



**HAL**  
open science

# La plongée scientifique : perception des risques hyperbares par une équipe de chercheurs en biologie marine

Benjamin Collignon

► **To cite this version:**

Benjamin Collignon. La plongée scientifique : perception des risques hyperbares par une équipe de chercheurs en biologie marine. Médecine humaine et pathologie. 2018. dumas-01956373

**HAL Id: dumas-01956373**

**<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-01956373>**

Submitted on 15 Dec 2018

**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.

UNIVERSITE NICE SOPHIA ANTIPOLIS

FACULTE DE MEDECINE

**La plongée scientifique :  
Perception des risques hyperbares par une équipe de  
chercheurs en biologie marine.**

**Thèse d'exercice de Médecine**

Pour obtention du grade de Docteur en Médecine

Spécialité Médecine du travail (diplôme d'état)

Présentée et soutenue publiquement par

**Benjamin COLLIGNON**

Née le 11/12/1990 à Toulon

Le 10 octobre 2018

JURY DE THESE

Président du jury :

Monsieur le Professeur PRADIER Christian

Assesseurs :

Monsieur le Professeur BENOIT Michel  
Monsieur le Professeur SANTINI Joseph

Directeurs de thèse :

Monsieur le Docteur KAUERT Andréas  
Madame le Docteur REBOUILLAT-SAVY Carine



Liste des enseignants au 1er septembre 2018 à la Faculté de Médecine de Nice

**Doyen**

**Pr. BAQUÉ Patrick**

**Vice-doyens**

**Pédagogie  
Recherche  
Étudiants**

**Pr. ALUNNI Véronique  
Pr DELLAMONICA Jean  
M. JOUAN Robin**

**Chargé de mission projet Campus**

**Pr. PAQUIS Philippe**

Conservateur de la bibliothèque

Mme AMSELLE Danièle

Directrice administrative des services

Mme CALLEA Isabelle

Doyens Honoraires

M. AYRAUD Noël  
M. RAMPAL Patrick  
M. BENCHIMOL Daniel

## Liste des enseignants au 1er septembre 2018 à la Faculté de Médecine de Nice

## PROFESSEURS CLASSE EXCEPTIONNELLE

M.	AMIÉL Jean	Urologie (52.04)
M.	BAQUÉ Patrick	Anatomie - Chirurgie Générale (42.01)
M.	BERNARDIN Gilles	Réanimation Médicale (48.02)
M.	BOILEAU Pascal	Chirurgie Orthopédique et Traumatologique (50.02)
M.	DARCOURT Jacques	Biophysique et Médecine Nucléaire (43.01)
M.	ESNAULT Vincent	Néphrologie (52-03)
M.	FENICHEL Patrick	Biologie du Développement et de la Reproduction (54.05)
M.	FUZIBET Jean-Gabriel	Médecine Interne (53.01)
M.	GILSON Éric	Biologie Cellulaire (44.03)
M.	GUGENHEIM Jean	Chirurgie Digestive (52.02)
M.	HASSEN KHODJA Reda	Chirurgie Vasculaire (51.04)
M.	HÉBUTERNE Xavier	Nutrition (44.04)
M.	HOFMAN Paul	Anatomie et Cytologie Pathologiques (42.03)
Mme	ICHAÏ Carole	Anesthésiologie et Réanimation Chirurgicale (48.01)
M.	LACOUR Jean-Philippe	Dermato-Vénérologie (50.03)
M.	LEFTHERIOTIS Geogres	Chirurgie vasculaire ; médecine vasculaire (51.04)
M.	MARQUETTE Charles-Hugo	Pneumologie (51.01)
M.	MARTY Pierre	Parasitologie et Mycologie (45.02)
M.	MICHIÉLS Jean-François	Anatomie et Cytologie Pathologiques (42.03)
M.	MOUROUX Jérôme	Chirurgie Thoracique et Cardiovasculaire (51.03)
Mme	PAQUIS Véronique	Génétique (47.04)
M.	PAQUIS Philippe	Neurochirurgie (49.02)
M.	QUATREHOMME Gérald	Médecine Légale et Droit de la Santé (46.03)
M.	RAUCOULES-AIMÉ Marc	Anesthésie et Réanimation Chirurgicale (48.01)
M.	ROBERT Philippe	Psychiatrie d'Adultes (49.03)
M.	SANTINI Joseph	O.R.L. (55.01)
M.	THYSS Antoine	Cancérologie, Radiothérapie (47.02)
M.	TRAN Albert	Hépatogastro-entérologie (52.01)

## Liste des enseignants au 1er septembre 2018 à la Faculté de Médecine de Nice

## PROFESSEURS PREMIERE CLASSE

Mme	ASKENAZY-GITTARD Florence	Pédopsychiatrie (49.04)
M.	BARRANGER Emmanuel	Gynécologie Obstétrique (54.03)
M.	BÉRARD Étienne	Pédiatrie (54.01)
Mme	BLANC-PEDEUTOUR Florence	Cancérologie – Génétique (47.02)
M.	BONGAIN André	Gynécologie-Obstétrique (54.03)
Mme	BREUIL Véronique	Rhumatologie (50.01)
M.	CASTILLO Laurent	O.R.L. (55.01)
M.	CHEVALLIER Patrick	Radiologie et Imagerie Médicale (43.02)
M.	DE PERETTI Fernand	Anatomie-Chirurgie Orthopédique (42.01)
M.	DRICI Milou-Daniel	Pharmacologie Clinique (48.03)
M.	FERRARI Émile	Cardiologie (51.02)
M.	FERRERO Jean-Marc	Cancérologie ; Radiothérapie (47.02)
M.	FONTAINE Denys	Neurochirurgie (49.02)
M.	GIBELIN Pierre	Cardiologie (51.02)
M.	HANNOUN-LEVI Jean-Michel	Cancérologie ; Radiothérapie (47.02)
M.	LEVRAUT Jacques	Anesthésiologie et Réanimation Chirurgicale (48.01)
M.	LONJON Michel	Neurochirurgie (49.02)
M.	MOUNIER Nicolas	Cancérologie, Radiothérapie (47.02)
M.	PADOVANI Bernard	Radiologie et Imagerie Médicale (43.02)
M.	PICHE Thierry	Gastro-entérologie (52.01)
M.	PRADIER Christian	Épidémiologie, Économie de la Santé et Prévention (46.01)
Mme	RAYNAUD Dominique	Hématologie (47.01)
M.	ROSENTHAL Éric	Médecine Interne (53.01)
M.	SCHNEIDER Stéphane	Nutrition (44.04)
M.	STACCINI Pascal	Biostatistiques et Informatique Médicale (46.04)
M.	THOMAS Pierre	Neurologie (49.01)
M.	TROJANI Christophe	Chirurgie Orthopédique et Traumatologique (50.02)

## Liste des enseignants au 1er septembre 2018 à la Faculté de Médecine de Nice

## PROFESSEURS DEUXIEME CLASSE

Mme	ALUNNI Véronique	Médecine Légale et Droit de la Santé (46.03)
M.	ANTY Rodolphe	Gastro-entérologie (52.01)
M.	BAHADORAN Philippe	Cytologie et Histologie (42.02)
Mme	BAILLIF Stéphanie	Ophtalmologie (55.02)
Mme	BANNWARTH Sylvie	Génétique (47.04)
M.	BENIZRI Emmanuel	Chirurgie Générale (53.02)
M.	BENOIT Michel	Psychiatrie (49.03)
M.	BOZEC Alexandre	ORL- Cancérologie (47.02)
M.	BREAUD Jean	Chirurgie Infantile (54.02)
M.	CHEVALIER Nicolas	Endocrinologie, Diabète et Maladies Métaboliques (54.04)
Mme	CHINETTI Giulia	Biochimie-Biologie Moléculaire (44.01)
M.	CLUZEAU Thomas	Hématologie (47.01)
M.	DELLAMONICA Jean	Réanimation médicale (48.02)
M.	DELOTTE Jérôme	Gynécologie-obstétrique (54.03)
M.	FOURNIER Jean-Paul	Thérapeutique (48-04)
Mlle	GIORDANENGO Valérie	Bactériologie-Virologie (45.01)
Mme	GIOVANNINI-CHAMI Lisa	Pédiatrie (54.01)
M.	GUÉRIN Olivier	Gériatrie (48.04)
M.	IANNELLI Antonio	Chirurgie Digestive (52.02)
M.	ILIE Marius	Anatomie et Cytologie pathologiques (42.03)
M	JEAN BAPTISTE Elixène	Chirurgie vasculaire (51.04)
M.	PASSERON Thierry	Dermato-Vénérologie (50-03)
M.	ROGER Pierre-Marie	Maladies Infectieuses ; Maladies Tropicales (45.03)
M.	ROHRLICH Pierre	Pédiatrie (54.01)
M.	ROUX Christian	Rhumatologie (50.01)
M.	RUIMY Raymond	Bactériologie-virologie (45.01)
Mme	SACCONI Sabrina	Neurologie (49.01)
M.	SADOUL Jean-Louis	Endocrinologie, Diabète et Maladies Métaboliques (54.04)

## Liste des enseignants au 1er septembre 2018 à la Faculté de Médecine de Nice

## MAITRES DE CONFÉRENCES DES UNIVERSITÉS - PRATICIENS HOSPITALIERS

M.	AMBROSETTI Damien	Cytologie et Histologie (42.02)
M.	BENOLIEL José	Biophysique et Médecine Nucléaire (43.01)
Mme	BERNARD-POMIER Ghislaine	Immunologie (47.03)
M.	BRONSARD Nicolas	Anatomie Chirurgie Orthopédique et Traumatologique (42.01)
Mme	BUREL-VANDENBOS Fanny	Anatomie et Cytologie pathologiques (42.03)
M.	DOGLIO Alain	Bactériologie-Virologie (45.01)
M	DOYEN Jérôme	Radiothérapie (47.02)
M	FAVRE Guillaume	Néphrologie (52.03)
M.	FOSSE Thierry	Bactériologie-Virologie-Hygiène (45.01)
M.	GARRAFFO Rodolphe	Pharmacologie Fondamentale (48.03)
Mme	HINAULT Charlotte	Biochimie et biologie moléculaire (44.01)
M.	HUMBERT Olivier	Biophysique et Médecine Nucléaire (43.01)
Mme	LAMY Brigitte	Bactériologie-virologie ( 45.01)
Mme	LONG-MIRA Elodie	Cytologie et Histologie (42.02)
Mme	MAGNIÉ Marie-Noëlle	Physiologie (44.02)
Mme	MOCERI Pamela	Cardiologie (51.02)
M.	MONTAUDIE Henri	Dermatologie (50.03)
Mme	MUSSO-LASSALLE Sandra	Anatomie et Cytologie pathologiques (42.03)
M.	NAÏMI Mourad	Biochimie et Biologie moléculaire (44.01)
Mme	POMARES Christelle	Parasitologie et mycologie (45.02)
M.	SAVOLDELLI Charles	Chirurgie maxillo-faciale et stomatologie (55.03)
Mme	SEITZ-POLSKI barbara	Immunologie (47.03)
M.	TESTA Jean	Épidémiologie Économie de la Santé et Prévention (46.01)
M.	TOULON Pierre	Hématologie et Transfusion (47.01)

## Liste des enseignants au 1er septembre 2018 à la Faculté de Médecine de Nice

## PROFESSEUR DES UNIVERSITÉS

M. HOFLIGER Philippe Médecine Générale (53.03)

## MAITRE DE CONFÉRENCES DES UNIVERSITÉS

M. DARMON David Médecine Générale (53.03)

## PROFESSEURS AGRÉGÉS

Mme LANDI Rebecca Anglais

## PRATICIEN HOSPITALIER UNIVERSITAIRE

M. DURAND Matthieu Urologie (52.04)

## PROFESSEURS ASSOCIÉS

M. GARDON Gilles Médecine Générale (53.03)  
Mme MONNIER Brigitte Médecine Générale (53.03)

## MAITRES DE CONFÉRENCES ASSOCIÉS

Mme CASTA Céline Médecine Générale (53.03)  
M. GASPERINI Fabrice Médecine Générale (53.03)  
M. HOGU Nicolas Médecine Générale (53.03)



## Liste des enseignants au 1er septembre 2018 à la Faculté de Médecine de Nice

## Constitution du jury en qualité de 4ème membre

## Professeurs Honoraires

M ALBERTINI Marc	M. GÉRARD Jean-Pierre
M. BALAS Daniel	M. GILLET Jean-Yves
M. BATT Michel	M. GRELLIER Patrick
M. BLAIVE Bruno	M. GRIMAUD Dominique
M. BOQUET Patrice	M. HARTER Michel
M. BOURGEON André	M. JOURDAN Jacques
M. BOUTTÉ Patrick	M. LAMBERT Jean-Claude
M. BRUNETON Jean-Noël	M. LAZDUNSKI Michel
Mme BUSSIERE Françoise	M. LEFEBVRE Jean-Claude
M. CAMOUS Jean-Pierre	M. LE FICHOUX Yves
M. CANIVET Bertrand	Mme LEBRETON Elisabeth
M. CASSUTO Jill-patrice	M. LOUBIERE Robert
M. CHATEL Marcel	M. MARIANI Roger
M. COUSSEMENT Alain	M. MASSEYEFF René
Mme CRENESSE Dominique	M. MATTEI Mathieu
M. DARCOURT Guy	M. MOUIEL Jean
M. DELLAMONICA Pierre	Mme MYQUEL Martine
M. DELMONT Jean	M. ORTONNE Jean-Paul
M. DEMARD François	M. PRINGUEY Dominique
M. DESNUELLE Claude	M. SAUTRON Jean Baptiste
M. DOLISI Claude	M. SCHNEIDER Maurice
Mme EULLER-ZIEGLER Liana	M. TOUBOL Jacques
M . FRANCO Alain	M. TRAN Dinh Khiem
M. FREYCHET Pierre	M.VANOBBBERGHEN Emmanuel
M. GASTAUD Pierre	M. ZIEGLER Gérard

## M.C.U. Honoraires

M. ARNOLD Jacques	M. GIUDICELLI Jean
M. BASTERIS Bernard	M. MAGNÉ Jacques
Mlle CHICHMANIAN Rose-Marie	Mme MEMRAN Nadine
Mme DONZEAU Michèle	M. MENGUAL Raymond
M. EMILIOZZI Roméo	M. PHILIP Patrick
M. FRANKEN Philippe	M. POIRÉE Jean-Claude
M. GASTAUD Marcel	Mme ROURE Marie-Claire

## Remerciements :

Monsieur le Professeur Christian PRADIER,

Merci de me faire l'honneur de présider ce jury. Je vous remercie sincèrement pour votre disponibilité et vos précieux conseils au lancement de ce travail. Veuillez recevoir mes sentiments d'estime et de haute considération.

Monsieur le Professeur Joseph SANTINI,

Merci de me faire l'honneur d'être membre de ce jury. Veuillez recevoir l'expression de ma sincère et respectueuse reconnaissance.

Monsieur le Professeur Michel BENOIT,

Merci de me faire l'honneur d'être membre de ce jury. Je tiens à vous témoigner toute ma reconnaissance et mon respect.

Madame le Docteur Carine REBOUILLAT-SAVY,

Je tiens à exprimer toute ma reconnaissance pour la confiance que tu m'as accordée pour mener ce travail. Je te remercie pour ton soutien, tes conseils et ta patience tout au long de celui-ci mais également durant ces quatre années d'internat.

Monsieur le Docteur Andréas KAUERT,

Merci de m'avoir guidé lors de ce travail. Je vous suis sincèrement reconnaissant pour votre écoute et votre accompagnement au cours de celui-ci. Je vous remercie également de votre enseignement lors du DIU de médecine subaquatique et hyperbare.

## TABLE DES MATIERES

<b>I/ INTRODUCTION .....</b>	<b>12</b>
<b>II/ Matériel et méthode.....</b>	<b>15</b>
<b>II-1/ Population.....</b>	<b>15</b>
<b>II-2 / Phase d'observation et d'analyse des conditions de pratique de la plongée scientifique ...</b>	<b>15</b>
<b>II-2-1 / Lieux et période .....</b>	<b>15</b>
<b>II-2-2 / Déroulement.....</b>	<b>15</b>
<b>II-3/ Phase d'évaluation des connaissances et de la perception des risques en plongée. ....</b>	<b>16</b>
<b>II-3-1 / Choix de la méthode.....</b>	<b>16</b>
<b>II-3-2/ Le guide d'entretien .....</b>	<b>16</b>
<b>II-3-2-1/ Elaboration .....</b>	<b>16</b>
<b>II-3-2-2/ Validation .....</b>	<b>17</b>
<b>II-3-3/ Organisation des entretiens.....</b>	<b>17</b>
<b>II-3-3-1/ Lieu, date et durée .....</b>	<b>17</b>
<b>II-3-3-2/ Déroulement .....</b>	<b>17</b>
<b>II-3-3-3/ Nombre d'entretien .....</b>	<b>17</b>
<b>II-3-4/ Traitement et analyse des données.....</b>	<b>18</b>
<b>II-3-5/ Règle éthique.....</b>	<b>18</b>
<b>III/ RESULTATS .....</b>	<b>19</b>
<b>III-1 / Résultats de l'étude des conditions de plongée au sein du laboratoire.....</b>	<b>19</b>
<b>III-2 / Résultats de l'évaluation des connaissances, de la perception des risques hyperbares et des mesures de prévention par les plongeurs scientifiques.....</b>	<b>23</b>
<b>III-2-1/Résultats descriptifs : .....</b>	<b>23</b>
<b>III-2-1-1/ Sexe :.....</b>	<b>23</b>
<b>III-2-1-2/ Age : .....</b>	<b>23</b>
<b>III-2-1-3/ Années d'expériences : .....</b>	<b>23</b>
<b>III-2-1-4/ Nombre moyen de plongées professionnelles en 2017.....</b>	<b>23</b>
<b>III-2-2/ Résultats qualitatifs :.....</b>	<b>24</b>
<b>III-2-2-1/ Perception de la plongée sous-marine .....</b>	<b>24</b>
<b>III-2-2-1-1/ Les qualités du « bon » plongeur sous-marin .....</b>	<b>24</b>
<b>III-2-2-1-2/ Connaissance et perception des risques en plongée.....</b>	<b>25</b>
<b>III-2-2-2/ Perception des accidents de plongée sous-marine.....</b>	<b>27</b>

III-2-2-3/ Perception des risques professionnels en plongée scientifique.....	29
III-2-2-4/ Perception des mesures de prévention.....	31
III-2-2-5/ Pistes d'améliorations proposées par les plongeurs du laboratoire.....	32
<b>IV/ DISCUSSION.....</b>	<b>34</b>
IV-1/ Discussion des principaux résultats dégagés par l'étude.....	34
IV-1-1/ Perception de la plongée sous-marine.....	34
IV-1-1-1/ Les qualités du « bon » plongeur sous-marin.....	34
IV-1-1-2/ Connaissance et perception des risques en plongée.....	36
IV-1-2/ Perception des accidents de plongée sous-marine.....	38
IV-1-4/ Perception des mesures de prévention.....	43
IV-1-5/ Pistes d'améliorations proposées par les plongeurs du laboratoire.....	44
IV-2/ Limite et force de l'étude.....	47
IV-2-1/ Biais d'interprétation.....	47
IV-2-2/ Biais lié aux entretiens.....	47
IV-2-3/ Biais de sélection.....	48
IV-2-4/ Biais d'implication.....	48
IV-2-5/ Nombre réduit de participants.....	48
<b>V/ CONCLUSION.....</b>	<b>49</b>
<b>BIBLIOGRAPHIE.....</b>	<b>51</b>
<b>ANNEXE.....</b>	<b>54</b>
ANNEXE 1 : Liste des abréviations.....	54
ANNEXE 2 : Guide d'entretien.....	55
ANNEXE 3 : MANUEL DE SÉCURITÉ HYPERBARE.....	56
<b>SERMENT D'HIPPOCRATE.....</b>	<b>78</b>
<b>RESUME.....</b>	<b>79</b>

# I/ INTRODUCTION

Depuis l'Antiquité, de nombreuses expériences ont accompagné le développement de l'exploration sous-marine, au début en apnée, puis ensuite avec divers équipements : outres et sacs gonflés d'air, cloches diverses, cagoules reliées à la surface, scaphandres et masques.

La plongée sous-marine française a été initialement une activité développée par des militaires et des industriels, notamment dans les périodes avant et après-guerre.

