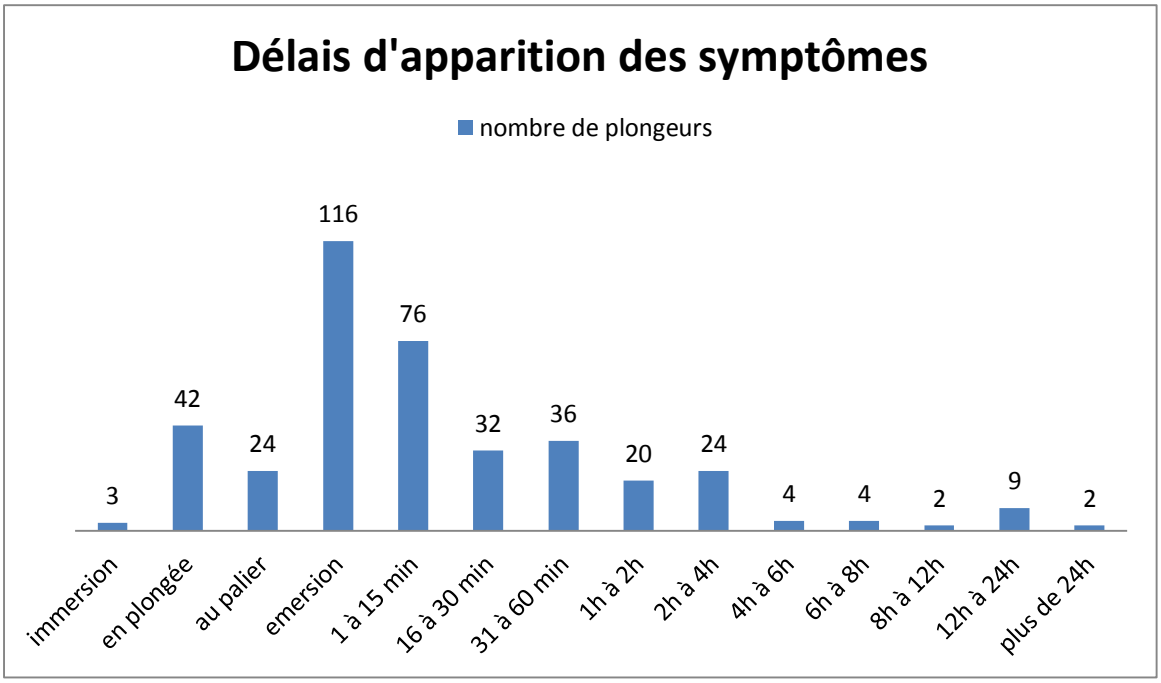


Figure 15 : délais d'apparition des premiers symptômes

Les cas d'accidents avec des symptômes apparaissant au-delà de 12h après l'accident sont moins fréquents. Nous retrouvons donc ici 11 cas atypiques dans leur présentation.

Les cas d'accidents à l'immersion sont : un cas d'OAP d'immersion et deux cas de barotraumatismes de l'oreille moyenne dès les premiers mètres de descente.

Nous pouvons tout de même remarquer que dans la majorité des accidents, les symptômes se déclarent dès l'émersion ou dans les premières minutes qui suivent l'émersion.

4.7–Prise en charge hospitalière

4.7.1-Nombre de jours d'hospitalisation

Le nombre de jours d'hospitalisation est conditionné par la gravité de l'accident et son évolution. Il peut être seulement une observation de 24h, incluant en général une séance de recompression thérapeutique, à plusieurs jours d'hospitalisation complète.

De nombreux patients n'ont pas nécessité d'hospitalisation du tout, mais simplement une consultation ou un avis téléphonique (169 cas)

Nous avons dans notre recueil deux cas extrêmes :

- un patient ayant subi 70 jours de réanimation et décédé au bout de ces 70 jours
- un patient hospitalisé 240 jours : initialement en réanimation au stade de coma puis en rééducation fonctionnelle pour paraplégie de niveau D8 (patient EvaSané depuis Madagascar).

13 cas n'ont pas été renseignés dans l'item « hospitalisation ».

Il n'y a pas de différence significative entre les deux groupes (Khi^2=3.579 ; ddl:4 ; p=0.465). Le découpage a été réalisé comme représenté sur la figure 16 pour faciliter les calculs.

La moyenne d'hospitalisation et de 2,6 jours.

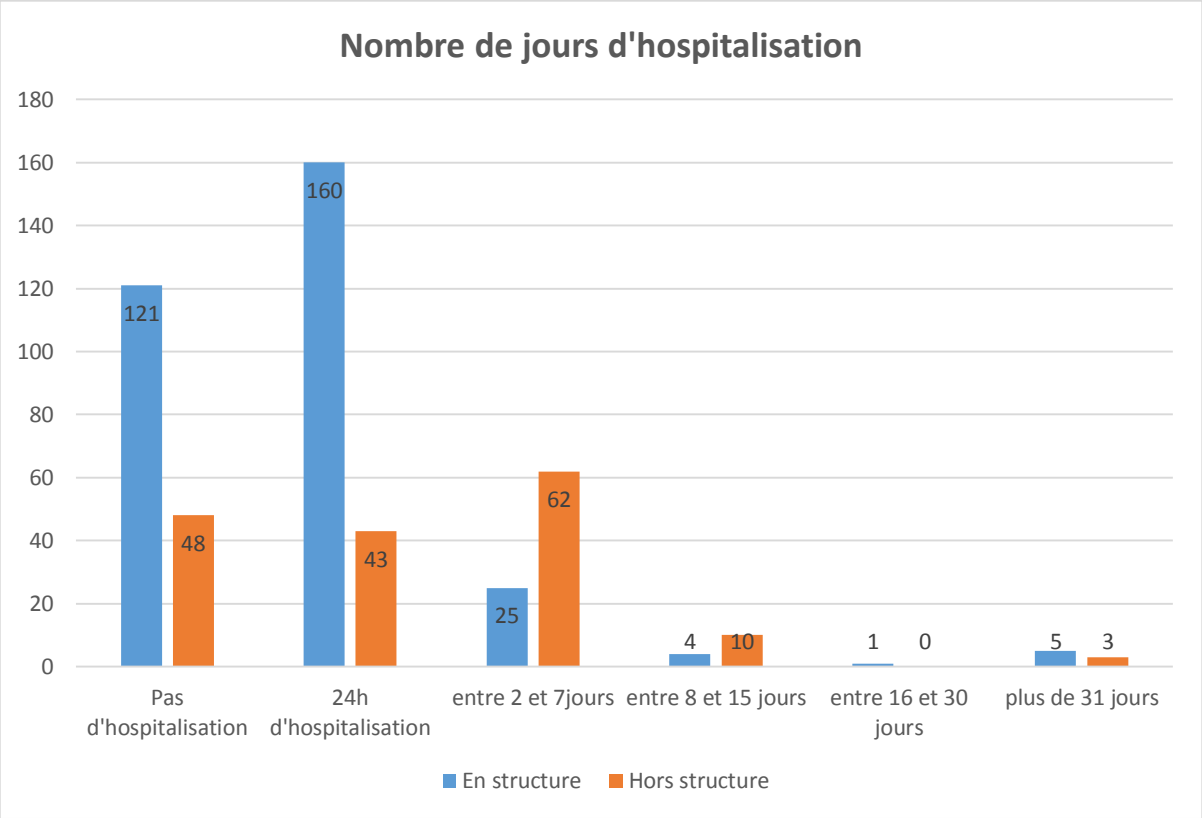


Figure 16 : nombre de jours d'hospitalisation

4.7.2-Séances d'OHB

Pour les accidents de plongée, la prise en charge au caisson hyperbare n'est réalisée qu'en cas de suspicion d'accident de désaturation et selon son évolution. Nous retrouvons 194 cas d'accidents qui n'ont pas reçu de soins hyperbares (147 cas chez les accidentés « en structure » et 47 chez les accidentés « hors structure »).

288 patients ont bénéficié d'une recompression thérapeutique. Nous avons réalisé des tranches de 4 séances pour simplifier les calculs en laissant à part les patients n'ayant bénéficié que d'une seule séance.

Nous ne retrouvons pas de différence significative entre les deux groupes ($Khi^2 = 7.126$; ddl : 6 ; p=0.309).

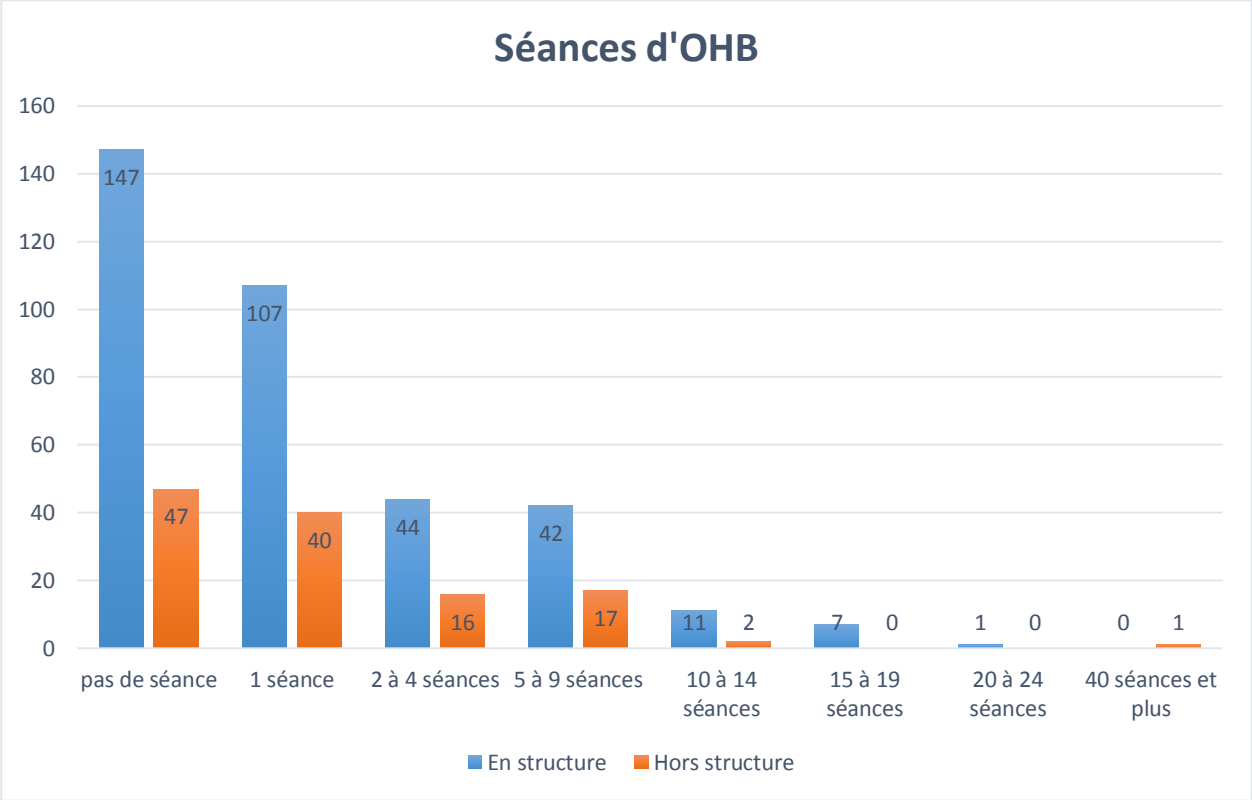


Figure 17 : nombre de séances d'OHB

Le type de courbe de recompression utilisée n'a pas pu être statistiquement comparé entre les deux groupes (236 cas retrouvés sur 288 patients recomprimés).

Le type de courbe utilisé pour la première séance est réparti comme ce qui suit :

- 2 ATA / 90 min : 8 cas
- 2.2 ATA / 90 min : 10 cas
- 2.5 ATA / 90 min : 82 cas
- Cx 18C : 77 cas
- Cx 18L : 35 cas

- Cx 30 : 23 cas
- US Navy 5 : 1 cas

4.8-Problème de procédure et facteurs favorisants

4.8.1-Problèmes de procédure

Les « problèmes de procédures » ont été définis comme les anomalies des profils de plongée. Ces problèmes sont donc strictement et directement inhérents à la plongée en cause.

Nous avons distingué 10 types de problèmes de procédure à risque d'accident, et pour chacun d'eux nous avons comparé nos deux populations.

Il manque 56 données dans cet item, certaines plongées cumulent jusqu'à 3 problèmes de procédure simultanés. Les plongées indiquées comme « saturantes » sont celles réalisées hors de la courbe de sécurité et ayant donc nécessité des paliers de décompression.

Problème procédure	En structure n= 320	Hors structure n= 119	Total	p
Successive	35 (10.9%)	12 (10%)	47	0.797
Consécutives	13 (4.1%)	6 (5%)	19	0.654
Saturante	38 (8.6%)	25 (21%)	63	0.015*
Remontée non contrôlée/ absence de paliers	52 (16.3%)	34 (28.6%)	86	0.004*
Paliers inadaptés	44 (13.8%)	26 (21.8%)	70	0.039*
Exercices de remontée / yoyo	31 (9.7%)	6 (0.5%)	37	0.119
Remontée sans embout	8 (0.3%)	0	8	0.082
Effort	5 (1.6%)	4 (3.4%)	9	0.237
Stress/ essoufflement	6 (1.9%)	1 (0.8%)	7	0.442
Valsalva excessifs	21 (6.6%)	3 (2.5%)	24	0.098
Autres	11 (3.4%)	8 (6.7%)	19	0.002*
Pas de problème	91 (28.4%)	16 (13.4%)	107	0.001*

Tableau 14 : problèmes de procédure lors des plongées

Nous retrouvons donc une différence significative pour plusieurs problèmes de procédure :

- Les plongées sont proportionnellement plus saturantes chez les plongeurs évoluant « hors structure » (Khi^2= 5.887, ddl :1, p=0.015*) , elles sont plus profondes et plus longues donc plus à risque d'accident.
- Les plongées « hors structure » présentent plus souvent des profils inadaptés : soit une remontée non contrôlé avec absence de paliers involontaire soit une absence de paliers volontaire (Khi^2=8.360, ddl : 1, p=0.004*).
- Les plongeurs « hors structure » font plus souvent des paliers de décompression inadaptés (Khi^2=4.245, ddl :1, p=0.039*).
- Les problèmes étiquetés « autres » sont aussi plus fréquents lors de plongées « hors structure » (Khi^2=9.527, ddl :1, p=0.002*). Ce sont : des plongées inadaptées au niveau (débutant en plongée profonde), un cas de ré-immersion en plongée de nuit, des difficultés d'équilibration liées à une faible maîtrise de l'environnement aquatique, un cas de matériel inadapté (un seul bloc pour deux plongeurs).
- Nous retrouvons aussi une différence significative pour la survenue d'accident sans problème de procédure retrouvé, plus fréquent chez les plongeurs « en structure » (Khi^2=10.577, ddl :1, p=0.001*).

