

Université d'Aix Marseille

Année **2014**

**DIPLÔME INTER-UNIVERSITAIRE DE MEDECINE  
SUBAQUATIQUE ET HYPERBARE**

Mémoire

Présenté par

**Docteur Jérémie FAURAX**

**LES ACCIDENTS DE PLONGEE SOUTERRAINE**

**PROJECTION D'UN MEDECIN ET GESTION  
MEDICALE**

Examineurs :

M. le Pr A. Barthélémy

M. le Dr M. Coulange

## Résumé :

Le plongeur souterrain est exposé aux risques de plusieurs activités.

Malgré la formation et la prévention effectuées, des accidents se produisent et la mortalité est élevée.

Les secours sont effectués par le Spéléo Secours Français (SSF), spécialiste dans ce domaine.

Au vu du nombre actuel d'exploration souterraine, le risque pour un médecin d'être confronté à une intervention post siphon ne cesse de croître.

La médicalisation des accidents de plongée souterraine est complexe.

Le but de ce travail est d'apporter des éléments de réflexion sur la projection d'un médecin dans cette situation particulière.

Au vu des difficultés environnementales rencontrées, de multiples compétences sont nécessaires (techniques et médicales).

Le rôle spécifique du médecin est de stabiliser la victime dans un point chaud pour autoriser son évacuation.

En fonction de l'état de la victime, il existe plusieurs configurations.

L'évolution de la civière plongée mise au point par le SSF est une réelle avancée.

Une médicalisation plus ou moins lourde peut être effectuée mais les décisions sont souvent difficiles.

D'autre part, la prise en charge des plongeurs souterrains accidentés en sortie de plongée doit être améliorée. La procédure d'alerte doit être connue de tous. La collaboration entre les différents intervenants est également essentielle pour orienter la victime vers le caisson hyperbare le plus proche, dans un délai le plus court possible.

Mots clés : plongée souterraine, plongée spéléo, accident, secours spéléo, médicalisation, médecin.

## Summary:

Cave diving is an activity subject to the risks of several activities.

Despite the formation and prevention made, accidents happen and mortality is high.

The emergency services are conducted by Spéléo Secours Français (SSF), a specialist in this area.

Given the current number of underground exploration, the risk for a doctor to do an intervention after cave dive, continues to grow.

Medicalization of cave diving accidents is complex.

The aim of this study is to think about the projection of a doctor in this particular situation.

Due to environmental challenges, many skills are required (technical and medical). The specific role of the physician is to stabilize the victim in a hotspot to allow evacuation.

Depending on the victim, there are several configurations.

The evolution of diving stretcher developed by SSF is a real breakthrough.

Medicalization more or less heavy can be done but decisions are often difficult.

On the other hand, the management of injured cave divers after dive should be improved. The alert procedure must be known. Collaboration between stakeholders is essential to guide the victim to the nearest hyperbaric chamber, in the shortest possible time.

Keywords: cave diving, cave accident, cave rescue, medicalization, physician.

# Table des matières

Introduction	p.1
<u>Première partie : Données recueillies sur les accidents de plongée souterraine</u>	p.3
1. Accidents et incidents de plongée souterraine en France de 1946 à 2012	p.3
2. Les accidents de plongée souterraine dans le Lot de Janvier 2000 à Juin 2012	p.5
3. Bibliographie internationale	p.5
4. Cas cliniques illustratifs	p.6
<i>Grotte des Fontanilles</i>	
<i>Vertiges de St Sauveur</i>	
<i>Ça peut arriver à tout le monde</i>	
<u>Deuxième partie : Problématiques soulevées et difficultés rencontrées</u>	p.11
<u>Troisième partie : Pistes de réflexions et solutions proposées</u>	p.13
<i>1<sup>ère</sup> situation : prise en charge d'une victime post siphon</i>	p.13
1. Le médecin et les difficultés rencontrées	p.13
2. Intérêt de la médicalisation systématique et rôle du médecin	p.14

3. Réalisation de la médicalisation	p.14
a) Examen et premiers gestes	
b) Analgésie	
c) Réanimation	
d) Prophylaxie anti infectieuse	
4. Dotation médicale	p.16
5. Conditionnement du matériel	p.17
6. Conditionnement du blessé	p.17
7. L'évacuation	p.18
a) En autonomie	
b) Avec assistance	
c) La civière : description et fonctionnement, avantages et limites	
d) Evacuation immédiate impossible : la recompression thérapeutique par immersion	
 <i>2ème situation : le plongeur accidenté est dans une cloche de décompression</i>	 p.23
 <i>3ème situation : prise en charge du plongeur souterrain post plongée</i>	 p.23
 Conclusion	 p.25
 Références	 p.26
 Annexe	 p.28

# Introduction

La motivation première de toute activité spéléologique est l'exploration la plus complète possible d'un système karstique ou hydrogéologique. Cette exploration suppose la mise en œuvre de techniques adaptées aux obstacles rencontrés : la plongée en fait partie [1].

La plongée souterraine est née de la volonté de poursuivre les explorations spéléologiques, lorsqu'un siphon bloquait irrémédiablement la progression, et permet ainsi la découverte de nouveaux sites [2].

On peut caractériser deux approches de la plongée souterraine:

- Plongée "de résurgence": l'exploration s'effectue uniquement en plongée; les limitations à la pénétration sont la plupart du temps imposées soit par la profondeur soit par la distance atteinte. Des considérations topographiques (profil, étroitesse, turbidité...) peuvent aussi intervenir. Les mètres de première sont donc devenus très chers.

- Plongée fond de trou et post-siphon: l'exploration est conditionnée par la mise en œuvre de techniques mixtes: plongée et spéléo. Les limites à la pénétration sont plutôt imposées par les difficultés de transport du matériel, en relation directe avec la morphologie de la cavité. En revanche, une fois le(s) siphon(s) franchi(s), on peut espérer topographier des centaines de mètres de galeries vierges [1].

Les plongeurs souterrains ont développé des techniques et du matériel spécifique à cette activité.

Les « premières » sont de plus en plus complexes et nécessitent de s'engager de plus en plus loin, de plus en plus profond, l'arrivée des recycleurs ayant considérablement dynamisé cette activité.

La quête de découverte et la volonté de repousser toujours davantage les limites physiques et psychologiques, de se surpasser, n'impliquent pas forcément une prise de risques inconsidérés.

Depuis quelques années, une nouvelle pratique s'est développée : la visite récréative.

Bien souvent des plongeurs en eau libre diversifient leur pratique et viennent découvrir un nouvel attrait de la plongée comme la plongée sur épave, de nuit, sous glace et, à présent, la plongée souterraine.

Tout le monde est capable de s'engager dans un siphon, avec n'importe quel matériel.

Mais dans la grande majorité des cas, la mauvaise préparation et un non-respect des règles élémentaires de sécurité sont à l'origine des accidents.

C'est, loin de l'entrée, avec des réserves de gaz entamées, une sortie à retrouver, une visibilité altérée, lorsque le froid et le stress commencent à se faire sentir, que les choses se compliquent.

Le monde de la plongée spéléologique a connu de nombreux accidents. La population des spéléologues pratiquant la plongée est très informée des nombreux dangers inhérents à cette activité et redouble de prudence en post-siphon où la plupart des pathologies sont traumatiques.

En plongée souterraine, tout incident peut tragiquement dégénérer en accident, l'assistance d'un équipier est difficile voire illusoire (turbidité, sections des galeries, profondeur).

Le caractère instable des conditions météorologiques, le débit soumis parfois à des variations brutales, et la fragilité du terrain exploré, accentuent les dangers.

Ainsi, certains drames rappellent que le risque nul n'existe pas, mais qu'il convient de le réduire au minimum.

Les accidents de plongée spéléologique sont associés à une lourde mortalité. Mais les recherches ne sont jamais abandonnées tant que la victime n'a pas été retrouvée car les issues heureuses sont possibles [2].

La gestion des accidents « souterrains » est réalisée par le Spéléo Secours Français (SSF) qui possède une équipe spécialisée dans ce domaine (recherche, assistance et médicalisation souterraine).

La médicalisation en secours spéléo est essentielle mais difficile au vu des contraintes liées au milieu. La prise en charge d'un accident de plongée sous terre est donc complexe.

L'accident peut aussi se révéler après la plongée ou, un auto secours est réalisé et le plongeur sort par ses propres moyens.

Dans tous les cas, la prise en charge de la victime doit être efficace.

Le but de ce travail est de réfléchir à la projection d'un médecin (et du matériel) en cas d'accident de plongée souterraine ou de façon plus générale à la gestion médicale de ces accidents que la victime soit encore sous terre ou non.

Nous verrons dans une première partie, les données disponibles sur les accidents de plongée souterraine, puis dans une deuxième partie les problématiques ainsi soulevées, et enfin nous proposerons une réflexion sur les solutions envisagées.