Au sein de la communauté scientifique, des chercheurs ont entrepris pour la première fois de se former à la plongée dans les années 1950, dans la perspective d'étendre le champ d'investigation de leur discipline au milieu sous-marin et subaquatique.

La plongée sous-marine est une activité à risques avec des accidents pouvant être mortels ou entraîner de lourdes séquelles. Les affections survenant en milieu hyperbare sont essentiellement la conséquence de l'augmentation de la pression du milieu d'intervention.

Ces phénomènes s'expliquent par des lois physiques :

- La loi de Boyle-Mariotte : quand la pression absolue d'une quantité fixe de gaz augmente, son volume diminue (à température constante) :  $PV = nRT = \text{Constante}$
- La loi de Dalton : la pression partielle d'un gaz dans un mélange gazeux est égale à la pression qu'il aurait s'il occupait seul le même volume. Lorsque la pression augmente, les pressions partielles des gaz constituant un mélange gazeux augmentent dans les mêmes proportions. La pression totale est la somme des pressions partielles. A certaines pressions partielles, certains gaz deviennent toxiques.
- La loi de Henry : à température constante et à saturation, la quantité de gaz dissous dans un liquide est proportionnelle à la pression partielle qu'exerce ce gaz sur le liquide.

Parmi les accidents liés à l'exposition hyperbare, on distingue les **barotraumatismes** consécutifs aux variations des volumes gazeux dans les cavités aériques de l'organisme, les **accidents biochimiques** (également appelés accidents « toxiques »), liés aux variations de pression partielle des gaz ventilés, les **accidents de désaturation (ADD)**, liés à un relargage de gaz sous forme de bulles au moment ou après la décompression, enfin, dans les activités subaquatiques, les **œdèmes pulmonaires d'immersion (OPI)**, à la suite de modifications hémodynamiques et ventilatoires liées aux contraintes environnementales.(1)

Actuellement, l'exposition professionnelle à l'hyperbarie concerne différentes catégories de salariés travaillant sous l'eau ou en milieu hyperbare. Cette pratique est règlementée par le décret 2011-45 du 11 janvier 2011. (2)

Pour intervenir dans un environnement pressurisé, tout travailleur doit être titulaire d'un certificat d'aptitude à l'hyperbarie (CAH) dont la Mention et la Classe spécifient respectivement le type d'activité professionnelle exercée et les zones de pressions (profondeurs) autorisées.

-La Mention A concerne les travaux subaquatiques (activités des scaphandriers) ;

-La Mention B regroupe différents types d'interventions subaquatiques parmi lesquelles les activités physiques ou sportives, l'archéologie sous-marine, la défense, la sécurité civile, etc. Les plongeurs scientifiques relèvent généralement de la mention B ;

-La Mention C concerne les interventions sans immersion pour les personnels affectés à la mise en œuvre des installations hyperbares médicales (médecins, infirmiers, aides-soignants, techniciens...)

-La Mention D concerne principalement les travaux sans immersion effectués par les tubistes dans les tunneliers.

Les classes de ces certificats, définissant la profondeur maximale d'évolution, sont définies comme suit :

-Classe 0 : pression relative maximale n'excédant pas 1200 hectopascals (1,2 bar) ;

-Classe I : pression relative maximale n'excédant pas 3000 hectopascals (3 bars) ;

-Classe II : pression relative maximale n'excédant pas 5000 hectopascals (5 bars) ;

-Classe III : pression relative supérieure à 5000 hectopascals (5 bars).

Selon les statistiques locales du caisson hyperbare du Centre-Hospitalo-Universitaire de Nice, en 2017, 32 accidents de plongée ont été pris en charge à l'Unité de Traitement par Oxygène Hyperbare (UTOH), dont cinq accidents de plongeurs professionnels. En 2016, 43 accidents avec huit plongeurs professionnels ont été recensés. Les accidents non signalés et les décès ne sont pas pris en compte.

Parmi les travailleurs exerçant en milieu hyperbare, les chercheurs en biologie marine utilisent la plongée scientifique dans le cadre de leurs recherches. La plongée scientifique caractérise toute plongée en milieu aquatique marin ou continental dont le but est le recueil de données, d'échantillons ou d'informations à des fins de recherche ou d'enseignement.

En France, cette population représentait environ 250 plongeurs actifs, en 2013, d'après une estimation Colimpha, l'Association Française des Plongeurs Scientifiques.(3)

L'exposition à des variations de pression, telles qu'on les rencontre lors du travail en immersion, nécessite un respect scrupuleux d'un certain nombre de règles techniques, médicales et de sécurité, ainsi que l'acquisition de connaissances solides de manière à éviter la survenue d'accidents.

La prévention ainsi que l'adhésion aux mesures préventives par les plongeurs sont donc essentielles afin de minimiser l'exposition aux risques.

Dans l'apprentissage de la plongée sous-marine loisir, la prise de risques est nécessaire à la progression puis à la maîtrise de l'activité. Les risques et les mesures de prévention sont enseignés durant la formation théorique et pratique de la plongée sous-marine. Pourtant, certaines dérives apparaissent au cours de l'apprentissage de la plongée. La prise de confiance et le contrôle du risque le rendent acceptable pour le plongeur qui éprouve alors un sentiment de sécurité. Le plongeur sous-marin adapte ses conduites aux situations, et parfois transgresse certaines règles communes.(4)

L'étude de la perception du risque a vu le jour à l'occasion d'un débat sur le nucléaire dans les années 60.(5) La psychologie de la perception des risques permet d'expliquer le comportement des individus face aux risques.(6)

Des différences de perception des risques d'accidents, entre plongeurs d'une plateforme pétrolière ayant un niveau de culture de sécurité différent, ont été mis en avant dans une étude écossaise.(7)

Il existe un lien entre la manière dont le risque est perçu et l'adoption d'un comportement de protection. La sous-estimation du risque induit des défauts de prise en charge et aboutit à des accidents ou des événements indésirables.(8)

L'étude de la perception permet, de mieux appréhender la réceptivité des individus face aux actions de prévention.(9)

Nous nous sommes donc intéressés à la perception des risques en plongée professionnelle par les travailleurs hyperbares et plus spécifiquement au sein de la plongée scientifique.

L'objectif principal de notre étude est l'évaluation de la perception des risques en plongée scientifique par les chercheurs afin de proposer des actions de prévention.

Objectifs secondaires :

- Etudier les conditions de pratiques de la plongée scientifique sur le terrain
- Faire l'état des lieux des connaissances des risques hyperbares par les plongeurs scientifiques
- Evaluer leur pratique/ressenti concernant les mesures de prévention existantes.
- Etablissement d'un manuel de sécurité hyperbare en collaboration avec les plongeurs.

## **II/ Matériel et méthode**

### **II-1/ Population**

La population étudiée est une équipe de chercheurs en biologie marine d'un laboratoire des Alpes-Maritimes. Ils utilisent la plongée scientifique dans le cadre de leur recherche en écologie marine, en écotoxicologie et en chimie des pollutions en France et à l'étranger.

Afin de limiter les freins des chercheurs à se livrer sur certains sujets, nous avons décidé de ne pas citer le nom du laboratoire.

Au sein de l'équipe du laboratoire, seuls les scientifiques ayant une qualification en tant que plongeur professionnel, c'est-à-dire disposant d'un certificat d'aptitude à l'hyperbarie ont été sélectionnés, soit 10 chercheurs.

À la suite d'une rencontre organisée dans les locaux, afin de présenter la méthodologie et le sujet de l'étude, tous les chercheurs ont accepté de participer à l'étude.

### **II-2 / Phase d'observation et d'analyse des conditions de pratique de la plongée scientifique**

#### **II-2-1 / Lieux et période**

Nous sommes intervenus dans le cadre d'une mission locale réalisée par les chercheurs en collaboration avec un second laboratoire.

Nous avons observé leurs conditions de travail pendant leurs activités, depuis le départ des locaux du laboratoire.

L'étude s'est déroulée lors d'une sortie dans la baie de Villefranche-sur-Mer le 27/07/2018.

#### **II-2-2 / Déroulement**

Nous sommes intervenus en tant qu'observateur, en se faisant le plus discret possible afin d'éviter toutes perturbations des chercheurs. Nous avons observé la préparation du matériel, la planification de la plongée. Nous sommes restés sur le bateau de plongée le temps de la mise à l'eau des plongeurs puis nous les avons rejoints pour la réalisation de quelques clichés et l'observation des conditions de plongée.

Après observation du travail des chercheurs, l'ensemble des remarques a été consigné par écrit.

Pour aider dans cette démarche, des photographies ont été réalisées sur le bateau et en immersion.

Ceci nous a permis d'étudier l'application des mesures de sécurité, les gestes et les postures adoptés sur le terrain.



## **II-3/ Phase d'évaluation des connaissances et de la perception des risques en plongée.**

Nous avons souhaité réaliser une **étude qualitative**, prospective, comprenant la réalisation de dix **entretiens semi-dirigés** de chercheurs d'un laboratoire en biologie marine.

### **II-3-1 / Choix de la méthode**

La **recherche qualitative** est un type d'étude adaptée à l'exploration des représentations des participants(10). Cette méthode permet d'appréhender les expériences, le vécu et le ressenti vis-à-vis d'une pratique. Il s'agit d'une approche adaptée pour mettre en valeur la perception des risques en plongée sous-marine et les comportements concernant les mesures de prévention.

Pour évaluer les perceptions des interrogés, deux méthodes étaient envisageables dans le contexte de notre étude : le « focus groupe » et les « entretiens individuels ».

Les entretiens par « focus groupe » présentent certains avantages mais dans ce contexte de compréhension des perceptions de chacun, nous nous sommes orientés vers la réalisation d'entretiens individuels afin d'éviter les phénomènes d'influence intragroupe et les mimétismes inter-participants, d'autant que les participants ont des rapports hiérarchiques les uns envers les autres(11).

L'élaboration préalable d'un guide d'entretien permet de structurer la rencontre avec le sujet interrogé et de définir les différents thèmes à aborder, tout en restant ouvert à l'émergence de nouveaux concepts : **l'entretien** est alors **semi-dirigé**. Le guide d'entretien sert alors de fil conducteur tout au long de l'interview.

Durant l'entretien, une attitude d'écoute bienveillante et empathique de l'enquêteur est nécessaire afin de libérer la parole de l'interviewé et assurer une communication authentique et indépendante.(12)

L'intérêt de ces entretiens était d'évaluer la conscience du risque, la gravité perçue des activités à risque, la connaissance des procédures et des conduites à tenir en cas d'accidents de plongée, la connaissance des mesures de prévention et les obstacles à leur mise en œuvre, ainsi que les points d'amélioration proposés par les chercheurs.

### **II-3-2/ Le guide d'entretien**

#### **II-3-2-1/ Elaboration**

La réalisation du guide d'entretien s'est faite après lecture attentive de la bibliographie.

Les termes médicaux trop spécialisés ont été évités pour favoriser la compréhension des questions.

Le nombre de questions a été volontairement limité afin de ne pas rendre l'entretien trop long pour les personnes interrogées et faciliter leur adhésion à l'étude.

La construction du guide d'entretien s'est articulée autour de 5 parties :

- Le parcours de vie
- La perception de la plongée sous-marine
- La connaissance et perception des risques en plongée sous-marine
- La perception des risques en plongée scientifique
- Le rapport aux règles de prévention

### **II-3-2-2/ Validation**

L'entretien a été soumis à l'expertise d'une psychologue du travail (habituée à ce type de méthodologie) et aux deux Directeurs de thèse, Docteur KAUERT, médecin responsable de l'UTOH au C.H.U de Nice et le Docteur REBOUILLAT-SAVY, médecin du travail responsable du Service de Médecine Préventive des Personnels de l'Université Nice Sophia Antipolis.

### **II-3-3/ Organisation des entretiens**

#### **II-3-3-1/ Lieu, date et durée**

Les entretiens se sont déroulés d'avril à juin 2018. Ils ont été réalisés dans un bureau, au calme, sur le lieu d'exercice de l'interviewé afin de diminuer les contraintes pour celui-ci.

La durée de chaque entretien a été consignée selon la durée d'enregistrement, une fois les présentations faites. La durée moyenne des entretiens était de 40 minutes.

#### **II-3-3-2/ Déroulement**

Les entretiens se sont déroulés en face-à-face. Ils ont tous débutés par une brève présentation de l'étude, le rappel de la clause de confidentialité, et le recueil des données sociodémographiques.

Après signature d'un consentement pour l'enregistrement numérique, l'entretien et son enregistrement pouvait débuter.

Les entretiens ont été enregistrés au moyen d'un enregistreur numérique YOHOOLYO SV801.

#### **II-3-3-3/ Nombre d'entretien**

La saturation des données a été obtenue avant le dixième entretien, mais nous avons poursuivi les entretiens jusqu'au dixième afin d'interroger tous les plongeurs du laboratoire et de s'assurer de l'absence d'émergence d'idées nouvelles.

### **II-3-4/ Traitement et analyse des données**

Chaque entretien a, par la suite, été retranscrit sur un document Word en prenant soin de retranscrire également les émotions, les silences, afin d'avoir une représentation la plus fidèle possible du déroulé de l'interview.

Cela explique que certaines erreurs de syntaxe persistent et que certaines phrases soient interrompues avant leur fin. Ces dernières ont été ponctuées de points de suspension, lorsque le sujet marquait une pause plus appuyée. Les noms cités étaient remplacés par une lettre. Certaines phrases sont parfois ponctuées du symbole [...] pour signifier le retrait de certaines paroles du sujet jugées non pertinentes pour l'analyse.

Les citations extraites pour illustrer les données de l'analyse ont été ponctuées d'un « E » pour « entretien » et d'un chiffre de 1 à 10 correspondant à la chronologie de réalisation des entretiens.

L'analyse a été réalisée à l'aide du logiciel N'Vivo, avec lequel nous avons extrait des éléments de conversation (Verbatim) jugés pertinents. Les idées fortes ressortant de la conversation ont été regroupées par thèmes appelés « nœuds ». Ils étaient à leur tour déclinés en sous-catégories de « nœuds » selon la particularité de l'idée émise.

### **II-3-5/ Règle éthique**

La participation était volontaire et anonyme, conformément aux dispositions de la loi du 6 août 2004.

Le traitement des données ayant servi à cette étude a été réalisé avec l'accord du correspondant de la Délégation de la Recherche Clinique et de l'Innovation (DRCI) du C.H.U de Nice.

## III/ RESULTATS

### III-1 / Résultats de l'étude des conditions de plongée au sein du laboratoire

#### Contexte :

Dans le cadre de l'étude de la pratique de la plongée scientifique des biologistes marins du laboratoire, une participation à une demi-journée de plongée locale a été organisée le mardi 27/07/2018.

L'objectif de la plongée était la récolte de 7 kilogrammes de mollusques (*Mytilus galloprovincialis*) fixés en pleine eau sur les chaînes d'une bouée de la baie de Villefranche-sur-Mer pour étude des concentrations en métaux lourds (Plomb, Nickel, Cuivre, Zinc). La contamination par ces composés métalliques est l'objet d'études intensives en raison de leur haute toxicité, car leur persistance et leur tendance à la bioaccumulation dans les chaînes alimentaires posent un risque pour les humains et les écosystèmes (13)

Durant cette journée, le service d'un autre laboratoire des Alpes-Maritimes a assuré l'encadrement de la sécurité globale de l'intervention, et apporté une aide sur le terrain.

#### Participants :

- 1 plongeur classe Ib (Equipe de biologistes marins du laboratoire faisant l'objet de notre étude),
- 1 plongeur classe IIb en partenariat avec le laboratoire,
- 2 personnels de surface, sur le bateau, mis à disposition par le laboratoire encadrant (1 Chef d'Opération Hyperbare/pilote et un plongeur secours)

#### Matériel :

1) Fournis par le laboratoire encadrant :

- Deux blocs de bouteilles de plongée à l'air, plus 1 bloc de secours.
- Une embarcation légère type Open Conero polyester.
- Présence sur le bateau d'une bouteille d'oxygène médicale avec BAVU et d'une trousse de secours.



2) Personnel :

- Combinaison, masque, ordinateur de plongée, gilet stabilisateur, détendeur, couteau, palmes, gants, ceinture plombée.

### Déroulé de la demi-journée :

-Rendez-vous 08h30 afin de se rendre en voiture dans le laboratoire assurant l'encadrement de la journée.

-Remise du matériel dans les locaux, montage des blocs de plongée et mise en tenue de plongée en attendant le bateau.

-Chargement du matériel sur le bateau puis départ pour le site de plongée à 09h15.

-Arrivé sur site, rappel et annotation des conditions de plongée sur la fiche de sécurité (profondeur maximale prévue (25m) et temps estimé au fond (45min)).

-Contrôle du matériel avant de plonger.  
(Ouverture circuit d'air, vérification de l'absence de fuite)

-Immersion à 10h08.



-Première phase d'exploration avec descente à 35m pour le plongeur de classe IIb alors que le classe Ib est resté à 30m, contrairement à la profondeur maximale prévue avant la plongée.

-Remontée à 20 m pour récolte des moules sur les différentes chaînes de la bouée (Récolte de 20 m à 8m).



-Une fois la quantité de moules récoltées suffisante, poursuite de l'exploration sous-marine et identification de la faune marine. (Ici poisson *Balistes Capriscus*)



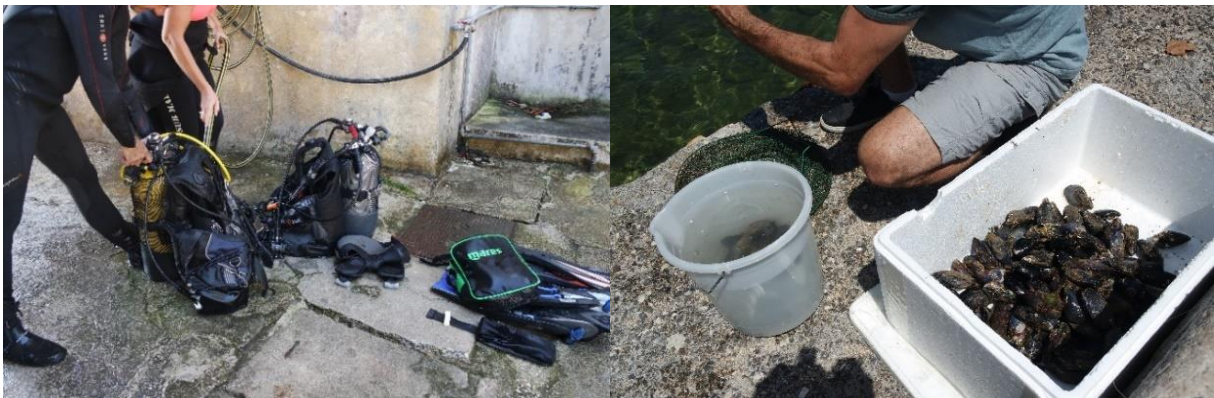
-Remontée à 3m de profondeur pour réalisation d'un palier de sécurité à l'air de 5 min, calculé par leur ordinateur de plongée, avant la sortie de l'eau.

Après réalisation du palier, remontée progressive et sortie de l'eau à 10h47.

Le matériel est remis au personnel sur le bateau avant de remonter à l'échelle du bateau pour éviter les efforts.



-Déchargement du bateau et retour dans les locaux du laboratoire pour rinçage du matériel et nettoyage des moules récoltées (afin d'enlever parasites et algues qui pourraient perturber les résultats de laboratoire) avant envoi au laboratoire d'analyse.



-Après la plongée, discussion autour de la réglementation et des procédures avec les différents intervenants. Ce jour, les conditions de plongée étaient idéales. Le laboratoire encadrant la sécurité globale de l'intervention était en règle concernant la réglementation (Manuel de sécurité hyperbare, procédure secours, COH, surveillant surface etc).

Le plongeur du laboratoire étudié confie que ces conditions sont rarement toutes réunies lorsque l'encadrement de la sécurité est géré en interne.

**Pistes d'améliorations :**

- Les expositions professionnelles liées aux contraintes physiques, d'après les données de l'Institut national de veille sanitaire, sont essentiellement des facteurs biomécaniques (14).

Les plongeurs durant leur activité sont soumis à un travail physique, avec manutention manuelle et port de charges lourdes ainsi que des contraintes posturales : travail penché, associé à des mouvements de torsion du rachis. Pour limiter les risques de troubles musculosquelettiques nous leur conseillons d'utiliser au maximum les chariots de bouteille de plongée, mis à leur disposition, pour limiter le port de charges lourdes. Une formation du type « geste et posture » serait bénéfique afin d'apprendre à manipuler le matériel sur le bateau en limitant les sollicitations du rachis.