4.8.2-Facteurs favorisants

Les plongeurs accidentés peuvent présenter des facteurs favorisants à ces accidents qui ne sont pas en lien direct avec le profil de plongée et donc avec des problèmes de procédure :

- Les facteurs favorisants peuvent venir de l'individu : les antécédents de problème médical général ou plus particulièrement ORL dans le cas d'accidents barotraumatiques. N'importe quelle forme de fatigue ou de stress ressentis par le plongeur présente un sur-risque d'accident.
- Un comportement inadéquat : alcoolisation la veille ou le jour même de la plongée, apnée juste après la plongée, montée en altitude après la plongée, activité physique avant ou après la plongée ou braconnage (qui va engendrer un risque en soi).

- Des conditions extérieures non maîtrisées par le plongeur : principalement le froid (qui fait le lit des ADD et du stress) et les conditions de mer difficiles (houle, courant, ressac, mauvaise visibilité).

Nous avons donc répertorié douze types de facteurs favorisants les accidents de plongée, avec pour certaines plongées des facteurs favorisants qui se surajoutent les uns aux autres. Dans 49 cas cet item n'a pas pu être renseigné.

Facteurs favorisants	En structure n= 332	Hors structure n= 114	Total	p
ATCD d'affection ORL chronique ou aiguë	22 (6.6%)	1 (0.9%)	23	0.017*
ATCD médical ou chirurgical à risque	46 (13.9%)	16 (14%)	62	0.962
Activité physique	75 (22.6%)	26 (22.8%)	101	0.962
Asthénie	73 (22%)	13 (11.4%)	86	0.013*
Alcool	20 (6.1%)	2 (1.7%)	22	0.069
Stress	41 (12.3%)	10 (8.8%)	51	0.296
Altitude	17 (5.1%)	4 (3.5%)	21	0.483
Apnée	1 (0.3%)	0	1	0.557
Froid	3 (0.9%)	2 (1.8%)	5	0.457
Conditions de mer difficiles	24 (7.2%)	10 (8.8%)	34	0.592
Braconnage	0	32 (28.1%)	32	0.000*
Autre	21 (6.3%)	13 (11.4%)	34	0.078
Absence de facteur favorisant	79 (23.8%)	23 (20.2%)	102	0.427

Tableau 15 : Les facteurs favorisants

Nous retrouvons donc une différence significative entre les deux groupes pour trois types de facteurs favorisants :

- Une prédominance d'antécédent d'affection ORL aiguë ou chronique chez les patients plongeant « en structure » (Khi^2=5.735, ddl :1, p=0.017*);

- Une plus grande tendance à l'asthénie chez les plongeurs « hors structure » (Khi^2=6.108, ddl :1, p=0.013*);
- De façon logique il n'y a que des plongeurs « hors structure » qui font du braconnage (Khi^2=69.064, ddl :1, p=0.000*).

5- Discussion

Nous avons réalisé ce travail afin d'étudier la population de plongeurs accidentés hors structure officielle. En effet cette population est, par définition, difficile à cadrer et à étudier et il n'existe pas pour l'instant de travail similaire dans la littérature.

Nous n'avons pas pu réaliser de comparaison par rapport à la population de plongeurs en général au vu du faible taux de plongeurs licenciés dans notre groupe de plongeurs « hors structure ». Il est donc impossible de comptabiliser le nombre exact de plongeurs « hors et en structure » sur l'ensemble de l'île de la Réunion et donc d'extrapoler le nombre de plongées annuelles. On suppose cependant d'après certaines projections que le nombre de plongées annuelles s'approcherait de 100 000.

Le premier axe, au début de cette étude, était de calculer la majoration du risque d'accident de plongée chez les plongeurs « hors structure » comparé aux plongeurs « en structure ». N'ayant pas de possibilité de calculer le risque de base d'accident pour la population générale de plongeurs en l'absence de données fiables sur le nombre exact de plongées sur l'île, nous avons abandonné cet axe et avons réalisé une comparaison simple entre les deux groupes d'accidentés.

5.2- Analyse des résultats

Nous retrouvons donc dans nos résultats significatifs plusieurs axes qu'il convient d'approfondir :

- Le profil des plongeurs (sexe, âge, résidence, niveau et antécédent d'accident de plongée),
- Les profils de plongée (localisation, profondeur et type de plongée),
- L'utilisation d'ordinateur et le fait de posséder ou non une licence,
- La prise en charge pré-hospitalière et hospitalière,
- Le type d'accident de plongée,
- La gravité et les séquelles,
- Les problèmes de procédure et facteurs favorisants.

5.2.1- Profil des plongeurs accidentés

- ***Sexe***

Le groupe de plongeurs accidentés « hors structure » est de façon prédominante masculin. Il existe dans notre étude peu de femmes à plonger hors encadrement officiel et la différence dans nos deux populations est statistiquement significative *(figure 5).* Les femmes seraient moins enclines à réaliser une activité plus à risque.

Selon une étude menée en Angleterre entre 1997 et 2004 par Henderson et Wilson, le taux d'hospitalisation pour accident lors d'une activité aquatique est deux à trois fois plus important chez les hommes (36). La psychologie masculine veut que les règles soient en général plus difficiles à suivre et qu'un encadrement moins effectif leur corresponde mieux. Ils sont aussi par nature plus téméraires, et une activité peu ou pas structurée leur fait probablement moins peur (36). D'après St Leger (2002), le nombre de plongées annuelles est en général plus important chez les hommes que chez les femmes et les profils de plongée plus à risque aussi (37).

Nous retrouvons aussi dans l'étude de Boussuges (2009) une plus grande proportion de détection de bulles circulantes, et donc de probabilité d'ADD, après la plongée chez les hommes que chez les femmes (38). Ce ratio est manifestement dû à l'état hormonal car il disparait à partir de la ménopause. Le groupe de plongeurs « hors structure » étant principalement masculin, il pourrait donc représenter un surcroît de risque d'ADD par rapport au groupe plongeant « en structure ».

- ***Age***

Il n'existe pas de différence significative sur l'âge de nos plongeurs entre les deux groupes. Il est cependant intéressant d'analyser le comportement de nos plongeurs ainsi que les données de la littérature. De manière anecdotique dans notre étude, on retrouve des plongeurs mineurs (de 14 et 16 ans âge au-delà duquel ils quittent le parcours « pédiatrique ») et des plongeurs seniors (le plus âgé ayant 70 ans) avec une moyenne d'âge à 36 ans.

Comme précisé antérieurement, la plongée nécessite de répondre à un examen médical averti qui comporte de nombreuses contre-indications (39). Des contre-indications principalement cardio-respiratoires mais aussi neurologiques (épilepsie), pulmonaires pures (pneumothorax, BPCO,

asthme mal contrôlé) et d'autres plus spécifiques liées aux contraintes de mise en pression et/ou d'évolution dans un milieu marin hostile *(annexe 2 : tableau des Contre-Indications).* La population vieillissante présente plus de contre-indications avec la sénescence des organes cardio respiratoires et les troubles métaboliques comme le diabète de type 2 (40). D'autre part il semblerait que la formation de bulles soit plus importante chez les patients âgés que chez les plus jeunes (34). C'est pourquoi si les patients font réaliser une consultation médicale préliminaire aux débuts de la plongée, on retrouve moins de plongeurs débutants âgés.

Par ailleurs la question se pose fréquemment de débuter une limitation dans les autorisations médicales à la plongée chez les plongeurs vieillissants. Ceux-là même qui ont plongé toute leur vie sans contre-indication et qui du jour au lendemain se voient contraints de modérer leurs plongées. Ce sont d'ailleurs eux en général qui présentent des antécédents d'accidents de plongée et qui continuent malgré les risques (41).

La majorité des accidents a lieu pour des plongeurs trentenaires (moyenne de 36 ans), qui semble être l'âge de la maturité pour pratiquer ce sport : patients ni trop jeunes car la plongée est un sport onéreux, ni trop âgés avec encore peu de contre-indications médicales.

- ***Résidence***

Le groupe de plongeurs accidentés « hors structure » est principalement représenté par des plongeurs français résidents à la Réunion *(tableaux 2 et 3).* Les plongeurs étrangers plongent de manière logique plus facilement en club ou autre structure encadrante : le matériel, lourd et encombrant, est difficilement transportable en avion (la Réunion restant une île principalement reliée par avion). Les structures représentent une facilité pour le touriste-plongeur (42).

D'autre part les plongeurs « hors structure » nécessitent une bonne connaissance des fonds et des courants afin de ne pas se trouver en difficulté. C'est pourquoi ces plongeurs sont presque tous des résidents locaux, ceci pouvant être facilement expliqué par une pratique spécifique dans les eaux réunionnaises et donc moins d'appréhension à une plongée sans encadrement.

Le fait que les plongeurs « hors structure » soient principalement des Réunionnais, permet d'envisager une action préventive plus locale et plus spécifique à notre île. En effet, les susceptibilités locales peuvent ainsi mieux être appréhendées et une prévention de proximité peut être envisagée chez les acteurs locaux : chez les loueurs/vendeurs de matériel ou dans les stations de gonflage par exemple.

- ***Niveau***

Le niveau des plongeurs accidentés « hors structure » est relativement variable *(figure 7)*, dans la population générale tout type de plongeur court un risque d'accident. L'acquisition de niveau officiel ne met pas notre plongeur à l'abri, comme décrit dans l'étude de Bessereau J (43).

La différence statistique entre les deux groupes vient de plusieurs points. D'une part les plongeurs dits autodidactes ne plongent que « hors structure ». Ils négligent une formation conventionnelle car elle n'est pas obligatoire pour l'achat ou la location de matériel de plongée. Ces plongeurs possèdent en général une bonne connaissance pratique mais le probable manque d'informations théoriques sur la sécurité fait alors défaut et ils mettent leur vie en danger.

D'autre part on retrouve aussi dans le groupe « hors structure » des plongeurs de niveau avancé qui possèdent tout le matériel et les connaissances pratiques et théoriques pour plonger en sécurité. Ces plongeurs ne sont pourtant pas à l'abri des risques inhérents à ce sport. Dans l'étude de Hagberg (2003) il existe une incidence moindre d'ADD autodiagnostiqués chez les plongeurs expérimentés (44), alors que Dubois (2001) retrouve un pic d'accidents pour les plongeurs autonomes (niveau II et III) et pour les moniteurs de plongée (45).

Enfin on retrouve quelques plongeurs débutants ou de niveau très peu avancé qui plongent en l'absence de connaissances théoriques et pratiques suffisantes au mépris des règles de sécurité.

Nous trouvons très peu de plongeurs encadrants dans le groupe « hors structure ». Nous pouvons donc conclure à une prise de conscience plus importante de ces plongeurs de la majoration du risque de plonger en dehors d'un club. D'autre part ces plongeurs sont en général rémunérés par les structures et ont donc moins d'avantages à plonger dans un cadre privé.

- ***Profession***

La profession des plongeurs est trop peu renseignée pour être prise en compte d'un point de vue statistique. On retrouve simplement une plus grande proportion d'enseignants dans les plongeurs accidentés par rapport aux autres populations.

Il serait intéressant de connaître la proportion d'enseignants dans la population générale de plongeurs afin de pouvoir déduire un parallèle entre la profession et le risque d'accident ou, si les

deux groupes s'équivalent, montrant ainsi que la population d'accidentée est le reflet de la population générale des plongeurs. Ceci pourrait être réalisé lors d'une étude ultérieure.

- ***Antécédent d'accident de plongée***

La probabilité de subir un accident de plongée alors que le patient présente un antécédent d'accident est plus élevée. Selon le type d'accident, cela peut même engendrer une contre-indication à la poursuite de la plongée *(annexe 2 : tableau des contre-indications).* Le fait d'avoir déjà subi un accident de plongée met en garde contre la survenue d'un nouvel accident. Ceci est particulièrement vrai pour les ADD et certains barotraumatismes.

Les ADD peuvent être souvent reliés avec un FOP (Foramen Ovale Perméable) intracardiaque. Il est très présent dans la population générale (27.3% d'après Hagen et al. 1984 (46)) et donc aussi dans la population des plongeurs. Le fait de posséder un FOP majore le risque d'ADD par un passage de bulles d'azote directement de l'oreillette droite à l'oreillette gauche et donc vers la circulation cérébrale (47). Le FOP est généralement recherché après un ADD par détection bullaire en doppler sur les artères cérébrales moyennes (doppler Trans crânien) et par une échographie cardiaque. On tend à penser que sa fermeture chirurgicale ne met pas à l'abri les patients d'un nouvel accident de désaturation (48).

Sur notre échantillon ces données ne sont malheureusement pas exploitables. Les antécédents retrouvés montrent un grand manque de données (149 données absentes) et le couplage avec les examens complémentaires est impossible par manque de plus de 60% des renseignements dans cet item. Il serait intéressant de colliger ces données afin de réaliser une étude ultérieure et de pouvoir les comparer avec les données de la littérature comme dans la thèse de Hamadou R (49).

Nous pouvons seulement constater que les plongeurs « hors structure » semblent présenter plus souvent des antécédents d'accidents de plongée et en particulier des ADD (Bend, ADD médullaire et cérébral). Il est possible que l'absence d'examen médical obligatoire pour les plongeurs « hors structure » (très faible taux de licenciés dans cet échantillon) soit responsable de ces récidives d'accidents. Ou bien que les plongeurs ayant subi ces accidents décident de plonger tout de même malgré ce risque, et ne réalisent donc volontairement pas d'examen médical qui le leur contre-indiquerait probablement (50). Ils plongeraient donc sans licence et préférentiellement « hors structure ».

5.2.2-Ordinateur et licence

- ***Ordinateur***

L'utilisation d'ordinateur est devenue un usage courant lors des dix dernières années ce qui n'était pas le cas aux débuts de la plongée (et au début de cette étude) sur l'île de la Réunion. Les ordinateurs ont permis une gestion plus optimale du profil de plongée. En effet ils laissent une moindre marge de sécurité que les plongées réalisées avec les tables (plongées dites « carrées »).

Ils utilisent des logarithmes qui réalisent des courbes de dénitrogénation extrapolant au mieux la réalité physiologique d'après des calculs mathématiques, et permettent un raccourcissement considérable des temps de palier. Malheureusement cette large utilisation des ordinateurs a induit une déresponsabilisation des plongeurs qui comprennent moins bien les risques liés à la décompression. Le DAN de 2008 retrouve ainsi une grande proportion de plongeurs accidentés par cause directe des ordinateurs (51). L'ordinateur est, dans leur recueil, la première cause d'accident en rapport avec le matériel : l'ordinateur de plongée est responsable de 8 fois plus d'erreurs d'utilisation en cause dans un accident par rapport à un mésusage du détendeur.

Une autre mauvaise utilisation est souvent dans le cadre d'une palanquée de plongeurs novices qui par manque de matériel n'ont qu'un seul ordinateur géré par le chef de palanquée. Les ordinateurs calculent la dénitrogénation en fonction du profil exact de plongée, profil toujours un peu différent d'un plongeur à l'autre et qui par ce biais peut aussi induire des accidents.

