

UNIVERSITÉ DE LILLE II
UNIVERSITÉ DE LA RÉUNION

Année 2007

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

Mémoire

Présenté et soutenu

Par

Docteur Pierre BOYET

LES ACCIDENTS EN PLONGÉE SPÉLÉOLOGIQUE.

Pathologies, médicalisation des secours et prévention.

Examineurs du mémoire :

M. le Professeur F.WATTEL
M. le Dr J.D HARMS, Praticien Hospitalier.

TABLE DES MATIÈRES

INTRODUCTION	p1.
CHAPITRE 1 : LA PLONGÉE SPÉLÉOLOGIQUE : DESCRIPTION	p3.
<u>1 – PRÉSENTATION DU MILIEU SOUTTERRAIN</u>	p4.
1.1 – Introduction	p4.
1.2 – Constitution du milieu naturelle	p4.
1.3 – Facteurs d’agression du milieu	p4.
1.3.1 – La topographie	p4.
1.3.2 – L’obscurité	p5.
1.3.3 – le silence	p5.
1.3.4 – La température de l’air	p5.
1.3.5 – L’humidité	p5.
1.3.6 – La ventilation et les gaz	p5.
1.3.7 – La présence d’eau	p6.
1.3.8 – La pollution	p7.
<u>2 – HISTORIQUE</u>	p7.
2.1 – Historique de la plongée spéléologique	p7.
2.2 – Historique des secours spéléologiques	p8.
<u>3 – EQUIPEMENT ET MATÉRIEL</u>	p9.
3.1 – Equipement personnel	p10.
3.1.1 – De protection aquatique et terrestre	p10.
3.1.2 – De progression aquatique	p12.
3.1.3 – De progression terrestre	p15.
3.2 – Matériel collectif	p16.
3.3 – Les mélanges gazeux en plongée	p16.
<u>4 – PROBLÈMES POSÉS PAR L’EXPLORATION EN PLONGÉE SPÉLÉO</u>	p17.
4.1 – Problèmes mixtes	p18.
4.1.1 – Stress	p18.
4.1.2 – Thermorégulation	p18.
4.1.2.1 – Physiologie	p18.
4.1.2.2 – Hypothermie	p20.
4.1.3 – Adaptation à l’effort physique	p22.
4.1.3.1 – Déshydratation	p22.
4.1.3.2 – Hypoglycémie	p23.
4.1.3.3 – Epuisement	p23.
4.1.4 – La noyade	p24.
4.1.4.1 – La noyade primitive	p24.
4.1.4.2 – La noyade secondaire ou par syncope primitive	p25.
4.1.4.3 – Prise en charge sur le terrain	p25.
4.1.5 – La pathologie infectieuse	p26.

4.1.5.1 – La leptospirose	p26.
4.1.5.2 – Le tétanos	p27.
4.1.6 – Intoxication par les gaz	p27.
4.2 – Problèmes aquatiques	p28.
4.2.1 – Les accidents de décompression	p28.
4.2.1.1 – Introduction	p28.
4.2.1.2 – Les mécanismes	p28.
4.2.1.3 – Symptômes	p29.
4.2.1.3.1 – Les accidents mineurs (type1)	p29.
4.2.1.3.2 – Les accidents majeurs (type 2)	p29.
4.2.1.4 – Conduite à tenir	p30.
4.2.1.5 – Les facteurs favorisant	p31.
4.2.1.6 – La prévention	p31.
4.2.2 – Les barotraumatismes	p32.
4.2.2.1 – Introduction	p32.
4.2.2.2 – Le placage de masque	p32.
4.2.2.3 – Les sinus	p32.
4.2.2.4 – Les dents	p33.
4.2.2.5 – Les oreilles	p34.
4.2.2.6 – Les intestins et l'estomac	p35.
4.2.2.7 – La surpression pulmonaire	p35.
4.2.3 – Les accidents toxiques et l'hypoxie	p36.
4.2.3.1 – Introduction	p36.
4.2.3.2 – L'azote	p37.
4.2.3.3 – L'oxygène	p38.
4.2.3.3.1 – Hyperoxie	p38.
4.2.3.3.2 – Hypoxie	p39.
4.2.3.4 – Syndrome nerveux des hautes pressions	p39.
4.2.4 – L'essoufflement	p39.
4.2.5 – L' OAP d'immersion	p40.
4.3 – Problèmes terrestres post siphon	p42.
4.3.1 – Les traumatismes	p42.
4.3.1.1 – Les traumatismes cutanés	p42.
4.3.1.2 – Les traumatismes crâniens	p43.
4.3.1.3 – Les traumatismes du rachis vertébral	p43.
4.3.1.4 – Les fractures de côtes	p43.
4.3.1.5 – Les traumatismes des membres supérieurs	p43.
4.3.1.5.1 – Entorses et fractures	p43.
4.3.1.5.2 – Les luxations de l'épaule	p44.
4.3.1.5.3 – Les luxations du coude	p45.
4.3.1.5.4 – Les traumatismes de la main	p45.
4.3.1.6 – Les traumatismes des membres inférieurs	P45.
4.3.1.6.1 – Les contusions musculaires	p45.
4.3.1.6.2 – Fracture de fémur	p46.
4.3.1.6.3 – Entorse du genou	p46.
4.3.1.6.4 – Fracture du genou	p46.
4.3.1.6.5 – Fracture de jambe	p47.
4.3.1.6.6 – Entorse de la cheville	p47.

4.3.1.6.7 – Fracture de cheville	p47.
4.3.1.7 – Le polytraumatisme	p47.
4.3.2 – La rhabdomyolyse	p48.
CHAPITRE 2 : LES SECOURS EN PLONGÉE SPÉLÉOLOGIQUE	p49.
<u>1 – ORGANISATION DES SECOURS</u>	p50.
1.1 – Présentation du Secours Spéléo Français	p50.
1.2 – Principes de fonctionnement PSS	p50.
1.3 – Schéma de retransmission de l’alerte	p52.
1.4 – Organisation du commandement et rôles des intervenants	p53.
1.4.1 – Le préfet et les membres du corps préfectorale	p53.
1.4.2 – Le conseiller technique ou l’un de ses adjoints	p53.
1.4.3 – Le service départemental d’incendie et de secours	p53.
1.4.4 – Les spéléologues	p54.
1.4.5 – Le Service d’Aide Médicale d’Urgence	P54.
1.4.6 – Le Peloton de Gendarmerie de Haute Montagne	p55.
1.4.7 – La gendarmerie ou la police	p55.
1.4.8 – Les radio-amateurs	p55.
1.4.9 – La mairie	p55.
<u>2 – DÉROULEMENT DES SECOURS</u>	p55.
2.1 – L’assistance au blessé	p56.
2.2 – La conduite à tenir	p56.
2.2.1 – Protéger	p56.
2.2.2 – Secourir	p58.
2.2.3 – Alerter	p58.
2.3 – Le médecin et les difficultés rencontrées	p58.
2.3.1 – Caractères généraux	p59.
2.3.1.1 – Milieu isolé	p59.
2.3.1.2 – Milieu humide	p59.
2.3.1.3 – Milieu périlleux	p59.
2.3.2 – Intérêt de la médicalisation systématique	p59.
2.3.2.1 – L’examen	p60.
2.3.2.2 – Les gestes à réaliser	p61.
2.3.2.2.1 – Remplir et réchauffer	p61.
2.3.2.2.2 – L’analgésie	p61.
2.3.2.2.3 – La sédation	p62.
2.3.2.2.4 – La réanimation	p62.
2.3.2.2.5 – L’antibioprophylaxie	p62.
2.3.2.3 – Conditionnement du blessé	p63.
2.4 – Dotation de matériel médical pour les secours spéléo	p63.
2.5 – Moyens d’évacuation	p63.
2.5.1 – Secours aquatiques	p64.
2.5.1.1 – Caractéristiques	p64.
2.5.1.2 – Description	p64.
2.5.1.3 – Fonctionnement	p65.
2.5.1.4 – Progression	p65.

2.5.2 – Secours pédestres	p65.
<u>3 – INCIDENTS, ACCIDENTS ET INTERVENTIONS DE SECOURS</u>	p66.
CHAPITRE 3 : PRÉVENTION ET SUIVI DES PLONGEURS	p98.
<u>1 – LA PRÉVENTION : ACTION AU NIVEAU DES FACTEURS D’ACCIDENTS</u>	p99.
1.1 – La connaissance du matériel	p99.
1.1.1 – Avant l’exploration	p99.
1.1.2 – Pendant l’exploration	p101.
1.1.3 – Après l’exploration	p104.
1.2 – La connaissance du milieu	p104.
1.2.1 – Le débit et le courant	p104.
1.2.2 – La météorologie	p105.
1.2.3 – La topographie	p105.
1.2.4 – Les éboulements souterrains	p106.
1.2.5 – La ventilation et les gaz	p106.
1.2.6 – La visibilité	p107.
1.2.7 – Le froid et l’humidité	p107.
1.3 – La connaissance des règles de sécurité	p108.
1.3.1 – Avant chaque sortie	p108.
1.3.2 – La connaissance des techniques	p109.
1.3.2 – Progresser en sécurité	p109.
1.3.4 – La gestion des gaz	p110.
1.4 – La connaissance des autres	p110.
<u>2 – SUIVI DES PLONGEURS</u>	
2.1 – La connaissance de soi-même	p111.
2.1.1 – La préparation physique	p111.
2.1.2 – La préparation énergétique	p112.
2.1.3 – Visite médicale préalable	p112.
2.1.3.1 – Certificat médical d’aptitude	p113.
2.1.3.2 – Examen médical	p114.
2.1.3.3 – Aptitude à l’effort	p116.
2.1.4 – Contre-indications à la pratique de la plongée spéléo	p118.
2.1.4.1 – Contre-indications définitives	p118.
2.1.4.2 – Contre-indications temporaires	p120.
2.2 – Plongée et médicaments	p121.
2.3 – Les vaccinations du plongeur spéléologique	p123.
CONCLUSION	p125.
RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES	p127.
GLOSSAIRE DES ABRÉVIATIONS	p135.
ET SUR L’ILE DE LE RÉUNION	p136.

INTRODUCTION.

La France présente un grand nombre de cavités naturelles ou artificielles répertoriées. Ces cavités ont favorisé le développement de la spéléologie dans ses différentes dimensions.

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 oeuvre de techniques adaptées aux obstacles rencontrés: la plongée spéléologique en fait partie, et c'est toute l'aventure qui caractérise cette discipline réunissant deux mondes.

Elle connaît depuis quelques années un développement grandissant. Les explorations spéléologiques de longue distance, entrecoupées de passages inondés franchis en plongée, sont en constante augmentation, avec une croissance du nombre de plongeurs souterrains (110 en 1970, 250 en 1980, plus de 500 en 1999).

Cette activité souterraine se pratique au sein de structures associatives ou fédérales, car elle nécessite l'utilisation de matériels spécifiques souvent onéreux ainsi que de nombreuses règles techniques ce qui limite toutefois son accessibilité au plus grand nombre.

La pratique est extrêmement exigeante en termes de sécurité et d'autonomie. L'attention porte sur des facteurs aussi divers que les conditions météorologiques, l'état de l'équipement, le débit, la profondeur, la progression de l'équipe,...etc. La liste du matériel de toute plongée spéléologique reflète clairement l'imbrication de ces exigences.

La préparation requiert une bonne connaissance des techniques de spéléologie et de plongée. Connaître les lois physiques qui régissent la plongée, permettent de mieux comprendre les causes et les mécanismes. Une fois un incidents ou accidents détectés, il est primordiale de prendre les dispositions nécessaires afin de dispenser les premiers soins.

L'activité engendre des pathologies sévères, souvent source de décès. L'évolution en milieu aquatique est susceptible d'entraîner des noyades, des Accidents De Décompression (**ADD**), des barotraumatismes, des épuisements...etc. L'évolution en terrain accidenté avant et/ou après la plongée est aussi inévitablement accompagnée de son lot de traumatismes.

L'engagement fait de cette activité un sport où le risque est omniprésent. Les accidents d'ordre spéléologique sont des événements rares, mais la possibilité existe à tous les niveaux de la progression. Les risques inhérents à chaque activité se potentialisent. Si au début le pourcentage de mortalité était très important, il tend actuellement à nettement diminuer au profit de la morbidité.

Les accidents survenant sous terre engendrent des difficultés d'évacuation généralement considérables. La présence d'une succession d'obstacles (grands puits verticaux, rivières, galeries chaotiques, cascades, passages étroits,...) et les conditions propres aux grottes (éloignement, froid, humidité, crues, obscurité,...) implique en cas d'accidents ou d'incidents, la mise en place d'un secours approprié et une organisation et une coordination des secours spécifiques.

La plongée est une discipline qui demande des règles fondamentales de sécurité. Lors d'un secours de spéléo-plongée, il faut veiller à respecter ou faire respecter certaines de ses

règles. La première est la rapidité de mobiliser une équipe de plongeurs. Un plongeur porté disparu dans un siphon, n'est pas forcément décédé. Il peut être dans une poche exigue, avec de l'air allant en se raréfiant et il faut entamer des recherches dans les plus brefs délais.

L'expérience montre que les secours requièrent systématiquement une technicité particulière au milieu souterrain et, souvent, un grand nombre de personnes et de moyens adaptés pour ce type d'intervention dont la coordination doit être préparée. Il en résulte l'établissement d'un Plan de Secours Spécialisé (**PSS**) d'intervention en milieu souterrain pour chaque département karstique.

L'impossibilité d'extraire un blessé par un autre chemin que celui de l'exploration distingue le secours spéléologique des secours classiques. Du point de vue de la tactique d'organisation des secours et de la médecine d'urgence, force est de constater que l'accident spéléologique reste un défi. En effet, les améliorations enregistrées dans les situations d'urgence habituelles au niveau de l'alerte, au niveau des secours sur le site et au niveau des transports n'ont que peu touché le milieu souterrain.

Les contraintes du milieu, les difficultés de progression, les problèmes de communication sont autant de facteurs qui vont compliquer la prise en charge médicale des secours. Aussi, le médecin intervenant dans un secours en spéléologie doit toujours faire preuve d'une grande adaptabilité dans sa prise en charge médicale.

La médicalisation du secours en spéléologie ne s'improvise pas. Elle nécessite une adaptation de la médecine d'urgence extrahospitalière « traditionnelle » à l'environnement particulier qu'est la spéléologie : difficiles conditions d'accès à la victime, travail en ambiance froide et hygrométrie élevée. La particularité des secours en plongée spéléologique réside dans la spécificité des techniques de sauvetage et des moyens mis en œuvre. Compte tenu des problèmes de transmission de l'alerte, du délai pour atteindre le lieu de l'accident et de la durée importante des évacuations, la médicalisation du blessé est indispensable.

Connaître les causes, permet dans bien des cas d'éviter l'accident. La prévention est une notion primordiale en plongée spéléologique. Connaître les risques, détecter les signes préliminaires à un accident permettent de plongée dans des bonnes conditions de sécurité.



Grotte de la mescla, Tardy JC. (118).

CHAPITRE 1 : LA PLONGÉE SPÉLÉOLOGIQUE DESCRIPTION



Baume des Anges, Redoutey S. (118).

1 – PRÉSENTATION DU MILIEU SOUTTERRAIN (23) :

1.1 – Introduction (55) :

La France est l'un des berceaux de la spéléologie avec environ 15000 cavités naturelles. Certaines régions en sont pourvues plus que d'autres.

1.2 – Constitution du milieu naturelle (3, 18, 102, 115) :

Si voyager au centre de la terre reste un rêve fou de volcanologue, la plongée spéléologique offre une incursion dans des entrailles prodigieuses. C'est dans les massifs calcaires (Pyrénées, PréAlpes, Ardèche, Lozère, etc...) que l'on rencontre le plus grand nombre mais aussi les plus importantes cavités naturelles (80% de nos cavités sont développées dans le calcaire).

Cette roche compacte mais « soluble », ayant subi l'action physico-chimique de l'eau, comporte de nombreuses failles et diaclases, laissant aux eaux de précipitation la possibilité de tailler le massif. Les cavités sont creusées depuis la nuit des temps par: **érosion mécanique** (particules et galets emportés) et **érosion chimique** (eau de précipitation se chargeant de dioxyde de carbone (CO₂) en traversant la végétation et le sol).

Le système karstique se divise en 2 parties :

- le **réseau fossile** : ancien réseau actif déserté par l'eau au profit d'un autre système de galerie situé plus bas.
- le **réseau actif** : réseau où circulent les rivières souterraines avec risque de crue, soudaine et violente, lors de l'exploration de telles cavités.

1.3 – Facteurs d'agression du milieu (12, 102) :

Le monde karstique offre aux plongeurs un milieu particulier et auxquels il doit s'adapter. Les principales caractéristiques sont :

1.3.1 – La topographie souterraine (2, 18, 73, 99) :

La complexité de l'architecture souterraine aérienne et aquatique constitue un des principaux intérêts de cette activité. Si certains passages sont larges, hauts, profonds, d'autres sont étroits à type de méandres, diaclases, chatières, laminoirs, boîte aux lettres...

En plongée spéléologique la configuration du réseau permet de réaliser plusieurs types d'explorations :

- **Plongée en émergence ou en résurgence** : L'eau sort de la cavité pour donner naissance à un cours d'eau. L'exploration est aquatique (peu de techniques spéléo). Les limitations sont imposées soit par la profondeur soit par la distance atteinte. Des considérations topographiques (profil, étroitesse, turbidité...) peuvent aussi intervenir.
- **Plongée en multi siphon ou en fond de trou** : L'écoulement s'engage dans le siphon. L'exploration est conditionnée par la mise en oeuvre de techniques mixtes (plongée et spéléo). Les limites sont imposées par les difficultés de transport du matériel (spéléo porteurs), en relation avec la morphologie de la cavité. Avant ou après la plongée, le passage des puits verticaux nécessite du matériel, de l'organisation et une condition physique à toute épreuve.

Dans tous les cas, on s'engage « **sous plafond** » et donc, le cheminement parcouru à l'aller devra être suivi dans l'autre sens pour faire surface. Il est impossible, en cas de problème, de remonter verticalement vers l'air libre comme en mer. Pour ce motif, la cote de **30 mètres** est considérée comme le début de la « **profonde** » en souterraine.

1.3.2 – L'obscurité (83, 115) :

Le monde souterrain se caractérise par son absence totale de lumière. A quelques mètres de l'entrée, l'**obscurité** est **totale**. Ceci implique, autant pour l'explorateur que pour le sauveteur, l'emploi d'un éclairage autonome placé sur le casque. Le spéléologue utilise un **éclairage mixte** : à acétylène et électrique (en cas de panne, lors du passage de cascades et surtout en plongée spéléologique). Il va de soi, que l'absence de lumière rend toute progression impossible sans encourir de graves dangers. Les plongées se font donc éclairage allumé en permanence.

1.3.3 – Le silence :

Le silence règne dans le milieu subaquatique et souterrain. Dans certaines cavités, il est perturbé par le bruit d'un cours d'eau, d'une cascade ou d'une goutte d'eau donnant une résonance particulière. Ce silence est un des attraits de la plongée et de l'exploration souterraine, mais lié à l'obscurité, il peut entraîner une légère appréhension. Cette ambiance peut devenir oppressante et angoissante pour un plongeur bloqué seul derrière un siphon, augmentant la souffrance morale de ce dernier.

1.3.4 – La température de l'air (3, 73, 83, 99) :

La température des cavités varie suivant les régions, l'altitude, le type (actif ou fossile) et la morphologie du réseau. Celle-ci est la moyenne de la température annuelle à l'entrée. Elle subit de très faibles variations à partir d'une vingtaine de mètres sous terre. Tout séjour immobile sous terre est inconfortable si l'on est insuffisamment couvert. Les vêtements doivent assurer le confort thermique du plongeur et sa protection contre les coups et déchirures, tout en permettant une progression aisée tant en plongée qu'en spéléo.

On distingue 3 types de cavités :

- **tiède** : 8 à 13 degrés dans les Causses et dans l'Ardèche.
- **froide** : 6 à 8 degrés en Vercors et Chartreuse.
- **glacée** : 4 degrés dans les gouffres d'altitude.

1.3.5 – L'humidité (3, 83) :

L'état hygrométrique de l'air, dans une caverne, est saturé en vapeur d'eau et voisin de 100%. Lorsque l'on pratique la spéléologie, on est rapidement mouillé par la transpiration avec absence d'évaporation. Cette saturation élevée en eau va majorer les pertes caloriques et le coût énergétique de la lutte contre le froid. Elle entraîne également une diminution de l'hydratation par perte de la sensation de soif.

1.3.6 – La ventilation et les gaz (3, 89, 95, 97, 115) :

Les atmosphères confinées (enrichies en CO₂ et pauvres en oxygène (O₂)) ne sont pas exceptionnelles sous terre, et gênent parfois les explorateurs de certaines régions karstiques

(Lot, Ardèche). La circulation d'air entre l'extérieur et l'intérieur varie suivant les différences de densité ou de pression de l'air entre les différents orifices. Les cavités peuvent donc être source de courants d'air ou au contraire dans certaines régions l'air y est stagnant, avec des accumulations de gaz plus ou moins toxiques.

En plongée spéléologique, les problèmes particuliers concernent les cloches d'air. Elles sont de volumes réduits, isolées de l'extérieur, et plusieurs mécanismes peuvent aboutir à la modification de leur contenu par rapport à l'air normal : présence de matériaux organiques, transfert de gaz par l'eau. D'autres part, elles peuvent être soumises à des variations de pression importantes, ce qui peut créer des troubles physiologiques inattendus : manque d'O₂ par basse pression, intoxications diverses par des gaz en faible quantité lors de fortes pressions.

On définit le risque en fonction de la nature ou de la situation de la caverne. Les chances de rencontrer un ou des gaz toxiques sont majorées dans certains types de cavités :

- Les **grottes artificielles**, du fait de leur genèse, présentent souvent une mauvaise ventilation, étant mal reliées à l'ensemble du système atmosphérique karstique par absence de fissures naturelles. Elles sont de plus creusées pour la recherche d'un matériau (lignite, pyrite, fer) qui peut, au cours du temps, réagir avec l'air et dégager des toxiques et/ou consommer de l'O₂.
- Les **grottes** proches de **régions volcaniques** sont susceptibles de contenir du CO₂, monoxyde de carbone (**CO**), sulfure d'hydrogène (**H₂S**), Dioxyde de Soufre (**SO₂**), par émanations profondes.
- Les **cavités marines**, car l'eau de mer contient des sulfates qui pourraient dégager de l'H₂S lors de certaines réactions chimiques.
- Les cavités des **régions de plateau à couvert pédologique**, favorisant la production de gaz carbonique par la décomposition des végétaux. Ce gaz inodore, s'il est en trop grande quantité, peut devenir dangereux.
- Les **pertes actives** sont susceptibles d'entraîner sous terre de nombreux détritiques végétaux ou animaux qui par fermentation peuvent rendre l'air toxique en aval (CO₂, H₂S). Peuvent être considérées comme telles les **cavernes polluées**.
- L'accumulation de l'oxyde de carbone (CO) et des vapeurs nitreuses est provoquée par l'usage des explosifs associés à l'utilisation de moteurs thermiques, de pompes.
- Les **systèmes karstiques** développés dans du **gypse** (sulfate de calcium) pourraient dégager de l'H₂S.
- L'**atmosphère** des cavernes peut par ailleurs contenir de nombreux autres gaz parfois très **toxiques** : SO₂, ammoniac, méthane (**CH₄**), vapeurs d'hydrocarbures, acide cyanhydrique, chloropicrine...

1.3.7 – La présence d'eau (24, 115) :

En hydrologie un **cours d'eau** souterrain se **définit par** :

- **Sa température** : En spéléologie, elle est en général inférieure de quelques degrés par rapport à celle de l'air.
- **Sa visibilité** : Elle est un élément déterminant quant aux vitesses de progression et doit être prise en compte. Variable selon les siphons, elle peut être acceptable lors de plongée en source ou résurgence, totalement réduite en plongée profonde ou en fond de trou.
- **Son débit** : Il correspond à la quantité d'eau qui passe à travers une section. Le débit de l'eau dans une cavité peut varier très rapidement en fonction des perturbations

atmosphériques, formant des crues et obstruant ainsi la porte de sortie. C'est un des paramètres majeurs pouvant changer complètement la difficulté d'une exploration.

- **Son courant et son encombrement** : L'eau, même en faible quantité, peut développer une force importante dans des passages particuliers comme des cascades et les étroitures. Les risques découlent de l'ignorance de la force du courant.
- Les parois, les remplissages et le sol de la galerie recèlent d'éléments de repère qui signalent le **sens de l'écoulement** :
 - La cupule d'érosion ou coup de gouge est une forme rocheuse concave, comparable à une cuillère avec une pente douce dans le sens du courant et verticale dans le sens inverse.
 - Les ripple-marks ou rides de courants sont des dunes sculptées dans le sable. La partie où la pente est la plus douce indique l'amont, la partie abrupte l'aval.
 - Granulométrie en aval des blocs, l'obstacle générant des contre-courants postérieurs où les sédiments se déposent. Dans le sens du courant, ils sont déposés des plus grossiers aux plus fins (blocs, galets, graviers, sable, limon).

1.3.8 – La pollution (73) :

La qualité de l'eau est variable. Le calcaire est une roche perméable et toute matière qui s'infiltré dans le karst y transite, se retrouvant inmanquablement dans les résurgences. Il en résulte que même si elles sont limpides, elles peuvent être en fait de véritable « bouillon de culture » : engrais agricoles, résidus industriels, pesticides, abandon de cadavres d'animaux...etc.

Dans ce contexte, la désinfection des plaies, la prévention par une antibioprofylaxie et la séroprohylaxie du tétanos est importante. De même lors d'expéditions de plusieurs jours, les lois physiologiques de la plongée et de la décompression générant une incontournable consommation de liquide, une désinfection des eaux de boisson peut s'avérer nécessaire (MICROPUR® ou HYDROCONAZOLE® : 1 comprimé par litre d'eau).

2 – HISTORIQUE : (102)

2.1 – Historique de la plongée spéléologique (2, 56) :

La plongée souterraine française a vu le jour en **1878** lorsque le scaphandrier Ottonelli s'est enfoncé dans la fontaine de Vaucluse où il a atteint une profondeur de **23 mètres**.

Après la Seconde Guerre Mondiale, l'emploi du scaphandre autonome devient classique pour une élite. Le Groupe de Recherches Sous-marines de Toulon puis G. de Lavaur de Laboise s'aventurent dans les zones d'entrée de quelques résurgences, parfois jusqu'à - **40 ou - 60 m** (Vaucluse, Chartreux, Saint-Georges).

Leurs incursions demeurent timides, mais il s'agit là d'oeuvres de pionniers, dans un univers nouveau, avec des moyens restreints. L'équipement est issu directement de la plongée subaquatique en mer et demeure peu adapté aux exigences du milieu souterrain.

Dans les années **1950**, M. Letrône et le « Clan des Tritons Lyonnais » mettent au point un matériel et des techniques spécifiques aux siphons (bi-monobouteilles, dévidoir, éclairage étanche..). Leur mérite est d'avoir systématisé une méthode d'exploration qui fera école durant plus de 20 ans.

Dés les **années 60 et 70**, la spéléo-plongée s'affirme comme moyen d'exploration du monde souterrain. L'ampleur des siphons explorés s'accroît considérablement : des longueurs de 200 ou 300 m, des profondeurs de 20 à 50 m ne sont plus rares. Le matériel a gagné en fiabilité, le siphon est démystifié et l'explorateur utilise plus rationnellement la réserve d'air dont il dispose.

Cette époque correspond à la structuration de l'activité au plan national. La Commission « plongée » est créée au sein de la Fédération Française de Spéléologie (**FFS**) en **1970** avec J.-C. Frachon. Sous l'impulsion de la Commission, l'information et la formation des plongeurs se développent par la création de stages, augmentant la sécurité.

Le nombre des pratiquants se multiplie. Il quintuple en 10 ans. Les résultats les plus spectaculaires sont enregistrés dans l'exploration de réseaux exondés post-siphon. Ce sont désormais des spéléologues qui pratiquent la plongée et non plus des plongeurs qui s'aventurent sous terre.

Les distances parcourues en siphon s'accroissent notablement et dépassent parfois le kilomètre. On voit se multiplier les plongées très éloignées des entrées de cavités, notamment en fond de gouffres (Gouffre Berger (Isère) à - **1122** (J. Dubois et B. Léger en **1968**)).

Les années **1980** voient se développer un véritable engouement. Le matériel employé est de plus en plus sophistiqué (mélanges gazeux). Les profondeurs atteintes sont colossales. La plongée en fond de gouffre devient courante, voire banale, après celle de P. Penez à - **1455** au gouffre Jean-Bernard (Haute-Savoie).

Un accord entre la FFS et la Fédération Française d'Etudes et de Sports Sous Marins (**FFESSM**) est signé en **1991**, reconnaissant la valeur des brevets d'initiateurs et de moniteurs de plongée souterraine. Une nouvelle panoplie de matériel est mise au point : vêtements secs, éclairage halogène, bouteilles de fort volume à 300b, véhicules de propulsion,...etc. La complexité de cet équipement réserve, à quelques techniciens de haut niveau, les plongées de longue distance. Citons :

- B. Léger à la Bourne (Drôme) sur **2220 m** en 7 siphons dont un dépasse 1880 m.
- J. Hasenmayer au Ressel (Lot) sur **2380 m**, dont 1700 m entre -40 et -70 m.
- O. Isler à la Doux de Coly (Lot), sur **3100 m** à - 50 m en moyenne.

D'une simple technique spéléologique visant à franchir un obstacle noyé, qu'on espérait le plus court possible, la spéléo-plongée est devenue une discipline en soi, où la durée se compte désormais en heures. On flirte de plus en plus avec le kilomètre de longueur et les 100m de profondeur.

2.2 – Historique des secours spéléologiques (83) :

Avant **1950**, les secours n'ont pas d'organisation propre. Ils sont réalisés par les spéléologues et autres personnes présentes sur les lieux.

Citons quelques exemples célèbres :

- En **1894**, en Autriche, sept spéléologues sont bloqués par une crue. Après l'envoi, de caisses étanches remplies de vivres, dans le cours d'eau qui se jette dans le gouffre, les victimes ressortirent indemnes après huit jours d'attente.

- En **1925**, en Italie, huit membre d'une équipe sont secourus à -190m, lors d'une crue, mais deux victimes périront emportées par le courant.
- Le 11 novembre **1950**, accident du trou de la Creuse (Jura), huit spéléologues disparaissent dans une crue. Il n'y a pas de spéléologues disponibles pour leur porter secours, et aucun des sapeurs-pompiers n'a de compétences suffisantes dans ce domaine précis.

En **1951**, les premières équipes de secours sont constituées avec organisation des dépôts de matériel.

En **1952**, premier secours médicalisé à la Pierre Saint Martin.

En **1959**, naissance de l'école Française de Spéléologie.

En **1963**, a lieu un secours de grande ampleurs en moyens et en durée à la goule de Foussoubie, avec deux spéléologues noyés. La FFS est créée la même année.

En **1977**, la FFS crée une commission : le Spéléo- Secours Français (**SSF**).

En **1978**, la première convention nationale d'assistance mutuelle avec le ministère de l'intérieur est signée. En effet, parmi toutes les fédérations sportives, la FFS est la seule à assurer, en collaboration avec les corps constitués, les sauvetages liés à son activité. Elle sera révisée en 1985 puis en 2003.

En **1979**, à l'instigation de la FFS, naissance de la CoMED (Commission médicale). Apparaît le concept de médicalisation systématique.

Depuis cette période, les Spéléo-secours s'organisent pour avoir à leur disposition dans différents départements karstiques des médecins opérationnels. L'implication des Service d'Aide Médicale Urgente (**SAMU**) dans les opérations souterraines varie d'un département à l'autre. Le SSF et la CoMED de la FFS organisent des stages plongés aux cours desquels sont envisagé le conditionnement et l'évacuation des victimes.

3 – EQUIPEMENT ET MATÉRIEL. (11, 55, 99)

La sécurité passe par la qualité et le choix judicieux du matériel. En raison de l'extrême variété des situations possibles, il n'existe pas une liste type de matériel spécifique. On peut cependant dégager certains standards.

Aucune cavité n'est à prendre à la légère, rien ne doit être laissé au hasard. Il est nécessaire de s'équiper correctement pour progresser et pour parer à toute situation imprévue.

Le rapport poids/efficacité est l'éternel dilemme. Il ne faut pas brader la sécurité pour quelques kilos en moins.

En premier lieu le matériel doit être :

- **modulaire** pour rester transportable.
- **adaptable** en fonction des contraintes de chaque situation.
- **robuste** et fiable pour résister aux aléas du transport.

3.1 – Equipement personnel :

3.1.1 – De protection aquatique et terrestre (62, 63, 68) :

Le casque est indispensable et doit répondre aux normes en vigueur. Son rôle est de protéger contre les chocs et de servir de support à l'éclairage (faisceau orienté dans la direction du regard). Il doit être ajusté à la forme de la tête, la mousse qui rembourre certains casques s'écrasant avec la pression, modifie le réglage de la taille en profondeur (bascule du casque sur le masque). La jugulaire doit être aisément manipulable (ouverture / fermeture), le port du casque pouvant poser des problèmes pour la mise en place et la vidange de masque. Il doit présenter des ouvertures dans la coque afin de ne doit pas piéger l'air.

L'éclairage est solidaire du casque et laisse les mains libres.

- Deux sources d'électricités produites par piles, au minimum doublé, chacune des lampes puissantes (20 à 50 watts) étant indépendantes et ayant une capacité supérieure à la durée de la plongée. Favoriser les interrupteurs manipulables d'une main et facilement accessibles.
- L'acétylène obtenue par l'action de l'eau sur du carbure de calcium en spéléologie standard post siphon.

Le masque possède des bossages de compensation. Il est placé sous le casque pour être protégé, ne pas bouger et risquer de prendre l'eau suite à un déplacement en cas de choc.

La combinaison humide (2, 65) est la plus employée. Elle doit être bien ajustée au corps. Utiliser de préférences un modèle deux pièces : pantalon-salopette et veste à cagoule (déshabillage partiel lors des portages et post-siphon). En fonction du type de plongée (multi-siphons, progression sur corde post-siphon, température de l'eau, durée du séjour sous terre...etc.) on jongle avec le type de vêtement (néoprène refendu, néoprène titanium) et son épaisseur (5 à 6 mm, doublés jersey). Eviter les fermetures à glissière, souvent fragiles.

L'idée maîtresse des vêtements humides est de laisser s'interposer entre la peau et le milieu ambiant, une couche d'eau, qui jouera le rôle d'une couche limite. Cette couche sera réchauffée par le pratiquant lui-même. Le problème revient à empêcher cette eau de se refroidir. L'isolement peut être réalisé avec divers matériaux. Le plus utilisé est, un caoutchouc rempli de bulles d'air : le néoprène alvéolé. Plus le néoprène (et donc la couche d'air) est épais (gênant les mouvements), plus grand est le pouvoir isolant. En pression, les bulles gazeuses vont être comprimées, et le pouvoir isolant du vêtement va diminuer. L'idéal est de trouver un bon compromis isolation / souplesse, approprié à sa pratique.

La combinaison étanche, volumes constants (ou compensés) (2, 65), tout est possible en la matière : toile, néoprène ou néoprène pré comprimé, fermetures tour de cou ou épaule-épaule ou épaule-hanche, manchon et collerette en latex ou néoprène. Il est impossible de préconiser un type de vêtement idéal, dans la mesure où la température des siphons français varie de 4 à 18° C et qu'il existe autant de possibilités diverses d'utilisation que de cavités.

L'idée maîtresse des vêtements secs est d'interposer entre la peau et le milieu ambiant, une couche gazeuse isolante. Pour être efficaces, il est indispensable qu'il n'y ait pas d'eau dans l'habit, et donc, que celui-ci soit parfaitement étanche. Pour améliorer l'isolement, le sujet porte des sous-vêtements, qui interposent une couche de gaz encore plus importante.

Lors de la compression, les gaz contenus dans l'habit sont comprimés, et le vêtement vient se plaquer sur la peau, créant des « ponts thermiques » au niveau desquels les échanges caloriques intenses entre la peau et le vêtement se font par conduction. Pour les éviter, il faut maintenir le volume constant de l'habit. Il faut le doter d'une source de gaz, d'un détendeur qui va admettre le gaz en fonction de la pression, et de soupapes de fuites lors de la remontée.

On retiendra :

- Rarement utilisable en siphon, leur emploi est délicat. Les vêtements en toile sont plus appropriés à la progression entre les siphons (plus souples).
- Efficacité lors des plongées longues et profondes.
- Doit répondre à des critères de sécurité : Etanchéité parfaite, double système d'inflateur facile d'accès et de manipulation, système de purge n'imposant pas de mouvement intempestif.

Une paire de gants est utile pour résister aux agressions physiques et mécaniques en progression terrestre et préserve du froid en progression aquatique. Les gants en néoprène sont chauds, mais réduisent le sens tactile (nœuds, etc...).

Les chaussons isothermes (néo de 5 à 6 mm, avec jersey intérieur et extérieur) sont indispensables en eau froide. Les bottillons doivent être choisies de telle façon qu'on puisse les conserver à l'intérieur des chaussures (accès au siphon et exploration post siphon).

Les sous-vêtements (2) s'enfilent au contact direct de la peau, recouvrent tout le corps et doivent préserver du froid. Humides ou mouillés, ils doivent conserver leur propriété isolante et sécher rapidement.

La sur combinaison protège le spéléologue de l'argile, des frottements et évite l'usure prématurées des sous-vêtements. Elle doit être d'une seule pièce et lisse pour faciliter la progression dans les passages étroits et ne pas s'accrocher aux aspérités de la roche. En plongée, la durée de vie de la combinaison humide sera considérablement accrue si on lui associe cette sur combinaison toilée, mais il faut faire attention au lestage, ce survêtement emprisonnant de nombreuses poches d'air.

Un instrument tranchant (sécateur préférable au couteau) (116) : facilement accessible sur la combinaison ou au cuissard, même en mauvaise posture (ficelé, coincé dans une étroiture), il permet le dégagement de soi même ou d'un coéquipier. Il doit être imperdable et manipulable d'une seule main. Il doit pouvoir couper un fil détendu, de la corde ou de la cablette. Quelques plongeurs utilisent des fils d'Ariane métalliques. Il est prudent de se munir de pinces coupantes en cas de visite d'un siphon exploré par ces derniers.

Une couverture de survie permet d'isoler du froid un blessé ou de se réchauffer lors de poses prolongées.

Un bidon ou sac étanche protège de l'eau les vivres, les vêtements secs, la pharmacie... Une seule protection n'étant plus toujours efficace après plusieurs manipulations, il est parfois utile de combiner les deux systèmes. Pour des profondeurs supérieures à 10 mètres il est nécessaire d'envisager la confection de containers étanches en PVC ou inox.

3.1.2 – De progression aquatique (62, 63, 68, 76) :

Le scaphandre (2) est composé, au minimum, de deux bouteilles indépendantes (robinetteries séparées ou isolables), munies chacune d'un détendeur et d'un manomètre mesurant la pression restant dans la bouteille. C'est un élément fondamental de la sécurité en siphon. Les blocs sont de capacité identique pour assurer une assiette correcte et simplifier la gestion de l'autonomie en gaz.

Il est parfois intéressant de pouvoir utiliser toute la capacité contenue dans une bouteille, même en cas d'incidents sur un détendeur. Il existe à cette fin des blocs bi-bouteilles à double sortie, pour deux détendeurs. Toutefois, leur poids et leur encombrement excessifs rendent leur transport difficile en grotte, pour les plongées éloignées de la surface.

Aussi on peut leur préférer des « bi-monos », c'est-à-dire deux blocs monos couplés, mais sans robinetterie commune. Ces blocs seront séparés pour le transport, et couplés au bord du siphon. Tous les systèmes sont permis : cerclages acier, harnais latéraux, autres (kit-bags, sangles à tendeurs...).

On s'équipera de préférence avec des robinets DIN (joint protégé des intrusions de sable ou d'argile). Selon le modèle de robinet utilisé, des arceaux de protection contre les chocs (portages, progressions post-siphon) et les fermetures inopinées (lors du frottement du volant du robinet contre un plafond ou une paroi) complètent utilement le scaphandre.

Détendeur : Le plongeur spéléologue dispose de deux détendeurs distincts, pour pallier à toute avarie. Il choisira de préférence des détendeurs à deux étages, moins encombrants et moins fragiles que ceux à un étage. Les modèles avec premier étage à membrane supportent généralement mieux la plongée en eaux chargées que ceux à piston (pas de joint qui travaille dans le sable ou l'argile).

Un élément de sécurité fondamental est l'utilisation d'un manomètre de contrôle de pression pendant la plongée. Il faut donc choisir des détendeurs possédant une sortie haute pression supplémentaire sur le premier étage. Ces détendeurs possèdent généralement deux autres sorties moyenne pression, permettant le branchement d'accessoires (gonflage de la bouée ou du volume constant).

Un autre facteur à considérer est le confort de la respiration, notamment à grande profondeur. Les amateurs de plongée profonde choisiront donc un modèle compensé à débit d'inspiration réglable.

Les manomètres équipent impérativement chaque bouteille. Ils doivent être accessibles aisément, sans avoir à chercher, car ils sont régulièrement consultés. Ils demeurent près du corps pour ne pas pendouiller et s'accrocher partout.

Le recycleur (6, 60, 67, 74) est un appareil de plongée, offrant une plus grande autonomie à l'utilisateur. Il en existe 3 types et tous ont des éléments en commun. La conception commence par **une boucle respiratoire** équipée d'un **embout** qui permet au plongeur de respirer dans un sac souple se comportant comme un **faux poumon**. La boucle respiratoire inclut un absorbant (chaux) qui récupère et élimine le CO₂ du gaz expiré. L'O₂ de la boucle respiratoire étant consommé par le métabolisme du plongeur, le recycleur est pourvu d'un dispositif permettant d'injecter de l'O₂ dans la boucle. Pour empêcher le plongeur de

respirer le gaz qu'il vient juste d'expirer, le recycleur est équipé de soupapes amont et avale positionnées de chaque côté de l'embout (le gaz inspiré ne peut venir que d'une seule direction et le gaz expiré ne peut se rendre que dans la direction opposée). La vanne de fermeture de l'embout permet d'empêcher l'eau d'inonder la boucle respiratoire en cas de retrait de l'embout en plongée.

La différence entre les 3 types est la manière d'ajout du gaz dans la boucle respiratoire, et le contrôle de la concentration en O₂ dans le gaz respiré :

- Le **recycleur oxygène** est le système le plus simple. Constitué des éléments de base décrits plus haut, avec en alimentation une bouteille d'O₂ pur pour compenser l'O₂ consommé par le plongeur. Il ne demande pas un système élaboré de contrôle d'O₂ mais sont très limités dans leurs possibilités du fait de la toxicité de l'O₂ qui s'avère dangereux au-delà d'une profondeur de 6 mètres.
- Le **recycleur semi-fermé** utilise un mélange de gaz autre que le seul O₂ pur. Il permet au plongeur de descendre à des profondeurs plus importantes sans risque important de toxicité liée à l'O₂. 2 systèmes :
 - **Actif** : Le gaz est injecté dans la boucle respiratoire à un débit massique constant.
 - **Passif** : Le taux d'injection du gaz est calqué sur la fréquence respiratoire.
- Le **recycleur à circuit fermé** comporte deux différences :
 - Il dispose de 2 sources de gaz indépendantes. L'une contient de l'O₂ pur, injecté dans la boucle pour remplacer l'O₂ consommé. L'autre source de gaz est appelée le diluant. Il est habituellement composé d'air comprimé ou d'un mélange comme le Nitrox (O₂ / azote (N₂)), l'héliox (hélium / O₂), le néox (néon / O₂) ou le trimix (hélium / N₂ / O₂). Cette source de gaz est utilisée pour maintenir un volume dans le système lors d'évolutions à des profondeurs où le volume de gaz dans la boucle se trouve comprimé. Le diluant contient assez d'O₂ pour être respiré directement à la profondeur d'évolution à partir d'un détendeur. Dans certains recycleurs, le diluant est utilisé comme source de gaz de secours en circuit ouvert en cas de dysfonctionnement de l'appareil.
 - Il maintient une Pression Partielle (PpO₂) relativement constante en intégrant des capteurs électroniques qui surveillent la concentration d'O₂ dans le gaz respiré.

Le système d'équilibrage (bouée ou gilet) est utile, chaque fois que les conditions de la plongée l'exigent. Il s'agit de brassières souples gonflables permettant un équilibre parfait de la flottabilité (indispensable en cas de transport de matériel lourd) et une remontée facile en cas de plongée profonde. Les gilets sont gonflés par de l'air comprimé prélevé soit sur le scaphandre, soit sur une bouteille indépendante rechargeable. Le gonflage et le dégonflage peuvent être modulés et se répéter plusieurs fois. Il peut être redondant lorsque la configuration matérielle (scaphandres lourds) ou la cavité (pleine eau, puits) l'imposent. Les gilets ou "stabs" ont l'avantage d'un meilleur confort, d'une flottabilité plus importante et mieux répartie. Leurs inconvénients : encombrement, risque d'accrochage, difficultés à décapeler, manœuvre délicate.

La ceinture plombée permet de pouvoir ajuster son lestage, en cas de transport de matériel, même en l'absence de bouée. Elle se justifie pour attacher des plombs, les batteries d'éclairage, le dévidoir de secours et d'autres ustensiles. De plus il faudra, souvent disposer de plomb de largage pour lester le fil d'Ariane dans certains passages. A cet effet, il est

souhaitable d'adopter un système d'accrochage rapide des plombs sur la ceinture. Une astuce consiste à adapter les plombs sur le baudrier d'assurance, utilisable derrière le siphon. Certains harnais « tek », généreusement garnis de poches et de crochets, permettent de s'en dispenser.

Les palmes : le franchissement d'un siphon n'est par une course de vitesse. Aussi la qualité hydrodynamique des palmes est-elle secondaire, sauf pour les siphons très longs. On les choisit en fonction de leur solidité, de leur encombrement, et surtout de leur mode de fixation sur le pied (talon chaussant avec sangle de réglage). Le chausson doit être assez large pour s'enfiler sur les bottillons du vêtement étanche ou les chaussures pour les approches ou la progression post-siphon.