-Concernant l'exposition solaire, des mesures techniques peuvent être adoptées sur le bateau, par exemple : capote solaire. Parmi les mesures de protection individuelle, citons notamment le port de vêtements protecteurs, ainsi que le port de lunettes filtrantes et de chapeau à larges bords et l'utilisation d'écrans solaires.

-Pour éviter tout risque de déshydratation, qui est un facteur de risque d'accident de décompression supplémentaire, prévoir au moins un litre d'eau par personne pour toute activité plongée.

-Plusieurs erreurs de procédure sont à noter :

- La profondeur maximale prévue avant la plongée était de 25 mètres, pourtant cette profondeur a été largement dépassée avec une profondeur atteinte de 35 mètres pour l'un des plongeurs. La rigueur en plongée sous-marine fait partie des mesures de prévention essentielles pour limiter les risques d'accidents.
- Le binôme de plongeur se serait séparé, l'un étant resté à 30 mètres alors que l'autre serait descendu à 35 mètres.
- Les chercheurs ayant pratiqué la plongée ce jour ont participé au déchargement du bateau après plongée.

-Les plongées sont réalisées à l'ordinateur de plongée au sein du laboratoire. Actuellement, la réglementation exige l'utilisation des tables MT92 pour la plongée professionnelle et précise que ces tables peuvent être mise en œuvre au moyen d'un système informatisé (or, il n'existe pas d'ordinateur de plongée utilisant ces tables actuellement). Nous recommandons aux plongeurs de planifier toute plongée avec ces tables et de toujours les avoir sur eux pendant la plongée.

## III-2 / Résultats de l'évaluation des connaissances, de la perception des risques hyperbares et des mesures de prévention par les plongeurs scientifiques.

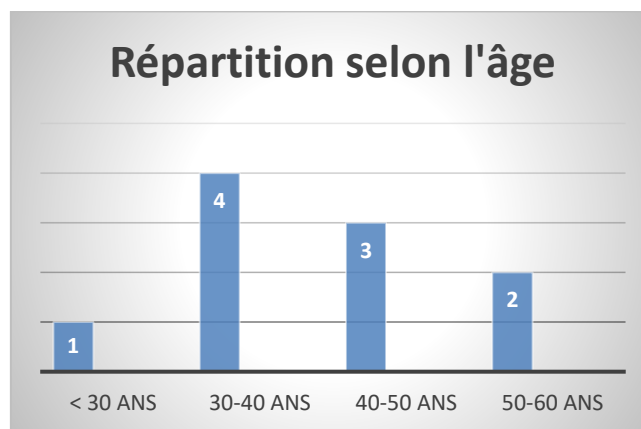
### III-2-1/Résultats descriptifs :

#### III-2-1-1/ Sexe :

Au terme des entretiens, dix chercheurs ont été interrogés. La répartition selon le sexe montre une prédominance masculine : six hommes pour quatre femmes.

#### III-2-1-2/ Age :

L'âge moyen des chercheurs est de 39,4 ans, le plus jeune étant âgé de 23 ans et le plus âgé de 58 ans. La tranche d'âge la plus représentée concerne les 30-40 ans.



#### III-2-1-3/ Années d'expériences :

##### - Expérience en plongée loisir :

Tous les chercheurs ont eu une expérience en plongée loisir avant d'être plongeur professionnel. Cette expérience se répartit de minimum six ans à maximum 42 ans.

##### - Expérience en plongée professionnelle :

Un chercheur récemment arrivé dans le laboratoire n'avait pas encore débuté la plongée professionnelle, tandis que le plongeur avec le plus d'expérience en plongée professionnelle exerçait depuis 34 ans.

#### III-2-1-4/ Nombre moyen de plongées professionnelles en 2017

Selon leur propre estimation, deux chercheurs ont réalisé moins d'une vingtaine de plongées scientifiques sur l'année 2017, deux un peu plus d'une trentaine de plongées scientifiques, trois une cinquantaine de plongées scientifiques et trois environ une centaine de plongées scientifiques.



### III-2-2/ Résultats qualitatifs :

#### III-2-2-1/ Perception de la plongée sous-marine

##### III-2-2-1-1/ Les qualités du « bon » plongeur sous-marin

Afin de se renseigner sur les qualités importantes à avoir pour être plongeur sous-marin, nous avons interrogé les chercheurs sur leur perception du « bon » plongeur sous-marin. Différentes idées ont alors émergé des entretiens.

**Le calme, la tranquillité** : Durant les entretiens, quatre plongeurs ont fait émerger l'idée que le calme et la tranquillité dans l'eau faisaient partie des qualités essentielles pour être plongeur sous-marin. Etre calme en plongée serait sécurisant pour les autres plongeurs. Cette tranquillité aiderait à réagir de façon adaptée à un stress sous l'eau.

**Capacité d'adaptation** : Pour deux plongeurs, il est important d'avoir la capacité de s'adapter à son état physique, aux conditions de plongée et aux autres plongeurs. Il faut être capable d'adapter ses conduites et réactions aux situations pouvant présenter un danger.

*E6 « [...] Pour moi une des qualités les plus importantes est de ne jamais penser que tout est acquis, mais de s'avoir s'adapter, savoir dire je ne plonge pas ou savoir dire attention je suis fatigué, au collègue, regardez-moi particulièrement. Pour moi c'est l'adaptation. »*

**Ecoute de son corps** : Trois plongeurs évoquent l'importance de leur ressenti avant la plongée. Il leur paraît essentiel de savoir évaluer leur état physique et psychique, avant de plonger, afin d'adapter, voire d'annuler la plongée. Une connaissance approfondie de soi-même et une écoute appropriée de son corps semblent faire partie des ingrédients clés pour limiter les risques.

**Expérience et condition physique** : L'expérience en plongée et l'entraînement régulier font partie des mesures essentielles pour être un bon plongeur selon trois interviewés. Cette expérience, dans toutes les conditions de plongée, permet d'acquérir une certaine aisance et fluidité dans l'eau et pour cela il faut plonger régulièrement.

*E2 « Etre capable aussi de plonger dans toutes les conditions, moi j'ai toujours été effaré par l'attribution de diplôme de monitorat à des gens qui plongent uniquement en mer chaude, en milieu tropical. Pour moi, il faut faire de la glace, rivière, carrière, du noir, du courant, de la mer, du chaud, du froid... »*

Il ressort que la condition physique est également importante sous l'eau afin de pouvoir faire des efforts sans risquer l'essoufflement.

**Passion pour la plongée** : Les plongeurs évoquent l'amour de la mer et la passion pour la plongée sous-marine comme étant une qualité essentielle.

**Planification et organisation des plongées** : La majorité des plongeurs évoque l'importance de savoir préparer la plongée et la planifier, afin de contrôler la situation. Parmi eux, un seul plongeur considère la rigueur avant de plongée comme faisant partie des mesures de prévention essentielles.

**Connaissance du matériel** : La connaissance du matériel fait partie des qualités essentielles évoquées puisqu'une mauvaise utilisation sous l'eau où un défaut d'entretien peut entraîner de graves conséquences. Les plongeurs signalent l'importance de connaître parfaitement le matériel avec lequel ils plongent et de le vérifier avant chaque plongée.

### III-2-2-1-2/ Connaissance et perception des risques en plongée

- **Risques hyperbares évoqués**

A la question sur les risques en plongée, tous évoquent les accidents de décompression. C'est l'accident le plus connu et le plus redouté dans le laboratoire. Deux plongeurs évoquent les accidents dit « immérités ». Ce terme est utilisé dans le monde de la plongée lorsque l'accident survient sans erreur de plongée apparente. Ces accidents sont particulièrement angoissants pour les plongeurs car incompris.

Quatre plongeurs interrogés évoquent les barotraumatismes, quatre évoquent les risques de narcose, trois évoquent la surpression pulmonaire, et deux la toxicité de l'oxygène.

**Confusion/méconnaissance des risques** : certains plongeurs identifient des oublis, voire des connaissances insuffisantes concernant les risques et les accidents de plongée.

E4 « *L'accident lié à l'accumulation d'azote, j'ai lu des choses, après faire la liste je ne me souviens plus, mais j'avais lu des livres pour m'informer. Pas forcément les nouveautés les plus récentes.* »

E7 « *Après j'ai oublié un peu mes cours sur l'ensemble des maladies que l'on peut avoir [...]* »

D'autres, en expliquant la physiopathologie de certains risques hyperbares font ressortir des confusions et incompréhensions sur les mécanismes à l'origine de ces accidents.

E1 « *Alors, il y a tout ce qui est euh ... surpression donc euh... quand on n'expire pas assez donc l'azote qui s'accumule, avec les bulles dans le sang etc. Et puis qui peuvent engendrer des lésions au niveau des vaisseaux ou quoi...Après il y a aussi la compression au niveau de la cage thoracique quand on a un mauvais rythme respiratoire, l'essoufflement et tout ça.* »

**Peur de la contre-indication à la plongée** : Un plongeur explique redouter les accidents de décompression, du fait de la contre-indication à la plongée plus ou moins longue dans les suites. L'inquiétude concernant le risque d'accident n'est, ici, pas liée aux conséquences de l'accident sur la santé mais à l'impossibilité de plonger pendant une période plus ou moins longue.

E1 « *C'est tout ce qui est accident de pression, c'est quelque chose de rédhibitoire, si jamais y'en a eu un, après c'est assez long pour se remettre à plonger selon l'importance de la gravité.* »

**Tendance à l'oubli des risques sous l'eau** : Plusieurs plongeurs expliquent ne plus penser aux risques au moment de la mise à l'eau et durant la plongée. Une fois dans l'eau, les repères ne sont plus les mêmes, l'attention est détournée par les sensations et l'exploration du milieu, les risques possibles étant mis en arrière-plan.

- **Risques liés au milieu**

Les plongeurs ont évoqué des risques liés au milieu lui-même, en insistant sur le fait qu'il n'y a pas de petits incidents sous l'eau. Ils ont évoqué les difficultés de déplacement dans l'eau, le risque en cas de crampe, les problèmes de visibilité dans l'eau et le risque de perte de repère, les risques liés aux vagues, aux autres bateaux, aux blessures, aux contacts avec certains organismes ou encore au froid.

E5 « *Un petit problème sur terre devient un gros problème dans l'eau.* »

- **Le risque humain : le danger vient des autres**

La quasi-totalité des plongeurs interrogés (neuf) évoquent le risque lié aux autres plongeurs et à leur comportement. Pour certains, ne jamais plonger seul est une règle de base, et la plongée en binôme est gage de sécurité. Il faut néanmoins bien connaître son binôme, son niveau et ses capacités.

La sécurité apportée par un binôme peut devenir un danger lorsqu'il surestime ses capacités, ou réagit de manière inadaptée à un facteur stress.

E4 « *Après quelque chose qui est difficile à contrôler est l'état des autres. Moi j'ai travaillé une fois avec un collègue qui a fini son air, il m'a quasiment agressé comme si c'était un animal... Je trouve que la chose la plus difficile, c'est de contrôler les autres* »

Plusieurs plongeurs évoquent le danger de la surestime de soi en plongée sous-marine. Certains décrivent des comportements dangereux de plongeurs qui pensent être meilleurs et moins vulnérables que les autres.

E6 « *[...] il y a quand même un dieu de la plongée scientifique, parce que très souvent, certains tiennent le discours, je sais faire, il ne peut rien m'arriver.* »

D'autres avouent se sentir très à l'aise dans l'eau et prendre, parfois, des risques sans forcément en avoir conscience sur le moment.

Un plongeur décrit l'existence d'une compétition, voire d'une fierté virile entre plongeurs qui peut s'avérer dangereuse en plongée sous-marine.

*E6 « Parmi les dangers que je vois dans les domaines de la plongée professionnelle ou loisir, c'est l'égo des gens. [...] Ça pour moi l'égo, à une époque, c'était un gros problème dans ce labo, ça a beaucoup disparu, mais c'était à celui qui consomme le moins, à celui qui porte le plus, c'est le plus fort, ça a occasionné des situations parfois très limites et que j'espère ne plus avoir à vivre. [...] Ce côté macho, grande gueule, égo surdimensionné est un des gros dangers. »*

Un plongeur signale un manque de confiance dans sa capacité à réagir en cas d'incident, du fait d'un manque d'expérience et de formation.

*E7 « [...] Mais je n'ai jamais rencontré une situation comme ça et je ne sais pas comment je réagirai en fait. J'espère que je réagirai bien, parce que les exercices on ne les fait pas souvent à vrai dire. Tu les as fait une fois pour passer ton niveau 3 et après voilà quoi... [...], donc je pense que c'est plus l'autre qui me fait peur, c'est comment je vais réussir à le sauver si j'ai besoin de le sauver en fait. »*

- **Risque matériel**

Des plongeurs évoquent le risque matériel en plongée sous-marine. Il leur paraît important d'avoir du matériel le plus actualisé possible, révisé régulièrement et utilisé de façon à majorer la sécurité.

*E6 « Il faut avoir un ordi le plus actualisé possible alors que certains restaient aux anciens ordis qui donnaient moins de paliers par exemple. L'idée c'était je respecte ce que me dit celui-là, parce que ça me va mais pas je vais jusqu'au bout de la démarche qui est de protéger mon intégrité. »*

Il est également important de vérifier le matériel avant la mise à l'eau et de réfléchir à la procédure à mettre en place en cas de dysfonctionnement sous l'eau.

### **III-2-2-2/ Perception des accidents de plongée sous-marine**

- **Aucun accident récent en plongée scientifique ?**

Deux plongeurs signalent l'absence d'accident récent au sein de la plongée scientifique. Pour eux, cette absence d'accident est la preuve que les bons comportements de sécurité sont adoptés.

*E6 « Au niveau scientifique, il y a eu très peu voire pas d'accident en France depuis des années, donc ça prouve bien que même si les plongeurs scientifiques ne respectent pas toujours tout à la lettre, ça prouve bien qu'ils ne sont pas fous et débiles. »*

- **Expérience d'accident de plongée**

Tous les interrogés ont entendu parler d'accidents d'autres plongeurs. Certains apportent de l'intérêt au partage de ces expériences afin d'adapter leur pratique et leur conscience des risques.

La plupart des plongeurs interrogés ont déjà été spectateurs d'incidents en plongée :

Barotraumatisme, panne d'air, remontée rapide sans conséquence mais aussi d'accident plus dramatique comme des accidents de décompression médullaire, ou des probables accidents de décompression vestibulaire. Si certains affirment que ces incidents n'ont pas changé leur pratique de la plongée, d'autres expliquent être au contraire plus attentifs à certaines mesures de prévention.

*E6 « Donc oui, j'allais dire même parfois que je suis presque content d'avoir une petite alerte parce que je pense que, comme pour éviter des accidents de la route, se faire peur avec une voiture qui klaxonne, ou se faire une toute petite frayeur en plongée, comme avoir très peu d'air à la fin, me rappelle qu'il faut encore plus que je gère mon air. »*

Un plongeur signale avoir perdu des amis dans un accident de plongée. Depuis, il se dit parfaitement conscient des risques en plongée sous-marine et son niveau d'attention a été majoré.

*E4 « J'ai eu des collègues et des amis qui sont morts donc je suis parfaitement conscient à chaque fois que je rentre dans l'eau que ce n'est pas un jeu [...] Quand tu accompagnes quelqu'un à son enterrement, tu te rends compte que la plongée peut être quelque chose qui marche tranquillement, et d'un moment à l'autre ça peut devenir un risque mortel. Maintenant je suis super attentif, les problèmes que j'ai eu ont été utiles dans le sens que voilà, on ne plaisante jamais. »*

- **Déni d'accident de plongée**

Un plongeur a été victime d'un incident, il y a plusieurs années, l'ayant conduit au caisson hyperbare de Nice. Un probable accident de décompression médullaire a été diagnostiqué et le plongeur a bénéficié d'une recompression thérapeutique au caisson hyperbare. Malgré cela, il a des difficultés à admettre qu'il s'agit d'un accident de plongée. Il justifie cela par le fait qu'il s'agissait d'une plongée sans « difficulté » et sans erreur révélée par son ordinateur.

*E6 « Pour revenir à cette expérience, pour moi ce n'était pas un accident de plongée, ou alors à la fin quand je monte et que je fais un effort en apnée. [...] Les premiers symptômes que j'ai eu c'était 2 jours après donc pour moi je ne l'associe pas à un incident de plongée, même si après en avoir discuté avec le caisson je ne l'exclue pas totalement non plus. [...] Deux jours après, je me suis écroulé en me levant du lit, auparavant juste un peu de fatigue mais rien d'autre. »*

Un autre plongeur signale une douleur dans l'épaule apparut après une plongée, mais avoue avoir banalisé cette douleur et n'a pas consulté de médecin.

*E8 « [...] j'ai eu une petite expérience à l'épaule il y a deux ans, sur une plongée à 30mètres, en remontant et en faisant certains efforts... J'ai eu une douleur à l'épaule... [...] Ça à durer une semaine, j'ai un petit peu banalisé ça, je n'ai pas consulté mais depuis je n'ai plus mal. Mais c'est apparu quelques jours après la plongée, les 24h étaient passées, et pour moi si problème il y a, ça arrive dans les heures qui suivent normalement. »*

- **Connaissance de la procédure accident**

A la question concernant leur connaissance de la procédure à réaliser en cas d'accident, il apparait un manque d'information et de formation de certains. Plusieurs plongeurs avouent ne pas la connaître, certains connaissent les gestes à réaliser mais ne savent pas quel secours contacter, ce qui peut retarder la procédure d'évacuation.

*E6 « Je suis censé la connaître par cœur mais là je ne la connais plus, il faut vraiment que je la révise. »*

### III-2-2-3/ Perception des risques professionnels en plongée scientifique

- **Evaluation des risques en plongée scientifique**

Sur les dix entretiens menés, lorsque l'on demande aux plongeurs d'évaluer le risque de la plongée dans le cadre de leur métier, quatre d'entre eux considèrent ce risque comme étant faible, quatre comme modéré et deux considèrent ce risque fort. Au sein même de l'équipe, la perception des risques varie entre les individus.

- **Conscience du risque**

Deux plongeurs considèrent le risque pendant la plongée comme fort puisqu'il peut être mortel ou avoir de graves conséquences. Un des plongeurs explique avec humour « qu'il ne plante pas des punaises au mur » et que les conséquences ne sont pas les mêmes.

*E4 « Fort, [...] tu te rends comptes que la plongée peut être quelque chose qui marche tranquillement, et d'un moment à l'autre ça peut devenir un risque mortel. »*

- **Minimisation et banalisation des risques**

Plusieurs plongeurs signalent faire des plongées peu profondes et considèrent, de ce fait, avoir un risque très faible en plongée.

E7 « *Non, non, non ce n'est pas risqué ce que je fais... Je ne plonge pas à des profondeurs importantes... »*

D'autres considèrent le niveau de risque semblable à ceux d'autres activités, comme aller à la montagne, et le banalisent.

E2 « *Je pense que les risques sont les mêmes que sur n'importe quelle autre activité »*

Plusieurs plongeurs ont expliqué avoir été victimes ou spectateurs de panne d'air durant des plongées mais ne considèrent pas cela comme un incident.

- **Relativisation du risque**

Certains plongeurs relativisent le risque en plongée du fait du respect de certaines mesures de sécurité et de l'utilisation de matériel de qualité.

E9 « *On a du bon matériel, une bonne communication entre nous et celui qui conduit le bateau. Donc généralement je pense que le risque est minimal à part si vraiment il y a quelque chose de particulier... une extrême catastrophe qui se passe d'un seul coup (rire) »*

Pour le comptage de poissons, les biologistes marins plongent souvent seul ou sans contact visuel avec les collègues de travail. Cela inquiète certains alors que d'autres ont tendance à relativiser ce risque supplémentaire.

E2 « *Et pour moi la plongée seul ne pose aucun problème en théorie à partir du moment où on n'est capable de ressentir et d'apprécier l'état dans lequel on est. »*

- **Charge mentale et risques psycho-sociaux**

Des temps de réalisation trop courts pour certaines manipulations en plongée sont sources de stress et peuvent être à l'origine d'erreurs.

E5 « *Probablement, quand tu travailles, le problème c'est le temps... tu as un certain temps pour faire plusieurs choses et il y a des fois où tu n'es pas vraiment concentré sur le temps au fond. [...] Et après du coup tu remontes un peu vite, tu n'as pas pensé à la bouteille pour faire la décompression et c'est compliqué. »*

Les difficultés relationnelles au travail et les conflits peuvent avoir une influence néfaste sur les réactions du plongeur à des événements inattendus.