Dans le groupe « hors structure » on note une moindre utilisation des ordinateurs. Cela peut être expliqué de deux manières :

- Soit les plongeurs sont trop peu expérimentés ou ont trop peu de conscience du danger et plongent sans moyen de connaître leurs paliers de décompression de manière précise. Nous avons dans notre échantillon un nombre non négligeable de patients ayant plongé sans aucun moyen de connaître leur décompression (ni table ni ordinateur). Pour certains cela ne pose pas de problème et ils ne réalisent volontairement pas de palier. Les accidents graves sont alors à la clef selon le degré d'inconscience, car malgré certaines croyances, la dénitrogénation n'est pas améliorée par l'entraînement (52).

- Soit les plongeurs autodidactes plus expérimentés et ceux de niveau plus avancé préfèrent plonger avec des tables qui sont plus sécuritaires (plus pénalisantes) mais moins faciles d'utilisation. Nous ne pouvons malheureusement pas faire la différence entre ces deux possibilités dans notre échantillon, car il n'y a pas d'item « table de plongée ». Une étude pourrait être lancée sur ce sujet afin de savoir si les plongeurs « hors structure » plongent préférentiellement aux tables plutôt qu'avec des ordinateurs de plongée.

- ***Licence***

La licence de plongée (à l'organisme FFESSM dans le cadre de notre étude) n'est pas obligatoire pour pouvoir plonger même dans le cadre d'une structure commerciale.

En effet, l'inscription à la fédération n'est obligatoire que pour le passage de niveau et la plongée dans un club associatif. Elle est tout de même recommandée car met à disposition au plongeur une assurance « responsabilité civile » systématique le couvrant pour ses plongées. Les structures professionnelles peuvent faire plonger sans licence, l'assurance étant comprise au sein même de la structure commerciale. Parfois une « assurance individuelle accident » peut être incluse lors de l'adhésion à certains clubs (non systématique) qui protègerait davantage en termes juridiques. Les plongées récréatives et en particulier les baptêmes, sont donc souvent réalisés sans licence.

La possession d'une licence est notablement différente entre les deux groupes. L'explication est logique, les plongeurs « hors structure », plus souvent autodidactes n'ont pas besoin de licence pour passer des niveaux officiels. Ensuite, la volonté même de plonger en dehors d'une structure reflète le manque d'intérêt pour ses plongeurs à se faire recenser d'un point de vue légal, car ce n'est pas obligatoire, ni à bénéficier de la protection juridique contenue dans la licence.

Au regard de la littérature, la possession d'une licence que ce soit PADI, NAUI, ou une autre organisation (FFESSM pour les français), semble minorer le risque de présenter un accident de plongée. Selon l'étude menée par A. Beckett et MF. Kordick (53), les plongeurs licenciés seraient 1.31 fois moins susceptibles de présenter un accident de plongée. Ceci serait expliqué par une meilleure connaissance théorique avec possibilité de savoir plus rapidement identifier un accident lié à la plongée et une meilleure réactivité pour les soins de premier secours. L'examen médical préventif, nécessaire pour obtenir une licence, diminue aussi le risque (54).

5.2.3- Profils des plongées

- ***Localisation de plongées***

Les localisations de plongée sont donc différentes selon nos deux groupes. On retrouve des plongeurs « hors structure » proportionnellement plus nombreux dans le Sud et l'Est où il y existe très peu de structure encadrantes. Ceci étant facilement expliqué par les difficultés matérielles et climatiques de la plongée dans ces secteurs.

En effet il n'existe pas de barrière de corail protectrice sur la côte au vent, et comme son nom l'indique elle est sujette aux intempéries marines avec des vents plus réguliers et un courant plus fort. La visibilité y est donc plus hasardeuse, et le tombant plus inhospitalier.

Il existe d'autre part peu de bouées de plongée dans ces secteurs, et les plongeurs doivent donc bien connaître les spots sous peine de rencontrer des difficultés inattendues. La faune est aussi réputée pour y être plus sauvage avec une prépondérance de requins par rapport à l'ouest (rapport qui semblerait être inversé ces dernières années (55,56)) ce qui augmente les potentiels dangers.

- ***Temps et Durées de plongée***

Dans notre recueil de données, nous avons tenté de retrouver le temps de plongée c'est-à-dire le temps passé à la profondeur maximale, et la durée de plongée soit la durée totale de la plongée. Les données manquantes ont été très importantes. Durant les 20 premières années de recueil, la majorité des plongeurs plongeaient aux tables, les plongées étant dites « carrées », le temps de plongée était bien souvent le seul renseigné. En effet les paliers sont calculés sur les tables directement avec le temps de plongée et le temps à l'émersion peut en être logiquement déduit. Malheureusement, les paliers étant rarement bien faits (d'où le nombre important d'accidents), nous ne pouvons pas en déduire correctement les durées de plongée.

De la même façon pour la dernière décennie du recueil, les patients plongent en majorité avec des ordinateurs qui calculent directement le temps de plongée et les paliers en découlant. Les plongeurs savent donc rarement quel est leur profil exact de plongée et ne retiennent que la durée à l'émersion. Il serait plus facile de retrouver ces temps de plongée si les courbes des ordinateurs

étaient systématiquement extraites ce qui n'est pas le cas (par manque d'ordinateur personnel, ou par manque de temps aux urgences à l'arrivée des accidentés).

Il est reconnu que plus le temps de plongée est long, plus le risque d'ADD est élevé. En effet, à profondeur élevée, les tissus se saturent plus vite, et plus le temps passé au fond est long plus les tissus seront saturés en azote. La réaction de relargage bullaire à la remontée sera donc proportionnelle à ce temps, et la manifestation clinique résultante sera l'accident de désaturation. La sursaturation tissulaire en profondeur va donc entraîner des ADD dont la gravité sera directement corrélée avec le temps de plongée (57).

Par ailleurs, la durée de plongée (ou temps total de la plongée) peut aussi être impliquée dans une sursaturation des tissus. Si la durée de plongée est supérieure au temps de plongée uniquement par les paliers de décompression faits de façon raisonnable, la désaturation des tissus sera correcte et le risque d'ADD diminué. Mais si le temps de palier est supérieur à celui qui est préconisé ou si la vitesse de remontée est trop lente entre les paliers (supérieur à 15m/min), les tissus auront le temps de se re-saturer en azote pour ces pressions moindres (57). La suite des paliers ne correspondra plus à la réelle sursaturation des tissus. Le bénéfice des paliers de décompression sera alors perdu et risque d'ADD sera majoré.

- ***Profondeur***

Les plongeurs « hors structure » ont une nette tendance à plonger plus profond *(figure 10)* ce qui augmente évidemment le risque d'accidents de plongée (15). Ceci est probablement expliqué par la difficulté d'encadrer les plongées dites « très profondes ». Cela nécessite un équipement spécifique, de très longs paliers et un risque non négligeable pour les plongeurs et leurs encadrants. Peu de clubs ou structures prennent donc ce risque. Les plongeurs qui souhaitent tout de même réaliser ces plongées plongent donc préférentiellement dans un cadre privé.

La plongée à l'air est interdite au-delà de 60m (26) hors nous ne retrouvons que deux plongées au mélange (dans ces cas au Nitrox) : un plongeur qui est descendu à 81m et un autre à 38m. Cependant nous retrouvons 32 cas d'accidents où les plongeurs ont plongé au-delà de 60m. Il y a donc dans notre recueil 31 cas de plongée à l'air au-delà des 60m (incluant des incursions probablement accidentelles entre 60 et 65m). Ces plongeurs sont bien entendu inclus dans le groupe « hors structure » car hors la loi pour ces profondeurs.

L'intérêt pour les plongeurs « hors structure » d'aller aussi profond peut être motivé par une exploration hors norme, sur un tombant récifal par exemple à la pointe au sel ou sur une épave (un cas sur le cœlacanthe aux Comores), ou des cas de braconnage (pêche de coquillages souvent). Ces plongeurs sont inconscients des règles car elles servent de protection vis-à-vis des accidents.

En effet, si les accidents barotraumatiques se produisent en général dans les premiers 10m de profondeur, la pression est source d'autres types d'accidents. Les accidents biochimiques sont plus fréquents : la narcose en étant le plus courant, elle touche 100% des plongeurs passé 60m, et parmi les plus dangereux. Elle entraîne un état d'ébriété et de perte de conscience de l'environnement hostile voir de perte de connaissance dans les cas les plus graves. L'hypercapnie aussi est plus rapidement atteinte, elle peut entraîner une panique difficilement gérable à ces profondeurs et au pire un état syncopal. Bien évidemment les accidents de désaturation sont plus importants lors de plongées très profondes avec une dénitrogénation beaucoup plus lente à la remontée et un sur-risque d'ADD malgré les paliers.

Tout type d'accident de plongée est beaucoup plus compliqué à prendre en charge à cette profondeur avec des paliers nécessaires et très longs qui peuvent retarder une prise en charge urgente.

Dans la littérature, nous retrouvons souvent le paramètre profondeur recherché (51,53,58–61,61,62). Il est retrouvé comme facteur de risque pour des profondeurs allant de 12m pour les plongées les moins profondes (62) jusqu'à 60m (nageurs de combat) pour les plus profondes (59). Il n'existe pas dans ces études de cas qui dépasse les 60m comme dans notre recueil. D'où le caractère exceptionnel de notre échantillon.

- ***Motif de plongée***

Le type de plongée diffère aussi entre les deux groupes de façon logique *(tableau 6).* En effet l'encadrement, l'entraînement et passage de niveau, et les plongées professionnelles ne sont rapportés que pour les plongeurs « en structure ». Le braconnage n'est rapporté que pour les plongeurs « hors structures » qui ignorent (volontairement ou pas !) la réglementation.

La majorité des plongées est réalisée dans un cadre ludique, exploration et baptême : 63%, que ce soit dans un groupe comme dans l'autre. La plongée reste tout de même un divertissement dans la plupart des cas.

Les quelques cas d'accidents qui ont lieu lors de travaux sous-marins sont plus rares car les civils comme les militaires qui travaillent en milieu sous-marin suivent les tables de décompression du ministère du travail *(annexe 3 : tables de plongée à l'air MN 90)* qui sont beaucoup plus pénalisantes et génèrent moins d'ADD.

5.2.4- Prise en charge pré-hospitalière

Pour la prise en charge pré-hospitalière les deux groupes ne sont pas non plus à égalité. Les accidentés « hors structure » reçoivent aussi des soins de moins bonne qualité. L'aspirine est statistiquement moins souvent délivrée et l'oxygène moins souvent administré.

- ***Aspirine***

L'aspirine est administrée de façon relativement aléatoire. Les directives sont l'administration de 250 à 500mg d'aspirine devant un accident de plongée type ADD suspecté, sauf en cas de suspicion de barotraumatisme pulmonaire sous peine de majoration de l'hémorragie (63). Malheureusement, il est souvent difficile pour les plongeurs de réaliser un diagnostic immédiat car la symptomatologie est très variable. L'administration d'aspirine par le responsable de la plongée incriminée, est donc faite presque systématiquement quel que soit le type d'accident.

D'autre part la dose administrée est manifestement aléatoire, probablement par manque de connaissances des plongeurs. On retrouve dans notre étude des doses à la limite du toxique, allant même dans un cas jusqu'à 6g ! *(figure 11).*

Enfin cette administration peut être en soit discutable car la France et par son biais la FFESSM est la seule à recommander l'administration d'aspirine avec une balance bénéfice-risque limite pour la sécurité des patients (43,64,65). Cependant, nous ne retrouvons pas dans nos histoires cliniques le long de cette étude, de report de saignements intempestifs pouvant être en lien avec la dose initiale d'aspirine.

- ***Oxygène***

L'oxygénothérapie normobare est recommandée de façon consensuelle cette fois pour tout accident à possibilité d'ADD. Elle doit être administrée au masque à haute concentration (15L/min) et jusqu'à l'entrée au caisson hyperbare (63).

Dans notre groupe « hors structure » l'administration d'oxygène est moins systématique, probablement par manque d'équipement adéquat. Nous retrouvons dans notre étude plusieurs cas de non administration d'oxygène par manque de moyens matériel, probablement pour des raisons financières. Ces cas sont principalement dans l'échantillon « hors structure », les clubs ayant une obligation légale de matériel de premiers soins certifié. Il est possible que les accidentés « hors structure » présentent aussi un manque de connaissances théoriques initiales qui pourrait expliquer l'absence d'équipement de sécurité de premier secours (66).

- ***SMUR***

Le transport médicalisé ou non vers un milieu hospitalier ne diffère pas statistiquement entre nos deux groupes. L'appel au SAMU et au CROSS semble bien intégré par tous les types de plongeurs et il n'existe manifestement pas de perte de chance pour cette question chez les plongeurs « hors structure ».

Le protocole de prise en charge d'un accidenté de plongée est régularisé par un appel au CROSS (VHF canal 16) qui contacte ensuite le SAMU. Selon l'état du malade sur place, le médecin régulateur décidera de l'envoi ou non d'une évacuation médicalisée (67). Une spécificité locale de l'île de la Réunion est le fait d'éviter autant que possible le transfert du malade par la route des Tamarins qui culmine à 200m d'altitude et pourrait majorer un ADD préexistant, ou le créer (5).

- ***Délai de prise en charge***

Le délai de prise en charge au caisson hyperbare pour les ADD n'a été que très peu renseigné dans notre étude (comme sus-cité). Il ne peut donc pas faire l'objet d'une analyse spécifique. Il est tout de même intéressant de discuter de ce que dit la littérature à ce propos.

Comme on peut le retrouver dans d'autres études : plus les symptômes sont spécifiques et plus la gravité clinique initiale est manifeste, plus le délai est court pour l'acheminement vers une structure hospitalière spécialisée (68).

Le délai avant la recompression engage le pronostic de la maladie chez l'accidenté et plus il est court, meilleurs sont les résultats cliniques (69). Si un caisson hyperbare se trouve sur le lieu exact de l'accident, en cas de plongée civile professionnelle ou militaire, la recompression doit être immédiate. Pour une diminution mécanique de la taille des bulles circulantes et in-situ, la recompression thérapeutique doit être entreprise dans l'heure qui suit l'ADD. Dans ces cas la prise en charge des accidents grave est donc optimisée.

Nous sommes donc en droit de penser que les délais de prise en charge pourraient être réduits dans l'ensemble de la population. La prévention primaire à la Réunion et ailleurs se doit d'aller dans ce sens.

5.2.5- Prise en charge hospitalière

La prise en charge hospitalière dans notre étude n'est représentée que selon deux axes : d'une part la durée d'hospitalisation et d'autre part les prises en charge au caisson hyperbare.

- ***Durée d'hospitalisation***

La durée d'hospitalisation ne diffère pas statistiquement entre nos deux groupes, bien que les cas d'accident soient en général plus graves chez les accidentés « hors structure », cela n'entraîne pas de surcroît d'hospitalisation *(figure 16).*

Le coût hospitalier des accidents « hors structure » comparé à la population accidentée « en structure » semble donc identique. Nous retrouvons tout de même une majorité d'hospitalisations courtes (moins d'une semaine de soins) : 92%, avec une moyenne d'hospitalisation de 2,6 jours dans la population générale.