Le dévidoir (2, 81) sert à l'équipement de la galerie en progression, mais aussi au déséquipement, ainsi qu'aux manœuvres de démêlage et de recherche de fil perdu en cas de problème sur un fil déjà en place.

Au vu du panel de tâches à effectuer, il existe plusieurs modèles pouvant être mis en œuvre :

- **Dévidoir de secours** : Il est indispensable que le plongeur soit muni d'un minimum de fil (de 50 à 100 m), pour permettre une recherche méthodique en cas de perte ou de rupture du fil principal. Il permet l'exploration de galeries annexes.
- **Dévidoir de progression** : Il sert à l'équipement du siphon et au déséquipement lorsque c'est nécessaire. Il contient 150m de fil décamètre avec des repères tactiles indiquant la sortie. Il fait partie du matériel personnel, toujours accroché au plongeur.
- **Dévidoir de travail** : De grande capacité (environ 500 mètres). Il sert à ré-équiper ou à nettoyer le siphon et doit pouvoir « englober » plusieurs fils de diamètres variés, des nœuds, des étiquettes souples ou rigides, des élastiques.

Le fil d'Ariane (81) constitue paradoxalement l'une des premières causes d'accidents. Il est utilisé de façon systématique pour s'orienter, même si l'eau semble d'abord très claire, car il reste le guide du plongeur et sa sauvegarde (la boue et les alluvions mi en suspension par le passage du plongeur troublent l'eau et la visibilité). Il s'agit de fil de nylon de 2 ou 3 mm de diamètre, bien visible, marqué de façon à indiquer la distance parcourue et la direction de la sortie. Il doit être facile à couper, tout en résistant suffisamment à la traction et à l'abrasion. Une fois installé, sa durée de vie est très variable selon les cavités, les conditions (crues) et surtout la qualité de l'équipement réalisé.

Les Anneaux élastiques (ou « caouèches ») sont découpés dans des chambres à air d'automobiles. Utiles pour accrocher le fil d'Ariane sur les amarrages naturels et pour une multitude d'autres usages (disposition du matériel, ... etc.).

Le compas est indispensable pour s'orienter dans une galerie. Il permet de prendre son cap au cours de la progression aller et d'avoir une idée de la direction du retour, en cas de perte du fil. Une astuce consiste à le porter sur le dos de la main.

La montre et le profondimètre sont les instruments nécessaires au contrôle de la plongée. Si en plongée pure on peut se contenter d'un timer, il est indispensable d'emporter l'heure du dehors derrière les siphons. Choisir de préférence un modèle anti-chocs. Dans certains cas (petits siphons en fond de trou ou post-siphon à fort dénivelé) une montre-profondimètre-altimètre pourra fournir des indications utiles. Il convient d'avoir deux

instruments différents pour la mesure du temps et deux pour la mesure de la profondeur. L'idéal pour les plongées avec décompression : une montre (temps), un ordinateur de plongée (temps, profondeur et temps de palier) et un profondimètre électronique (temps et profondeur) avec un jeu de tables.

Les tables de plongée (2) utilisées sont celles du Ministère du Travail version 1992 (MT92), de la COMEX ou de l'US Navy pour les temps-profondeurs non pris en compte par le Ministère du Travail (temps dans l'eau > 3 heures ou profondeur > 60 mètres). Elles permettent des plongées difficiles où le froid, les efforts fournis sont importants, et proposent des paliers à l'O₂. Selon les profils de plongée, elles viennent en complément de l'ordinateur. La démocratisation des plongées aux mélanges (nitrox, trimix), associée au développement des ordinateurs multi-gaz a considérablement remis en cause l'usage de ces tables.

Ardoise individuelle : Le modèle au poignet permet de communiquer, prendre des notes, sans avoir à aller fouiller dans une poche.

Le scooter (74, 113) : il en existe deux sortes :

- Le **scooter chevauché**, où le plongeur fait corps avec la machine. La propulsion se fait derrière ce dernier. Il a l'inconvénient d'être peu maniable, délicat à enfourcher et ne convient pas aux passages bas.
- Le **scooter tractés**. Il est maniable, compact et toujours reliés au plongeur par une longe. Cette dernière permet de piloter le scooter d'une seule main et de soulager les bras. Il a l'inconvénient d'avoir une propulsion se faisant sous le plongeur. Son efficacité est très réglage et positionnement dépendant (la longueur de la longe doit être adaptée à la morphologie du plongeur). L'attache sur un harnais est indispensable.

Les scooters ont plusieurs intérêts en plongée spéléologique :

- Ils augmentent la vitesse de déplacement du plongeur par deux. On table sur 30 à 50 m/mn, selon l'appareil utilisé, l'équipement transporté et la visibilité. Le temps de plongée est raccourci et, par voie de conséquence, le temps de décompression encore plus.
- Ils diminuent les efforts du plongeur et donc la consommation (environ 15l/min au lieu de 25 l/min à la palme). Pour les plongeurs équipés de recycleurs la diminution des efforts est très bénéfique, voir indispensable en profondeur (maîtrise de la PpO₂ et de la PpCO₂).

3.1.3 – De progression terrestre (116) :

Un harnais : réglable en taille, cuisses et torse, il doit supporter le poids du spéléologue, assurant la sécurité tout en permettant le confort.

Un descendeur plaquette : c'est le système le plus utilisé bien qu'il en existe d'autres (en huit). Il est relié au baudrier par un mousqueton équipé d'une bague de sécurité. Il permet de descendre sur la corde et de choisir sa vitesse de descente.

La longe double : formée de deux brins, de longueurs différentes de 20 à 30 cm, elle est attachée au baudrier. Facilement manoeuvrable bras tendu et pendu dans le baudrier, elle permet de s'assurer à deux points d'ancrage.

Une poignée « **jumar** », un **bloqueur de torse, de cheville** : appareillages permettant de remonter sur la corde en couissant dans un sens et en bloquant dans l'autre.

Une pédale : cordelette reliée à la poignée « jumar » et passant autour du pied, permettant de prendre appui sur la jambe lors de la remontée sur corde.

Les chaussures doivent permettre le palmage et la progression en spéléo (rivière, boue, escalade, jumars, échelle...). Les impératifs sont donc :

- Tenue du pied, sans gêner le palmage.
- Semelle bien net pour augmenter l'adhérence tous terrains.
- Laisser sortir l'eau mais pas entrer les cailloux.
- Permettre une marche souple et associer la robustesse.

Le sac à dos : son volume doit être adapté au type de portage à effectuer dans la cavité. Les modèles de sacs spéléologiques sont fabriqués avec un matériau résistant à l'abrasion. Ils doivent pouvoir se vider de l'eau rapidement. Les sacs à fond rond sont bien adaptés au transport du matériel de plongée (bouteilles et bidons étanches).

Les mousquetons sont irremplaçables pour accrocher tout ustensile. Les modèles sans virole ni ergot facilitent les manipulations. Attention, ils peuvent s'ouvrir tout seuls et emprisonner des éléments (boucles, sangles diverses, fil d'Ariane...etc.) à l'insu du plongeur.

3.2 – Matériel collectif (116) :

La corde spéléo est une corde statique très résistante à l'abrasion. La longueur des cordes est choisie en fonction de la hauteur des puits et le diamètre en fonction des frottements.

Tamponnoir, marteau, clefs, maillons rapides, chevilles autoforeuses sont les outils indispensables à l'**équipement** d'un puit.

Le **matériel nautique** (canots...) est employé pour la progression en rivière. Il permet d'alléger les charges pour qu'elles flottent.

Le **Couchage** : Il en existe deux possibilités, au sol et le hamac.

Posséder tout ce matériel en plongée spéléo est une bonne chose, encore faut-il savoir l'utiliser à bon escient. L'ensemble n'est pas forcément nécessaire pour chaque exploration, tout dépend de la configuration et de l'équipement de la cavité.

3.3 – Les mélanges gazeux en plongée (30, 74, 76, 117) :

En plongée souterraine, l'utilisation des mélanges gazeux, qui est de plus en plus répandue. Le fût de toute bouteille doit comporter une étiquette indélébile indiquant clairement la nature du gaz contenu. Celle-ci doit être lisible sous l'eau même lorsque la bouteille est équipée (détendeur, cerclage, flotteurs...).

La composition de l'air est en effet la suivante : O₂ 21%, N₂ 78,8%, Gaz carbonique 0,03%, et gaz rares. En utilisant les mélanges, on cherche à diminuer la teneur en N₂ du mélange respiré, dans le but d'explorer des profondeurs plus élevées (-100 m et au-delà).

Trois types de mélanges sont souvent utilisés. La plongée à l'air comprimé expose à un risque de narcose à l'azote (gaz inerte de l'air, développant une action néfaste à l'égard du Système Nerveux Central (SNC) dès -30 m, nommée « ivresse des profondeurs », qui associe troubles du comportement et incoordination motrice).

Le **Nitrox** : ce terme est la contraction anglaise de « nitrogen » et de « oxygen ». Il désigne un mélange enrichi en O₂ (dont le pourcentage est variable mais supérieur à 21%) et contenant moins de 78,8% de N₂.

Ses avantages sont :

- Un seuil théorique de narcose repoussé.
- Une augmentation du temps de plongée.
- Des temps de décompression plus faibles.

Ses inconvénients : L'organisme ne tolère pas de PpO₂ > à 1,7 bars en plongée (la PpO₂ inspirée par le plongeur est le produit du taux d'O₂ par la pression ambiante). Au-delà, le plongeur s'expose à l'hyperoxie (atteinte du SNC par l'O₂ entraînant perte de connaissance ou crise convulsives), et par-là même à la noyade. Il s'agit là du risque majeur lié à l'utilisation du mélange Nitrox.

Le **Trimix** : il s'agit d'un mélange ternaire composé d'hélium, d'O₂ et d'N₂. Il est utilisé pour plonger au-delà de -50 m. Le principe consiste à diluer l'azote avec de l'hélium. Ce gaz diluant, de part son bas poids moléculaire, améliore les performances ventilatoires en grande profondeur et atténue le phénomène narcotique de l'azote. Chaque mélange Trimix préparé par le plongeur contiendra des proportions variables d'O₂ et d'N₂. Ainsi en fonction de son taux d'O₂, à chaque mélange Trimix correspond une profondeur limite maximale (risque d'hyperoxie) et, si le pourcentage d'O₂ est inférieur à 17%, une profondeur minimale (risque d'hypoxie), qui détermine sa zone d'utilisation.

L'**Heliox** : il s'agit d'associer l'O₂ avec de l'hélium ; en supprimant totalement l'azote, on pourra ainsi entreprendre des plongées à très grande profondeur. Les troubles décrits à ces profondeurs sont réunis en Syndrome Nerveux des Hautes Pressions (**SNHP**), syndrome caractérisé entre autres par des tremblements, des myoclonies qui s'intensifient avec la profondeur. Ce mélange reste peu utilisé du fait du coût de l'hélium et de son maniement complexe.

4 – PROBLÈMES POSÉS PAR L'EXPLORATION EN PLONGÉE SPÉLÉO. (55)

La plongée spéléologique génère une **pathologie** nécessitant une prise en charge à l'évacuation **nouvelle**, regroupant :

- Les **traumatismes** liés à toutes les activités en milieu naturel.
- Les **accidents** des pratiques **sub-aquatiques** : ADD, barotraumatisme, noyade.
- Les conséquences d'une activité prolongée dans des **sites difficilement accessibles** : hypothermie, épuisement.

4.1 – Problèmes mixtes :

4.1.1 – Stress (29) :

Le stress est une réaction biologique, physiologique et psychologique de l'organisme face à une agression ou par extension face à une situation inhabituelle. De par le milieu, la plongée spéléologique est incontestablement génératrice de stress. L'importance de l'agent stressant module l'intensité de la réponse et des excitations sensorielles provoquent des réactions d'adaptation de la part du SNC. Il y a formation d'émotions avec augmentation des sécrétions d'adrénaline, augmentation du niveau de veille, accélération du rythme cardiaque et respiratoire. C'est un processus qui correspond à deux réactions programmées : la fuite ou le combat. La fuite en plongée est extériorisée par des difficultés d'adaptation aux problèmes rencontrés qui aboutissent à une diminution des performances et dans les cas extrêmes à des cas de panique. Reste à faire front calmement et à trouver la solution adaptée à chacun des problèmes.

4.1.2 – Thermorégulation (55, 76, 61) :

En plongée souterraine, le froid est considéré comme un problème majeur, car il a des effets secondaires néfastes sur la qualité de la décompression. Si le nombre d'accidents mortels dus au froid reste modeste, on peut penser en revanche qu'il représente une des causes des ADD. Dans les cas de secours en post siphon, le problème du froid doit être considéré comme une priorité.

4.1.2.1 – Physiologie (24, 58, 65, 111) :

La thermorégulation permet à l'individu de s'adapter aux changements de conditions de l'environnement. On dit que l'homme est **homéotherme**. Quelques soient les circonstances, la température centrale reste à 36°5-37°2 C, valeurs optimales pour son fonctionnement. La neutralité thermique est atteinte à 25°C dans l'air, 33°C dans l'eau.

Pour conserver un équilibre, l'organisme met en jeu deux réactions qui permettent soit d'éliminer de la chaleur excédentaire, soit de conserver ou de produire de la chaleur. Ces réactions sont la **thermolyse** (vasodilatation cutanée et sudation) et la **thermogenèse** (frisson).

La thermorégulation nécessite des thermorécepteurs cutanés mesurant la température ambiante, des centres régulateurs et des mécanismes effecteurs. **L'hypothalamus antérieur** est le centre des commandes s'opposant au réchauffement, alors que **l'hypothalamus postérieur** est le siège des réponses au froid. On note l'absence de capteurs de froid au niveau des poumons. Le refroidissement d'origine pulmonaire en plongée profonde est donc sournois.

L'organisme peut être schématiquement divisé en deux compartiments. Le **noyau central** (homéotherme), siège des organes nobles (cerveau, cœur, gros vaisseaux), maintenu à température constante. **L'enveloppe** (peau, graisse, muscle) ou écorce, siège d'échanges de chaleur avec le milieu intérieur/extérieur, dont la température varie. Ces **échanges de chaleur**, présents également au niveau des voies aériennes, font appel à la notion de flux (débit).

En **progression terrestre**, ils se font de plusieurs manières :

- Par la **conduction** – K° : Transfert de chaleur entre **deux corps solides** au contact direct l'un de l'autre (transfert du plus chaud vers le plus froid). Chez un blessé couché sur le sol, ces pertes sont d'autant plus importantes que la surface est froide.
- Par la **convection** – C° : Echange de chaleur entre un **solide** et un **fluide**. Le transfert de température est fonction de la nature du fluide. Dans l'eau, les pertes par convection sont 25 à 30 fois plus élevées que dans l'air ce qui explique le refroidissement rapide en cas d'immersion.
- Par la **radiation** – R° : Le corps humain émet un **rayonnement** dont l'intensité augmente en fonction de sa température (transfert de chaleur du plus chaud vers le plus froid).
- Par l'**évaporation** – E° : Les échanges sont liés au passage de l'eau de l'état liquide à l'état gazeux. La chaleur est prise au support sur lequel l'évaporation est réalisée et le facteur d'efficacité est la capacité de l'ambiance à absorber l'eau contenue dans la sueur produite. Si l'air est déjà très humide comme en spéléo, il ne pourra pas se charger de beaucoup plus d'eau et la sueur ne s'évapore pas en totalité.

La relation générale entre la production et les pertes de chaleur peut être formulée de la manière suivante :

$$+/-S^\circ = M^\circ +/- K^\circ +/- C^\circ +/- R^\circ - E^\circ$$

S est le bilan **thermique** :

- $S^\circ = 0$, les échanges sont équilibrés, la température centrale reste stable.
- $S^\circ > 0$, le sujet accumule de la chaleur et sa température interne augmente.
- $S^\circ < 0$, le sujet perd de la chaleur, et il se refroidit.

M représente la production de **chaleur** par l'organisme. La source principale provient de l'activité musculaire (**efforts modérés, palmage soutenu 300 watts**). Durant un exercice, le métabolisme total peut être multiplié par dix ou plus.

En **progression aquatique**, les échanges par conduction peuvent être négligés et les échanges par radiation sont nuls. Enfin, le sujet étant dans un milieu liquide, l'évaporation cutanée n'est pas possible. L'équation se résume donc à :

$$+/-S^\circ = M^\circ +/- Cc^\circ +/- Cr^\circ - Er^\circ$$

Cc[°] : Convection cutanée (échange peau-eau).

Cr[°] : Convection respiratoire (chauffage des gaz inhalés par le conditionneur d'air que sont les voies aériennes).

Er[°] : Evaporation respiratoire (humidification des gaz par leur passage au niveau des structures ventilatoires).

Les **pertes convectives respiratoires** dépendent :

- Du niveau global de la ventilation. En milieu froid, les pertes de chaleur respiratoires sont augmentées lors de l'exercice musculaire, du stress et de toutes situations qui augmentent la ventilation.
- La chaleur massique des gaz ventilés. La chaleur massique de l'hélium est 6 fois supérieure à celle de l'air, et donc, en plongée profonde, ces pertes sont majorées d'autant.

- La masse volumique des gaz ventilés est fonction de la pression. Pour un même niveau de ventilation et une même nature de gaz, les déperditions calorifiques ventilatoires sont d'autant plus grandes que la plongée est plus profonde. A 100 mètres, la perte thermique est de l'ordre de 100 watts pour un plongeur qui respire 20 l/min. A 50 mètres, cette perte est de l'ordre de 60 watts.

Cette fuite thermique ventilatoire peut représenter jusqu'à 50% du métabolisme des plongeurs. Pour des plongées à grande profondeur et/ou de longue durée (nécessitant l'utilisation de l'hélium), il faut réchauffer les gaz inspirés pour limiter les pertes.

Les **pertes évaporatoires** : Les gaz inhalés sont en général froids et secs. Par contre, les gaz expirés sont enrichis en vapeur d'eau au niveau des voies aériennes. Il y a perte calorifique par évaporation. Comparativement aux pertes convectives, elles sont négligées.

Les parties aquatiques restent les zones à risque de l'hypothermie par **déséquilibre** dans la **boucle de régulation** ($S < 0$). Le sujet perd de la chaleur ce qui entraîne la mise en jeu des mécanismes de thermogenèse, dépendant des réserves énergétiques et de l'O₂ nécessaire pour les métaboliser.

Lorsque l'on a froid, l'organisme augmente sa production de chaleur, jusqu'à 250 watts. Sur plusieurs heures, l'épuisement limite cette production à 150 watts. Ces données varient d'un individu à l'autre.

4.1.2.2 – Hypothermie (37, 46, 64, 80, 86, 106 112) :

Lorsque, les réactions physiologiques de l'organisme sont insuffisantes, la température centrale baisse et l'hypothermie apparaît. Elle est particulièrement redoutable parce qu'elle peut s'installer insidieusement, qu'elle atteint les facultés nerveuses et provoque des troubles cardiaques majeurs.

L'hypothermie accidentelle est définie par une baisse de la température centrale en dessous de 35°C. Quelle qu'en soit la cause, l'hypothermie retentit sur les fonctions vitales (cardiovasculaire). Sa gravité dépend du sujet et de la vitesse d'installation. Les circonstances de survenue d'une **hypothermie** se classent en **deux catégories** :

- Les sujets à **défenses maximales** (hypothermie subaiguë) : C'est celle du plongeur indemne (**mécanismes thermorégulateurs intacts**). Malgré les moyens de défenses mise en jeu (frisson thermique, vasoconstriction), l'hypothermie intervient lorsque les réserves sont épuisées et s'installe plus ou moins vite en fonction de l'état énergétique initial.
- Les sujets à **défenses minimales** (hypothermie aiguë) : C'est l'hypothermie du blessé (**mécanismes thermorégulateurs altérés**). La thermogenèse ne maintient pas l'équilibre et l'organisme se refroidit avant l'épuisement des réserves énergétiques. L'hypothermie doit être recherchée de principe chez tout blessé.

En plongée spéléologie, le processus de déperdition de chaleur s'accélère par une **succession de chocs thermiques** importants :

- **Personnes immobiles** (remontée sur corde trop longue) : l'absence d'activité musculaire supprime la production de chaleur. Un blessé produira difficilement plus de 100 watts, la capacité de thermogenèse étant épuisée.

- Hypothermie silencieuse survenant chez les **plongeurs utilisant l'hélium** comme gaz respiratoire et dont l'équipement de protection cutanée est efficace. Chez ces sujets, les pertes cutanées sont faibles mais les pertes respiratoires sont majeures. Le système respiratoire étant doté de peu de thermorécepteurs, les réactions thermorégulatrices (frisson) ne se mettent pas en place. Le plongeur se refroidit lentement avec hyperventilation tardive, elle-même génératrice de pertes thermiques. Les troubles de la vigilance apparaissent en premiers, sans que le plongeur n'en ait conscience.
- **Vêtements isothermes** inadaptés :
 - Rupture de la combinaison sèche. L'invasion massive d'eau provoque une perte de protection thermique (environ 500 watts dans une eau à 10 degrés). Outre le choc thermique, le refroidissement du plongeur est de plusieurs degrés par heure. Il peut difficilement résister plus d'une demi heure.
 - Combinaison néoprène en mauvais état, laissant circuler l'eau. Trop grands, laissant des poches d'eau trop difficiles à réchauffer. Une certaine protection subsiste. Mais la perte de protection thermique de l'ordre de 250 watts. Au-delà d'une heure, l'épuisement de la thermogénèse entraîne une dette thermique de l'ordre de 100 watts. Le plongeur perd 1 à 2 degrés par heure et ne peut pas espérer résister plus d'une heure trente.

Il est primordial, d'être capable d'apprécier le comportement des coéquipiers. De ce fait on distinguera **deux familles de symptômes** :

- Le **comportement lié à la progression** en plongée. Il faut être vigilant à toutes manifestations insidieuses de l'hypothermie, sujet lent, à la traîne, replié sur lui-même. En fonction de la décroissance de la température, la fatigue puis l'agitation apparaît, pouvant aboutir à des actes dangereux.
- Le **comportement clinique** : Les signes cliniques évoluent en fonction de la température centrale et des moyens mis en œuvre pour la maintenir constante. Ils sont difficilement visibles en immersion mais peuvent être évalués dès la fin de la plongée.
 - **Signes cutanés** : l'hypothermie légère se manifeste par une pâleur et des téguments froids. On arrive plus ou moins rapidement à l'engourdissement avec des téguments glacés, livides, une peau sèche et une cyanose.
 - **Signes musculaires** : il existe des frissons jusqu'à 34°C puis ils font place à de fines trémulations diffuses avec une hypertonie musculaire.
 - **Signes neurologiques** : le pratiquant est d'abord conscient, asthénique, puis apparaissent les troubles de la vigilance qui s'observent pour des températures < à 32°C. Ils peuvent aller de l'obnubilation au coma (>28°C). Les pupilles sont en myosis avec lenteur des réflexes photomoteurs.
 - **Signes respiratoires** : la tachypnée constatée dans les hypothermies modérées fait place à une bradypnée puis à un arrêt respiratoire.
 - **Signes cardiovasculaires** : après une phase de tachycardie et d'hypertension liée au stress, la bradycardie et l'hypotension s'aggravent peu à peu. En l'absence de correction, un état de choc apparaît et aboutit à l'arrêt cardiorespiratoire. Le risque majeur est la survenue d'une fibrillation ventriculaire dès 32°C, mais surtout à partir de 28°C.

Le problème de la prise en charge thérapeutique est d'opter pour la meilleure modalité de réchauffement en tenant compte du niveau de température atteint, de l'état cardiocirculatoire du patient et des possibilités techniques disponibles. Lors de l'évacuation, le temps de séjour sous l'eau, même pour des siphons courts, risque d'être long du fait de la difficulté de l'opération.

On peut distinguer **trois stades d'hypothermie** :

Pour une hypothermie légère (température centrale $>$ à 34°C) ou **moyenne** (température centrale de 28 à 34°C), le réchauffement lent externe demeure la base du traitement. Il faut isoler la personne de l'eau et la mettre à l'abri du sol. Sécher la victime et la recouvrir d'une couverture de survie. L'exercice peut être une solution d'attente, malgré son coût énergétique. L'absorption de boissons chaudes sucrées est possible si la victime est consciente. Dans le cas d'une attente prolongée, utiliser son acétylène que l'on place à proximité de la victime en réalisant une tente de survie. Dans tous les cas, on n'enlèvera la combinaison isotherme qu'avec l'assurance que la victime a de quoi se changer avec des vêtements secs.

L'hypothermie profonde (température centrale $<$ à 28°C) est rare. Cependant, sa fréquence est sous-estimée car cette pathologie est souvent méconnue. Aucune technique de réchauffement n'est réellement efficace sur place. Il faut protéger et isoler du froid, rechercher des sources de chaleur modérées (couverture ou duvet). Toutes les mesures devront être prises pour éviter les mobilisations intempestives pendant le brancardage. Il faut veiller aux fonctions vitales, avec mise en Position Latérale de Sécurité (**PLS**) si perte de connaissance, et réanimation cardio-pulmonaire si asystolie ou fibrillation ventriculaire. L'administration d' O_2 par sonde nasale à fort débit est systématique. L'intubation trachéale peut être indiquée en cas d'hypoxie ou d'inhalation dû aux troubles de vigilance. Le réchauffement du mélange gazeux insufflé par un parachute thermique est possible sur les lieux de l'accident (Humipac fonctionnant avec l'Heat-Pac). Une voie veineuse périphérique permet d'administrer prudemment des solutés cristalloïdes réchauffés par la housse à perfusion de l'Heat-Pac (55).

4.1.3 – Adaptation à l'effort physique (55) :

4.1.3.1 – Déshydratation (24, 46) :

Bien que cela puisse sembler paradoxal en milieu aquatique, la déshydratation peut survenir en plongée spéléologique. L'eau est un constituant fondamental du corps humain, indispensable au transport des éléments nutritifs et aux mécanismes de la régulation thermique. L'homme doit ajuster en permanence les entrées et les sorties hydriques, sous peine de perturbations. La régulation des entrées se fait grâce aux sensations de soif et de satiété. La régulation des sorties est liée au fonctionnement rénal.

Au cours d'une journée normale, sans effort particulier, notre organisme perd 2 à 3 litres d'eau par les urines, les selles et la respiration (poumons). Une augmentation de l'activité physique et l'immersion augmente ces pertes d'eau.

Plusieurs mécanismes sont à la base des **déshydratations** en plongée spéléologique:

- **Polypnée** à l'effort.
- **L'immersion** entraîne un état d'**hypovolémie** : la pression hydrostatique entraîne initialement un transfert de la volémie vers le cœur, mettant en jeu des facteurs de

régulation (peptides natriétiques) visant à corriger ce signal. L'hypovolémie est d'autant plus importante que la durée d'immersion est longue. La perte volémique (essentiellement **urinaire**) a été chiffrée à -11% après 3 heures dans de l'eau à 18°C, pour des plongeurs en combinaison humides.

- La **transpiration** est obligatoire dans le cadre de toute activité sportive, accentuée lors de progression en combinaison dans les portions non aquatiques.
- L'**insuffisance d'apport** : la sensation de soif est souvent masquée du fait de l'évolution en milieu humide.

Signes cliniques : hypotension orthostatique avec perte de connaissance, pli cutané, soif intense. La température centrale s'élève modérément (<38,5 °C).

Le déficit hydrique doit être compensé par un apport extérieur après la plongée. En pratique, il faut boire 5 à 6 gorgées d'eau au moins une fois par heure. Mais tout effort intense, soutenu, entraînant un essoufflement ou/et une sudation importante impose de ramener cette prise de liquide toutes les 30 minutes.

4.1.3.2 – Hypoglycémie :

Les efforts intenses en progression terrestre (portage, remontée sur corde) puisent dans les réserves en glycogène, ce qui se traduit par l'hypoglycémie. Le **malaise hypoglycémique** se manifeste par une sensation de faim, des nausées, une asthénie, un changement d'humeur et des tremblements. A ces manifestations s'ajoute des sueurs, des vertiges, puis une perte de connaissance. Bien souvent, le malaise n'est que passager. Il doit cependant alerter l'entourage qui, dès la reprise de la conscience, devra apporter des aliments énergétiques et des boissons sucrées.

Trois causes sont à retenir :

- Un **apport** en sucre **insuffisant**, au cours de longues explorations, le dernier repas étant très éloigné.
- L'**absorption** de **sucres** dits « **rapides** » avant la descente peut provoquer une hypoglycémie réactionnelle chez des sujets à risque, dans un délai d'une à deux heures qui suit cette prise.
- Le **diabète** est la principale cause d'hypoglycémie grave. La spéléologie entraîne une dépense d'énergie variable selon les conditions rencontrées : froid, débit d'eau important, difficultés imprévues. Dans ces conditions, un diabétique doit surveiller régulièrement son taux de sucre sanguin. Il est évident qu'en plongée spéléologique, il apparaît imprudent d'autoriser cette activité à ses sujets.

L'hypoglycémie peut être évitée par des mesures diététiques. Plusieurs jours avant une exploration, absorber des sucres lents pour constituer des réserves. Pendant l'exploration en zone exondée, boire et s'alimenter en sucres rapides, en petite quantité, mais souvent. Au retour, s'alimenter plus que de coutume, et en particulier si vous replongez les jours suivants.

4.1.3.3 – Epuisement (24, 26, 73) :

La plongée spéléologique est une suite d'activités hétérogènes sur le plan énergétique se caractérisant par des difficultés de progression où les efforts sont d'intensité modérée mais de longue durée (portage lors des phases de marche, traversée d'une partie aquatique à la nage, plongée), entrecoupées de périodes d'activité intense (portage en opposition, remontée

sur corde), et des périodes d'inactivité et d'attente lors du franchissement d'une difficulté par un coéquipier.

La **fatigue** apparaît plus ou moins vite en fonction de l'intensité et de la durée de l'exercice. Elle est le reflet du dépassement des possibilités de l'organisme. Elle peut être induite par les facteurs agressifs propres à la cavité, un mauvais état, le stress ou le refus d'admettre qu'on est fatigué.

L'**épuiement** succède à un état de fatigue qui se décompense, avec 3 mécanismes responsables : La diminution des réserves d'énergie, l'hypothermie et la déshydratation.

Les **signes d'épuisements** sont simples et touchent tous les systèmes de l'organisme. On retrouvera :

- **Signes généraux** : Lassitude physique importante.
- **Signes respiratoires** : Polypnée proportionnelle à l'effort. Le sujet est dyspnéique et récupère mal.
- **Signes cardiaques** : Tachycardie ne se ralentissant pas à l'arrêt avec possibilité d'arythmies ou d'extra systoles.
- **Signes vasculaires** : Vasoconstriction périphérique (peau froide, pâle ; extrémités glacées). A un stade évolué de fatigue apparaît une défaillance cardiaque. C'est un signe de gravité.
- **Signes musculaires et digestifs** : Frisson, raideur musculaire, crampes, nausées, douleur digestive, perte de l'appétit.
- **Signes psychiques** : Troubles du caractère, agressivité ou au contraire apathie, indifférence. Trouble du comportement, le sujet répond mal aux questions, n'obéit plus aux ordres.
- **Signes neurologiques** : Trouble de la coordination des mouvements et de l'équilibre.
- **Signes rénaux** : Oligurie, puis anurie.
- **Signes visuels et auditifs** à type d'hallucination.

Tous ces signes n'apparaissent pas dans le même ordre, et seront variables selon les individus. C'est ce qui contribue à la difficulté de dépeindre un tableau simple. Sans traitement, l'évolution spontanée aboutit au coma et au décès troubles cardiaques, insuffisance rénale, insuffisance endocrinienne, troubles métaboliques divers.

La réalisation de **gestes simples** (réchauffer, reposer et être rassurant, hydrater, saler et sucrer permettra au sujet de récupérer et le déclenchement des secours sera inutile. Dans les autres cas, la médicalisation sera indispensable.

4.1.4 – La noyade (7, 76, 84) :

En plongée, la noyade est un **accident gravissime** faute d'un **secours immédiat** suivi de soins médicaux. L'arrêt cardiaque survient dans un délai de 3 à 6 minutes. Une noyade de 7 à 10 minutes entraîne des lésions cérébrales irréversibles. Il existe **différents types de noyade** :

4.1.4.1 – La noyade primitive (46) :

Le plongeur ne peut sortir hors de l'eau, il est conscient lorsqu'il s'enfonce par manque d'air, épuisement musculaire, fatigue ou autre. L'apnée volontaire par glotte fermée

est maintenue jusqu'à la reprise inspiratoire réflexe. Dans 85% des cas, il existe une inondation bronco-alvéolaire, ce qui en fait alors la gravité (Œdème aigu pulmonaire lésionnel). Dans les autres cas, le spasme laryngé empêche l'inondation pulmonaire (noyades à poumons secs). L'hypoxie est à l'origine d'une perte de conscience, de convulsions et de perturbations hémodynamiques suivies d'un arrêt cardio-pulmonaire.

En plongée spéléologique, les **causes** de noyades sont nombreuses :

- **Mauvaise évaluation** des **mouvements d'eau** rendus encore plus dangereux par l'augmentation du débit.
- Une **panne d'appareil** non gérée rapidement conduit à l'asphyxie et à la noyade. Impossibilité de rejoindre la surface en cas de panne d'air.
- Une **remontée « panique »**, à glotte fermée, peut entraîner un barotraumatisme pulmonaire, avec pneumothorax bilatéral et asphyxie, puis noyade.
- Impossibilité de se maintenir en surface dans une cloche et **épuisement**.
- **Accident de plongée** avec impotence musculaire : paraplégie d'un accident médullaire empêchant le maintien en surface.

4.1.4.2 – La noyade secondaire ou par syncope primitive (46) :

Il n'y a pas de phase de lutte hors de l'eau. La noyade fait suite à un malaise, fréquemment responsable d'une apnée en fin d'expiration, ce qui annule la flottabilité. Tout accident médical avec ou sans rapport avec la plongée, responsable d'une perte de connaissance, va se compliquer de noyade. La **cause** peut être :

- Une **perte de connaissance** suite à un traumatisme crânien.
- Une **syncope vagale** suite à un traumatisme même bénin (barotraumatisme sinusien ou de l'oreille moyenne).
- Une **crise comitiale** ou une **crise hyperoxique**.
- Une **hypoglycémie**.
- **Narcole** à l'azote qui se traduit par des troubles du comportement plus que par une perte de conscience.
- Une **hypercapnie** profonde d'un essoufflement.
- Un trouble du rythme ou de la conduction.

4.1.4.3 – Prise en charge sur le terrain :

Le secouriste doit sortir la victime de l'eau le plus rapidement possible, en minimisant les risques pour sa vie. Pendant la remontée, on peut limiter l'inhalation en repositionnant l'embout buccal du détendeur dans la bouche d'un noyé inconscient. Il est remonté avec respect de la rectitude tête-cou-tronc si un traumatisme cervical est possible, installé sur le dos et sommairement déséquipé (appareil respiratoire et masque enlevé, combinaison ouverte)

Le **tableau clinique** initial repose sur l'**analyse** rapide de **trois fonctions vitales** :

- **L'état de conscience** : les troubles observés varient en fonction de la quantité d'eau ingérée et inhalée ; de l'agitation psychomotrice (logorrhée, obnubilation, euphorie) au coma.
- **L'efficacité ventilatoire** sera appréciée en fonction de sa fréquence, de son rythme et de son amplitude. On recherchera les signes d'encombrement broncho-pulmonaire (toux, râles crépitants, gêne respiratoire, cyanose des lèvres,...).

- **L'efficacité cardio-circulatoire** : les pouls carotidiens sont appréciés. On recherchera les troubles du rythme ou de conduction : bradycardie, tachycardie ou asystolie. La vasoconstriction est intense, liée à l'hypoxémie et parfois à l'hypothermie.

Les **gestes élémentaires** de **survie** dans l'attente des secours médicalisés doivent être commencés selon les compétences de celui qui porte assistance et du matériel dont il dispose :

- **Libération des voies aériennes** par désobstruction manuelle.
- Technique de **bouche à bouche** ou de bouche à nez.
- **Massage cardiaque externe (MCE)**.
- Dès que le massage cardiaque n'est plus nécessaire, mettre le patient en PLS et le **réchauffer**.
- Noter le profil de plongée, O₂, H₂O, aspirine si besoin.

Le **traitement préhospitalier** est réalisé par le médecin du SSF ou du Service Médical d'Urgences et de Réanimation (**SMUR**).

- **Oxygénothérapie** à fort débit (8 à 12 l/mn) par sonde nasale ou masques à hautes concentrations.
- **Intubation** endo-trachéale après aspiration trachéo-bronchique puis ventilation.
- **Expansion volémique** et injection de médicaments vaso-actifs par voie veineuse périphérique (**VVP**).
- **Sédation** : L'agitation, les convulsions sont traitées par des benzodiazépines.
- La **vidange gastrique** est systématique et prévient les vomissements.
- La **recompression** doit être envisagée si les éléments cliniques conduisent au diagnostic d'embolie gazeuse cérébrale conséquence d'une surpression pulmonaire, ou à un accident de plongée par maladie de décompression.

4.1.5 – La pathologie infectieuse :

L'eau des rivières souterraines est riche en flore microbienne variée. Certains micro-organismes peuvent même se révéler pathogènes. Les principaux risques de contamination sont intestinaux lors de la déglutition d'eau, ORL (rhino-pharyngite, otite), ophtalmologiques (conjonctivites) et cutanées.

4.1.5.1 – La leptospirose (53) :

La leptospirose est une **zoonose** fréquente. Le réservoir animal, est essentiellement constitué par les **rongeurs**. Les animaux infectés sont souvent porteurs sains de leptospires (*Leptospira*), qu'ils éliminent dans leurs **urines**, contaminant ainsi l'eau et le sol.

Le déplacement dans une eau souillée présente un risque patent de contamination. Chez l'homme, la bactérie pénètre à travers les lésions cutanées ou à travers les muqueuses du nasopharynx ou de la conjonctive. Elle peut être contractée par la boisson. L'**incubation** de la maladie est d'environ quatre jours à trois semaines.

Faute d'un interrogatoire orienté, le **diagnostic** est **difficile**, en raison d'un polymorphisme clinique pouvant conduire à un état septicémique brutal, avec fièvre élevée, frissons, syndromes myalgiques et arthralgiques, céphalées, ictère. Le syndrome méningé et

l'encéphalite sont inconstants, ainsi que le caractère hémorragique de l'infection (cutanéomuqueuse ou viscérale).

Il ne faut pas négliger le risque de survenue de formes graves et préoccupantes en raison de leur mauvais pronostic, avec insuffisance rénale, choc hémorragique ou atteinte cardiaque (myocardite ou péricardite). Il convient de consulter un médecin devant tout **syndrome pseudo-grippal** avec très forte fièvre survenant quelques jours après une plongée. L'amoxicilline s'administre donc dès la suspicion du diagnostic avec une posologie de 3 à 6 g/jour par voie veineuse. Les différentes manifestations viscérales ou métaboliques nécessitent le recours aux méthodes de réanimation.

4.1.5.2 – Le tétanos (109) :

Le tétanos est une toxi-infection due à un bacille (*Clostridium tetani*) anaérobie strict, gram-positif, sporulé, situé à la surface du sol et sécrétant une toxine neurotrophe. La plaie la plus minime peut être la porte d'entrée du bacille. L'**incubation** a une durée moyenne de 8 jours. La **symptomatologie** est **neuromusculaire**, généralisée ou localisée. La vaccination est vivement recommandée chez toutes les personnes.

4.1.6 – Intoxications par les gaz (23, 89, 95, 97) :

Les accidents causés par les **gaz atmosphériques** en plongée sont rares, mais plusieurs décès sont à déplorer. Ceci est d'autant plus paradoxal que le plongeur dispose d'un moyen efficace, immédiatement disponible, d'isoler son système respiratoire.

En atmosphère confinée karstique, de **nombreux symptômes** ont été décrits avec :

- Des troubles neurologiques (céphalées, troubles de la motricité, asthénie, déficit mnésique, troubles d'orientation).
- Des atteintes sensorielles (troubles visuels, hallucinations, dysgueusie).
- Des troubles digestifs (nausées et parfois vomissement).
- Des troubles respiratoires quasi systématiques, avec dyspnée, oppressions thoracique.
- Des troubles cardio-vasculaires (flush, extrasystoles).

Des **teneurs** proches de 7% en **CO₂** peuvent être fréquentes. Elles varient d'une cavité à l'autre en fonction des cloisonnements. Le caractère irrespirable de l'atmosphère résulte autant de l'abondance de CO₂ que du déficit d'O₂. Les **réactions physiologiques** au CO₂ **varient** en fonction de la capacité individuelle à le supporter.

CO ₂	Réaction
0,5%	Faible hyper ventilation
2%	Augmentation de 50 % de la ventilation
3%	Augmentation de 100 %
5%	Augmentation de 300 % (pénible)
10%	Picotement du nez, de la gorge, céphalées pénibles, bourdonnements d'oreilles, vertiges, nausée, tendance au sommeil, polypnée, élévation de la tension, ralentissement du pouls, vomissement
>10%	Perte de connaissance au bout d'une durée d'exposition variable selon les individus, cyanose

Réactions physiologiques au CO₂

Conduite à tenir : Dès la sortie de l'eau, respirer par le nez en gardant le détendeur en bouche, en décollant sensiblement le masque. En cas de perte de connaissance, le plongeur est à même de respirer par la bouche immédiatement. Il convient d'éviter l'effolement, les efforts rapides et rapprochés qui entraînent une consommation de l'O₂.

Prévention : Il faut éviter de respirer l'air confiné des cloches. Même sans apport de gaz nocifs de l'extérieur, la respiration des plongeurs peut générer un excédent de CO₂.

4.2 – Problèmes aquatiques (30, 76, 117) :

4.2.1 – Les accidents de décompression (24) :

Les ADD sont des accidents qui peuvent être graves, et qui demandent beaucoup d'attention pour être évités. C'est eux qui justifient l'existence de paliers de décompression et des vitesses de remontée. Il est important de comprendre ce type d'accident pour mieux l'éviter et, le cas échéant, le reconnaître et pouvoir intervenir rapidement et efficacement.

4.2.1.1 – Introduction :

Les ADD sont des accidents « biophysiques » car ils résultent de la loi de Henry sur la dissolution des gaz dans un liquide, ainsi que la loi de Mariotte.

Loi de Henry :

A température constante et à saturation, la quantité de gaz dissout dans un liquide est proportionnelle à la pression qu'exerce ce gaz sur le liquide.

Interprétation : Plus la pression est importante, plus la proportion de gaz dissoute dans le sang et les tissus de l'organisme est importante.

Loi de Mariotte :

A température constante, le volume d'une masse gazeuse donnée est inversement proportionnel à la pression qu'elle subit.

Interprétation : Plus la pression augmente, plus le volume d'un gaz se réduit.

4.2.1.2 – Les mécanismes

Au cours d'une plongée, la descente et le séjour au fond s'accompagnent d'un effet de compression des gaz inhalés. L'azote se dissout alors dans le sang, et se répartit progressivement dans les différents tissus de l'organisme, les **saturant** de façon partielle ou complète selon la durée de la plongée et la profondeur atteinte (plus la pression augmente et plus la durée d'exposition est importante).

La **circulation des bulles** dans l'organisme :

- Durant une **remontée normale**, l'azote reprend sa forme gazeuse. Les bulles formées sont versées dans le réseau veineux puis ramenées au niveau des poumons, dans les capillaires pulmonaires. Elles passent dans les alvéoles pulmonaires et sont normalement évacuées par voie respiratoire avec les gaz expirés.
- Une **remontée anormale**, trop rapide, paliers mal ou non effectués, entraîne une élimination inadéquate d'azote avec production de bulles intra-vasculaire, c'est l'ADD. Ces bulles se forment préférentiellement dans le versant veineux de drainage.

Des bulles circulantes trop abondantes vont avoir tendance à emboliser la circulation capillaire pulmonaire.

On conçoit que la **gravité** de cet accident dépende de la **localisation** et de la taille des bulles d'azote au moment de leur apparition :

- Une diminution des échanges **alvéolo-capillaires** a pour retentissement des signes cardio-respiratoires regroupés sous le terme de « chokes ».
- Un ralentissement circulatoire dans les **lacis veineux d'amont** (système azygos, veines épi et péri-durales) entraîne un infarctus de la moelle, responsable des atteintes médullaires.
- Dans **certaines conditions** (forçage du filtre pulmonaire avec ouverture de shunts pulmonaires, communication cardiaque droite-gauche (Foramen ovale perméable)) un passage des bulles dans le versant artériel avec embolisation systémique paradoxale est possible. La symptomatologie sera essentiellement cérébrale ou vestibulaire.
- Une occlusion circulatoire due au dégazage dans l'**artère vestibulaire** (ou directement dans les liquides labyrinthiques) est à l'origine des accidents vestibulaires.

4.2.1.3 – Symptômes (43) :

Dans L'ADD, il y a peu de corrélation entre l'erreur de procédure de décompression commise et sa traduction clinique. Des symptômes graves peuvent se déclarer au décours d'une plongée a priori bien conduite. Le plus important à prendre en compte dans l'anamnèse est l'existence de **facteurs favorisants**. Les formes cliniques, variables, bâtarde et fluctuantes dans le temps sont trompeuses.

La **déshydratation** observée dans l'ADD constitue un **facteur pronostique**. Elle résulte de l'agression bullaire sur les parois endothéliales avec augmentation de la perméabilité capillaire, fuite plasmatique responsable d'une hémococoncentration, d'une augmentation de la viscosité et d'oedèmes.

4.2.1.3.1 – Les accidents mineurs (type 1) :

Les **accidents cutanés** : Le plongeur a des démangeaisons, picotement (puces) ou des gonflements douloureux en plaque sous la peau (moutons). Ils sont dus au dégazage de l'azote dans les tissus de la peau. Ils peuvent annoncer des accidents majeurs.

Les **accidents ostéo-articulaires** (bends) : Une vive douleur s'intensifiant apparaît à une articulation, en général, celle la plus sollicitée lors de la plongée : le plus souvent l'épaule, le genou ou le coude.

4.2.1.3.2 – Les accidents majeurs (type 2) :

Troubles respiratoires et cardiaques : Difficultés à respirer, douleur aiguë localisée au niveau de la poitrine (oppression).

Dans l'**ADD neurologique**, les bulles provoquent des phénomènes d'occlusion micro-vasculaire et des lésions endothéliales avec activation de la coagulation et de l'inflammation, processus qui aggravent la symptomatologie déficitaire initiale. L'ischémie médullaire rétrograde se complète rapidement par la survenue de la **maladie de décompression** (MDD).