Un plongeur signale le danger de l'obligation de résultat qui peut parfois être présent sur le travail.

E6 « *Parmi les risques de la plongée pro, j'en rajouterai un, c'est le fait de parfois être obligé de plonger alors que je ne le sens pas. Quand il y a une obligation de résultats ou une autorité au-dessus qui peut obliger, ça peut-être un des gros risques que je rajouterais. »*

- **Risque lié au port de charges**

Les plongeurs ont conscience du danger de faire des efforts après une plongée. Certains expriment néanmoins la difficulté d'appliquer cette mesure de prévention sur le terrain.

*E3 « Et on a aussi du matos, comme les caméras ou autres, qui peuvent être plus ou moins lourd, donc on a beau essayer de faire les choses tranquillement, ce n'est pas pensable de ne rien faire. On sait qu'on ne doit pas faire d'effort, se relaxer, mais ce n'est pas possible. »*

### III-2-2-4/ Perception des mesures de prévention

- **Règles de préventions jugées importantes**

Dans les entretiens réalisés, les mesures de prévention qui paraissent importantes sont les suivantes :

- Avant la plongée : ne pas boire d'alcool la veille, faire attention à son alimentation avant la plongée, ne pas plonger si l'on est fatigué ou dans des mauvaises conditions, ne pas plonger si les conditions météorologiques sont mauvaises, bien s'hydrater avant, planifier rigoureusement la plongée, ne pas faire d'effort juste avant de plonger, adapter correctement son matériel avant de plonger, plonger progressivement (ne pas plonger profond si il y a eu plusieurs mois sans plongée), vérifier le bon état du matériel avant de plonger, ne pas plonger en étant malade, ne pas hésiter à prendre un jour de repos lors des séjours prolongés.
- Pendant la plongée : avoir une bonne communication sous l'eau, plonger au Nitrox (mélange composé d'oxygène et d'azote dans des proportions différentes de celles de l'air) en utilisant les table MT92 avec palier à l'air afin de majorer la sécurité, faire attention à la profondeur et au temps passé sous l'eau, respecter les paliers indiqués par les ordinateurs de plongée, ne pas remonter trop vite, savoir arrêter une manipulation si le temps prévu est écoulé, remonter ensemble et prendre l'ordinateur le plus discriminant.
- Après la plongée : faire un débriefing, ne pas faire de sport ou remonter à l'échelle avec le matériel, ne pas prendre l'avion, bien s'hydrater.

Plusieurs plongeurs décrivent un certain automatisme lors des plongées, ils disent respecter les règles de prévention par habitude sans forcément y penser.

- **Remise en cause des procédures de sécurité et de la réglementation**

Plusieurs plongeurs remettent en cause l'utilité de certaines mesures de prévention. Ils signalent qu'il y a trop de règles et de contraintes ou encore que certaines ne sont pas adaptées à leur



pratique.

E2 « *Les règles c'est très bien, ça a évolué y'en avait pas autant avant, ce n'est pas pour ça que d'un point de vue professionnel (j'inclus la partie scientifique là-dedans, je ne parle pas du TP etc) il n'y avait pas plus et pas moins d'accidents. [...] on est capable de baisser le niveau de risque avec une prise de conscience, la mise en œuvre de certaines normes de sécurité, les bonnes, pas forcément celles actuelles. »*

Plusieurs plongeurs expliquent la difficulté d'avoir un plongeur sécurité à chaque sortie plongée (problème d'effectif, de coût...). Ils expliquent ne pas comprendre cette mesure qui ne majore pas la sécurité dans le cadre de leur pratique.

E2 « *Cette histoire de plongeur sécu, c'est un petit peu une aberration, parce que la plupart du temps, on n'est pas sur une plateforme de chantier donc c'est difficile d'avoir quelqu'un d'équipé, prêt à partir exactement comme sur une plateforme. Et tout dépend aussi de l'endroit de plongée, est ce que c'est du bord ou du bateau, on n'est pas forcément sous le bateau, on n'a pas forcément en surface quelque chose pour repérer le plongeur. Donc ça pour moi, la partie plongeur sécu, je ne pense pas que ce soit ce qui change complètement la sécurité en plongée. »*

Deux plongeurs considèrent le CAH comme un frein à l'enseignement et à la plongée scientifique au niveau international. Un plongeur étranger ne peut pas venir plonger avec l'équipe de chercheurs en France s'il n'est pas titulaire du CAH ou d'une autorisation temporaire de plongée professionnelle. De même, les chercheurs ne peuvent pas emmener leurs étudiants plonger, même s'ils sont titulaires du niveau 3 de plongée loisir.

E10 « *[...] Il faudrait faire comme dans tout le reste de l'Europe, on plonge avec les brevets loisirs. »*

### **III-2-2-5/ Pistes d'améliorations proposées par les plongeurs du laboratoire**

La plupart des plongeurs interrogés signalent la nécessité de faire des formations régulières sur les risques en plongée sous-marine, les mesures de prévention à adopter, les procédures de secours et de sécurité à adopter en cas d'accident ou encore des formations pratiques en plongée.

E6 « *Donc oui je suis très content qu'après ton intervention, tout le monde veuille à nouveau relancer des journées ou demi-journées consacrées à une révision ou piqure de rappel pour la pratique de la plongée. »*

Plusieurs plongeurs signalent les difficultés avec le port de matériel sur le terrain (bouteille, ceinture de plomb...). Un d'entre eux évoque la possibilité de faire une formation gestes et postures afin de limiter les risques de troubles musculosquelettiques.

Un plongeur aurait apprécié assister à une ou deux sorties plongées, avant de se mettre à l'eau, afin d'être plus à l'aise avec les procédures et règles appliquées au laboratoire. Il explique également qu'au niveau prévention, il n'a reçu aucun document d'information sur les risques et procédures de sécurité.

Un plongeur note l'absence regrettable de fiche de procédure en cas d'accident, laquelle serait un appui afin d'éviter des oublis en cas d'urgence.

Deux plongeurs souhaiteraient avoir une personne en soutien, lors des sorties plongées, pour s'occuper du bateau, du matériel, et de récupérer les plongeurs.

Actuellement tous les plongeurs n'ont pas la formation Nitrox dans le laboratoire, un des plongeurs souhaiterait généraliser cette formation à tous pour assurer davantage de sécurité et une meilleure récupération.

Un plongeur signale un manque de temps pour mener à bien les fonctions de correspondant hygiène et sécurité en plongée. Pour plus de sécurité, un emploi du temps devrait être aménagé pour cette fonction.

Deux plongeurs ont signalé que le local dédié au matériel de plongée du laboratoire est inadapté. Il n'est pas possible de stocker le matériel en toute sécurité.

*E9 « Du coup actuellement mon matériel je le mets dans mon bureau pour plus de sécurité. »*

L'intérêt d'avoir une fiche de sécurité plongée pour assurer un meilleur suivi du travail dans les conditions hyperbares est évoqué. Un plongeur s'interroge sur la prise en compte de la pénibilité dans leur travail. La création de cette fiche de sécurité plongée aiderait à quantifier les plongées afin de les déclarer à l'employeur.

## **IV/ DISCUSSION**

### **IV-1/ Discussion des principaux résultats dégagés par l'étude**

#### **IV-1-1/ Perception de la plongée sous-marine**

##### **IV-1-1-1/ Les qualités du « bon » plongeur sous-marin**

#### **Le calme, la capacité d'adaptation, et l'expérience en plongée sous-marine**

Un événement banal hors de l'eau peut se transformer en véritable catastrophe au fond de l'eau. De nombreux accidents subaquatiques sont liés à la gestion du comportement face à un danger. Un niveau d'anxiété préexistante augmenterait le niveau d'inquiétude avec lequel une personne gère une plongée.(15) Le contrôle de la plongée et la réflexion rationnelle au moment d'agir face à un danger serait alors plus difficile. On comprend alors l'importance de la stabilité psychique et émotionnelle en plongée sous-marine. La pratique de la plongée sous-marine se caractérise par une performance physique de longue durée, un niveau moyen d'effort et la nécessité d'un équilibre mental approprié entre activation, concentration et détente.(16)

L'adaptation correspond à la manière dont le plongeur va réagir face à un événement stressant. Durant la plongée, de nombreux facteurs peuvent intervenir dans la formation d'une situation stressante (état physique, conditions de plongée, autres plongeurs, matériel...). Cette adaptation dépend du « sang-froid » du plongeur. Cette qualité est intimement liée au degré d'aisance dans l'eau du plongeur et donc à l'entraînement.

L'expérience favorise l'aisance dans toutes les conditions de plongée. Elle favorisera la réflexion et les comportements adaptés en cas d'incident ou d'événements inhabituels.

Si la plongée est relativement peu exigeante dans des conditions banales, faisant appel principalement à l'adresse et à la résistance, il faut néanmoins avoir une condition physique suffisante afin de pouvoir faire face à un fort courant par exemple.

#### **L'écoute de son corps**

Le plongeur doit bien se connaître lui-même : ses points forts comme ses points faibles. Une pathologie aigüe, même si elle ne gêne pas la vie quotidienne peut devenir très gênante à quelques mètres sous l'eau. Il doit apprendre à reconnaître ses limites et ses émotions afin d'éviter les situations difficiles qui surviennent lorsqu'il n'est pas au mieux de sa forme mentale. Certains aspects de la vie terrestre peuvent engendrer des modifications d'adaptation face à des événements

stressants. Un plongeur qui est à même de déceler un sentiment momentané d'inefficacité, d'insécurité ou de manque de concentration peut planifier différemment la plongée voir l'annuler.

La découverte et la fréquentation d'un milieu différent offre à l'homme la possibilité d'acquérir au travers de son comportement dans des situations inhabituelles, une meilleure connaissance de soi.

### **Planification, organisation des plongées et connaissance du matériel :**

La planification d'une plongée et la gestion de son équipement font partie des mesures de prévention essentielles. Dès le début de l'apprentissage de la plongée, l'autonomie concernant la mise en circuit et le contrôle de son propre matériel est enseignée. De même, la planification rigoureuse de la plongée, la profondeur maximale prévue et le temps au fond, sont des données essentielles à respecter afin d'assurer le plus de sécurité. Le respect scrupuleux de la réglementation est un moyen de s'en assurer.

Aucun plongeur ne signale l'importance de connaître le matériel de son binôme en plongée. Il est pourtant essentiel de bien connaître le matériel de son coéquipier afin de pouvoir gérer un accident sans risquer le sur-accident.

Tout plongeur doit savoir planifier sa plongée et respecter le plan de plongée prévu. Une des limites à cela est la curiosité et la soif de découverte du plongeur qui peut le pousser à descendre plus profond pour observer un élément du milieu par exemple. L'immersion impose des lois physiques et biologiques auxquelles il est impératif de se soumettre. Le danger réside alors dans une certaine incompréhension de la liberté à l'origine de transgression.

Il est conseillé aux plongeurs d'appeler systématiquement le caisson hyperbare lors de la planification d'une plongée afin de s'assurer de son fonctionnement le jour de la mission. (Certaines journées de maintenance ou d'absence de disponibilité d'un caisson du fait de l'arrivée concomitante de plusieurs accidents de plongée devront alors faire décaler la journée de plongée pour plus de sécurité).

### **Passion pour la plongée :**

L'aventure sous-marine est captivante, il s'agit de la découverte d'un nouveau milieu attirant par ses paysages, ses lumières, sa faune et sa flore, loin du monde organisé, réglementé et hiérarchisé. La plongée est une passion, une attraction irrésistible vers la mer. La plongée passion est une expérience de vie parallèle, une évasion pour vivre l'existence dans toute sa plénitude. Le plongeur sous-marin se trouve dans un environnement où peuvent surgir des situations de grande nouveauté, d'étrangeté, voire d'agressivité potentielle ou présumée.

Ces situations exercent sur le plongeur un pouvoir d'attraction, tant physique que psychologique, mêlé de crainte. Il doit surmonter cette peur de l'inconnu et la convertir en une attitude active et adaptée face à la nouveauté, afin de ne pas s'abandonner à cette attraction sous peine d'un réel danger de mort.

Etre passionné peut être vu comme une qualité par les plongeurs, du fait d'un investissement important dans la pratique de cette activité.

Mais l'ambivalence du travail passion fait naître un risque de surinvestissement, d'épuisement professionnel face à une injonction angoissante à en faire toujours plus.

#### **IV-1-1-2/ Connaissance et perception des risques en plongée**

##### **Risques hyperbares évoqués, état des connaissances :**

La connaissance des risques hyperbares par les chercheurs est hétérogène au sein de l'équipe. Si certains citent la plupart des risques hyperbares et semblent à l'aise avec ces notions, d'autres semblent confus ou signalent des connaissances insuffisantes. Ceci peut s'expliquer par la participation à des formations différentes au cours de leur cursus professionnel ou, plus en amont, par leur apprentissage de la plongée loisir dans des structures différentes.

Sur les dix plongeurs, aucun ne parle de l'œdème pulmonaire d'immersion (OPI). Cet accident, de description relativement récente, est souvent méconnu par les plongeurs. Ce type d'accident est initié par les modifications hémodynamiques liées à l'immersion, l'effort physique, le froid, le stress psychologique et la ventilation en charge. (17,18)

Si l'amélioration de la formation et l'application de principes fondamentaux en matière de sécurité sur le lieu de travail ont fait reculer le nombre d'accidents mortels (19), il persiste un manque d'informations et de formations de certains plongeurs. Pour éviter les oublis et maintenir une bonne connaissance des risques et des mesures de sécurité, des rappels de sécurité plus réguliers semblent nécessaires.

##### **Peur de la contre-indication à la plongée :**

Comme décrit précédemment, la plongée sous-marine est source de passion. Les risques quand ils paraissent maîtrisés par le plongeur sont à l'origine d'un sentiment de sécurité.

L'inquiétude d'un des plongeurs concerne l'impossibilité de se mettre à l'eau et de plonger pendant une période déterminée dans les suites d'un accident de plongée. Le risque n'est alors plus perçu par peur des conséquences sur la santé mais plutôt par l'impossibilité de pratiquer sa passion. Dans les

suites de la prise en charge d'un accident de décompression et en l'absence de séquelles, une inaptitude est généralement préconisée pour six mois.(20)

### **Tendance à l'oubli des risques sous l'eau :**

Une fois que le plongeur a franchi le cap de l'adaptation et de l'aisance, il a acquis une certaine confiance. Il trouve alors dans la plongée un refuge et une solution de fuite aux problèmes et difficultés de la vie courante. Lors de son voyage subaquatique, l'attention du plongeur est portée sur les bruits du corps, les rythmes respiratoires, les battements du cœur et l'exploration du milieu. Il baigne, comme le fœtus, dans cet environnement sonore. Elle entraîne un désinvestissement des repères de la surface. Les sensations de liberté et de plénitude dans l'eau refoulent l'attention concernant les risques en second plan.(21)

### **Risques liés au milieu et risque matériel**

Il n'y a pas de petits incidents en plongée sous-marine. Les conséquences d'un incident lié au milieu ou au matériel peuvent être gravissimes et les plongeurs l'ont bien compris.

Le matériel est source de sécurité pour la plupart des plongeurs, néanmoins certains signalent l'importance de l'utiliser dans des bonnes conditions de sécurité et non pas pour limiter les contraintes. Par exemple, le Nitrox est à utiliser sur les « temps air » afin de limiter les risques et de faciliter la récupération et non pas pour diminuer les temps de palier. Il faut être attentif au respect des règles de sécurité et ne pas les adapter afin de limiter les contraintes de la plongée.

### **Le risque humain : le danger c'est les autres**

Sous l'eau, le binôme est à la fois un gage de sécurité en cas de difficultés mais il peut également être à l'origine de graves accidents. Le comportement de « l'autre » n'est pas prévisible. De nombreux accidents sont liés à la gestion du comportement face à un danger. Un comportement inadapté d'un plongeur peut mettre en danger le reste de la palanquée. Durant nos entretiens, cette notion d'angoisse concernant les réactions du collègue plongeur ou de ses propres réactions en cas d'accident ressort.

La prise de risque revêt une indéniable dimension psychologique dont les enjeux sont l'estime de soi, la réputation personnelle, la virilité, le courage...

La surestime de soi est un danger signalé par certains plongeurs comme un risque supplémentaire. Certains plongeurs estiment mieux plonger que la moyenne et être moins vulnérables. Il s'agit là d'un

mécanisme de dénégaration du risque reposant sur leurs qualités et compétences personnelles, et leur capacité à contrôler la situation. La pratique régulière de la plongée et leur expérience renforce ce sentiment d'invulnérabilité dans leur pratique de la plongée sous-marine. Des études ont décrit des individus se croyant plus habiles qu'autrui face au risque, par des mécanismes d'illusion de contrôle.(22) Ce sentiment de contrôle illusoire ou surestimé qui conduit le sujet à se sentir comme plus chanceux, plus performant, ou moins fragile en comparaison à autrui est désigné sous le nom d'optimisme comparatif.

Il est habituellement observé que l'estimation du risque pour soi est inférieure à celle estimée pour une autre cible, il s'agit là d'une stratégie défensive.(23)

Partant de ces croyances, des auteurs révèlent que les individus qui estiment leur capacité de contrôle face au risque supérieure à celle de la victime d'un accident ont tendance à négliger les messages de prévention. De même, les personnes qui n'ont jamais été confrontées à un risque donné sont susceptibles d'être moins sensibles aux messages de prévention qui s'y rapportent que celles qui ont déjà expérimenté la situation.(24)

Un autre danger évoqué est l'existence d'une compétition entre les plongeurs. Le rapport au groupe est un facteur qui joue dans la prise de risque. En groupe, l'individu a tendance à prendre des risques pour faire aussi bien que les autres, en participant à une certaine compétition. Cette compétition semble être un moyen de confirmer ses compétences et qualités, mais également une stratégie de défense face aux risques professionnels.(25)

#### **IV-1-2/ Perception des accidents de plongée sous-marine**

L'absence d'accident de plongée signalé au niveau scientifique depuis plusieurs années est valorisée par les plongeurs. Cette absence est prise par certains plongeurs comme un gage de bonnes pratiques concernant la sécurité.

La fréquence perçue des accidents peut contribuer à déterminer la manière dont les individus perçoivent les risques.(23) Si la fréquence d'un événement négatif est perçue comme faible, l'individu aura alors tendance à croire que la probabilité pour que cet événement lui arrive est faible, et inversement.

Cette tendance peut être à l'origine d'une baisse de la vigilance et du non-respect de certaines règles de sécurité. L'absence d'accident récent ne doit pas faire banaliser les risques encourus, et l'amélioration de la sécurité doit toujours être recherchée.

- **Expérience d'accident de plongée**

Un plongeur compare la plongée sous-marine à la conduite automobile, en signalant que les petites frayeurs permettent d'éviter les gros accidents. La comparaison de la plongée sous-marine avec la conduite automobile peut-être intéressante dans la compréhension de la perception des accidents et des risques en plongée.

Le manque d'exposition à un accident grave ou à une expérience négative de conduite, peut amener les conducteurs à croire qu'ils n'en auront pas dans le futur et à estimer qu'ils sont moins vulnérables qu'autrui. Inversement, l'expérience personnelle d'un événement négatif semble associée à la croyance que la probabilité de récurrence de l'événement est supérieure à la moyenne des gens. (24) En d'autres termes, il semble ressortir de notre étude que les individus utilisent leur expérience passée pour prédire leur future vulnérabilité.

- **Déni d'accident de plongée**

Le déni du plongeur est souvent décrit comme retard diagnostique dans la prise en charge des accidents de plongée sous-marine. (20)

Dans nos entretiens, un plongeur signale l'apparition d'une douleur à l'épaule dans les suites d'une plongée sans s'être inquiété et ni avoir consulté de médecin. La banalisation d'un symptôme après une plongée peut avoir de graves conséquences et être à l'origine de lourdes séquelles par la suite.

Un autre plongeur ayant été pris en charge au caisson hyperbare pour un déficit moteur des membres inférieurs n'envisage pas que l'origine de ses symptômes soit en lien avec la plongée.

Il s'agit là d'une stratégie défensive contre l'anxiété concernant le risque professionnel. L'existence d'un accident remettrait en cause la vulnérabilité et la capacité du plongeur à faire face aux risques.

- **Connaissance de la procédure accident**

Sur les dix plongeurs interrogés, seulement deux évoquent le Centre régional opérationnel de surveillance et de sauvetage (CROSS) comme secours à contacter en premier lieu. Celui-ci assure une mission générale de coordination des activités de sécurité et de surveillance des activités maritimes.