- ***Traitement hyperbare***

Les accidents pris en charge au caisson sont les accidents de désaturation. Selon les signes cliniques, les patients peuvent malgré tout ne pas subir de recompression thérapeutique. Si les signes ont disparu ou si l'accident semble être de faible gravité il ne nécessite pas de passage immédiat au caisson et peut être simplement gardé en observation. Ces accidents couplés aux accidents qui ne sont pas des ADD nous ramènent aux 194 cas n'ayant pas subi de recompression thérapeutique *(figure 17).*

Il n'existe pas de différence significative à propos du traitement par recompression entre nos deux populations. Malgré le fait que les patients accidentés « hors structure » présentent des accidents plus graves et plus souvent des Bends et des ADD Médullaires que les patients accidentés « en structure », ils ne sont pas plus souvent ni plus longtemps recomprimés en chambre hyperbare.

Le traitement recommandé pour les ADD est la recompression thérapeutique associée à l'oxygénation en masque à haute concentration en ce milieu hyperbare (63). En effet, en plus du traitement mécanique de recompression des bulles, qui n'est valable que dans la première heure après l'accident voir dans les 30 min (70), il s'agit surtout de l'effet de l'oxygène hyperbare sur les tissus lésés et sur la MDD qui présente une efficacité (71). L'oxygène va aussi présenter un effet de préservation sur les tissus non encore lésés par l'ischémie et va ralentir le processus inflammatoire de la MDD.

Le choix du type de courbe de recompression utilisée pour la recompression thérapeutique va dépendre de la symptomatologie du patient et de son profil de plongée. Si le patient présente un accident grave avec atteinte cérébrale ou cérébro-spinale (ADD médullaires principalement), ou si l'accident est très récent, il est possible d'utiliser des tables de recompression profonde avec une sur oxygénation aux mélanges (Héliox ou Nitrox). Il est théoriquement possible de recomprimer les patients jusqu'à 6 ATA dans le cadre d'une atteinte cérébrale par aéro-embolisme artériel (72). Il est cependant plus fréquent d'utiliser une table à 4ATA. Dans le cas où l'accident est moins grave ou que le temps avant recompression est plus long, on considère que des tables de profondeur moyenne sont efficaces (de 2ATA à 2,8ATA) (72). Elles présentent de plus, l'avantage de ne pas nécessiter de mélanges sur-oxygénés, l'oxygène pur est alors utilisable.

5.2.6- Accidents de plongée

- ***Délai des premiers signes***

Le délai d'apparition des premiers signes cliniques d'un accident de plongée permet de pronostiquer la gravité future, surtout dans le cas d'ADD.

En effet plus les signes sont précoces, plus le risque d'accident grave est élevé. Nous retrouvons cependant un grand nombre de patients qui négligent ces premiers signes et ne consultent qu'en cas de persistance ou d'aggravation de ceux-ci. Cela entraîne une perte de chance de guérison sans séquelles. Il existe aussi certains cas d'apparition ou de réapparition de signes à la remontée en altitude, comme un retour à domicile ou une randonnée à plus de 300m. Ces cas sont plus rares (16 cas de remontée en altitude à plus de 300m après la plongée).

Dans notre population les délais n'ont malheureusement pas pu être analysés. On retrouve tout de même une majorité de premiers signes dès l'émersion ou à la remontée *(figure 15).* Les signes apparaissant après 12h sont moins typiques (11 cas dans notre recueil). On retrouve seulement 3% des ADD avec apparition tardive des premiers signes, 88% des signes apparaissent généralement dans les 60 premières minutes (Newton 2003 (73)).

- ***Les accidents***

Les deux groupes sont inégaux devant les types d'accidents retrouvés, leur gravité et leurs séquelles à court terme. On note cependant peu de différences entre les types d'accidents. En effet pour les plongeurs accidentés « hors structure », on ne retrouve de différence que pour les Bends et les ADD médullaires qui sont plus fréquemment décrits dans cet échantillon.

Les ADD médullaires sont les accidents de désaturation les plus fréquents (70% des ADD avérés en France (59)). Les plongeurs « hors structure » ayant une nette tendance à plonger plus profond *(figure 10)*, ils sont donc plus à risque de présenter ces atteintes spinales. La symptomatologie est variée, et les formes atypiques sont nombreuses, d'où la difficulté du diagnostic initial. La mise en route de la recompression thérapeutique urgente ne doit cependant pas être retardée par des examens d'imagerie tels que la TDM ou l'IRM. En effet, ceux-ci sont habituellement normaux aux premiers stades de la maladie et sont de peu d'intérêt en pratique. Les médecins

urgentistes et hyperbaristes doivent donc étayer au maximum leur sens clinique pour ces diagnostiques urgents.

D'autre part, les Bends sont historiquement les ADD les plus connus. Leurs premières descriptions remontent à 1839 avec l'utilisation du tube de Trigger (tube à air comprimé servant au forage de piles de ponts dans les rivières), et les bulles y ont été incriminées dès Paul Bert (15). Il est aussi connu que les Bends répondent bien à la mise en pression qui soulage efficacement la douleur initialement intolérable. Les Bends ne représentent pourtant que 5% des séries françaises (59). On peut penser que les plongeurs accidentés « hors structure » ont donc plus de facilité à reconnaître ce type d'accident et à consulter pour le faire traiter. Les Bends sont aussi souvent retrouvés en cas de travail mettant en jeu les grosses articulations, les épaules en particulier. Dans notre série, le braconnage de coquillages, fréquent dans l'échantillon « hors structure » et demandant un effort supplémentaire en profondeur, pourrait avoir un effet sur l'incidence des Bends.

Par ailleurs, plus d'accidents barotraumatiques de l'oreille interne sont retrouvés chez les accidentés ayant plongé « en structure ». Il est à noter que la population plongeant « en structure » présente plus souvent des antécédents ORL à risque *(tableau 13)*, ce qui explique probablement cette incidence accrue de barotraumatismes. Ce résultat est surprenant dans la mesure où les patients plongeants « en structure » ont plus souvent eu recours à un examen médical préventif (plus de licenciés, plus de passage de niveau). Cet examen devrait pourtant prévenir ce type de barotraumatisme par une étude minutieuse des facteurs de risque ORL.

Les autres accidents : les autres ADD, les autres barotraumatismes et accidents biochimiques ne présentent pas de différence statistique entre nos deux groupes *(tableaux 8, 11, 12).* Il n'existe pas dans notre population d'accident lié à l'oxygène (hyperoxie ou effet Paul Bert) qui entraîne des convulsions. En effet le très faible nombre de plongeurs ayant recours à des mélanges sur-oxygénés (Nitrox, Trimix) limite ce risque. De même les accidents divers qui sont faiblement représentés dans nos populations ne présentent pas non plus de différence statistique notable *(tableau 13)*

Comme précisé précédemment, notre étude présente comme principal biais le fait de réaliser son recrutement en milieu hospitalier. Il y a donc probablement beaucoup d'accidents minimes pris en charge par les médecins de ville. Ce qui explique que le taux de barotraumatismes soit moins important que le taux global d'ADD. En effet dans la majorité des études, le taux de barotraumatismes est le plus élevé comparé aux ADD (32,33). La description des types d'accidents est donc à prendre en compte avec ce biais important et il serait critiquable d'en tirer trop de conclusions.

- ***Gravité***

Il existe une échelle pour les accidents de désaturation médullaires : score de sévérité de Boussuges (74), et une pour les barotraumatismes de l'oreille moyenne : classification de Harris et Haines. Celles-ci permettent une analyse de la gravité pour les accidents de plongée les plus fréquents. Notre étude reprenant l'ensemble des accidents de plongée, nous nécessitions une échelle globale. En effet les accidents sont variés, et les symptomatologies aussi. Notre échelle de gravité est purement clinique sans prise en compte du diagnostic initial, elle est donc critiquable et présente de nombreuses limites. Une étude ultérieure se concentrant exclusivement sur les ADD médullaires avec l'utilisation du score de Boussuges, pourrait être envisagée afin de pallier ces insuffisances.

Nous retrouvons donc une différence au niveau de la gravité des accidents tous types confondus et du taux de séquelles à court terme qu'ils entraînent. En effet, les plongées réalisées « hors structure » sont responsables d'accidents plus graves et de séquelles plus importantes.

Ceci pourrait être expliqué par des profils de plongée plus à risque (plus profondes) et une moins bonne prise en charge pré-hospitalière (moins d'administration d'aspirine et d'oxygène normobare). Les plongées plus profondes génèrent plus d'accidents de désaturation et de gravité initiale plus importante. Si la prise en charge pré-hospitalière est de moins bonne qualité, la maladie de décompression tend à se généraliser et les lésions ischémiques s'intensifier. L'accident sera alors plus grave dans sa présentation clinique à l'arrivée au centre hospitalier.

- ***Séquelles***

D'autre part, l'évolution des accidents de désaturation est directement liée à la rapidité de leur prise en charge et en particulier au délai de recompression qui est le facteur primordial pour limiter les séquelles à court et long terme. La présence de séquelles est donc intimement liée à la gravité initiale et à la bonne prise en charge médicale urgente de l'accidenté. Malheureusement nous manquons dans notre étude d'arguments sur le délai de recompression pour l'incriminer dans la présence de séquelles plus nombreuses chez les accidentés « hors structure ».

Les principales séquelles sont neurologiques et les ADD médullaires en sont le plus pourvoyeurs. Dans notre échantillon, les accidentés « hors structure » présentent plus souvent des ADD médullaires, ils sont donc plus susceptible de souffrir de séquelles.

Les séquelles d'accident de désaturation peuvent être (75) :

- motrices : après une paraplégie ou paraparésie, la récupération de force est généralement bonne mais des séquelles spastiques sont fréquemment invalidantes.

- sensitives : de topologie variable avec sensation de « peau cartonnée » ou de paresthésies pénibles.

- sphinctériennes : jusqu'à 50% des accidents médullaires graves, et mal récupérés par la kinésithérapie.

- sexuelles : éjaculations retardées ou érections difficiles.

- cérébrales : en général d'assez bon pronostic dans les embolies uni-carotidiennes, mais pouvant être très invalidantes dans les quadriplégies par atteinte vertébro-basilaire.

- vestibulaire : dans 50% des cas on retrouve des anomalies paracliniques sur le vidéo-nystagmogramme malgré une bonne récupération clinique.

- ostéo-articulaire : de bonne récupération initiale, on peut voir un passage à la chronicité sous forme d'ostéo nécrose dysbarique aseptique (description chez des plongeurs tunneliers (76)).

Les barotraumatismes ne font généralement pas de séquelles à long terme. Une hypo-acousie peut être retrouvée en cas d'atteinte de l'oreille moyenne ou interne qui en général cicatrise bien. Chez les « anciens » plongeurs on peut retrouver malgré tout une hypo-acousie franche liée à des micros barotraumatismes répétés sur la membrane tympanique (77).

Il n'existe pas de séquelles pour les accidents biochimiques décrites à l'heure actuelle.

5.2.7- Problèmes de procédure et facteurs favorisants

Pour finir nous allons discuter des problèmes de procédure des plongées et des facteurs favorisants les accidents.

- ***Problèmes de procédure***

La plongée doit répondre à des paramètres sécurisés pour minorer les possibilités d'accidents. Le risque zéro n'existe pas, beaucoup de plongeurs subissent des accidents sans

présenter de problème manifeste de procédure. En effet dans notre étude on retrouve des accidents sans problème de procédure plus fréquemment chez les plongeurs « en structure ». Cependant certaines règles peuvent permettre de plonger dans une relative sécurité.

Pour minimiser le risque d'ADD, il est recommandé de plonger dans les courbes de sécurité et de ne réaliser ni des plongées consécutives (dans les 15 min suivant une première plongée) ni successives (dans les 12h suivant une première plongée). Ensuite les paliers de décompression sont une sécurité de plus lors de plongées saturantes pour dénitrogéner au maximum les tissus de l'organisme et minorer le risque d'ADD. La plongée en scaphandre nécessite de suivre des règles précises pour éviter au maximum le risque d'accident. La mer est un milieu hostile à l'homme, et le fait de posséder un appareil respiratoire ne doit pas induire de comportements à risque.

Les plongeurs « hors structure » sont malheureusement plus rares à suivre ces règles et réalisent plus souvent des plongées saturantes avec des paliers inadaptés ou une absence totale de paliers *(tableau 14).* Ceci pourrait être expliqué par un mépris de la sécurité ou une méconnaissance des règles par un manque d'acquis théoriques.

Le meilleur moyen de réaliser des plongées en abaissant le risque au maximum est de réaliser des plongées dites « carrées » en évitant les remontées intempestives et en respectant les paliers de décompression s'il y a lieu. Il serait souhaitable de rester dans la courbe de sécurité qui diminue en théorie le risque d'ADD :

- A 12m : durée maximum de 2H15
- A 15m : durée maximum de 1H15
- A 20m : durée maximum de 40min
- A 25m : durée maximum de 20min
- A 30m : durée maximum de 10min
- A 40m : durée maximum de 5min

Toutes les plongées réalisées au-delà de cette courbe sont étiquetées « plongées saturantes » et nécessitent la réalisation de paliers de décompression.

Les exercices de passage de niveau entraînent souvent une plongée dite « yoyo » ou « ludion », avec des remontées intempestives pendant le temps de la plongée qui augmentent la sursaturation des tissus et le risque de barotraumatisme (78). Mais aussi des exercices type remontée sans embout qui s'ils sont mal exécutés peuvent avoir des conséquences très graves. En effet on peut retrouver des barotraumatismes pulmonaires sur blocage expiratoire avec vitesse de

remontée rapide et stress induits par l'exercice (14,79). Devant le nombre élevé de barotraumatismes pulmonaires en lien direct avec cette pratique, et son manque d'intérêt au vu du nouveau matériel à disposition, la remontée sans embout est maintenant bannie de nombreuses formations.

Ensuite, lors de voyage de plongée, certains plongeurs n'hésitent pas à plonger plusieurs fois par jour et sur plusieurs jours d'affilée. Il s'agit de plongées successives voir parfois de plongées consécutives si elles sont réalisées avec un intervalle inférieur à 15 minutes. Ces plongées ne laissent pas à l'organisme le temps de réaliser une dénitrogénation suffisante pour prévenir du risque d'ADD. Les plongées successives peuvent être prises en compte par une table ou un ordinateur jusqu'à deux fois par jour, limite au-delà de laquelle les logarithmes ne sont plus valables. Les plongées consécutives sont estimées comme faisant partie de la même plongée (les temps sont ajoutés) et induisent des temps de décompression très longs.

Enfin, certains comportements sont à risque et souvent réalisés par des plongeurs mal entraînés ou débutants comme le Valsalva réalisé de manière excessive ou à la remontée. Ceci pouvant entraîner des barotraumatismes de l'oreille moyenne ou de l'oreille interne. Parfois aussi en cas de stress ou d'anxiété importante, le plongeur peut être sujet à des comportements inhabituels, même chez un plongeur expérimenté : remontée non contrôlée, essoufflement (80).