# Première partie : Données recueillies sur les accidents de plongée souterraine

## 1. Accidents et incidents de plongée souterraine en France de 1946 à 2012 [2, 3, 4, 5, 6, 7,8]

Quelques chiffres : 261 incidents /accidents ont été étudiés de 1946 à 2012.

Les différentes causes :

- Le fil (perte, rupture ou emmêlement) : 25.7 % (67)
- Accident de décompression (ADD) : 16 % (42)
- Le matériel

Matériel (dysfonctionnement ou détérioration) : 14.5 % (38)

Problème recycleur : 5.4 % (14)

Mauvais mélange : 3 % (8)

- L'individu

Technique inadaptée : 7.3 % (19)

Défaut de redondance : 2.3 % (6)

Gestion de l'air : 6.5 % (7)

Orientation : 4.2 % (11)

Flottabilité : 1.9 % (5)

Erreur manipulation : 1.9 % (5)

- Accident biochimique

Intoxication au Gaz (bouteille, air vicié cloche/intersiphon) : 6.5 % (17)

Narcose : 5 % (13)

Essoufflement : 4.6 % (12)

Hyperoxie : 2.3 % (6)

- L'environnement

Etroiture : 2.3 % (6)

Crue : 2.7 % (7)

Eboulement : 1.5 % (4)

Cavité : 0.8 % (2)

- Accident physique et/ou physiologique

Barotraumatisme : 2.7 % (7)



Traumatisme post siphon 2.3 % (6)  
Accident cardiovasculaire : 1.9 % (5)  
Epuisement : 0.4 % (1)  
Hypothermie : 0.4 % (1)  
SNHP : 0.4 % (1)

- Autre ou inconnu : 5.7 % (15)

Ces informations ont été recueillies dans diverses publications. Ne sont retenus que les problèmes concernant des plongeurs. Accidents et incidents sont développés afin de préciser les problèmes qui peuvent se poser, sans forcément faire de victime.

Comme en Alpinisme, la plupart des accidents (environ 80%) se produisent lors du retour. Le fil d'Ariane est en cause dans 25.7 % et est responsable de 40% des accidents mortels. On peut le perdre, s'emmêler, suivre un mauvais fil ou dans le mauvais sens. La panique entraîne trop souvent une issue fatale.

L'inexpérience du ou des plongeurs est responsable dans 50 % des cas. Des accidents auraient pu être évité en s'engageant moins loin, avec du matériel et des techniques plus appropriés. L'individu est en cause dans à peu près 20 % des cas. On comprend donc le rôle essentiel de la formation.

D'autre part, pour chaque plongée un contrôle rigoureux du matériel doit être effectué. Un dysfonctionnement ou une détérioration pendant l'activité représente 14.5 % des cas.

Pour finir, les ADD représentent 16 % des accidents.

La diversité des accidents présentés dans cette étude montre que le plongeur souterrain est exposé:

- Aux risques de la plongée dite « classiques » : accidents barotraumatiques, de décompressions, biochimiques ou cardiovasculaires.
- Aux risques de la plongée sous plafond : perte de fil, emmêlement, éboulement, aboutissant à la panne d'air et à la noyade.
- Aux risques de la spéléo : traumatismes, épuisement, hypothermie, conséquences d'une exposition à un environnement hostile et éloigné : froid, humidité (même en exondé), obscurité et risque de crue.
- Aux risques de la plongée technique : mélanges et recycleur.

La prévention de ces risques est donc essentielle.

Des « règles » sont à respecter et une formation spécifique est nécessaire : gestion de l'air, connaissance de l'environnement, matériel spécifique, principe de redondance, gestion du fil etc...

Malgré la formation et la prévention, des accidents se produisent.

La bonne connaissance de cette activité et des accidents permet d'envisager et de préparer leurs prises en charges.

## 2. Les accidents de plongée souterraine dans le Lot de Janvier 2000 à Juin 2012 [9]

Une étude concernant les accidents de plongée souterraine a été effectuée de Janvier 2000 à Juin 2012 dans le Lot.

Rappelons qu'il y a 80 sites dans le Lot avec 10000 plongées par an.

L'étude a porté sur 34 accidents déclarés.

32 hommes et 2 femmes avec une moyenne d'âge de 39 ans

### Type d'accident :

-ADD 58%

-Biochimiques 30%

-Cardiaques-OAP d'immersion 3%

-Noyade 6%

-Traumatiques 3%

### Etiologie de ces accidents :

-27% incident technique

-23% erreur de procédure palier

-23% lié au froid, la fatigue, l'alcool, l'alimentation

-6% problème de formation

-21% erreur de formation

Les plongeurs ont été traités en caisson (comex 18 ou comex 30) avec une récupération excellente de 18/21.

Cette étude montre qu'il y a 2,7/10000 accidents en plongée souterraine versus 1/10000 en mer.

Les accidents biochimiques sont plus fréquents et plus graves avec 75% de décès car les plongées aux mélanges sont nombreuses.

Concernant la prise en charge des accidentés :

Le temps de transfert est supérieur à 5H au caisson et la recompression s'effectue 5 à 7 heures après l'accident.

Le transport en véhicules personnels et sans oxygénothérapie est retrouvé dans 2/3 des cas.

## 3. Bibliographie internationale [10, 11, 12, 13]

Les données de la bibliographie internationale dans ce domaine sont pauvres.

Toutes les études retrouvées concernent les causes d'accidents, qui sont superposables aux données françaises. Le non respect des règles de sécurité représente la principale cause d'accident et le rôle essentiel de la formation est rappelé.

### Quelques exemples:

CHARACTERISTICS OF CAVE DIVING FATALITIES BEFORE AND AFTER 1980:

Etude « avant/après » montrant que la formation ou « certification » a réduit la mortalité des accidents de plongée souterraine après 1960 aux US.

#### UNDERWATER CAVE DIVING FATALITIES IN FLORIDA: A REVIEW and ANALYSIS

Etude des causes de mortalité de 1962 à 1996 montrant que le manque d'expérience et le non-respect des règles de sécurité sont les principales causes.

#### AMERICAN CAVE DIVING FATALITIES 1969-2007

Etude montrant que la cause la plus fréquente est la noyade par manque d'air. Le non-respect des règles de consommation est généralement retrouvé.

#### BRITISH CAVE DIVING INCIDENT

De 1946 à 1978, étude montrant que la défaillance du matériel et le non-respect des règles de sécurité étaient responsables des accidents non mortels. La cause d'accident mortel était multifactorielle. La formation a réduit considérablement ce taux d'accident en 1976.

## 4. Cas cliniques illustratifs [2, 3, 14]

### *Le 03/06/01 Grotte des Fontanilles (34-Puechabon)*

Une équipe de 4 plongeurs décide d'explorer S.6, qui est inconnu au-delà de -77m.

La grotte a un développement de 1852 m et se compose de galeries exondées nécessitant des escalades et un portage difficile.

L'un d'eux affiche un retard lors d'une pointe aux mélanges (50% d'hélium) dans S.6, après une nuit blanche et 14 heures de portage de matériel.

Il est équipé de 4 bouteilles : 2 pour descendre jusqu'à -140m et 2 de 12l de Nitrox pour assurer les paliers de décompression.

Il effectue une exploration jusqu'à -100m et lors de son retour, en essayant de rabouter le fil cassé, il appuie sur le gonflement automatique de son vêtement, n'arrive pas à attraper la purge et effectue une remontée rapide vers le plafond. Il lâche le fil et arrive à trouver une cloche d'air au plafond.

Il ressent alors des douleurs articulaires évocatrices d'un ADD. Il décide de replonger vers -10m sur un mélange suroxygéné à 90% jusqu'à disparition des douleurs.

Au terme de ce palier, il parvient à retrouver la cloche d'air. Son volume sera évalué à 50 m3. Son compagnon de surface, après 1 heure de dépassement du prévisionnel, décide de rejoindre le binôme en attente au S.4.

La procédure habituelle de mise en alerte des différents sauveteurs (SSF) est enclenchée.

D'emblée, on se rend compte de l'ampleur des problèmes :

-La victime se trouve dans un siphon profond (> à -77m), ce qui implique des plongées aux mélanges sous les 50 m. Peu de plongeurs spéléo maîtrisent cette technique et seules 2 stations de gonflage spécialisées dans les mélanges existent dans la région.

-Il faut franchir 5 siphons avant d'atteindre S.6, ce qui réclame une grosse logistique et présente des risques de suraccidents (seuls 80 plongeurs en France en sont capables).

- L'ADD est à craindre.

-Le siphon ne comporte pas de cloches d'air connues à ce jour.

- La turbidité de l'eau rend la visibilité inférieure à 1 m.
- Avec l'équipement dont il dispose, le plongeur peut avoir franchi le siphon ou se trouver dans une partie inconnue du siphon.
- Un disparu doit être considéré comme vivant tant que le corps n'a pas été retrouvé.