Il est rappelé que la transmission de l'alerte au CROSS lorsque l'accidenté se trouve en mer est une obligation réglementaire. L'article 4.7.2 de l'instruction Secrétariat d'Etat à la Mer n° 978 du 15 octobre 1992 sur les accidents de plongée dispose en effet que :

- " *Le CROSS ou Sous-CROSS doit être alerté à l'occasion d'un accident de plongée survenant dans la zone littorale. Il est compétent pour organiser les secours dès lors que l'alarme a été*



*donnée, le plongeur accidenté étant encore en mer. Si le plongeur est arrivé à terre, l'assistance est apportée directement par le SAMU. "*

- Par ailleurs, l'article 11 du décret n°88-531 du 2 mai 1988 portant organisation du secours, de la recherche et du sauvetage des personnes en détresse en mer dispose que *" les CROSS prennent, sous la responsabilité du Préfet maritime, la direction de toute opération de recherche et de sauvetage maritime. Ils sont destinataires de toutes les informations de nature à entraîner le déclenchement d'une alerte concernant le secours, la recherche ou le sauvetage des personnes en détresse en mer, dans les zones de responsabilité française "*.

Dans le cas d'un retard dans la mise en œuvre des secours consécutif à la non-observation de ces dispositions, la responsabilité pénale du directeur de plongée peut être engagée sur la base de ces textes pour mise en danger de la vie d'autrui par négligence ou manquement à une obligation de sécurité ou de prudence imposée par la loi ou le règlement (article 221.6 du code pénal).

Les mesures à mettre en place en fonction du contexte semble globalement acquises, cependant une révision régulière serait judicieuse pour éviter les oublis et faciliter la prise en charge dans le cadre de l'urgence. Actuellement, l'absence de document au sein du laboratoire concernant la procédure à entreprendre en cas d'accident de plongée est un manque préjudiciable en cas d'incident sur le terrain.

#### **IV-1-3/ Perception des risques professionnels en plongée scientifique**

La perception du risque varie selon chaque contexte individuel et social. Différentes études sur la perception des risques ont tenté de rassembler les individus par caractéristiques socio-démographiques (genre, âge, niveau d'expertise, profession) mais les résultats étaient fortement hétérogènes.(26) Dans notre étude, le sexe et l'âge ne semble pas avoir d'influence sur la perception des risques des plongeurs.

- **Conscience du risque**

L'expérience semble en revanche avoir un rôle plus important dans la perception des risques. Parmi les deux chercheurs estimant les risques en plongée comme « fort », l'un a perdu récemment deux amis dans un accident de plongée dramatique, et l'autre a été probablement victime d'un accident de décompression médullaire avec déficit moteur l'ayant conduit à réaliser plusieurs séances au caisson hyperbare.

Le fait d'être directement victime ou confronté par l'intermédiaire d'un proche à un accident grave influe sur la perception des risques et serait à l'origine d'une prise de conscience.

Les personnes impliquées dans un accident grave pourraient manifester moins d'optimisme comparatif et donc de sentiment de contrôle de la situation.

L'influence de l'implication dans un accident diminue une fois que l'événement traumatisant s'éloigne dans le temps. (27)

L'attitude vis-à-vis du risque se constitue, en partie, sur la base de nos expériences directes et indirectes de l'accident (un accident personnel ou ayant atteint des proches).(28)

Avoir un ami ou un membre de sa famille victime d'un événement négatif, augmente les perceptions individuelles de sa propre vulnérabilité et de celle d'autrui pour le même événement. Et au contraire, le fait de ne pas avoir eu d'expérience indirecte de la sorte serait associé à des perceptions d'invulnérabilité. (29)

- **Banalisation, Minimisation et relativisation du risque**

Si la plupart des plongeurs semblent avoir connaissance des risques, ils décrivent néanmoins leur pratique comme peu risquée du fait de la faible profondeur de plongée.

Certains considèrent que les risques en plongée scientifique sont identiques à ceux de n'importe quelle autre activité.

Un plongeur décrit les risques en plongée scientifique comme très faible, puis les compare à ceux de la haute-montagne.

Pourtant la haute montagne est incontestablement dangereuse. L'alpiniste s'expose à des niveaux de risque élevés en défiant des sommets vierges et inaccessibles, en se soumettant à des conditions climatiques et environnementales extrêmes. En comparaison, les profondeurs de la mer sont beaucoup plus « inertes », plus stables mais aussi constamment hostiles à celui qui les pénètre. L'intensité des risques est moindre mais leur permanence plus grande. L'eau ne tolère pas la moindre défaillance et exige une vigilance de tous les instants car quelques secondes peuvent suffire pour se noyer. Pour l'alpiniste et le plongeur sous-marin, l'attitude psychologique, l'adaptation physique du milieu et la présence du danger semblent identiques. (30)

La panne d'air en plongée est également banalisée par plusieurs plongeurs qui ne considèrent pas cela comme un incident. Une panne d'air au fond peut pourtant être à l'origine de syncope, noyade, remontée rapide avec accident de décompression ou encore surpression pulmonaire...

La qualité du matériel, le respect des mesures de prévention et une bonne communication entre plongeur fait minimiser le risque perçu par ceux-ci, qui se sentent davantage en sécurité.

Les biologistes marins ont la nécessité de réaliser des plongées seuls ou du moins sans contact avec les autres plongeurs pour le comptage de poissons par exemple. Si pour certains il ne s'agit pas d'un risque supplémentaire, d'autres s'en inquiètent. La réglementation autorise la plongée seul avec un surveillant de surface (titulaire du Certificat d'Aptitude à l'Hyperbarie, cumulant sa fonction de Chef d'Opération Hyperbare et opérateur secours) pour une pression relative inférieure à 1200 hectopascals (12 mètres). Nous recommandons à l'équipe d'être reliée à la surface par une bouée de signalisation afin d'être en liaison continue avec le surveillant surface.

- **Charge mentale et risques psycho-sociaux**

Les risques psychosociaux peuvent être décrits comme des risques pour la santé mentale, physique et sociale, engendrés par les conditions d'emploi et les facteurs organisationnels et relationnels susceptibles d'interagir avec le fonctionnement mental. (31)

Les plongeurs ont identifié des risques psychosociaux pouvant majorer les risques en plongée. Le temps accordé aux activités subaquatiques est parfois trop court par rapport à la complexité du travail à réaliser. En tant que travailleurs passionnés, le risque de surinvestissement existe. Ainsi, les plongeurs sont pressés par le temps et sont donc moins attentifs aux risques sous l'eau. Ils peuvent parfois enfreindre certaines règles de prévention afin de terminer leur travail. Ces situations peuvent être à l'origine de remontée rapide, d'irrespect des temps de palier ou de panne d'air.

L'obligation de résultat et la présence d'une autorité supérieure peuvent, de manière maladroite, être à l'origine de pressions professionnelles. Le chercheur peut se sentir obligé de plonger alors que son état ne le permettrait pas, ce qui peut être à l'origine d'incident. La communication au sein de l'équipe semble donc essentielle.

- **Risque lié au port de charges**

Tout effort après une plongée saturante majore le risque de faire un accident de décompression. Il est conseillé au plongeur sous-marin de ne jamais remonter à l'échelle du bateau équipé de leur matériel. Il est conseillé de gonfler le gilet stabilisateur et de laisser flotter le bloc de bouteille accroché à un bout, durant un temps de récupération.

Environ 1/3 de la population générale est porteuse d'un foramen ovale perméable, qui en plongée sous-marine, peut-être à l'origine d'un shunt circulatoire droite-gauche et entraîner un accident de décompression dramatique. (32,33) Un effort de poussée la glotte fermée risque d'entraîner l'ouverture du foramen ovale et le passage de bulles dans la circulation artérielle.

Les contraintes physiques lors du port de matériel avant et après plongée peuvent être également pourvoyeuses d'effets sur la santé : les Troubles musculosquelettique (TMS). Le terme TMS couvre

un ensemble de pathologies consistant en des atteintes musculaires, tendineuses, périarticulaires et nerveuses et peuvent toucher l'ensemble de l'appareil locomoteur. Les principaux signes fonctionnels de TMS sont la douleur et l'asthénie articulaire, ainsi que les complications neuropsychiques découlant du phénomène douloureux chronique.

Chez le plongeur, comme dans toutes les catégories socioprofessionnelles, la connaissance et le respect des règles d'hygiène rachidienne, en particulier lors du transport des bouteilles, de l'équipement à terre ou sur le bateau est primordiale afin d'éviter les accidents. L'effort de soulèvement en flexion ou torsion du rachis doit être proscrit, ce qui peut s'avérer difficile sur le bateau de plongée.

Il est conseillé lorsque cela est possible d'utiliser des chariots porte-bouteille pour le déplacement de l'équipement et d'être formé à la manipulation des charges lourdes.

La perception des risques hyperbares par les chercheurs ne reflétant pas la réalité des risques en plongée, le respect scrupuleux de la réglementation assurera davantage de sécurité.

#### **IV-1-4/ Perception des mesures de prévention**

- **Règles de préventions jugées importantes par les plongeurs**

Les plongeurs du laboratoire ont des notions concernant les règles de prévention en plongée sous-marine. Néanmoins, certaines peuvent être incomprises et nécessiteraient des rappels et explications pour favoriser leur application.

- **Remise en cause des procédures de sécurité et de la réglementation**

##### **-Le plongeur sécurité :**

La réglementation impose la présence d'un opérateur de secours pour toute intervention en milieu hyperbare. Celui-ci doit disposer d'un équipement respiratoire apportant le même niveau de sécurité que celui imposé pour l'opérateur.

Lors des entretiens, certains plongeurs ont critiqué cette obligation, s'interrogeant sur l'intérêt de se mettre à l'eau en urgence et de déplacer le risque d'accident sur le plongeur secours. Des difficultés concernant les effectifs et le coût d'une telle mesure sont perçus comme des limites à sa réalisation.

##### **-Défiance des règles de prévention :**

Plusieurs plongeurs signalent un nombre trop important de règles de prévention, des contraintes administratives trop nombreuses et s'interrogent sur l'utilité de certaines mesures.

Des freins dans l'application des mesures de prévention peuvent être générés par des instructions non convaincantes, une absence de preuve d'efficacité ou des manquements dans la pédagogie du message des préventeurs. (34)

Dans le but de favoriser une meilleure application et compréhension de ces mesures, une nouvelle rencontre a été organisée avec explication des risques en plongée, de la réglementation, et des mesures de prévention.

La plongée scientifique nécessite des échanges internationaux entre les scientifiques afin de partager les compétences et expériences. Actuellement, la nécessité d'être titulaire d'un Certificat d'aptitude à l'hyperbarie pour plonger au niveau professionnel en France est perçue comme un frein par les chercheurs.

Un complément dans la réglementation pourrait palier à ce problème avec éventuellement une formation, voir un contrôle des compétences, pour les chercheurs étrangers.

Concernant la possibilité pour les étudiants de plonger avec leur maître de stage, on peut s'interroger sur la réglementation les encadrant. Un étudiant n'est pas un plongeur « professionnel » et ne serait donc pas forcément soumis à l'obligation d'être titulaire du Certificat d'aptitude hyperbare.

#### **IV-1-5/ Pistes d'améliorations proposées par les plongeurs du laboratoire**

Les chercheurs sont dans la demande de formations et de réunions d'information plus régulières. Informations sur les risques, les mesures de prévention, les procédures de sécurité mais aussi des formations de « gestes et postures » ou de « Prévention des Risques liés à l'activité physique » seraient bénéfiques.

De nombreuses études ont montré des différences dans la perception des risques en fonction de leur niveau d'information. (35) Ces formations régulières pourraient aider à la prise de conscience de certains risques et aideraient à maintenir l'attention en matière de sécurité des chercheurs.

La culture de sécurité commence avec un groupe informé. Les accidents et les incidents doivent pouvoir être rapportés et partagés au sein de l'équipe pour favoriser une culture où l'organisation et les individus sont capables d'adapter les protocoles de sécurité aux besoins de la plongée. (36)

La désignation d'un responsable de la sécurité (chef d'opération hyperbare) pour chaque mission plongée est réglementairement obligatoire.(2) Ce qui n'est pas fait systématiquement actuellement au sein du laboratoire. Cette prise de responsabilité favorisera le respect des mesures de sécurité et la connaissance de la réglementation

L'idée d'un plongeur d'organiser une ou deux sorties plongées pour les nouveaux arrivants au sein du laboratoire, en restant sur le bateau, serait bénéfique afin de connaître les procédures réalisées en pratique et limiter le stress lors des premières plongées.

Le local destiné actuellement au matériel de plongée est décrit comme inadapté par les plongeurs. Nous avons donc demandé à le visiter afin de le constater.



Lors de la visite de ce local, différents points ont été mis en évidence :

- Il se situe en haut d'un chemin en pierre qui est en mauvais état pouvant occasionner de nombreux chocs dans le véhicule, ce qui est déconseillé dans les suites d'une plongée saturante ainsi que pour les blocs de plongée.
- Présence de marche d'accès rendant impossible le passage d'un chariot de transport des bouteilles de plongée.
- Encombrement important avec risque de chute d'objet, de chute de plain-pied etc...

- Local insalubre avec humidité importante et infiltration.
- Risque électrique et risque incendie : vétusté de certains interrupteurs et prises électriques.
- Entreposage de produits chimiques non conformes à la réglementation.

Plusieurs documents ont été demandés par les chercheurs pour plus de sécurité.

Pour répondre à cette demande et dans un souci de respect de la réglementation, un manuel de sécurité hyperbare a été établi par nos soins et présenté à l'équipe de chercheurs afin de s'assurer de son respect scrupuleux.

Ce manuel précise notamment :

- Les fonctions, compétences et les rôles respectifs des différentes catégories de travailleurs intervenant lors des opérations ;
- Les équipements requis selon les méthodes d'intervention employées par l'entreprise et les vérifications devant être effectuées avant leur mise en œuvre ;
- Les règles de sécurité à observer au cours des différents types d'opérations ainsi que celles à respecter préalablement et ultérieurement à ces opérations, en particulier dans les déplacements entraînant des modifications de pression ayant des conséquences sur la santé et en cas d'intervention dans les conditions mentionnées à l'article R. 4461-49 ;
- Les éléments devant être pris en compte par les travailleurs lors du déroulement des opérations tels que les caractéristiques des lieux, les variables d'environnement, les interférences avec d'autres opérations, la pression relative ;
- Les méthodes d'intervention et d'exécution des travaux ;
- Les procédures d'alerte et d'urgence, les moyens de secours extérieurs à mobiliser, les moyens de recompression disponibles et leur localisation. (2)

L'élaboration de la fiche de procédure d'accident, de la fiche de sécurité plongée et les documents de chantier ont été exposés et validés par les chercheurs du laboratoire.

La fiche de sécurité plongée, une fois complétée, permettra d'informer l'employeur de l'état des expositions des plongeurs aux activités en milieu hyperbare. L'employeur pourra à son tour déclarer cette exposition pour la création d'un compte professionnel de prévention

## **IV-2/ Limite et force de l'étude**

### **IV-2-1/ Biais d'interprétation**

La méthodologie d'une étude qualitative est basée sur un processus inductif ou subjectif, aboutissant à une interprétation des déclarations des participants. Il est alors difficile de garantir la fidélité des interprétations, du fait de la subjectivité de l'enquêteur. Ceci implique inévitablement un biais d'interprétation.

Afin de limiter ce biais, durant les entretiens nous avons demandé aux chercheurs participant à l'étude de préciser leur pensée lorsque leurs déclarations étaient ambiguës ou difficiles à comprendre. Ceci dans le but de laisser le moins de place possible au doute et donc à l'interprétation sur ce qu'ils venaient de dire.

### **IV-2-2/ Biais lié aux entretiens**

La formation à la technique des entretiens et à la méthode qualitative s'est faite par la lecture d'ouvrages de référence.

L'inexpérience de l'interviewer a pu altérer la qualité du recueil ainsi que l'analyse du contenu thématique.

Les entretiens semi-dirigés, ont pour but de laisser au maximum parler l'enquêté, tout en restant dans un certain cadre. Le guide d'entretien a été rédigé dans le but de ne pas être trop directif dans la manière d'aborder les sujets, avec des questions ouvertes, neutres. Les participants ont pu cependant être influencés par la manière dont les questions étaient posées.

Etre passionné par le milieu marin et parler le même langage est un facteur favorisant la communication avec les interviewés. Une confiance a alors pu s'instaurer et favoriser la levée de barrières et des mécanismes de défense.

Nous pouvons craindre une certaine réserve des personnes, par peur d'être jugées. Nous avons essayé de limiter cet effet en garantissant aux interrogés le respect de l'anonymat et la confidentialité des propos.

L'utilisation du magnétophone peut être source de blocage de la part de l'interviewé qui, de ce fait, ne se libérerait pas comme cette méthodologie le demande pour être valide.



#### **IV-2-3/ Biais de sélection**

Cette étude a été conduite dans un seul laboratoire. Elle ne prétend pas être représentative ni des activités ni de l'organisation des autres laboratoires de biologie marine.

#### **IV-2-4/ Biais d'implication**

Du fait du sujet évoqué, le biais d'implication est forcément présent. Parler de ses problèmes de santé ou de ceux de proche en lien avec un accident est un processus difficile. Il implique une introspection importante et peut faire remonter des émotions intenses.

Au cours des entretiens, plusieurs chercheurs ont montré des signes d'émotion marqués par des soupirs, des silences à l'évocation de certaines expériences.

#### **IV-2-5/ Nombre réduit de participants**

La méthodologie qualitative avec entretiens semi-dirigés inclut un nombre réduit de personnes interrogées. Seulement 10 chercheurs ont été interviewés pour mener à bien cette thèse.

Le manque d'effectif disponible n'a pas permis la réalisation d'entretiens pilotes pour s'assurer de la compréhension du guide d'entretien.

#### **IV-2-6/ Force de l'étude**

Il s'agit d'une des premières études qualitatives concernant les perceptions des risques en plongée par des plongeurs professionnels.

La participation à une journée plongée, les interventions réalisées au sein du laboratoire et la réalisation de documents réglementaires ont favorisé l'implication des plongeurs à l'étude.

La sensibilisation aux mesures préventive et réglementaires a été favorisée par le partage de nos connaissances en plongée sous-marine et la passion commune qui nous lie avec l'équipe du laboratoire.

## **V/ CONCLUSION**

A travers cette étude, Nous avons voulu faire un état des lieux de la connaissance et de la perception des risques en plongée par une équipe de biologistes marins afin de comprendre les principaux freins au respect des mesures de prévention.

La connaissance globale du danger lié à la plongée par les chercheurs est hétérogène au sein du laboratoire. On note des oublis ou incompréhensions des risques par certains plongeurs.

Les résultats de cette étude montrent une perception insuffisante des risques par les chercheurs interrogés. La tendance à la minimisation des risques peut-être à l'origine de transgression des règles de prévention ou d'une baisse de la vigilance les concernant. Le risque d'accident de plongée peut être ainsi majoré. La nécessité d'une prise de conscience de la réalité du risque en plongée apparaît nécessaire.

Le souhait d'information sur les risques par les chercheurs nous fait penser qu'une optimisation de leurs connaissances favorisera l'application des mesures de prévention. Ces informations régulières devront insister sur la permanence du danger dans le temps. La mise en place de rencontres régulières, afin d'échanger concernant la sécurité et leurs expériences, favoriserait la création d'une culture de sécurité au sein du laboratoire. La désignation systématique d'un chef d'opération hyperbare pour chaque sortie plongée garantira un meilleur respect des mesures de prévention et de la réglementation.

Le manuel de sécurité hyperbare, en plus d'être obligatoire réglementairement, est un outil pour connaître et favoriser les règles de sécurité en plongée au sein du laboratoire. Son respect scrupuleux par les chercheurs est essentiel afin de limiter l'exposition aux risques en plongée.

La réalisation d'une rencontre avec l'équipe, afin de leur exposer les résultats de l'étude, de les informer sur les risques et la réglementation de la plongée scientifique, a été une première réponse apportée. Les différents documents réalisés au cours de cette thèse leurs ont été expliqué afin de s'assurer de leur bonne compréhension et d'une utilisation adéquate.

Cette étude concernait une équipe de scientifiques, lesquels ont des connaissances sur les risques pour la santé plus importantes que la population générale. Au vu des résultats de l'étude, on peut s'interroger sur l'état de la connaissance et la perception des risques par les travailleurs, intervenant en conditions hyperbares, des autres mentions (scaphandriers, militaires, tunneliers...).