Les troubles neurologiques des **accidents médullaires** se constituent à bas bruits :

- Asthénie intense soudaine, pâleur, angoisse, refroidissement, maux de tête.
- Douleur brutale, violente, dorso-lombaire ou thoracique.
- Trouble sensitif superficiel et/ou profond avec dissociation thermo-algique.
- Fourmillement dans les jambes.
- Trouble sphinctérien (dysurie ou rétention urinaire).
- Trouble moteur (en général des membres inférieurs), allant d'une faiblesse musculaire isolé jusqu'à la paraplégie flasque en passant par tous les stades de para parésie.

Les troubles neurologiques des **accidents cérébraux** (aéro embolisme cérébrale) composent un tableau plus ou moins complet en fonction du territoire atteint :

- Trouble de la vue, de l'audition, de la parole et du comportement.
- Crise convulsive, inconscience, coma.
- Arrêt ventilatoire puis cardiaque.

Le tableau clinique de l'**accident vestibulaire** associe : violents vertiges rotatoires, nausées, vomissement, surdités ou audition difficile, bourdonnements d'oreilles aigus, déviation de la marche avec élargissement du polygone de sustentation

Les symptômes des ADD n'apparaissent pas nécessairement immédiatement après la plongée. Même si dans la majorité (60%) des cas ils interviennent dans l'heure qui suit la sortie de l'eau, ils peuvent apparaître une douzaine d'heure après la plongée. Il est donc important de rester vigilant sur ces symptômes même dans les heures qui suivent la fin de la plongée.

4.2.1.4 – Conduite à tenir (43) :

La prise en charge des ADD en plongée spéléologique pose des problèmes techniques. L'éloignement du site de plongé et l'impossibilité d'avoir une prise en charge médicale rapide retarde les premiers secours. Le **délai de recompression** est considéré comme un facteur **pronostic** ; l'efficacité est optimale si le traitement est réalisé dans les premières minutes après le début des signes. La reconnaissance des symptômes est indispensable. Si un plongeur se suspecte de ressentir un des symptômes décrits, il faut rapidement :

- Arrêter tout effort.
- Déséquiper et allonger la victime en décubitus latéral gauche, tête horizontale.
- Faire alerter les secours médicalisés.
- Inhalation d'**oxygène** avec un masque à haute concentration.
- **réanimation cardio-respiratoire** si besoin.
- Si la victime est consciente, avec absence de vomissement, **réhydratation** PO (eau plate 1.5 à 1 litre et 50 à 100 mmoles/litre de chlorure de sodium).
- Prise d'**acide acétylsalicylique** à la dose de 5mg/kg.
- Couvrir et sécher le plongeur.
- Faire évacuer la victime par des secours médicalisés vers un centre hospitalier équipé d'un caisson hyperbare multiplace (correction de la volémie par hydroxyethylamidons 33ml/kg/j maxi ou par Ringer Lactate).

La **Recompression Thérapeutique par Immersion** (RTI) consiste à ce réimmerger dès l'apparition des symptômes d'un ADD. Malgré ses avantages potentiels cette pratique

n'est pas recommandée officiellement car elle expose à des risques spécifiques. La plus part des méthodes de RTI prescrivent l'emploi de l'O₂ à la profondeur de 9 mètres (une heure suivie d'une remontée à 1m/min).

Les risques de la RTI sont :

- La **crise hyperoxique** : L'inhalation d'O₂ pur sous pression se manifeste par des convulsions réversibles à l'arrêt de l'O₂.
- La **noyade**.
- L'**hypothermie** suite à la réimmersion en position statique dans une eau froide.
- L'aggravation de l'ADD par interruption brutale du protocole ou par déshydratation excessive (ADD et immersion).

En conclusion, la RTI peut être en l'absence de caisson, le seul traitement précoce d'un ADD. Cette pratique, qui n'est pas validée, présente de nombreux dangers, plaidant pour une réimmersion courte à faible profondeur.

4.2.1.5 – Les facteurs favorisant :

La présence d'au moins un **facteur favorisant** a été constaté dans **80% des accidents**. Beaucoup de ces facteurs sont présents en plongée spéléologique :

- L'âge : au-delà de 40 ans, le système circulatoire est moins performant.
- L'obésité : les graisses fixent plus facilement l'azote.
- Des antécédents d'accidents ou d'incidents de plongée.
- Le tabac, l'alcool, la drogue ou la déshydratation : ils modifient et altèrent la circulation sanguine.
- La fatigue, le stress, une mauvaise condition physique ou psychique, voire la prise de certains médicaments.
- Un effort important avant la plongée, surtout s'il est accompagné de douleurs musculaires.
- Un effort important pendant la plongée augmente la quantité d'azote dissoute.
- Un effort important après la plongée augmente la formation de bulles dans l'organisme.
- L'essoufflement : l'excès de gaz carbonique favorise ce type d'accident.
- Le froid réduit la vitesse d'élimination de l'azote.
- La profondeur et le temps de plongée : Au-delà de 50 mètres, les risques sont accrus.
- Des remontés multiples réalisées au cours de la même plongée.
- Les plongées successives.
- Le courant et la visibilité qui rendent les paliers imprécis et augmente l'effort physique.
- Un mauvais lestage.

4.2.1.6 – La prévention :

Pendant la plongée :

- Respecter la vitesse de remontée : 10 mètres/min (ou moins selon les ordinateurs).
- Respecter les paliers des tables ou de l'ordinateur de plongée et ne pas changer de moyen de calcul de la décompression entre 2 plongées.

- Bien se ventiler pendant la remontée.
- Eviter de plonger seul, avoir un équipement en bon état, être en bonne condition physique.
- Maximum 2 plongées par jour.
- Limiter les efforts, le CO₂ étant un facteur favorisant.
- Attention aux profils de plongée dangereux (plongées yo-yo, profils inversé,...).

Après la plongée :

- Relevez les paramètres de votre plongée : profondeur maxi, temps de plongée, heure de sortie, palier éventuel.
- Pas d'effort violent ou important pendant les 2 heures qui suivent.
- Ne pas faire d'apnée avant un délai de 6 heures.
- Connaître les moyens de secours locaux.
- Avoir de l'eau douce, de l'aspirine, de l'O₂.
- Pas d'altitude (En montagne attention au passage des cols).

4.2.2 – Les barotraumatismes :

4.2.2.1 – Introduction (23) :

Les barotraumatismes sont des **accidents mécaniques** dus aux **variations de pressions** subies par notre organisme lors de la descente et de la remontée. Ils sont fréquents dans les siphons à profondeur variable sur de courts intervalles, ou dans des cavités offrant une succession de siphons. Ils concernent souvent les cavités aériennes de la sphère ORL.

Ces accidents sont le résultat de l'application directe de la **loi de Mariotte** :

$$\text{Pression} \times \text{Volume} = \text{Constante}$$

Notre corps est constitué en grande partie d'eau incompressible qui va transmettre directement la pression sur l'intégralité de notre corps. Ce dernier est soumis à la même pression partout. Toutes les cavités gazeuses de notre corps sont donc soumises aux variations de pressions et donc de volume.

4.2.2.2 – Le placage de masque :

Cause : Augmentation de la pression à la descente avec dépression dans le masque.

Mécanisme : Dépression provoquant un effet d'aspiration sur le globe oculaire et les fosses nasales.

Symptômes : Dans l'eau, troubles de la vision, douleur, hémorragie oculaire et nasale. Hors de l'eau, hématome en lorgnette, hémorragie conjonctivale, trouble de la vue, épistaxis.

Conduite à tenir : Si épistaxis, se moucher puis comprimer la narine avec la tête en avant (menton contre le sternum).

Prévention : souffler par le nez durant la descente.

4.2.2.3 – Les sinus :

Causes : Augmentation de la pression à la descente. Il s'agit de phénomènes pathologiques en rapport avec une mauvaise équipression entre les sinus de la face et le milieu ambiant.

Mécanisme : Une **obstruction** anatomique de l'**ostium sinusien** (canal naso-frontal pour le sinus frontal, canal ostial pour le sinus maxillaire) ou pathologique (inflammation, sinusite...) et une variation brutale de la pression (descente) créent une dépression des sinus avec effet de ventouse sur les muqueuses. A la remontée, l'air intra sinusien en surpression relative, s'échappe passivement vers les fosses nasales.

Symptômes : Douleur variable en intensité **frontale** (sus ou rétro-orbitaire irradiant vers la tempe) ou **maxillaire** (sous-orbitaire, irradiation dentaire), épistaxis, larmoiement, nausées, troubles auriculaires signant l'association avec un barotraumatisme de l'oreille moyenne. A l'examen, œdème frontal ou maxillaire, douleur provoquée à la pression.

Conduite à tenir : Rincer les fosses nasales et consulter un médecin ORL. Le traitement symptomatique associe antalgique et vaso-constricteurs locaux.

Prévention : Il est déconseillé de plonger en cas d'inflammation rhino sinusienne. Stopper la descente dès les premiers signes, remonter un peu, se moucher et réessayer. Ne jamais forcer. A la remontée, redescendre de plusieurs mètres, se moucher puis remonter très lentement.

4.2.2.4 – Les dents :

Causes : Carie non soignée ou reconstitution coronaire mal faite.

Mécanismes : A la **descente**, cavité en dépression entraînant un écrasement de la pulpe (odontalgie barogénique). A la **remontée**, l'air contenu dans les cavités se dilate plus vite qu'il ne peut s'échapper. Il se crée une pression forte sur la paroi interne pouvant faire exploser la dent et entraîner une syncope (odontalgie pneumatique).

Symptômes :

- **Odontalgie barogénique** :
 - Carie simple : Douleur comparable à la pression masticatoire ou au contact du froid.
 - Carie avec atteinte pulpaire : Vive douleur, exacerbées par le froid, révélant la pulpite aiguë et empêche toute progression vers le fond.
 - Carie avec nécrose pulpaire, abcès : Douleurs sourdes, à type de gonflement, accusées par la mastication et la chaleur, pulsatiles, ne cédant pas avec la diminution de la pression.
- **Odontalgie pneumatique** : Expulsion de la restauration prothétique, explosion du matériau de reconstitution.
- **Odontalgie vasculaire** ou syndrome dentaire des hautes pressions : hyperhémie pulpaire, micro-hémorragies évoluant vers des lésions nécrotiques discrètes (la circulation terminale pulpaire fait de la dent un piège à bulles).

Conduite à tenir : Consulter un stomatologue et éventuellement recompression en caisson hyperbare.

Prévention : Bien surveiller sa dentition. A la descente, remonter doucement et stopper la plongée. A la remontée, redescendre de quelques mètres puis remonter très lentement pour permettre à l'air emprisonné dans la dent de s'échapper.

4.2.2.5 – Les oreilles (23, 46) :

Barotraumatisme de l'oreille moyenne.

Cause : À la descente, le barotraumatisme de l'oreille moyenne résulte d'une non équilibration des pressions de part et d'autre du tympan, si l'ouverture de la trompe d'Eustache est gênée. La pression dans l'oreille moyenne sera plus faible qu'à l'extérieur du tympan. Il se déformera jusqu'à sa limite d'élasticité et finira par se déchirer. Il s'observe également lors d'un équilibrage des oreilles tardifs ou trop violent. A la remontée, si le conduit auditif externe est bouché à l'ouverture de la trompe, le mécanisme sera inverse de celui provoqué à la descente.

Mécanisme : Distorsion du tympan due à la différence de pression entre l'oreille externe et l'oreille moyenne. De plus l'eau douce est congestionnant, contrairement à l'eau de mer. Les profils en yo-yo, les plongées en multi-siphons, accentuent cet effet. Il faut s'en méfier pour éviter de se retrouver bloqué, à cause d'oreilles qui ne « passent » plus lors du retour, devant un point bas.

Symptômes : Ootalgie d'intensité variable, pouvant aller du simple gêne à une douleur syncopale, sensation de plénitude de l'oreille ou hypoacousie avec ou sans acouphènes.

Barotraumatisme de l'oreille interne.

Cause : Il est en rapport avec une surpression brutale des liquides labyrinthiques à la descente, provoquée par une mise en pression trop rapide par rapport aux possibilités d'équilibration.

Mécanisme : Le cas le plus fréquent est le barotraumatisme d'oreille moyenne transmis à l'oreille interne, réalisant le **barotraumatisme mixte**. L'hyperpression est transmise par la platine de l'étrier. Dans certains cas, le barotraumatisme est transmis directement à l'oreille interne sans atteinte du tympan et des osselets. Il s'agit d'un **barotraumatisme direct** réalisant l'entorse stapédo-vestibulaire (coup de piston de l'étrier dans la fenêtre ovale).

Symptômes : Le barotraumatisme mixte associe les signes d'atteinte de l'oreille moyenne (otalgie, hypoacousie, hyperhémie tympanique) aux signes d'atteinte de l'oreille interne (hypoacousie sévère, acouphènes, vertiges, déséquilibre et trouble de la marche, nausées, vomissements).

Cas particuliers :

- Le vertige alerno-barique provenant d'un léger déséquilibre de pressions dans l'oreille moyenne, survenant à la remontée, à faible profondeur (vertige rotatoire pouvant entraîner une impossibilité de reconnaître le bas du haut).

Conduite à tenir : Equilibrer ses oreilles au fur et à mesure de la descente. Ne jamais forcer lors de manœuvres d'équipression. Stopper la descente pour remonter légèrement dès qu'une oreille « ne passe pas », puis recommencer doucement. Préférer les méthodes douces pour équilibrer les oreilles (béance tubaire volontaire ou déglutition plutôt que Valsalva). En cas de gêne à la remontée, redescendre de quelques mètres, se moucher et remonter doucement.

Prévention : Attention aux cotons tiges. Ne pas plongée enrhumé. Pas de bouchon dans le conduit auditif. Jamais de Valsalva à la remontée. Recherche étiologique d'une obstruction tubaire par un examen ORL systématique, audiométrie tonale avec impédancemétrie en cas de trouble de l'audition. L'abstention de plongée est obligatoire selon une durée fonction de l'importance de l'atteinte tympanique.

4.2.2.6 – Les intestins et l'estomac :

Causes : Soit de l'air avalé dans l'estomac, soit la fermentation alimentaire pendant la plongée. L'aspiration d'air par l'œsophage est favorisée par l'augmentation du gradient de pression régnant entre la pression ambiante et la pression pleurale. Certains sujets présentant une hypotonie de leur muscle crico-pharyngien sont plus exposés. La difficulté d'équilibration des pressions de l'oreille moyenne est aussi à l'origine de manœuvre à type de déglutitions répétées.

Mécanisme : Au cours de la remontée le volume des gaz digestifs augmente selon la loi de Boyle-Mariotte. La plupart du temps, l'air est présent en petite quantité et n'est responsable que de troubles mineurs. La **rupture gastrique** est une complication grave exceptionnelle. Le mécanisme est à rapprocher du barotraumatisme pulmonaire. Si l'évacuation habituelle des gaz par le pylore et le cardia est dépassée, la dilatation dans l'estomac et l'intestin entraîne une distension gastrique pouvant aller jusqu'à la rupture pariétale le long de la petite courbure.

Facteurs favorisants : Plongée profonde, remontée rapide secondaire à un accès de panique ou un problème technique, déglutition accidentelle d'eau.

Symptômes : Gêne à type de pesanteur ou de distension colique, éructations, vomissement et accès de coliques. La rupture gastrique associe distension et douleurs abdominales, pouvant être accompagné d'éructations, de vomissements, d'hématémèse et d'une dyspnée. L'abdomen est tendu, tympanique et douloureuse.

Conduite à tenir : Essayer d'évacuer les gaz par voie buccale ou rectale. Le traitement symptomatique d'un état de choc en cas de rupture doit être mis en œuvre sans retard. L'exsufflation du pneumopéritoine permet un soulagement immédiat.

Prévention : Avant de plongée, pas de boisson gazeuse ni de féculents. Eviter de déglutir pour équilibrer les oreilles et si besoin évacuer les gaz pendant la plongée.

4.2.2.7 – La surpression pulmonaire (24) :

Causes : Cet accident grave se produit toujours lors d'une remontée, par expiration insuffisante. Son mécanisme résulte d'une **augmentation** de **volume** des gaz **intra-pulmonaires**, entraînant la distension à la limite de l'élasticité ou la rupture des parois alvéolaires s'il existe un **obstacle** à la libre circulation de l'air dans les voies respiratoires.

Parmi les étiologies, on retrouve fréquemment une interruption de la respiration par blocage volontaire ou panique, spasme glottique réflexe secondaire à la pénétration d'eau dans les fosses nasales et le pharynx, manœuvre de Valsalva intempestive à la remontée. Malformation anatomique ou physiologique (bronches à clapets, alvéoles à clapets). Crise

d'asthme, emphysème (dilatation excessive et permanente des alvéoles pulmonaires). Détendeurs bloqués empêchant l'expiration.

Mécanisme : Après la déchirure des alvéoles pulmonaires, le passage de l'air peut ainsi se faire vers la plèvre (pneumothorax), le médiastin (pneumomédiastin), les tissus du cou (emphysème sous cutané) et dans la circulation veineuse pulmonaire. Une embolie gazeuse systémique est possible par la migration de bulles via le coeur gauche vers les artères cérébrales.

Symptômes : La surpression pulmonaire est de symptomatologie plus ou moins bruyante, selon l'importance de la rupture alvéolaire, et peut aboutir à l'extrême au décès. Elle se manifeste immédiatement ou dans les heures qui suivent la remontée. :

- **Signes généraux** : Fatigue intense, collapsus ou choc avec Arrêt Cardio Respiratoire (ACR).
- **Signes pulmonaires** :
 - Douleur thoracique retro sternales, oppression.
 - Dyspnée, toux spontanée ou provoquée par inspiration profonde.
 - Spume rosâtre, crachats hémoptoïques ou hémoptysie franche.
- **Thorax dilaté** (emphysème sous cutané).
- **Signes neurologiques** d'aéro embolisme cérébral : Trouble de la conscience et déficits moteurs, crises convulsives, trouble de l'équilibre, de la parole, de la vue.

Conduite à tenir : Toute perte de connaissance en cours de remontée doit faire évoquer la surpression pulmonaire. Il s'agit d'une urgence vitale qui relève d'un traitement par caisson hyperbare. Il faut souligner qu'une surpression pulmonaire peut être associé à un ADD (plongée saturante, paliers non effectués). Oxygénothérapie normobare au masque à fort débit, réchauffer et reconforter.

Prévention : On l'évite en contrôlant la vitesse de remontée (rôle essentiel de l'ordinateur de plongée) avec une vigilance dans les cinq derniers mètres avant la surface (passage de 1.5 Atm à 1 Atm). Ne jamais bloquer sa respiration lors de la remontée et plus généralement éviter les apnées sous l'eau.

4.2.3 – Les accidents toxiques et l'hypoxie :

4.2.3.1 – Introduction :

L'air est un mélange gazeux. Il est composé de 79% N₂, 20,9% d'O₂, 0,07% de gaz rares, 0,03% de CO₂. Dans l'application à la plongée, nous considérons la **répartition simplifiée** suivante : 79% N₂, 21% d'O₂.

Dans l'organisme, chaque gaz se comporte comme s'il était seul. Les concentrations des autres gaz n'influent pas les unes sur les autres. Notre organisme accepte d'être confronté aux gaz contenus dans l'air sous certaines conditions. Le franchissement de ces limites peut entraîner des troubles ou même des accidents. Il est donc important de connaître les **limites de toxicité** des différents gaz usuels dans notre organisme.

La **loi de Dalton** permettant de mesurer la pression partielle d'un gaz est la suivante :

$$P_{\text{pgaz}} = P_{\text{abs}} \times \% \text{gaz dans le mélange}$$

Par exemple pour l'O₂ à 10 mètre dans l'air :

$$P_{\text{pO}_2} = 2 \times 0,2 = 0,4 \text{b}$$

L'air respiré en plongée est le même que celui qui est respiré en surface. Il faut distinguer toutefois la plongée au NITROX (mélanges suroxygénés : O₂/N₂ en pourcentage différents de l'air) et la plongée au TRIMIX (mélange ternaires : O₂/N₂/Hélium).

Les **facteurs de toxicité** sont :

- La concentration du gaz dans le mélange.
- La profondeur d'utilisation.
- La durée d'exposition.
- Les facteurs environnementaux et la sensibilité individuelle.

4.2.3.2 – L'azote (23, 28) :

C'est un gaz inerte qui n'est pas utilisé par l'organisme. Il est utile pour la respiration car il sert de diluant dans les poumons. Il intervient dans la **narcose**, c'est l'ivresse des profondeurs. L'azote est toxique à partir d'environ 30 mètres.

Cause : Augmentation de la PpN₂.

Mécanisme : Le phénomène de la narcose est encore mal connu, mais il cause une altération de la transmission des influx nerveux.

Symptômes :

- Troubles de l'idéation : Détérioration des facultés d'attention, de concentration, d'abstraction, de raisonnement. Difficulté à anticiper, à se tenir à une idée. Le flux idéique est mal contrôlé.
- Désorientation temporo-spatiale (écoulement du temps).
- Troubles de la mémoire immédiate.
- Troubles perceptifs et hallucination : L'appréhension du réel est perturbée :
 - Modification de la perception de la douleur avec hypoalgésie.
 - Altération des perceptions visuelles et auditives avec intensification.
 - Sensation de lévitation, notamment en décubitus.
 - Des hallucinations visuelles et auditives (flash coloré, phénomène de réverbération sonore, bruit de fond perçu comme une mélodie).
 - Troubles du schéma corporel avec sensation de dépersonnalisation.
- Troubles psychomoteurs : Détérioration croissante de la dextérité manuelle.
- Troubles de l'humeur : Euphorie et sentiment de puissance, de surestimation de soi pouvant entraîner des comportements aberrants et dangereux.

Conduite à tenir : En siphon, une narcose ne se rattrape pas comme en mer. Il n'est pas possible de remonter plus haut que le plafond pour faire baisser la PpN₂, a fortiori sans lâcher le fil d'Ariane. Si les symptômes disparaissent, on peut continuer la plongée, mais sans repasser de points bas.

Prévention : La narcose est plus difficile à appréhender par manque de repère. La morphologie de la galerie et l'éclairage constant ne varient pas avec la profondeur. Un entraînement progressif à la profondeur peut éventuellement limiter les risques de narcose. Pas de plongée profonde si l'on n'est pas en bonne condition physique. Connaître sa limite habituelle de profondeur. La descente doit être lente en « écoutant » les réactions de l'organisme.

4.2.3.3 – L'oxygène :

Essentiel à la vie, il est utilisé par les cellules de l'organisme. Il peut être **toxique** si sa pression partielle est trop importante :

- S'il est respiré pur, il est toxique au-delà de 6 mètres.
- S'il est respiré en mélange suroxygéné (NITROX), il est toxique au-delà de la profondeur d'utilisation.
- En plongée à l'air, il devient dangereux dans la zone des 70 mètres.

4.2.3.3.1 – Hyperoxie :

Cause : Les troubles liés à un excès d'O₂, apparaissent dans les cas suivants :

- **Effet Lorrain Smith** : La pression partielle d'O₂ respirée est > à 0.5b pendant plus de 6 heures.
- **Effet Paul Bert** : La pression partielle d'O₂ respirée est > à 1.6b

Mécanisme : Ce seuil est atteint en cas de mélange non conforme à la profondeur de la plongée, soit par défaillance à la production, soit par dépassement volontaire ou non de la profondeur limite.

Symptômes :

- Les **prodromes** sont rares et peu ressentis dans l'eau : Trouble de la vision, de l'audition, des tremblements musculaires voire des nausées ou vertiges, nausées, anxiété, tachycardie
- **Effet Lorrain Smith** : Face rose, gêne respiratoire, toux, brûlures alvéolaires, œdème pulmonaire.
- **Effet Paul Bert** : On distingue 3 phases dans la crise hyperoxique : une phase tonique (contractions musculaires), une phase clonique (ramollissement) et une phase finale dépressive. La crise hyperoxique s'interrompt d'elle-même quand on cesse l'inhalation d'O₂.

La crise hyperoxique peut conduire à la noyade, à la survenue d'une surpression pulmonaire en cas de spasme et à la survenue d'un ADD si elle entraîne une remontée intempestive sans respect des procédures.

Conduite à tenir : Faire baisser la PpO₂ (remonter si symptômes durant la plongée). Prévenir le risque de noyade en maintenant l'embout en bouche. Faire hospitaliser le blessé.

Prévention : Respecter les limites d'utilisation des gaz respirés (60 m maximum à l'air). L'analyse des gaz est impérative avant la plongée.

4.2.3.3.2 – Hypoxie :

L'hypoxie n'est pas un accident toxique, mais il est important d'en parler afin d'aborder les cas de manque d'O₂ en complément de l'hyperoxie.

Cause : Les troubles liés à un manque d'O₂, apparaissent dans les cas suivants :

- Limite basse de tolérance d'O₂ 0,17b.
- Pression d'O₂ comprise entre 0,12b et 0,16b : hypoxie.
- En dessous de 0,12b : anoxie.
-

Mécanismes : Mélange gazeux défectueux à la fabrication et mal analysé. Défaut de fonctionnement du recycleur, erreur d'utilisation (rinçage du faux poumon).

Symptômes : La syncope hypoxique est brutale, sans signe annonciateur et, mal gérée, peut entraîner les mêmes accidents secondaires que l'hyperoxye : Tachycardie, hallucinations, perte de conscience, arrêt cardio-ventilatoire.

Conduite à tenir : Augmenter la PpO₂ par oxygénothérapie.

Prévention : Respecter les profondeurs maximales selon le mélange respiré.

4.2.3.4 – Syndrome nerveux des hautes pressions (28) :

Le SNHP est constitué par un ensemble de troubles d'**origine nerveuse** regroupés en symptômes cliniques, comportementaux ou neurologiques caractérisés par :

- Un **tremblement** qui survient d'abord aux extrémités des membres au cours des mouvements et survient entre 150 et 200 mètres. Il s'intensifie avec la profondeur et gagne progressivement la racine des membres, puis l'ensemble du corps.
- Des **fasciculations** et des myoclonies (secousses musculaires) qui surviennent d'abord aux extrémités des membres (entre 400 et 500 mètres) et qui gagnent progressivement la racine des membres, les muscles de la nuque, le visage et le corps.
- De la **dysmétrie** qui est mise en évidence chez l'homme par des tests neurologiques classiques.
- Une **baisse de performance** aux tests psychométriques.
- Dans certaines conditions, des nausées et des vertiges ont été décrits.

4.2.4 – L'essoufflement (23) :

Causes : L'essoufflement est causé par une augmentation de la PpCO₂ dans l'organisme (>0.02b). Il peut avoir comme origine :

- Une pollution de l'air.
- Un détendeur défectueux.
- Un robinet mal ouvert.
- Le froid.
- Un effort excessif : Les changements de puissance du courant (en fonction de la section de la galerie) ainsi que les variations de repère visuel, peuvent inciter le plongeur à modifier la fréquence et l'amplitude du palmage.
- Mauvaise épuration du CO₂ par le recycleur (cartouche défectueuse ou mal remplie, chaux sodée mouillée ou de mauvaise qualité, durée de validité dépassée).

Mécanismes : La teneur maximum que nous pouvons supporter est de 1%, soit à la pression atmosphérique $PpCO_2$: 0,01b. En plongée l'essoufflement se traduit souvent par la sensation de « manque d'air ». Or nous ne manquons pas d'air, nous avons trop de CO_2 . Le réflexe est alors d'inspirer le plus fort possible, ce qui ne fait qu'augmenter le phénomène d'essoufflement, alors qu'il faudrait expirer le plus possible.

Symptômes : Si la pression partielle de CO_2 atteint :

- 0,02b, soit 2% en surface → Augmentation de la fréquence ventilatoire.
- 0,03b, soit 3% en surface → Maux de tête.
- 0,04b, soit 4% en surface → Maux de tête violents, sensation d'oppression.
- 0,06b, soit 6% en surface → Suffocation.
- 0,07b, soit 7% en surface → Perte de connaissance.
- 0,08b, soit 8% en surface → Décès.

Conduite à tenir sous l'eau : Comme pour la narcose il n'est parfois pas possible de faire baisser la $PpCO_2$ en remontant de quelques mètres. Le plongeur souterrain « s'écoute en permanence et doit être capable d'anticiper un essoufflement. Cesser tout effort, se calmer, respirer amplement en insistant sur l'expiration. Ne pas croire que l'on récupère d'un essoufflement au cours de la descente ou durant la plongée même si l'on expire très fort. Prévenir les réactions de suffocation et d'arrachage d'embout.

Conduite à tenir à la surface : Oxygénothérapie, si essoufflement sérieux. Les maux de tête peuvent se poursuivre en surface, bien après le retour à des conditions normales. Surveiller l'évolution des maux de tête et penser aux problèmes éventuels de décompression.

Prévention : Ne jamais faire d'effort pendant la plongée. Avoir un bon lestage et une bonne stabilisation. Garder son détendeur en bouche pour éviter l'inhalation ou l'ingestion d'eau. Avoir du matériel en bon état (détendeur révisé...). Prendre le temps de s'équiper sans précipitation.

4.2.5 – L' OAP d'immersion (1) :

Il s'agit d'un Œdème Aiguë du Poumon (**OAP**) sans cardiopathie sous jacentes pouvant, survenir au décours d'une plongée scaphandre.

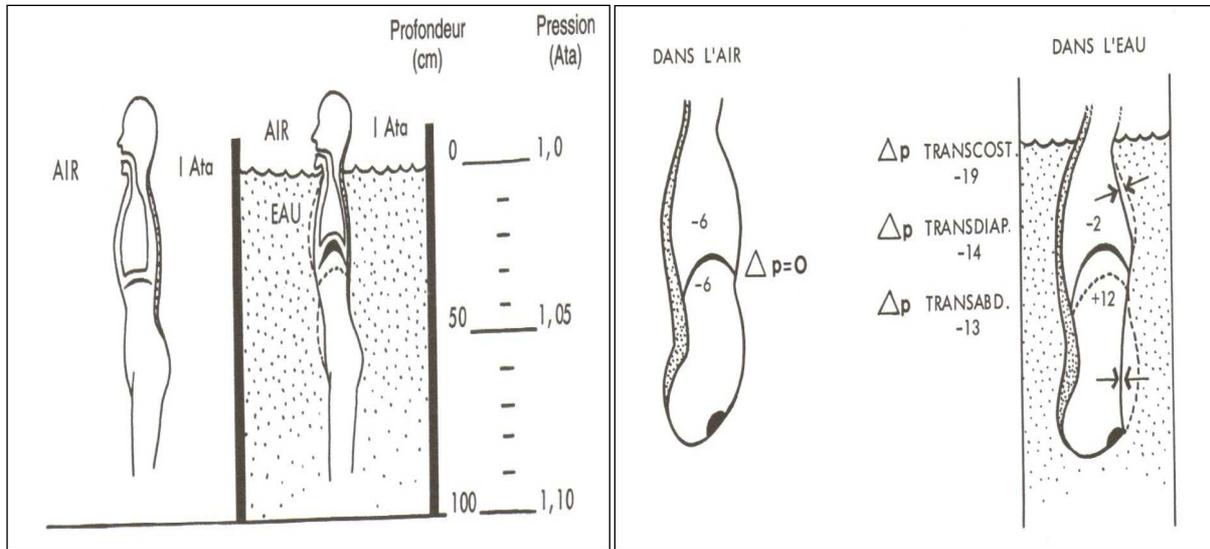
Causes : Il est dû à une augmentation du gradient de pression trans-alvéolaire (hyperpression des capillaires pulmonaires) entraînant une « capillary stress failure » ou défaillance mécanique alvéolo-capillaire :

- Ouverture des jonctions intercellulaires de l'endothélium capillaire.
- Lorsque la pression capillaire dépasse un certain seuil ceci va créer une lésion de l'endothélium capillaire puis de l'endothélium alvéolaire mettant en relation directe la lumière capillaire et alvéolaire.
- Passage d'un contenu approchant celle du sang avec des globules rouges dans le liquide alvéolaire.

Mécanisme :

- L'immersion :
 - Le blood shift : L'augmentation de la pression autour du corps lors de l'immersion provoque un afflux de sang dans la cage thoracique par augmentation du retour veineux, augmentant le volume sanguin central de

700ml et responsable d'une augmentation de la pression artérielle pulmonaire de 12 mmhg, d'une diminution de la capacité vitale de 5% et donc d'une augmentation de la pré-charge.



- Le froid provoque une vasoconstriction et une redistribution vasculaire qui augmentent le blood shift au dépend du volume sanguin périphérique (augmentation de la PAP, de la pré-charge, de la post-charge et diminution de la CV de 10%).
- L'augmentation des pressions négatives thoraciques a pour effet d'augmenter le retour veineux. Elle se retrouve :
 - Par compression thoracique (combinaison humide)
 - Lors de la respiration contre résistance : Densité gazeuse et profondeur, problème de détendeur (non compensé, valve, poussière d'argile), bouteille mal ouverte ou en fin de bloc.
- La décompression génère des bulles qui sont responsable de lésions de l'endothélium capillaire et augmentent la pression capillaire.
- L'hyperoxie est responsable d'une augmentation de la vasoconstriction pulmonaire.
- Le stress provoque la libération de catécholamine entraînant une augmentation des résistance vasculaire pulmonaire.
- L'exercice intense en plongée entraîne une augmentation du débit cardiaque avec diminution de la capacité de diffusion.
- La prise d'aspirine en auto-médication (effet anti-aggrégant plaquettaire).

Symptômes : Ils apparaissent pendant la plongée (à la remontée) ou rapidement en surface, associant toux, dyspnée, hémoptysie (> 60% des cas), faiblesse générale, confusion, oppression thoracique, râle et sibilant. Ils disparaissent en moins de 48 heures, parfois spontanément.

Conduite à tenir : Hospitalisation et bilan clinique à réaliser (NFS, troponine, gazométrie, radio pulmonaire et scanner thoracique, écho cœur, Exploration Fonctionnelle Respiratoire (EFR), dosage des catécholamines sanguines et urinaires ; +/- épreuve d'effort, holter ECG et IRM cardiaque).

Prévention : Du fait du risque de récurrence l'OAP d'immersion constitue une contre indication définitive à la plongée. Certains proposent un traitement préventif par 5mg de Nifédipine avant la plongée en cas d'insistance (sans récurrence).

4.3 – Problèmes terrestres post siphon :

4.3.1 – Les traumatismes (12, 24, 29) :

La traumatologie est la pathologie dominante en spéléologie (2/3 des accidents souterrains de 1985 à 1995). En plongée spéléologique, elle peut survenir sur les parties terrestres avant ou après un siphon. Il n'est pas utopique d'imaginer le cas d'un patient souffrant d'un traumatisme crânien avec troubles de la conscience, au-delà d'un siphon (87).

Les accidents traumatiques sont le plus souvent le résultat de chutes. Elles représentent plus de 50% des causes d'accidents (ruptures d'amarrage, erreurs techniques ou un lâchage de prise lors d'escalade). La gravité des lésions est fonction de la hauteur de chute (33 polytraumatismes sur 278 chute recensées de 1988 à 1997) (18).

Ces accidents sont favorisés par la surcharge ou la fatigue. Le lieu de l'accident, le degré d'incapacité physique et la possibilité ou non de faire appel rapidement à des secours sont des éléments qui peuvent aggraver le pronostic d'une lésion initialement bénigne.

L'évaluation de la **gravité** repose sur :

- L'observation de l'accident : violence du choc, hauteur de chute, bruit entendu.
- L'attitude du blessé.
- L'interrogatoire : impression de déboîtement articulaire, craquement, blocage, paresthésies, engourdissement, douleur...
- L'inspection : déformation d'un segment de membre évoquant une fracture, déformation articulaire évoquant une luxation. Les fractures de membres sont ouvertes dans 10% des cas (18).
- La palpation des différents éléments anatomiques en cause.
- Les manœuvres d'examen orientées selon le siège du traumatisme.

4.3.1.1 – Les traumatismes cutanés (73, 96) :

La peau est un organe de protection. En cas d'effraction cutanée, c'est une porte d'entrée pour les germes. Il convient de rappeler l'importance de la **vaccination antitétanique**.

Plaie superficielle : La désinfection n'est pas justifiée si la plaie doit être à nouveau immergée.

Plaie profonde : Si le geste de suture ne peut être réalisé un délai de six heures, il est conseillé de débiter une antibiothérapie.

Plaie hémorragique : l'hémorragie peut être évidente ou insidieuse, le sang s'écoulant à l'intérieur de la combinaison néoprène. En priorité, arrêter l'hémorragie en appuyant sur la plaie par une compression manuelle directe. Prendre le relais par un pansement compressif. Si ce dernier est inefficace ou si la plaie présente un corps étranger (fracture ouverte) pratiquer un point de compression artériel à distance.

4.3.1.2 – Les traumatismes crâniens :

Une perte de connaissance initiale nécessite un examen médical dans un délai rapproché de celui de l'accident, le risque étant la constitution d'un hématome extradural. Il s'agit d'une complication rare qui impose un diagnostic précoce et une thérapeutique chirurgicale. Il faut réaliser **une surveillance pendant 24 heures** (conscience, recherche d'un déficit, état pupillaire).

4.3.1.3 – Les traumatismes du rachis vertébral (29, 73):

Ils sont consécutifs à des chutes de hauteur et atteignent essentiellement le rachis dorsal avec risque de tassement vertébral. Toute douleur, même minime de la nuque et du dos doit faire penser à une fracture. L'attelle « Sam Splint » permet de réaliser un collier cervical de fortune.

Dans le cas où le **patient** est **conscient**. L'interrogatoire précise l'existence de douleurs rachidiennes. L'examen recherche une douleur à la palpation, une mobilité anormale d'une épineuse, une cyphose locale. Il faut s'assurer de l'absence de troubles neurologiques.

Dans le cas d'un **blessé polytraumatisé** ou dans le **coma**, il faut envisager systématiquement une lésion de la moelle épinière. Il est impératif de ne pas déplacer la victime sauf si sa situation l'expose à un suraccident, auquel cas son déplacement impose un maintien de l'axe tête-cou-tronc, sans aucune rotation de l'axe rachidien.

Le **transport** du blessé repose sur un **triple impératif** :

- Sujet bien **immobilisé** dans un matelas à coquille.
- **Éviter** toute **sédation excessive** qui risque de perturber les données de l'examen clinique, et faire négliger une atteinte neurologique majeure.
- **Transport** vers un plateau technique permettant un diagnostic lésionnel précis, les équipes neurochirurgicales et de réanimation.

4.3.1.4 – Les fractures de côtes :

Les fractures de côtes peuvent survenir en spéléologie lors de chute directe sur la cage thoracique ou indirectement par des chutes de pierres. Elles se manifestent par une douleur vive majorée par la respiration et imposent parfois l'arrêt de la progression.

4.3.1.5 – Les traumatismes des membres supérieurs :

4.3.1.5.1 – Entorses et fractures (29, 73) :

Les entorses et les fractures sont invalidantes en spéléologie terrestre. Après avoir éliminé les complications vasculo-nerveuses, le membre supérieur doit être immobilisé contre le thorax, en position d'antalgie, à l'aide d'une attelle « Sam Splint® » sous la combinaison.

Fracture de la clavicule par chute directe sur le moignon de l'épaule. Le diagnostic est facile devant la douleur, la saillie sous-cutanée en regard de la fracture et le point exquis sur la clavicule. Le traitement est le plus souvent orthopédique avec un bandage en 8 pouvant être réalisé par une sangle de torse.

Les variétés et les mécanismes de **la fracture du coude** sont :

- La **fracture** de l'**extrémité inférieure** de l'**humérus** se rencontre lors de chute sur la main coude en extension, la tête radiale venant fracturer l'épiphyse humérale. Le blessé se présente avec un gros coude douloureux et une impotence fonctionnelle absolue.
- La **fracture** de l'**olécrâne** survient lors de chute sur la main coude en flexion (mécanisme indirect) ou lors de choc sur la face postérieure du coude en flexion (mécanisme direct). Le blessé se présente avec une douleur de la face postérieure du coude, un gonflement et un hématome sous-cutané.
- La **fracture** de l'**apophyse coronoïde** et la fracture de la **tête radiale** peuvent être isolées ou associées soit à une luxation du coude, soit à une fracture comminutive de l'ensemble du coude.

Les traumatismes de l'avant-bras exposent au risque de fractures de la diaphyse du radius et de l'ulna. Le mécanisme est le plus souvent indirect lors de chute sur la main avec flexion forcée de l'avant-bras. Le diagnostic est réalisé devant une pronosupination impossible, une déformation associée à une ecchymose et un œdème. La palpation retrouve une douleur exquise en regard des foyers de fracture. Sur les lieux de l'accident, vérifier l'absence de complications cutanées, vasculaires et neurologiques. Une immobilisation antalgique doit être instaurée. En cas de fracture ouverte, une désinfection et une couverture par un pansement doivent être effectués.

La fracture du scaphoïde survient après une chute sur la paume de la main, poignet en hyperextension. Les piliers du diagnostic sont la douleur provoquée à la palpation précise de la tabatière anatomique et la manœuvre de Verneuil positive.

4.3.1.5.2 – Les luxations de l'épaule (52, 73, 94) :

La luxation de l'épaule survient à la suite d'un **choc direct antéropostérieur** ou **indirectement** par une chute sur la main (le bras en **abduction-rotation externe**).

Il existe **différentes formes cliniques** :

- Dans les **subluxations antérieures**, la réduction peut se faire de façon spontanée ou lors de mouvements effectués par le blessé.
- Les **luxations** isolées sont de variétés **antéro-internes** dans la quasi-totalité des cas. La tête humérale se déplace vers le bas, puis en dedans. Le diagnostic est facile : douleur violente, impotence fonctionnelle, le blessé soutenant son avant-bras pour maintenir le coude éloigné du buste, épaule blessée plus basse que l'autre (signe de l'épaulette, coup de hache). La palpation confirme le vide sous-acromial. Les luxations postérieures sont rares.
- Les **luxations associées** à une **fracture de la tête humérale** peuvent se produire lors d'un choc violent direct sur le moignon de l'épaule. L'examen clinique montre une augmentation de volume importante, avec un craquement au moindre déplacement.

Devant une luxation de l'épaule en spéléologie :

- Ouvrir la combinaison du blessé pour l'examiner et pouvoir le recouvrir par la suite.
- Un sac spéléo mis en travers sous le creux de l'aisselle (une sangle autour du cou, l'autre autour du buste) immobilise l'épaule et soulage un peu le blessé.

Trois possibilités thérapeutiques existent et différentes notions vont guider ce choix :

- **Abstention de tout geste** : Si la luxation n'est pas réduite, aucune immobilisation ne peut soulager intégralement la douleur. Il ne faut donc jamais essayer d'évacuer soi-même un blessé dont la luxation n'a pas été réduite lorsque l'on doit passer siphons, étroitures, remontées de puits, et autres « divertissements ».
- Une tentative de **réduction sans médication** est aléatoire après l'accident. Une luxation de l'épaule ne doit pas être réduite par des manœuvres forcées qui risquent d'aggraver les lésions capsulaires, de désengrener une fracture.
- Après **réduction sous Diazépam** intra veineux (myorelaxant), toutes les douleurs disparaissent dans 100 % des cas (sur une série de plus de 500 cas) (94).

Une fois l'épaule réduite, il faut toujours l'immobiliser avant d'évacuer le blessé. Le coude au corps sous la combinaison est un excellent moyen.

4.3.1.5.3 – Les luxations du coude (29, 73) :

Elles peuvent se produire suite à une chute sur la main, le coude en hyperextension et supination. Elle sont postéro-externes dans 9 cas sur 10, avec possibilité de compression vasculo-nerveuse et d'atteinte cutanée. C'est alors une urgence. L'examen montre une saillie de l'olécrane. La douleur est importante et l'impotence fonctionnelle totale. Le blessé se présente avec le coude en demi-flexion et l'avant-bras raccourci.

4.3.1.5.4 – Les traumatismes de la main (73) :

En spéléologie, les traumatismes de la main peuvent survenir suite à une chute de pierre. Les lésions sont souvent osseuses, mais aussi tendineuses, vasculaires ou nerveuses. Les traumatismes par écrasement font partie des circonstances défavorables avec les lésions négligées de plus de 24 heures.

Les conditions de l'examen sont délicates du fait des douleurs. Les bagues et les alliances doivent être rapidement retirées, pour éviter un syndrome de compression.

4.3.1.6 – Les traumatismes des membres inférieurs :

4.3.1.6.1 – Les contusions musculaires :

Deux cadres étiopathogéniques sont à distinguer :

- Les accidents **par traumatisme direct exogène** (chute). Le type de lésions dépend de deux facteurs : la violence du traumatisme et l'état fonctionnel du muscle lors de l'impact (contraction ou relâchement).
- Les accidents musculaires **par traumatisme endogène** sont liés à une sollicitation du muscle au-delà de ses possibilités de contractilité et d'élasticité. Ils sont influencés par

l'entraînement et l'échauffement. On distingue par ordre de gravité croissant : l'élongation et la contracture, le claquage, la rupture partielle ou totale.

Tous les moyens (strapping) visant à limiter sa mobilité (limitation du volume de l'hématome) sont à conseiller.

4.3.1.6.2 – Fracture de fémur (52, 73) :

Les **signes cliniques** sont une douleur vive, une impotence fonctionnelle, un raccourcissement et une déformation du membre (rotation, angulation anormale). Les fragments osseux peuvent se déplacer dans l'axe de la cuisse par superposition et provoquer une déchirure musculaire avec hémorragie interne. Les complications à rechercher sont la compression nerveuse et la fracture ouverte.

Conduite à tenir : Immobilisation par un matelas coquille. Évacuation du blessé par une équipe de secours médicalisée.

4.3.1.6.3 – Entorse du genou (34, 98) :

La classification est basée sur l'intégrité ou l'atteinte du pivot central (ligament croisé antérieur (**LCA**) et ligament croisé postérieur (**LCP**) :

- Entorses bénignes : **pivot central intact**, atteintes capsulo-ligamentaires périphériques isolées.
- Entorses graves : **pivot central atteint** avec ou sans lésions capsulo-ligamentaires périphériques.

L'entorse bénigne concerne plus souvent le ligament latéral interne (**LLI**). Elle succède à un mouvement forcé en latéralité lors d'une glissade. A l'examen, le modelé du genou est normal, avec un point douloureux à l'insertion du LLI. En cas de rupture du LLI, une hydarthrose est retrouvée, avec une douleur plus étendue.