- Stratégie adoptée :

- Le SSF34 sollicite le SSF à l'échelon national. Lui seul peut recenser les plongeurs spéléo aptes à remplir cette mission.
- Activation d'équipes de spéléo pour sécuriser la progression et le portage jusqu'à S.1.
- Envoi d'une équipe de plongée dans la zone des 40m (classique sans mélange) du S.6.
- Mise en place de plongeurs capable d'effectuer des plongées profondes au mélange.
- Activation d'un médecin plongeur pour éventuellement médicalisation au S.6.
- Préparation d'une équipe de recherche au-delà des 40m et d'une autre de recherche en plafond.
- Mise en place d'un réseau de transmission par le sol et d'un plan de sécurité pour l'évacuation rapide d'un plongeur sauveteur en cas d'ADD.
- Constitution d'équipes de soutien pour la logistique des équipes de recherche.

- Chronologie des événements :

Situation à H+10H00 :

Le SSF après analyse de la situation, prépare une reconnaissance jusqu'à -40 mètres dans le S.6.

Situation à J1+7H00 :

Lors de la reconnaissance, la victime depuis sa cloche aperçoit des lumières dans l'eau et jette différents éléments. Il prend soin de pratiquer des nœuds précis afin de faire comprendre sa présence et non la perte inopinée de ces objets.

A la côte -30 mètres, le spéléo plongeur sauveteur voit le fil sectionné et attache son fil personnel. A la côte -40 mètres, il découvre une bouteille de décompression en appui sur la pente avec les détendeurs pendants et un masque accroché proprement à un fil de 2 mètres emmêlé lui-même à un fil en vrac.

Situation à J1+19H30 :

Le SSF après analyse des éléments, met en place une stratégie pour orienter les recherches au plafond. Le disparu, suite à un problème technique, pourrait être remonté pour chercher une cloche d'air.

Préparation importante :

- o Recherche, contact des plongeurs compétents, aptes et disponibles.
- o Gonflage des bouteilles de mélange (nitrox), qui nécessite 12 heures de stabilisation, temps aussi nécessaire à la décantation de l'eau au S.6.
- o Préparation matérielle des campements souterrains pour les plongeurs et pour une médicalisation éventuelle de la victime.
- o 12 spéléo plongeurs sont prévus pour cette recherche.
- o 1 médecin spéléo plongeur présent sur le site est prêt à intervenir.

o 12 spéléo sont prévus pour accompagner les plongeurs jusqu'à S.1.

#### Situation à J2+05H00 :

L'équipe de plongeurs spéléo et leurs accompagnateurs entrent dans la grotte. Ils s'immergent dans S.1 vers J2+08H30 et ils ont environ 2H de progression pour arriver au bord du S.6.

Sont prêts à intervenir :

- o Une 2ème équipe de spéléo plongeurs du SSF.
- o Un médecin spéléo plongeur du SSF pour une médicalisation post-siphon.
- o Un médecin hyperbare pour tous problèmes de décompression.

#### Situation à J2+13H30 :

La victime est retrouvée vivante dans une poche d'air au plafond.

Il est conscient et a du mal à respirer, dans une atmosphère hypoxique et saturée de CO2.

Le médecin spéléo plongeur se rend vers lui pour médicaliser et préparer la sortie.

Après ventilation sur une des bouteilles du sauveteur et au vu de la situation critique, l'équipe de plongeurs spéléologues décide, toutes considérations de sécurité et de santé requises, de faire franchir à la victime le S.6. (20m, -20m). Elle est installée dans un point chaud entre S.5. et S.6. pour attendre l'arrivée du médecin.

#### Situation à J2+23H00 :

Le médecin spéléo plongeur du SSF (hyperbariste) arrive au point chaud. La victime ne présente aucun signe de défaillance des fonctions vitales, pas de détresse respiratoire, pas d'hypothermie (36,5 °C). Il existe une très grande asthénie associée à un état d'excitation psychique.

La médicalisation consiste en une oxygénothérapie systématique, une réhydratation PO et un réchauffement qui nécessitera l'utilisation d'un hamac et du duvet Dolofil ainsi qu'une réalimentation par du Renutril®. Il reçoit du Lexomil® à visée anxiolytique.

#### Situation à J3+11H00 :

Après 12H de médicalisation et de mise au repos, le médecin décide, suite à un nouvel examen clinique, que la victime peut effectuer les différentes plongées d'évacuation en autonomie.

Elle débute à J3+12H00, accompagné de 3 plongeurs dont le médecin qui reste à ses côtés. La victime sort équipée d'un bi 9l apporté la veille, jusqu'à l'entrée du S.1. où il changera de matériel.

#### Situation à J3+19H30 :

La victime sort de la grotte. Il présente un ADD articulaire, il est mis sous O2 pur et transféré par hélicoptère du SAMU vers le caisson hyperbare.

Au total, 108 intervenants dont 31 plongeurs spéléologues ont été engagés.

Sur le plan médical, plusieurs points sont remarquables [2] :

- La reconnaissance par la victime des signes d'un ADD entraînant sa décision de replonger avec un mélange hyperoxique, afin d'éviter d'autres complications.
- Durant son séjour dans la cloche, la victime pensera à se réhydrater en buvant l'eau de la cavité, autre point essentiel du traitement des ADD.
- Les qualités morales exceptionnelles de la victime qui a su gérer son attente.

La prise en charge médicale consistera à des prises de décision liées à l'expérience du médecin lui-même plongeur.

Outre le reconditionnement classique d'une victime, le point crucial a été de prendre la décision d'autoriser le retour en plongée autonome.

Il a été difficile au médecin de gérer « l'excitation » et le stress tant de la victime que des autres secouristes présents et qui auraient souhaité effectuer une sortie immédiate.

Il s'agit ici d'un secours, où les difficultés de progression ont compliqué une prise en charge médicale, ne nécessitant pas de techniques complexes, mais nécessitant une parfaite connaissance des problèmes liés aux plongées de grandes profondeurs.

### *Le vertige de Saint Sauveur*

Un plongeur effectue une plongée en configuration « grand fond », c'est-à-dire avec l'objectif d'aller au-delà des 600 mètres de l'entrée de la résurgence de St Sauveur.

La plongée s'effectue en double recycleur et aux mélanges.

Au total, le plongeur a deux 10 litres de diluant fond 6/72 avec deux S40 d'O2 fond.

Deux 7 litres O2 pour la cloche. Un 7 litres de 11/52 pour le recycleur sidemount.

Un 7 litre et deux 3 litres d'air pour le vêtement, la sortie et la cloche.

Au total juste 10 premiers étages et quatre deuxièmes pour cette plongée.

Le plongeur est équipé également d'un propulseur capable de descendre à 180 mètres.

Une cloche est installée pour effectuer la décompression.

Il atteint le point bas à 188 mètres puis poursuit l'exploration.

Lors de la remontée, il effectue une manœuvre de Valsalva car il présente des difficultés à équilibrer son oreille gauche dans une descente.

A 70 mètres, il ressent d'importants vertiges. Il comprend rapidement qu'il est victime d'un ADD vestibulaire.

Malgré, les vomissements et les difficultés pour se déplacer, il parvient, grâce une grande maîtrise de soi, à remonter le long du fil jusqu'à la cloche.

Il décide de doubler ses paliers dans la cloche et d'attendre les secours.

Les plongeurs secouristes effectuent une recherche avant de le retrouver dans la cloche.

Des échanges se font par ardoises interposées. Des chaufferettes lui sont apportées. Le plongeur ne peut malheureusement ni boire ni s'alimenter ni prendre de l'aspirine en raison des vomissements.

Il est régulièrement surveillé par les sauveteurs.

Une fois ses paliers terminés, le plongeur est évacué au caisson hyperbare le plus proche.

On réalise la technicité de ce type de plongée et les compétences nécessaires.

En cas d'accident ou d'incident, en l'absence de plongeur d'assistance, la maîtrise de soi est essentielle pour gagner la sortie.

Ce récit montre le rôle essentiel de la cloche, qui a permis au plongeur de ne pas souffrir d'hypothermie lors des paliers et de permettre les vomissements.

### *Ça peut arriver à tout le monde...*

Un plongeur effectue une plongée à -150 m au Goul du Pont. La durée d'immersion est de 260 minutes.

Il est équipé d'un double recycleur SCR TC10 avec 7 gaz différents pour étager la décompression et dispose de deux ordinateurs Liquivision X1, un est en Bühlmann GF 15/90 et l'autre en VPM conservatisme 3.

Il porte une combinaison étanche de 7mm en néoprène avec un chauffage et se déplace avec propulseur court.

Il se trouve actuellement dans un contexte de stress et peut être de fatigue physique suite à des efforts récents.

La descente s'effectue sans problème particulier.