Les disparités de connaissances selon les individus et de compétences mises en œuvre selon le contexte professionnel ayant un impact important sur la perception des risques et les comportements des travailleurs, les résultats pourraient varier en fonction des mentions des plongeurs professionnels. La perception des risques professionnels par les travailleurs devrait être davantage pris en compte dans les processus d'évaluation et de gestion des risques.

## BIBLIOGRAPHIE

1. Broussolle B, Méliet J, Coulange M. *Physiologie et Médecine de la Plongée*. Ellipses Editions Marketing. Paris; 2006. 880 p.
2. Décret n° 2011-45 du 11 janvier 2011 relatif à la protection des travailleurs intervenant en milieu hyperbare. 2011-45 jan 11, 2011.
3. AVIS et rapport révisés de l'Anses relatif aux « Effets sanitaires liés aux expositions professionnelles à des mélanges gazeux respiratoires autres que l'air dans le cadre des activités hyperbares » (annule et remplace l'avis et le rapport révisés du 1er octobre 2014) | Anses - Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail [Internet]. [cité 19 oct 2017]. Disponible sur: <https://www.anses.fr/fr/content/avis-et-rapport-r%C3%A9vis%C3%A9s-de-lanses-relatif-aux-%C2%AB-effets-sanitaires-li%C3%A9s-aux-expositions>
4. Raveneau G. La plongée sous-marine, entre neutralisation du risque et affirmation de la sécurité, Abstract, Zusammenfassung. *Ethnologie française*. 2006;36(4):613-23.
5. Chauvin B, Hermand D. Influence des variables distales sur la perception des risques : une revue de la littérature de 1978 à 2005, Summary, Zusammenfassung, Riassunto, Resumen, Resumo. *Les Cahiers Internationaux de Psychologie Sociale*. 2006;Numéro 72(4):65-83.
6. Carricaburu D, Lhuilier D, Merle V. Quand soigner rend malade : des soignants face au risque infectieux à l'hôpital, Abstract. *Santé Publique*. 1 août 2008;20(hs):57-67.
7. Adie W, Cairns J, Macdiarmid J, Ross J, Watt S, Taylor CL, et al. Safety culture and accident risk control: Perceptions of professional divers and offshore workers. *Safety Science*. févr 2005;43(2):131-45.
8. Brewer NT, Weinstein ND, Cuite CL, Herrington JE. Risk perceptions and their relation to risk behavior. *Annals of Behavioral Medicine*. avr 2004;27(2):125-30.
9. Kouabenan D, Cadet B, Herman D, Munoz Sastre M. *Psychologie du risque- Identifier, évaluer, prévenir*. 347 p.
10. Aubin-Auger I, Mercier A, Baumann L, Lehr-Drylewicz A-M, Imbert P, Letrilliart L. Introduction à la recherche qualitative. 19:4.
11. Groupe Marketing Consultants - Focus groupe et entretien individuel : 2 moyens de recueil des données possédant des vocations distinctes - Réflexions résultant de l'analyse des attitudes et attentes des entreprises et/ou des consommateurs [Internet]. [cité 7 jan 2018]. Disponible sur: <http://www.g-m-consultants.com/2008/02/27/focus-groupe-et-entretien-individuel-2-moyens-de-recueil-des-donnees-possedant-des-vocations-distinctes.html>
12. Blanchet A, Gotman A. *L'entretien*. Armand Colin. Paris; 2015.
13. Maanan M. Heavy metal concentrations in marine molluscs from the Moroccan coastal region. *Environmental Pollution*. 1 mai 2008;153(1):176-83.
14. Brière J, Fouquet N, Ha C, Imbernon E, Plaine J, Rivière S, et al. Des indicateurs en santé travail. :4.

15. Morgan WP. Anxiety and Panic in Recreational Scuba Divers. *Sports Med.* 1 déc 1995;20(6):398-421.
16. Bonnet A, Fernandez L, Graziani P, Rouan G, Pedinielli J-L. État émotionnel subjectif et prise de risques : rôle de l'anxiété et de la fatigue psychologique. *Journal de Thérapie Comportementale et Cognitive.* 1 juin 2004;14(2):89-93.
17. Coulange M, Rossi P, Gargne O, Gole Y, Bessereau J, Regnard J, et al. Pulmonary oedema in healthy SCUBA divers: new physiopathological pathways. *Clinical Physiology and Functional Imaging.* 1 mai 2010;30(3):181-6.
18. Gempp E, Louge P, Blatteau J-E. Œdème pulmonaire en plongée sous-marine. *Science & Sports.* déc 2016;31(6):362-7.
19. Analyse des accidents de plongée sous-marine dans un centre de traitement hyperbare. Une étude italienne - Article de revue - INRS [Internet]. [cité 7 jan 2018]. Disponible sur: <http://www.inrs.fr/media.html?refINRS=TF%20124>
20. Louge P, Gempp E, Constantin P, Hugon M. Prise en charge des accidents de décompression médullaire en plongée sous-marine : actualités en 2010. *La Presse Médicale.* juill 2010;39(7-8):778-85.
21. Thomère M. *Les Liaisons dangereuses avec la mer/e.* Edition Hommes et perspectives. Marseille; 1995. 187p.
22. Yarritu I, Matute H, Vadillo MA. Illusion of Control. *Exp Psychol.* 2014;61(1):38-47.
23. Spitzenstetter F. Optimisme comparatif dans le milieu professionnel: l'influence de la fréquence et de la gravité sur la perception des risques d'accident du travail. *Psychologie du Travail et des Organisations.* 1 déc 2006;12(4):279-89.
24. Weinstein ND. Optimistic biases about personal risks. *Science.* 8 déc 1989;246(4935):1232-3.
25. Bouffartigue P, Pendariès J-R, Bouteiller J. Virilité, métier et rapport aux risques professionnels : le cas de travailleurs de la sous-traitance. *Perspectives interdisciplinaires sur le travail et la santé* [Internet]. 1 nov 2010 [cité 30 jan 2018];(12-3). Disponible sur: <http://journals.openedition.org/pistes/2652>
26. Chauvin B, Hermand D. Influence des variables distales sur la perception des risques : une revue de la littérature de 1978 à 2005, Summary, Zusammenfassung, Riassunto, Resumen, Resumo. *Les Cahiers Internationaux de Psychologie Sociale.* 2006;Numéro 72(4):65-83.
27. Meyer T, Delhomme P. Quand chacun pense être moins exposé que les autres aux risques mais plus réceptif aux messages de prévention pour la santé. *Santé publique.* 2000;12(2) :133-147.
28. Barjonet PE. LE RISQUE ET SES REPRESENTATIONS. ELEMENTS POUR UNE APPROCHE PSYCHOSOCIOLOGIQUE. RECHERCHE-TRANSPORTS-SECURITE [Internet]. janv 1984 [cité 7 jan 2018];(1). Disponible sur: <https://trid.trb.org/view/1036076>
29. Perloff LS. Perceptions of Vulnerability to Victimization. *Journal of Social Issues.* 1 juill 1983;39(2):41-61.

30. Dolbeault S. Haute altitude, engagement et prise de risque, Summary. *Études sur la mort*. 2009;(136):91-7.
31. Gollac M, Bodier M. Mesurer les facteurs psychosociaux de risque au travail pour les maîtriser [Internet]. Collège d'expertise sur le suivi des risques psychosociaux au travail; 2011 [cité 7 jan 2018]. Disponible sur: <http://www.college-risquespsychosociaux-travail.fr/site/Rapport-College-SRPST.pdf>
32. Germonpré P, Dendale P, Unger P, Balestra C. Patent foramen ovale and decompression sickness in sports divers. *Journal of Applied Physiology*. mai 1998;84(5):1622-6.
33. Wilmshurst P, Bryson P. Relationship between the clinical features of neurological decompression illness and its causes. *Clinical Science*. 1 juill 2000;99(1):65-75.
34. Mbaye S, Kouabenan R, Sarnin P. L'explication naïve et la perception des risques comme des voies pour améliorer les pratiques de REX: des études dans l'industrie chimique et l'industrie nucléaire. :41.
35. Paul Slovic. Perception of Risk. *Science, New Series*. 1987;236(4799):280-5.
36. Hodges V, Walker JM. DEVELOPING A CULTURE OF SAFETY IN SCIENTIFIC DIVING PROGRAMS. 2013;5.

# ANNEXE

## ANNEXE 1

### Liste des abréviations

**DIU** Diplôme Interuniversitaire

**ADD** Accident de désaturation

**OPI** Œdème pulmonaire d'immersion

**CAH** Certificat d'aptitude à l'hyperbarie

**UTOH** Unité de Traitement par Oxygène Hyperbare

**CNRS** Centre national de la recherche scientifique

**BAVU** Ballon Autoremplisseur à Valve Unidirectionnelle

**TMS** Troubles musculo-squelettiques

**RPS** Risques psycho-sociaux

**COH** Chef d'Opérations Hyperbares

**CPH** Conseiller à la prévention hyperbare

**CPS** Chef de plongée scientifique

**RSP** Responsable service plongée

**MEDSUBHYP** Société de Physiologie et de Médecine subaquatiques et hyperbares de langue française

## ANNEXE 2 :

**Guide d'entretien**

**Bonjour, je suis interne en médecine du travail, je vous remercie d'avoir accepté de me rencontrer, dans le cadre de ma thèse menée afin de connaître votre perception des risques hyperbares. Il s'agit d'un entretien qui dure environ 1h, où nous aborderons votre expérience de la pratique de la plongée scientifique. L'objectif de cet entretien est de recueillir un maximum d'information, il n'y a pas de bonnes ou de mauvaises réponses, c'est vous qui êtes l'expert de ce que vous avez vécu ou ressenti. Dans un souci de recueil fidèle de vos réponses, cet entretien sera enregistré si vous en êtes d'accord. L'ensemble des données recueillies restera anonyme.**

**Questions quantitatives :**

- Sexe
- Quel est votre âge ?
- Depuis combien de temps pratiquez-vous la plongée loisir ?
- Depuis combien de temps pratiquez-vous la plongée dans votre métier ?
- Combien de plongée scientifique en moyenne avez-vous réalisé sur l'année 2017 ?

**Perception de la plongée sous-marine**

- Comment définiriez-vous un « bon » plongeur sous-marin ? quelle qualité est indispensable selon vous pour être plongeur ?

**Connaissances et perception des risques hyperbares**

- Que connaissez-vous des risques spécifiques à la plongée sous-marine ?
- Quels sont les plus graves selon vous ? Lequel redoutez-vous le plus ? pour quelles raisons ?
- Quelle crainte ou hésitation avez-vous avant de plonger ?
- Avez-vous déjà été victime ou spectateur d'un incident en plongée ? De quel type ? Quel en a été l'impact sur votre pratique ?
- Connaissez-vous la procédure à suivre en cas d'accident de plongée ?

**Perception de la plongée scientifique**

- Est-il risqué selon vous de pratiquer la plongée scientifique ? comment évaluez-vous le risque de votre métier ?

**Respect des règles de prévention :**

- Quelles règles de prévention vous paraissent primordiales avant, pendant et après la plongée ?
- Certaines règles de prévention sont-elles difficiles à respecter ? Lesquelles et pour quelles raisons ?
- Selon vous, qu'est ce qui pourrait être amélioré pour assurer plus de sécurité dans la pratique professionnelle de la plongée sous-marine ?



## ANNEXE 3 :

**MANUEL DE SÉCURITÉ****HYPERBARE****SOMMAIRE**

- I. Contexte réglementaire
- II. Champ d'application
- III. Définitions
- IV. Environnement administratif
- V. Fonctions et Responsabilités
- VI. Prescriptions et Techniques
- VII. Procédures ordinaires d'intervention
- VIII. Plongées particulières

**I Contexte réglementaire**

La réglementation concernant les interventions subaquatiques à but scientifique (ou plongées scientifiques) s'appuie actuellement sur les textes suivants :

-Décret n° 2011-45 du 11 janvier 2011 relatif à la protection des travailleurs intervenant en milieu hyperbare.

-Décret n° 2011-774 du 28 juin 2011 portant modification du décret n° 82-453 du 28 mai 1982 modifié relatif à l'hygiène et la sécurité du travail ainsi qu'à la prévention médicale dans la fonction publique.

-Décret n° 2013-607 du 9 juillet 2013 relatif à la protection contre les risques biologiques auxquels sont soumis certains travailleurs susceptibles d'être en contact avec des objets perforants et modifiant les dispositions relatives à la protection des travailleurs intervenant en milieu hyperbare (inclus la modification de l'article 7 du décret 2011-45 pour l'archéologie sous-marine et subaquatique).

-Décret n° 2014-1159 du 9 octobre 2014 relatif à l'exposition des travailleurs à certains facteurs de risque professionnel au-delà de certains seuils de pénibilité et à sa traçabilité.

-Arrêté du 30 octobre 2012 définissant les procédures d'accès, de séjour, de sortie et d'organisation du travail pour les interventions en milieu hyperbare exécutées avec immersion dans le cadre de la mention B « techniques, sciences et autres interventions ».

-Arrêté du 30 octobre 2012 relatif aux travaux subaquatiques effectués en milieu hyperbare (mention A), pour les plongées à partir de dispositif immergé, et ses annexes 2, 3, et 6 pour les tables de décompression de référence et les tables de recompression d'urgence.

-Arrêté du 12 décembre 2016 définissant les modalités de formation à la sécurité des travailleurs exposés au risque hyperbare

## **II Champ d'application**

### **a) Personnes concernées**

-Tout personnel intervenant en milieu hyperbare exposés à une pression relative supérieure à 0.1 bar.

-Personnel du laboratoire ..... en position d'activité (fonctionnaires, contractuels), intervenant dans le cadre d'une opération de recherche ou d'entraînement, quel que soit le lieu de la plongée en France métropolitaine et dans les DOM-TOM ainsi qu'à l'étranger lorsque l'opération est placée sous le contrôle du laboratoire .....

-A toute personne extérieure intervenant en plongée sous le contrôle administratif, scientifique ou technique du laboratoire ..... (Hors prestation de service)

-Lorsqu'une opération n'est pas placée sous le contrôle du laboratoire ....., ses agents suivent les procédures de l'entité organisatrice si celles-ci offrent des garanties de sécurité supérieures ou égales à la note transitoire relative à la plongée scientifique au CNRS du 4 février 2016. Dans le cas contraire, ils appliquent leurs propres procédures.

### **b) Modes de plongée concernés**

#### **-Plongée en scaphandre autonome ou narguilé :**

-A l'air dans la tranche de 0 à 60 mètres.

-Nitrox 40/60 (maximum 30 mètres).

## **III Définitions**

-On entend par « intervention subaquatique scientifique » toute intervention dont le but consiste à recueillir des informations, des données ou des échantillons à des fins de recherche ou d'enseignement, à mettre en place et à entretenir des dispositifs expérimentaux et l'instrumentation nécessaires, à ces activités. L'illustration de la distinction entre travaux (relevant de la mention A) et interventions en milieu hyperbare, peut-être trouvée en annexe de l'arrêté du 30 octobre 2012 relatif aux travaux subaquatiques effectués en milieu hyperbare (mention A).

-Ce type de plongée relève globalement de la mention B, « autres activités subaquatiques », décrite dans le décret n° 2011-45 du 11 janvier 2011 relatif à la protection des travailleurs intervenant en milieu hyperbare. Toutefois certaines opérations (levage lourd, mise en œuvre d'outillage hydraulique, déroctage, etc) devront être réservées à des personnels expérimentés désignés par le chef de mission ou le chef d'opération hyperbare. Elles ne pourront en aucun cas être confiées à des personnels bénéficiant d'une dérogation.

-La profondeur de la plongée est le point le plus bas atteint au cours de l'intervention, même si le séjour y est très court.

-L'équipe de plongée est également appelée palanquée.

-Un chantier est un site délimité géographiquement et défini par l'ensemble des caractéristiques qui conditionnent les modalités d'intervention : profondeur, nature du fond, courants éventuels, régime de marées, accessibilité, possibilités de secours, etc.

-On entend par accessoire de plongée tout équipement individuel autre que l'appareil respiratoire.

-On entend par document de chantier la fiche synthétisant les spécificités techniques et de sécurité propres au chantier.

-Le plan de prévention des risques détaille les conditions de travail, les risques inhérents au chantier et les moyens de protection apportés, ainsi que les procédures de travail normales et de secours

#### **IV Environnement administratif**

##### **Certificat d'aptitude à l'hyperbarie**

Pour intervenir dans un environnement pressurisé, tout travailleur doit être titulaire d'un certificat d'aptitude à l'hyperbarie (CAH) dont la Mention et la Classe spécifient respectivement le type d'activités professionnelles exercées et les zones de pressions (profondeurs) autorisées.

- La Mention A concerne les travaux subaquatiques (activités des scaphandriers);
- La Mention B regroupe différents types d'interventions subaquatiques parmi lesquelles les activités physiques ou sportives, l'archéologie sous-marine, la défense, la sécurité civile, etc. Les plongeurs scientifiques relèvent généralement de la mention B et des spécialités suivantes :
  - Bb : Archéologie sous-marine et subaquatique ;
  - Bc : Arts, spectacles et médias ;
  - Bh : Techniques, sciences et autres interventions.
- La Mention C concerne les interventions sans immersion pour les personnels affectés à la mise en œuvre des installations hyperbares médicales (médecins, infirmiers, aides-soignants, techniciens, etc.) ;
- La Mention D concerne principalement les travaux sans immersion effectués par les tubistes dans les tunneliers

L'arrêté du 12 décembre 2016 a défini les modalités de formation à la sécurité des travailleurs exposés au risque hyperbare (et donc du CAH). Cet arrêté définit les objectifs pédagogiques de la formation à la sécurité destinée aux travailleurs souhaitant être titulaires d'un CAH, les modalités de certification des organismes de formation et les conditions d'accréditation des organismes de certification. Ce texte est entré en vigueur au 1er janvier 2017. Toutefois, et ce jusqu'au 1er janvier 2019, tout organisme de formation agréé et qui ne serait pas encore certifié pourra poursuivre son activité de formation selon les dispositions de l'arrêté du 28 janvier 1991 définissant les modalités de formation à la sécurité des personnels intervenant dans des opérations hyperbares.

La formation est dispensée par des organismes certifiés (et non plus agréés comme précédemment), l'attestation de certification étant délivrée par un organisme certificateur. L'accès à la formation est conditionné par la présentation à l'organisme de formation d'un document attestant l'aptitude médicale du candidat. Le CAH a dorénavant une durée de validité de 5 ans, il est ensuite soumis à un recyclage avec examen et mise en situation pouvant conduire à la perte du CAH.

-Classe 0 : pression relative maximale n'excédant pas 1200 hectopascals (1,2 bar)

-Classe I : pression relative maximale n'excédant pas 3000 hectopascals (3 bars)

-Classe II : pression relative maximale n'excédant pas 5000 hectopascals (5 bars).

-Classe III : pression relative supérieure à 5000 hectopascals (5 bars).

-Le certificat d'aptitude à l'hyperbarie est accompagné d'un livret de suivi des interventions en milieu hyperbare.

#### Certificat médical

-Une surveillance médicale spécifique pour les plongeurs est exercée par la médecine de prévention. Les critères de l'examen et les contre-indications à l'emploi sont précisés dans les « Recommandations de bonne pratique prise en charge en santé au travail des travailleurs intervenant en conditions hyperbares » publié par le Conseil scientifique de MEDSUBHYP. La périodicité des examens est de 12 mois.

-Le médecin fait compléter :

- Une fiche individuelle et d'observations sur les conditions de travail
- Dates et résultats des examens,
- Accidents et pathologies (liés ou non à l'activité hyperbare)

- L'employeur est tenu de faire examiner par le médecin de prévention tout plongeur ayant été victime d'un incident ou d'un accident hyperbare. Tout travailleur exposé au risque hyperbare devrait bénéficier d'un examen médical après tout arrêt de travail pour accident ou maladie, d'origine professionnelle ou non, quelle que soit sa durée (Recommandations de bonne pratique : prise en charge en santé au travail des travailleurs intervenant en conditions hyperbares, 2016). Le certificat médical délivré après chaque examen mentionne la classe d'aptitude et, le cas échéant, des recommandations ou limites particulières. Aucun personnel de ..... ou de tout chantier placé sous le contrôle administratif, scientifique et administratif de celui-ci ne peut être autorisé à plonger s'il n'a pas de visite médicale à jour. Les plongeurs extérieurs à ..... intervenant sur un site de plongée à titre professionnel, qu'ils relèvent de la fonction publique ou d'une entreprise privée, doivent pouvoir faire état d'un certificat médical d'aptitude à l'hyperbarie valide délivré par le médecin de prévention de leur administration ou par le médecin du travail de leur entreprise, conforme à l'arrêté du 28 mars 1991 et aux articles R4624-25, R4624-26 et R4624-27 du code du travail. Il est interdit d'affecter ou de maintenir les femmes enceintes à des postes de travail exposant à une pression relative supérieure à 100 hectopascals (0,1 bar) (article D.4152-29 du code du travail)

#### Ordre de mission

Tout plongeur du laboratoire ..... doit être en possession d'un ordre de mission, établie par son directeur, faisant mention de la pratique de la plongée hyperbare.