L'entorse grave est définie par un **trépied** perçu par le blessé au moment de l'accident : craquement bref, impression de déboîtement articulaire, de « patte folle », avec déroboement à la reprise de l'appui.

La rupture du LCA peut être provoquée par un blocage du pied lors de la marche dans une trémie avec flexion-rotation interne lors de la chute. A l'examen, le modelé du genou est peu modifié, sans douleur à la palpation. La rupture du LCP peut s'observer lors de chute avec choc direct antérieur sur le tibia, genou fléchi.

La rupture du pivot central et des éléments périphériques associe : épanchement intra rotulien, hémarthrose, ecchymose, bâillement latéraux. Le traitement associe les anti-inflammatoires à une immobilisation par attelle Sam Splint®.

4.3.1.6.4 – Fracture du genou (36) :

Les **fractures du genou** sont des fractures articulaires. **On distingue** :

- La **fracture de l'extrémité inférieure du fémur** survient après un traumatisme à haute énergie (choc dur sur chute de puit). Elle est évoquée devant une impotence complète, douloureuse, du membre inférieur, avec raccourcissement et rotation

externe (le pied reposant sur son bord externe). La présence d'une hémarthrose signe l'extension articulaire du trait de fracture.

- La **fracture** de la **rotule** : le mécanisme lésionnel peut être un choc sur le genou fléchi. Elle associe une hémarthrose douloureuse, l'impossibilité d'obtenir une extension active du genou contre la pesanteur (rupture de l'appareil extenseur).

4.3.1.6.5 – Fracture de jambe (73) :

Son diagnostic est évident par la déformation et l'impotence fonctionnelle totale. Le risque d'ouverture cutanée, n'est pas négligeable, en cas de déplacement important. Dans ce cas, il convient de réaliser un réaligement prudent de la fracture par traction douce et progressive dans l'axe du membre. Il faut réaliser une immobilisation rigide. Toutes les plaies à proximité du foyer de fracture seront désinfectées et recouvertes d'un pansement bétadiné. La mise en route d'une antibiothérapie est recommandée.

4.3.1.6.6 – Entorse de la cheville (73) :

Les entorses de la cheville sont fréquentes à la suite d'une glissade sur la glaise. L'entorse externe est la plus habituelle et survient lors d'un mouvement forcé en varus lors de la marche.

Les signes cliniques :

- **Entorse légère**: Absence de craquement, œdème et douleur à la palpation.
- **Entorse grave** : Perception d'un craquement, tuméfaction en forme d'œuf de pigeon, large ecchymose fusant sur le bord externe du pied.

Il faut éliminer les lésions autres que celles atteignant les ligaments de la cheville, en palpant les reliefs osseux (malléole externe et interne, base du 5^{ème} métatarsien, calcanéum). La présence d'une douleur vive sur l'un de ces reliefs est en faveur d'une lésion fracturaire qui impose alors la mise en décharge.

Conduite à tenir : immobilisation par une bande adhésive élastique (strapping) très serrée, application d'eau froide à visée anti-œdémateux et antalgique, reprise de la plongée et de la marche.

4.3.1.6.7 – Fracture de cheville :

Elle est difficile à différencier d'une entorse grave. Les signes locaux sont plus marqués avec un hématome, une douleur vive à la pression, un gonflement rapide. Il est souhaitable de pratiquer une immobilisation de fortune. L'attelle « Sam Splint® » permet de réaliser cette immobilisation sur la peau et ensuite de recouvrir la cheville par la combinaison.

4.3.1.7 – Le polytraumatisme (73) :

Le polytraumatisé présente des atteintes multiples dont l'une au moins menace le pronostic vital. En plongée spéléologie, le milieu majore la gravité des lésions par les délais d'alerte et d'intervention, et les conditions d'évacuation.

Le blessé présente souvent un état de choc, pouvant s'aggraver si aucune mesure de sauvegarde n'est entreprise. Les signes en sont : un pouls rapide et filant, une polypnée, une cyanose et un refroidissement des extrémités.

La prise en charge consiste à :

➤ **Lutter contre l'hypothermie :**

Cette dernière aggrave le polytraumatisé, proportionnellement à sa profondeur. Elle est d'installation rapide car les défenses sont minimales. Sur le terrain, le traitement ne permet qu'une réduction de la déperdition thermique, par une isolation efficace.

➤ **Assurer une respiration efficace :**

L'évaluation clinique n'est pas aisée. La cyanose est souvent absente du fait de la vasoconstriction périphérique et l'anémie hémorragique. La polypnée peut être masquée par la bradypnée de l'hypothermie. La fonction respiratoire est menacée à plusieurs niveaux. A l'hypoxie tissulaire (anémie, dépression de la commande ventilatoire centrale), s'ajoute l'atteinte de la mécanique ventilatoire. La détresse respiratoire est la conséquence des lésions pariétales directes (atteintes du gril costal, traumatisme du diaphragme) ou indirectes (atteintes médullaires), des lésions du parenchyme pulmonaire ou des épanchements pleuraux (pneumo-hémothorax). Dans tous les cas, l'oxygénothérapie s'impose, soit en inhalation à fort débit, soit en ventilation assistée chez le patient intubé.

➤ **Lutter contre une détresse circulatoire :**

L'hypothermie peut masquer son importance, la pression artérielle étant maintenue par la vasoconstriction. La coloration des culs de sac conjonctivaux est un moyen simple pour estimer l'hématocrite. L'origine de cette détresse est multiple (hypovolémie sur pertes hémorragiques). Les lésions internes les plus hémorragiques sont les ruptures des organes pleins intra-abdominaux, les épanchements sanguins pleuraux, les fractures du bassin, atteintes médullaires hautes. Un dysfonctionnement du rythme de la pompe cardiaque peut s'ajouter (dissociation électromécanique, fibrillation ventriculaire), aggravant le pronostic. La difficulté du traitement réside dans la VVP, sur une victime hypotherme et hypovolémique. La lutte contre la détresse circulatoire repose sur le remplissage par des substituts de plasma. L'objectif est d'obtenir une pression artérielle moyenne > à 80 mm Hg. Les amines sont indiquées en complément du remplissage.

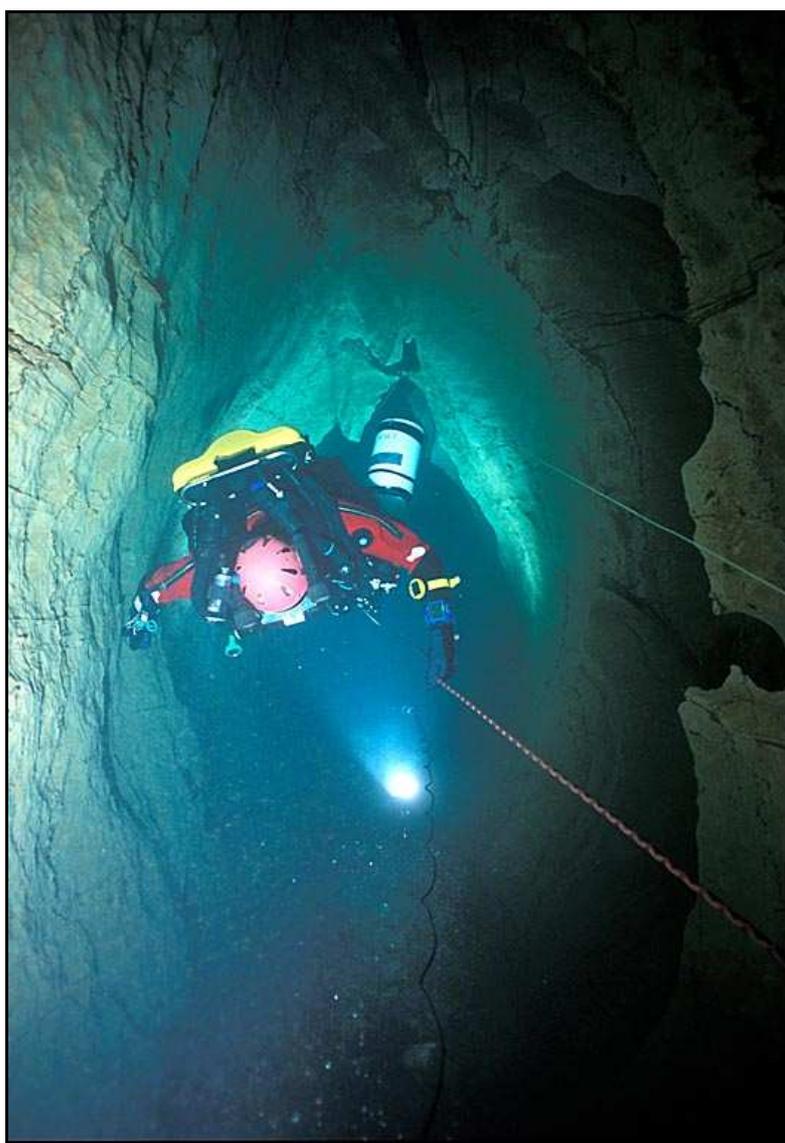
4.3.2 – La rhabdomyolyse (27, 57, 92) :

En spéléologie, le risque d'éboulement de cavité n'est pas rare sur le chemin du pratiquant. La rhabdomyolyse se définit comme une destruction aiguë du muscle squelettique, après une compression de membre lors d'un syndrome d'écrasement ou crush syndrom.

Lors de la compression, il se produit une libération de toxines par myolyse et la circulation artério-veineuse est interrompue. Lors du dégagement du blessé, la circulation sanguine reprend et les toxines accumulées diffusent brutalement dans l'ensemble de l'organisme, avec un risque d'état de choc, pouvant aller jusqu'au coma et décès. Par la suite, une insuffisance rénale aiguë peut survenir par précipitation de myoglobine.

La prévention passe par une prise en charge médicalisée du blessé. Avant le dégagement, la tâche du médecin consiste à mettre en place une VVP, et à commencer le traitement du choc (soluté de remplissage et alcalinisation, antalgiques...) et des ses conséquences (détresse respiratoire, arythmie cardiaque).

CHAPITRE 2 : LES SECOURS EN PLONGÉE SPÉLÉOLOGIQUE



Le Peyrol De Chadouillet, Puits du vertige -24 m, Huttler R. (118).

1 – ORGANISATION DES SECOURS (21, 83)

1.1 – Présentation du Secours Spéléo Français (22, 83, 102) :

La qualité des secours spéléo plongée est liée à l'expérience, la qualité des sauveteurs et l'organisation claire de l'ensemble de l'opération. L'Etat français, par une convention nationale a délégué à la FFS, par l'intermédiaire du Spéléo Secours Français, le secours dans les milieux souterrains, naturels ou artificiels, noyés ou à l'air libre.

Un travail entre la sécurité civile, les sapeurs pompiers et tous les plongeurs (FFESSM) qui l'ont souhaité a permis de mettre sur pied un référentiel de secours plongée dans lequel les plongeurs, comme tout autre spéléo intervenant sur un secours, sont des maillons d'une organisation dont le SSF est la maître d'œuvre pour la partie souterraine.

Dans chaque département où se pratique la spéléo, l'organisation et la gestion des équipes de secours incombe à un Conseiller Technique Départemental (CTDS) et à ses adjoints, tous nommés par arrêté préfectoral.

Le SSF, pour mener à bien ses missions de service public, et grâce à son expérience de plus de 20 ans, a développé des nouveaux procédés dans différents domaines :

- Pour la **plongée**, la mise au point d'une **civière étanche**, capable de faire franchir à un polytraumatisé sous assistance respiratoire un siphon de 80 mètres de profondeur et/ou de plusieurs centaines de mètres de longueur.
- Pour les **transmissions**, le SSF a participé à la mise au point d'un système de transmission par le sol ou système Nicolas.
- Dans chaque région, des spéléo inventent ou perfectionnent des techniques (caméras vidéo miniaturisée et télécommandées, détection de personnes ensevelies, forages souterrains).

La durée de la plupart des opérations secours est inférieure à 4 heures. Les opérations en plongée spéléo sont plus complexes, la victime étant à plusieurs heures de l'entrée, bloqué derrière un siphon ou une crue. La progression des équipes de secours est plus important et peut nécessiter l'utilisation de moyens techniques (pompage, désobstruction).

Dans tous les cas de figure, un secours spéléo ne peut être comparé à aucun autre type de secours. La victime, rejointe par la première équipe, sera conditionnée, soignée et placée dans un abri chauffé et éclairé, afin d'attendre dans de bonnes conditions son évacuation. La victime abandonnera son point chaud pour la sortie, qu'une fois la totalité du parcours prêt.

Il faut pour cela du personnel en surface pour la coordination, une **équipe médicale** qui gère le blessé, des **spéléo plongeurs**, des **spéléo artificiers** pour élargir les passages trop étroits pour la civière, des spéléo qui équipent les puits et les passages délicats pour permettre à la civière de passer en toute sécurité, des **spécialistes des transmissions** souterraines pour obtenir des informations en temps réel.

1.2 – Principes de fonctionnement PSS (9) :

L'objet d'un PSS est de proposer une procédure rapide et efficace. Il permet d'assurer la coordination dans la mise en œuvre des secours en milieu souterrain et fait appel au concours des divers organismes spécialisés, publics et privés. **Toute intervention en spéléologie est du ressort du préfet.**

Les **objectifs opérationnels** de ce plan d'urgence sont les suivants :

- Organiser l'alerte pour une intervention et une évaluation rapide.
- Adapter le secours à la situation rencontrée.
- Maîtriser l'organisation avec tous les moyens utiles à la sauvegarde des victimes et à la sécurité des sauveteurs.

La **phase de déclenchement** d'une intervention comprend deux temps distincts :

- **L'alarme** : Un entretien direct entre l'opérateur du Centre de Traitement de l'Alerte (CTA) et le témoin donnant l'alerte est indispensable. Tous autres organismes recevant un appel (mairie, gendarmerie, police, SSF, club de spéléologie), sont tenus de recueillir les coordonnées du témoin, de retransmettre les informations au CTA.

Renseignements à communiquer

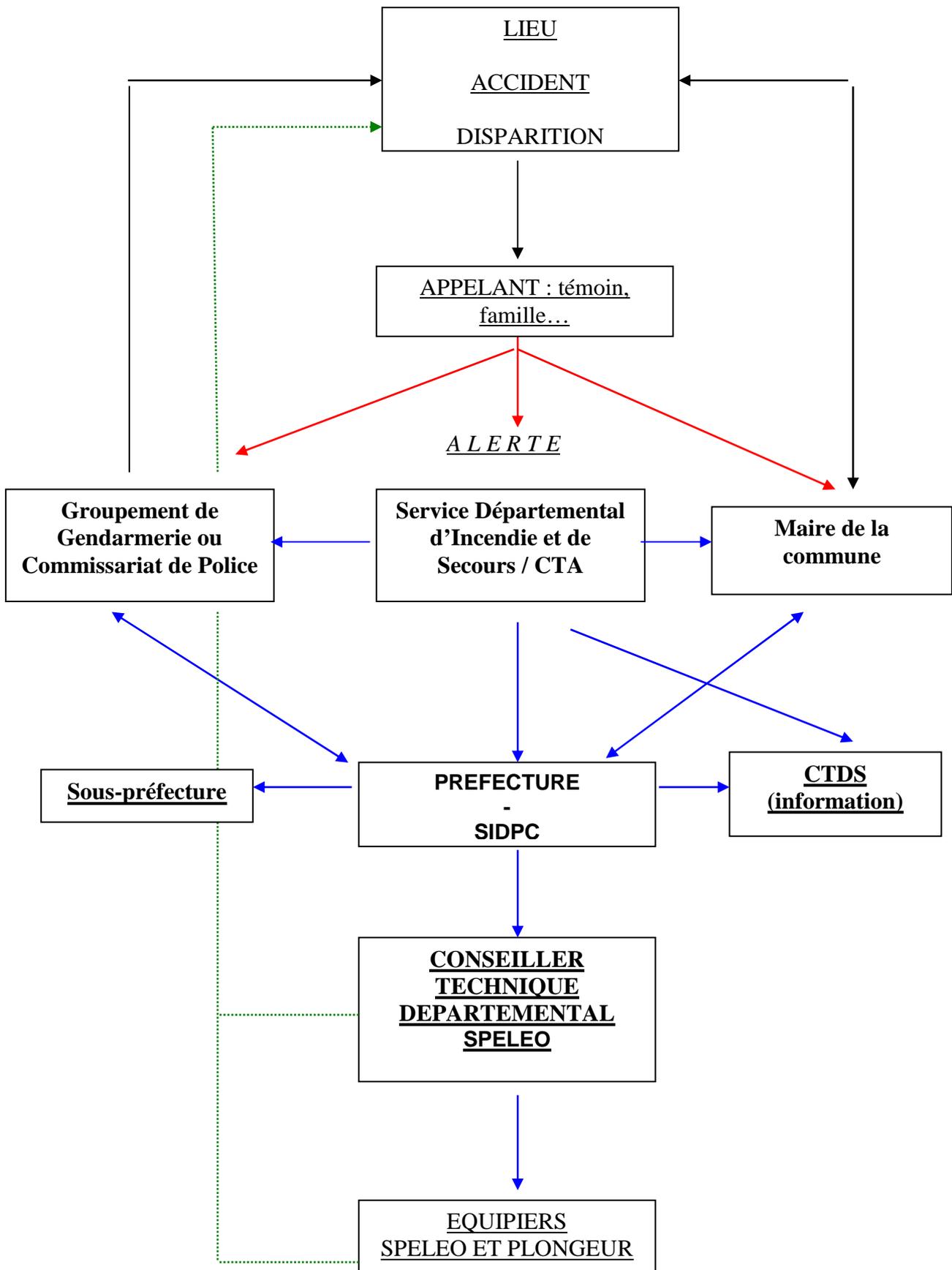
- Numéro de téléphone et adresse du lieu d'appel.
- Nom et qualité de l'appelant.
- Nom de la cavité et du réseau.
- Localisation de l'accident (commune, lieu-dit, nom).
- Nombre et état des victimes.
- Localisation des victimes, (distance par rapport à l'entrée, profondeur, immersion des galeries).
- Circuit d'accès à utiliser et condition d'accessibilité.
- Chronologie de l'expédition : heure d'accès au site, heure prévisible de sortie.
- Qualification des participants et de la victime.
- Chronologie de l'accident : heure, délai de transmission de l'alerte...
- Nature, circonstances de l'accident.
- Gravité des blessures.
- Premières mesures prises.
- Réserve d'autonomie.

- **L'alerte** : Il s'agit de l'action du service ayant reçu l'alarme. Une analyse précise des éléments de l'alarme doit aboutir aux actions suivantes :
 - Engagement immédiat d'une équipe de sapeurs-pompiers du Groupe de Reconnaissance et d'Intervention en Milieu Périlleux (**GRIMP**)
 - Alerte du CTDS.
 - Recherche de renseignements complémentaires pour déterminer l'action à mener.
 - Information de la préfecture de l'accident et de la mise en place des secours.

Dés lors, les opérations de secours se déroulent selon deux hypothèses alternatives : sans déclenchement ou avec déclenchement du plan. Cependant, un accident de plongée spéléologique, dont le développement prévisible peut conduire à une situation complexe, doit entraîner le déclenchement du Plan d'intervention en milieu souterrain.

Le PSS est déclenché sur décision du Préfet, après avoir effectué un point de situation avec le commandant les opérations de secours et le CTDS, sur l'appréciation de la situation et ses perspectives.

1.3 – Schéma de retransmission de l’alerte :



1.4 – Organisation du commandement et rôles des intervenants (102) :

1.4.1 – Le préfet et les membres du corps préfectoral :

Son rôle est d'assurer la direction des opérations et l'organisation générale des secours soit directement, soit par son conseiller technique.

Ses missions :

- Réquisitionner les moyens complémentaires jugés nécessaires par le CTDS.
- Assurer la diffusion des informations auprès des médias.
- Informer le Ministre de l'Intérieur du déroulement des opérations de secours.
- Décider, sur avis du CTDS, de la suspension ou de l'arrêt des opérations de secours.

1.4.2 – Le conseiller technique ou l'un de ses adjoints (9, 83) :

Son rôle : Il organise et dirige l'opération en liaison directe et sous autorité du Préfet. Les équipes intervenant sous terre sont sous l'autorité du conseiller technique. Les responsables commandant chaque unité en surface ont pour mission de répondre aux besoins exprimés par le CTDS. En cas d'absence de celui-ci, un de ses adjoints le remplace.

Ses missions :

- Met en pré-alerte ses équipes, en prévision d'une réquisition préfectorale.
- Fixe les modalités de l'intervention et les moyens à engager.
- Déclenche l'alerte auprès des plongeurs secouristes.
- Met à disposition des secours toutes les informations en sa possession.
- Définit les zones à explorer.
- Fixe l'emplacement du Poste de Commandement Opérationnel (**PCO**).
- Fait dégager les alentours du siphon pour la préparation du matériel de plongée ou pour l'installation d'un compresseur.
- Veille à l'intendance.
- Organise les transmissions et régleme nte le trafic sur le réseau radio.
- Prend les dispositions nécessaires en matière d'assurance des sauveteurs spéléologues.
- Etablit le bilan financier du sauvetage.
- Rend compte au préfet de l'avancement des opérations et des causes de l'accident.
- Former les équipes de secouristes spéléologues et de la Sécurité Civile.
- Préparer les lots de matériel de secours et rechercher des fonds.
- Assurer la prévention et connaître les difficultés particulières de leur département (éboulements, siphon, égarements), en un mot d'être à même de mener à bien, à n'importe quel moment de l'année, une opération de secours souterrain.

1.4.3 – Le service départemental d'incendie et de secours :

Son rôle : Il est mis en alerte dès qu'une demande de secours est reçue par un service afin qu'il contacte le CTDS et se prépare à répondre au plus vite à ses demandes.

Ses missions :

- Diffuse l'alerte.
- Participe à l'opération de secours, en intégrant le personnel du Groupe de Recherche et d'Intervention en Milieu Périlleux (**GRIMP**).
- Participe à la mise en place du PCO en engageant les moyens dont il dispose.
- Assure les liaisons radio et téléphoniques.
- Assure les moyens d'éclairage.

- Participe au transport des spéléologues et du matériel.
- Participe, en liaison avec le SAMU, à l'évacuation des blessés.

Le GRIMP est une unité spécialisée des sapeurs pompiers. Leur spécialité permet d'intervenir en matière de reconnaissance et de sauvetage, dans tous les milieux naturels et artificiels où les moyens traditionnels des sapeurs pompiers sont insuffisants ou dangereux par rapport à la hauteur ou la profondeur.

1.4.4 – Les spéléologues (9, 59) :

Les spéléologues et en particulier les plongeurs sont mis en alerte à la demande du CTDS. Une liste est mise à jour annuellement par le conseiller technique.

Il est bon de diviser les plongeurs en trois catégories, dans un souci d'efficacité. Pour éviter le sur-accident, il est impossible d'envoyer un plongeur à la technique douteuse.

- Le **plongeur de pointe** possède une bonne technique pour équiper le siphon. Il est calme pour participer aux premières recherches du disparu. Il est bon qu'il sache manipuler une civière en siphon.
- Le **plongeur de soutien** réalise certaines tâches telles que : transport de matériel en siphon, dépôt de bouteilles de relais, équipement.
- Le **plongeur d'assistance** est peu confirmé en siphon. Il restera en surface et assurera l'assistance technique des plongeurs opérationnels.

Ses missions :

- Rechercher la victime dans le siphon ou en la localiser en post-siphon.
- En zone exondée, faire le bilan primaire et apporter les premiers soins.

1.4.5 – Le Service d'Aide Médicale d'Urgence (83) :

La mise en alerte est systématique pour toute opération de recherche ou de secours en spéléologie. Le SAMU a la charge d'organiser la médicalisation des secours par l'intermédiaire de la Régulation.

La loi du 6 janvier 1968 sur l'aide médicale urgente stipule dans son article 2 qu'elle a pour objet, en relation avec les dispositifs communaux et départementaux, l'organisation des secours ; de faire assurer aux blessés, **en quelque endroit qu'ils se trouvent**, les soins d'urgence et appropriés à leur état.

L'engagement d'une équipe médicale et/ou paramédicale est décidé en concertation entre le CTDS et SAMU. Tout médecin de SMUR peut donc en théorie être amené à intervenir dans le cadre d'un secours spéléo. Dans certains départements, le SAMU dispose de médecins ayant suivi une formation spécifique, dont le nom figure sur une liste, fournie par le CTDS et régulièrement mise à jour.

Leur but est d'assurer la médicalisation de l'avant. A défaut, des médecins et infirmiers non spécialisés dans ce domaine peuvent être pris en charge par les équipes d'intervention pour effectuer cette mission. Leur rôle est d'évaluer les lésions, les fonctions vitales et de les stabiliser.

Dans la mesure où la situation le justifie, le SMUR présent sur les lieux assure l'accueil des victimes à leur arrivée à la surface, leur prodigue les soins d'urgence et procède à leur évacuation vers la structure la plus adaptée en fonction de la pathologie.

1.4.6 – Le Peloton de Gendarmerie de Haute Montagne :

En secteur montagne, il est alerté systématiquement. Il intègre les spéléologues de ses unités aux équipes intervenantes. Dès **réception de l'alerte**, le Peloton de Gendarmerie de Haute Montagne (**PGHM**) demande les moyens nécessaires à la mission : moyens hélicoptés, moyens spéciaux (équipe cynophile, véhicules).

1.4.7 – La gendarmerie ou la police :

Ses missions :

- En cas de retard de spéléologues, elle mène l'enquête en liaison avec le CTDS pour déterminer avec certitude si les spéléo sont toujours à l'intérieur de la cavité.
- Mettre en place un périmètre de sécurité aux abords de l'entrée de la cavité :
 - Assurer le balisage du cheminement jusqu'à la cavité.
 - Interdire l'accès de la zone aux personnes inutiles aux secours.
 - Contenir les journalistes.
 - Faciliter le cheminement des intervenants et des moyens.
 - Baliser et surveiller la Drop Zone.
 - Faciliter l'évacuation des victimes.
 - Apporter son concours dans le domaine des transmissions.

Dans tous les cas de blessures ou de décès, les officiers de police judiciaire de la gendarmerie ou de la police, informent le Procureur de la République, se transportent sur les lieux et procèdent aux premières constatations.

1.4.8 – Les radio-amateurs :

Les radio-amateurs sont alertées dès le déclenchement des opérations. Leur engagement est confirmé par le préfet. Leur rôle consiste à mettre en œuvre des systèmes radio pour assurer la liaison entre la surface et le fond.

1.4.9 – La mairie :

La mairie, concerné par l'accident survenue sur le territoire de sa commune, met en œuvre les moyens locaux nécessaires, approvisionne en vivres les victimes et les participants aux secours, assure l'accueil et dans la mesure du possible l'hébergement des sauveteurs

2 – DÉROULEMENT DES SECOURS. (12, 73)

Plonger en autonomie c'est être capable d'assurer sa sécurité, d'organiser un auto-secours. Si on se trouve en situation de détresse ou avec un problème insurmontable, un retour vers la surface s'impose. Si on a trouvé refuge dans une partie de la cavité (autre extrémité du siphon, cloche, galerie annexe), penser que la plongée de secours se fera toujours dans de mauvaises conditions (visibilité réduite, stress, temps de préparation restreint). Il est important d'aider les sauveteurs à vous localiser (signaler sa présence par du matériel largué dans le conduit principal) et d'organiser sa survie (boire, s'isoler de la roche, sortir de l'eau).

2.1 – L'assistance au blessé (8) :

Elle doit se concevoir dans son ensemble et selon un protocole qui découle de l'expérience de nombreux secours :

- **Jonction** avec la victime.
- La **déplacer** « en catastrophe » en cas de risque de suraccident.
- **Premiers soins** de secourisme pour éviter un décès.
- **Bilan lésionnel** réalisé dans de bonnes conditions (déshabillage, éclairage)
- Point de survie (ou **point chaud**) : Il permet de déshabiller la victime sans risque d'hypothermie, de l'isoler du milieu ambiant et d'envisager des soins dans de bonnes conditions. C'est le lieu d'attente pour la victime.
- **Soins de base**, gestes fondamentaux qui permettent d'éviter l'aggravation (désinfection et emballage des plaies, immobilisation des fractures, réchauffement, alimentation, réhydratation, oxygénation).
- De la **transmission du bilan** à la surface dépend la suite et l'ampleur du secours. L'état de la victime nécessite-t-il une médicalisation ? L'état est-il stationnaire ? L'état ou l'endroit impose-t-il des conditions particulières d'évacuation ?

2.2 – La conduite à tenir (31) :

En plongée, la rapidité de la mise en œuvre du **sauvetage** et sa qualité, nécessite un **entraînement** et une **formation**. En cas d'accident, la personne la plus compétente techniquement doit pouvoir prendre, pour la victime, des mesures d'urgence.

Ne jamais laisser le blessé seul. Lorsqu'un accident se produit, le groupe doit se scinder en **deux équipes** :

- L'une, constituera l'équipe blessée (2 personnes minimum) et va rester auprès de l'accidenté. Son but est de **protéger, secourir** et surveiller le blessé.
- L'autre, constituera l'équipe **alerte** (3 personnes minimum). Son but est de remonter à la surface afin de prévenir les secours.

2.2.1 – Protéger (14, 19, 24, 59) :

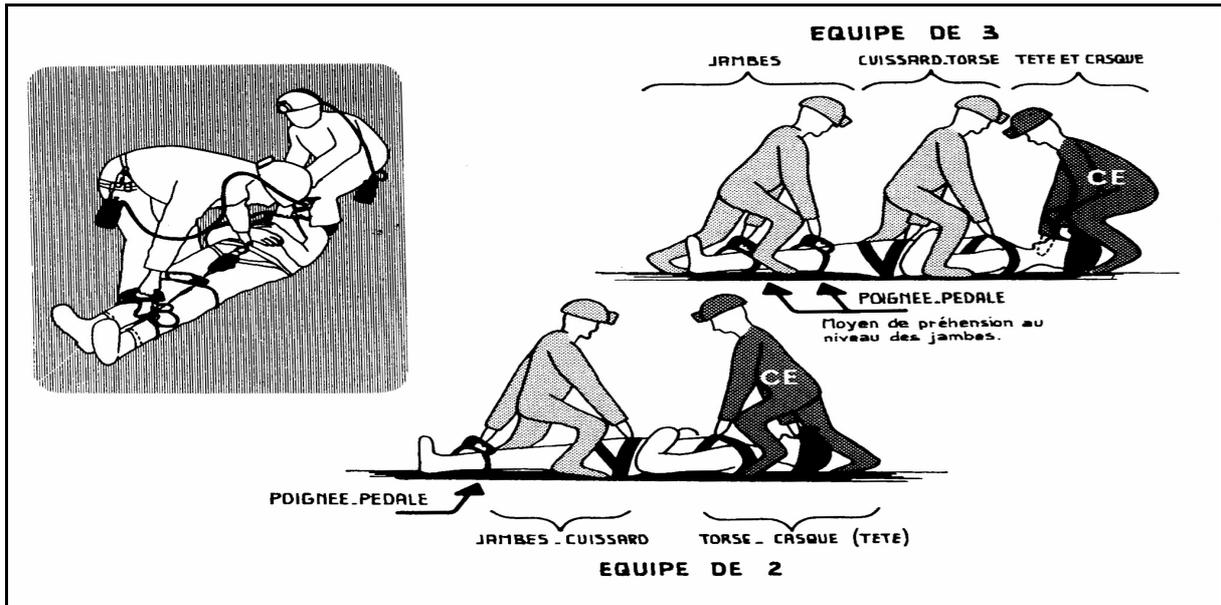
Il s'agit d'évaluer la situation en tenant compte de sa propre sécurité afin de supprimer le danger sans aggraver la situation. Garder à l'esprit qu'en plongée spéléologique, il n'y a que **deux urgences vraies** : la **noyade** et l'**ACR** qui en découle. Auprès du blessé, évaluer les fonctions vitales et s'assurer qu'il n'y a pas de gestes d'urgences à faire (MCE, ventilation).

Le maintien des fonctions vitales une fois assuré, regarder où se trouve le blessé et l'**installer correctement** dans endroit où l'évaluation médicale est possible:

- Soit il est dans un **endroit sans danger** et sera installé à l'endroit même.
- Soit il est en **mauvaise position** (immergé dans l'eau, dans une cloche, placé sous des blocs instable) et il faudra le **mettre en sécurité**.

Le **lieu de placement** doit comprendre les critères suivants :

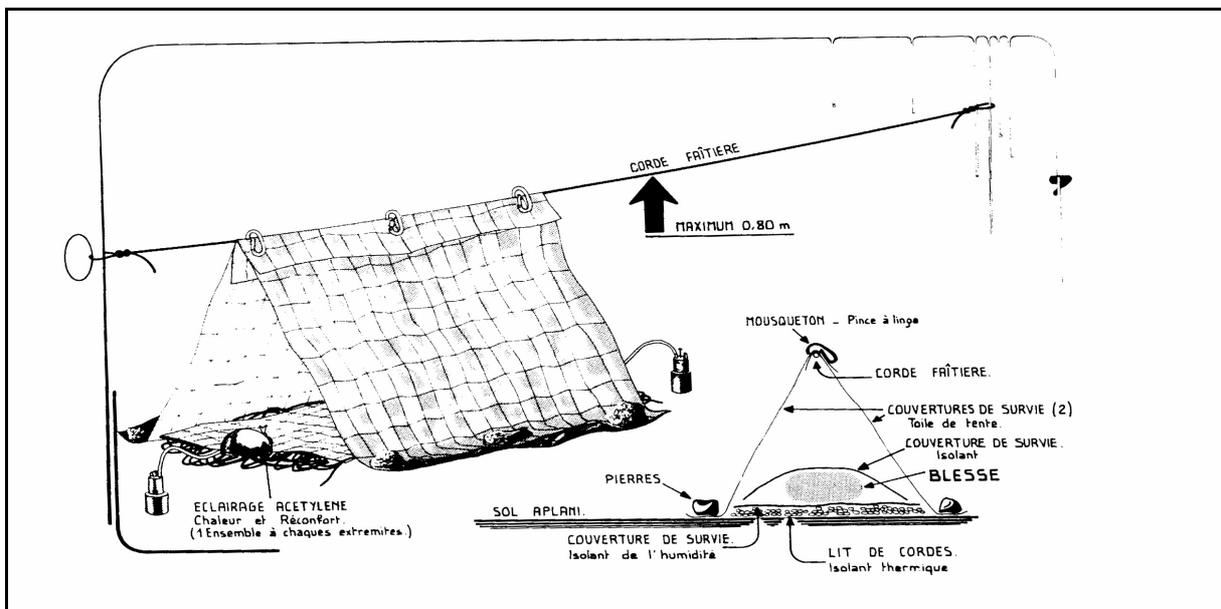
- Confortable pour le blessé (à l'abri de l'eau, du sol...).
- Sans danger (chute de pierres, crue...).
- Le plus près possible du lieu de l'accident.
- Assez vaste pour l'organisation matérielle des soins.



Déplacement d'un blessé sous terre (31) par « saut de puce », en avant, en arrière ou latéralement, en maintenant la colonne vertébrale du blessé bien rectiligne (31).

La lutte contre l'hypothermie est systématique chez tout blessé :

- Déshabiller le blessé, qu'avec la certitude de pouvoir le couvrir, la combinaison néoprène même mouillée étant la moins mauvaise protection.
- Réchauffer en remuant le moins possible (friction des mains, des pieds).
- Isoler du sol en étalant des cordes constituant une sorte de matelas.
- Disposer de couvertures de survies, on peut envelopper le blessé et constituer une petite tente créant ainsi une atmosphère plus chaude.
- Le positionnement du blessé dans un hamac peut être envisagé.
- Lors de l'attente, bouger, ne pas se laisser engourdir soi-même par le froid.



Le point chaud (24).

Les conditions psychologiques imposent la présence permanente d'une personne. Sélectionner les informations qui seront entendues par l'accidenté. Il ne doit à aucun moment se sentir abandonné. L'angoisse et la panique peuvent arriver à tout moment ainsi qu'un état

dépressif collectif. Cet aspect calme et efficace de l'entourage va empêcher le blessé de sombrer dans une détresse morale grave.

2.2.2 – Secourir (19) :

Lorsque le blessé est protégé, il faut pratiquer le bilan lésionnel et continuer d'exécuter les gestes de soins.

Compléter la fiche d'alerte secours et la fiche de suivi de blessé proposée par la FFS permettant un plan de conduite ultérieure.

Il est conscient, l'interrogatoire est possible. Eventuellement pour donner les soins, des incisions dans la combinaison néoprène permettront des accès aux blessures et pourront être fermées par bandage après le traitement :

- Calmer le blessé (douleur, agitation).
- Bilan traumatologique complet
- Immobiliser avec les moyens disponibles les fractures et luxations.
- Lui surélever un peu les jambes.
- Absorption de boissons ou d'aliments chauds et sucrés.
- Aspirine PO et oxygénothérapie si ADD.

Il est inconscient, le mettre en PLS, en prenant les précautions nécessaires pour la colonne vertébrale. Il ne faut pas faire boire ou manger. L'équipe blessée ne disposant pas de matériel approprié, il est conseillé de ne pas sortir le blessé seul de la cavité, même si celui-ci le demande. Elle doit attendre dans les meilleures conditions possibles. Chaque accident étant un cas particulier, la **décision finale** prise par le groupe dépend de **nombreux facteurs** :

- Blessure légère n'entravant pas l'autonomie ou blessure importante.
- Distance du lieu de l'accident par rapport à la sortie.
- Difficulté de progression dans la cavité, passage de siphon.
- Niveau de compétence des membres de l'équipe.
- Possibilités d'installation du blessé à l'attente.
- Délai prévisible pour l'arrivée des secours.
- Présence dans l'équipe d'une compétence médicale.

2.2.3 – Alerter (19, 24) :

Pendant que les premiers soins sont donnés, l'équipe d'alerte doit partir rapidement. Son but est de rejoindre la sortie avec un **bilan le plus exact possible**. Tout doit être fait pour que l'équipe de secours soit au plus vite auprès du blessé. Il est important d'obtenir le maximum de renseignements sur le type d'accidents et sur la gravité de l'état de la victime. La localisation peut s'avérer longue lorsque les renseignements sont imprécis.

2.3 – Le médecin et les difficultés rencontrées (46, 70, 102) :

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 l'utilisation de matériel mis au point spécialement à cet effet.

2.3.1 – Caractères généraux (18, 83) :

Le médecin participant au secours doit bien connaître la plongée spéléologique et particulièrement les techniques. Lors d'une intervention, il 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 médicale.

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.

2.3.1.1 – Milieu isolé (83) :

L'**approche** du blessé conditionne la durée du secours. Les délais d'alerte, d'arrivée auprès de la victime, de prise en charge, d'évacuation, sont beaucoup **plus longs** que dans l'aide médicale urgente classique

Les **difficultés de communication** compliquent la prise en charge. Différents moyens sont mis en œuvre pour y faire face :

- Des spéléologues prennent le rôle d'estafettes, véhiculant des messages écrits.
- Installation de moyens téléphoniques filaires.
- Système de transmission par le sol.

2.3.1.2 – Milieu humide :

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**.

2.3.1.3 – Milieu périlleux (83) :

Toute évacuation de type horizontal 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**.

Les nécessités de bilans ou de traitements itératifs seront autant d'éléments freinant l'évacuation. Dans ce contexte, le médecin doit être préparé à **accepter le décès** de son patient malgré tout ce qu'il a entrepris pour le sauver.

2.3.2 – Intérêt de la médicalisation systématique (32, 33, 73, 83, 87, 93, 102) :

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. Un médecin doit pouvoir intégrer l'équipe de reconnaissance, au

minimum 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). On conçoit dès lors tout l'intérêt de la médicalisation d'un secours. Arriver le plus rapidement possible avec un matériel médical suffisant.

En plongée spéléologique, l'équipe médicale permet de **supporter** au mieux les **contraintes physiques** de la plongée, et éviter une décompensation qui pourrait être fatale durant ce transport. Elle doit informer les secouristes de l'état du blessé, de la nécessité de son conditionnement voire de son **déchocage 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**. Le CTDS peut par ses indications, prévoir, décider, demander les moyens nécessaires pour assurer le meilleur sauvetage.

La destination de la victime est choisie selon le bilan lésionnel. Seule l'admission dans les plus brefs délais et dans un centre hospitalier adaptée à la pathologie peut garantir un bon pronostic.

Au final, la médicalisation rend certes le secours spéléologique plus lent, mais plus sûr pour la victime. Une **étroite collaboration** est nécessaire entre les équipes. C'est par la préparation de telles interventions, par la mise en œuvre d'**exercices de secours**, et par la pratique habituelle de la plongée spéléo que le médecin s'intégrera dans de tels secours et apportera des **soins adaptés**, parfois **éloignés des standards** classiques.

2.3.2.1 – L'examen (17, 59) :

L'examen initial permet, de prévenir les complications et les séquelles. 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.

Baucoup d'**éléments** vont **gêner** ce **bilan** :

- L'**hypothermie**.
- L'**angoisse** du blessé.
- L'**équipement** (baudrier et combinaison).

2.3.2.2 – Les gestes à réaliser (15, 17, 18, 46, 102) :

Il faut se limiter aux gestes indispensables. La victime doit être mobilisée prudemment.

2.3.2.2.1 – Remplir et réchauffer :

L'efficacité de la prise en charge est liée à la pose d'une VVP. Ce geste simple, pose bien des problèmes lorsque le réseau veineux est inaccessible à cause de l'hypothermie et de l'état hémodynamique. Grâce à cette perfusion (poche), il est possible de calmer les douleurs, de corriger un trouble hémodynamique, d'apporter de l'aspirine et des calories sous forme de sucre.

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.

Une des solutions pour maintenir la température consiste aussi à faire inhaler de l'air chaud et humide grâce au **parachute thermique** (little dragon). Ce dispositif utilise la réaction chimique du CO₂ expiré sur de la chaux sodée médicale. Cet appareil est à utiliser sur des victimes conscientes, le réchauffement de l'air pouvant dépasser 42°C

L'intubation, la sédation et l'analgésie sont conditionnées par l'éventuelle impossibilité d'une surveillance continue du malade (portage, manœuvre technique et surtout passage d'un siphon). Dans ces conditions, il est exclu d'avoir des effets secondaires délétères. Pour les éviter, il faut titrer les drogues injectées et arriver à l'effet souhaité avec la dose minimale.

2.3.2.2.2 – L'analgésie (4, 44, 75) :

Le traitement de la douleur doit être efficace d'emblée. L'analgésie associe Nubain® et Perfalgan® ou si besoin la morphine IV titrée. Elle sera associée à des anxiolytiques particulièrement indiqués dans ce milieu anxiogène.

Avant de soulager, il faut **identifier la douleur** :

- **Siège** lésionnel connu. Si cette localisation est différente, il faut penser à une lésion nerveuse (douleur de désafférentation).
- **Intensité** de la douleur : On établit un score sur une Échelle Visuelle Analogique (**EVA**) régulièrement réévaluée durant l'évacuation.
- **Type** de la douleur : Douleur aiguë du traumatisme, pesante d'une lésion des structures internes, dysesthésies d'une lésion nerveuse.

Fractures et entorses sont douloureuses par mobilisation. L'immobilisation est la mesure la plus efficace. En cas de **luxation** de l'épaule, l'injection de 10 mg de diazépam

produit un effet myorelaxant, diminuant les contractions musculaires réflexes douloureuses. En cas de fracture avec **traumatisme crânien**, il faut éviter si possible les morphiniques, ceux-ci gênant l'évaluation neurologique.

2.3.2.2.3 – La sédation (10, 35, 52, 73, 105) :

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

L'anesthésie locale, par infiltration, au niveau de la plaie ou en amont, est la technique à retenir en priorité car elle est la plus simple.

L'anesthésie loco-régionale permet d'anesthésier le membre fracturé, pour ensuite l'immobiliser. Un examen neurologique est indispensable avant la réalisation du bloc. Les difficultés de mise en condition et de réalisation de ce type de geste en spéléologie expliquent sa rare utilisation.

La sédation analgésique intraveineuse peut être réalisée, à condition de **respecter** les **règles** suivantes :

- **Disponibilité** de l'**oxygène**, d'un ballon d'insufflation, d'un dispositif d'aspiration manuel et d'un monitoring par saturimètre de pouls.
- **Titration** des drogues, en fonction des effets obtenus.
- Utilisation de drogues **antagonisables** : les drogues seront choisies en fonction des effets secondaires et de leur durée d'action.
 - Sédation par Hypnovel®, antagonisé par l'Anexate®.
 - Analgésie per Nubain®, antagonisé par le Narcan®.
 - Narcose par kétamine (Kétalar®). Elle altère peu les fonctions respiratoires et cardiovasculaires, mais présente l'inconvénient de ne pas être antagonisable.

2.3.2.2.4 – La réanimation (73) :

L'indication de débiter ou non la réanimation dépend des circonstances, de la possibilité de la poursuivre et du mode d'évacuation. Le médecin doit trouver le meilleur compromis entre le respect des bonnes pratiques et les contraintes de l'environnement.

2.3.2.2.5 – L'antibioprophylaxie (52, 96) :

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.

Après une phase de latence de six heures, les bactéries aérobies sont prédominantes pendant 12 heures, puis les anaérobies prennent l'avantage. Cette évolution de la population microbienne dans le temps est un argument dans le choix d'une antibiothérapie, en fonction du temps d'évacuation.

2.3.2.3 – Conditionnement du blessé (37, 83, 106, 59) :

L'immobilisation de la victime dans une civière adaptée, le confort, la chaleur sont les éléments de base. La difficulté du milieu (aquatique) va influencer 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 exigü, les secouristes sont en nombre limité. Les relevages sont malaisés et demandent une certaine technicité.

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.

2.4 – Dotation du matériel médical pour les secours spéléologiques (8, 83, 102, 59) :

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 matériels inutiles 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.

Sa conception et sa maintenance doivent se faire tout au long de l'année, conditionné dans des sacs spéléo appelés « kit bag » et dans des bidons étanches (-10m) de 5 litres. Un lot de matériel médical conditionné dans des **cylindres étanches** à plus de -10m est à l'étude.

2.5 – Moyens d'évacuation (8, 18, 82) :

L'expérience montre qu'il est indispensable, sous peine de confusions, de dissocier l'équipe secours techniques de l'équipe d'assistance au blessé. Une seule mission jonction, assistance et évacuation.