Lors de la remontée, il effectue un palier à 6 m, à l'oxygène pur, de 90 min. Il souffre alors du froid et se sent déshydraté. Puis en remontant à 4 mètres, il présente des nausées. Il stoppe sa remontée puis sort.

En surface, il a froid et soif et ne sent pas bien. Il prend 1 G d'aspirine.

Finalement les symptômes s'améliorent mais sans disparition complète et il rentre à son domicile.

Dans la nuit, apparition de douleurs intenses au niveau d'une jambe.

Il appelle alors le caisson hyperbare. La prise en charge n'est pas immédiate pour diverses raisons. Il doit être recontacté mais ses coordonnées téléphoniques sont erronées.

Ce n'est que plus tard que le plongeur, après l'appel du SAMU, est pris en charge et transféré en hélicoptère vers le caisson.

Il présente un accident de décompression de type 1.

Il bénéficie de plusieurs séances de recompression et la récupération est complète.

Ce récit d'accident montre que même pour un plongeur confirmé connaissant bien la plongée technique, il est parfois difficile de reconnaître un ADD en raison des symptômes frustrés et peu spécifiques.

Il rappelle que le moindre symptôme après plongée doit en tout cas faire évoquer le diagnostic et nécessite l'appel du SAMU qui mettra le plongeur en lien avec le médecin hyperbare.

Dans ce cas, même si cela n'a eu aucune conséquence, on peut s'interroger sur les raisons du délai de prise en charge du plongeur : crédibilité de l'alerte ? Méconnaissance des accidents possibles en plongée souterraine ? (Qui peuvent se produire n'importe où, avec un profil de plongée particulier)

Toutes ces données suscitent une réflexion par rapport à la prise en charge médicale de ce genre d'accident.

## Deuxième partie : Problématiques soulevées et difficultés rencontrées

Les indications de médicalisation en plongée souterraine sont identiques à celles des secours en spéléo (médicalisation systématique dès la présence d'un blessé) [15] mais les contraintes techniques sont évidemment plus importantes.

D'autre part, le délai de prise en charge est encore plus long (recherche de la victime) ce qui implique qu'en cas de pathologie sévère d'emblée (noyade, traumatisé grave, surpression pulmonaire avec embolie cérébrale etc...), les chances de survie sont faibles.

Lorsque la victime peut être prise en charge à temps, plusieurs difficultés apparaissent :

- la disponibilité d'un médecin spéléo plongeur capable de se rendre sur site
- le conditionnement de son matériel médical
- les conditions particulières d'évacuation (aquatique) nécessitant

1. une stabilisation de l'état de la victime,
2. une réflexion difficile concernant le rapport bénéfice/risque des thérapeutiques envisagées
3. une médicalisation pouvant être très longue en vue d'une ré immersion de toute façon à risque.

Conscient de toutes ces difficultés, on comprend que le médecin ne pourra prendre en charge efficacement toutes les pathologies.

Par exemple, la défaillance d'une fonction vitale même compensée à l'arrivée du médecin sera difficile à corriger et contre indiquera l'évacuation. Les décisions médicales dans ce contexte représentent une difficulté importante.

Néanmoins une intervention médicale est toujours souhaitée. Alors, quelles pathologies pourront être prises en charge ? Et comment ?

D'autre part, nous avons vu que nous pouvions être amené à prendre en charge un plongeur accidenté installé dans une cloche de décompression [14]. Celle-ci s'avère très utile lors des « pointes », nous réfléchissons donc à l'aide pouvant être apportée à une victime dans cette situation.

La dernière situation correspond au plongeur sorti par ses propres moyens et en surface, l'accident se révélant pendant ou après la plongée.

Les indications de médicalisation sur site en post plongée sont les mêmes qu'en plongée mer :

- Détresse vitale
- ADD neurologique évolutif et délai d'évacuation important



Cette prise en charge ne présente pas de particularité bien que les sites soient souvent éloignés.

Mais selon les données recueillies [11], la prise en charge des victimes d'accident de plongée souterraine n'est pas optimale et souvent retardée notamment concernant les ADD.

Les causes sont multiples. On retrouve :

-un déni des symptômes chez le plongeur spéléo ou en tout cas une difficulté à évoquer le diagnostic face à des signes souvent frustrés.

-une méconnaissance des numéros de secours par les plongeurs étrangers

-des difficultés de communication et d'accès sur des sites souvent éloignés.

-une méconnaissance médicale de ces accidents et de leur prise en charge lors de l'appel du SAMU, responsables d'une orientation inadéquate.

Nous verrons donc quelles sont les pistes proposées pour améliorer la prise en charge de ces plongeurs accidentés en post plongée.

## Troisième partie : Pistes de réflexions et solutions proposées

### *1<sup>ère</sup> situation : Prise en charge d'une victime post siphon*

Avec l'augmentation des explorations, l'éventualité statistique d'avoir à prendre en charge un patient blessé au-delà d'un siphon ne cesse de croître. Les contraintes de prise en charge d'un blessé dans de telles conditions imposent une formation et des entraînements spécifiques. Ces médecins spéléo plongeurs doivent bien connaître la plongée souterraine et l'utilisation de matériel mis au point spécialement à cet effet [2].

#### 1. Le médecin et les difficultés rencontrées [2, 15, 16]

La prise en charge médicale des accidents de plongée souterraine répond aux mêmes principes que la médicalisation en secours spéléo mais des spécificités sont liées aux pathologies de la plongée et au caractère aquatique de l'accès et de l'évacuation de la victime.

Cette prise en charge est évidemment retardée du fait du contexte. Déshydratation et hypothermie sont donc fréquentes.

La présence d'une équipe médicale joue un rôle primordial dans la préparation de l'évacuation immédiate ou retardée et permet son déroulement dans les meilleures conditions, l'objectif étant de restituer au blessé une autonomie et d'assurer le traitement préventif des complications secondaires.

Il nous paraît impératif d'insister sur la formation préalable de l'équipe médicale qui doit être composée de médecins sachant travailler dans des conditions parfois difficiles, ayant une expérience des secours, du milieu souterrain et participant à des exercices réguliers et obligatoires. La médicalisation des secours nécessite une qualification indéniable de l'équipe médicale sur le plan des gestes de médecine d'urgence mais également une excellente condition physique et une maîtrise des techniques de progression.

Lors d'une intervention, le médecin est soumis aux mêmes contraintes de poids et de volume que tous les intervenants de l'équipe en ce qui concerne le transport du matériel personnel et médical.

Au cours d'un secours donné, si la médicalisation peut primer sur la spéléologie, a contrario, les contraintes techniques peuvent parfois primer sur les décisions médicales.

Les difficultés de communication compliquent la prise en charge même s'il existe un système de transmission par le sol : le NICOLA.

Le médecin doit s'attendre à devoir plonger, à rester longtemps à proximité du blessé et à souffrir du froid. Tout geste médical, dans un contexte humide et sombre va être compliqué tant sur le plan de sa préparation que sur le plan de sa réalisation.

Toute évacuation va être confrontée au découpage topographique de la cavité. Le transport d'un blessé invalide doit se faire par portage, avec utilisation de tyrolienne au niveau des ruptures de terrain.

L'ensemble de ces manœuvres de cordes, de désobstruction, de passage de siphon, allonge l'évacuation, avec parfois mise en jeu du pronostic vital. Le conditionnement en civière ou à contrario la faculté de déplacement autonome de la victime prend ici toute son importance.

## 2. Intérêt de la médicalisation systématique et rôle du médecin [2, 15, 16]

Un médecin doit pouvoir intégrer l'équipe de reconnaissance, afin d'affiner le bilan initial et ainsi de permettre une éventuelle montée en puissance des moyens médicaux (tant humains que matériels).

Dans la prise en charge d'un patient post-siphon, sa présence est essentielle dans la suite de l'opération. L'immersion d'un blessé quel que soit le bilan lésionnel ne peut s'envisager qu'après un contrôle et une éventuelle stabilisation de ses fonctions vitales (50% des décès en spéléo ont lieu 2 et 10 heures après l'accident, dans un tableau d'état de choc).

L'équipe médicale permet d'éviter une décompensation qui pourrait être fatale durant l'évacuation. Elle doit informer les secouristes de l'état du blessé, de la nécessité de son conditionnement voire de son déchoquage au point chaud, de la contre indication de certaines techniques en fonction des lésions, ou au contraire des possibilités de récupération d'une autonomie.

Le médecin autorise l'évacuation en précisant le degré de surveillance, la fréquence des arrêts pour le traitement. Son diagnostic, ses recommandations ou ses consignes facilitent le choix de moyens définitifs à mettre en œuvre. Il permet de placer la victime dans de meilleures conditions de transport, améliore un brancardage toujours difficile et assure l'assistance tout au long de l'évacuation.

Autre intérêt non négligeable, il apporte un soutien psychologique certain et efficace.