- ***Facteurs favorisants***

Les facteurs favorisants ont été définis comme des facteurs de risque d'accidents en rapport avec le plongeur et non avec le profil de plongée. Son état physique et psychologique est traité d'une part et l'état lié à l'environnement d'autre part.

Il est déconseillé de pratiquer la plongée dans un état pathologique quel qu'il soit. La plongée entraîne une modification de la physiologie et l'organisme doit posséder des mécanismes d'adaptation aux contraintes hyperbariques. En particulier l'appareil cardio-vasculaire et respiratoire. Les médecins qui délivrent des certificats d'aptitude à la plongée se doivent de rechercher ces états pathologiques et de contre indiquer ce sport s'ils sont présents.

Nous avons recensé à part les pathologies ORL qui représentent un risque particulier pour les barotraumatismes. On retrouve étonnement, un plus fort taux d'antécédent ORL aigu ou chronique chez les plongeurs « en structure ». Les plongeurs « hors structure » sont peut-être plus raisonnables sur cette contre-indication bien connue, étant donné leur vulnérabilité s'il existe un accident. Un

autre axe de réflexion serait que les débutants « en structure » ne nécessitant pas de certificat médical pour plonger sans niveau, ne connaissent pas ces contre-indications spécifiques.

Nous retrouvons une autre différence significative entre les deux groupes représentée par l'asthénie. En effet les plongeurs « hors structure » semblent plus sujets à l'asthénie avec des nuits courtes précédant des plongées à risque. L'asthénie est responsable d'un manque de vigilance à tous les niveaux qui majore le risque pour tous les types d'accidents et les ADD en particulier.

Les autres facteurs de risques ne sont pas retrouvés de façon significativement différente entre nos deux groupes. Il est tout de même important de préciser qu'on retrouve de nombreux risques spécifiques présentés dans l'ensemble de la population de notre étude. Ces risques peuvent et doivent être évités dans un souci de prévention (81):

- L'activité physique, qui si elle est réalisée avant la plongée ne majore le risque d'ADD qu'en cas de déshydratation et par la libération de micro noyaux gazeux dans la circulation (82). Les processus menant à l'ADD par l'exercice pourraient être amendés par une hydratation suffisante. Il est même démontré que l'activité physique peut avoir un effet protecteur sur la formation de bulles (83). Par contre si elle est réalisée après la plongée, elle entraîne un état de déshydratation propice aux ADD et autres malaises.

- L'alcool est un problème dans notre population générale de plongeurs car l'addiction y est très présente. Les plongeurs ne voient pas la prise d'alcool comme un risque, mais comme un moment social agréable. Ils minimisent dans ce cadre le risque du à cette alcoolisation (84). La prise d'alcool aiguë amène une baisse de vigilance et une déshydratation. De façon chronique elle entraîne une baisse de l'immunité et une inflammation, sans parler de tous les effets secondaires délétères et à risques lors d'une alcoolisation pathologique.

- Le stress ou l'angoisse peut entraîner une crise de panique sous l'eau avec des prises de risque inconsidérées (remontée ballon et en particulier à glotte fermée avec risque de surpression pulmonaire). Cela peut aussi entraîner un essoufflement avec hypercapnie et/ou une surconsommation d'air avec le risque de panne d'air possible (80).

- L'altitude est une source de majoration d'ADD par hypobarie. L'île de la Réunion peut être particulièrement à risque car c'est une île volcanique aux massifs très abrupts qui montent en altitude très rapidement. Il n'est pas rare que des plongeurs habitent dans les « hauts » et réalisent un différentiel de pression très important en très peu de temps. D'autre part la

Réunion est une île, les touristes l'atteignent et en repartent donc en avion. Il existe enfin de nombreux clubs d'ULM qui sont un très bon moyen de découvrir l'île en hauteur et très appréciés des touristes. L'île de la Réunion est donc particulièrement à risque de sur-accidents liés à l'hypobarie relative (5). Le risque existe même en voiture et dès 300m d'altitude (85). Les recommandations sont de 12h de délai entre une plongée simple et un vol en altitude entre 2000 pieds et 8000 pieds (soit entre 610m et 2438m), et de 18h si la plongée a nécessité des paliers ou si c'est une plongée « successive » (86). Cela n'est malheureusement pas toujours scrupuleusement suivi par nos plongeurs.

- L'apnée qui si elle est pratiquée après la plongée augmente la sursaturation en azote dans les tissus et ralentit la dénitrogénation.

- Le froid ressenti est aussi un facteur favorisant la baisse de vigilance et le stress. Si le plongeur a froid avant le début de la plongée, cela peut baisser le risque d'ADD part hypo-perfusion des extrémités (87). Par contre, si le plongeur a initialement chaud puis froid au cours de la plongée, il majore la vasoconstriction périphérique et donc majore le risque de formation bullaire au cours de la décompression (88,89).

- Enfin les conditions de mer difficiles (courant, houle, mauvaise visibilité) sont susceptibles d'engendrer un effort trop important ou un stress aigu qui, comme expliqué ci-dessus sont responsables d'accidents de plongée.

Il convient de parler à part du braconnage qui est aussi un facteur favorisant d'accident. Il est retrouvé bien évidemment uniquement chez les plongeurs « hors structure ». En effet les plongeurs prennent un risque inconsidéré pour une activité illégale et, en général, avec des connaissances théoriques limitées. Cela est source de stress, d'efforts trop importants et de manque de vigilance quand la discrétion et la rapidité sont les facteurs les plus importants pris en compte.

L'île de la Réunion est malheureusement sujette au braconnage pratiqué par toutes les générations, plongeurs ou non. La pêche traditionnelle est rarement accompagnée de permis et le braconnage est d'usage courant. Il n'y a malheureusement pas suffisamment de gardes marins pour éradiquer ce processus et les mesures coercitives ne semblent pas suffisantes. Il n'est donc pas étonnant de retrouver autant d'actes de braconnage dans notre population et il en existe malheureusement bien d'autres qui ne peuvent être recensés et punis.

5.3- La Force de cette étude

L'intérêt principal de cette étude, bien qu'imparfaite, est de réaliser un maximum de prévention sur la population de plongeurs « hors structure » qui n'est recensée nulle part et qui présente tout de même des plongées à risque.

Cette étude est pour l'instant la première de la littérature à s'intéresser à cette frange de la population. En effet dans les précédents recueils d'accidents de plongée à la Réunion, l'item ayant trait à la plongée hors structure est simplement cité sans être analysé (30,31). Dans la littérature en particulier sur les recueils du DAN (Divers Alert Network) qui sont réguliers et souvent utilisés pour des études ultérieures, cet item est généralement inexistant.

Sur l'île de la Réunion en particulier, il existe une tradition d'usagers de la mer qui s'affranchissent des règles administratives. Ces personnes ont été en général les pionniers de l'activité subaquatique sur l'île et souhaitent persister dans une activité libre d'encadrement. Ils sont nombreux (un tiers des accidenté de notre recueil) et nécessitent donc une attention particulière.

Ce travail permet ainsi un premier pas pour analyser « l'hydre » des accidentés en plongée, et pourra donner une base pour de futures analyses plus spécifiques.

5.3- Les Limites de cette étude

5.3.1- Les biais

Le principal biais de notre étude vient directement du type de recueil. Elle a été réalisée dans le service de médecine hyperbare du CHU Sud-Réunion, elle présente donc un biais d'inclusion.

En effet, la population recensée est celle qui a été prise en charge directement ou indirectement (par téléphone) au sein du service de médecine hyperbare. Il existe donc une majorité d'accidents de désaturation dans notre étude ce qui ne correspond pas au taux d'accident dans une population de plongeurs standard.

Les accidents barotraumatiques sont normalement les plus courants avec en particulier l'atteinte de l'oreille moyenne chez 30% des débutants et 10% des plongeurs expérimentés (32,33) alors que les ADD sont plutôt rares : le DAN (Divers Alert Network) les estime à un taux de 3.1 pour 10 000 plongées dans la population générale de plongeurs (18). Nous pouvons donc penser qu'une

large majorité des accidents de plongée est prise en charge par les médecins de ville. Notre recueil n'est donc pas exhaustif sur les accidents de faible gravité qui sortent donc du parcours hospitalier. Pour pallier ce biais, nous réaliserons une analyse centrée sur les accidents graves, pour lesquels le recueil est le plus exhaustif possible.

5.3.2- Les Limites

Dans notre recueil de données il existe de nombreux items insuffisamment remplis. En effet, un recueil rétrospectif sur 30 années de recompressions thérapeutiques comporte inévitablement de nombreuses données manquantes.

Plusieurs items intéressants ne seront donc pas analysés. Il nous manque en particulier les poids et taille avec les IMC correspondants. En effet le tissu adipeux présentant une décroissance de la sursaturation lente, les patients obèses ou en surpoids seraient donc plus à risque de présenter un ADD (34). Cette hypothèse serait à vérifier sur notre échantillon et nécessiterait une analyse plus approfondie.

Il nous manque d'autre part, une analyse plus fine des temps et durées de plongée (pour les raisons exposées précédemment), paramètres manquants malheureusement indispensables dans toutes les études retrouvées dans la littérature. D'autre part les délais de début des symptômes restant un item intéressant ne pourront non plus être analysés.

Il nous fait gravement défaut d'une analyse sur les délais avant recompression, qui, s'ils sont trop longs dénotent une moins bonne prise en charge médicale et une perte de chances pour le patient. Il est ainsi démontré que plus le temps est rapide entre l'accident et la recompression, meilleures seront les chances de récupération pour le patient avec un moindre taux de séquelles (35).

La profession aurait pu être un item intéressant à analyser, mais de la même manière nous manquons de matière pour les statistiques et cela pourrait être analysé ultérieurement afin de réaliser un sujet pour des études ultérieures.

6- Conclusion

Pour conclure cette étude, nous avons donc réalisé une description relativement précise de nos deux populations et en particulier de la population non encadrée chose qui n'avait jamais été entreprise jusqu'alors.

La conclusion de cette étude montre que les plongeurs « hors structure » :

- ont moins de formation théorique et plongent dans des lieux plus difficiles,
- sont moins stricts sur l'utilisation d'ordinateur et l'obtention de licence,
- plongent en général plus profond avec des risques d'accidents plus élevé,
- ont une moins bonne prise en charge pré-hospitalière,
- présentent des accidents plus graves avec plus de séquelles à court terme,
- et respectent moins bien les procédures de plongée et les restrictions physiques censées les protéger d'éventuels accidents.

Il est donc plus risqué de plonger « hors structure » que « en structure ». L'impression de liberté qui émane des plongées dans le cadre privé est manifestement contre balancé par une majoration des risque encourus par rapport à la population fréquentant les clubs et autres structures. Ceux-ci bien que plus stricts sont peut-être aussi plus sécurisés.

Cette population échappe de manière logique à toute forme de recensement et donc de prévention spécifique. Les messages de prévention doivent donc être très larges pour toucher cette population. D'autre part, lors de location ou l'achat de matériel de plongée dans un cadre privé, aucune certification n'est exigée ni de niveau de formation précis. Il serait donc intéressant d'agir sur ce point pour que la location ou vente de matériel soient plus encadrées.

Malgré l'apparente facilité du sport « plongée », il se trouve être aussi un sport extrême. Les risques encourus sont importants et ne doivent pas être négligés. Toute population pratiquant des sports extrêmes souhaite être affranchie des lois et souhaite repousser les limites pour ne garder que le plaisir et l'ivresse. Mais l'attrait de l'adrénaline est-il suffisant pour s'estimer au-dessus des règles de sécurité ? Le danger pour soi-même et pour les autres doit être pris en compte. Les coûts pour la société d'un accident aigu ou d'un accidenté chronique ne sont pas négligeables, et la responsabilité de chacun doit être mise en avant. Dans l'idéal, les plongeurs devraient suivre systématiquement une formation spécifique pour devenir responsables de leurs actes en toute connaissance de cause.

7- Bibliographie

1. Foret A. Martin-Razi P, Histoire de la Plongée et des Sports Subaquatiques. Subaqua Hors-série n°4. Gap ed. 2013.

2. Jumaux G, Quetelard H, Roy D. Atlas climatique de la Réunion. Météo France ed. 2011; 131 p.

3. Conand F, Marsac F, Tessier E, Connand C. A Ten-year period of daily sea surface temperature at coastal station in Reunion Island, Indian Ocean (july 1993-april 2004) : Pattern of variability and biological responses. Western Indian Ocean. J. Mar. Sci. 6(1). 2007;1-16.

4. Grangette F. « Les dessous du volcan » Expedition Abyssea. Oceanopolis, Aquarium de la Réunion; 2008.

5. Rabec S. Influence des variations rapides d'altitude sur les accidents de décompression au décours de la plongée en scaphandre à l'air sur l'île de la Réunion: activité de l'unité d'hyperbarie de l'hôpital de St Pierre entre mai 1991 et juillet 2011 [Thèse d'exercice]. [France]: Université de Bordeaux II; 2013.

6. Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable. Décret portant création de la Réserve Naturelle Nationale de la Réunion. JO 21 feb 2007 ; 2007-236.

7. Harms JD, Szalay-Bonnans E, Durasnel P. Historique des centres hyperbares de l'Ocean Indien. Proceeding in: Tricontinental Scientific Meeting on Diving and Hyperbaric Medicine. Reunion Island; 2013

8. Sookun Y. Protocole de prise en charge pré-hospitalière d'un accidenté de plongée à l'île Maurice. 6 nov 2001.

9. Lepere J-F. Les accidents de plongée à Mayotte étude et prise en charge en 2001. ARESUB; 2001 oct.

10. Durasnel P. Prise en charge et bilan des accidents de décompression sur Mayotte. Proceeding in: Tricontinental Scientific Meeting on Diving and Hyperbaric Medicine. Reunion Island; 2013.

11. Kohshi K, Beppu T, Tanaka K, Ogawa K, Inoue O, Kukita I, et al. Potential roles of hyperbaric oxygenation in the treatments of brain tumors. Undersea Hyperb Med J. Soc Inc. aug 2013;40(4):351-362.

12. Broussolle, Meliet, Coulange. Physiologie et Médecine de la plongée. 2e édition. Ellipses ed. 2006.

13. Barthélémy L., Perrimond-Trouchet R. La surpression pulmonaire. Médecine, Education Physique et Sport. 1962. 51-63 p.

14. Coulange M, Gourbeix J.M., Grenaud J.J, D'Andrea C, Henckes A, Harms J.D, Cochard G., Barthelemy A. La RSE (remontée sur expiration) en 2008: Benefices/risques? Analyse rétrospective des barotraumatismes thoraciques. Bull. Med Sub Hyp. 2008;9-14.

15. Bert P. La pression barométrique. Masson ed. Paris; 1878.

16. Spencer MP. Decompression limits for compressed air determined by ultrasonically detected blood bubbles. J. App Physiol. 1976;229-35.

17. Sawatzky KD, Nishi RY. Assessment of inter-rater agreement on the grading of intravascular bubble signals. Undersea Biomed Res. nov 1991;18(5-6):373-396.