C'est l'état de la victime qui va dicter l'option à suivre. Le transport d'un blessé potentiellement instable comporte certains risques que doivent connaître les équipes de secours, afin de prévenir les risques d'aggravation et les complications.

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) et l'intubation (si elle est indiquée). Un dossier médical faisant état de l'évolution, ainsi que des différentes thérapeutiques, devra être rempli de manière extemporanée

2.5.1 – Secours aquatiques (9, 87, 103, 110, 45) :

Le SSF travaille déjà depuis quelques années sur la conception d'une **civière étanche**, permettant de faire traverser un siphon à un accidenté incapable de la faire par ses propres moyens.

2.5.1.1 – Caractéristiques :

Les **limites d'utilisation** sont du point de vue technique :

- Possibilité de faire franchir un siphon d'une longueur maximale de 200 m et sur une profondeur de -5 à -10 m avec possibilité de court passage à -20m.
- Respect pour la victime et l'équipe d'intervention des règles de sécurités inhérentes à la pratique de la plongée souterraine.
- Pour des blessés ne présentant pas de lésions du rachis cervical (collerette d'étanchéité), ni de traumatisme grave du massif facial (masque facial) et ne nécessitant pas d'assistance ventilatoire.
- Profil du siphon : pas d'obstruction, visibilité moyenne, peu de courant, bien équipé.
- Dimension conforme au transport d'une victime de taille standard.
- Dimension identique à la civière « TSA/SSF » (2m x 62 cm).

Le poids total en ordre de marche est d'environ 100kg. Son démontage en plusieurs parties facilite le portage en cas de mise en œuvre au fond d'un gouffre. La totalité du matériel est contenue dans 25 kits d'un poids moyen de 7kg et nécessite donc un minimum de 25 porteurs. Chaque sac est identifié par un marquage particulier et par sa couleur.

2.5.1.2 – Description :

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

La civière est composée de **2 parties** :

- Un **cadre métallique**, recouvert par des plaques en Macrolon, servant de support aux bouteilles (15 l) pour la respiration du blessé. Un système de vannes permet de faire respirer le patient alternativement sur les 2 bouteilles (en cas de défaillance). Le support est équipé de ballast alimentés par 2 autres bouteilles (4 l). Ces ballasts modifient la flottabilité et contribuent à l'équilibrage de l'ensemble. Des manomètres permettent le contrôle de toutes les bouteilles. L'extrémité supérieure de la civière est

coudée, afin de relever la tête du blessé et lui assurer une position plus confortable pour la respiration.

- Un **sac étanche** est sanglé sur le cadre métallique. Il a une forme de sarcophage avec les bras séparés et une cagoule qui enveloppe la tête. De l'air peut-être insufflé à l'intérieur pour éviter l'écrasement dû à la pression. Les dimensions du sac permettent d'installer la victime dans un matelas à dépression.

2.5.1.3 – Fonctionnement (55) :

Après **conditionnement médical**, le blessé est habillé dans un vêtement de protection qui dispose d'un garnissage en quallofil, peu sensible à l'humidité et possédant d'excellente propriété isotherme. Un gilet chauffant alimenté par une batterie de 12v complète la protection. Le patient est alors installé dans le sac 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. Des poignées sont fixées sur le pourtour du sac afin de permettre son transport.

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 voir nulle.

2.5.1.4 – Progression (59) :

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 serre-fil est nécessaire pour parer à tout ennui.

Pour la médicalisation, le blessé est muni d'un cardio-fréquencemètre. Le fonctionnement du Propaq® 202 EL est éprouvé en pression puisqu'il est utilisé en Oxygénothérapie HyperBare (**OHB**). La réalisation d'un caisson étanche dans lequel il sera placé est actuellement à l'étude. La réception par une équipe médicalisée en sortie de siphon est importante, la victime ayant pu souffrir durant le transport.

2.5.2 – Secours pédestres (107) :

Les secours pédestres posent aussi des problèmes médicaux et techniques (le délai moyen de sortie est de 12 heures) (18).

Le **brancardage** est réservé au transport dans les galeries, étroitures et méandres. Ce transport, très fatigant pour les équipes, nécessite un renouvellement régulier. Une équipe de brancardage est composée de 15 personnes environ qui vont travailler 3 heures en moyenne.

Les **techniques** utilisant des **agrès** de sauvetage sont utilisées sur le franchissement des obstacles tels que les cascades, les éboulis, les puits et les ressauts. Les secours deviennent alors lourds et techniques, imposant un matériel et un investissement humain important. Selon les difficultés rencontrées, les déplacements du blessé seront obliques ou verticaux. La rapidité et la qualité de l'évacuation dépendent de la connaissance des différentes forces de tractions, des résistances des amarrages, permettant une progression en douceur de la civière.

3 – INCIDENTS, ACCIDENTS ET INTERVENTION DE SECOURS (100, 101, 104, 108) :

Ces informations ont été recueillies dans diverses publications. Ne sont retenus que les **problèmes concernant des plongeurs**. Sont exclus les accidents de spéléologues bloqués par des crues et sauvés par 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**. L'inexpérience du ou des plongeurs est responsable dans 50 % des cas et les accidents auraient été évités en s'engageant moins loin, avec du matériel et des techniques appropriées. Rappelons que c'est le plongeur qui se met en mauvaise posture (dépassement de ses limites, non respect des principes de sécurité) et pas le matériel. Pour chaque plongée, toujours être très **suspicieux envers son équipement** quelle que soit sa qualité et la confiance que l'on lui accorde.

Le **fil d'Ariane** est responsable de 40% des accidents mortels. On peut le perdre, s'emmêler dedans ou le suivre dans le mauvais sens (en s'éloignant de la sortie en pensant s'en rapprocher) ou encore en suivre un autre qui conduit ailleurs qu'à la sortie. La **panique** entraîne trop souvent une issue fatale (72).

24/08/46–Fontaine de Vaucluse (84-Fontaine) : Lors d'une exploration à **deux** plongeurs encordés, le premier atteint -46m où il fait un malaise et perd connaissance. Le deuxième le remonte sur quelques mètres et vomit dans son détendeur. Ils se font tirer depuis la surface par la corde qui les y relie. La cause du malaise serait une **intoxication au CO** contenu dans les bouteilles suite au gonflage avec un compresseur défectueux.

31/08/47–Fontaine des Chartreux (46-Cahors) : Deux plongeurs participent à une exploration. La sécurité est assurée par un câble déroulé depuis l'extérieur, au bout duquel une manette permet d'envoyer des signaux lumineux à la surface. Durant la plongée, le plongeur resté de soutien, arrive à **court d'air** et rappelle son collègue. Le signal de traction est envoyé à la surface, mais un dysfonctionnement empêche le contact. Le plongeur à court d'air remonte en surface par ses propres moyens.

1948 : Une équipe de spéléologue met au point une technique de franchissement des siphons. Le premier, équipé bouteille et lumière, franchit le siphon en installant une corde guide. Le second le rejoint en apnée, sans lumière, guidé par un signal lumineux. Durant une plongée, le second, en apnée, se perd dans le siphon, **panique** et sort en force après avoir retrouvé le signal. Il se **blesse les membres** et le **dos**.

29/09/49–Source du Lez (34-Prades le Lez) : Un plongeur sous-marin descend à -20 jusqu'à l'entrée d'une étroite galerie puis remonte. En émergeant il est victime d'un **malaise**.

08/10/50–Source du Lirou (34-Les Matelles) : En franchissant deux siphons, en vue de poursuivre l'exploration post-siphon, un plongeur décède dans le second siphon à proximité de la sortie amont. Bien que l'origine du **décès** soit attribuée à un malaise cardiaque ; son équipement minimaliste pourrait expliquer une hypothermie. Toutefois, l'abondance de **gaz carbonique** dans certaines cavernes de la région fait penser à une responsabilité de ce gaz (97).

03/08/51–Fontaine Saint-Georges (46–Montvalent) : Un plongeur s'engage en tirant avec lui un câble qui le relie à la surface. Son binôme le suit, attaché sur ce câble. Trop lourdement lesté par du matériel, sous l'effet d'un choc thermique, il n'arrive pas à équilibrer ses oreilles, subit un malaise et s'engage dans un diverticule. Il reprend ses esprits et rejoint la surface. Il saigne du nez, se plaint de douleurs dans les jambes (**ADD**).

04/08/51–Fontaine Saint-Georges (46 – Montvalent) : Durant une plongée en binôme, assuré à un câble déroulé depuis la surface, l'un des deux plongeurs, sous l'effet de la **narcose**, interprète mal un signe de son collègue et envoie en surface le signal du rappel. Ils se font surprendre par la vigueur du halage et **s'emmêlent** dans le câble. Le plongeur de tête envoie le signal qui les libère et leur permet de rejoindre la surface.

1951–Grotte de la Balme (38-La Balme les grottes) : Un plongeur débutant teste du matériel de récupération défectueux. Il émerge en catastrophe, récupéré par l'équipe de surface. Il tousse durant dix minutes avant de se remettre (**aquastress**).

09/11/52–Grotte de la Balme (38-La Balme les grottes) : Deux plongeurs S.1. Alors que le dévidoir devient difficile à manœuvrer, un plongeur **panique** et sort en catastrophe. **Deux** autres plongeurs dépassent le dévidoir posé au sol pour progresser au-delà. Ils font demi-tour au bout de 70m dans une eau troublée. Ils retrouvent heureusement le dévidoir et atteignent la sortie à **court d'air**.

27/12/52–Grotte de la Balme (38-La Balme les grottes) : Un plongeur sort presque inconscient, **noyé**. Il est **réanimé** par les collègues en surface.

20/03/55–Peyraou de Chadouillet (07-Saint-André de Cruzières) : Deux plongeurs s'engagent dans S.1. Ils déroulent une corde qu'un troisième laisse filer depuis la vasque d'entrée. Au bout d'20 m, l'un d'eux fait demi-tour. Le premier poursuit puis rejoint la sortie où l'équipe de surface lui apprend que son compagnon n'est pas sorti. Il est localisé **décédé**, sous un bloc à proximité de l'entrée. Son **détendeur** est **endommagé**. Il reste de l'air dans les bouteilles.

01/04/55–Fontaine de la Pescalerie (46-Orniac) : Deux plongeurs s'engagent dans la source sur 6 à 7m. Un plongeur fait brusquement demi-tour et **décède** d'un arrêt cardiaque à proximité de l'entrée, probablement par **hydrocution**, malgré l'assistance de son collègue qui lui fournit du gaz avec son embout de secours.

06/1955–Rivière souterraine de Labouiche (09) : Durant une exploration à deux plongeurs, le second se trouve en **panne d'air**. Il émerge en catastrophe, à la limite de la syncope.

03/07/55–Font Estramar (66-Salses) : Trois plongeurs mer s'engagent dans cette source pour la première fois et sans fil d'Ariane. Après avoir pris quelques photos, ils se retrouvent dans une eau troublée et regagnent à grande peine l'extérieur. L'un d'eux **s'égare** et remonte dans une fissure en plafond. Son corps sera retrouvé plus tard (**décès**).

03/09/55–Grottes de Saint-Géry (82-Loze) : De retour d'un franchissement de siphon, la lampe de 500 watts d'un projecteur éclate. Celui qui la porte reçoit une **décharge électrique**. Ils retrouvent la sortie grâce à la torche de secours du second plongeur.

1956–Font Estramar (66-Salses) : Lors du tournage d'un film, deux ampoules de l'éclairage alimenté depuis la surface imploient et créent un court-circuit. Un plongeur se trouve dans l'impossibilité de revenir. Des picotements assaillent toutes les parties découvertes de son corps. Un coéquipier en surface remarque l'affolement des ampèremètres et coupe l'alimentation. Le plongeur regagne alors l'air libre (**électrisation**).

02/04/57–Goueil di Her (31-Arbas) : Un plongeur **décède** par **hydrocution** en franchissant S.1 (10m).

22/06/58–Grotte de la Balme (38-La Balme les grottes) : Un plongeur **décède** dans S.1.

1960–Grotte de la Cambise (38) : Deux plongeurs franchissent S.1 en décalé. Le premier émerge et s'engage dans le S.2. Lorsque le second émerge derrière S.1, il attend son collègue 20 minutes, et plonge à son tour dans S.2, inquiet de ne pas le voir. Le premier attendait post S.2, dans le noir car l'ampoule de son unique **lampe** avait **grillé**.

20/03/60–Résurgence de Port-Miou (13-Cassis) : Lors d'une séance de prises de vues sous-marines, un plongeur s'égare dans le siphon et **décède** par **asphyxie**. Il n'avait pas d'eau dans les poumons.

02/04/61–Siphon de Fontgrand (Ardèche) : Deux plongeurs explorent une cheminée glaiseuse ascendante **sans fil**. Au retour, ils ne retrouveront la galerie principale qu'avec beaucoup de sang froid et peu de visibilité (118).

15/07/62–Fosse Dionne (89-Tonnerre) : Lors de la remontée de matériel archéologique, **deux** plongeurs sont retrouvés inanimés par l'assistance. Ils **décèdent** à l'hôpital dans la soirée. La mauvaise qualité du gaz respiré (présence de **CO** et de **CO₂**) pourrait en être la cause.

07/1964–Event de Foussoubie (07-Salavas) : Un plongeur s'engage dans un laminoir sableux, assuré par une corde déroulée depuis la surface. Il force une étroiture mais reste **bloqué**, tête la première **dans le sable**. Après un début de panique, il se ravise et creuse un chenal sous lui afin de faire demi-tour et de regagner la surface.

08/1965–Foux de Nans (83) : Au cours d'une exploration en profonde, un plongeur subit une **narcose**. Il remonte en palmant et **perd connaissance** à deux reprises. Il reprend ses esprits au palier de -3m.

10/08/65–Baume Robert (06-Le Rouret) : Un plongeur est **bloqué post-siphon** suite à la rupture de son fil d'ariane. Il est retrouvé par les sauveteurs.

18/06/67–Fontaine des Clefmonts (52-Marnaval) : Après une désobstruction subaquatique dans un talus de galets, un plongeur franchit une étroiture en décapelé et reconnaît une galerie au-delà. Revenu à la base de **l'éboulis**, il constate que ce dernier **a glissé**. Il doit rouvrir un passage et émerge avec ses bouteilles presque vides.

13/10/68–Résurgence de Port-Miou (13-Cassis) : Durant une exploration en pointe, deux plongeurs parviennent à 870m de l'entrée (-40). Alors qu'ils s'apprêtent à raccorder le second dévidoirs, ils s'aperçoivent que l'un d'eux est totalement **emmêlé** dans le fil qui s'est débobiné.

1968–Event de Peyrejal (07-St-André de Cruzières) : Un plongeur est victime d'une **asphyxie** derrière un **siphon** de 38m (-9). Il est récupéré par la corde d'assurance qui l'assure depuis l'entrée du siphon. Il est **réanimé** après 15 minutes de bouche à bouche.

25/01/69–Trou du Bret (38-Corenc) : Un homme plonge seul, en décapelé, pour poursuivre l'exploration du siphon qu'il a préalablement exploré sur 60m. Il sera retrouvé **décédé, coincé** dans l'étréture terminale (-20) en position de retour, le masque et l'embout arraché.

14/04/69–La Doux de Coly (Dordogne) : Un **débit constant** se déclenche sur le détendeur d'un des deux plongeurs en haut d'un puit (-7m) à proximité des bouteilles de secours (118).

01/09/69–Font de Lussac (16-Lussac) : Deux plongeurs descendent à -70 à l'air. L'un des deux s'essouffle à partir de -50. Il vide sa bouteille et **emmêle** son second détendeur dans le fil. Il **décède** sans que son coéquipier ne puisse lui porter secours. Les détendeurs n'étaient pas accrochés sur le plongeur, une bouteille est vide, l'autre à 115 bars.

07/10/69–Source de la Loue (25-Lods) : Après une exploration, **deux** plongeurs n'amarrent pas l'extrémité du fil au point terminal, afin de le récupérer depuis la surface. Le courant entraîne la cordelle vers l'aval et elle vient s'**emmêler** en longues boucles autour d'eux. La situation est aggravée par le fait qu'un des équipiers a perdu son poignard.

02/08/70–Grotte du Blagour (19-Chasteaux) : Dans un siphon long de 80m étroit et très trouble, un plongeur **perd le fil** et se réfugie post-siphon. Malgré les recherches menées par un corps constitué non formé à la plongée souterraine, aucun secouriste ne viendra le chercher suite à l'interruption de l'opération de sauvetage par les pouvoirs publics (**décès**).

01/01/71–Source Bleue (25-Cusance) : Deux plongeurs s'engagent dans la cavité. L'un d'eux, dont le vêtement est en mauvais état, **perd connaissance** à 12m de l'entrée, certainement à cause du **froid**. Il est ressorti par son collègue.

08/08/71–Résurgence de Cadrieu (46-Lot) : Après avoir franchi un court siphon, le **premier** plongeur ôte son détendeur et **meurt** brutalement, asphyxié par l'atmosphère saturée de gaz toxiques. Un quart d'heure plus tard, **son coéquipiers** le rejoint et **succombe** de la même manière. Le **troisième** plongeur est pris de **malaise** à la première inspiration et en découvrant ses collègues, repart instantanément. La cavité est une ancienne mine de Pyrite. L'odeur qui imprègne les vêtements des victimes et la présence de lignite, pyrite et de boiseries oriente vers une hypothèse d'**intoxication à l'H₂S**. Un prélèvement d'air fut réalisé en 1978. Il ne mit en évidence que la présence de CO₂ en quantité modérée (1,2%) (97).

01/01/72–Cuves de Sassenage (38-Sassenage) : Après un portage physique, deux plongeurs explorent S.2 en fond de grotte. A -47, au terme du premier dévidoir (150m), l'un d'eux

narcose et **perd connaissance**. Son coéquipier le ramène en surface où il reprend connaissance. Ils attendront deux heures entre les deux siphons avant de repasser S.1.

12/03/72–Grotte de la Mescla (06-Malaussène) : Trois plongeurs reviennent d'une initiation dans le siphon amont. En sortant, dans la vasque les deux premiers se déséquipent. Le troisième est emporté par le courant dans une étroiture. Malgré les efforts de ses deux compagnons pour l'en sortir, le plongeur disparaît dans le siphon aval où il **décède** par **coincement**. Son corps sera retrouvé trois jours plus tard.

1972–Font de Chandamois (70-Quincey) : De retour d'une exploration à -70m, un plongeur est victime d'un **ADD**. Son unique profondimètre indiquait -28m de profondeur maximale.

1972–Réseau du Verneau (25-Nans sous Sainte-Anne) : Dans un siphon, deux fils ont été déroulés par deux équipes. Un plongeur s'**emmêle** à 150m de l'entrée (-10). Il parvient à se libérer et ressort.

08/1972–Le Peyrol de Chadouillet : Au retour d'une première exploration dans un puits, deux plongeurs retrouvent difficilement le passage d'une étroiture de 2m de diamètre, par **manque de visibilité** (118).

25/08/72–Grotte de Pene Blaque (31-Arbas) : Dans un siphon en fond de gouffre, le plongeur s'**emmêle** dans le fil qu'il est en train de dérouler, suite au décrochage d'un amarrage. Avec une visibilité nulle, il passe 15 minutes à se libérer.

19/11/72–Grotte de l'Entonnoir (89-Saint-Moré, Yonne) : Un plongeur est retrouvé **mort** à 5m de l'entrée du S.2. L'hypothèse d'une hydrocution a été retenue, mais le fait que la victime ait été retrouvée sans masque et embout lâché, combinée aux concentrations habituelles de **CO₂** dans plusieurs cavernes de la région laisse persister un doute (97).

12/08/73–Emergence de la Firolle (30-Nimes) : Un plongeur non équipé pour la plongée souterraine **décède** dans le siphon.

09/09/73–Grotte des Planches (39-Les Planches-près-Arbois) : Trois plongeurs explorent S.1 jusqu'à 230 m de l'entrée (-35) et font demi-tour. Après avoir déposé le dévidoir sans le bloquer, le deuxième s'**emmêle** dans le fil et **décède**. Le troisième, ayant coupé le fil, ne parvient pas à retrouver le chemin de la sortie et **décède** en ayant consommé tout son air.

1974–Grotte des Forges (39) : Lors d'une plongée sans protections de robinetteries, un **flexible éclate** à 110m (-10) de l'entrée, après un choc contre le plafond.

26/01/75–Event de Coudoulière (34-Pégairolles de Buèges) : Lors d'une exploration en siphon, l'amarrage du fil se casse et un plongeur se retrouve sans fil. Le second ne voyant pas son coéquipier arriver, « pompe » le mou du fil, comprend alors le problème et regagne la surface. Le plongeur **égaré** trouve une galerie exondée dans laquelle il attendra 25 heures avant d'être **secouru**.

20/04/75–Grotte de la Doye C (39-Les Nans) : De retour d'une exploration post-siphon, trois plongeurs franchissent S.2 (30m, -5) avec une visibilité nulle. Le dernier plongeur est gêné par un coéquipier lors du franchissement de l'étréiture de sortie. Il recule et s'**emmêle** dans le

fil. Son détendeur tombe en panne et il ne peut atteindre le second, emmêlé à 20cm de sa bouche. En limite d'apnée, il force et arrache le fil pour rejoindre la surface.

29/06/75–Goul du Pont (07-Bourg Saint-Andéol) : A la suite d'une fausse manœuvre, lors de la descente, **deux** plongeurs perdent le fil d'Ariane vers -60. Un affolement se produit et ils remontent à plusieurs reprises dans des culs de sac en cherchant la sortie. L'un des deux, en début d'essoufflement, retrouve par hasard le fil, et ressort en catastrophe sans respecter les paliers de décompression (**ADD**). Le corps de son compagnon sera retrouvé à -70, masque et détendeur arrachés. Ses bouteilles contiennent encore de l'air. Il est vraisemblable que sa **mort** soit due à un essoufflement, lié à l'affolement (51).

10/07/75–Combe Nègre (Lanzac 46) : Sur le retour d'une d'exploration dans S.4, un plongeur subit un débit constant sur un détendeur. Ils retournent dans la cloche de sortie et réparent. En repartant, il perd une palme et s'**emmêle** dans le fil. Il retourne dans la cloche pour remettre son matériel en état. Son coéquipier se rend compte de l'absence de son collègue à la sortie du siphon et l'attend avec anxiété. Ils se rejoignent 10 minutes plus tard.

20/06/76–Source du Planey (70-Bouligney, Haute-Saône) : Des plongeurs organisent un entraînement dans la vasque de 20m de diamètres et de 10m de profondeur. **Deux** plongeurs non formés aux techniques de plongée souterraine s'engagent dans une galerie noyée, explorée sur une longueur de 210 m. Leur équipement ne comporte qu'une mono 2.1 m3. Suivant le fil guide, ils reconnaissent une partie du siphon. Au retour, l'un d'eux à court d'air, panique, remonte au sommet et atteint une cloche exondée inconnue à 80m de l'entrée. Son compagnon rejoint l'entrée en catastrophe, à **court d'air**. L'alerte est donnée au centre de secours. Non entraînés à la plongée souterraine, les pompiers ne dépassent que de peu la zone d'entrée de la source. Au soir, les recherches sont arrêtées par ordre du service de la Protection Civile. Le lendemain, des membres du SSF sont contactés. Une série de plongées dans le siphon permet de retrouver la bouteille du disparu à 80 mètres de l'entrée (-15m) et à la verticale, dans une poche d'air, le corps du plongeur, **décédé d'hypothermie**. Après vérification, La bouteille ne contenait plus d'air. Il n'est pas improbable qu'il ait laissé tombé sa bouteille, devenue inutile, pour signaler sa position (20).

22/08/76–Golet du Groin (01-Champagne en Valmorey) : Quatre plongeurs, qui n'ont pratiqué qu'en mer, entreprennent d'équiper en fil ce siphon, suivant une très mauvaise méthode (cordelette flottante enroulée autour d'une planche en bois). Le 28/07, progression sur 80m. Le 21/08, plongée de reconnaissance. Le 22/08, balisage sur 130m. Sur le retour, à 10m de l'entrée, en rembobinant, un plongeur se prend dans la corde et se débat pour se dégager. Lorsqu'il se libère, il trouve un de ses coéquipiers sans détendeur en bouche, **décédé** d'un **essoufflement** par panique. Le rescapé sort au bord de l'essoufflement (50).

14/07/77–Réseau du Verneau (25-Nans sous Sainte-Anne) : Un plongeur est victime d'un **épuisement** lors d'une exploration post-siphon.

1977 : Lors d'une exploration dans un siphon clair, le dévidoir libère trop de fil. Le plongeur voit son bras **emmêlé**. Il fait demi-tour et sort après s'être démêlé.

1977–Grotte de la Castelette (83) : De retour d'une plongée dans un siphon, le plongeur est bloqué à 15m de la sortie car son fil s'est glissé sur le côté de la galerie (h=15cm). Il retrouve le passage pénétrable après 15 minutes de recherches et **sort** avec les **bouteilles vides**.

09/1977–Font del Truffe (46) : Lors d'une exploration en pointe entre S.10 et S11, un **flexible** de manomètre, **endommagé** lors du portage, explose et vide 30% de la bouteille.

09/1977–Guiers vif (38) : Derrière un siphon (200 m, -22), Un plongeur **brise son masque**. Il repasse le siphon avec des lunettes de natation.

02/10/77–Emergence de Lamerlie (46-Sauliac sur Célé) : Deux spéléologues s'engagent dans le siphon en mono-bouteille sur 60 m. Un **accrochage** dans le fil écourte la plongée.

1977–Grotte de Neuvon (21-Plombières) : Lors d'une traversée avec un sac, un plongeur spéléo expérimenté **perd le fil** et regagne la sortie.

1978–Source de Saint-Sauveur (46-Calès, Lot) : Un spéléologue trouve la **mort** au cours d'une plongée d'entraînement. Un **essoufflement** semble être la cause de l'accident (49).

1978–Event de la Guigonne (07-Saint-Remèze) : Au retour d'une longue plongée dans le S.4, le plongeur de pointe **se sent mal** dans la galerie entre les siphons, certainement à cause d'un important **déficit d'oxygène** du à une dépression dans cette galerie.

1978–Event de Bourbouillet (07) : Lors d'un portage de bouteille relais trop lourde, le plongeur, sans système d'équilibrage, **s'essouffle** en remontant de -26 m.

03/06/78–Résurgence du Vivier (79-Niort) : **Deux** plongeurs s'engagent dans la galerie horizontale à la base du puits (-15). Ils sont reliés à la surface par une corde. Ils font demi-tour alors que l'un d'eux arrive à court d'air et passe sur sa réserve. Lors du retour, la **corde** se **coince** derrière eux. Dans l'eau trouble, ils coupent la corde et se guident au courant pour regagner la sortie en apnée.

29/01/78–Grotte de la Gouille (73-Sixt) : En fond de grotte après des passages siphonnant, deux plongeurs s'engagent dans le siphon terminal pour poursuivre l'exploration. A 190m de départ, le plongeur de tête s'arrête car il ne sent pas dans son état normal. Son profondimètre affiche -15m. Arrivé à -3m, le second plongeur rappelle le premier pour faire des paliers. Il annonce qu'ils sont descendus à -45m. Ils émergent car l'eau est très froide. Le plongeur de tête souffrira de douleurs à un coude (**ADD**).

02/1978–Gouffre des Encanaux (13) : Lors d'une plongée en fond de gouffre, les verres des **deux lampes se brisent** à -40m (170m de l'entrée). Le plongeur sort dans le noir, grâce à son fil d'Ariane, sans faire de paliers.

09/1978–Grotte de Valsuzon (21) : Lors d'une plongée en fond de grotte (1850m de l'entrée), le plongeur bute sur un passage impénétrable. En voulant repartir, il **perd** l'extrémité du **fil** non amarrée. Avec une visibilité nulle, il le recherche durant plusieurs minutes avant de sortir.

11/1978–Résurgence du Rouveyrol (48) : A 60m de l'entrée (-8), le **joint** d'une étrier **lâche** et occasionne une fuite. Le plongeur sort sur sa seconde bouteille.

1979–Event de la Guigonne (07-Saint-Remèze) : **Deux** plongeurs sont victimes d'**embolie** après une longue plongée dans le S.4. La dépression d'une galerie entre les 2 siphons (équivalente à 4000m d'altitude) serait à l'origine de ce problème.

08/1979–Source du Tyrou (09-Moulis) : Lors d'une exploration, un plongeur s'engage en 2x12l décapelé dans une étroite fracture. Aucun amarrage ne permet de fractionner le fil. Il stoppe à 20m du départ (-6) et éprouve des difficultés à remonter la fissure car le fil s'est tendu dans des sections impénétrables. Avec les deux mains prises, le plongeur ne dispose que de ses pieds pour se caler dans la fissure et essayer de se positionner à l'endroit le plus large en faisant du **yo-yo**. Il réussit à sortir avec les bouteilles à 50 bars.

12/08/79–Event de Foussoubie (07-Salavas) : En explorant S.6, un siphon bas (0,6 x 2m) et argileux, le plongeur perd une partie de son dévidoir. Il poursuit l'exploration en dévidant les spires à la main. A une cinquantaine de mètres de l'entrée, il bute dans une salle argileuse à visibilité nulle et fait demi-tour. Sa palme et l'un de ses détendeurs sont **emmêlés** dans le fil. Il se libère et ressort.

26/08/79–Grotte de Pene Blanque (31 Arbas) : En franchissant S.1, un plongeur **perd le fil**, consomme le tiers de son gaz avant de le retrouver et rejoindre l'autre côté du siphon.

26/08/79–Grotte de Pene Blanque (31 Arbas) : De retour d'une plongée, le second plongeur **emmêle** le sac qu'il transporte. Il doit user du poignard pour se libérer.

30/09/79–Grande Foux de Nans (83-Nans les Pins) : A la fin d'une plongée, un spéléo ressent les symptômes d'**un ADD** (douleurs articulaires et céphalées).

1979–Grotte de Neuvon (21-Plombières) : Lors d'une traversée, un plongeur très expérimenté **perd le fil** et regagne la sortie. Un de ses collègues passera à proximité de lui sans le voir ni se rendre compte de son égarement, à cause de la visibilité nulle.

27/10/79–Source de la Creuse (25-Eysson) : Durant une plongée, le fil se détache d'un amarrage. Les deux plongeurs ne retrouvent pas la sortie du siphon dans un conduit labyrinthique, étroit où la visibilité est nulle. Ils trouvent refuge dans une minuscule fracture exondée. L'**un** d'eux replonge pour chercher la sortie et **décède** au pied de la cloche avec une bouteille vide, l'autre, fermée contient encore de l'air. Il se peut que le robinet se soit fermé en frottant contre la roche. Son **coéquipier** désobstrue une étroiture et prend pied dans une galerie exondée plus spacieuse où les secours le retrouvent, **épuisé**, 32 heures plus tard.

03/11/79–Font del Truffe (Lacave-46) : A la fin d'une plongée, un spéléo ressent des douleurs articulaires au genou gauche, attribuées à **un ADD**.

31/12/79–Source de Marnade (30-Montclus) : En exploration, l'un des **deux** plongeurs, équipé d'un vêtement étanche trop ample, se fait remonter de 15m jusqu'au plafond dans le S.1. Il perce son volume pour redescendre et se retrouve collé au sol, dans l'argile, sans savoir où est la sortie. Son collègue le retrouve en déroulant un fil d'Ariane et le ramène à la sortie qu'ils atteignent à **court d'air**.

13/03/80–Goule de Foussoubie (07-Salavas) : Deux plongeurs souterrains s'engagent dans le siphon reliant la Goule à l'Event (340m, -17) en vue d'un rééquipement avec topographie. A 50 m du départ, le premier s'**emmêle** dans le fil qu'il déroule. Son équipier le libère en brisant la cordelette. Ils choisissent de traverser l'intégralité du siphon en suivant l'ancien fil guide, qui les ramène à l'air libre.

15/06/80–Fontaine Noire de Cize (01- Corveissat) : Trois plongeurs s'égarent. L'un d'eux retrouve la sortie. Les **deux** autres se réfugient **post-siphon** où ils seront **secourus**.

07/1980–Source de Saint-Sauveur (46-Calès) : **Essoufflement** et **narcose**.

21/08/80–Event de Foussoubie (07-Salavas) : Un plongeur se trouve à court d'air suite à un débit constant dans son 2^e étage de détendeur (intrusion d'argile). Il sort en apnée (50m) victime d'un **barotraumatisme pulmonaire** (douleur, un crachat sanglant, tendance à l'essoufflement).

24/11/80–Résurgence du Pont de la Grotte (52-Saint-Dizier) : Deux plongeurs s'engagent dans une source équipée de plusieurs fils rompus. Lors du retour, avec une visibilité nulle, ils s'emmêlent à plusieurs reprises et doivent se libérer. Au cours de ces manoeuvres, ils perdent le contact. Le premier sort, pensant son collègue devant lui. Le second **se noie** à 90m de l'entrée, **emmêlé** dans les fils. Son masque est arraché, les bouteilles retenues par une seule bretelle, une lampe allumée. Il semblerait qu'il ait pu attendre dans une cloche à 70m de l'entrée en économisant son éclairage, et qu'il ait tenté de rejoindre la sortie (48).

25/12/80–Grotte de la Mescla (06-Malaussène) : De retour d'une exploration jusqu'à 460m (-69) présentant un profil accidenté (points bas à -24, -63 et -69) de 50min suivie de deux heures de palier air et O₂, le plongeur s'égare puis fait **un ADD**.

19/04/81–Source du Durzon (12-Nant) : De retour d'une exploration, le plongeur se **trompe de fil** d'Ariane au niveau d'une trémie présentant de nombreux fils non repérés. Il remonte jusqu'à -3 et découvre un passage étroit dans une eau obscurcie par l'argile. En redescendant, il découvre à -15 l'extrémité du fil qui s'est détaché lors de son passage et gagne la sortie.

07/06/81–Source de la Trouillette (01-Champfromier) : De retour d'une exploration jusqu'à 700m de l'entrée (profondeur moyenne -40m avec un point bas à -53 et remontée terminale à -12) dans le S.2, un plongeur est trouvé **mort** alors qu'il effectuait un palier de décompression dans les conditions normales (-9). Il n'avait pas l'habitude de son vêtement étanche et s'était mal alimenté la semaine précédant la plongée. L'autopsie a conclu à une **hypoglycémie** (47).

09/08/81–Event de Foussoubie (07-Salavas) : Après une sortie de 10 heures, deux plongeurs sont sur le retour. Au passage du S.5, l'un d'eux emprunte un passage supérieur exondé pour le topographier. Le second franchit le siphon (1m) en apnée avec deux bouteilles de 4l sur le dos. Après une longue préparation, il s'engage, heurte le plafond et se bloque. Il **sort essoufflé**, récupéré par son collègue de l'autre côté.

10/08/81–Event de Foussoubie (07-Salavas) : De retour d'une plongée en mono-bouteille, un plongeur racle le plafond. Son **robinet se ferme** et il sort de justesse, en apnée.

17/08/81–Event de Foussoubie (07-Salavas) : De retour d'une plongée en mono-bouteille, un **joint détérioré** est à l'origine d'une fuite, qui n'empêche cependant pas de respirer.

30/08/81–Source de la loue (25-Ouhans) : Deux plongeurs spéléo confirmés, décident d'effectuer une sortie. Après avoir parcourue 200m, ils font demi tour et rejoignent la vasque de sortie où il faut se caler lors du palier pour éviter d'être emporté par le courant. Le premier effectue son palier et lorsqu'il sort, aucune présence du deuxième. Il fouille la vasque, puis repart à 90m dans le siphon avant de donner l'alerte. Les secours retrouveront le corps du

plongeur à 130m de l'entrée dans le siphon. Avant de **décéder** il avait décapelé et tenté de monter un détendeur sur un biberon, vraisemblablement à la suite d'une **avarie** sur le bi (40).

1981–Source de Saint-Sauveur (46-Calès) : Lors d'une plongée à l'air avec un long développement dans la zone des -70, le plongeur est pris de deux violents **essoufflements** consécutifs à -78 puis, au retour, à -72.

4 et 5/09/81–Gourg de l'Antre (11-Cubières sur Cinoble) : En émergeant post S.2 dans une galerie exondée, le plongeur s'**intoxique** car l'atmosphère est irrespirable. Il replonge avec son matériel à la main et se rééquipe sous l'eau.

28/10/81–Emergence de Bourne (Beaufort sur Gervanne) : Lors d'une plongée préparatoire pour une exploration ultérieure, le plongeur respire un nitrox 45/55 sur les premiers 1500 de S.3, puis sur un 33/67 et déclenche un début de **crise hyperoxique** après 100 m à -43m. La crise dure 2-3 minutes (pouls > 100/min) puis il rentre sur le 33/67. Plongée de 5h10 minutes.

17/03/82–Aven de Polyphème (81-Sorrèze) : Attribué initialement à des gaz post-siphon, qui n'était en réalité que des gaz (**CO**) dégagés par le moteur d'une pompe placée avant le siphon, un plongeur est indisposé. Il sort en respirant sur ses bouteilles (97).

1982–Doye Gabet (39-Morez) : De retour d'une plongée air à -72m, un plongeur **perd connaissance** à -45m, tout en continuant à respirer. Son collègue le remonte jusqu'aux paliers où il reste sans réaction à -9 et -6m. A -3m, il reprend ses esprits et sort sans séquelles.

01/05/82–Source du Moulin du Cru (25-Uzelle) :

La source se présente sous la forme d'une vasque en entonnoir descendant en pente forte. Au point bas de la vasque (-10m) s'ouvre une interstrate encombrée de blocs. Latéralement un puits constitue une deuxième possibilité d'accès au système noyé inexploré.

Deux plongeurs veulent vérifier la possibilité de franchir le puits à -8m. L'équipement comporte chacun deux bouteilles de 7l, gonflées à 180b pour l'un (pas de manomètre), 100b pour l'autre. Plusieurs essais de passage sont tentés dans le puits, mais l'étréouissement ne leur permet pas d'accéder dans la galerie. Le premier se dirige vers le laminoir à -10m et entame une désobstruction, pendant l'autre vérifie les parois de la vasque à la recherche d'un autre passage. 30 minutes après, il regagne la surface, ses réserves d'air diminuant. Son collègue a probablement franchi l'étréouissement et progresse dans le siphon. Trois quarts d'heures plus tard, le second en surface vérifie que le fil est toujours bien amarré et constate qu'il a cédé. Une mesure rapide démontre que sa rupture s'est produite derrière l'étréouissement.

Pendant qu'il explore la galerie après l'étréouissement, la **pente de graviers a glissée** et a refermé le passage. A son retour, le plongeur constate cette obstruction, et n'ayant pas de manomètre, il tente un passage forcé en apnée dans la zone la plus étroite. Ses bouteilles seront retrouvées à côté de lui avec 80 bars dans l'une de ses bouteilles. Les réserves d'air du plongeur de surface étant insuffisantes, il contacte des plongeurs qui pourraient intervenir rapidement. Muni de nouvelles bouteilles, il équipe l'entonnoir jusqu'à l'étréouissement et constate lui aussi la nouvelle obstruction. En tant que CTS adjoint, et en l'absence du CTDS, il déclenche le PSS. Un compresseur est amené sur les lieux pour regonfler les bouteilles. Après 3 heures de désobstruction, le passage peut à nouveau être franchi. Le corps du plongeur est découvert à quelques mètres, à -14m (**décès**) (39).

Pentecôte 1982–Emergence de Bourne (26-Beaufort sur Gervanne) : Lors d'une plongée jusqu'à 2340m de l'entrée dans le S.6 (soit 2250m de siphon), avec un profil en yo-yo, le plongeur de pointe doit interrompre son exploration : son **oreille gauche ne passe plus**.

10/07/82–Source de la loue (25-Ouhans) : Deux plongeurs reviennent d'une plongée à -30. Gêné par le courant, un plongeur s'égare et bute sur la fin du fil. Sa réserve en air est faible et il **panique** sur place. Son compagnon le retrouve et le ramène à la sortie.

18/09/82–Résurgence de Port-Miou (13-Cassis) : **Deux** spéléo s'engagent en mono-bouteille. Ils doivent progresser jusqu'à une fracture qui communique avec l'extérieur à 80m de l'entrée puis revenir. Ils **s'égarent** dans la caverne. Un corps sera retrouvé à 110m de l'entrée, l'autre à 90m, collé au plafond, le masque arraché, les bouteilles au sol (**décès**).

15-16/11/82–Grotte de la Maouro (31-Izaut de l'Hotel) : **Six spéléologues** sont devant l'entrée (5 plongeurs, 1 porteur). Dehors, le temps est gris, mais il n'a pas plu depuis une quinzaine de jours. Ils portent le matériel jusqu'au siphon. Pour y parvenir, il faut parcourir 600m dans le lit de la rivière (de l'eau jusqu'aux chevilles), traverser un lac sur 100m. La galerie est large, haute d'environ 3 à 4m. Le premier jour, ils rééquipent S. 1. Le soir, une légère bruine ne les affole pas. Le lendemain, 3 spéléo débent la plongée, les autres ressortent du matériel. Dehors, il pleut toujours. Pendant le trajet de retour au siphon, ils s'aperçoivent que le niveau d'eau est plus haut. Arrivés au siphon, ils attendent une heure trente que les 3 plongeurs réapparaissent, et l'eau est monter de 10 cm. Il faut se presser et quitter la grotte. Au bout de 50 mètres, ils commencent déjà à nager et parcourent de la sorte 350 mètres, avant de trouver la **galerie** complètement **noyée**. L'eau est trop trouble pour plonger. Les lampes à carbure sont fermées, sauf une. Les deux couvertures de survie sont dépliées, et ils s'installent pour attendre. L'eau monte de plus de 3m en deux heures. Le lendemain deux d'entre eux essaient de franchir le siphon, sans succès. Ils seront secourus après avoir attendu 48 heures derrière un siphon (250m) proche de l'entrée (38).

21/11/182–Résurgence de l'Avencas (34-Brissac) : Deux plongeurs, franchissent un siphon trouble. Lors du retour, la débutante **perd le fil** et retourne attendre les secours post-siphon.

17/08/83–Source de la Fourbanne (25-Fourbanne) : La Résurgence se présente sous la forme d'une vasque de 15m de diamètre et 6m de profondeur au fond de laquelle s'ouvre une galerie en interstrate de 1.5mx3m. Au bout de 30m, un puit vertical mène à -25m, où la galerie reprend son profil en interstrate. Deux plongeurs spéléo s'engagent dans le siphon. A la base du puits d'entrée, le plongeur de tête sent des tractions sur le fil. Il se retourne, trouve son coéquipier inanimé, **emmêlé** dans le fil suite à une panique, sans détendeur en bouche. Il ne peut que constater le **décès**. Il tente de le sortir en l'allégeant de ses bouteilles et ayant coupé le fil dans la manœuvre, il ne retrouve plus la sortie. Il doit se résoudre à l'abandonner pour chercher à tâtons le chemin de la sortie et déclenche l'alerte. Les deux étaient équipés de matériel correct. On a constaté sur un des détendeurs de la victime que la soupape d'expiration était retournée. Un problème de fil constitue une fois de plus la cause de l'accident par panique, les blocs du plongeur étant encore à 150 bars (78).

21/08/83–Grotte du Revest (06-Gourdon) : Un plongeur **décède** par **noyade**. Il s'agirait d'une **narcose** (bouteilles pleines). La plongée était profonde (- 40m).

1983–Source du Durzon (12-Nant) : Après une plongée de 4h10 (780m, -60) dont 3h de paliers (2h à l'O₂), un plongeur « bloque » ses membres inférieurs à la sortie. Il récupère la motricité et la sensibilité après respiration d'O₂, prise d'Aspirine® et de Valium® (ADD).

07/1983–Fontaine de Briance (46-Martel) : En pointe dans le siphon terminal, le plongeur s'engage en décapelé dans un laminoir irrégulier sans trouver d'aspérité pour équiper le fil. Il fait demi-tour à après 10 min de progression (150m) et se retrouve dans une **eau troublée**. Il sort en se cramponnant sur le fil, en louvoyant dans les 10m de largeur du laminoir pour trouver les passages pénétrables, en 20 minutes.

02/10/83–Font de Lussac (16-Ruelle) : Un spéléo, venu à la plongée depuis deux ans, réalise sa 3^{ème} plongée sur le site, en compagnie d'un collègue. A -43m, après un échange de signes, le collègue commence à remonter. Ne voyant pas de lumières le suivre, il redescend et trouve le spéléo inanimé, embout lâché. Il essaie de le remonter en percutant la bouée. Malgré ses efforts il ne parvient pas à dépasser -35m, le corps s'étant pris dans le fil. Il remonte prévenir ses collègues en surface, qui le réimmergent aussitôt pour terminer ses paliers. Après examen du matériel, les causes de l'accident ne peuvent faire l'objet que d'hypothèses (une bouteille vide, l'autre à 150 bars). Il se pourrait que ses **détendeurs** aient été **bloqués (décès)** (25).

01/01/84–Gouffre des Cent Fonts (34-Causse de la Selle) : Un plongeur décide d'explorer cette grotte au-delà de -60m, personne ne l'a jamais fait. A -20m, il dépose les bouteilles de secours. Ses amis en surface ne le voyant pas revenir et estimant qu'il a épuisé ses réserves d'air vont chercher du secours. Au soir un premier plongeur descend, repère le corps accroché à la paroi, à -69m. Le profondimètre de la victime indique -93m. Un second plongeur descend et hisse le corps à -45m puis rejoint la surface. Quand la victime a été retrouvée, il ne lui restait qu'un quart d'heure d'air environ. Elle serait remontée trop vite vers ses bouteilles de secours, sans observer les paliers de décompression (**décès**) (78).

15/03/84–Goul de la Tannerie (07-Bourg Saint Andéol) : Un plongeur **s'égare** dans un secteur présentant des galeries parallèles. Après un carrefour, il revient vers l'entrée en pensant aller vers le fond. En faisant demi-tour, il se dirige vers le fond dans une eau troublée par son passage. Il se rend compte de son erreur et retourne vers la sortie. La présence d'un carrefour de fils l'induit à nouveau en erreur et il repart vers le fond. Il corrigera heureusement à temps et atteindra la sortie avec ses **blocs vides**.

10/1984–Goul du Pont (07-Bourg Saint-Andéol) : Un plongeur est victime d'un **ADD** après une plongée profonde au trimix.

24/08/84–Grotte des Forges (39-Moirans en Montagne) : Au cours d'une exploration **post-siphon**, un plongeur fait une chute sur **rupture d'amarrage** et se fait une **entorse de la cheville** gauche. Il ressort par ses propres moyens.