Il est sécurisant pour ceux qui œuvrent avec lui et permet le cas échéant d'assurer aussi la médicalisation des sauveteurs.

L'intervention du médecin doit se limiter à un rôle médical. Il ne doit pas prendre part à l'organisation technique et les problèmes de logistique ne sont pas de son ressort. Par contre, il doit y avoir de nombreux échanges avec les secouristes, afin de permettre la meilleure prise en charge.

## 3. Réalisation de la médicalisation [2,17]

### a) Examen et premiers gestes :

L'examen doit être réalisé dans un environnement chaud et sec. La constitution d'un point chaud est donc indispensable. L'équipement de la victime et du médecin doivent être retirés afin de garantir la propreté du site.

L'examen initial permet d'effectuer un diagnostic au moins de gravité et de prévenir les complications. Il doit comprendre un interrogatoire précis du profil de la plongée, un bilan barotraumatique et traumatologique (douleur, déformation, impotence fonctionnelle) et une évaluation des fonctions vitales.

Les pathologies les plus souvent rencontrées en secours spéléo sont l'épuisement, l'hypothermie, et les traumatismes des membres ou peu sévères (en raison du délai de prise en charge).

En plongée souterraine, le médecin doit également prendre en charge les accidents de plongée et les éventuelles intoxications à différents gaz ou asphyxie.

Les gestes à réaliser doivent se limiter à ceux indispensables.

Remplir et réchauffer la victime sont les deux actions principales qui doivent être débutées dès le premier contact avec la victime.

Si la prise orale est possible, l'hydratation et l'alimentation sont évidemment essentielles et à privilégier.

La pose d'une VVP est problématique lorsque le réseau veineux est inaccessible à cause de l'hypothermie et de l'état hémodynamique. Mais elle permet d'effectuer un remplissage, un réchauffement interne ou plus simplement une réhydratation.

En cas d'hypothermie, la victime doit être mobilisée prudemment.

L'utilisation de housse ou duvets permet de retirer la combinaison néoprène et assure un maintien au sec.

Le « heat pack® » est un appareil léger de réchauffement permettant soit de délivrer de la chaleur à un homme, soit de réchauffer une perfusion. L'énergie est délivrée par une pile de 1,5 volts, une cartouche de charbon de bois, entretenue par un petit ventilateur pour produire de l'air chaud. La puissance est réglable de 45 et 65 °C pendant environ 6 heures. Le boîtier est placé entre les cuisses du blessé (à l'extérieur du duvet, sous le rabat de la civière) et la chaleur est acheminée par la pieuvre, à l'intérieur du duvet, avec 2 sorties pour le thorax et les aisselles et 2 pour la face interne des membres inférieurs à proximité des vaisseaux fémoraux.

#### b) L'analgésie [18] :

Le traitement de la douleur doit être efficace d'emblée. Elle s'effectue selon les recommandations de médecine d'urgence pré hospitalière. L'analgésie associe un antalgique de palier 1 (paracétamol/ AINS) et palier 3 (morphiniques).

En cas de traumatisme, l'immobilisation est la mesure la plus efficace. Elle sera effectuée par des attelles modelable type SAM SPLINT pour les chevilles et le membre supérieur. On pourra également utiliser un Ked inversé pour les fractures de fémur.

En cas de luxation d'une grosse articulation telle que l'épaule, une sédation vigile pourra être réalisée par kétamine et midazolam pour faciliter le geste de réduction. L'immobilisation se fait par un coude au corps de fortune.

La sédation analgésique intraveineuse peut être réalisée mais on comprend qu'il est difficile de respecter certaines règles : disponibilité de l'oxygène, d'un ballon d'insufflation, d'un dispositif d'aspiration manuel et d'un monitoring par saturomètre de pouls.

Les drogues seront choisies en fonction des effets secondaires. Elles doivent être antagonisables (Flumazenil, Naloxone) et titrées afin de minimiser les éventuels effets secondaires.

L'anesthésie loco-régionale permettra d'anesthésier un membre fracturé, pour l'immobiliser et améliorer l'autonomie ou le confort de la victime lors de l'évacuation.

Le choix des techniques est une fois de plus corrélé à l'expérience du médecin et aux conditions de l'environnement.

#### c) La réanimation :

Le médecin doit trouver le meilleur compromis entre le respect des bonnes pratiques et les contraintes de l'environnement.

L'indication de débiter ou non des gestes de réanimation dépend de la possibilité de la poursuivre et du mode d'évacuation.

Par exemple, il paraît difficile dans ce contexte d'intuber une victime.

Le maintien d'une ventilation assistée serait compliqué à assurer. Les besoins en oxygène nécessaires pour maintenir un intubé ventilé, en milieu souterrain sont très importants et demande une logistique compliquée [19].

Les contraintes d'apport du matériel sont de plus majorées par le passage du siphon.

Concernant l'évacuation, nous verrons plus tard les avantages de la nouvelle civière du SSF mais il n'existe actuellement pas de respirateur submersible pour évacuer une victime sous ventilation assistée dans un siphon.

On pourrait imaginer un modèle expérimentale de vêtement étanche incluant la tête de la victime et permettant d'utiliser un respirateur avec des systèmes de sondes armées et de branchements sécurisés. La sédation pourrait être administrée par des petits pousse-seringues type MICREL utilisés en secours en montagne.

Malgré la possibilité d'effectuer une surveillance par scope dans le vêtement étanche, une intervention lors de l'évacuation en cas de problème seraient de toute façon impossible. De plus, la ventilation mécanique en milieu hyperbare expose à l'hypoventilation alvéolaire et au barotraumatisme de l'oreille [20].

Dans le cas d'une victime inconsciente et nécessitant une extraction rapide (risque de crue), les décisions seront difficiles.

#### d) Prophylaxie anti infectieuse :

En spéléologie, lors d'une fracture ouverte ou lors d'écrasement, les agents contondants entraînent dans la plaie la flore exogène, des lambeaux de vêtements, de la terre et des germes des revêtements cutanés.

Le risque de complications infectieuses est souvent occulté par la priorité d'organisation des secours. Dès la prise en charge sur le terrain, les équipes doivent être sensibilisées au risque infectieux et une antibiothérapie doit être mise en place.

La prophylaxie antitétanique ne doit pas non plus être oubliée dans ce contexte où les plaies sont régulièrement souillées.

#### 4. Dotation du matériel médical pour les secours spéléologiques [2, 15, 16, 17]

Son choix découle des objectifs retenus en tenant compte des limites de compétences des utilisateurs. A côté des impératifs d'un conditionnement étanche permettant un transport sans détérioration du contenu, le conditionnement doit être logique. Il faut pouvoir accéder au matériel, sans avoir à tout déballer. Cela nécessite de concevoir des unités logiques (set de perfusion par exemple), regroupées en unités globales cohérentes.

Dans chaque unité on doit pouvoir s'essuyer les mains et mettre des gants avant de poursuivre l'utilisation. De même on trouve à chaque fois une alèze qui permet de poser le matériel sur une zone propre.

Ce matériel doit être validé par des exercices pratiques en milieu souterrain. Avant l'intervention, l'équipe médicale doit disposer d'un matériel complet et proche de celui de l'aide médicale urgente classique.

Néanmoins, le matériel qui part sous terre peut être modulé au vu du bilan secouriste.

Trop de matériel inutile peut nuire à l'intervention (difficultés de progression, fatigue). On comprend tout l'intérêt de disposer d'un bilan initial le plus précis possible (un oubli serait dramatique). Le temps de préparation avant la descente est potentiellement du temps de gagné sous terre.

## 5. Conditionnement du matériel [1]

- Bidon étanche: celui de 6 litres convient tout à fait jusqu'à une dizaine de mètres de profondeur moyennant les précautions suivantes:

- le joint et la portée de joint doivent être propres et sans défaut (neufs),
- le couvercle ne doit pas être fendu,
- le couvercle doit être bien bloqué (de préférence à 2),
- et surtout le bidon doit être plein et le contenu bien tassé.

En ce qui concerne le duvet, voici la procédure :

- introduire d'abord un sac en latex (Gomex),
- en retourner les bords sur le bidon,
- tasser ensuite méthodiquement le duvet dans le sac,
- compléter par un haut et un bas de rhovyl,
- fermer le sac Gomex après y avoir méticuleusement fait le vide par aspiration,
- recouvrir le tout d'un sac poubelle de 50 litres non déplié dont la fonction immédiate est d'assurer le glissement du couvercle au moment où on ferme le bidon.

- Container rigide: pour des profondeurs supérieures à 10 mètres il est nécessaire d'envisager la confection de containers étanches en PVC ou en métal (dural ou inox). Les modèles les plus courants sont des tubes de 10 cm de diamètre et de longueur adaptée à l'usage: 15 cm pour porter à la ceinture, 60 cm pour le loger entre les bouteilles ou dans un sac.
- Chambre à air: convient pour tous les objets qui résistent à l'écrasement.