18. Durham. DAN annual Diving Report 2007 Edition based on 2005 data. Divers Alert Network; 2007.

19. Klingmann, Gonnermann, Dreyhaupt, Vent, Praetorius, Plinkert. Decompression illness reported in a survey of 429 recreational divers. Aviat Space Environ Med. 2008;(79):123-128.

20. Dussarat G, Dalger J, Galland F-M, Chateau J, Broussole B. Accident neurologique de plongée et foramen ovale perméable. Med. Sub. Hyp. 1987;92-97.

21. Germonpre P, Balestra C. Risk of decompression illness among 230 divers in relation to the presence and size of patent foramen ovale. Eur Heart J. dec 2004; 25(23): 2173-2174.

22. Wattel F, Mathieu D. Traité de médecine hyperbare. Ellipses Edition Marketing. Paris; 2002. 708 p.

23. Landon Dennison LT. W. A Review Of The Pathogenesis Of Skin Bends. Report number 660. US Naval Submarine Medical Center; 1971.

24. Hennedige T, Chow W, Ng YY, Chung-Tsing GC, Lim TCC, Kei PL. MRI in spinal cord decompression sickness. J Med Imaging Radiat Oncol. juin 2012;56(3):282-288.

25. Gempp E, Louge P, Lafolie T, Demaistre S, Hugon M, Blatteau JE. Relation between cervical and thoracic spinal canal stenosis and the development of spinal cord decompression sickness in recreational scuba divers. Spinal Cord. mar 2014; 52(3): 236-240.

26. Republique Française. Arrêté du 22 juin 1998 [Internet]. Disponible sur: http://www.anmp-plongee.com/texte/arrete22juin98_2000.html

27. Bühlmann AA. Physiology and pathophysiology of diving. Schweiz Z Für Sportmed. mars 1981;29(1):5-11.

28. Caratini J, Soriano T. Poissons de l'île de la Réunion. Orphie ed. 2007.

29. Harms JD. Accidents de plongée sur l'île de la Réunion de 1982 à 2008: à propos de 454 cas. Mémoire de capacité du sport [Saint Pierre, Ile de la Réunion]; 2006.

30. Dondoglio P.O. Etude des accidents de plongée traités à la Réunion de janvier 2003 à avril 2004. [Lyon]: Lyon; 2006.

31. Falomi D. Accidents de décompression (type II) en plongée en scaphandre autonome à l'Ile de la Réunion. Activité du centre hyperbare de l'hôpital de Saint Pierre de 1994 à juin 1997. [Marseille]: Marseille; 1997.

32. Clenney, Lassen. Recreational scuba diving injuries. 1996;(53):1761-6.

33. Hart AJ, White SA, Conboy PJ, Bodiwala G, Quiton D. Open water scuba diving accidents at Leicester : five years' experience. J Accid Emerg Med. 1999;(16):198-200.

34. Carturan D, Boussuges A, Vanuxem P, Bar-Hen A, Burnet H, Gardette B. Ascent rate, age, maximal oxygen uptake, adiposity, and circulating venous bubbles after diving. J Appl Physiol Bethesda Md 1985. oct 2002;93(4):1349-1356.

35. Mutzbauer TS, Staps E. How delay to recompression influences treatment and outcome in recreational divers with mild to moderate neurological decompression sickness in a remote setting. Diving Hyperb Med J S Pac Underw Med Soc. mar 2013;43(1):42-45.

36. Henderson H, Wilson RC. Water incident related hospital activity across England between 1997/8 and 2003/4: a retrospective descriptive study. BMC Public Health. 2006;6:210.

37. St Leger Dowse M, Bryson P, Gunby A, Fife W. Comparative data from 2250 male and female sports divers: diving patterns and decompression sickness. Aviat Space Environ Med. aug 2002;73(8):743-749.

38. Boussuges A, Retali G, Bodéré-Melin M, Gardette B, Carturan D. Gender differences in circulating bubble production after SCUBA diving. Clin Physiol Funct Imaging. nov 2009;29(6):400-405.

39. Bove, Davis. Diving in the elderly and the young. In : Diving medecine. 2004;4th edition.

40. Szalay Bonnans E. La plongée chez les seniors. ARESUB; 2001 oct.

41. Taylor DM, O'Toole KS, Ryan CM. Experienced, recreational scuba divers in Australia continue to dive despite medical contraindications. Wilderness Environ Med. 2002;13(3):187-193.

42. Stemberga V, Petaros A, Rasic V, Azman J, Sosa I, Coklo M, et al. Dive-Related Fatalities Among Tourist and Local Divers in the Northern Croatian Littoral (1980–2010). J Travel Med. 2013;20(2):101-6.

43. Bessereau J, Genotelle N, Brun PM, Aboab J, Antona M, Chenaitia H, Huon A, Annane D. decompression sickness in urban divers in France. 2012;(63):170-173.

44. Hagberg M, Ornhagen H. Incidence and risk factors for symptoms of decompression sickness among male and female dive masters and instructors--a retrospective cohort study. Undersea Hyperb Med J Undersea Hyperb Med Soc Inc. 2003;30(2):93-102.

45. Dubois. Etude prospective de 49 accidents de plongée survenus aux Antilles françaises. Mémoire de DIU de Médecine Subaquatique [Fort de France, Martinique]; 2001.

46. Hagen PT, Scholz DG, Edwards WD. Incidence and size of patent foramen ovale during the first 10 decades of life: an autopsy study of 965 normal hearts. Mayo Clin Proc. jan 1984;59(1):17-20.

47. Gempp E, Louge P, Blatteau JE, Hugon M. Risks factors for recurrent neurological decompression sickness in recreational divers: a case-control study. J Sports Med Phys Fitness. oct 2012;52(5):530-536.

48. Honěk J, Srámek M, Sefc L, Januška J, Fiedler J, Horváth M, et al. Effect of catheter-based patent foramen ovale closure on the occurrence of arterial bubbles in scuba divers. JACC Cardiovasc Interv. apr 2014;7(4):403-408.

49. Hamadou R. Shunt Droite-Gauche et accidents de décompression en plongée autonome sportive à l'air. A propos de 19 cas d'accidents de décompression cérébraux, cochléo-vestibulaires et médullaires cervicaux. [Lyon]: Claude Bernard Lyon 1; 2010.

50. Commission Médicale et de Prévention Nationale de la FFESSM : Contre-indications a la plongée en scaphandre autonome. jan 2012.

51. Lippmann J. Review of scuba diving fatalities and decompression illness in Australia. Diving Hyperb Med J S Pac Underw Med Soc. jun 2008;38(2):71-78.

52. Taylor DM, O'Toole KS, Ryan CM. Experienced scuba divers in Australia and the United States suffer considerable injury and morbidity. Wilderness Environ Med. 2003;14(2):83-88.

53. Beckett A, Kordick MF. Risk Factors for Dive Injury: A Survey Study. Res Sports Med. jul 2007;15(3):201-211.

54. Glen S. Three year follow up of a self certification system for the assessment of fitness to dive in Scotland. Br J Sports Med. dec 2004;38(6):754-757.

55. Vangrevelynghe G. Les requins à la Réunion: mythes et réalités; étude de 12 cas d'accidents liés aux requins. [Lille]: Lille; 1994.

56. Gauthier C. expertise médicale des victimes d'attaque de requins à la Réunion. [Saint Pierre, Ile de la Réunion]: Bordeaux II; 2012.

57. Hamilton R.W, Tahlmann E.D. Decompression practice in : Physiologie and Medicine of Diving Bennett and Eliott. Brubakk, Neuman; 2004. 455-62 p.

58. Nakayama H, Shibayama M, Yamami N, Togawa S, Takahashi M, Mano Y. Decompression sickness and recreational scuba divers. Emerg Med J EMJ. jul 2003;20(4):332-334.

59. Grandjean B. Epidemiologie des accidents de la plongée sous-marine autonome de loisir. in: Traité de médecine hyperbare Wattel F. Ellipses. 2002;153-59.

60. Dankner R, Gall N., Freidman G., ARAD J. Recompression Treatment of Red Sea Diving accident: a 23 year summary. Clin J Sport Med. jul 2005;253-6.

61. Kot J, Sićko Z, Michałkiewicz M, Lizak E, Góralczyk P. Recompression treatment for decompression illness: 5-year report (2003-2007) from National Centre for Hyperbaric Medicine in Poland. Int Marit Health. 2008;59(1-4):69-80.

62. Xu W, Liu W, Huang G, Zou Z, Cai Z, Xu W. Decompression illness: clinical aspects of 5278 consecutive cases treated in a single hyperbaric unit. PloS One. 2012;7(11):e50079.

63. Pelaia, Bakker, Carli, Elliot, Grandjean, Lamy, Meliet, Oriani, Sarrias, Unger, Van Laak. Deuxième conférence européenne de consensus sur le traitement des accidents de décompression de la plongée de loisirs. 1996.

64. Bessereau J, Coulange M, Genotelle N et al. Aspirin in decompression sickness. Therapie. 2008;(63):419-423.

65. Westerweel PE, Fijen VA, Van Hulst RA. Aspirin in the treatment of decompression sickness: what can we learn from French experience? Int Marit Health. 2013;64(1):51.

66. Longphre JM., Denoble PJ, Moon RE, Vann RD, Freiberger JJ. First aid normobaric oxygen for the treatment of recreational diving injuries. Undersea Hyperb Med. 2007; 43-50.

67. Coulange et al. Référentiel « Aide médicale en mer » Société Française de médecine d'urgence. SFMU; 2012.

68. Wilson CM, Sayer MDJ. Transportation of divers with decompression illness on the west coast of Scotland. Diving Hyperb Med J S Pac Underw Med Soc. jun 2011; 41(2): 64-69.

69. Rudge FW, Shafer MR. The effect of delay on treatment outcome in altitude-induced decompression sickness. Aviat Space Environ Med. jul 1991;62(7):687-690.

70. Fructus X., Sciarli R. La Plongée, Santé, Sécurité. Editions Maritimes d'Outre Mer. 1980.

71. McIver NK. Treatment of compressed-air decompression accidents. J R Soc Med. feb 1989;82(2):74-79.

72. Antonelli C, Franchi F, Della Marta ME, Carinci A, Sbrana G, Tanasi P, et al. Guiding principles in choosing a therapeutic table for DCI hyperbaric therapy. Minerva Anestesiol. mar 2009;75(3):151-161.

73. Newton HB, Padilla W, Burkart J, Pearl DK. Neurological manifestations of decompression illness in recreational divers - the Cozumel experience. Undersea Hyperb Med J Undersea Hyperb Med Soc Inc. oct 2007;34(5):349-357.

74. Boussuges A, Thirion X, Blanc P, Molenat F, Sainty JM. Neurologic decompression illness: a gravity score. Undersea Hyperb Med J Undersea Hyperb Med Soc Inc. sept 1996;23(3):151-155.

75. Hugon M, Blatteau J-E, Bergmann E. Evolution Immédiate après Traitement Explorations et Séquelles. In : Physiologie et Médecine de la Plongée. Broussolles B., MélietJ-L. 2002.

76. Decompression sickness and aspetic necrosis of bone. Investigations carried out during and after the construction of the Tyne Road Tunnel (1962-66). Report of Decompression Sickness Panel, Medical Research Council. Br J Ind Med. jan 1971;28(1):1-21.

77. McQueen D, Kent G, Murrison A. Self-reported long-term effects of diving and decompression illness in recreational scuba divers. Br J Sports Med. jun 1994; 28(2):101-104.

78. Vann RD, Dovenbarger J, Bond J, et al. Decompression sickness and diver carried computer: The Diver's Alert Network Perspective. in Proceedings of the AAUS Workshop on Diver Carried Decompression Computers. Costa Mesa. Lang M-A., Hamilton RW. American Academy of Underwater Sciences. 1989;133-43.

79. Lafère P., Germonpre P, Balestra C. Emergency free ascent (EFA) as cause of pulmonary barotrauma (PBT) a retrospective study of 10 years of treatment of dive training (in-water skills) related injuries. EUBS. 2007;30.

80. Lesquerre H. Le rôle de l'anxiété dans les accidents de plongée. Toulouse; 1994.

81. Bennett P., Elliot D.t. Pathophysiology of Decompression Sickness. in Physiology and Medicine of Diving. Brubakk, Neuman; 2003. 544-46 p.

82. Castagna O, Brisswalter J, Vallee N, Blatteau J-E. Endurance exercise immediately before sea diving reduces bubble formation in scuba divers. Eur J Appl Physiol. jun 2011;111(6):1047-1054.

83. Dujic Z, Duplancic D, Marinovic-Terzic I, Bakovic D, Ivancev V, Valic Z, et al. Aerobic exercise before diving reduces venous gas bubble formation in humans. J Physiol. 16 mars 2004;555(Pt 3):637-642.

84. St Leger Dowse M, Cridge C, Shaw S, Smerdon G. Alcohol and UK recreational divers: consumption and attitudes. Diving Hyperb Med J S Pac Underw Med Soc. dec 2012;42(4):201-207.

85. Yamami N, Mano Y, Shibayama M, et al. Driving to altitude after diving and decompression sickness. Undersea Hyp Med. 2000;51.