#### Assurance

Tout plongeur non fonctionnaire ou non contractuel de l'État, intervenant sur un chantier, doit pouvoir présenter au moins une attestation d'assurance couvrant tous les risques liés à son activité dans le cadre du chantier. Cette couverture peut être souscrite à titre personnel ou dans le cadre du chantier, ou encore de l'organisme employant le plongeur.

### **Plongeurs scientifiques étrangers**

Les plongeurs scientifiques ne relevant pas d'un employeur de droit français doivent justifier :

- D'une formation acquise, de façon prépondérante, dans l'union européenne (UE)
- D'un diplôme, certificat ou autre titre délivré dans un état membre de l'UE
- D'un diplôme, certificat ou autre titre délivré par une autorité d'un pays tiers, à condition que soit fournie, par l'autorité compétente de l'état membre qui a reconnu le diplôme, certificat ou autre titre, une attestation de la formation et de la qualification du scientifique considéré, ou d'une formation acquise remplissant les mêmes objectifs pédagogiques que ceux qui seront définis dans les futurs arrêtés « Formation » des mentions B

-A titre transitoire, les plongeurs scientifiques qui justifient d'un diplôme, certificat ou autre titre professionnels étrangers, reconnus par leur pays d'origine et par leur organisme d'appartenance, ou les plongeurs de l'UE qui justifient de la qualification ESD (European Scientific Diver) ou AESD (Advanced European Scientific Diver) de l'ESDP (European Scientific Diving Panel) du European Marine Board sont autorisés à plonger avec les équipes du laboratoire, après vérification par le responsable du service de plongée de leur niveau de plongée et de la possession d'une aptitude médicale en cours de validité.

-Ces plongeurs scientifiques devront également avoir un ordre de mission de leur organisme d'appartenance ou de rattachement, mentionnant la pratique de la plongée subaquatique dans le cadre de leur mission.

### **Entreprise extérieure ou travailleur indépendant**

-En cas d'intervention d'une entreprise extérieure ou un travailleur indépendant, le laboratoire ..... assure la coordination générale des mesures de prévention à prendre ainsi que celles prises par le chef de l'entreprise extérieure ou par le travailleur indépendant. Dans le cas d'une prestation de service ou de travaux, cette coordination fait l'objet de la rédaction d'un plan de prévention au sens des articles R. 4511 et suivants du code du travail. Le laboratoire ..... transmet les consignes particulières applicables à l'établissement en matière de prévention du risque hyperbare aux chefs des entreprises extérieures ou aux travailleurs indépendants auxquels elle fait appel. Il leur remet notamment le manuel de sécurité hyperbare applicable à l'unité. Chaque entité est responsable, chacune en ce qui la concerne, de l'application des mesures de prévention nécessaires à la protection des travailleurs qu'elle emploie, notamment de la fourniture, de l'entretien, du stockage et du contrôle des appareils et des mesures de protection collective ainsi que des équipements de protection individuelle (EPI).

-Le responsable du service de plongée ou le chef d'opération hyperbare s'assure de l'adéquation des qualifications et de l'aptitude médicale de chaque travailleur avec la fonction attribuée. Sur le site d'intervention, il renseigne et vise une fiche de sécurité pour chaque intervention.

## **V FONCTIONS ET RESPONSABILITÉS**

## **Employeur**

Toutes les plongées sont pratiquées sous l'autorité du directeur du laboratoire. Il désigne par une note de service parmi le personnel titulaire de la qualification de chef de plongée délivrée par le CNRS, un responsable du service de plongée.

## **Responsable service de plongée (RSP) (Au CNRS)**

Le responsable du service de plongée assure la coordination des plongées du laboratoire; il tient à jour la liste des plongeurs des unités du site mentionnant les qualifications de chacun accompagnées d'une copie des certificats médicaux en cours de validité ; il vise les documents de chantier, les feuilles de plongée et les livrets individuels ; il s'assure de l'entretien du matériel de plongée et de sécurité ; il veille à l'application de la réglementation en vigueur et doit se tenir informé de toutes les modifications de la législation et des mesures de sécurité nouvelles apportées à la plongée professionnelle.

## **Conseiller de prévention hyperbare (CPH)**

-Les critères permettant de définir le nombre de CPH nécessaire au CNRS ainsi que le contenu de la formation, la durée de validité et les conditions d'obtention et de renouvellement du certificat à la prévention hyperbare seront définis dans les arrêtés « Formation » pour les mentions B, en attente de publication par le ministère du travail.

-Seuls peuvent exercer les fonctions de Conseiller à la Prévention Hyperbare (CPH) les travailleurs titulaires du certificat mentionné à l'article R. 4461-4 du code du travail. A titre transitoire, et comme mentionné précédemment, les responsables des services de plongée dans les structures du CNRS continuent d'exercer l'ensemble des prérogatives liées à l'organisation des interventions en milieu hyperbare subaquatique et à la prévention des risques.

## **Chef d'opération hyperbare (COH) (obligatoire)**

-Toute intervention en milieu hyperbare doit être dirigée par un chef d'opération hyperbare désigné par le directeur du laboratoire. Le chef d'opération hyperbare doit avoir un certificat d'aptitude à l'hyperbarie, mention A ou B (et titulaire du diplôme de chef de plongée scientifique (CPS) au CNRS). Il reçoit du responsable du service de plongée un exemplaire du présent manuel de procédures hyperbares et, s'il y a lieu, une consigne écrite. Il supervise la totalité des activités hyperbares de l'opération et prend toute mesure propre à assurer la sécurité des travailleurs intervenant sous pression conformément aux documents reçus. Il élabore, en liaison avec le chef de mission, le « document de chantier » propre à l'opération. Ce document doit être validé par le responsable du service de plongée. Il organise l'instruction et la formation à la sécurité du personnel intervenant sur le site. Il valide l'organisation des plongées mise au point par le chef de mission en fonction du travail à effectuer, du niveau, de l'expérience et de l'état physique des plongeurs, du matériel disponible, des conditions météorologiques et environnementales. Compte tenu de la profondeur de l'intervention, réelle ou équivalente, de la méthode de plongée choisie et prend la procédure de décompression de référence. Il vise les relevés de plongée des intervenants. Il lui appartient d'interdire la plongée à toute personne ne présentant pas les conditions physiques, psychiques ou techniques appropriées. La fonction de chef d'opération hyperbare peut être cumulée, au sein d'une même équipe, avec celle d'opérateur, de secours, de surveillant ou d'aide opérateur. Il est habilité à

prendre, en dernier ressort, les décisions d'urgence imposées par des impératifs de sécurité, y compris la suspension des travaux. Si le COH est amené à plonger, il transfère ses prérogatives, durant le temps de son intervention, à un participant au chantier présentant les compétences nécessaires. Ce changement ponctuel est noté sur la feuille de plongée du jour. En cas d'accident, il établit dans les meilleurs délais un rapport circonstancié à l'attention du directeur du laboratoire et des autorités compétentes.

### **Surveillant de surface (obligatoire)**

-Les interventions en milieu hyperbare ne peuvent être effectuées par une personne seule sans surveillance. Désigné par le COH, et agissant selon les instructions de ce dernier, le surveillant de surface est formé pour donner les premiers secours en cas d'urgence, piloter l'embarcation, veiller à la sécurité des travailleurs intervenant en milieu hyperbare à partir d'un lieu adapté soumis à la pression atmosphérique locale et regroupant les moyens de communication, d'alerte et de secours. Son nom apparaît sur la feuille de plongée et il ne peut être remplacé à son poste que par une personne désignée par le COH. Il doit avoir bénéficié d'une information à la fois sur le manuel de procédures et le document de chantier.

### **Opérateur de secours (plongeur de secours) (obligatoire)**

-Lorsque la pression relative est **inférieure à 1,2 bars (12 mètres)**, l'équipe d'intervention comprend au minimum deux personnes :

- Lorsqu'un opérateur intervient seul, le surveillant de surface est titulaire d'un certificat d'aptitude à l'hyperbarie et cumule sa fonction avec celle **d'opérateur de secours**

-Lorsque la pression relative est **supérieure à 1,2 bars**, l'équipe d'intervention est renforcée comme suit :

- Minimum deux opérateurs, qui cumulent chacun la fonction d'opérateur de secours (plongée en binôme). Quelle que soit la profondeur d'intervention, lorsque plus de deux opérateurs interviennent, ils évoluent en binôme.

Lorsque l'intervention nécessite des paliers de décompression dans l'eau, le COH s'assure qu'une ligne à paliers, équipée d'au moins un bloc rempli du mélange respiratoire adapté à l'intervention, est installée ou prête à être mise à l'eau en cas de paliers en dérive dans le courant, des blocs de secours, équipés de détendeurs, sont présents, à raison d'un par équipe, dans l'embarcation et peuvent être immergés aisément et rapidement à la profondeur nécessaire. Ces blocs sont identifiés visiblement pour ne pas être confondus avec les autres. (Arrêté du 30/10/2012)

### **Chef de mission**

-Pour les missions cumulant la plongée avec d'autres opérations, le chef de mission peut faire partie du personnel non-plongeur du laboratoire mais dans ce cas il n'a aucun pouvoir décisionnel sur la faisabilité de la plongée.

-La fonction de Chef de mission est cumulée avec celle de COH systématiquement lorsque les missions sont exclusivement consacrées à la plongée.

### **Commandant/Pilote de bateau**

-Le commandant/pilote du bateau décide de la faisabilité de la plongée en fonction des critères suivants :

- Des conditions de transit (mer, météo, etc...)
- Des conditions pour la mise et l'eau et la récupération des plongeurs

-Le commandant/pilote, le chef de mission et le COH se concertent sur la faisabilité de la mission plongée, si l'un d'eux estime que la sortie n'est pas réalisable, la mission est annulée.

-La fonction de commandant/pilote peut-être cumulé avec la fonction de surveillant de surface.

## **VI : Prescriptions et Techniques**

### **Équipements de protection individuelle**

-L'employeur met à disposition les équipements de protection individuelle spécifiques à la nature de l'intervention ou des travaux, comprenant notamment les appareils respiratoires, les appareils respiratoires de secours et les accessoires appropriés aux méthodes d'intervention et de secours. Par dérogation aux articles R. 4461-21 et R. 4461-25 du code du travail, l'employeur peut autoriser un travailleur titulaire d'un certificat d'aptitude à l'hyperbarie mention Bb (archéologie sous-marine et subaquatique) à utiliser ses propres équipements de protection individuelle (EPI), après s'être assuré qu'ils sont appropriés au travail à réaliser ou convenablement adaptés à cet effet, conformément aux articles R. 4321-1 et suivants du code du travail.

-Un réservoir de gaz de secours ou un moyen de contrôle continu de la pression permettant d'alerter le travailleur, ainsi qu'un dispositif d'alimentation de secours doivent être constamment disponibles pour prévenir une défaillance d'alimentation en gaz respirable.

-Les blocs bouteilles font l'objet d'une ré-épreuves tous les 2 ans à partir de la première date d'épreuve ainsi qu'à chaque anomalie de fonctionnement constatée

-Aucune bouteille ayant dépassé la période de validité, ne peut être utilisée ou acceptée au chargement.

-L'équipement minimum comprend une montre, un profondimètre, un couteau, un jeu de tables de plongée immergeable (**MT92**), une lampe, un parachute de palier, un système sonore « Dive Alert ».

-Des équipements complémentaires peuvent être attribués, à la demande du plongeur ou du COH, en fonction de critères physiologiques individuels (masque à verres correcteurs par ex.) ou des caractéristiques techniques et environnementales de l'intervention.

### **Robinetteries**

Les robinetteries font l'objet d'un démontage annuel à la même période que les visites des blocs ou chaque fois qu'une anomalie de fonctionnement est constatée.

### **Détendeurs**

Seuls sont autorisés les détendeurs bi-étagés d'un débit minimum de 300 l/mn. Dans tous les cas les détendeurs doivent fournir automatiquement le gaz respiré, sans résistance excessive, à une



pression qui correspond à celle du niveau où se trouve l'intervenant. Les détendeurs sont vérifiés au moins une fois par an. Cette opération, ainsi que toute autre réalisée en cours d'année, est notée sur un système d'enregistrement non susceptible d'effacement et permettant un contrôle immédiat. Les détendeurs sont équipés d'un manomètre de contrôle de pression du gaz respiré. Les intervenants doivent être équipés de blocs double sortie et de deux détendeurs, le nombre de manomètres peut être réduit à un, après accord du COH.

### **Narguilés**

Seul le personnel ayant reçu une formation spécifique et désigné par le COH est habilité à plonger selon cette méthode et à piloter le tableau de commande des narguilés. Avant toute immersion par cette méthode, le COH doit vérifier le bon fonctionnement de l'alimentation principale, la pression de la bouteille secours et son bon fonctionnement ainsi que celui des communications. Quel que soit le type de narguilé utilisé, la présence d'un clapet anti-retour est obligatoire.

### **Gilets stabilisateurs**

Toutes les plongées doivent se pratiquer avec un gilet stabilisateur alimenté par un inflateur.

### **Contrôles des gaz et des détendeurs**

-L'employeur s'assure de la conformité des gaz ou mélanges gazeux respiratoires qui seront utilisés lors des interventions hyperbares, en procédant ou en faisant procéder à des contrôles par analyse, avant leur utilisation (respect des valeurs limite d'exposition professionnelle). Il consigne les résultats des analyses mentionnées à l'article R. 4461-23 du code du travail et les tient à disposition des personnes mentionnées à l'article R. 4121-4 du code du travail.

-L'employeur assure la maintenance et le contrôle des détendeurs. Ces derniers doivent faire l'objet d'une révision au moins annuelle. Elle peut être effectuée en interne ou via une entreprise spécialisée ; les dates de révision de chaque détendeur, identifié par son numéro de série, doivent être consignées dans un registre

### **Support surface**

Une embarcation de surveillance, apte à recevoir toute l'équipe de plongée, doit être mise à disposition. Dans le cas de plongées nécessitant des paliers, une ligne à paliers est positionnée à l'endroit de retour surface des plongeurs. Cette ligne à palier est équipée d'une réserve de gaz suffisante pour assurer les paliers de l'ensemble des plongeurs engagés. Le gaz est distribué par un système de détendeurs correspondant au nombre de plongeurs, complété par un système d'accrochage individuel dans le cas des paliers à l'oxygène. Lorsque les plongées sont effectuées à partir d'un bateau, une échelle est prévue pour la récupération des plongeurs, sauf lorsque la taille de l'embarcation ne légitime pas cette obligation.

### **Signalisation et communications**

-L'emploi d'un pavillon Alpha signalant la présence de plongeurs, visible à une distance suffisante pour assurer la sécurité des intervenants est obligatoire.

-Tant que possible, les opérateurs seront reliés à la surface par une bouée de signalisation afin d'être en liaison continue avec le surveillant de surface sauf quand celle-ci représente un danger pour les opérateurs.

Nota bene : la liaison continue entre les opérateurs et le surveillant de surface pose un problème, le ministère du travail souhaitant une liaison audio entre les opérateurs et la surface. Le comité national de la plongée scientifique étudie actuellement les autres systèmes de communication pouvant être mis en œuvre afin d'assurer cette liaison continue.

-A minima le rappel des plongeurs peut se faire à l'aide d'un moyen sonore comme « Dive Alert ».

-Un poste de contrôle de surface regroupant les moyens de communication, d'alerte et de secours, et les informations nécessaires sur la nature des gaz respirés et les volumes des stocks de gaz respiratoires disponibles

-Un système de communications aériennes, respectant la réglementation propre au lieu d'intervention, permettant la liaison entre les différents sites de travail ainsi qu'avec les secours doit être disponible et son bon fonctionnement vérifié avant toute intervention.

### **Matériel médical d'urgence**

-Lors de chaque mission l'équipe doit disposer d'au moins un ensemble d'inhalation d'oxygène médical d'une capacité suffisante pour permettre un traitement adapté et une trousse d'urgence à jour et révisés.

-L'employeur s'assure de la présence d'un caisson hyperbare disponible en cas d'accident, correspondant au nombre de personnes intervenant simultanément sous pression, ainsi que du personnel qualifié pour le mettre en œuvre.

Lorsque la durée totale des paliers de décompression (selon les tables MT92) :

- Est inférieure à 15 minutes, le délai d'accès à ce caisson hyperbare n'excède pas deux heures
- Est supérieure à 15 minutes, le délai d'accès à un caisson hyperbare n'excède pas 1 heure, ou bien l'employeur rend disponible sur le site un caisson de recompression d'urgence (CRU).

-Lorsque les interventions ne nécessitent pas de palier de décompression, le délai d'accès à un caisson hyperbare peut être supérieur à deux heures. (Article 17 de l'arrêté du 30/10/2012)

-L'adresse et le numéro de téléphone du caisson le plus proche doivent figurer sur le document de chantier et doivent être affichés à côté des moyens de communication prévus. Si cette règle ne peut être respectée (caisson indisponible, site lointain), les interventions devront se limiter à des plongées sans palier.

### **Moyen de levage**

Un moyen permettant la sortie de l'eau une personne inconsciente/consciente doit être prévu dans l'équipement de sécurité.

## **VII : Procédures ordinaires d'intervention**

## **Préalables**

-En matière de sécurité, le COH s'informe des conditions météo, de navigation, du courant et s'assure que le dispositif de secours est opérationnel. Sur le terrain il fait procéder à une reconnaissance permettant de cerner avec précision les paramètres environnementaux du site. Il fait installer les balisages exigés par la réglementation ainsi que tout système de balisage et guidage des plongeurs nécessité pour les conditions de travail.

-Le COH vérifie que la quantité et la qualité des gaz à employer, y compris pour le secours, correspondent à la mission et que les équipements individuels et collectifs sont en bon état de fonctionnement. Conformément aux prescriptions de l'article 29 du décret n° 90-277, le COH doit, préalablement à toute opération de plongée, mettre à la disposition des travailleurs concernés un document de chantier définissant les modalités, les procédures normales et de secours de l'opération et en particulier les tables de décompression utilisées. Il affiche à la vue de chacun, au moins à deux emplacements, une fiche synthétique rappelant les coordonnées des services de secours à prévenir en cas d'accident, ainsi que les coordonnées du ou des centres de recompression pouvant traiter un ou plusieurs plongeurs accidentés. La validité de ces informations doit être systématiquement vérifiée avant chaque chantier.

## **Météo**

- Les conditions météo maximales pour les plongées classiques sont :

- Un vent de force 4 (20 à 28km/h)
- Une hauteur de houle de 0.75mètres

## **Courant**

Le courant maximum pour les plongées est de 1 Nœuds

## **Choix des gaz**

-Le COH détermine la nature et la composition des gaz respiratoires utilisés en tenant compte des contraintes environnementales dues aux variations de pression ambiante.

-Les interventions en milieu hyperbare sont pratiquées en respirant de l'air, un autre mélange gazeux ou de l'oxygène pur (périodes de décompression uniquement). La respiration d'air comprimé est autorisée jusqu'à la pression relative de 6000 hectopascals (6 bars). Au-delà de 6000 hectopascals (6 bars), des mélanges respiratoires spécifiques doivent être utilisés. Les conditions d'utilisation des différents gaz et mélanges respiratoires sont définies dans les articles modifiés R.4461-17 à R.4461-20 du code du travail.

-En particulier, l'utilisation d'oxygène pur est autorisée entre 0 et 6 mètres pour les paliers, et lors de procédures d'urgence, à une pression normobare dans le cas de la prise en charge initiale d'accidents de décompression. La pression partielle d'azote dans un mélange respiré doit être inférieure à 5600 hectopascals (5,6 bars).