## 6. Conditionnement du blessé [15, 16, 17]

La difficulté du milieu (aquatique) peut empêcher l'évaluation du blessé et la rendre presque impossible. Dans ce dernier cas, il faudra parfois prendre la décision de déplacer le sujet, malgré les risques, et l'évaluer secondairement. Ce n'est donc pas une perte de temps que d'installer correctement le blessé.

La mise en condition est plus délicate que dans le secours classique. Le terrain est exigu, les secouristes sont en nombre limité. Les relevages sont malaisés et demandent une certaine technicité.

Le conditionnement minimum comporte : la stabilisation des foyers de fracture, la pose d'une VVP avec une attention particulière accordée à la fixation des cathéters, le monitoring (saturométrie, pouls, tension artérielle).

Un dossier médical faisant état de l'évolution, ainsi que des différentes thérapeutiques, devra être rempli de manière extemporanée

L'immobilisation de la victime dans une civière adaptée, le confort et la chaleur sont les éléments de base.

## 7. L'évacuation [21]

### a) En autonomie

La victime peut avoir eu un problème d'orientation, d'autonomie ou autre.

Il va falloir organiser son rapatriement. Il faudra évaluer son état physique puis l'encadrer pour gérer et contrôler son stress. Si son état psychologique est trop fragile, il faudra peut-être envisager un brancardage. Il faut se rappeler que l'attente a pu choquer la victime.

Seul un médecin expert dans les problèmes de plongée souterraine peut prendre la décision majeure de laisser replonger la victime en autonomie, ce qui peut simplifier un secours extrêmement lourd en logistique.

### b) Avec assistance

Pour un traumatisme léger, une évacuation sans civière peut être envisagée dans les parties noyées. Il faut dans ce cas bien encadrer la victime et prendre le temps nécessaire pour la préparer psychologiquement avant de plonger.

Le passage de la victime se fait accompagné par des sauveteurs avec soit une attelle, une attelle cervicothoracolombaire ou d'autres moyens d'immobilisation.

### c) La civière

Pour les traumatismes plus importants (traumatisme rachidien, bassin, etc ...), ainsi que pour des non-plongeurs, une civière adaptée sera utilisée. Cet outil polyvalent permet une médicalisation légère ou plus lourde.

Le SSF travaille déjà depuis des années sur la conception de cette civière, permettant de faire traverser un siphon à un accidenté incapable de le faire par ses propres moyens.

Cette civière permet de progresser aussi bien en milieu sec, sur corde, que dans des zones noyées complexes (profondeur et longueur importantes).

- Description et fonctionnement [5]

La civière actuelle représente plus de 30 ans de recherche et de développement.

Elle est conçue pour l'évacuation de traumatisés nécessitant une surveillance et un isolement du milieu liquide. Le maniement de cette civière nécessite une équipe médicalisée formée et entraînée.

Elle est constituée d'une base de civière Next (Petzl).

Des options permettent de l'utiliser suivant des profils d'intervention très différents.

Ce nouvel outil permet de faire des interventions aussi bien en résurgence qu'en fond de cavité.

#### Utilisation en fond de cavité :

La civière, dans sa configuration légère, permet d'être transportée devant des siphons les plus éloignés. Seules 6 charges composent la civière. Plus la zone noyée sera importante, plus les portages et le nombre de sauveteurs seront importants. La victime est transportée au sec (volume étanche spécifique) et immobilisée.

### Utilisation en siphon long et profond :

Le temps en immersion devient plus important. La profondeur induit des paliers. Dans sa configuration évoluée, la civière est dotée de bouteilles supplémentaires et amovibles pour être interchangeables en cours d'intervention. La civière possède un circuit qui permet de faire circuler ou d'isoler les gaz pour alimenter la respiration de la victime (associé à un ordinateur de plongée). Ce circuit est conçu pour optimiser la sécurité de la victime. Il est possible d'utiliser différents gaz (Trimix, Nitrox, Oxy...) pour une optimisation de la désaturation des tissus de la victime.

Après conditionnement médical, le blessé est habillé dans un vêtement de protection possédant d'excellente propriété isotherme. Un gilet chauffant alimenté par une batterie complète la protection. Le patient est alors installé dans un vêtement étanche puis sanglé sur la civière. Les extrémités sont rendues étanches par des gants ajustés hermétiquement aux poignets et par une collerette au cou. En complément il est prévu un manchon avec une purge en cas d'inutilisation d'une manche dans l'éventualité d'un membre supérieur fracturé. La fermeture principale fait le tour, permettant une ouverture quasi intégrale et une mise en place du blessé selon les principes traditionnels du secourisme.

La victime est équipée d'un masque facial permettant une respiration aisée, sans embout dans la bouche. Le masque permet les communications avec la victime, assurant un réconfort psychologique. En cas de défaillance du système un masque de plongée classique et des détendeurs sont disponibles.

Une fois l'équipement terminé, la civière est acheminée sous l'eau par un groupe de 5 plongeurs. Ceux-ci ont la possibilité de communiquer entre eux grâce à un système de transmission qui permet une bonne coordination de la progression en particulier dans des conditions de visibilité médiocre voire nulle.

- Progression

Le blessé est en décubitus sur le brancard, la tête à l'arrière de la civière. Cette position permet au « brancardier arrière » de suivre le comportement du malade. A l'avant se trouvent de part et d'autre, deux personnes qui sont l'énergie motrice de l'ensemble. Un serrefil est nécessaire pour parer à tout ennui.

- Les avantages

Les éléments spécifiques à la plongée peuvent être enlevés en quelques minutes. La victime peut être évacuée avec agrès en post-siphon ou inter-siphons. Lors des différentes phases d'évacuation, en siphon ou aérien, la victime reste immobilisée dans la civière et dans son volume étanche. La polyvalence de la civière plongée du SSF permet son transport en milieu souterrain. Elle permet aussi d'être utilisée dans des siphons profonds et longs. La limite d'utilisation de la civière est liée aux compétences de l'équipe qui la manipule. Elle peut être immergée jusqu'à 80 m de profondeur (60 m validés) pour une distance illimitée (ajout de bouteilles relais). La civière est étudiée pour être utilisée avec des mélanges gazeux Trimix, Nitrox et de l'oxygène.

Le volume dans lequel la victime est conditionnée est étanche, il y a du chauffage, et une évacuation pour uriner.



Il permet une surveillance médicale en y intégrant un scope comme le Propaq® 202 EL qui est éprouvé en pression puisqu'il est utilisé en oxygénothérapie hyperbare. Ce vêtement étanche, comporte une fenêtre en plastique transparent de 20x30 cm au niveau de l'abdomen et permet de poser le moniteur juste en dessous.

Le lot civière plongée dispose d'un vêtement étanche de rechange si ce dernier était endommagé.

- Les limites

#### Techniques :

- Profil du siphon : étroiture, visibilité, courant, équipement.
- Dimensions conformes au transport d'une victime de taille standard.
- Portage fonction de l'importance de la zone noyée.

#### Médicales :

-Elle ne peut être utilisée que pour des blessés ne présentant pas de lésions du rachis cervical (collerette d'étanchéité), ni de traumatisme grave de la face (masque facial) et ne nécessitant pas d'assistance ventilatoire.

-Il paraît trop risquer d'immerger une victime médicalisée lourdement.

Un seul cas nous y obligerait : le risque de crue imminent. La mise en danger de l'équipe et de la victime nous contraindrait d'évacuer.

Dans ce cas et pour des siphons peu profonds et courts, il serait possible d'évacuer une victime inconsciente, car le masque permet d'injecter du gaz en continu.

Cette solution est évidemment une procédure dégradée.

D'autre part, en cas de traumatisme rachidien, il serait tout de même possible d'installer un collier cervical.

Néanmoins, une manipulation prudente doit être effectuée car il est nécessaire de retirer le collier pour enfile la collerette de la combinaison puis remettre le collier par dessus avant de mettre la cagoule. Des cagoules s'adaptent au niveau du cou pour garder le collier. Elles possèdent un velcro qui permet de l'ouvrir et de passer largement par dessus.

Le moment critique est le passage de la tête dans la collerette. Il faut maintenir la tête en passant les mains par la collerette. Un second opérateur tire la collerette pour passer la tête et la paire de mains.

- d) Evacuation immédiate impossible : la recompression thérapeutique par immersion

L'état clinique de la victime peut contre indiquer sa réimmersion : détresse respiratoire, trouble de conscience, hypovolémie, hypothermie ou encore accident de décompression.

Dans ce cas, la victime doit être stabilisée dans un point chaud afin de réaliser les traitements vus précédemment.

Dès lors, on conçoit que la médicalisation post siphon peut être longue et les décisions difficiles.

Dans tous les cas, une détresse vitale devra être prise en charge mais dans une configuration dégradée qui sera effectuée au cas par cas.