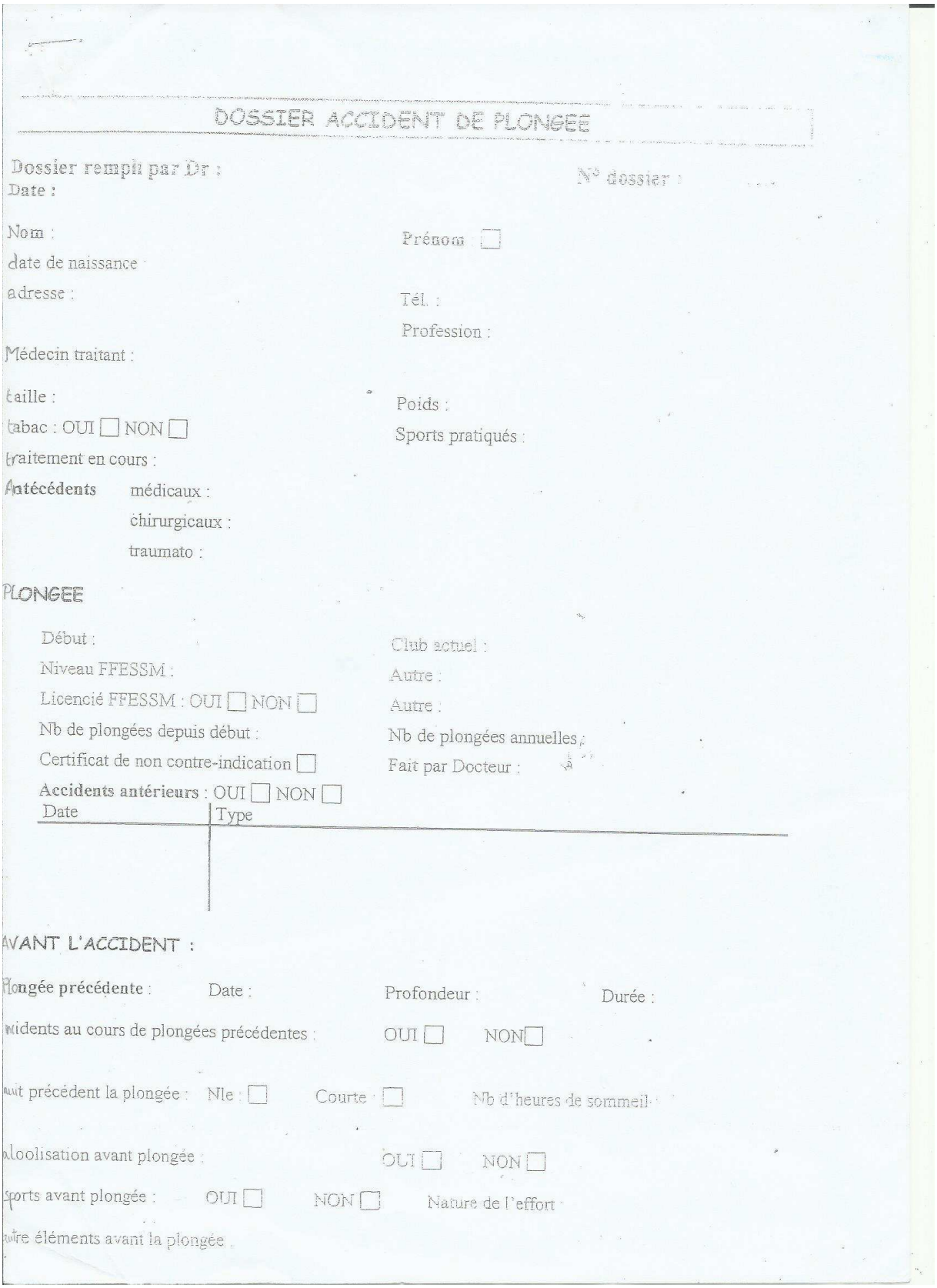
86. Sheffield P-J., Chairman Ph-D. Consensus Guidelines For Flying After Recreational Diving. in Workshop Proceeding. Durham, North California; 2 may 2002.

87. Dunford R., Hayward J. Venous gas bubble production following cold stress during a no decompression dive. Undersea Biomed Res. 1981;41-49.

88. Guilliod R., Cotto-Cumba C., Myers R. Constrictive Posture as risk factor in decompression sickness. Undersea Hyp Med. 1996;72.

89. Koteng S., Reinertsen R-E, Holmen I-M, et Al. The effect Of reduced peripherical circulation on the formation of venous gazs bubbles after decompression. Undersea Hyp Med. 1996;38.

ANNEXE 1 : Dossier Accident de Plongée



DOSSIER ACCIDENT DE PLONGEE

Dossier rempli par Dr :
Date :

N° dossier :

Nom :
Prénom :
date de naissance :
adresse :
Tél. :
Profession :
Médecin traitant :

taille :
Poids :
tabac : OUI ☐ NON ☐
Sports pratiqués :
traitement en cours :
Antécédents médicaux :
chirurgicaux :
traumato :

PLONGEE

Début :
Club actuel :
Niveau FFESSM :
Autre :
Licencié FFESSM : OUI ☐ NON ☐
Autre :
Nb de plongées depuis début :
Nb de plongées annuelles :
Certificat de non contre-indication ☐
Fait par Docteur :
Accidents antérieurs : OUI ☐ NON ☐

Date	Type

AVANT L'ACCIDENT :

Plongée précédente : Date : Profondeur : Durée :
Incidents au cours de plongées précédentes : OUI ☐ NON ☐
Nuit précédent la plongée : Nle : ☐ Courte : ☐ Nb d'heures de sommeil :
Alcoolisation avant plongée : OUI ☐ NON ☐
Sports avant plongée : OUI ☐ NON ☐ Nature de l'effort :
Autre éléments avant la plongée :

L'ACCIDENT DE PLONGEE

Date :

plongée Club : OUI ☐ NON ☐

date :

plongée du bord ☐ Plongée en bateau ☐

conditions :

Mer calme ☐ Houle ☐ Mauvais temps ☐

Courant : OUI ☐ NON ☐

Equipement :

Combi : OUI ☐ NON ☐ Complète ☐ Shorty ☐

Monobouteille 12 l ☐ 15 l ☐ Bibouteille 2 x l

Stab ☐

Détenteur : 1 ☐ 2 ☐ Lest : ..... kg

Montre : OUI ☐ NON ☐ Profondimètre ☐

Ordinateur ☐ Marque :

Profil de la plongée :

Prof. : Durée : (immersion jusqu'au début remontée)

Durée totale : (immersion → émersion)

Détermination des paliers : Table : Ordinateur :

Paliers : ..... min à 9 m ..... min à 6 m ..... min à 3 m

Autres :

Efforts pdt plongée : Variations niveaux :

Hre d'immersion : Heure sortie :

Début des manifestations cliniques :

Au palier ☐ ..... min. après émersion ☐

Description : Céphalées ☐ Vertiges ☐ Asthénie ☐ Vomissements ☐

Tr. Vision ☐ Tr. Audition ☐ Tr. Parole ☐

Manifestations cutanées : Puces ☐ Moutons ☐

Localisation :

Douleur : Type : Localisation :

Paresthésies : Localisation :

Tr. Motricité : Description :

Diurèse après plongée Nle ☐ Difficultés ☐

Traitement : à bord ☐ à quai : ☐

O^2 ☐ Aspirine : ..... mg Eau ☐ Autres

Evolution initiale :

Appel C15 Heure : Arrivée SMUR Heure :

Transfert Ambulance ☐ VSAB ☐ Hélico ☐ Voiture particul ☐

ANNEXE 2 : Contre-Indications à la Plongée en Scaphandre Autonome

F.F.E.S.S.M. C.M.P.N. Édition du 8 janvier 2012

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
Ophtalmologie	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 aigues du globe ou de ses annexes jusqu'à guérison Photokératectomie réfractive et LASIK : 1 mois Phacoémulsification-trabéculectomie et chirurgie vitro-rétinienne : 2 mois Greffe de cornée : 8 mois Traitement par béta 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
	Troubles métaboliques ou endocriniens sévères	
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.		

ANNEXE 3 : Table MN 90

Table MN 90

Profondeur	Durée de plongée	Durée paliers 12 m	Durée paliers 9 m	Durée paliers 6 m	Durée paliers 3 m	GPS
6 m	15					A
	30					B
	45					C
	1 h 15					D
	1 h 45					E
	2 h 15					F
	3 h 00					G
	4 h 00					H
	5 h 15					I
	6 h 00					J
8 m	15					B
	30					C
	45					D
	1 h 00					E
	1 h 30					F
	1 h 45					G
	2 h 15					H
	2 h 45					I
	3 h 15					J
	4 h 15					K
	5 h 00					L
	6 h 00					M
10 m	15					B
	30					C
	45					D
	1 h 00					F
	1 h 15					G
	1 h 45					H
	2 h 00					I
	2 h 15					J
	2 h 45					K
	3 h 00					L
	4 h 00					M
	4 h 15					N
	5 h 15					O
	5 h 30					P
	6 h 00				1	P
12 m	5					A
	15					B
	25					C
	35					D
	45					E
	55					F
	1 h 05					G
	1 h 20					H
	1 h 30					I
	1 h 45					J
	2 h 00					K
	2 h 15					L
	2 h 20				2	L
	2 h 30				4	M
	2 h 40				6	M
	2 h 50				7	N
	3 h 00				9	N
	3 h 10				11	N
	3 h 20				13	O
	3 h 30				14	O
	3 h 40				15	O
	3 h 50				16	O
	4 h 00				17	O
	4 h 10				18	P
	4 h 15				19	P
	4 h 30				22	P
	4 h 45				24	P
	5 h 00				26	P
	5 h 15				27	*
	5 h 30				29	*
	5 h 45				31	*
	6 h 00				33	*

Profondeur	Durée de plongée	Durée paliers 12 m	Durée paliers 9 m	Durée paliers 6 m	Durée paliers 3 m	GPS
15 m	5					A
	10					B
	15					C
	20					C
	25					D
	30					E
	35					E
	40					F
	45					G
	50					G
	55					H
	1 h 00					H
	1 h 05					I
	1 h 10					I
	1 h 15					J
	1 h 20				2	J
	1 h 25				4	K
	1 h 30				6	K
	1 h 35				8	L
	1 h 40				11	L
	1 h 45				13	L
	1 h 50				15	M
	1 h 55				17	M
	2 h 00				18	M
	2 h 10				22	*
	2 h 20				25	*
18 m	5					B
	10					B
	15					C
	20					D
	25					E
	30					F
	35					F
	40					G
	45					H
	50					H
	55				1	I
	1 h 00				5	J
	1 h 05				8	J
	1 h 10				11	K
	1 h 15				14	K
	1 h 20				17	L
	1 h 25				21	L
	1 h 30				23	M
	1 h 35				26	M
	1 h 40				28	M
	1 h 45				31	N
	1 h 50				34	N
	1 h 55				36	N
	2 h 00				38	O
	2 h 10				42	*
	2 h 20				46	*
	2 h 30				51	*

*** successive interdite : délai 12 h 00; vitesse de remontée : 15 à 17 m / min; vitesse de changement de palier : 1 m / 10 s**

© Jean-Noël TRUCCO

Profondeur	Durée de plongée	12 m	Durée paliers 9 m	6 m	3 m	GPS
20 m	5					B
	10					B
	15					D
	20					D
	25					E
	30					F
	35					G
	40					H
	45				1	I
	50				4	I
	55				9	J
	1 h 00				13	K
	1 h 05				16	K
	1 h 10				20	L
	1 h 15				24	L
	1 h 20				27	M
	1 h 25				30	M
	1 h 30				34	M
	1 h 35				37	*
	1 h 40				40	*
	1 h 45				43	*
	1 h 50				45	*
	1 h 55				48	*
	2 h 00			1	49	*
22 m	5					B
	10					C
	15					D
	20					E
	25					F
	30					G
	35					H
	40				2	I
	45				7	I
	50				12	J
	55				16	K
	1 h 00				20	K
	1 h 05				25	L
	1 h 10				29	L
	1 h 15				33	M
	1 h 20				37	M
	1 h 25				41	N
	1 h 30				44	N
	1 h 35			2	46	*
	1 h 40			4	47	*
	1 h 45			5	49	*
	1 h 50			7	51	*
	1 h 55			9	53	*
	2 h 00			11	55	*
25 m	5					B
	10					C
	15					D
	20					E
	25				1	F
	30				2	H
	35				5	I
	40				10	J
	45				16	J
	50				21	K
	55				27	L
	1 h 00				32	L
	1 h 05				37	M
	1 h 10			1	41	M
	1 h 15			4	43	N
	1 h 20			7	45	N
	1 h 25			9	48	O
	1 h 30			11	50	O
	1 h 35			14	51	*
	1 h 40			16	54	*
	1 h 45			19	56	*

Profondeur	Durée de plongée	12 m	Durée paliers 9 m	6 m	3 m	GPS
25 m	1 h 50			21	59	*
	1 h 55			23	61	*
	2 h 00			24	63	*
28 m	5					B
	10					D
	15					E
	20				1	F
	25				2	G
	30				6	H
	35				12	I
	40				19	J
	45				25	K
	50				32	L
	55			2	36	M
	1 h 00			4	40	M
	1 h 05			8	43	N
	1 h 10			11	46	N
	1 h 15			14	48	O
	1 h 20			17	50	O
	1 h 25			20	53	O
	1 h 30			23	56	P
	1 h 35			26	58	*
	1 h 40			28	61	*
	1 h 45			30	64	*
	1 h 50		1	32	67	*
	1 h 55		2	34	70	*
	2 h 00		3	36	73	*
30 m	5					B
	10					D
	15				1	E
	20				2	F
	25				4	H
	30				9	I
	35				17	J
	40				24	K
	45			1	31	L
	50			3	36	M
	55			6	39	M
	1 h 00			10	43	N
	1 h 05			14	46	N
	1 h 10			17	48	O
	1 h 15			20	50	*
	1 h 20			24	54	*
	1 h 25			27	57	*
	1 h 30			30	60	*
32 m	5					B
	10					D
	15				1	E
	20				3	G
	25				6	H
	30				14	I
	35				22	K
	40			1	29	K
	45			4	34	L
	50			7	39	M
	55			11	43	N
	1 h 00			15	46	N
	1 h 05			19	48	O
	1 h 10			23	50	O
	1 h 15			27	54	*
	1 h 20		2	29	58	*
	1 h 25		4	30	61	*
	1 h 30		6	32	64	*

*** successive interdite : délai 12 h 00; vitesse de remontée : 15 à 17 m / min; vitesse de changement de palier : 1 m / 10 s**

© Jean-Noël TRUCCO

Profondeur	Durée de plongée	Durée paliers 12 m	9 m	6 m	3 m	GPS
35 m	5					C
	10					D
	15				2	F
	20				5	H
	25				11	I
	30			1	20	J
	35			2	27	K
	40			5	34	L
	45			9	39	M
	50			14	43	N
	55			18	47	N
	1 h 00			22	50	O
	1 h 05		2	26	52	*
	1 h 10		4	28	57	*
	1 h 15		7	30	60	*
	1 h 20		10	31	64	*
	1 h 25		12	33	69	*
	1 h 30		14	36	72	*
38 m	5					C
	10				1	E
	15				4	F
	20				8	H
	25			1	16	J
	30			3	24	K
	35			5	33	L
	40			10	38	M
	45			15	43	N
	50			20	47	N
	55		2	23	50	O
	1 h 00		5	27	53	P
	1 h 05		8	29	58	*
	1 h 10		11	31	62	*
	1 h 15		14	33	66	*
	1 h 20		17	35	71	*
	1 h 25		20	36	76	*
	1 h 30		23	38	81	*
40 m	5					C
	10				2	E
	15				4	G
	20			1	9	H
	25			2	19	J
	30			4	28	K
	35			8	35	L
	40			13	40	M
	45		1	18	45	N
	50		2	23	48	O
	55		5	26	52	O
	1 h 00		8	29	57	P
	1 h 05		12	31	61	*
	1 h 10		15	33	66	*
	1 h 15		18	35	71	*
	1 h 20	1	21	37	75	*
	1 h 25	3	23	38	82	*
	1 h 30	5	24	39	88	*
42 m	5					C
	10				2	E
	15				5	G
	20			1	12	I
	25			3	22	J
	30			6	31	L
	35			11	37	M
	40		1	16	43	N
	45		3	21	47	*
	50		6	24	50	*
	55		8	29	55	*
	1 h 00		13	30	60	*
45 m	5					C
	10				3	F
	15			1	6	H
	20			3	15	I
	25			5	25	K
	30			9	35	L
	35		1	15	40	M
	40		3	20	46	N
	45		6	24	50	*
	50		10	28	54	*
	55		14	30	60	*
	1 h 00	1	18	32	65	*