03/08/84–Golet du Groin (01-Artemare) : En exploration **post-siphon** (1220m), le plongeur fait une **chute de 3m** et déchire son vêtement étanche. Le retour, avec le vêtement rempli d'eau sera «pénible».

06/10/84–Grotte de la Bourlière (38-Rencurel) : De retour d'une sortie post-siphon (10m,-3) avec des blocs peu remplis, le plongeur **s'emmêle** dans le fil, qu'il coupe pour revenir en arrière. Son autonomie ne lui permet pas de repasser le siphon. Il est secouru 5H plus tard.

1985–Grotte de Bury (26) : De retour d'une exploration dans le S.5 avec des 2x4litres, l'un des plongeurs subit un débit constant sur l'une des bouteilles et ne parvient à la fermer avant qu'elle ne soit vide. Il **panique** et double en catastrophe son collègue qui le retrouve devant le S.4, anxieux. Ils regagnent ensemble la sortie en économisant leurs maigres réserves de gaz.

12/08/85–Source du Bourbouillet (07-Saint-Alban Auriol) : De retour d'une plongée un spéléo a des problèmes d'équilibrage et se retrouve au fond du siphon après avoir **perdu le fil**. Il trouve une galerie remontante et débouche sur une cloche d'air. Le pompage du siphon organisé par les secours lui permet d'emprunter un étroit laminoir exondé pour sortir.

22/09/85–Grotte de Chauveroché (25-Ornans) : Deux plongeurs se suivent à quelques minutes pour franchir un siphon (60m;-7m, labyrinthique, à 5000m de l'entrée). Le **fil** se **coupe** après le passage du premier plongeur. Une fois sorti de l'autre côté et inquiet de ne pas voir arriver son collègue, il replonge. La visibilité inférieure à 50cm l'empêche de retrouver le chemin et il se réfugie post-siphon où les secours le retrouveront 18 heures plus tard.

01/12/85–Résurgence de Saint-Maurin (04-La Palud) : Un plongeur descend à -40 avec des bouteilles de petite capacité et **décède** par manque d'air avant de rejoindre la sortie du siphon.

30/03/86–Source de Saint-Sauveur (46-Calès) : De retour d'une plongée profonde au mélange ternaire (25min, -75), le plongeur **décède** aux paliers, en changeant de mélange de décompression.

03/08/86–Source du Doubs (25-Mouthe) : Un plongeur **décède** dans le siphon.

28/09/86–Grotte de la Mescla (06-Malaussène) : De retour d'une plongée de pointe à l'air, l'un des deux équipiers, en **narcose**, ne retrouve pas la bouteille relais. A court d'air, il panique à -63 et **décède** à -30 à proximité de la bouteille relais suivante.

11/10/86–Source du Loiret (45-Orléans) : Deux plongeurs explorent une cavité présentant une galerie latérale à 70m de l'entrée. En revenant dans l'eau troublée, ils se trompent à un carrefour et progressent vers le fond, à 640m de l'entrée, en pensant ressortir. L'un des deux réalise l'erreur et ils reviennent au carrefour. Doutant sur la galerie à choisir, le premier part seul en reconnaissance et revient après 10 min mais ne retrouve pas son collègue. Il le cherche en vain et ressort en limite d'autonomie. Le deuxième plongeur, ayant cédé à la **panique**, sera retrouvé **décédé** dans la galerie menant au fond, à 250m du carrefour.

29/05/87–Source de Gourneyras (34-Saint-Maurice de Navacelles) : Un plongeur mal équipé (pas d'instrument coupant) s'**emmêle** dans le fil après avoir décapelé et **décède**.

19/04/87–Grotte de Thouriers (82-Cazals) : Suite à une **chute post-siphon**, un plongeur s'entaille le genou. Il sortira par ses propres moyens.

07/06/87–Source du Ressel (46-Marcilhac sur Célé) : De retour d'une plongée profonde à l'air (650m, -51), sans O₂ pour la décompression gérée avec un ordinateur (1^{ère} génération), **deux** plongeurs sont victimes d'un **ADD** (atteinte labyrinthique de l'oreille interne et atteinte médullaire) dès leur sortie de l'eau.

11/07/87–Grotte de la Mescla (06-Malaussène) : En post-siphon S2, **deux** plongeurs sont victimes de céphalées par **manque d'oxygène** (118).

07/11/87–Grotte de la Grusse (39- St-Claude) : Dans S.3, le plongeur poursuit l'exploration fond de trou avec un bi 7l et un relais 7l. Au moment du demi-tour (260m, -24), il est surpris par la visibilité nulle et le courant qui s'oppose à sa progression. Il **panique**, vide une bouteille, perd son dévidoir, son sécateur, ne parvient pas à ouvrir son relais. Il revient sur la seule bouteille pleine de son bi dorsal. Il accroche sa palme dans le fil, force pour se dégager. Il sort avec une bouteille vide, l'autre à 30b et le relais à 180b.

21/02/88–Trou Madame (46-Cenevières) : Trois plongeurs subaquatiques confirmés plongent, correctement équipés, dans la cavité en crue. Ils progressent jusqu'à leur limite d'autonomie puis font demi-tour. Une erreur d'orientation les conduit vers le fond en pensant retourner vers la sortie. Ils se rendent compte de leur erreur lorsque l'un d'eux est à **court d'air**. Dans une cloche d'air, ils décident de rentrer en respirant à deux sur un bi-bouteille. Ils sortent de justesse. Le troisième plongeur sera retrouvé **décédé** à 120m de l'entrée.

1988–Emergence de Meyraguet (46-Meyraguet) : **Deux** plongeurs franchissent le S.1, lâchent leurs détendeurs et progressent vers le S.2 dans la cloche. Très rapidement, le premier ressent les symptômes d'un **malaise** (vertiges, « résonances » cérébrales). Il reprend son détendeur et retrouve ses esprits. Son collègue cyanosé se débat, couché sur le dos, masque arraché, tapant les bras dans l'eau, ses détendeurs coincés sous lui. Le premier plongeur lui donne son second détendeur et il reprend rapidement conscience avec une couleur normale.

01/05/88–Fosse Dionne (89-Tonnerre) : Deux plongeurs plongent en bi-mer (robinetteries reliées) et franchissent les deux étroitures (-40) après une série de plongées dans la vasque (bouteilles entamées). Ils font demi-tour lorsqu'un manomètre indique 40 bars. Entre les deux étroitures, l'un d'eux se retrouve à court d'air, panique et franchit l'étréiture en apnée. Son collègue le remonte en catastrophe, inanimé. Il sera hospitalisé pour un **œdème pulmonaire** et un début de paralysie (**ADD**).

10/06/89–Source Bleue (25-Cusance) : En suivant d'anciens fils, trois plongeurs s'égarent. En panne d'air, deux plongeurs trouvent refuge dans une cloche d'air jusqu'alors inconnue, à 80m de l'entrée. Le troisième émerge post-siphon dans une partie connue, à 100m de l'entrée. Ils seront secourus 12 heures plus tard. Un plongeur en **hypothermie** devra être hospitalisé.

Été 1989–Doux de Coly (24-La Cassagne) : Lors d'une plongée en quadri-20l et au propulseur, une bouteille du quadri se détache suite à un **choc contre la paroi**. Le plongeur, déséquilibré, devra se tordre sur ses scooters pour regagner la sortie.

27/09/89–Frais Puits (70-Quincey) : De retour d'une exploration jusqu'à 1690m (-41) de l'entrée, le plongeur retrouve son fil décroché. Il reprend la ligne après une recherche au compas et dévidoir de secours. A proximité de la sortie, après une première série de paliers à l'air, le plongeur ressent des douleurs articulaires dans les deux bras et les épaules (**ADD**).

30/10/89–Gouffre de Padirac (46-Padirac) : De retour d'une pointe derrière les premiers siphons (8500m de l'entrée), un plongeur fait une **chute de deux mètres** entre le S.2 et le S.3. Il se **fracture** une **côte**. Il sortira par ses propres moyens, soutenu par ses collègues.

26/11/89–Goul de Tourne (07-Bourg Saint Andéol) : Lors d'un exercice secours, un plongeur s'engage dans le siphon avec des détendeurs étriers et des robinetteries non protégées. A 50m de l'entrée, il heurte le plafond et une de ses bouteilles se vide. Il **panique**

et revient vers l'entrée, en respirant sur la bouteille, car il ne trouve plus son second détenteur (coincé dans son dos). A 30m, il arrive à **court d'air**, son coéquipier le raccompagne.

26/12/89–Grotte du Pont du Diable (25-Les Combes) : Un plongeur spéléo débutant franchit en mono-bouteille une zone d'étroitures et poursuit durant 40m **sans fil d'ariane**. Il débouche par hasard dans une galerie exondée où il attend les secours pendant 12 heures.

13/01/90–Fosse Dionne (89-Tonnerre) : Un plongeur professionnel, non spéléo, ne retrouve pas ses bouteilles de décompression. Ne disposant **pas assez de gaz** pour effectuer sa décompression, il sort et fait prévenir le SMUR. Il sera placé sous surveillance hospitalière.

04/1990–Source des Briseux (25-Ougney-Douvot) : Durant une exploration dans une galerie, l'un des plongeurs **perd le fil**. Sa maîtrise lui permet de retrouver son chemin et de refranchir l'étroiture d'entrée en décapelé dans l'eau opaque.

11/04/90–Baume des Anges (84-Malaucène) : Un jeune plongeur d'assistance descend pour récupérer des bouteilles à -45. Il sera retrouvé **décédé** à -45 après être descendu à l'air à -66, comme l'indique son profondimètre (**ADD**).

09/06/90–Aven des Plans (34-Les Plans) : Lors d'une exploration en fond de trou, deux plongeurs butent sur un S.3. Le premier s'engage et équipe le fil en l'entourant autour de rochers posés au sol. Le second s'engage peu après, mais fait demi-tour dans l'eau troublée. Il **accroche le fil** dans ses manomètres et fait sauter tous les points d'amarrage. Après avoir franchi le siphon, le premier revient et trouve le fil complètement détendu. Il devra progresser « au jugé » avec une visibilité nulle.

24/06/90–Source de Planey (70) : Dans cette résurgence très argileuse (1m de large par 5m de haut) un plongeur rééquipe le fil d'Ariane jusqu'à 100m de l'entrée. Au retour à 30m de l'entrée, il heurte la paroi, doit vidanger son masque et **perd le fil**. Il se dirige au jugé vers la sortie et retrouve le fil au moment où la visibilité s'améliore, sous la vasque d'entrée.

26/08/90–Grotte de la Mescla (06-Malaussène) : A la sortie d'une profonde un plongeur ressent des douleurs articulaires (**ADD**).

03/03/91–Grotte de Banges (74-Allèves) : Deux plongeurs non formés s'engagent dans la cavité en crue avec un matériel inadapté. Au retour et à contre-courant, après être descendus à -35m, le second plongeur retrouve son collègue collé au plafond. Ce dernier s'est **emmêlé** dans un ancien fil, l'a coupé et cédant à la panique a décapelé son scaphandre. Le rescapé sera hospitalisé, victime d'**un ADD**.

24/07/91–Source du Lison (25) : **Deux** plongeurs **cherchent le fil** à tâtons. Ils finissent par en trouver un, à 20m de l'entrée, après avoir parcouru cette distance sans s'en rendre compte.

06/07/91–Grotte de la Foux (83-Saint-Anne d'Evenos) : Un spéléologue s'engage en **apnée** dans un siphon à 400m de l'entrée de la cavité. Il émerge dans une cloche d'air, mais ne retrouve pas la sortie dans l'eau troublée. Son coéquipier resté devant le siphon donne l'alerte.

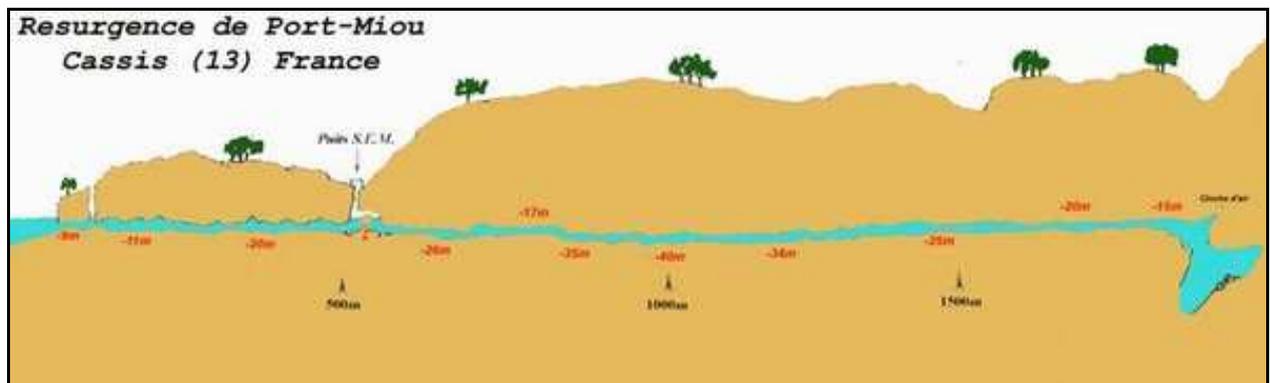
01/09/91–Grotte Cosquer (13-Marseille) : **Trois** plongeurs **décèdent**. Non formés à la plongée souterraine, ils plongent avec un matériel inadapté (mono-bouteille sans manomètre, **pas de fil d'Ariane**, unique lampe à la main) et s'égarèrent dans l'eau troublée par leur passage.

29/09/91–Source de Marnade (30-Montclus) : Un plongeur **décède** lors du retour dans S.1, à 250m de l'entrée. Ses bouteilles sont vides. Son matériel ne présente aucun défaut.

30/05/92–Grotte du Château de la Caze (48-Laval du Tarn) : Lors d'une exploration, une équipe de **6 plongeurs** se fait surprendre par une **crue** derrière S.3. Ils se réfugient post-siphon où ils seront secourus après 28 heures d'attente.

07/1992–Fontaine Saint-Georges (46-Montvalent) : Trois plongeurs sont en exploration post-siphon au propulseur. Au passage des deux premiers, le **fil d'Ariane se rompt**. Le troisième stoppe sur l'extrémité du fil et a du mal à raccorder les deux parties pour assurer le retour de ses collègues. Cet incident conditionne l'arrêt de la tentative d'exploration.

1993–Résurgence de Port-Miou (13-Cassis) : Lors d'une prise de vues pour la télévision, un plongeur caméraman, situé en amont du barrage se fait aspirer en aval par une buse. Un plongeur part à sa recherche et le retrouve, à court d'air, 100m plus loin, accroché à un vestige d'échafaudage. Le plongeur lui donne un détendeur et le ramène en luttant contre le **courant**. Ils se tractent au plafond de la galerie pour arriver à rejoindre le barrage.



Topographie de la résurgence de Port-Miou (118).

10/01/93–Grotte du Perthuis (01-Marchamp) : Un plongeur équipé (tri-bouteilles 12l) se **noie** dans S.5, à 150m de l'entrée sur le chemin du retour (-30) après être descendu à -38. La bouteille de son vêtement étanche (seul système de flottabilité) est vide. Les deux autres contiennent encore de l'air. Un accident de flottabilité générant un **essoufflement** est le plus probable.

Printemps 1993–Event du Mas Neuf : **3 spéléo** en attente d'une plongée entre S1 et S2 ressortent in extrémiste, repoussé par une crue provenant de S2 (118).

16/04/93–Résurgence de Gourneyras (34-Saint-Maurice de Navacelle) : Deux plongeurs parcourent le siphon, décalés de 10 minutes. En revenant, l'un retrouve son coéquipier atteint d'**essoufflement** à la base du puit d'entrée. Le temps de le rejoindre, celui-ci a cessé de respirer (**décès**). Il le remonte jusqu'à la surface. Une tentative de réanimation ne donnera pas de résultat. Le second plongeur sera traité par OHB (**ADD**).

01/09/93–Gouffre du Ragas (83-Toulon) : Après une plongée à -80 avec un mélange à 15% d'Helium, un plongeur ressent des symptômes dès le palier de -15m (décompression à l'ordinateur) jusqu'à -6. Après être redescendu pour reprendre sa décompression à -12, il émerge et perd connaissance. Il sera évacué vers un hôpital pour un **ADD**.

31/10/93–Source du l’Ecluse (07-Saint-Marcel d’Ardèche) : En partant au propulseur pour une plongée de pointe, en tri-dorsal de trimix, le plongeur **emmêle** et perd de fil.

1994–Source des Briseux (25-Ougney-Douvot) : De retour d’une exploration, un plongeur franchit la trémie de sortie en décapelé avec son 2x20l. Au passage, il bouge quelques blocs. Le fond de la vasque descend de 50 cm et la visibilité nulle. La **trémie** s’est **rebouchée** après son passage. Il faudra par la suite évacuer 3m³ de rocs pour le rouvrir.

02/1994–Baume Saint-Anne (25) : En exploration **post-siphon un bloc** de plusieurs centaines de kilos **s’effondre** sous le poids du plongeur. Il ne tenait plus que par une mince lame de roche. En replongeant après avoir émergé dans une cloche, un des **sinus lâche** lors de l’équilibrage du masque. La visibilité s’annule instantanément, à la fois dans le masque et à l’extérieur car il s’est arrêté sur une couche d’argile. Il s’en sort seul, n’ayant pas lâché son fil.

16/04/94–Grotte de la Trémie (13-Cassis) : Une structure de plongée emmène onze plongeurs subaquatiques, dans cette vaste cavité dont la profondeur évolue entre 10 et 20 mètres. Trois d’entre eux, s’égarent dans l’eau troublée par leur passage. Ils trouvent refuge dans une cloche d’air, d’où l’un d’eux parvient à sortir grâce au fil installé après leur disparition. Les **2** autres sont **décédés, intoxiqués au CO₂** avant de se noyer.

05/1994–Font del Truffe (46-Lacave) : De retour d’une plongée de pointe dans le S.12, l’un des plongeurs **s’emmêle** dans le fil dans le S.6. A court d’air sur une bouteille et avec un détendeur en panne sur l’autre, il doit décapeler et intervertir les détendeurs. Il sort du S.6 avec les bouteilles vides. L’une d’elle, restée ouverte et sans détendeur s’est remplie d’eau.

28/05/94–Frais Puits (25) : Au cours d’une exploration dans un réseau secondaire, à 900m de l’entrée, un plongeur décapele son 2x20l pour franchir un laminoir (10m) et explore 30m supplémentaires de conduit. De retour à l’étroiture, le **fil** s’est **déplacé** et les bouteilles décapelées ne passent plus. Le plongeur se déplace en tendant le fil, jusqu’à trouver un passage pénétrable en sondant avec son bi tenu à bout de bras. Une fois le bi engagé, il passe en force pour franchir le laminoir.

18/06/94–Font de Baignes (70) : En partant pour une exploration en résurgence, le plongeur amarre son **fil** quelques mètres en-dessous de l’étroiture au fond de la vasque d’entrée (-11) afin qu’il ne le gêne pas lors du franchissement de l’étroiture au retour. La sortie demandera quelques minutes de recherche dans l’eau troublée pour trouver le bon passage.

28/08/94–Grotte de Corveissat (01-Corveissat) : Après avoir émergé derrière S.1, un plongeur ne retrouve pas le passage-clé. Il **attend** les secours dans la partie exondée **post-siphon** après avoir épuisé une partie de ses réserves d’air.

25/10/94–Source de la Mouillère (25-Besançon) : Afin de tester son équipement contre le froid, un plongeur descend avec de nombreuses épaisseurs de sous-vêtements et du lest en conséquence. A -52 mètres, en passant sous le fil dans un rétrécissement, il **s’emmêle** et doit décapeler pour se libérer. Dans la manoeuvre, il perd des plombs et sa ceinture se défait, tirant sur le câble des lampes, déplaçant le masque qui prend l’eau. Le plongeur remonte aux paliers, très incommodé par le manque de lest. Il abrège le palier -6m et fait surface. Il prend de l’aspirine, respire de l’O₂ et redescend à mi-profondeur pour reprendre sa décompression.

Printemps 1995–Source de Marnade (30-Montclus) : Après une pointe, un plongeur escalade un muret avec son bi 18l sur le dos. Il souffrira d'un bend à l'épaule (**ADD**).

04/02/95–Source de la Clautre (24-Tourtoirac) : Au retour d'une exploration post-siphon, quatre plongeurs refranchissent les siphons d'entrée (70m) avec une visibilité nulle et deux passages en décapelé. Le premier sort sans encombres. Le second ne parvient pas à franchir la première étroiture, s'**emmêle** et **décède** d'un arrêt cardiaque. Le troisième découvre l'accident, s'**emmêle**, coupe le fil et sort **paniqué**. Le quatrième s'engage, trouve le fil sectionné et reste en retrait dans une cloche d'air durant 8 heures. Un plongeur sauveteur le rejoint. A 10m de l'entrée, le secouru lâche la palme du secouriste. Il sera sorti rapidement, hélas **noyé**.

20/02/95–Source de Landenouze (46-Cadrieu) : Lors de la préparation d'une exploration, un plongeur d'assistance descend au propulseur en respirant un nitrox 40%. Il **décède (hyperoxie)** à 800m de l'entrée, sur le retour, après avoir atteint la profondeur de -48m.

21/05/95–Event de Coudoulières (34-Pégairolles de Buèges) : Un spéléologue non plongeur effectue une incursion dans un siphon pour étudier la morphologie, avec du matériel emprunté et des bouteilles à moitié pleines. A 70m de l'entrée, lors du retour, sa bouée se gonfle et le propulse au plafond. Il émerge dans une **cloche** où il **attendra** les secours durant 22 heures.

24/05/95–Gouffre de Lantouy (46-Salvagnac) : Un plongeur descend dans le siphon avec un 2x15l et un volume étanche. Lors de la remontée, il ne parvient pas à repasser une étroiture à -35 et décapele son bi. Il sera retrouvé ainsi, avec encore de l'air dans les bouteilles (**décès**).

24/06/95–Event de Foussoubie (07-Salavas) : Un plongeur part pour déposer des bouteilles relais. Il arrive sur une extrémité du **fil rompu** par les crues qu'il perd. Il trouve refuge dans une cloche d'air jusqu'alors inconnue où il sera retrouvé par les sauveteurs.

07/1995–Source de l'Ecluse (07-Saint-Marcel d'Ardèche) : De retour d'une exploration, le plongeur progresse dans une eau chargée au propulseur. Le fil se prend dans l'hélice. En voulant se libérer, le **fil se rompt** et disparaît. Le plongeur abandonne son propulseur et son dévidoir pour sortir au compas. Les paliers seront atteints à court de gaz.

23/07/95–Source de la Douix (21-Chatillon sur Seine) : Un plongeur non formé aux techniques de plongée souterraine **décède** suite à un égarement du à la **perte du fil**.

09/1995–Scialet du Blizzard (38-Villard de Lans) : Durant une exploration en fond de trou (-500m), un plongeur fait une **chute post-siphon**. Il se **blesse** au **genou**. Il ressort seul, aidé par ses coéquipiers lors de la remontée.

03/09/95–Boulidou des Rouquettes (34-Agonès) : Au départ d'une pointe, le plongeur franchit l'étréture d'entrée en décapelé. Dans une eau troublée par son passage, il préfère continuer ainsi pour doubler le nuage d'argile et se rééquiper dans l'eau claire Son bi lui échappe et il **perd le fil**. Il continue en aveugle et se retrouve dans une branche latérale, non équipée en fil. La connaissance des lieux et la configuration de la galerie lui permettent de rejoindre, main sur la paroi, la galerie principale, pour retrouver le fil.

22/04/96–Puits de la Brême (25-Maizières Notre Dame) : Lors d'une exploration à 330m de l'entrée, le plongeur entend une **fuite** et fait demi-tour en ne respirant que sur le bloc défaillant. Arrivé au palier -6m, la bouteille est vide et la deuxième fuit de façon analogue,

lorsqu'il change d'embout. Les deux détendeurs étaient neufs. Les petits bouchons de moyenne pression non utilisés sur le premier étage n'étaient pas serrés.

13/05/96–Source de l'Ain (39-Conte) : Une équipe de trois plongeurs s'engage pour une visite. Un plongeur **décède** d'une **hémorragie pancréatique** brutale. Le second **décède**, d'une **embolie gazeuse**, en portant secours à son collègue. Les corps seront évacués par le 3^{ème}.

Pâques 1996–Igue de Goudou (Lot) : Un plongeur est victime d'une otite avec **perforation tympanique** (118).

16/06/96–Fosse Dionne (89-Tonnerre) : Deux plongeurs visitent la galerie après les étroitures (-39). Lors du retour dans l'eau troublée, l'un d'eux arrive à court d'air dans les étroitures, se prend dans le fil et **panique**. Ils émergent dans une cloche d'air sous pression où ils restent 26 min. Malgré tous les efforts du coéquipier pour le calmer et le sortir, le plongeur ne parvient pas à franchir les étroitures. Ils sortent en limite d'apnée. L'un sera hospitalisé.

13/07/96–Baume des Anges (84-Malaussène) : Parti pour une plongée à -90m, un plongeur fait demi-tour à -70 suite à un problème. Le premier plongeur d'assistance le rejoint et ils remontent. Le second plongeur d'assistance croise le premier à -50, sans voir le plongeur profond. Persuadé qu'il doit aider son collègue au fond, il dépasse la zone troublée à -70, jusqu'à -78, avant de comprendre qu'ils ont dû se croiser.

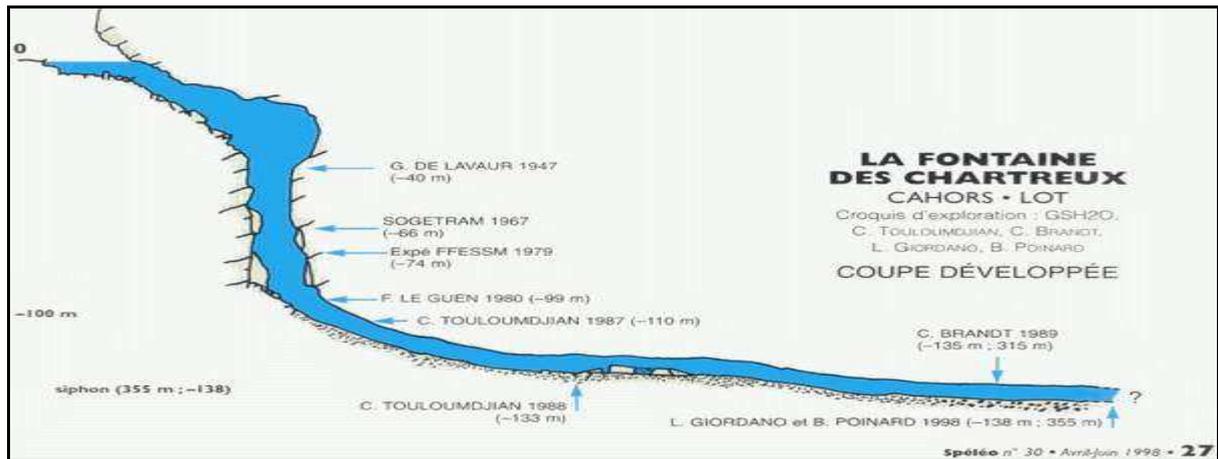
19/07/96–Font de Baignes (70) : En reprenant les explorations au-delà du terminus d'un fil, et en revenant au dernier fractionnement, le **fil** conduisant vers la sortie est **sectionné**. Avec un dévidoir et en prenant le cap au compas, le fil sera retrouvé.

19/05/97–Grotte Doronéas (06-Antibes) : **Trois** plongeurs mer s'engagent dans une grotte sous-marine sans équipement adapté ni fil. Ils s'**égarent** dans l'eau troublée par leur passage. L'un d'entre eux retrouve la sortie et donne l'alerte. Un autre plongeur tente de leur porter secours et disparaît à son tour. Deux autres plongeurs installent un fil dans la cavité mais il est trop tard (**décès**).

13/07/97–Fontaine de la roche (25) Durant une exploration post-siphon, un plongeur franchit en apnée (2m) un autre siphon. L'**air** est tellement **vicié** derrière, qu'il s'arrête après 30m de galerie exondée, à la limite de l'**étourdissement**.

28/09/97–Fontaine de Vaucluse (84-Fontaine de Vaucluse) : Lors d'une plongée d'assistance, un plongeur improvise une profonde à -110 avec un bi18l d'air et un relais 12l de giclette. Il atteint les bouteilles qu'il doit sortir, mais rencontre des problèmes à la remontée. Il sera retrouvé **décédé** en plafond.

28/02/98–Fontaine des Chartreux (46-Cahors) : Après une plongée au trimix à -138 et une progression en palmant à -100m, les **deux** plongeurs ressentent des douleurs articulaires aux genoux. Ces bords sont dû à l'effort fourni et au temps de plongée en profondeur (**ADD**).



Topographie de la Fontaine des Chartreux (118).

14/04/98–Source de la Douix (21-Chatillon sur Seine) : Une plongeuse mer (enceinte) **décède** d'un problème physiologique dans la vasque d'entrée.

10/07/98–Emergence du Ressel (46-Marcilhac sur Célé) : En descendant à l'air à -50, un plongeur **perd** puis retrouve **le fil**. Il repart vers le fond en pensant rejoindre la surface. Il réalise son erreur et rejoint la 1^{ère} bouteille de décompression (-22) avec une bouteille vide et l'autre à 30 bars.

10/07/98–Emergence du Ressel (46-Marcilhac sur Célé) : Deux plongeurs partent décalés et progressent au propulseur jusqu'à environ 1400m de l'entrée. Le second fait demi-tour à la distance prévue sans avoir vu son collègue et prévient l'assistance. Le premier, en panne de propulseur au point terminal, a entamé un retour à la palme en tractant l'appareil, puis en l'abandonnant, à **court de gaz**. Il est en fait dans une galerie parallèle plus profonde qui rejoint la galerie principale, à 850m de l'entrée. Par chance, une autre équipe, préparant une exploration post-siphon, a installé des bouteilles de secours à intervalles réguliers. Le plongeur réussit à rejoindre la zone de paliers en utilisant ces bouteilles. L'équipe d'assistance lui fournit des gaz et des tables pour assurer sa décompression.

18/07/98–Source de Saint-Sauveur (46-Calès) : Deux plongeurs s'engagent pour une profonde à l'air. Ils entament la remontée à -70m. Le second s'accroche dans le fil et, en **narcose**, coupe le fil en aval du point d'accrochage, restant accroché. Sans réaliser la situation, il continue de palmer, en faisant des efforts, incapable de réagir autrement. Son coéquipier retourne jusqu'à lui, le libère et le remonte. Le surplus de paliers, généré par cet incident, sera pénible pour celui des deux qui était en humide.

19/07/98–Bief Goudard (39-Villard sur Biemme) : Un plongeur spéléo se sépare de son dévidoir et **perd le fil** qu'il est en train de dérouler à -60. Après avoir progressé sans fil, il en retrouve un ancien qui l'entraîne vers le fond. Il sera retrouvé à 320m de l'entrée, en position de retour, détendeurs en bouche, les bouteilles vides (**décès**).

23/07/98–Bief Goudard (39-Villard sur Biemme) : Lors de l'opération de secours, alors qu'une équipe vient rapatrier le corps, l'un des deux secouristes **décède** à -30, après une plongée aux mélanges. Il est retrouvé enroulé dans le fil qui emprisonnait en même temps le relais surox 40 % qu'il porte sur lui. L'autopsie montre une **surpression pulmonaire** (hyperoxie ?)

20/12/98–Grotte de la Mescla (06-Malaussène) : Lors d'une plongée de reconnaissance à l'air avec un quadri-bouteilles, un plongeur se **noie** à 420m (-62) de l'entrée du S.2 (780m, 2 points bas à -65 et -68). Il est orienté vers le fond détendeurs hors bouche, avec une seule palme, ceinture de plomb larguée et purge du vêtement étanche ouverte. Ses bouteilles contiennent toutes encore de l'air : 50b, 120b, 140b et 140b).

15/06/99–Foux du Mas de Banal (34-Saint-Bauzille de Putois) : Un plongeur d'assistance doit récupérer les bouteilles utilisées lors d'une pointe à -40 et -60 dans le siphon. Il sera retrouvé **décédé** à -68, une palme **accrochée** dans un vieux fil, avec encore de l'air.

Printemps 1999–Source de l'Ecluse (07-Saint-Marcel d'Ardèche) : Lors d'une préparation à une exploration, un plongeur part déposer une bouteille dans la zone des -60. Il plonge avec une « giclette » et subit une **narcose**. Il dépose sa charge, rentre en gérant au mieux, s'**emmêle** dans le fil, coupe et remonte. Le lendemain, il plonge au mélange ternaire et s'engage au propulseur tracté dans la galerie. Le fil coupé la veille s'emmêlé autour de l'hélice. Retour à la palme en tractant l'appareil.

07/1999–Event de la Guigonne (07-Saint-Remèze) : En revenant d'une plongée dans le S.4 (200m, -40), le plongeur manque de s'évanouir et perd momentanément l'usage des jambes. Il s'en sort seul, mais ne retrouvera toutes ses facultés que quelques jours plus tard. L'**air difficilement respirable** entre les siphons, ainsi qu'une possible mise en dépression de la galerie inter-siphon est certainement à l'origine de ces problèmes.

31/07/99–Source de Saint-Sauveur (46-Calès) : Un plongeur descend à -70 avec un bi-bouteilles de 9l (robinetteries reliées). Il sera retrouvé **décédé** à -50, ses bouteilles vides.

1999–Source du Durzon (12-Aveyron) : Durant une reconnaissance à la giclette et au propulseur dans la zone profonde (-65), le **fil s'accroche** dans l'hélice et se casse. Le plongeur s'égare et progresse vers le fond en pensant revenir vers l'entrée. Il réalise son erreur en butant sur une trémie. Il abandonne son propulseur et revient en catastrophe. Au passage d'un laminoir de graviers, il remplit les premiers étages de ses détendeurs, poursuit sur son unique relais en luttant pour ne pas se faire remonter au plafond. Il atteint ses bouteilles de décompression à -9m en apnée, alors que ses premiers paliers devaient débiter à -18.

08/1999–Baume de Scey sur Saône (70) : Pendant une exploration, le plongeur remonte dans une cheminée de -24 jusqu'à -16. Après avoir amarré son fil, il fait demi-tour et **perd le fil** alors que la visibilité se réduit à néant. Il le retrouve à la faveur d'un passage moins troublé.

06/2000–Emergence du Ressel (46-Marcilhac sur Célé) : Lors d'une exploration au recycleur dans le dernier siphon, le plongeur est obligé de passer sur circuit ouvert car le recycleur est devenu très dur. Les pores de la membrane hydrophobique du container de CO₂ étaient bouchées par de la poussière générée par une **chaux de mauvaise qualité**.

18/06/00–siphon 4 branche est du Dejeau-Chaland (70) : Après une exploration, le plongeur amarre son fil sur un plomb largable, avec une visibilité nulle. Une fois le plomb lié et le **fil coupé** du dévidoir, un autre plomb lié au dévidoir refuse de se séparer du premier. Dans le noir, il faut tenir d'une main le plomb récalcitrant, de l'autre le fil conduisant vers la sortie et le sécateur dans la dernière. Le plongeur coupe le bon fil et rejoint la sortie.

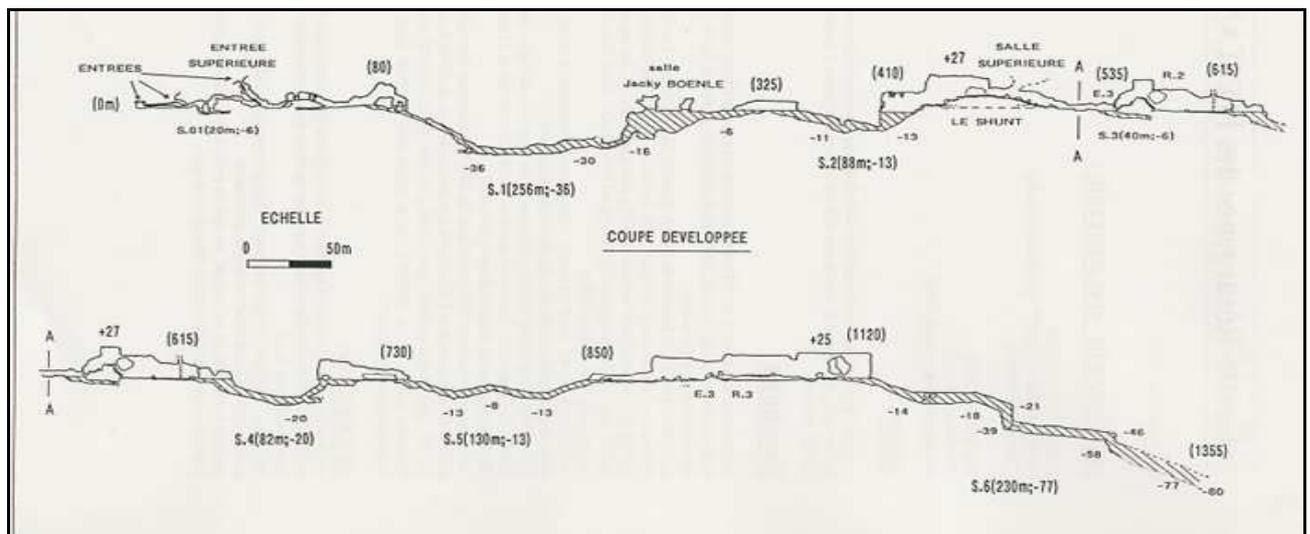
2000–Résurgence de Gourneyrou (34-Saint-Maurice Navacelle) : Lors d'une plongée en recycleur, un plongeur se retrouve en dessous de -85m avec sa bouteille de trimix vide (fuite sur le détendeur). Il ne dispose plus que d'air ou de nitrox pour alimenter sa machine. Il stoppe sa progression et repasse le point bas après avoir fait chuter la PpO_2 de son mélange, afin de ne pas trop l'élever à -85 . Il en est quitte pour une **narcose** (équivalent -95m).

8/08/00–Exsurgence de la Foutarasse (Saint-Julien en Beauchère-05) : Au cours d'une plongée de topographie en humide, le plongeur ressent des picotements dans les bras et les mains, avec sensation de **malaise**. Il sort avec des tremblements qui lui font perdre l'équilibre. Il se réchauffera qu'en multipliant les voyages de portage jusqu'à la sortie de la cavité.

2000–Fontaine des Chartreux (46-Cahors) : Après une plongée préparatoire à -100 en vue d'une pointe future, un plongeur fait, en surface, un **ADD** après avoir effectué ses paliers. Cet accident vestibulaire sera immédiatement traité par le médecin de l'équipe.

07/02/01–Goul de Tourne (07-Bourg Saint Andéol) : De retour d'une profonde, le plongeur déchire son vêtement étanche et prend l'eau. Souffrant du **froid**, il écourte sa décompression et se fait rapatrier par les plongeurs d'assistance sur les 100 derniers mètres du siphon.

03/06/01–Grotte des Fontanilles (34-Puechabon) : Une équipe de 4 plongeurs décident d'explorer S.6, qui est inconnu au-delà de -77m de. La grotte a un développement de 1852 m et se compose de galeries exondées nécessitant des escalades et un portage difficile.



Topographie (coupe) de la Grotte des Fontanilles, réalisée par : Jean-Louis Galera, Gilles Lorente, Jérôme Martin, Frank Vasseur, Richard Villemejeanne (90).

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 présente 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 sont 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'un 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 (coordinateur des opérations souterraines), la commission plongée de la FFS, la FFESSM et les autorités locales 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 où 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 de pour orienter les recherches au plafond. Le disparu, suite à un problème technique, pourrait être remonté pour chercher une cloche d'air. Préparation importante :
 - Recherche, contact des plongeurs compétents, aptes et disponibles.

- Gonflage des bouteilles de mélange (nitrox), qui nécessite 12 heures de stabilisation, temps aussi nécessaire à la décantation de l'eau au S.6.
 - Préparation matérielle des campements souterrains pour les plongeurs et pour une médicalisation éventuelle de la victime.
 - 12 spéléo plongeurs sont prévus pour cette recherche.
 - 1 médecin spéléo plongeur présent sur le site est prêt à intervenir.
 - 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 :
- Une 2ème équipe de spéléo plongeurs du SSF.
 - Un médecin spéléo plongeur du SSF pour une médicalisation post-siphon.
 - 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 aiguë et il n'y pas d'hypothermie (36,5 °C) mais des frissons. Il existe une très grande asthénie associée à un état d'excitation psychique. La médicalisation consiste en une oxygénothérapie systématique, une réhydratation PO, un réchauffement qui nécessitera l'utilisation d'un hamac et du duvet Dolofil ainsi qu'un réalimentation par du Renutril®. Il reçoit du Lexomil® à visée anxiolytique.
- Situation à J3+11H00 : Après 12H de médicalisation et de mise au repos, il est décidé par le médecin, 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 cotés. La victime sort équipé d'un bi 9l apporté la veille, jusqu'à l'entrée du S.1. où là il changera de matériel.
- Situation à J3+19H30 : La victime sort de la grotte. La victime a subi un ADD articulaire et il est sous O₂ pur. Il est transféré par hélicoptère SAMU vers le caisson hyperbare.

Au total, 108 intervenants dont 31 plongeurs spéléologues ont été engagés. C'est à ce jour, l'opération de sauvetage en plongée souterraine la plus complexe qui n'ait été menée. Sur le plan médical, plusieurs points sont remarquables :

- 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 souhaiter 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 des techniques complexes mais nécessitant une parfaite connaissance des problèmes liés aux plongées de grandes profondeurs (83, 90).

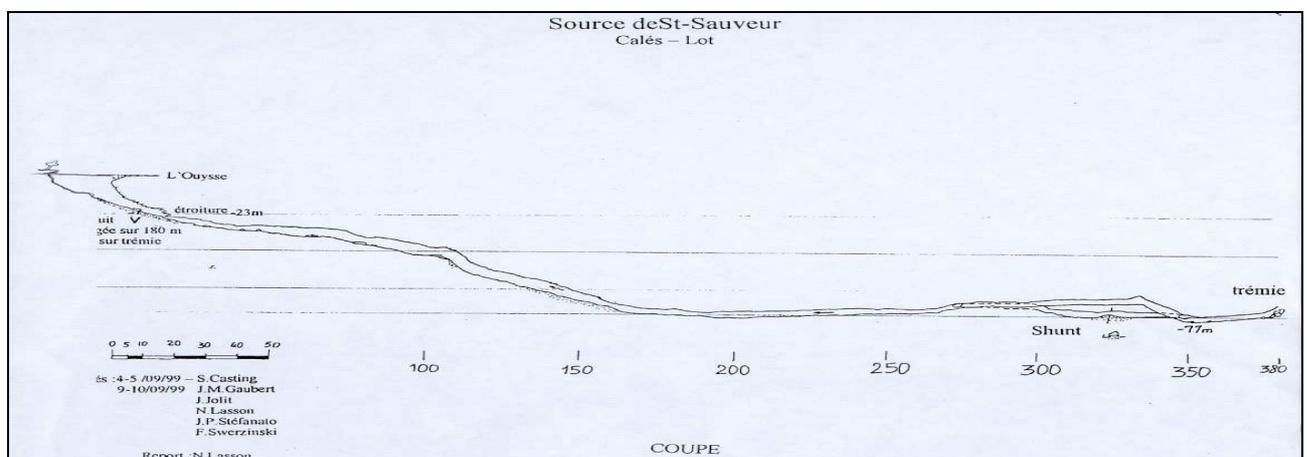
07/06/01–Grotte des Fontanilles (34-Puechabon) : Lors de l'opération de secours, un plongeur transporte un bi-9l derrière les deux premiers siphons. Cette charge n'est pas équilibrée et un **problème** sur le **vêtement étanche** le cloue au sol dans la vasque d'entrée du S.2. Le plongeur abandonnera le bi au fond du siphon pour faire une recherche de fil et rejoindre la surface.

07/2001–Résurgence de Gourneyras (34-Saint-Maurice de Navacelle) : De retour d'une plongée préparatoire, un plongeur ressent les symptômes d'un **ADD** durant ses paliers. Il traite ces symptômes qui semblent sérieux et sort sans autre problème.

01/07/01–Résurgence de Gourneyrou (34-Saint-Maurice de Navacelle) : De retour d'une exploration avec un profil en yo-yo (-85 puis -19 puis -92) et trois paliers de décompression, un plongeur ressent les symptômes d'un bend à l'avant-bras après sa sortie. Il se réimmerge pour 50 min de paliers thérapeutiques suivis de 30min d'O₂ en surface (**ADD**).

12/12/01–Rivière souterraine de Laval de Nize (34-Lunas) : De retour d'une exploration avec une longue exposition au nitrox (deux heures) dans un S.3 trouble, sinueux et étroit, en ramenant 4 bouteilles, le plongeur ressent les symptômes d'une **hyperoxie**. En changeant de mélange respiratoire (retour à l'air), les symptômes disparaissent. Ils réapparaîtront un peu plus tard, en respirant à nouveau du nitrox et seront à nouveau éliminés en respirant de l'air.

28/12/01–Source de Saint-Sauveur (46-Calès) : Il s'agit d'un siphon débutant par un puit noyé de -80m, qui se poursuit par 400m de galerie, suivie d'une trémie qui débouche sur plusieurs poches d'air.



Topographie partielle de Saint Sauveur (90).

Un plongeur entreprend une reconnaissance à l'Héliair et au propulseur en configuration lourde (tri-bouteilles-dorsal). Le plongeur fait demi-tour après la trémie. Sa bouteille de 4l, reliée à sa bouée dorsale est alors vide. Il est déséquilibré et tombe sur le dos après avoir repassé la trémie. Malgré une redondance, il n'arrive pas à s'équilibrer, fait un essoufflement et **décède** d'une **syncope hypercapnique**, plusieurs bouteilles vides, d'autres encore pleines.

L'un de ses coéquipiers alerte les pompiers en constatant son non retour. La Préfecture informe le CTDS du sauvetage en cours en précisant que le PSS ne serait pas déclenché pour le moment et que les pompiers assurent l'opération. Sur place un plongeur de l'équipe entreprend une reconnaissance jusqu'à la profondeur de -70 mètres sans résultat. Au soir après une reconnaissance avec 50 m de fil, 4 plongeurs pompiers n'aboutissent pas. La préfecture informe le CTDS que le PSS sera déclenché le lendemain.