On peut aussi s'interroger sur la prise en charge d'un accident de décompression dans cette situation éloignée : post siphon ou fond de trou.

Si la mise sous O<sub>2</sub>, l'hydratation et la prise d'aspirine ne posent pas trop de problème, l'accès rapide au caisson est impossible.

L'évacuation par forage peut demander des semaines de travail et n'est pas une solution satisfaisante. Une évacuation souterraine exondée à l'aide d'une civière prendra également du temps.

On peut donc réfléchir aux bénéfices de la recompression thérapeutique par immersion (RTI) [22] [23].

Même si dans des conditions classiques cette pratique n'est pas recommandée (en raison de l'hypothermie et de la déshydratation), elle a déjà sauvé au minima de la paralysie, de nombreux plongeurs.

Ces méthodes de recompression ont été développées et utilisées d'une manière plus ou moins empirique par les pêcheurs plongeurs en Australie et aux îles Hawaï. Depuis, l'US Navy a elle aussi repris à son compte cette technique.

La recompression immédiate dans l'eau permet d'augmenter les chances de récupération.

C'est ce qu'on appelle la recompression verticale, sur le site de plongée, comme il est pratiqué dans tous les gros chantiers avec des scaphandriers.

Il existe un protocole, avec plusieurs scénarios, plus ou moins profonds, avec différents gaz.

Les indications pour une nouvelle immersion sont les ADD ostéo-myo-articulaire et neurologique mais la victime ne pourra s'immerger si elle présente : des troubles de la conscience, des convulsions, des vertiges, des vomissements, une gêne respiratoire ou un refus de plonger (peur, stress, etc..)

Cette méthode nécessite une organisation matérielle indispensable :

- Stock de gaz suffisant (6000 litres d'oxygène = 1 bouteille de 50 litres à 200B ou 3 bouteilles S80 à 200 bars)
- Narguilé avec clapet anti retour et tuyau long (12 mètres) ou bouteilles d'O<sub>2</sub> immergeables ou un recycleur.

Selon la méthode choisie et selon le type de plongée réalisée (utilisation de Trimix), il est sans doute impératif de prévoir des Nitrox (50 %) et de l'Héliox.

- Masque facial avec moyen de communication recommandé.
- Plaquettes de communication.
- Protection efficace contre l'hypothermie. (Combinaison étanche, chaufferettes, boissons chaudes)
- Corde et ligne de décompression.
- Longe de sécurité, raccordant la victime à la surface.
- Siège ou harnais immergeable pour confort accidenté.
- Possibilité d'utiliser une cloche de décompression, dans le cas où elle puisse accueillir deux plongeurs.
- Hydratation.

Dans le cas de la plongée souterraine, il serait envisageable d'effectuer des recompressions sous plafond mais dans des galeries d'accès facile, large, avec une bonne visibilité.

L'apport de matériel supplémentaire est compliqué.

La température de l'eau, la visibilité et le courant peuvent aussi être des éléments défavorables quant à la tenue d'une décompression thérapeutique.

Il est évident que le plongeur accidenté ne doit pas fournir d'effort important, il doit rester en permanence sous surveillance et dans un contexte de sécurité maximum par rapport à l'environnement qui l'entoure.

Le risque d'hypothermie est réel vu les durées importantes d'immersion. Cela ralentit l'élimination de l'azote, à cause d'une moins bonne irrigation périphérique. Le plongeur accidenté sera dans un inconfort important, avec une souffrance physique et psychologique supplémentaire. Pour lutter contre ce danger bien réel, il doit être équipé d'un vêtement étanche et le temps d'immersion, limité.

Le risque d'hyperoxie est faible mais potentiel. La crise hyperoxique peut être liée à une prise trop profonde de l'oxygène ou directement à la durée d'exposition. Les rinçages à l'air régulier peuvent évidemment éviter son apparition.

La déshydratation est un facteur aggravant de l'ADD. Le plongeur accidenté doit donc s'hydrater régulièrement.

L'installation d'une cloche de décompression à l'entrée du siphon permettrait de réduire tous ces risques mais une fois de plus, sa faisabilité dépendra du type de cavité et de son éloignement.

A noter qu'il existe des cloches souples de petit volume (80x100x110) qui pourraient être appropriées à cette usage. Celle-ci doit néanmoins être installée avec plusieurs points d'ancrage (haut et bas) afin de garantir une certaine sécurité [24].

Les différentes méthodes [22] [23] sont présentées en annexe.

D'après les quelques études menées sur le sujet, les résultats semblent favorables.

L'état de la victime est amélioré à des degrés divers de récupération. La ré immersion ralentit ou arrête l'évolution vers une maladie de décompression [22] [23].

Par contre en raison de la déshydratation et de l'hypothermie, cette méthode ne doit être mise en œuvre que dans le cas où il n'existe absolument aucune autre alternative. Elle est « officiellement » déconseillée et n'est pas enseignée. L'usage de cette méthode « empirique » doit être limité aux situations exceptionnelles.

La prise en charge d'un ADD en post siphon ou en fond de trou pourrait être une bonne indication de RTI.

Sa faisabilité dépendra de la configuration de la cavité. Si cela est possible, la mise en place d'une cloche de décompression est bénéfique.

La méthode Clipperton paraît être la plus favorable en eaux froides et en conditions difficiles. Le choix de la méthode ne sera pas le même pour une plongée à l'air, une plongée profonde ou très profonde au Trimix. Cela dépend également des moyens disponibles et des capacités du plongeur.

La médicalisation post siphon d'un plongeur souterrain accidenté est extrêmement complexe.

Il était nécessaire de proposer une réflexion reposant sur du bon sens mais aucune donnée scientifique n'est disponible tant ces situations sont rares. Elles doivent être gérées au cas par cas en collaboration avec des sauveteurs spécialisés en plongée souterraine.

### *2ème situation : le plongeur accidenté est dans une cloche de décompression*

Nous avons vu cette situation précédemment dans un cas clinique.

La cloche de décompression présente de nombreux avantages lors de plongée d'exploration [24].

On peut s'interroger sur les actions possibles d'assistance lorsqu'un plongeur accidenté a réussi à se réfugier à l'intérieur.

En réalité, la taille de celle-ci ne permet probablement pas une intervention médicale d'autant que les actions à mener seraient finalement sans grand intérêt puisque l'hydratation, le réchauffement, l'alimentation et la respiration d'O<sub>2</sub> pur sont les seuls «traitements» à effectuer.

Néanmoins, la surveillance par un autre plongeur de l'évolution des symptômes, l'apport de matériels (chaufferettes, eau, aspirine, alimentation) et la préparation de la prise en charge ultérieure sont importants.

D'autre part, cette cloche permet de terminer les paliers de décompression obligatoires dans de meilleures conditions. Cependant, on peut s'interroger sur le bénéfice d'une majoration de paliers dans cet environnement.

Probablement que dans l'attente des secours cela est préférable, mais dans le cas de vomissements importants dus par exemple à un ADD vestibulaire, la sortie d'immersion et l'hydratation intraveineuse sont nécessaires dès que possible.

### *3è situation prise en charge du plongeur souterrain en post plongée*

Nous avons constaté suite à l'étude effectuée dans le Lot en 2012 que la prise en charge des plongeurs souterrains accidentés en sortie de plongée n'était pas optimale.

Une réunion récente entre les fédérations concernées et les différents intervenants a d'ailleurs été organisée sur ce sujet.

Il ne faut pas négliger un signe qui pourrait évoquer un accident de plongée. Tout signe anormal est un accident de plongée jusqu'à preuve du contraire et l'avis du médecin hyperbare doit être demandé.

Pour diminuer le temps de transfert de ces plongeurs, il est essentiel de contacter le 15.

Lors de la régulation, une conférence à trois entre médecin régulateur, la victime ou son entourage et un médecin hyperbare doit être effectuée. Un avis auprès du médecin hyperbare doit être systématiquement demandé pour évacuer la victime vers le caisson le plus proche et éviter les pertes de temps en passant par les urgences des hôpitaux locaux par exemple.

Le vecteur doit être celui le plus rapide, c'est-à-dire dans la plupart des cas, hélicoptère.  
D'autre part, les plongeurs doivent être formés aux procédures de secours et d'alerte, et connaître les numéros correspondants.  
Enfin, la coordination entre SAMU et médecin hyperbare est essentielle. Elle doit répondre à une procédure. Les médecins de SAMU des « terres » doivent être formés à la prise en charge de ce type d'accident. Une fiche de régulation des accidents de plongée, comme celle utilisée par le CROSS ou les SAMU maritimes, adaptée à la plongée souterraine peut être un bon outil à développer.

## Conclusion

Nous avons envisagé la projection d'un médecin sur un accident de plongée souterraine.

Au vu du nombre actuel d'exploration, le risque pour un médecin d'être confronté à une médicalisation post siphon ne cesse de croître mais correspond au cas le plus complexe.