Profondeur	Durée de plongée	15 m	Durée paliers 12 m	9 m	6 m	3 m	GPS
48 m	5						D
	10					4	F
	15				2	7	H
	20				4	19	J
	25				7	30	K
	30			1	12	37	M
	35			3	18	44	N
	40			6	23	48	O
	45			10	27	53	*
	50		1	14	30	59	*
	55		2	18	32	64	*
	1 h 00		5	19	36	70	*
50 m	5					1	D
	10					4	F
	15				2	9	H
	20				4	22	J
	25			1	8	32	L
	30			2	14	39	M
	35			5	20	45	N
	40			9	24	50	O
	45		1	12	29	55	*
	50		2	17	30	62	*
	55		5	19	34	67	*
	1 h 00		8	21	37	74	*
52 m	5					1	D
	10				1	4	F
	15				3	10	I
	20			1	5	23	K
	25			2	9	34	L
	30			4	15	41	M
	35			6	22	47	O
	40		1	10	26	52	O
	45		2	15	29	59	*
	50		5	17	32	64	*
	55		8	19	36	71	*
	1 h 00		11	22	38	78	*
55 m	5					1	D
	10				1	5	G
	15				4	13	I
	20			1	6	27	K
	25			3	11	37	M
	30			6	18	44	N
	35		1	9	23	50	O
	40		3	12	29	55	P
	45		5	17	31	62	*
	50		8	19	35	69	*
	55		12	22	37	76	*
	1 h 00	2	14	24	39	86	*
58 m	5					2	D
	10				2	5	G
	15			1	4	16	J
	20			2	7	30	K
	25			4	13	40	M
	30		1	7	21	46	N
	35		2	11	26	52	O
	40		5	15	30	59	P
	45		8	18	33	66	*
	50	1	11	21	37	74	*
	55	3	14	23	39	83	*
	1 h 00	5	16	25	42	92	*
60 m	5					2	D
	10				2	6	G
	15			1	4	19	J
	20			3	8	32	L
	25			5	15	41	M
	30		1	8	22	48	O
	35		4	11	28	54	P
	40		6	17	30	62	P
	45	1	9	19	35	69	*
	50	2	13	22	37	78	*
	55	5	15	24	40	88	*
	1 h 00	7	17	26	44	96	*
62 m	5					2	*
	10				2	7	*
	15			1	5	21	*
65 m	5					3	*
	10				3	8	*
	15			2	5	24	*

*** successive interdite : délai 12 h 00; vitesse de remontée : 15 à 17 m / min; vitesse de changement de palier : 1 m / 10 s**

© Jean-Noël TRUCCO

Tableaux de plongées successives

TABLEAU 1 : Détermination de l'Azote résiduel

GPS	Intervalles																							
	0.15	0.30	0.45	1.00	1.30	2.00	2.30	3.00	3.30	4.00	4.30	5.00	5.30	6.00	6.30	7.00	7.30	8.00	8.30	9.00	9.30	10.00	10.30	11.00	11.30	12.00
A	0.84	0.83	0.83	0.83	0.82	0.82	0.82	0.81	0.81	0.81	0.81	0.81	0.81	0.81												
B	0.88	0.88	0.87	0.86	0.85	0.85	0.84	0.83	0.83	0.82	0.82	0.82	0.81	0.81	0.81	0.81	0.81	0.81								
C	0.92	0.91	0.90	0.89	0.88	0.87	0.85	0.85	0.84	0.83	0.83	0.82	0.82	0.82	0.81	0.81	0.81	0.81	0.81	0.81						
D	0.97	0.95	0.94	0.93	0.91	0.89	0.88	0.86	0.85	0.85	0.84	0.83	0.83	0.82	0.82	0.82	0.81	0.81	0.81	0.81	0.81	0.81				
E	1.00	0.98	0.97	0.96	0.93	0.91	0.89	0.88	0.87	0.86	0.85	0.84	0.83	0.83	0.82	0.82	0.82	0.81	0.81	0.81	0.81	0.81	0.81			
F	1.05	1.03	1.01	0.99	0.96	0.94	0.91	0.90	0.88	0.87	0.86	0.85	0.84	0.83	0.83	0.82	0.82	0.82	0.81	0.81	0.81	0.81	0.81	0.81	0.81	
G	1.08	1.06	1.04	1.02	0.98	0.96	0.93	0.91	0.89	0.88	0.87	0.85	0.85	0.84	0.83	0.83	0.82	0.82	0.82	0.81	0.81	0.81	0.81	0.81	0.81	
H	1.13	1.10	1.08	1.05	1.01	0.98	0.95	0.93	0.91	0.89	0.88	0.86	0.85	0.85	0.84	0.83	0.83	0.82	0.82	0.82	0.81	0.81	0.81	0.81	0.81	0.81
I	1.17	1.14	1.11	1.08	1.04	1.00	0.97	0.94	0.92	0.90	0.88	0.87	0.86	0.85	0.84	0.84	0.83	0.83	0.82	0.82	0.81	0.81	0.81	0.81	0.81	0.81
J	1.20	1.17	1.14	1.11	1.06	1.02	0.98	0.96	0.93	0.91	0.89	0.88	0.87	0.86	0.85	0.84	0.83	0.83	0.82	0.82	0.82	0.81	0.81	0.81	0.81	0.81
K	1.25	1.21	1.18	1.15	1.09	1.04	1.01	0.97	0.95	0.92	0.90	0.89	0.87	0.86	0.85	0.84	0.84	0.83	0.83	0.82	0.82	0.82	0.81	0.81	0.81	0.81
L	1.29	1.25	1.21	1.17	1.12	1.07	1.02	0.99	0.96	0.93	0.91	0.89	0.88	0.87	0.86	0.85	0.84	0.83	0.83	0.82	0.82	0.82	0.81	0.81	0.81	0.81
M	1.33	1.29	1.25	1.21	1.14	1.09	1.04	1.01	0.97	0.94	0.92	0.90	0.89	0.87	0.86	0.85	0.84	0.84	0.83	0.83	0.82	0.82	0.82	0.81	0.81	0.81
N	1.37	1.32	1.28	1.24	1.17	1.11	1.06	1.02	0.98	0.95	0.93	0.91	0.89	0.88	0.87	0.85	0.85	0.84	0.83	0.83	0.82	0.82	0.82	0.81	0.81	0.81
O	1.41	1.36	1.32	1.27	1.20	1.13	1.08	1.04	1.00	0.97	0.94	0.92	0.90	0.88	0.87	0.86	0.85	0.84	0.84	0.83	0.82	0.82	0.82	0.81	0.81	0.81
P	1.45	1.40	1.35	1.30	1.22	1.15	1.10	1.05	1.01	0.98	0.95	0.93	0.91	0.89	0.87	0.86	0.85	0.84	0.84	0.83	0.83	0.82	0.82	0.82	0.81	0.81

TABLEAU 2 : Détermination de la majoration

Azote résiduel	Profondeur de la deuxième plongée																			
	12 m	15 m	18 m	20 m	22 m	25 m	28 m	30 m	32 m	35 m	38 m	40 m	42 m	45 m	48 m	50 m	52 m	55 m	58 m	60 m
0,82	4	3	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
0,84	7	6	5	4	4	3	3	3	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1
0,86	11	9	7	7	6	5	5	4	4	4	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2
0,89	17	13	11	10	9	8	7	7	6	6	5	5	5	4	4	4	4	4	3	3
0,92	23	18	15	13	12	11	10	9	8	8	7	7	6	6	5	5	5	5	5	4
0,95	29	23	19	17	15	13	12	11	10	10	9	8	8	7	7	7	6	6	6	5
0,99	38	30	24	22	20	17	15	14	13	12	11	11	10	9	9	8	8	8	7	7
1,03	47	37	30	27	24	21	19	17	16	15	14	13	12	11	11	10	10	9	9	9
1,07	57	44	36	32	29	25	22	21	19	18	16	15	15	13	13	12	12	11	10	10
1,11	68	52	42	37	34	29	26	24	22	20	19	18	17	16	15	14	13	13	12	12
1,16	81	62	50	44	40	34	30	28	26	24	22	21	20	18	17	16	16	15	14	13
1,20	93	70	56	50	45	39	34	32	29	27	24	23	22	20	19	18	18	17	16	15
1,24	106	79	63	56	50	43	38	35	33	30	27	26	24	23	21	20	19	18	17	17
1,29	124	91	72	63	56	49	43	40	37	33	30	29	27	25	24	23	22	20	19	19
1,33	139	101	79	70	62	53	47	43	40	36	33	31	30	28	26	25	24	22	21	20
1,38	160	114	89	78	69	59	52	48	44	40	37	35	33	30	28	27	26	24	23	22
1,42	180	126	97	85	75	64	56	52	48	43	39	37	35	33	30	29	28	26	25	24
1,45	196	135	104	90	80	68	59	55	51	46	42	39	37	34	32	31	29	28	26	25

TABLEAU 3 : Diminution de l'Azote résiduel par inhalation d'oxygène pur en surface

Groupe successive	Equivalent Azote	Durée de respiration d'oxygène													
		0.15	0.30	0.45	1.00	1.15	1.30	1.45	2.00	2.15	2.30	2.45	3.00	3.15	3.30
A	**0.84**	0.80													
B	**0.89**	0.85	0.82	0.79											
C	**0.93**	0.89	0.85	0.82	0.79										
D	**0.98**	0.94	0.90	0.86	0.82	0.80									
E	**1.02**	0.98	0.94	0.90	0.86	0.82	0.80								
F	**1.07**	1.02	0.98	0.94	0.90	0.86	0.82	0.80							
G	**1.11**	1.06	1.02	0.97	0.93	0.90	0.86	0.82	0.80						
H	**1.16**	1.11	1.06	1.02	0.97	0.93	0.89	0.86	0.82	0.80					
I	**1.20**	1.15	1.10	1.05	1.01	0.97	0.93	0.89	0.85	0.81	0.80				
J	**1.24**	1.19	1.14	1.09	1.04	1.00	0.96	0.92	0.89	0.86	0.81	0.79			
K	**1.29**	1.24	1.18	1.13	1.08	1.04	0.99	0.95	0.91	0.87	0.84	0.80			
L	**1.33**	1.27	1.22	1.17	1.12	1.07	1.03	0.99	0.94	0.91	0.86	0.83	0.79		
M	**1.38**	1.32	1.27	1.21	1.16	1.11	1.06	1.02	0.98	0.93	0.89	0.86	0.82	0.79	
N	**1.42**	1.36	1.30	1.25	1.19	1.14	1.09	1.05	1.00	0.96	0.92	0.88	0.84	0.81	0.79
O	**1.47**	1.41	1.35	1.29	1.24	1.19	1.13	1.09	1.04	1.00	0.95	0.91	0.88	0.84	0.80
P	**1.51**	1.45	1.38	1.33	1.27	1.22	1.16	1.11	1.07	1.02	0.98	0.94	0.90	0.86	0.82

(Période 240 min : effet vasoconstricteur de l'oxygène)

© Jean-Noël TRUCCO

SERMENT D'HIPPOCRATE

« Au moment d'être admise à exercer la médecine, je promets et je jure d'être fidèle aux lois de l'honneur et de la probité.

Mon premier souci sera de rétablir, de préserver ou de promouvoir la santé dans tous ses éléments, physiques et mentaux, individuels et sociaux.

Je respecterai toutes les personnes, leur autonomie et leur volonté, sans aucune discrimination selon leur état ou leurs convictions.

J'interviendrai pour les protéger si elles sont affaiblies, vulnérables ou menacées dans leur intégrité ou leur dignité. Même sous la contrainte, je ne ferai pas usage de mes connaissances contre les lois de l'humanité.

J'informerai les patients des décisions envisagées, de leurs raisons et de leurs conséquences. Je ne tromperai jamais leur confiance et n'exploiterai pas le pouvoir hérité des circonstances pour forcer les consciences.

Je donnerai mes soins à l'indigent et à quiconque me le demandera. Je ne me laisserai pas influencer par la soif du gain ou la recherche de la gloire.

Admise dans l'intimité des personnes, je tairai les secrets qui me seront confiés. Reçue à l'intérieur des maisons, je respecterai les secrets des foyers et ma conduite ne servira pas à corrompre les mœurs.

Je ferai tout pour soulager les souffrances. Je ne prolongerai pas abusivement les agonies. Je ne provoquerai jamais la mort délibérément.

Je préserverai l'indépendance nécessaire à l'accomplissement de ma mission. Je n'entreprendrai rien qui dépasse mes compétences. Je les entretiendrai et les perfectionnerai pour assurer au mieux les services qui me seront demandés.

J'apporterai mon aide à mes confrères ainsi qu'à leurs familles dans l'adversité.

Que les hommes et mes confrères m'accordent leur estime si je suis fidèle à mes promesses ; que je sois déshonorée et méprisée si j'y manque. »

RESUME en français :

Introduction: La plongée sous-marine en scaphandre autonome vit un essor particulier sur l'île de la Réunion. La plongée «hors structure» est habituellement qualifiée de plus à risque que la plongée «en structure». Nous avons donc voulu définir la population de plongeurs accidentés «hors structure» et comparer les accidents relevés avec les accidents «en structure» sur la même période (1982 à 2012) sur l'île de la Réunion.
Résultats: Notre population est de 495 accidentés de 1982 à 2012. 368 en structure soit 74%, et 127 hors structure soit 26%. La population hors structure a montré des différences significatives sur: le sexe, le lieu de résidence, le niveau, la possession d'une licence et l'utilisation d'un ordinateur. Mais aussi sur la localisation, le type et la profondeur des plongées en cause. D'autre part on note une différence sur la prise en charge pré-hospitalière avec l'administration d'aspirine et d'oxygène. Les accidents sont aussi statistiquement différents sur leur type, leur gravité et leurs séquelles. Et enfin les problèmes de procédure et les facteurs favorisants ayant amené ces accidents diffèrent entre les deux groupes.
Conclusion: Les plongeurs «hors structure» plongent de façon plus risquée que les plongeurs «en structure», ils ont une moins bonne prise en charge pour les premiers soins et présentent des accidents plus graves avec plus de séquelles. Une meilleure prévention pourrait être réalisée auprès de cette population par les loueurs ou vendeurs de matériel. Afin de réduire efficacement le nombre d'accident, ces plongeurs auraient manifestement besoin de meilleures connaissances théoriques ce qui tendrait vers un passage de niveau obligatoire pour tout plongeur en scaphandre autonome souhaitant plonger «hors structure». Enfin, l'obtention d'une licence accompagnée d'une consultation médicale préalable serait souhaitable chez l'ensemble de ces plongeurs.

TITRE en anglais :

Scuba diving accidents in Reunion Island from 1982 to 2012: Comparison of the accidents in structure and off structure.

DISCIPLINE : MEDECINE GENERALE – ANNEE 2014

MOTS CLEFS :

Caisson Hyperbare, Accidents de Plongée, Île de la Réunion, Plongée sous-marine, Accident de décompression.

INTITULE ET ADRESSE DE L'U.F.R.

Université Bordeaux Segalen
146 rue Leo Saignat 33076 BORDEAUX Cedex