A J1+18H, la préfecture déclenche le PSS et à J1+21H une reconnaissance commence dans laquelle sont engagés certains plongeurs du SSF. Le plongeur est retrouvé décédé dans le siphon à J1+24H. L'évacuation sera faite ultérieurement. N'étant plus dans une situation de secours, la direction des opérations est passée de l'autorité du Préfet à l'autorité du Procureur de la République. La mission pour la remontée du corps, a été confiée à la gendarmerie qui sollicite la compétence de plongeurs civils réquisitionnés (90).

2002–Grand Soucy (24-Commune de Saint-Vincent sur l'Isle) : Un plongeur utilisant un recycleur à circuit fermé et un ordinateur de décompression multi-gaz paramétré sans conservatisme, descend à -103m. Il gère sa décompression au nitrox et ressent à -9m des difficultés respiratoires et des fourmillements dans un pied. Malgré une nuit sous O₂ et une recompression à -9, il perd durablement la sensibilité à l'un de ses pieds (**ADD**).

05/01/02–Emergence de la Goule Noire (Vercors) : En sortant du S2, un plongeur est victime d'une **chute** de 1m à la descente d'une diaclase. Il souffre d'une **entorse** de la cheville droite (118).

15/02/02–Source de Marnade (30-Montclus) : De retour d'une pointe au trimix dans le dernier siphon, le plongeur ressent des douleurs musculaires lors des paliers. Lors du retour, il rencontre des difficultés dans les deux premiers siphons à cause de l'eau troublée. Enfin, lors des derniers paliers avant la sortie, il ressent des symptômes d'**hyperoxie**.

05/2002–Goul du Pont (07-Bourg Saint-Andéol) : A la suite d'une plongée au trimix avec une progression à la palme à -140m, le plongeurs ressent des douleurs au genou (**ADD**).

14/06/02–Source de la Mouillère (25-Besançon) : Lors d'un essai de matériel, à 20m de l'entrée (-11) le plongeur se retrouve dans l'obscurité totale. Il fait demi-tour et se rend compte qu'il **saigne du nez**. Après un vidage de masque, il sort sans problème.

02/2003–Goul du Pont (07-Bourg Saint-Andéol) : En remontant d'une plongée à -107, le plongeur passe de son mélange fond (12/28/60) à un nitrox 28% à -52. Il est pris de **vertige** et frôle la **perte de connaissance**. En repassant sur air, les symptômes disparaissent. Outre la composition des mélanges, il semble qu'un goût dans la bouteille soit à impliquer.

04/05/2003–Goul du Pont (07-Bourg Saint-Andéol) : Après une descente à -178m, un plongeur ressent les symptômes d'un **ADD** à -9m, qu'il calme en rallongeant ses paliers.

08/2003–Grotte de Rémonot (25) : Un plongeur franchit un étroiture de 5m située au départ d'un siphon, équipé d'un narghilé et d'un bi 4l. Cette étroiture est en cours de désobstruction, ce qui a **sectionné** le **fil** dans le passage. Après avoir travaillé l'étréiture, il dépose le détendeur du narghilé. Le plongeur fait quelques mètres sur le fil en place après l'étréiture. Au retour, il bute sur le bout du fil, dans un environnement souillé. Après une recherche, le plongeur aperçoit finalement le détendeur du narghilé et repasse l'étréiture.

10/2003–Grotte de Corveissat (01-Corveissat) : Un plongeur s'engage pour une exploration dans le S.9. La visibilité est faible (moins d'1m) et il doit rééquiper un **fil cassé** dans le S.8. En progressant, il retrouve l'extrémité amont du fil qu'il raccorde à son dévidoir. Le noeud, mal ajusté, se défait et le plongeur se retrouve sans lien vers la sortie. Il émerge devant le S.9, fait le point et retrouve le fil dans S.8. Suite à cet incident, il préfère reporter sa pointe.

11/11/03–Source de Crégols (46–Crégols) : Durant un stage, un plongeur se **luxé l'épaule** sur le chemin du retour, en descendant un ressaut précédant le S.1. Il sort de la cavité par ses propres moyens, avec l'aide de l'encadrement et sera médicalisé 5 heures après.

10/2003–Grotte de Thouriès (82-Cazals) : Un plongeur utilise à faible profondeur un recycleur semi-fermé, connecté à une bouteille d'air. Sujet à un début d'**hypoxie**, il repasse sur son circuit ouvert.

18/11/03–Grand Soucy (24-Saint-Vincent sur l'Isle) : Durant une exploration à -184m, le plongeur rencontre plusieurs difficultés durant la remontée. A -130, il **emmêle** son fil dans l'hélice du scooter et dans une bouteille. Il coupe le fil et poursuit sur la sortie. A -100m, il se réfugie sous un surplomb et essuie une **chute de blocs** durant 3 minutes, certainement décrochés par les bulles de son recycleur. Après avoir perdu le fil, il le recherche 15 minutes et retrouve une ancienne cordelette à -65. Vers -18, il attache son dévidoir de secours à la corde du puits et s'engage le long des parois. En revenant son fil se coupe. Il le retrouve par hasard et au bout de 20 minutes.

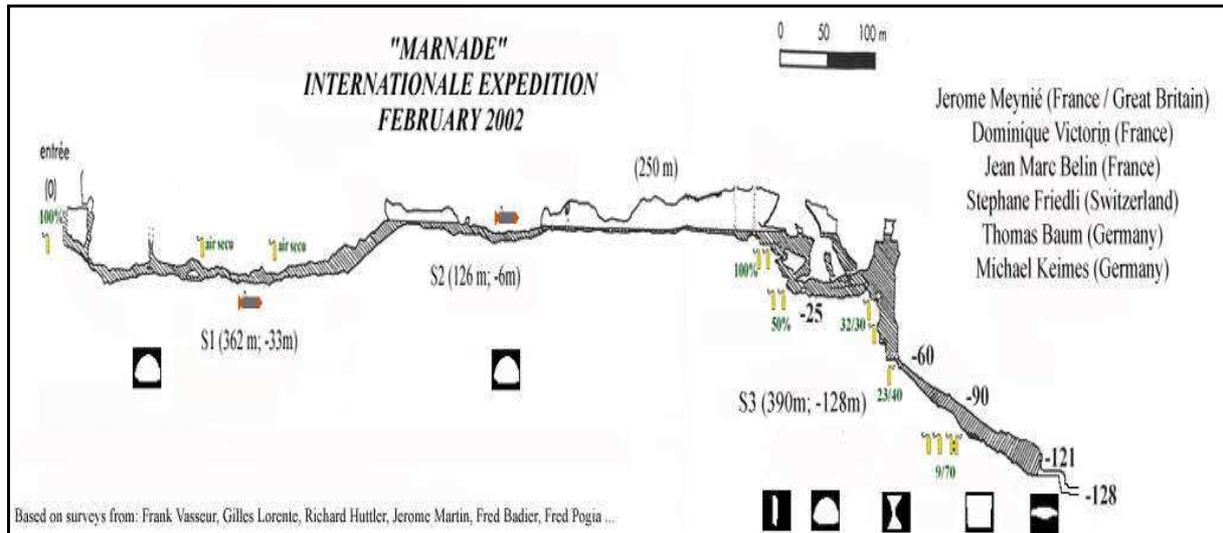
19/11/2003–Emergence de Meyraguet (46-Meyraguet) : **Deux** plongeurs sont retrouvés **décédés** dans la cloche entre les deux premiers siphons, à 3 m de la sortie du S.1. Ils étaient dans 1,5 mètres d'eau, l'un sur l'autre, sans détendeur en bouche. Le CTDS n'a pas été prévenu. L'intervention est faite par les pompiers. Le PGHM d'Oloron Sainte Marie est chargé de l'enquête. Tout laisse à penser qu'ils ont respiré des **gaz** présents dans la cloche et la mort a été foudroyante. Les résultats des analyses effectués sur les échantillons de gaz prélevés dans la cloche révèlent un taux d'O₂ d'environ 9% et l'absence de gaz toxiques.

- Prélèvement n°1 : N₂ 86.8 %, O₂ 8.8 %, CO₂ 0.97 %, H₂O/H₂S/ H₂/CO et CH₄ < à 0.0005 % pour chacun de ces gaz
- Prélèvement n°2 : N₂ 87.3 %, O₂ 9.2 %, CO₂ 1.01 %, H₂O/ H₂S/ H₂/CO et CH₄ < à 0.0005 % pour chacun de ces gaz

Dans l'eau du siphon il n'y a pas de gaz en solution ou de produits organiques particuliers. En raison de la méthode de prélèvement, le taux d'O₂ est certainement légèrement inférieur à celui analysé (+- 1%). Selon l'échelle industrielle des risques un taux d'O₂ entre 8 et 9% entraîne un évanouissement et un taux < à 8% entraîne un coma après 40 sec avec arrêt

respiratoire. Ce faible taux d'O₂ explique à lui seul l'accident. Les bouteilles des plongeurs contenaient pour l'un 21% d'O₂ et 28% d'O₂ pour l'autre. Ils possédaient un compresseur état neuf muni d'un double filtrage et d'une prise d'air déportée. Le gaz contenu dans les bouteilles ne sera pas en principe analysé (90).

4/01/04–Source de Marnade (30-Montclus) : Après une plongée de 45 min (point bas –30), un plongeur effectue les 11 min de paliers qu'indique son ordinateur et porte sur 200m son bi dorsal jusqu'aux véhicules. Il ressent les troubles annonciateurs d'un **ADD** (tétraplégie) et doit être héliporté jusqu'à l'hôpital. Il ne conservera pas de séquelles.



Topographie de la source de Marnade (118).

04/01/04–Baume des Anges (84-Malacène) : Après une exploration jusqu'à –60m (point bas –100), suivi de 2 heures de paliers à l'ordinateur multi-gaz, un plongeur porte son bi et ses plombs sur 300m, jusqu'aux véhicules. Il ressent alors un bend au genou. Il est traité par aspirine avec inhalation d'O₂ pur. Les symptômes disparaîtront au bout de 15 min (**ADD**).

07/02/04–Dragonnière de Banne (07-Ardèche) : De retour d'une exploration dans la zone terminale, les deux plongeurs s'engagent dans le plus long siphon de la cavité (S.8). Le premier récupère le bloc relais destiné à repasser la première partie du siphon. Cette bouteille, ainsi que le détendeur, lui ont été prêtés. Durant toute la durée de la pointe, le **robinet** était **mal fermé** et le détendeur toujours en surpression. Dans les 10 premiers mètres du S.8, au retour, le détendeur se met en débit constant. Le bloc devient trop léger et déséquilibre le plongeur. Le bi-dorsal, peu utilisé assure toutefois une marge de sécurité confortable.

10/04/04–Rivière de Cerre les Noroy (70) : Le plongeur franchit 3 courts siphons (prof. maxi -3, long. maxi 15-20m), équipé uniquement de ses bottes car l'exondé entre S1 et S2 s'effectue avec de la boue au niveau du genou. Il dispose d'un bidon étanche pour transporter une balise de positionnement. A l'aller cela passe sans problème, mais au retour le plongeur s'y reprend à 3 reprises pour descendre à -2 dans la vasque de sortie du S3, **faute de lest** ou **de palmes**. Le profil retour n'est pas forcément identique au profil aller.

11/04/04–Goul du Pont (07-Ardèche) : En sortant d'une plongée au recycleur, un plongeur ressent des douleurs articulaires aux bras (**ADD**).

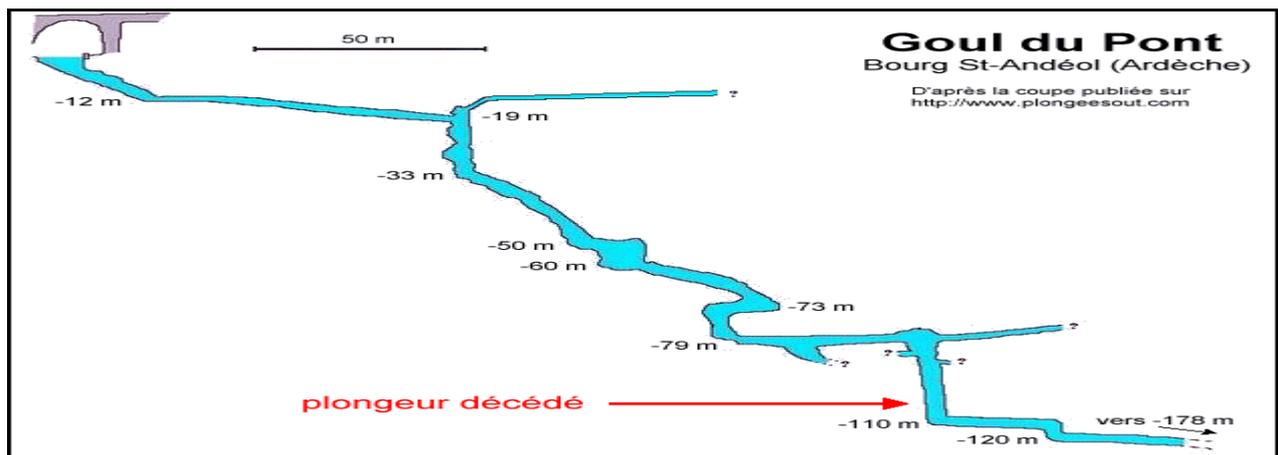
08/2004–Font de Lussac (16-Lussac) : Lors d'un équipement à -130, un plongeur ressent en surface une gêne au niveau de l'épaule droite. Sans aucun autre symptôme durant la décompression. Par sécurité et avec un caisson sur place, le plongeur fait une recompression thérapeutique (CX 18) bien que la gêne ait disparu à son entrée en caisson (**ADD**).

10/2004–Résurgence de Cabouy (46-Rocamadour) : Deux plongeurs en recycleurs circuit fermé réalisent leur 2^{ème} plongée de la journée. Ils font demi-tour après 20 min car l'un d'eux a froid. En passant le point bas (-30m), le second ressent des maux de tête et commence à haleter. Il rince sa boucle en expirant par le nez, mais les symptômes persistent et se doublent de difficulté de concentration et de vision. En passant sur le circuit ouvert, il est victime d'une brève **perte de connaissance**. Il reprend ses esprits, en respirant sur la bouteille, assisté de son équipier. Il semblerait qu'une **intoxication au CO₂** soit la cause de cet incident.

01/2005–Source du Durzon (12-Nant) : Durant une plongée de photographie, celui qui porte les flashes palme à reculons contre le courant. Equipé d'un recycleur circuit fermé, il **s'essouffle** et doit passer sur circuit ouvert. Les céphalées persisteront jusqu'à la soirée. La chaux était neuve et aurait peut-être été trop tassée.

23/01/05–Baume des Anges (84-Malaucène) : De retour d'une exploration dans le S.3, le plongeur **perce son vêtement étanche**, en transportant du matériel entre le S.3 et le S.2. Il colmate avec des « caouèches » et cette réparation s'avère efficace. Durant la même sortie, il **brise** l'un de ses deux **recycleurs** et revient sur le second.

06/02/05–Goul du Pont (07-Bourg saint Andéol) : Un plongeur en recycleur circuit fermé s'immerge en oubliant d'ouvrir la bouteille d'O₂. A -12, l'ouverture du bloc (gonflé à 220 bars), génère une inflammation causant la **fusion du clapet** de la robinetterie, ainsi que des joints et clapet du premier étage du détendeur. Il perçoit un goût de brûlé, constate une hausse de la PpO₂ et une sensation de **narcose** à la profondeur max. Une fois sorti, le flexible éclate avec impossibilité de fermer le robinet.



Topographie de la Goul du Pont (90).

06/04/05–Goul du Pont (07-Bourg saint Andéol) : Un plongeur en recycleur circuit fermé s'immerge en profonde au trimix. Ne le voyant pas ressortir, ses camarades effectuent 2 plongées de recherche jusqu'à -70 m avant d'alerter les secours. Le lendemain, des plongeurs sont engagés pour des recherches dans la zone profonde. Il est retrouvé **décédé** à -105, embout lâché, par un plongeur du SSF qui remonte le corps jusqu'à -80 m. Des réquisitions permettent de faire venir sur les lieux de nouveaux plongeurs, chargés de l'évacuation du

corps. Sont présents 4 plongeurs de la Gendarmerie venus d'Oloron intervenant pour l'enquête judiciaire. Le corps est ramené près de l'entrée du siphon, vers -15 m avant d'être sorti (90).

09/07/05–Font de Lussac (16-Lussac) : Un trinôme s'engage à l'air pour une profonde. Deux plongeurs s'arrêtent à -60, le troisième atteint -77. Il remonte en respectant les paliers annoncés par son ordinateur. En sortant, il ressent les premiers symptômes d'un **ADD**, qui s'atténuent après 5 min d'O₂. Les symptômes réapparaissent et s'aggravent durant le trajet de retour à son domicile. Le plongeur sera hospitalisé le soir même et suivra un traitement en caisson hyperbare durant 10 jours.

23/07/05–Font Estramar (66–Salses) : Un plongeur essaie pour la 1^{ère} fois son recycleur circuit fermé. Alors qu'il est immergé à -4m que depuis quelques minutes, son recycleur se noie du fait d'un mauvais assemblage. Il surgit en surface sans embout et en suffoquant suite à l'inhalation du "cocktail caustique". Il sera hospitalisé pendant 24h pour **brûlure** des conduits **respiratoires et digestifs**.

07/2005–Bourgogne : Après une initiation aux recycleurs, le formateur s'engage dans la vasque d'accès, équipé de son recycleur semi-fermé il. Dès les 1^{ers} mètres dans le siphon il ressent une gêne respiratoire, comprend que lors des démonstrations la valve d'élimination a été manipulée et qu'elle est quasiment fermée. Il décide de poursuivre la plongée et expire pour forcer la valve d'élimination. Voulant compléter son éclairage il décide d'allumer une des lampes de son casque. La lampe ne veut pas s'allumer. Il l'enlève, l'allume et la replace avec difficulté. Ce faisant il s'est déporté et **ne trouve plus le fil**. Il se déplace de quelques mètres en descendant une trémie et retrouve celui-ci. Soufflant comme un effréné dans son recycleur il ne sait plus dans quelle direction aller. La difficulté respiratoire s'accroissant il passe en circuit ouvert et un contrôle des manomètres lui montre qu'il dispose de suffisamment d'air pour rejoindre la sortie. Il opte pour l'une des deux directions possibles sachant que le siphon émerge dans la galerie d'une grotte touristique peu distante.

09/2005–résurgence méridionale : Voulant tester les oxymètres de son recycleur un plongeur s'immerge pour une plongée en O₂ pur dans la vasque. L'O₂ est connecté et ouvert mais la vanne de mélange fond (12 %) reste elle aussi ouverte par erreur. Quand le plongeur regarde ses oxymètres à -6m, persuadé de respirer de l'O₂ pur, il lit 1,9 alors que l'affichage est 0,19. En remontant calibrer ses cellules, il fait une syncope à la surface suivie d'un **début de noyade**. Il est sauvé par des témoins.

09/2005–Source du Doubs (25-Mouthe) : Deux plongeurs s'engagent avec chacun une bouteille de 12l et une lampe torche. Dans la source, ils passent la lucarne sans encombre, descendent le puits et s'avancent dans la galerie de -55m. L'un des plongeurs perd une palme sur rupture de sangle. L'autre, en voulant attraper la palme, arrache son étrier en tapant sa robinetterie contre le plafond et **perd son air**. Il se précipite sur son collègue et s'en retourne en respirant à deux sur la bouteille. Ils arrivent à la lucarne lorsque les lampes s'éteignent. En suivant le fil, ils atteignent de justesse la sortie.

24/09/05–Source du Castor (07-Saint-Remèze) : Lors d'une pointe (avec double recycleur) au terminus, l'un des deux plongeurs repart seul vers la sortie. Il subit une **hypercapnie** sur une chaux défectueuse et récupère une fois pris en charge par son binôme. 48 heures après la plongée, il souffre d'une baisse de capacité auditive à une oreille liée à un **ADD**.

23/02/06–Aven du Rouet (34-Rouet) : De retour d'une exploration (point bas à -78) en binôme et en recycleur, un plongeur éprouve des difficultés inspiratoires. Il préfère quitter la machine et respirer sur les bouteilles de sécurité pour repasser le point bas. Un tassement excessif de la chaux semble être à l'origine de ce problème.

25/02/06–Goul du Pont (07–Bourg Saint-Andéol) : De retour d'une exploration à -180, le plongeur subit une **hypothermie** due à la panne de son chauffage. Il doit shunter une partie des paliers pour remonter dans sa cloche de décompression, se réchauffer et s'hydrater.

04/2006–Hamman catalan : Un plongeur **interventit** par mégarde ses **bouteilles relais** et respire de ce fait un mélange sous-oxygéné (14/55) au lieu de l'air. Il effectue le début et la fin de sa plongée (-35) ainsi qu'une partie de sa décompression calculée pour une plongée à l'air, avec ce mélange et ne se rend compte de son erreur qu'après la plongée. Pas d'ADD.

9/04/06–Grotte du Trésor (25) : Durant un rééquipement, le **débit violent** et la faible visibilité pousse l'équipe à renoncer. Alors que le niveau monte, un siphon s'amorce (20m) dans la galerie d'entrée, obligeant les deux plongeurs à le franchir avec un bi pour deux.

Avril 2006–Cuzoul Bleu (81) : Durant une plongée, un binôme s'engage dans la cavité. Arrivés dans une zone claire, à 120m de l'entrée, ils décident de s'engager dans une galerie latérale **non équipée de fil**, sans en installer. Le premier touche une couche d'argile qu'il pensait être de la roche et se retrouve très rapidement dans de l'eau trouble. Il cherche son binôme, amarre un fil sur une aspérité et commence à dérouler. Il retrouve son binôme, resté sur le fil principal, grâce aux signaux sonores qu'il émet en frappant sur ses bouteilles.

24/04/06–Grotte du Colombier (07-Vallon Pont d'Arc) : Après avoir franchi le siphon terminal (50m) en exploration, à 1000m de l'entrée, le plongeur pose ses blocs et explore un méandre sur 10m. Il est pris de vertiges et oppressé. Il rebrousse chemin et ne retrouve un rythme respiratoire qu'après avoir consommé 130 bars sur une de ses 4 litres. Plusieurs essais ultérieurs confirmeront la forte concentration en **CO₂** dans la galerie **post-siphon**.

16/12/06–Aven du Rouet (34-Rouet) : Lors d'une pointe en recycleur et en scooter, un binôme franchit le point bas (-79) et progresse jusqu'à -63. Le plongeur de tête **perd** subitement son **embout**, la partie buccale s'étant désolidarisée de la boucle. Après une bonne tasse, son binôme l'assiste pour la remontée en circuit ouvert.

03/02/07–Tombant de Méjean (13-Ensues / Carry le Rouet) : Un plongeur mer s'engage en mono-bouteille décapelé dans une grotte située à la base du tombant (-38). Il se coince dans une étroite fracture et **décède**. A J1 Le SSF est informé de la disparition du plongeur mais le CTDS a peu d'informations sur les circonstances et le lieu. Après des contacts téléphoniques, notamment avec la famille, il est confirmé que la victime était bien partie pour explorer la cavité. A J2, la jacket et la bouteille principale sont retrouvées au pied du tombant à proximité de l'entrée. Après déclenchement du PSS, 2 plongeurs du SSF explorent les boyaux où pourrait se trouver la victime. Après 2 plongées, dans des conditions de visibilité difficiles, les plongeurs affirment que tout a été fouillé et qu'ils n'ont rien trouvé. Le SSF est désengagé et les recherches se poursuivent en mer. A J12 au cours d'une plongée d'entraînement, la grotte est visitée par une équipe de sapeurs pompiers spécialisés Surface Non Libre dans une eau redevenue limpide. La victime est retrouvée dans la fissure à 10 mètres de l'entrée. A la demande du Procureur, les gendarmes d'Oloron Ste Marie effectuent 2 plongées de

reconnaissance et déclarent ne pas pouvoir sortir le corps. Le Procureur de la République fait part de sa décision de ne pas engager d'opération de récupération (90).

14/02/07–Goul du Pont (07-Bourg Saint-Andéol) Un plongeur souterrain emmène un plongeur mer pour une découverte de la plongée souterraine. Ils descendent trop profond et le débutant, qui ne devait pas dépasser –40m, **narcose**. Durant la remontée, il fait un malaise et son compagnon le remonte en surface, où il fait un **ACR**. Les premiers soins pratiqués sont efficaces. Il sera pris en charge par les pompiers et rentrera **sans séquelles** à son domicile.

13/05/07–Fosse conventionnée (46) : Deux plongeurs descendent à l'air à –73 et effectuent leur décompression également à l'air. Arrivés aux véhicules, l'un d'eux est pris de douleurs dorsales, puis de fourmillements au milieu du ventre, pour finalement s'effondrer, paraplégique. Ils se rendent à l'hôpital le plus proche et les symptômes disparaissent pendant le trajet. Un médecin administre de l'aspirine et le laisse sortir. Au soir, les symptômes réapparaissent et les plongeurs se rendent au centre d'hyperbarie, où ils parviennent à faire prendre en charge le plongeur accidenté 14 heures après l'accident. Après 22h de caisson il ne reste plus qu'une paresthésie des jambes et des problèmes urinaires. Après 15 jours la paresthésie n'est plus que sur les jambes, des genoux aux pieds (**ADD**).

25/05/07–Fosse conventionnée (46) : Un plongeur en recycleur (diluant HélioX 6/94), en exploration, est pris de **tremblements** à –165. Attribués à une manifestation du **SNHP**, ils s'étendent du bras gauche à tout le corps et le contraignent à rejoindre la sortie.

7/07/07–Grotte sous-marine (64- Hendaye) : Un plongeur mer pénètre seul dans une grotte étroite vers -20m, sans fil et phare à la main. Il progresse de quelques mètres et décide de faire demi tour. Son détendeur principal tombe en panne et il n'arrive pas à récupérer son détendeur de secours. Il tente de sortir en apnée et commence à se noyer. A la sortie, un coéquipier l'aperçoit, lui donne de l'air. La victime retrouve ses esprits et respire de nouveau lors de la remontée. Une fois sur le bateau, il est évacué par le SAMU pour **noyade stade 3**.

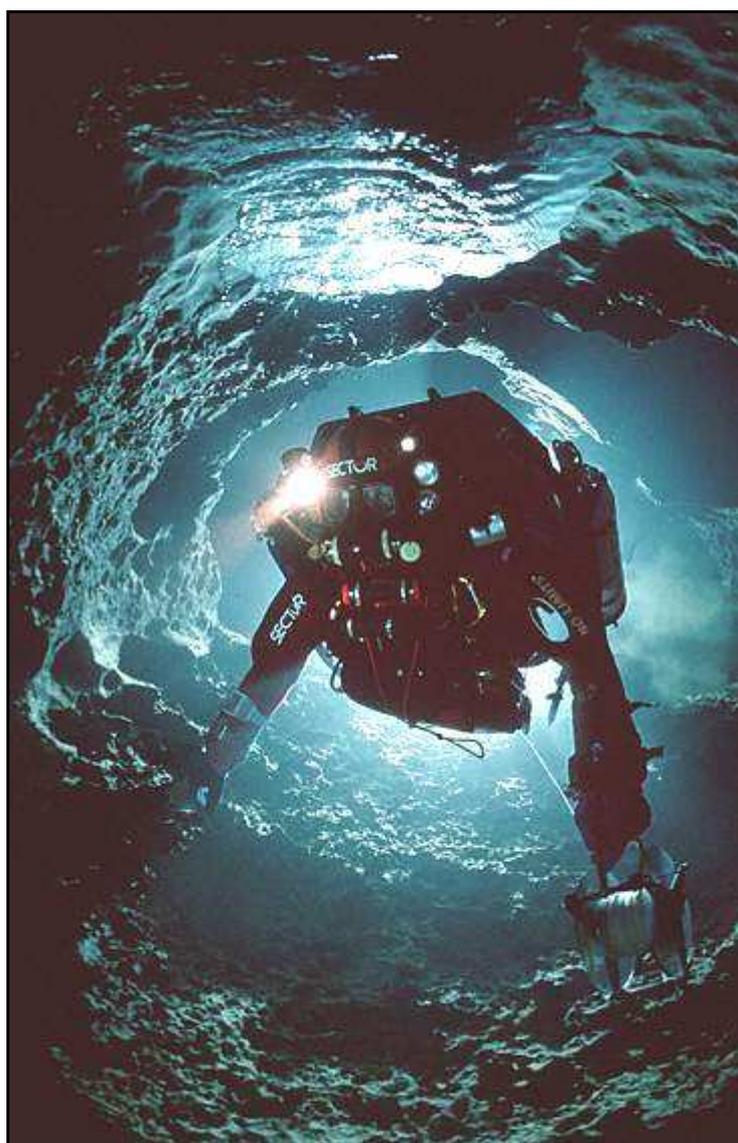
Été 2007–Source du l'Ecluse (07-Saint-Marcel d'Ardèche) : Après une exploration, le plongeur de pointe souffre de douleurs articulaires et de marbrures sur la peau durant quelques jours (**ADD**).

22/09/07–Source du Ressel (46-Marcilhac sur Célé) : Un plongeur, de retour d'une plongée à 300m de l'entrée (-25), se noie à 60m de la sortie. Un binôme de plongeurs le retrouve par hasard collé au plafond (-6) partiellement **emmêlé** dans le fil et l'évacue. Il **décède** le lendemain malgré une prise en charge rapide et une hospitalisation.



Le bestouan, Chauvez H. (118).

CHAPITRE 3 : PRÉVENTION ET SUIVI DES PLONGEURS



Doux De Coly, Newman Gavin. (118).

1 – PRÉVENTION ET SUIVI DES PLONGEURS (55, 72, 79, 88, 102).

L'accident est la conséquence d'un ou plusieurs facteurs que l'on peut regrouper dans **trois catégories** : le matériel, le milieu, l'individu.

Le plongeur souterrain applique la **notion d'autonomie** : L'art de ne dépendre de personne ni de quoi que ce soit et être capable de se sortir seul de n'importe quelle situation.

Le **principe de redondance** en découle directement. Il consiste à multiplier les solutions palliatives à tout défaut de fonctionnement de l'équipement. Il est obtenu par le doublage des éléments vitaux (gaz, éclairages, instruments, blocs, robinetteries, détendeurs, manomètres...). Son application doit être pensée et adaptée à chaque type de plongée.

Les accidents en plongée spéléologique prennent une importance particulière. Le froid, l'humidité et l'état psychologique amènent une décompensation rapide, mettant très vite en jeu la vie du plongeur. La réduction du nombre des accidents repose sur le **respect strict des règles**, sur des **mesures préventives**, non seulement sous terre, dans l'eau, mais également en surface, et elle commence bien avant l'exploration, par l'entretien du matériel et de la forme physique.

1.1 – La connaissance du matériel (12, 62, 63, 68, 99) :

La profusion et la multiplication des équipements nécessitent un **entretien** soigneux. Un équipement correct et adapté est un **facteur de sécurité**.

On testera chaque élément chez soi durant la préparation, une **vérification** s'impose avant la mise à l'eau et on s'assure que tout fonctionne en début d'immersion et durant la plongée.

Chacun doit adapter la configuration de son équipement à sa pratique, aux cavités qu'il fréquente et à sa morphologie. Le soin apporté à la disposition du matériel sur le plongeur permet une évolution sereine dans une configuration optimisée et maîtrisée.

1.1.1 – Avant l'exploration (11, 99) :

Les accidents, en plongée souterraine, sont dus à une accumulation d'évènements et de détails associés qui dégénèrent en situations critiques. Le risque de panne doit être limité par la fiabilité, une utilisation précautionneuse du matériel, ainsi que par le choix d'un matériel facile à dépanner.

Il faut **définir les objectifs** et s'assurer de leur compatibilité avec les moyens et le temps disponibles. On commencera par estimer, en fonction de la cavité, les difficultés de l'exploration, pour déterminer le matériel à emporter (volume des bouteilles, longueur de fil, matériel de décompression, longueurs de corde, matériel d'escalade, quantité de carburant...).

Le **baudrier** est l'élément de base de progression terrestre et doit être contrôlée. Les longues doivent être en parfait état et renouvelées au moindre doute de solidité. Les **cordes** sont contrôlées en longueur et marquée aux deux bouts. L'usure du **sécateur** est à surveiller. Un aiguisage est de temps en temps nécessaire.

L'éclairage (23) : L'autonomie (supérieure à la durée de la plongée prévue) est calculée pour pallier à la défaillance d'une lampe, faire face à un égarement, un désemmelage ou un séjour post-siphon.

Le volume des scaphandres : Tous les volumes sont utilisables, de 3 à 20 litres, avec une préférence pour les bouteilles légères. Il faut adapter leur capacité à la longueur et à la profondeur des zones noyées ainsi qu'aux possibilités de portage (nombre de coéquipiers, dans l'eau il est plus facile de transporter un mono 20 litres qu'un bi 2x10 litres, dans l'air c'est le contraire). Les grosses bouteilles sont consommées de préférence dans les premiers siphons (peu ou pas de portage hors de l'eau). Elles sont utilisées en dorsal et les petites sont portées en relais. S'il doit être porté décapelé, l'assemblage doit être simple à réaliser.

Arceaux de protection : La robinetterie et la fixation des détendeurs sont des organes vitaux. Il est extrêmement dangereux de laisser ces pièces importantes soumises aux chocs et frottements contre les parois. Le premier étage du détendeur subit des dommages qui provoquent, à la longue des pannes.

Les Détendeurs : Quand les bouteilles sont transportées sans détendeurs des bouchons éviteront l'entrée de boue, la déformation des prises DIN et la fuite d'air par ouverture intempestive du robinet. Si les bouteilles sont transportées avec leur détendeur, il est indispensable de protéger les tuyaux et les 2èmes étages qui peuvent s'endommager au moindre choc (lover les tuyaux autour des robinets et les fixer).

Le 2ème étage peut être protégé de l'entrée intempestive de graviers par emballage. Pour les bouteilles relais il est souhaitable d'emballer aussi le 1er étage pour éviter l'intrusion de sable dans la chambre humide (caillou coincé entre le ressort et la membrane = débit continu). En eau froide, le moindre débit continu peut amorcer un givrage. Si ce risque est prépondérant, utiliser des protections antigivre adaptées.

Le recycleur (60, 67) : Vérification de l'étanchéité des sacs en dépression et surpression avant la plongée. Test de calibration sous O₂ (fonctionnement de l'injecteur, du système électronique de gestion de la PpO₂). L'électronique et l'eau ne font pas bon ménage, intégrer une ou plusieurs sondes O₂ dans les appareils à circuit fermés. Rincer le recycleur avec de l'O₂ pur avant la plongée, en ajustant avec précaution le débit du gaz disponible et rincer la boucle avec du gaz frais avant d'entamer la remontée.

Le dévidoir (81) doit dérouler mais aussi rembobiner le fil et répondre au « cahier des charges » suivant :

- Etre compacts et peu volumineux.
- Empêcher le fil de sortir inopinément.
- Ne pas se bloquer par bourrage ou coincement de graviers à l'intérieur.
- Ne pas coincer les étiquettes de marquage.
- Contenir 100 à 200m de fil d'environ 3 mm de diamètre (adapté aux objectifs).
- Etre muni d'une dragonne pour éviter de le perdre.
- Etre muni d'un système de blocage de la manivelle (dévidage intempestif).

Il faut éviter de le remplir au maximum et de serrer les spires, afin qu'en cas de rebobinage le fil occupe le même volume. Dans l'eau le fil a tendance à gonfler et à occuper un volume plus important que quand il est sec (laisser tremper le fil quelques heures avant de

l'enrouler). Quelques anneaux de chambre à air, utiles tant au maniement du fil d'Ariane que pour divers rafistolages, sont indissociables.

Le **bidon étanche** est efficace jusqu'à 10 mètres de profondeur moyennant des précautions : joint propre et sans défaut, couvercle bien bloqué et surtout bidon plein et contenu bien tassé).

Un bivouac confortable peut être utile pour remettre en forme l'équipe de pointe, avant ou après la plongée (parcours éprouvant post-siphon, plongée très saturante, parcours éprouvant pour ressortir). Il faut trouver le meilleur compromis entre le surcroît de fatigue et de temps occasionné par le transport, l'installation du bivouac ; et le repos qu'il procure. En pratique au delà de 18 heures aller-retour il est judicieux d'envisager un bivouac.

1.1.2 – Pendant l'exploration (9, 11, 113, 99) :

La progression terrestre d'approche et de retour peut être rude (de plusieurs heures). Il est indispensable de ne pas mélanger matériel de pointe et matériel de progression, matériel individuel et matériel collectif (chaque sac est étiqueté et numéroté). Une bonne préparation des sacs (poids, volume) et une répartition de la charge permettent d'éviter une accumulation de fatigue.

La **combinaison néoprène** sur la partie terrestre, empêche toute évacuation de chaleur, de sueur et augmente donc les risques de déshydratation. Pour une climatisation plus aisée il est intéressant d'équiper la veste d'une fermeture à glissière intégrale :

- En siphon: veste entièrement fermée.
- En rivière: cagoule ouverte.
- En galerie sèche: veste ôtée ou remplacée par un rhovyl.

L'utilisation d'une **combinaison étanche** nécessite d'augmenter la masse de plomb à transporter pour compenser la flottabilité du vêtement. De même, la **sur-combinaison** emprisonnant de nombreuses poches d'air, il faut faire attention au lestage. La **ceinture plombée** ne doit pas être accidentellement largable.

L'éclairage (24) doit bien sûr être étanche. On allume au moins deux lampes simultanément pour éviter de se retrouver dans le noir en cas de panne. Dans certaines conditions (grands volumes, propulseur) le port du phare sur le dos de la main assure une visibilité supérieure et évite l'éblouissement par une source portée trop près des yeux. **L'acétylène** est mis en service après le franchissement des siphons importants. Il faut purger tuyaux et becs de l'eau résiduelle. Une fois le générateur en fonction les petits siphons peuvent être franchis. Il suffit de laisser le pointeau ouvert et les pressions se compensent.

Le masque : Pour le transport, protéger le masque dans une boîte, éviter des mésaventures. Un masque de secours peut s'avérer utile, porté sur le biceps, sur le casque, dans une pochette de secours. L'important est de le trouver et d'en disposer rapidement si besoin.

Les palmes peuvent être assurées à la jambe par une cordelette et un anneau de chambre à air. Doubler la sangle permet de sécuriser l'attache et évite de perdre la palme.

Le scaphandre : L'emploi de bloc de capacité différente est à proscrire. Le mélange respiratoire doit être consommé en changeant régulièrement de détendeur, de manière à conserver des volumes proches entre les deux bouteilles. Le retour est impératif avant que le **quart** de la capacité initiale de chaque bouteille n'ait été consommé.

Lors du **portage en puits**, les bouteilles sont portées sans détendeur; chaque charge étant munie d'un mousqueton. Il convient d'éviter les chocs qui endommagent le matériel. Les techniques secours peuvent rendre service pour les charges lourdes ou nombreuses. Il s'agit de trouver le meilleur compromis entre le temps et l'énergie consacrés à ces installations et ceux qu'elles font économiser.

Lors du **portage en siphon**, il est préférable que les détendeurs soient montés pour limiter les manipulations et aussi constituer une réserve de sécurité supplémentaire. Attention aux risques d'accrochage. Lorsque les scaphandres peuvent tenir dans un sac, il est plus facile de réaliser une charge profilée, protégée et équilibrée.

L'arceau de protection est primordial car le plan détendeur-robinetterie ne doit être exposé à aucune modification. Le moindre défaut de parallélisme entre ces deux surfaces entraîne un déchirement du joint, provoquant une fuite d'air pouvant aller jusqu'au blocage du détendeur.

Les **Détendeurs** sont accrochés autour du cou par une cordelette ou un sandow afin de les avoir à portée de main, loin du sol (sable, argile). Les **manomètres** s'accrochent sur l'abdomen ou au poignet avec des dragonnes. Ils peuvent être solidariser du détendeur, sortir du même côté ou de part et d'autres du plongeur. L'éventail de possibilités est vaste.

Les flexibles sont protégés des frottements répétés contre les parois et les sédiments, par de la gaine plastique torsadée robuste, mais qui présente l'inconvénient d'incruster le sable. La raideur du matériau a tendance à rigidifier le tout au détriment de la souplesse du port du second étage en bouche.

En conclusion, l'agencement des différentes tubulures (détendeurs, manomètres, bouée, etc...) est une question d'astuce et de convenances personnelles. Toutefois il est impératif de veiller à la clarté de leur disposition, afin :

- D'éviter les risques d'accrochage et de pouvoir décapeler en cas de besoin.
- D'éviter les confusions d'utilisation. Il faut toujours savoir quelle est la bouteille en service, et quels sont les détendeurs et manomètres correspondants (repérage des détendeurs par des scotchs de couleur ou « au toucher » (collier ou cordelette) en l'absence de visibilité).

Le recycleur (6, 60, 67) :

Avantages :

- Le temps de plongée est augmenté pour un encombrement équivalent.
- La respiration de gaz suroxygénés facilite la décompression et permet des plongées profondes, plus sûres avec des paliers de courte durée.
- Hors de l'eau le matériel est plus léger.
- On respire un gaz chaud et humide, ce qui diminue la déperdition calorifique.
- Il n'y a pas de phénomène de poumons ballast. On est équilibré en permanence (flottabilité nulle).

Inconvénients :

- L'utilisation demande une formation spécifique.
- Les accidents avec ce type d'appareil pardonnent moins avec perte de connaissance en cas de dysfonctionnement :
 - Hyperoxie aigue par dépassement des profondeurs limites ou mauvais réglage.
 - Hypoxie par fuite insuffisante sur les appareils semi-fermés.
 - Hypercapnie par mauvaise épuration du CO₂ (chaux saturée, mouillée).
- Une utilisation pointue qui nécessite de la rigueur dans l'organisation de la plongée (entraînement aux procédures d'urgence).

Le système d'équilibrage est indispensable, sauf dans quelques cas particuliers de siphons très étroits ou très courts et peu profonds. Dans tous les cas, le gonflage se fait au direct-system et surtout pas à la bouche (risque d'essoufflement). Pour rester modulaire il est préférable de dissocier la « stab » en portant les bouteilles avec leur propre sanglage, par dessus le gilet. Dans ce cas une sous-cutale propre au gilet évite que celui-ci ne remonte quand il est gonflé.

Le fil d'Ariane (18, 23, 24) indispensable à la sécurité du plongeur constitue une des **principales causes d'accidents** (40% des accidents), qu'il s'agisse du propre fil du plongeur (rupture, mauvais amarrage, défautuosité du dévidoir); ou qu'il s'agisse du ou des fils des explorations antérieures. Dans ces circonstances (galeries encombrées par des boucles de fil et visibilité réduite) les plongeurs ne peuvent pas se secourir mutuellement. L'installation du fil guide, son utilisation et son enlèvement, se doivent d'être en tête des préoccupations.

Quelques principes :

- S'engager avec prudence sur un fil installée par d'autres. Au moindre doute, ne pas hésiter à le changer.
- Se rappeler qu'après une crue, une cordelette même récente et bien installée peut ne plus tenir qu'à un fil.
- Eviter de multiplier les cordelettes dans un même siphon.
- Marquer son passage à chaque embranchement, en apposant un repère indiquant la sortie.
- Ne pas tendre le fil exagérément.
- Eviter d'avoir de objets pouvant s'accrocher au niveau des jambes (couteaux, boucles de palmes).
- Se méfier des objets coupants que peuvent posséder certains équipement (colliers mal ébavurés, brides de fixations d'accus).
- Ne pas passer sous le fil, surtout si l'on est seul ou que l'on ne possède pas de carénage. Adopter une configuration compacte en plongé.
- Ne pas se tracter sur le fil. Un effort léger de quelques Kg peut provoquer une rupture.
- Prendre le temps de déséquiper un siphon quand on n'est pas sur d'y retourner. Au déséquiper, lover la cordelette autour de son coude ou de sa main, c'est s'exposer à une fausse manœuvre pouvant poser problème.

Le port de l'**ardoise**, du **profondimètre** et du **compas** sur le même bras facilite les relevés de mesures et la prise de notes (topographie, progression en galerie complexe). **Le sac à dos** est indispensable. Si les accessoires sont transportés dans l'eau ils augmentent les risques d'accrochage. Il est recommandé de tendre les bretelles pendant le transport sous l'eau, de ranger la longe de sac et de stabiliser le contenu.

Lors de l'utilisation du **scooter**, le fil est suivi du regard. Il est donc indispensable qu'il se trouve dans le champ de vision du pilote. Certaines cavités devront être rééquipés en fonction de cet impératif. En cas de visibilité nulle, il faut réduire la vitesse pour suivre le fil à la main, voire renoncer à son emploi. Les vieux fils non tendus sont autant de proies pour l'hélice qui se retrouvent bloqués. Il faut savoir stopper au moindre changement de régime du moteur.

Le plongeur doit pouvoir rentrer malgré la panne. Pour évaluer l'autonomie effective des batteries, il est prudent de faire des essais dans les mêmes conditions et de prendre une marge de sécurité (aller/retour +20%). En cas de panne, le retour à la palme va provoquer une consommation augmenter par rapport à l'aller (risque de narcose ou d'essoufflement dus à l'effort, durée plus importante et décompression majorée). On applique donc aussi la règle de la redondance aux scooters.

1.1.3 – Après l'exploration (11, 99) :

L'organisation ne doit pas négliger le bon retour du matériel vers l'extérieur. Faire sécher le matériel dans un lieu sec et aéré, à l'abri du soleil, ce dernier constituant l'ennemi de tous les matériaux synthétiques et du nylon. Avant de le ranger, vérifier, réparer ou rejeter tout matériel douteux.

Le casque : Le rembourrage en polystyrène se comprime sous l'effet de la pression, et ne retrouve plus son volume initial après une incursion en profondeur.

Le recycleur (6, 60, 67) : Rincer à l'eau douce les sacs respiratoires après chaque plongée. Laisser sécher l'appareil après chaque utilisation. Changer la cartouche de chaux selon recommandation du constructeur (ou selon ses habitudes).

Rapporter les éléments collectés pour les expéditions futures: longueurs de cordes, nombre d'amarrages, air consommé, matériel utilisé, paliers effectués, difficultés rencontrées.

1.2 – La connaissance du milieu (99) :

Le parcours à effectuer post-siphon est souvent aquatique (autre siphon) mais toutes les difficultés souterraines peuvent se rencontrer: verticales (puits ou escalades), méandres, étroitures....Les actions sur le milieu ne permettent pas d'éliminer tous les risques d'accidents mais peuvent les limiter.