Aucune donnée scientifique, en dehors de récits et de statistiques d'accidents, n'est disponible concernant la gestion médicale de ce type d'intervention.

Le but de ce mémoire était d'apporter une réflexion pour mieux se préparer à cette situation heureusement rare.

Il faut comprendre que le champ d'action du médecin est limité par les contraintes de l'environnement. En fonction de l'état du blessé, il existe plusieurs configurations pour l'évacuation.

La prise en charge de la victime est complexe et difficile car les décisions techniques, affaires de spécialistes plongeurs, sont aussi importantes que celles médicales. La collaboration est donc essentielle.

Grace à d'énormes progrès techniques avec l'évolution de la civière plongée, des victimes médicalisées peuvent être prise en charges post siphon. Le rôle du médecin est donc de stabiliser le blessé dans un point chaud, de le soulager en cas de traumatisme et surtout d'autoriser sa réimmersion.

Néanmoins, en cas de pathologies sévères, le médecin et son équipe seront parfois contraint d'accepter l'inacceptable.

D'autre part, la prise en charge du plongeur souterrain en post plongée doit être améliorée. Elle se doit d'être aussi efficace que pour les plongeurs en mer. La procédure d'alerte doit être connue de tous.

La collaboration entre les différents intervenants est essentielle pour une bonne orientation de la victime. Le plan de secours doit être efficace.

Il serait intéressant à l'avenir d'effectuer une évaluation des pratiques dans ce domaine à l'échelle nationale.

## Références

- [1] Article Plongée fond de trou. Juillet 1993. JP Stefanato
- [2] Les accidents en plongée spéléologique. Pathologies, médicalisation des secours et prévention. Mémoire DIU médecine subaquatique et hyperbare : Med : Lille : 2007. P.Boyet
- [3] Accidents et incidents de plongée souterraine en France F. Vasseur
- [4] [www.plongeesout.com](http://www.plongeesout.com)
- [5] [www.speleo-secours-francais.com](http://www.speleo-secours-francais.com)
- [6] Les accidents de plongée souterraine des débuts à nos jours. Mémoire DIU de médecine subaquatique et hyperbare : Med : Marseille : 2002. E Vaucher
- [7] Les accidents mortels de plongée souterraine survenus en France de 1950 et 1990. Th : Med : Toulouse 3 : 1991. JD Pillot
- [8] Les accidents mortels de plongée souterraine en France de 1990 et 2000. Th : Med : Dijon: 2001. N. Roy
- [9] Les accidents de plongée souterraine dans le Lot de Janvier 2000 à Juin 2012. Réunion médecins fédéraux Cochin Décembre 2012. Dr Landon.
- [10] Characteristics of cave diving fatalities before and after 1980. Undersea Hyperb Med. 2008 July-Aug;35(4)
- [11] Underwater cave diving fatalities in florida : a review and analysis. Bird JH Hamilton WF J Forensic Sci 1997
- [12] American Cave Diving Fatalities 1969-2007. Peter L. Buzzacott, Erin Zeigler, Petar Denoble, and Richard Vann. International Journal of Aquatic Research and Education, 2009, 3, 162-177
- [13] British Cave Dive Accident. R.A. Churcher and O.C. Lloyd 1980 Proc. Univ.Bristol Spelaeol. Soc
- [14] [www.aquatek.fr](http://www.aquatek.fr)
- [15] Les facteurs limitant la médicalisation en secours spéléo et les évolutions envisageables. Th : Med : Grenoble : 2011. J. Faurax
- [16] La médicalisation des secours en spéléologie. Th : Med : Grenoble : 2000. S. Rey
- [17] Guide pratique du secours en milieu périlleux. 2006. D. Savary
- [18] Recommandations formalisées d'expert : sédation et analgésie en structure d'urgence. 2010 SFAR. SFMU.

[19] Présentation orale. Exercice secours spéléo Gournier 2010. Journée de médicalisation SSF 2011

[20] Ventilation mécanique en chambre hyperbare. Mémoire DIU médecine subaquatique et hyperbare. 2004. JL. Bourgeois.

[21] Organisation des secours en spéléo plongée. Référentiel SSF

[22] In-water Recompression as an Emergency Field Treatment of Decompression Illness de Richard L. Pyle and David A. Youngblood

[23] Gestion d'un accident de plongée en situation d'isolement. Intérêt de la recompression thérapeutique par immersion. Revue et proposition d'un nouveau protocole à l'occasion d'une mission sur l'atoll de Clipperton de J.-E. Blatteau, F. Jean, J.-M. Pontier, E. Blanche, J.-M. Bompar, E. Meaudre, J.-L. Étienne.

[24] Les cloches de décompression. Article. Plongeesout. M. Douchet



## Annexe

### Les différentes méthodes de recompression thérapeutique par immersion

#### **La Méthode Australienne. Remontée linéaire lente :**

Le plongeur accidenté s'immerge à nouveau avec un plongeur de soutien.

- Profondeur : 9 mètres.
- Respiration d'oxygène pur.
- Durée : 30 minutes pour les accidents de type 1  
60 minutes pour les accidents de type 2.

Si les symptômes persistent, la durée est augmentée de 30 minutes.

- Remontée à une vitesse linéaire d'un mètre toutes les 12 minutes.

Si les signes apparaissent à nouveau lors de la remontée, palier de 30 minutes à la profondeur d'apparition.

- Durée totale de la procédure : 2H36 minutes à 3H06 minutes.
- En surface, respiration en alternance : une heure O<sub>2</sub> pur, une heure d'air, pendant 12 h.

#### **La méthode de l'US Navy. Remontée par paliers :**

Le plongeur accidenté s'immerge à nouveau avec un plongeur de soutien.

- Profondeur : 9 mètres.
- Respiration d'oxygène pur.
- Durée : 60 minutes pour les accidents de type 1  
90 minutes pour les accidents de type 2
- Remontée (même en cas de persistance des signes) pour un palier de 60 minutes à 6 mètres puis à 3 mètres.
- La durée totale de la procédure peut varier de 180 à 210 minutes.
- En surface, respiration d'O<sub>2</sub> pur pendant 3 heures.

#### **La méthode Hawaïenne. Incursion profonde :**

Le plongeur accidenté s'immerge à nouveau avec un plongeur de soutien.

- Profondeur : 9 mètres en dessous de la profondeur permettant la disparition des symptômes, sans dépasser 50m.
- Gaz : Air
- Durée : 10 minutes
- Remontée à une vitesse décroissante entre 9 m/min et 1,5 m/min jusqu'au palier de 9 mètres.

Si réapparition des signes. Redescente de 3 m et palier de 5 min à cette profondeur.

- Puis remontée et palier de 60 minutes à 9 m à l'oxygène pur.

En cas de persistance des signes, majoration du palier par tranches de 30 minutes (180 minutes maxi)

- Remontée en surface à la vitesse de 1 m/min.
- En surface : Oxygène pur jusqu'à l'arrivée des secours.

### **La méthode Hawaïenne. Adaptation :**

Le plongeur accidenté respire durant 10 minutes de l'oxygène en surface. Si les symptômes persistent, il s'immerge à nouveau avec un plongeur de soutien.

- Profondeur : 7,5 mètres.

- Gaz : Oxygène pur.

- Durée : 10 minutes

- Si persistance des signes après ce palier, incursion profonde.

Profondeur : 15 mètres.

Gaz : Air ou mélange sur oxygéné

Si disparition des symptômes dans les 2 premières minutes. Palier de 8 minutes.

- En cas de persistance des signes, possibilités de faire 2 incursions profondes à 22,5 mètres et 38 mètres.

- Remontée à la vitesse de 3m/min de 38 à 15 mètres puis de 1,5 m/min de 15 à 7,5 mètre et de 0,3 m/min de 7,5 m à la surface.

Respiration d'oxygène pur à partir de 7.5 m en alternance toutes les 20 minutes avec 5 minutes à l'air.

-Durée totale de 2 h et 5 minutes.

-En surface, le plongeur accidenté reste sous Oxygène pur pendant 3 heures.

### **La méthode Clipperton :**

Dès l'apparition des symptômes, respiration immédiate d'oxygène pur pendant 10 minutes.

Hydratation, prise d'Aspégic 250 mg, Pentoxifylline 400 mg LP, Buflomédil 300 mg et Prednisolone 80 mg.

Le plongeur accidenté s'immerge à nouveau avec un plongeur de soutien.

-Profondeur : 9 mètres.

-Gaz : Oxygène pur.

-Durée : 60 minutes

-Vitesse de remontée, 1m/minute. Retour en surface à 69 minutes.

-En surface, respiration pendant 6 heures d'O<sub>2</sub> pur et hydratation (1L/h).

En cas d'attente longue des secours, possibilité d'effectuer une seconde immersion (2 immersion par 24 H).