-L'utilisation de mélanges gazeux autres que l'air nécessite l'obtention d'une qualification dont les modalités seront définies dans les futurs arrêtés « Formation ». Le décret et l'arrêté permettent de

plonger aux mélanges gazeux, mais sans préciser la formation requise. En conséquence et à titre transitoire, les qualifications NITROX délivrées en plongée professionnelle et celles délivrées en plongée sportive et reconnues par la CMAS (Confédération Mondiale des Activités Subaquatiques) seront utilisées pour pouvoir plonger avec ces mélanges dans le cadre professionnel, après évaluation des plongeurs par le responsable du service de plongée du laboratoire (lui-même formé à la plongée aux mélanges), et sous son contrôle. Seule la plongée au NITROX est autorisée dans un premier temps et le mélange gazeux est limité à 40 % d'oxygène.

### **Durée d'intervention**

-La durée quotidienne de séjour dans l'eau (temps de décompression compris) est limitée à six heures réparties au cours d'une ou plusieurs interventions.

-Lorsque la pression relative est supérieure à 1200 hectopascals (1,2 bars), le nombre journalier d'interventions est limité à deux.

-Sauf lorsqu'une protection appropriée est mise en œuvre, la durée quotidienne de séjour dans l'eau est réduite à trois heures lorsque :

- Les valeurs limites d'ampleur de houle et de vitesse de courant fixées par l'employeur dans le manuel de sécurité hyperbare sont atteintes ou dépassées
- La température de l'eau est inférieure à 10 °C ou supérieure à 30 °C ; - les conditions d'intervention précitées engendrent une gêne ou une fatigue anormale pour l'opérateur
- Le chef d'opération hyperbare le juge nécessaire. Il consigne cette restriction dans la feuille de sécurité.

-En outre, la durée quotidienne ne peut excéder 90 minutes lorsque des outils pneumatiques ou hydrauliques à percussion d'une masse supérieure à 15 kilogrammes sont utilisés.

-Les durées d'intervention définies précédemment ne sont pas applicables aux interventions de secours visant à préserver la vie humaine.

### **Tables de décompression**

-Les tables de décompression de référence (tables MT 92) sont celles annexées à l'arrêté du 30 octobre 2012 relatif aux travaux subaquatiques effectués en milieu hyperbare (mention A).

-Lorsque les situations ne sont pas prévues par lesdites tables ou que les paramètres physiologiques retenus pour l'établissement de ces tables ne correspondent pas à ceux de l'intervention, le responsable du service plongée peut demander d'utiliser toute autre table internationale développée pour des situations de travail, reconnue et validée par un organisme de référence et présentant les mêmes garanties pour l'opérateur. Ces tables peuvent être mises en œuvre par le service plongé au moyen d'un système informatisé (ordinateur de plongée).

-Lorsque le COH plongée met en œuvre une table de décompression autre que celle annexée à l'arrêté relatif aux travaux subaquatiques effectués en milieu hyperbare, il consigne dans le manuel de sécurité hyperbare :

- Les conditions particulières d'usage qu'il a préalablement établies avec l'appui du conseiller à la prévention hyperbare ou du responsable du service de plongée à titre transitoire
- Les éléments lui permettant de retenir la table de décompression particulière

-La modification et l'extrapolation des tables de décompression sont interdites. En intervention, les opérateurs disposent des tables de décompression correspondant à l'intervention qu'ils effectuent, ou d'un système informatisé mettant en œuvre des algorithmes de décompression conformes à ces tables. A l'issue d'une intervention hyperbare, le délai à observer avant d'être soumis à une pression absolue significativement plus basse que la pression absolue du lieu d'opération est donnée en fonction des différentes modalités d'intervention et des variations possibles de la pression ou de l'altitude, par le tableau de l'article 10 de l'arrêté « Procédures » pour la mention Bh ci-dessous :

		MODALITÉS D'INTERVENTION			
		Air comprimé sans palier	Air comprimé ou héliox avec paliers	Saturation héliox	Recompression d'urgence
Variation de la pression ou de l'altitude	Supérieure à 500 mètres (50 hectopascals)	2 heures	12 heures	12 heures	24 heures
	Supérieure à 2 600 mètres ou vol en avion commercial (250 hectopascals)	4 heures	12 heures	12 heures (48 heures en offshore)	48 heures

-En cas d'utilisation d'un système informatisé, le délai à respecter est celui fourni par ledit système lorsqu'il est supérieur à ceux indiqués dans ce tableau. A l'issue d'une intervention hyperbare avec respiration d'un mélange gazeux.

-La pratique de la plongée en apnée (interdite à l'heure actuelle) de même que toute activité physique intense sont interdites pendant un délai de douze heures.

### Composition des équipes d'intervention

-Les interventions en milieu hyperbare ne peuvent être effectuées par une personne seule sans surveillance. Le responsable du service plongée adapte la composition de l'équipe d'intervention en fonction de la nature et de l'ampleur du risque. Il s'assure que les méthodes et conditions d'intervention sont consignées sur le livret individuel hyperbare de chaque travailleur.

-Les équipes réalisant une intervention en milieu hyperbare sont constituées d'au moins deux personnes : un opérateur intervenant en milieu hyperbare titulaire d'un CAH et un surveillant formé pour donner les premiers secours en cas d'urgence, qui veille à la sécurité des travailleurs intervenant en milieu hyperbare à partir d'un lieu adapté soumis à la pression atmosphérique locale

et regroupant les moyens de communication, d'alerte et de secours. Lors d'une intervention en milieu hyperbare, les travailleurs peuvent occuper alternativement des fonctions différentes au sein de l'équipe sous réserve qu'ils aient les compétences et aptitudes requises

-Toute équipe d'intervention est dirigée par un chef d'opération hyperbare désigné par le responsable du service de plongée. La fonction de chef d'opération hyperbare peut être cumulée, au sein d'une même équipe, avec celle d'opérateur, d'opérateur de secours, de surveillant ou d'aide opérateur.

-Dans une note transitoire du CNRS, pour les mentions Bh et Bc, il a été demandé que seuls les plongeurs titulaires de la qualification de chef de plongée scientifique (CPS) du CNRS puissent être chef d'opération hyperbare.

-L'opérateur de secours dispose d'un équipement respiratoire apportant le même niveau de sécurité que celui imposé pour l'opérateur et compatible avec les conditions d'intervention de ce dernier.

Lorsque **la pression relative est inférieure à 1200 hectopascals (1,2 bars)**, l'équipe d'intervention comprend deux personnes minimums :

- Lorsqu'un seul opérateur intervient, le surveillant est titulaire d'un certificat d'aptitude à l'hyperbarie. Il cumule sa fonction avec celle d'opérateur de secours.
- Lorsque deux opérateurs interviennent, la fonction d'opérateur de secours est cumulée avec celle d'opérateur.

Lorsque **la pression relative est supérieure à 1200 hectopascals (1,2 bars)**, l'équipe d'intervention comprend :

- Au minimum deux opérateurs, qui cumulent chacun la fonction d'opérateur de secours (plongée en binôme).
- Quelle que soit la profondeur d'intervention, lorsque plus de deux opérateurs interviennent, ils évoluent en binôme, chaque opérateur cumulant sa fonction avec celle d'opérateur de secours.

Lorsque l'intervention nécessite des paliers de décompression dans l'eau, l'employeur s'assure que :

- Une ligne à paliers, équipée d'au moins un bloc rempli du mélange respiratoire adapté à l'intervention, est installée ou prête à être mise à l'eau en cas de paliers en dérive dans le courant.
- Des blocs de secours, équipés de détendeurs, sont présents, à raison d'un par équipe, dans l'embarcation et peuvent être immergés aisément et rapidement à la profondeur nécessaire. Ces blocs sont identifiés visiblement pour ne pas être confondus avec les autres. (Arrêté du 30 octobre 2012)

### **Intervention au narguilé**

-La plongée au narguilé au départ de la surface peut être mise en œuvre pour des pressions relatives inférieures ou égales à 6000 hectopascals (6 bars).

-L'équipe d'intervention est renforcée par un opérateur de secours et un aide-opérateur. Ces deux fonctions peuvent être cumulées. De plus, lorsque deux opérateurs ou plus interviennent en milieu hyperbare, l'équipe comprend un aide opérateur supplémentaire par travailleur hyperbare.

-Un système de communication assure une liaison audio entre l'opérateur intervenant en milieu hyperbare et l'équipe de surface. Lorsque plusieurs opérateurs interviennent, la communication est également établie entre ceux-ci.

-Le bloc de secours est porté par l'opérateur, et d'une capacité suffisante pour pouvoir, en cas d'urgence, regagner la surface ou atteindre une autre source d'alimentation en gaz respiratoire, en prévision d'une éventuelle décompression par paliers.

### **Feuille de plongée**

Une feuille de plongée sera établie pour chaque intervention (cf. annexe : modèle fiche de plongée). Devront figurer sur cette feuille :

- La date
- Le lieu de plongée et éventuellement son altitude
- Nature des travaux
- Météo, hauteur des vagues
- La profondeur maximale de l'intervention
- Les noms du COH, du surveillant de surface, des plongeurs
- L'intervalle des plongées
- L'heure d'immersion
- Le temps et la profondeur des paliers effectués
- L'heure de sortie
- La procédure de décompression utilisée ainsi que la nature des gaz respirés
- Les conditions environnementales de la plongée telles que la vitesse du courant, la visibilité, l'état du plan d'eau et sa température.
- Le type de travail effectué

-La feuille de plongée doit être complétée au fur et à mesure du déroulement de l'opération en y mentionnant tous les incidents. Le récolement des feuilles de plongées journalières est effectué par le COH, qui les transmet en fin de chantier au responsable du service de plongée qui les archive.

### **Procédures de secours**

-La décision d'engager une procédure de secours relève du COH en fonction des événements. Le COH décide s'il doit ou non interrompre les plongées. Si l'accident est lié à l'hyperbarie, le COH fait cesser les opérations en procédant au rappel des plongeurs par les moyens prévus dans le document de chantier. Ce rappel est impératif et les plongeurs engagés amorcent immédiatement leur remontée et procèdent aux paliers éventuellement nécessaires.

-Le COH coordonne la mise en œuvre des secours. Le COH remplit la fiche d'accident de plongée (cf. annexe). Le COH procède, ou fait procéder, aux premiers secours en attendant l'arrivée de personnel qualifié et accompagne, ou fait accompagner, la victime jusqu'au lieu de traitement. Il rend compte dans les meilleurs délais de l'ensemble des événements à son employeur.

## **VIII Plongées particulières : recommandations**

### **Plongées en milieu hauturier**

- Les plongées hauturières devront s'effectuer dans les conditions suivantes :

- Hauteur des vagues inférieure à 0.5 mètres au moins 06h00 avant et après l'heure théorique de la plongée, vent de force 3 maximum (voire 0.75 mètres de hauteur, selon conditions « faible vent, faible courant, fréquence etc... », si accord du COH.
- Nécessité d'avoir une annexe motorisée si le navire assurant le transit ne peut s'amarrer directement sur une bouée ou un point d'amarrage fixe sur le site de plongée. L'annexe doit avoir la capacité de transporter l'équipe de plongée complète et un marin pour la conduite en toute sécurité.
- Le navire effectuant le transit doit être équipé de places assises fixes, en nombre suffisant et offrant un confort satisfaisant pour l'équipe de plongée.

### **Plongées par forte houle**

En cas de forte houle, et hors possibilité d'effectuer des paliers, la plongée doit être programmée de manière à s'effectuer sans palier.

### **Plongées de nuit**

-Les plongées de nuit devront s'effectuer dans les conditions suivantes :

- Hauteur des vagues inférieure à 0.2 mètres au moins 06h00 avant et après l'heure théorique de la plongée.
- Tous les plongeurs doivent être munis d'une bouée de surface équipée d'un signal lumineux.

### **Plongées en eau polluée**

Le port d'une combinaison étanche, d'un masque facial et d'une paire de gants est obligatoire. Il est conseillé de contacter le médecin de prévention pour s'informer sur les moyens de prévenir les risques de leptospirose.

### **Renforcement de la sécurité**

Pour l'ensemble des plongées relevant du chapitre VII du présent document, le renforcement du dispositif de sécurité est laissé à l'appréciation du COH.

### **Evènement imprévu**

-Dans le cas de la survenance d'un événement imprévu nécessitant la modification ponctuelle de l'organisation de travail initialement définie, l'employeur peut demander au travailleur de déroger aux pressions maximales autorisées par son certificat d'aptitude à l'hyperbarie, sous réserve de mettre en œuvre les mesures de sécurité nécessaires telles que définies au 3° de l'article R. 4461-7 du code du travail. Il consigne cette intervention dans le livret individuel hyperbare du travailleur concerné. Ce dernier, s'il accepte cette intervention, ne peut être conduit à dépasser les valeurs de pression relative maximale de 4000 hectopascals pour la classe I et 6000 hectopascals pour la classe II. Le refus ne peut être constitutif d'une faute du salarié entraînant une sanction disciplinaire.



-Un chantier dont la profondeur maximale d'évolution serait supérieure de quelques mètres à la profondeur maximale d'évolution de la classe des plongeurs scientifiques impliqués ne peut en aucun cas être considéré comme une situation exceptionnelle d'intervention.

Fait à Nice le 12 septembre 2018

**DOCUMENT DE CHANTIER**

LIEU : Date(s) des opérations : du au

Dénomination du site :

Profondeur(s) :

Chef de mission :

Chef d'opération hyperbare :

Navire support :

Embarcations de sécurité :

Caisson hyperbare référent : Hôpital Pasteur Nice

N° de téléphone : 04 .92.03.77.72

Caisson hyperbare contacté avant la plongée : OUI/NON

Disponible : OUI/NON

Personne contacté :

SAMU, SMUR : 15

POMPIERS : 18 / 112 (portable)

CROSS: VHF canal 16/ Tél : 196

Paliers (air / oxygène/Nitrox) :

Profondeur prévue :

Temps prévu :

**Conditions particulières du site** (courant / environnement immédiat : roches, filets, casiers / balisage de surface et fond / cheminement pour le trajet navire-site et site/navire) :

**Consignes générales de plongée en rapport avec le site :**

**Procédure de rappel d'urgence** (ex : Dive Alert) :

**Procédure d'évacuation d'urgence du site :**



## Procédure à suivre en cas d'accident de plongée

### Alerte

**EN MER** : appel du **CROSS** : **VHF CANAL 16** ou téléphone **196**  
**A TERRE** : appel du **112 (UE)** (ou du **15**)

- **A l'étranger** : se renseigner avant le départ sur les procédures d'appel des secours et d'évacuation.

Numéro des secours à contacter :

Emplacement du caisson hyperbare :

Numéro du caisson hyperbare :

- **Prévenir les secours** (au moindre doute) **et prodiguer les soins en parallèle.**

- **Signal de détresse en surface** (**pétard de rappel des autres palanquées**) dès la suspicion de l'accident.




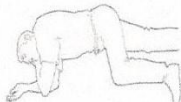




### 1) Appel des secours








- Prendre contact avec le CROSS / VHF canal 16.
- S'identifier : « PAN PAN, PAN PAN, PAN PAN de .... (Nom du navire) situé à ..... (Site de plongée) aux points GPS ..... °.....'....." N ..... °.....'....." E demande assistance immédiate pour accident de plongée »  
Attendre la réponse du CROSS pour éventuellement dégager à sa demande sur un autre canal.
- Indiquer le nombre d'accidentés et leur état. Se reporter à la fiche accident de plongée.
- Indiquer la position du bateau et éventuellement sa route.
- Attendre les directives du CROSS afin de connaître les moyens d'évacuation les plus rapides (bateau, hélicoptère ou ambulance).

Ne jamais interrompre la liaison avec le CROSS et indiquer toute évolution de situation : changement de position, modification de l'état de santé de l'accidenté.

## 2) Soins immédiats

 <p>Pas de ré-immersion</p>	 <p>REPOS strict</p>
 <p>DESEQUIPER, SECHER ET COUVRIR l'accidenté (couverture de survie)</p>	 <p>Position latérale de sécurité (si trouble de la conscience ou position demi-assise (si détresse respiratoire)</p>
 <p>Renseigner la fiche d'accident de plongée</p>	 <p>Le traiter suivant son état et tel que décrit ci-dessous</p>

OU

Conscient et respire	Inconscient et ne respire pas
<p><b>OXYGENE</b> au masque haute concentration 15 l/min.</p> 	<p><b>LIBERTE DES VOIES AERIENNES SUPERIEURES.</b></p> 
<p><b>HYDRATATION</b> orale 0.5 à 1 l d'eau plate (si pas de troubles de la conscience, nausée ou vomissement).</p> 	<p>5 insufflations en cas de noyade (avec un BAVU relié à une bouteille d'oxygène 15 l/min ou bouche à bouche).</p> 
<p>+/- <b>ASPIRINE</b> 250 mg (en l'absence d'allergie ou de saignement).</p> 	<p><b>REANIMATION CARDIO-PULMONAIRE</b> avec 30 compressions thoraciques et 2 insufflations</p> 
	<p><b>DEFIBRILLATEUR SEMI-AUTOMATIQUE</b> : si disponible mise en place sans délai (après avoir séché et isolé la victime du sol).</p> 

- Noter l'**HORAIRE** précis de l'accident, de l'arrêt cardio-respiratoire, de la prise de médicaments et de toute modification de l'état de l'accidenté.
- Récupérer l'**ORDINATEUR DE PLONGEE**.
- NE JAMAIS INTERROMPRE** le traitement et la procédure d'évacuation quelle que soit l'évolution de l'état de l'accidenté.
- NE PAS OUBLIER** les autres plongeurs et les traiter si cela est nécessaire.

## Fiche de sécurité plongée

**Chef d'opération hyperbare :**

**Date :**

**Plongeur secours :**

**Lieu (Pays, ville, site de plongée) :**

Plongeurs (Nom, prénom, classe)	Intervalle plongée	Mise à l'eau (H:mn)	Profondeur		Durée (fond) prévue	1 <sup>er</sup> palier (H:mn)	Paliers			Air/O <sub>2</sub> /Nitrox	Fin de plongée (H:mn)	Durée totale	Travail effectué/ observations	
			maximale	Prévue /réalisée			9m	6m	3m					

Nombre de plongées journalières :

Conditions météorologiques :  
(Hauteur houle, température, courant)

## SERMENT D'HIPPOCRATE



Au moment d'être admis 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 les demandera. Je ne me laisserai pas influencer par la soif du gain ou la recherche de la gloire.

Admis dans l'intimité des personnes, je tairai les secrets qui me seront confiés. Reçu 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 déshonoré et méprisé si j'y manque.

## RESUME

**INTRODUCTION** : La plongée sous-marine est une activité à risques avec des accidents pouvant être mortels ou entraîner de lourdes séquelles. La prévention ainsi que l'adhésion aux mesures préventives par les plongeurs professionnels est essentielle afin de minimiser l'exposition aux risques. L'objectif principal de l'étude était d'évaluer la perception des risques en plongée scientifique par les chercheurs en biologie marine afin de leur proposer des actions de prévention adaptées.

**MATERIEL ET METHODE** : Nous avons réalisé une étude qualitative, prospective au sein d'un laboratoire de biologie marine des Alpes-Maritimes comprenant la réalisation de dix entretiens semi-dirigés, de chercheurs pratiquant la plongée professionnelle, entre avril et juin 2018. Nous avons également participé à une mission plongée afin d'observer les conditions de pratique de la plongée scientifique sur le terrain en juillet 2018.

**RESULTATS** : La connaissance globale du danger lié à la plongée par les chercheurs est hétérogène au sein du laboratoire. Le souhait d'information sur les risques par les chercheurs témoigne d'une volonté d'optimisation de leurs connaissances, ce qui favoriserait l'application des mesures de prévention. Les résultats de cette étude montrent une perception insuffisante des risques par les chercheurs interrogés. La tendance à la minimisation des risques et la remise en cause de certaines mesures de prévention peuvent être à l'origine d'une baisse de la vigilance les concernant voire de transgression de certaines règles de sécurité.

**CONCLUSION** : La réalisation d'une rencontre avec l'équipe, afin de leur exposer les résultats de l'étude, de les informer sur les risques et la réglementation de la plongée scientifique, a été une première réponse apportée. Les différents documents réalisés au cours de cette thèse leurs ont été expliqué afin de s'assurer de leur bonne compréhension et d'une utilisation adéquate. La mise en place de rencontres régulières, afin d'échanger concernant la sécurité et leurs expériences, contribuerait à la création d'une culture de sécurité au sein du laboratoire.

**MOTS CLES** : Médecine du travail, plongée professionnelle, biologistes marins, risques hyperbares, perception des risques, prévention