En spéléologie, si l'on regroupe tous les accidents mortels causés par l'eau (lors de plongées, de crues et de remontées de puits arrosés), le taux de responsabilités de cet élément est de 53.8% (55).

1.2.1 – Le débit et le courant (23, 24, 41) :

Il ne faut pas confondre débit et courant dont la puissance varie selon les secteurs et la section de la galerie. Pour un débit modéré, la force du courant peut entraîner le plongeur vers un aval inconnu ou le rejeter vers son point de départ. Il peut être utile de mettre en place une corde d'assurance sur une petite distance (maxi 30m).

Le courant influence la consommation et donc l'autonomie en air du plongeur. Il peut être à l'origine d'essoufflement, d'angoisse ou d'accidents (perte de l'embout, utilisation de tables de décompression non adaptées).

- **Plongée en émergence** : Courant de face à l'aller (effort de palmage) et dans le dos au retour (consommation moindre).
- **Plongé de perte ou en siphon** : Courant dans le dos à l'aller et de face au retour (augmentation de la consommation par rapport à l'aller).

L'expérience de terrain permet d'estimer le débit. Se placer à un endroit où le lit de la rivière est uniforme. Une estimation de la largeur de la veine d'eau multipliée avec sa profondeur donne la « section » en m². Dans un deuxième temps, dans une partie où la vitesse du courant est homogène, évaluer cette dernière en m/s à l'aide d'un objet flottant. Le débit (m³/sec) correspond au produit de la section et de la vitesse.

La crue en spéléologie est un **danger mortel** et la veine d'eau présente certains « symptômes » :

- La largeur du lit peut être évaluée par la diminution de la hauteur immergée des rochers ou par la pose de témoins à la limite de l'eau, lors d'un bivouac par exemple.
- L'eau chargée d'alluvions se trouble et prend une couleur marron.
- Le bruit caractéristique de « pierres qui roulent » provoqué par les plus petits galets.
- Les cascades de puits sont plus importantes.

En cas de crue inutile d'aggraver les risques en tentant une sortie. Il faut d'abord observer l'évolution et ne prendre la décision d'une sortie que quand le niveau de l'eau semble stabilisé. Les périodes de décrues peuvent s'avérer problématiques (eau plus trouble, cloches en dépression, siphons plus longs). Dans la plupart des cas la sagesse impose donc d'attendre, soit une décrue suffisante, soit une intervention extérieure.

1.2.2 – La météorologie (55, 99) :

Après une période de beau temps, un **orage** violent peut entraîner une crue violente et brutale. Un mur d'eau fait irruption dans la cavité, l'envahit en noyant les équipements ou arrachant le fil.

De même, le **redoux** est à l'origine de la fonte des neiges qui, avec les pluies de surface, provoquent, sous terre, l'augmentation du débit des cascades et des rivières. La non-prévoyance de ces phénomènes, en ignorant les prévisions météorologiques, a pour conséquence de graves accidents sous terre. Tenir compte des **conditions météo** et renoncer si le temps menace.

1.2.3 – La topographie (12, 23, 99) :

Une bonne **étude topographique** permet de gagner un temps précieux et de savoir à tout instant où l'on se trouve. De nombreuses sections typiques sont descriptibles :

- Le **conduit labyrinthique** est source d'égarément (différencier le fil principal des fils secondaires et marquer le sens de sortie). Nombre d'accidents ont pour cause une progression inconsciente vers le fond de la cavité.

- Le **laminoir** est une galerie plus large que haute, plus ou moins régulière, et propice à des sections pièges.
- La fracture ou **diacalse** est une galerie verticale, plus haute que large, où il peut être difficile de trouver des points d'amarrages (pas de possibilité de leste au sol).
- La **trémie** est un effondrement de blocs rocheux réduisant la section de la galerie. On les franchit via des étroitures, main devant. Certaines peuvent être mal stabilisées ou remaniées par des crues et nécessitent un sondage pré-exploratoire.
- Les **étroitures** impliquent un ralentissement du rythme de progression. Elles peuvent « passer » à l'aller et « coincer » au retour. En cas de doute, mieux vaut s'abstenir de s'engager tête en avant, afin de pouvoir utiliser ses bras et ses jambes pour sortir en cas de blocage. Le passage en force est rarement concluant et un déshabillage partiel est parfois utile, même si le décapelage est un exercice difficile qui ne s'improvise pas.
- Le **puits** est une portion de cavité verticale d'accès descendant (cheminée : accès ascendant) comportant des sections pièges, la descente étant toujours plus aisée que la remontée.

Qu'il s'agisse de fond de trou ou de multi-siphons, l'**équipement** doit être **adapté** au nombre de passages et au transport des charges (dans les puits ou dans les siphons). Le rééquipement de la cavité peut permettre à ceux qui ne la connaissent pas de s'y accoutumer.

Lors d'une exploration post siphon, dans l'état actuel des possibilités d'intervention en secours, il est indispensable d'éviter toute blessure qui interdirait au plongeur de refranchir le siphon. La prudence est donc de rigueur à chaque pas, l'explorateur assurant ses prises.

1.2.4 – Les éboulements souterrains (23, 55) :

Les dynamiques érosives (travail de l'eau, de la glace) sont toujours actives dans le karst. Certains conduits dont le profil n'est pas encore atteint, peuvent évoluer. L'éboulement souterrain (éboulements de pierres, de blocs de rochers, de trémie sous les pieds), malgré sa rareté, est une des craintes du spéléologue.

Il peut être **naturel** (crues ayant déstabilisé un amoncellement de bloc) ou **provoquées** par un autre spéléologue (manipulation du matériel, station prolongée augmentant la quantité de bulles en un même point). Il faut savoir être prudent lors des désobstructions ou le passage d'une trémie, savoir nettoyer les abords d'un puit et éliminer tout rocher en équilibre dangereux.

Les **talus de sables** ou de galets sont mouvants, remaniés par les crues. Si le courant provient du haut du talus, il a tendance à le tasser et le stabiliser. A l'inverse, s'il arrive depuis le pied du talus, les galets sont remontés vers le haut du passage (édifice instable). Pour peu qu'il domine un passage clé étroit, le piège est amorcé. Avant de s'engager sonder la trémie, quitte à la faire volontairement glisser.

1.2.5 – La ventilation et les gaz (89, 95, 97, 99) :

La **prévention des accidents** dus aux gaz des cavernes passe par la connaissance des phénomènes de climatologie karstique, du risque géologique, du risque lié aux activités humaines (respect des consignes de sécurité lors de l'utilisation d'explosifs).

Les **signes d'alarmes** sont peu nombreux, il faut donc être attentif aux signes de suspicion : aspect confiné de la galerie, concrétions abondantes, débris végétaux dans le siphon, bulles en surface, flamme jaune et charbonneuse (carence en O₂), dépôt anormal à la surface, de reflets irisés, perception d'une odeur anormale, doivent faire envisager l'existence de toxiques dans l'air.

Il semble judicieux d'éviter la respiration dans les cloches d'air de volume réduit : même si cet air est pur au départ, il risque de ne plus l'être pour d'autres. A l'arrivée dans une galerie inconnue, une précaution consiste à alterner systématiquement la respiration à l'embout et celle de l'air ambiant. Il peut être prudent d'emporter avec soi un détecteur dosimètre « Draeger » pour détecter des gaz.

Les sauvetages en atmosphère confinées ou toxiques nécessitent souvent le renouvellement de l'air de la cavité et/ou l'utilisation d'appareils respiratoires isolants. En ce qui concerne les décès inexplicés, la présence d'air à proximité du corps doit inciter à faire des recherches de gaz toxiques.

1.2.6 – La visibilité (23, 24) :

La turbidité est responsable de perte d'orientation, le trajet de retour s'effectuant le plus souvent dans une eau moins claire qu'à l'aller.

Les **principales causes** sont :

- Le sens du courant.
- Le type de sédiments (les matériaux fins se soulèvent plus facilement).
- Le « ramonage » des voûtes par les bulles expirées
- Le palmage et l'équilibrage du plongeur.

Une bonne connaissance permet de garantir un niveau de sécurité :

- **Plongée en émergence** : L'eau trouble se déplace vers l'entrée. La visibilité peut diminuer dans la zone des paliers (difficulté à retrouver les bouteilles de décompression, lecture des instruments).
- **Plongé de perte ou en siphon** : L'eau trouble suit le plongeur, peut le précéder et compliquer la plongée. C'est à l'aller qu'on observe la cavité avec un palmage modéré. Il est parfois judicieux de se tracter avec les mains ou de palmer genoux casser (frog kick).

1.2.7 – Froid et humidité (23) :

Selon les cavités, la température de l'eau évolue entre 5 et 13°C en fonction des régions et des périodes de l'année. Les basses températures entraînent un risque d'essoufflement plus grand et une consommation accrue d'air. Au-delà d'un certain seuil, le vêtement étanche devient indispensable et le **givrage de détendeurs** plus fréquents. En spéléologie, le froid est le point de départ de perturbations physiologiques entraînant une consommation accrue d'énergie, avec évolution lente vers l'épuisement.

Après une exploration, **rendre compte** aux personnes (municipalité, associations) des dégradations de l'équipement, des accès, des problèmes rencontrés, de toutes les informations pouvant servir aux suivants ou à la collectivité.

1.3 – La connaissance des règles de sécurité (12, 46) :

L'individu, est le plus souvent responsable des accidents. C'est à ce niveau que la prévention est la plus efficace. Un nombre de plongeur trop élevé entraîne une multiplication des risques surtout en eau trouble (interaction, coup de palme, etc...). La **loi des séries** est valable aussi sous terre. Il n'est pas rare que plusieurs problèmes s'imposent simultanément. Ne gérer qu'un seul problème à la fois. Savoir choisir le plus crucial à résoudre en priorité. La première chose à gérer dans ce cas de figure est le stress.

En plongée spéléologie, les réactions des individus sont modifiées par rapport aux conditions normales. Il s'agit le plus souvent d'appréhension, de petite angoisse, surtout au moment de passages difficiles ou étroits. Ce genre de réaction au moindre incident peut transformer cette angoisse en panique, aggravant la situation. Cela peut arriver même pour le spéléologue très expérimenté et particulièrement en plongée spéléologique.

1.3.1 – Avant chaque sortie (12, 74) :

Il est recommandé de planifier une **plongée complexe** à l'aide d'un document écrit qui synthétise toutes les données techniques :

- Profil de la plongée, longueur, durée, profondeur, température...
- Gaz à utiliser, calcul des consommations en tenant compte de la redondance et des aléas.
- Procédure de décompression.
- Matériel à utiliser, nombre et positionnement des blocs, cloches, scooters, vêtement isolant, moyens de communication...
- Rôle des plongeurs d'assistance et planification de leurs interventions.
- Solutions de secours en cas d'accident ou d'incident.
- Plan de sécurité pour traiter un ADD, kit d'oxygénothérapie...

Une personne ne participant pas, doit être prévenue de la cavité explorée et de l'heure approximative de la sortie. Ainsi, si l'exploration se prolonge en raison d'un accident, les secours pourront être alertés et mis en route.

Il y a des **précautions simples** qui prennent peu de temps :

- Vérifier la couverture du réseau téléphonique portable, se renseigner sur la proximité d'un moyen de communication.
- Le petit mot sur le pare-brise de la voiture peut être utile, avec l'heure de début et celle de sortie prévue.
- Pour les grandes explorations il est important d'avertir les moyens de secours.
- Evaluation de sa forme du moment (capacités physiques, état psychologique).
- Evaluation des conditions dans la cavité (débit et courant, visibilité, météorologie, difficultés d'accès...etc.).

Pendant l'immersion, tout changement doit être pris en compte et les objectifs réévalués en conséquence :

- Etat physique (froid, fatigue, malaise...).
- Incident matériel (gaz, éclairage, équilibrage...).
- Aggravation des conditions (fils d'Ariane douteux, visibilité réduite, puissance du courant, modification du profil...).

Un bon plongeur souterrain sait renoncer, afin de bénéficier de conditions optimales durant ses immersions. Ne jamais partir seul ou à deux, le nombre minimum étant de trois ; en cas d'accidents l'un surveille le blessé, l'autre prévient les secours.

1.3.2 – La connaissance des techniques (12, 99) :

La connaissance parfaite des techniques de progression terrestre et aquatique est un élément évident de sécurité. Il ne suffit pas de posséder le matériel, encore faut-il savoir s'en servir.

Les grands principes :

- Anticipation des problèmes potentiels sur l'obstacle à venir.
- Choix d'une technique adaptée à la difficulté qui se présente.
- Mise en place préventive de dispositifs de sécurité.
- Mise en place d'une autosurveillance à l'intérieur du groupe.

Toutes les techniques ne peuvent s'acquérir parfaitement que grâce à une pratique régulière (piscine ou plongé standard). Elles doivent être effectuées et répétées dans les pires conditions afin de ne pas être surpris en cas de problèmes. Un entraînement physico-technique sur des profils (plongée et/ou spéléo) proches est souvent rentable.

1.3.3 – Progresser en sécurité (24, 46, 99) :

La plongée est un moyen de progression, différent de ceux utilisés d'ordinaire en spéléologie. La limitation des accidents passe par la connaissance des problèmes que pose la plongée en général.

La prévention des ADD passe par la connaissance des facteurs prédisposant (effort physique durant la progression, caractère enrobé du plongeur, froid, non respect des tables, répétition des plongées dans un laps de temps court...).

Barotraumatismes : Expirer continuellement durant la remontée, ne plonger qu'avec des poumons en parfait état et en absence d'infection ORL.

La prévention de la narcose : Savoir reconnaître cet état chez un coéquipier et ne viser des profondeurs importantes qu'après une longue pratique subaquatique.

L'essoufflement est la rupture d'un équilibre entre la demande et l'offre d'O₂, par de nombreux paramètres : efforts physique, angoisse, panique, problème matériel. Un meilleur contrôle respiratoire est le but à atteindre afin de réagir le plus efficacement possible devant les situations de stress.

L'entraînement adapté à la plongée spéléo, en mettant le plongeur face à des situations angoissantes (nage sans masque, sans visibilité, progression matériel à la main, palmage sur le dos, déséquilibre), doit pouvoir rendre le futur « spéléonautes » plus conscient de ses possibilités et de ses limites.

La descente de puit : Une mauvaise évaluation engendre les accidents, en particulier lors de puits en cascade. Un incident mineur peut détourner l'attention et conduire à une erreur lourde de conséquences. La descente est régulière et sans à-coup.

La désescalade et l'escalade sont souvent utilisées pour atteindre un passage plus haut placé. Les **techniques d'opposition** sont très fréquentes et parfois facteurs de chute sur roche glissante. Pour plus de sécurité essayer d'avoir toujours trois points d'appuis.

La marche d'approche et de retour avec portage du matériel, sur des blocs glissants, fait partie de toutes plongées spéléologiques et exige une attention constante. Elle est à l'origine de pathologie traumatique, et ce d'autant plus volontiers que le sujet est fatigué. Il est conseillé d'adopter une attitude d'anticipation dans tous les déplacements.

1.3.4 – La gestion des gaz (71, 99) :

L'autonomie est le maître mot des logiques de sécurité en plongée souterraine. Cela consiste à ne dépendre que de sa propre configuration. Ceci implique, en circuit ouvert, de disposer de suffisamment de gaz pour solutionner ses soucis, avant de rejoindre une surface. L'attente volontaire dans une cloche ou post-siphon peut être salvatrice, plutôt que de s'acharner à regagner l'entrée.

Les problèmes liés aux gaz représentent 32% des accidents mortels (18, 101). Il ne suffit pas de disposer d'une redondance sur le scaphandre pour assurer le retour. La consommation doit être étudiée et planifiée avant la plongée, puis gérée pendant l'immersion.

La **règle des tiers**, consiste à conserver une quantité de gaz supérieure à celle utilisée à l'aller / retour, comme marge de sécurité. Longtemps considérée comme la règle fondamentale de sécurité, elle reste valable en théorie, mais s'est souvent révélé erronée voire dangereuse dans la réalité. Son application consiste à faire demi-tour une fois qu'environ 30% de la réserve de gaz aura été consommée. Lorsque tout va bien, le plongeur sort avec les bouteilles pleines au 1/3. Lors d'un problème survenant au point le plus éloigné de l'entrée, le plongeur pendant la gestion du problème, puis durant toute la durée du parcours jusqu'à la sortie. Le plongeur fait difficilement face à une augmentation de sa consommation.

La **règle des cinquièmes** consiste à faire demi-tour une fois que 20% de la réserve de gaz initiale aura été consommée. Lorsque tout va bien, le plongeur sort avec les bouteilles pleines au 3/5. Lors d'un problème survenant au point le plus éloigné de l'entrée, le plongeur finit la plongée sur une bouteille et dispose de 2/5 de sa réserve pour rentrer. Ce volume lui permet de faire face à une augmentation de sa consommation (stress, gestion d'un incident, ralentissement du rythme de progression dans l'eau trouble).

La **règle des quarts** consiste à faire demi-tour une fois que 25% de la réserve de gaz aura été consommée. Lorsque tout va bien, le plongeur sort avec les bouteilles à moitié pleines. Lors d'un problème survenant au point le plus éloigné de l'entrée, le plongeur finit la plongée sur une bouteille et dispose de 1/4 de sa réserve pour rentrer.

Certains cadres préconisent la règle des cinquièmes (marge de manœuvre confortable en cas de problème) durant la période d'apprentissage puis un passage progressif à la règle des quarts avec l'acquisition progressive de l'autonomie. En 2004, la FFESSM abandonne l'enseignement de la règle des cinquièmes au profit de celle des quarts.

Quelque soit la règle choisie, quelques **bases communes** font référence.

- Les calculs d'autonomie s'appliquent à un scaphandre homogène, avec deux blocs de même capacité à pression identique. Quand les pressions sont différentes, il convient de prendre en considération la plus faible.
- Le calcul se fait au moment de l'immersion. Les variations de température, des fuites pendant le portage et d'autres incidents peuvent modifier la pression d'un bloc.
- Pour conserver le même volume d'air dans chacune des bouteilles le plongeur respire alternativement sur chaque détendeur en général tous les 5 ou 10 bars.
- La marge de sécurité du scaphandre dorsal ne peut être considérée comme une réserve valide pour la décompression et il est salutaire de prévoir une ou plusieurs bouteilles supplémentaires, déposées dans la zone de paliers et dédiées à cet usage.

1.4 – La connaissance des autres (99) :

La préparation d'une plongée spéléologique est une activité collective. L'organisateur est en principe la personne la plus motivée par l'expédition. Son rôle consiste à définir les objectifs, en fonction de la cavité, de ses propres possibilités (physique, matériel, temps), des possibilités de ses coéquipiers (nombre, compétences, disponibilité).

Les participants progressent ensemble. Selon les **objectifs** ils peuvent être :

- Pointeurs : en général un seul quand le terminus est sous l'eau ; 2 ou 3 quand la suite est exondée. Ils possèdent les compétences adaptées (étroitures, profondeur, distance, escalade).
- Assistants : compétents en plongée-spéléo ils aident à préparer le matériel lors de plongées conséquentes en fond de trou.
- Equipeurs : spécialistes de l'équipement, ils installent palans, tyroliennes et autres rappels de charges dans les puits si nécessaire.
- Porteurs, pour les parcours purement spéléo.
- Porteurs plongeurs, en siphon et post-siphon.

Il est indispensable de s'assurer que chaque participant est apte à assumer les tâches qui lui seront confiées (techniques, état de forme le jour de l'expédition). Chacun doit être en contact visuel ou sonore avec son suivant. C'est sans doute l'une des règles les plus importantes en spéléologie.

Rester vigilant pour soi-même et pour ceux de l'équipe, vigilance quant au déplacement (glissade), observation du terrain (chute de pierre) et des personnes (fatigue, stress). Ne jamais forcer son talent. Il n'y a pas de déshonneur à abandonner.

2 – SUIVI DES PLONGEURS (76, 114) :

2.1 – La connaissance de soi-même (12) :

Elle doit débiter par un examen médico-sportif, qui en détectant les contre-indications majeures à la pratique de la plongée, pourrait permettre, moyennant quelques examens simples, de donner au spéléologue voulant pratiquer ce sport des renseignements sur sa condition physique et surtout sur la limite de ses possibilités.

Le médecin doit recommander des règles de bon sens avant tout : Ne pas commettre d'excès dans le boire et le manger, se méfier des pratiques tabagiques, se soumettre aux bienfaits de l'exercice musculaire.

2.1.1 – Préparation physique (24, 55, 69, 73, 91) :

La plongée spéléologique est un sport complet. Les contraintes physiques sont le cumul de celles dues à la spéléologie et celles de la plongée. Le meilleur entraînement de la plongée reste la plongée.

L'entraînement va permettre d'**améliorer l'endurance** par :

- Les performances cardiaques.
- Les performances ventilatoires ou capacité aérobie (capacité à utiliser un pourcentage élevé de consommation maximale d'O₂ -VO₂ max- pendant de longue période de temps). La marge d'amélioration de VO₂ max est d'environ de 15 à 25%.
- La vascularisation et la charge énergétique au niveau des muscles (accumulation de réserves de graisses dans les fibres musculaires). L'endurance dépend en grande partie de la capacité du plongeur à mettre en réserve des grandes quantités de glycogène musculaire. Elle dépend aussi de la capacité du muscle à utiliser de préférence les acides gras plutôt que le glucose.

La spéléologie est pratiquée dans un lieu de déplacement plein d'embûches. L'objectif des séances d'entraînement du plongeur spéléo est d'acquérir la résistance nécessaire, par des séances de course à pied continue sur des distances de 4 à 20 km, selon le niveau de performances, effectuées à 60 - 70% de VO₂ max, à raison de une à deux fois par semaines.

Sur le plan de l'hygiène comportementale, un organisme en dette de sommeil est plus sensible à l'hyperoxie aiguë. L'asthénie du plongeur est toujours un élément péjoratif au bon déroulement d'un programme de désaturation. Eviter la fatigue et le surmenage qui favorisent les ADD.

2.1.2 – Préparation énergétique (26, 69, 91) :

La plongée spéléologique demande une dépense énergétique importante. L'effort au cours de la progression intéresse tous les groupes musculaires. C'est une progression associant marche, escalade, plongée, ramping, descente et remontée. Sur le plan physiologique, il s'agit d'un effort prolongé sur plusieurs heures, voire plusieurs jours, le tout se déroulant dans un milieu hostile, où la déperdition énergétique est accentuée par le froid, la soif et l'humidité. Il est donc indispensable de limiter au maximum les pertes.

La ration alimentaire doit couvrir les besoins énergétiques et non énergétiques (eau, sels minéraux, oligo-éléments, vitamines). Un homme de 70 kg a des dépenses de fond de l'ordre de 1600 kcal/jour et des dépenses de fonctionnement variables (activité musculaire, température extérieur...), de l'ordre de 900 à 1000 kcal/jour (2000 à 3000 kcal/jour pour un nageur de combat).

Quelques conseils sont :

- **La veille** d'une exploration, il vaut mieux privilégier une alimentation plus énergétique avec des sucres lents. Éviter les repas difficiles à digérer. Le dernier repas important doit être absorbé trois heures avant la plongée. La digestion exige une hyperhémie splanchnique qui a pour conséquence une hypohémie musculaire et cérébrale. L'effort de la plongée exige l'inverse en demandant une augmentation du débit sanguin dans le muscle. Le rendement sera diminué et la digestion perturbée.

- **Avant le départ** une nourriture mêlant glucides lents et sucres rapides permet d'éviter les coups de barre.
- **Dans la cavité**, en prévention de l'épuisement, il est important de se nourrir régulièrement. Il faut savoir doser ses efforts et prendre le temps de s'arrêter pour absorber des sucres lents et ceci régulièrement.

Contrairement à ce que l'on peut penser en plongée on se déshydrate facilement. En spéléologie, le rendement du muscle est bien meilleur avec une hydratation suffisante (limite les accidents tendineux). L'eau perdue par la sueur doit être remplacé au fur et à mesure. Afin de couvrir le déficit hydrique, il faut boire plus que sa soif.

2.1.3 – Visite médicale préalable (5, 12, 24, 55, 76, 91) :

La pratique de la plongée scaphandre est classée dans les disciplines sportives nécessitant un examen spécifique par l'**arrêté du 28 avril 2000**.

2.1.3.1 – Certificat médical d'aptitude (9, 55, 117) :

La réglementation de le FFESSM et des sociétés savantes est à connaître lors de la réalisation du certificat. Dans le cas contraire et en cas de difficultés, il faudra avoir de bons arguments. Il est préférable que ce soit un médecin ayant une expérience subaquatique qui délivre le certificat médical d'aptitude.

Son **expérience** de la progression en milieu hostile doit lui **permettre** :

- **D'apprécier les possibilités physiques** d'un sujet face aux obstacles de l'exploration aquatique et aérienne.
- **De conseiller** le type de **cavité** que peut pratiquer un individu suivant ses possibilités physiques.

La rédaction d'un certificat médical implique des engagements :

- Des **responsabilités pénales** peuvent être invoquées par la victime, un ayant droit ou le ministère public, avec absence de prise en charge des conséquences par l'assurance médicale.
 - Art 221-6 du Code Pénal, **homicide involontaire** : Le fait de causer, dans les conditions et selon les distinctions prévues à l'art 121-3, par maladresse, imprudence, inattention, négligence ou manquement à une obligation de sécurité ou de prudence imposée par la loi ou le règlement, la mort d'autrui constitue un homicide involontaire puni de **3 ans d'emprisonnement** et de **45000 euros d'amende**. En cas de violation manifestement délibérée d'une obligation particulière de sécurité ou de prudence imposée par la loi ou le règlement, les peines encourues sont portées à **5 ans d'emprisonnement** et à **75000 euros d'amende**.
 - Art 222-19 et 222-20 du Code Pénal, **atteintes involontaires à l'intégrité** de la personne : Le fait de causer à autrui, dans les conditions et selon les distinctions prévues par l'art 121-3, par maladresse, imprudence, inattention, négligence ou manquement à une obligation de sécurité ou de prudence imposée par la loi ou le règlement, une incapacité totale de travail pendant **plus de trois mois** est puni de **2 ans d'emprisonnement** et de **30000 euros d'amende**. En cas de violation

manifestement délibérée d'une obligation particulière de sécurité ou de prudence imposée par la loi ou le règlement, les peines encourues sont portées à **3 ans d'emprisonnement** et à **45000 euros d'amende**. Le fait de causer à autrui, par la violation manifestement délibérée d'une obligation particulière de sécurité ou de prudence imposée par la loi ou le règlement une incapacité totale de travail d'une durée **inférieure** ou égale à **trois mois** est puni d' **1 an d'emprisonnement** et de **15000 euros d'amende**.

- Art 223-1 du code pénal, mise en **danger de la personne** : Le fait d'exposer directement autrui à un risque immédiat de mort ou blessures de nature à entraîner une mutilation ou une infirmité permanente par violation manifestement délibérée d'une obligation particulière de sécurité ou de prudence imposée par la loi ou le règlement est puni d' **1 an d'emprisonnement** et de **15000 euros d'amende**.
- Une **responsabilité civile** basée sur les art 1382 et suivants du Code Civil, sur le principe de la responsabilité délictuelle de tout médecin qui s'engage à donner des soins consciencieux, attentifs et conformes aux données acquises de la science. Le préjudice peut-être physique (accidents, blessures, séquelle), moral (douleur, peine), d'agrément (impossibilité de pouvoir pratiquer son sport préféré).
- Une **responsabilité ordinale**, selon le code déontologique de juillet 2001. Les sanctions vont de l'avertissement au blâme jusqu'à la suspension (**art 28**, certificat de complaisance).
- Une **responsabilité vis-à-vis de la sécurité sociale**, la rédaction d'un certificat étant un acte gratuit. Les peines peuvent être le remboursement des sommes indues, amendes, l'interdiction de donner des soins aux assurés sociaux (Art L.315-1 du Code de la Sécurité Sociale).

2.1.3.2 – Examen médical (29, 73, 91, 117) :

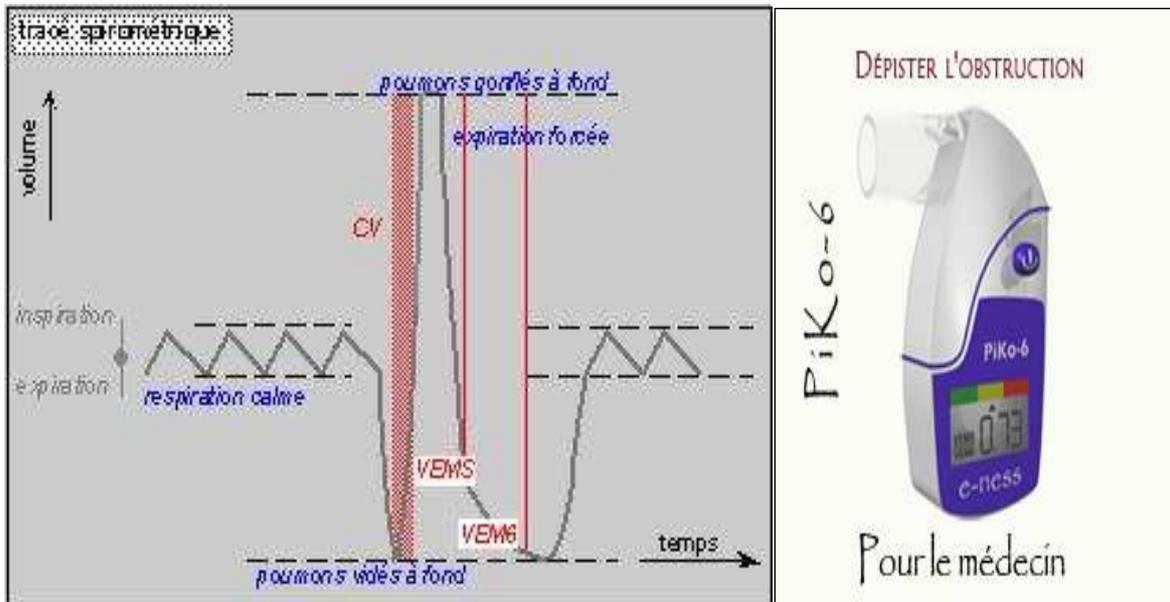
La **visite médicale** doit comporter:

- **Un interrogatoire** portant sur les antécédents familiaux et surtout personnels :
 - Maladies aiguës (cardio-vasculaires et respiratoires, épilepsie...).
 - Intervention chirurgicale en convalescence.
 - Prise de médicaments (cardio, sédatif, neuro...).
 - Chez la femme se renseigner sur le désir de grossesse.
 - Etat psychique, consommation de tabac, alcool.
 - Antécédents sportifs (Autres sports pratiqués, condition physique, expérience en plongée, accidents de plongée antérieurs éventuel (barotraumatisme, ADD)).
 - Contrôle de vaccination : proposer une nouvelle vaccination en cas de dépassement.

Il doit permettre de mettre en évidence les éventuelles contre indications. Parfois il faut poser des questions de façons détournées tel que les symptômes ressentis lors de la pratique d'autres sports (malaise, palpitation, dyspnée, précordialgie). Il est conseillé de faire remplir une fiche de renseignement signé et de la conserver dans le dossier médical.

- **Un examen biométrique** : poids, taille, malformation.

- **Un examen clinique** complet, appareil par appareil. Il confirme les données de l'interrogatoire et doit comporter :
 - Pulmonaire : Auscultation et examen (hippocratisme, cicatrice...), mesure de débit de pointe (Peak flow). Evaluation des syndromes obstructifs et restrictifs par le PIKO6. Il permet d'évaluer le rapport VEMS à la 1^{ère} sec et à la 6^{ème} sec. Le VEMS6 permet d'estimer la CV (Coef de Tiffeneau $VEMS/CV=VEMS1/VEMS6$).



(5)

- Cardio-vasculaire : Auscultation, fréquence cardiaque, prise de tension artérielle au repos et à l'effort. Recherche des pouls, de souffles périphériques et d'une bradycardie couplée à l'électrocardiogramme (**ECG**) (compression des globes oculaire, massage sino-carotidien).
 - Neurologique et vestibulaire.
 - Ophtalmologique (acuité visuelle). En plongée il existe une distorsion avec rapprochement des images, un grossissement, une réduction du champ visuel, un effet prismatique avec des localisations erronées et un astigmatisme oblique. Les risques à éviter sont les problèmes de lecture des instruments et d'interprétation des signes. Utiliser un masque correcteur au besoin.
 - O.R.L : Otoscope et mobilité du tympan au Valsalva, audition à la voix chuchoté, Rinne et Weber et état dentaire.
 - Ostéo-articulaire et digestif (orifices herniaires).
- **Examens complémentaires :**
 - L'ECG doit être systématique. La fréquence des examens étant défini par les facteurs de risques.
 - RP du thorax selon les antécédents
 - Bilan biologique : glycémique, lipidémie, hématologie.
 - **Avis spécialisés :** ils seront demandés en fonction des points d'appel de l'interrogatoire ou de l'examen clinique afin de permettre l'acceptation ou le refus de délivrance du certificat.

- Cardiologique : Si facteur de risques cardio-vasculaires (tabac, obésité, cholestérol), si anomalie clinique ou électrographique un avis cardiologique, une échographie de repos, un holter et **une épreuve d'effort** sont souhaitables.
- Pneumologie : Si PIKO positif avec EFR.
- Ophtalmologique : Un fond d'oeil peut être demandé en cas d'antécédent de décollement de rétine, d'une notion de traumatisme oculaire, d'hypermétropie, de myopie (>5 dioptries) et chez les sujet > à 45 ans.
- ORL en fonction des données de l'examen : audio-tympanométrie en cas de doute.
- Dentiste : consultation de suivi nécessaire tous les ans.
- Autre, suivant le contexte...

Après un ADD, une surpression pulmonaire et tout passage en caisson, il doit y avoir un certificat médical fait par un médecin hyperbare ou fédéral et contre signé par le président de la Commission Médicale Régionale. Le refus de certificat médical peut être contesté par le patient à la Commission régionale puis nationale.

2.1.3.3 – Aptitude à l'effort (12, 42) :

Le bilan d'aptitude à la plongée spéléologique peut être déterminée par toute une série de **tests médico-sportifs**. Ils permettent de donner à chacun une évaluation personnelle.

➤ le test de RUFFIER-DICKSON :

Il s'agit d'un test simple, de pratique courante, utilisable par tous et qui permet d'avoir une idée sur la qualité d'un sujet, quant à sa forme, ses possibilités d'effort (qualités de résistance et d'endurance) et surtout ses possibilités de récupération. Il s'intéresse essentiellement aux modifications de pouls engendrés par l'effort.

Il s'agit de réaliser un effort standard, **30 flexions** sur les cuisses (pieds à plat sur le sol, fesses touchant les talons, bras tendus) **en 45 secondes**. L'exercice doit être fait dans une période de repos, en dehors d'une période digestive, en atmosphère tempérée et avec des vêtements amples respectant la souplesse du sujet. Lors des répétitions de l'exercice en cours d'entraînement, les conditions de réalisation doivent être identiques à celles des exercices précédents.

$$\text{Indice de Ruffier} = \frac{(P0 + P1 + P2) - 100}{10}$$

Interprétation :

- **P0** : le **pouls au repos** est d'autant plus bas que le sujet est endurant. Un entraînement régulier engendre un ralentissement de P0.
- **P1** : **pouls immédiatement après l'effort**. Il est témoin de l'adaptation à l'effort et des capacités d'endurance. Dans l'idéal, P1= 1,5 x P0 et ne doit pas dépasser 2x P0. L'entraînement en endurance amène une diminution de P1.
- **P2** : **pouls une minute après l'exercice**. Il révèle l'aptitude du sujet à récupérer après l'effort, autrement dit, il permet d'apprécier la capacité en résistance du sujet. Dans l'idéal P2 doit être égal ou inférieur à P0. La diminution du temps de récupération P2 montre les progrès du sujet en résistance mais cette amélioration est toujours temporaire et nécessite un entretien.

Résultats :

- <0 : excellent.
- 0-5 : très bonne adaptation à l'effort.
- 5-10 : bonne adaptation à l'effort.
- 1-15 : médiocre.

Ce test objective assez bien une bonne ou une mauvaise aptitude cardio-vasculaire à l'effort. Il est bien sûr améliorable par l'entraînement et peut servir au contrôle des progrès réalisés.

➤ Le **test d'effort dynamique** (Systolie Tension Time (**STT**)) : L'objectif est de monter et de descendre une marche de 40cm, 24 fois par minutes et sur 3 minutes, avec mesure de la Fréquence Cardiaque et de la Tension Artérielle Systolique.

$$\text{STT} = \text{FC} \times \text{TAS mmHg (après effort)}$$

Résultats :

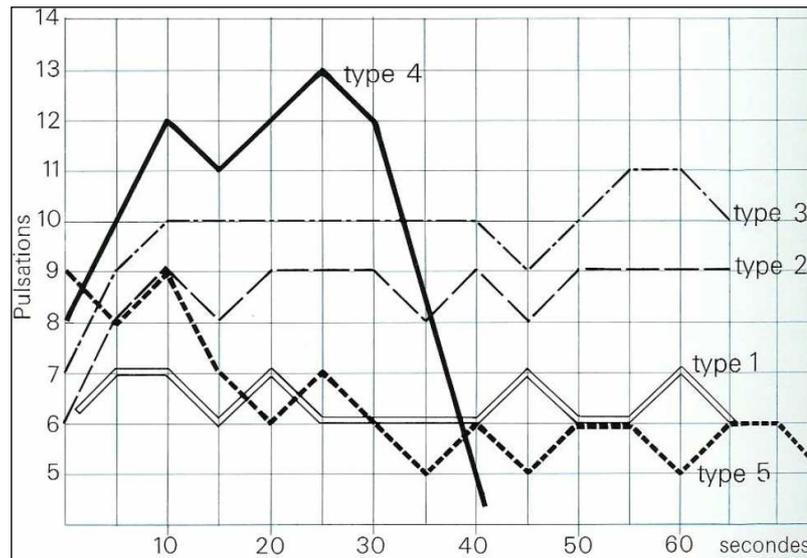
- Excellent < 16000.
- Bon < 20000.
- Moyen < 25000.
- Médiocre >26000.

➤ Le **test de Flack** : L'objectif est de réaliser une expiration forcée à 40 mmHg pendant 40 secondes, avec prise de la tension, du pouls (tous les 5 sec) et couplé à l'ECG. Il entraîne une :

- Augmentation des pressions intra-thoraciques.
- Augmentation des pressions des cavités droites.
- Augmentation de la pression capillaire pulmonaire.
- Diminution du retour veineux.
- Diminution du débit cardiaque.
- Mise en jeu du système sympathique (pour corriger la diminution du débit cardiaque).

Résultats :

- **Mesure de la tension** avant, pendant et après l'examen :
 - Sujet normal, diminution modéré au début du Valsalva puis remonte fortement à la fin de la manœuvre et retour à la normal.
 - Sujet bien entraîné, augmente au cours du Valsalva et se normalise plus rapidement.
 - Sujet « syncotrope », chute excessive pendant le Valsalva et remontée à la fin du test (anomalie de la régulation sympathique).
- **Mesure de la fréquence cardiaque** :
 - Type 1, variation de 7 pulsations/5sec : Bonne condition.
 - Type 2, variation de 9 pulsations/5sec : Condition moyenne.
 - Type 3, variation maximale > 10 pulsations/5sec : Condition médiocre à explorer.
 - Type 4, variation maximale > 10 pulsations/5sec puis chute brutale de la FC : Inapte à l'exercice intense.
 - Type 5, élévation < 10 pulsations/5sec puis ralentissement : Sujet neurotonique de bonne condition (tachycardie de repos).



(5)

- **Couplé à l'ECG** : Sensibilité du nœud sinusal à la distension mécanique et aux variations de pression. Il y a souvent un aspect d'hypertrophie auriculaire droite (P en D2) lors du test. Peuvent être visibles :
 - Un dysfonctionnement sinusal (bradycardie sinusal, bloc sino-auriculaire du 2^{ème} et 3^{ème} degré, arrêt sinusal).
 - Un bloc auriculo-ventriculaire 1 ou 2.
 - Un trouble de l'excitabilité (extrasystole auriculaire et ventriculaire).

Dans tous les cas, les anomalies constatées lors des tests nécessitent un avis spécialisé et la contre-indication temporaire de toutes activités sportives. Rappelons que l'organisme humain a des limites, il est important pour chacun de les connaître afin de savoir doser et prévoir ses activités.

2.1.4 – Contre-indications à la pratique de la plongée spéléo (29, 55, 117) :

Ce sont celles du sport en général, où la défaillance d'un individu peut mettre en jeu sa vie ou celle de ses coéquipiers. La liste est indicative et non limitative. Les problèmes doivent être abordés au cas par cas, éventuellement avec un bilan auprès d'un spécialiste, la décision tenant compte du niveau technique et du type de plongée (post siphon, fond de trou, profonde...).

2.1.4.1 – Contre-indications définitives :

Les contre-indications reposent sur des affections qui, lors de la pratique de la plongée, peuvent s'aggraver ou risquent de mettre en danger le pratiquant :

Cardiologie : Toutes les pathologies cardiaques sont susceptibles de se compliquer au cours d'un exercice physique. Le vrai problème pour un médecin est de reconnaître les pathologies, susceptibles de se compliquer, chez des sujets peu ou pas symptomatiques et qui, bien souvent, ne présentent pas d'altération de leurs performances.

La plongée sollicite de façon importante le système cardio-vasculaire, et réalise même pour certains une épreuve d'effort à minima. Tout souffle à l'auscultation, même fonctionnel, nécessite, des investigations complémentaires.

- Cardiopathie ischémique grave.
- Insuffisance cardiaque symptomatique.
- Cardiomyopathie obstructive.
- Pathologie avec risque de syncope.
- Artérite sévère (FFS).
- Tachycardie paroxystique.
- BAV 2 ou complet (FFS) non appareillés (FFESSM).
- Traitement en cours par anticoagulant (FFS).
- Cardiopathie congénitale (FFESSM).
- Shunt DG découvert après un ADD à symptomatologie cérébrale ou cochléo-vestibulaire (FFESSM).

Pneumologie : Tout mécanisme favorisant le piégeage de l'air au cours de la plongée (bronchospasme, bulle d'emphysème, pneumothorax,...) entraînera une surpression pulmonaire à la remontée.

- Insuffisance respiratoire chronique.
- Syndrome interstitiel (FFS).
- Asthme vrai.
- Pneumothorax spontané (FFS) ou maladie bulleuse, même opéré (FFESSM).
- Chirurgie pulmonaire.
- Pneumopathie fibrosante (FFESSM).
- Vascularite pulmonaire (FFESSM).

Endocrinologie : Une hypoglycémie chez un diabétique traité peut entraîner une perte de connaissance.

- Diabète traité par insulines ou sulfamides.
- Diabète non équilibré par régime ou biguanides.
- Trouble métaboliques ou endocriniens sévères (FFESSM).

Neurologie : Une perte de connaissance en cours de plongée expose à la noyade et/ou à la surpression pulmonaire.

- Epilepsie.
- Syndrome déficitaire sévère.
- Pertes de connaissance.
- Chirurgie endocrânienne (effraction méningée neurochirurgicale, ORL ou traumatique).

Hématologie :

- Thrombopénie périphérique (FFESSM).
- Thrombopathies congénitales.
- Phlébites à répétition, trouble de la crase sanguine découverts lors du bilan d'une phlébite (FFESSM).
- Hémophilie. Ce sport est déconseillé en raison des chocs fréquents et des plaies qui ne sont pas rares.

O.R.L. : Les accidents ORL représentent une part importante des atteintes barotraumatiques, avec parfois des conséquences importantes (surdité, vertiges,...).

- Surdité unilatérale totale.
- Evidemment pr masto dien.
- Trachéostomie.
- Laryngoc le.
- Déficit audiométrie bilatéral.
- Otospongiose (FFS) opérée (FFESSM).
- Ossiculoplastie (FFESSM).
- Déficit audio. Bilatéral à évaluer par audiométrie (FFESSM).

Ophthalmologie :

- Pathologie vasculaire de la rétine, de la choroïde ou de la papille.
- Kératocône (FFESSM).
- Glaucome à angle fermé (FFS).
- Prothèse ou implant creux.

Psychiatrie : Les situations de stress importantes rencontrées au cours de la plongée souterraine, imposent l'absence totale de pathologie préexistante dans le domaine psychiatrique.

- Affection psychiatrique sévère.
- Incapacité motrice cérébrale (FFESSM).
- Ethylisme chronique (FFESSM).

Gastro-entérologie : Manchon anti-reflux.

Dermatologie : Différentes affections peuvent entraîner des contre-indications temporaires ou définitives selon leur intensité ou leur retentissement pulmonaire, neurologique ou vasculaire.

2.1.4.2 – Contre-indications temporaires :

Il faut une bonne éducation du sujet et qu'il connaisse les limites imposées par sa maladie. Un contrôle médical plus fréquent est nécessaire pour apprécier l'adaptation du sujet au sport.

Cardiologie :

- Hypertension artérielle non contrôlée.
- Cardiopathie congénitale (FFS).
- Valvulopathies (FFS).
- Infarctus récent et angor.
- Péricardite.
- Traitement par anti-arythmique ou à-bloquant.

Pneumologie :

- Pathologie Infectieuse.
- Pleurésie.
- Sarcoïdose (FFS).
- Traumatisme thoracique (FFESSM).

Endocrinologie :

- Trouble métaboliques ou endocriniens sévères (FFS).
- Spasmophilie, tétanie.

Neurologie : Traumatisme crânien grave à évaluer (FFESSM).

Appareil locomoteur : L'importance des charges à transporter au décours des plongées (notamment en fond de trou) est à prendre en compte dans le cadre de l'aptitude « orthopédique ».

O.R.L. :

- Episode infectieux aigue ou chronique.
- Polypose nasosinusienne.
- Obstruction tubaire.
- Syndrome vertigineux.
- Perforation tympanique, tympanoplastie (FFS).

Ophtalmologie :

- Chirurgie oculaire <6 mois (FFS), y compris laser (FFESSM).
- Décollement rétinien
- Kératotomie radiaire (FFS).
- Kératocône (FFS).

Psychiatrie :

- Traitement antidépresseur, anxiolytique, par neuroleptique ou hypnogène.
- Alcoolisation aiguë (FFESSM).

Gynécologie – obstétrique : Grossesse.

Gastrologie :

- Ulcère digestif (FFS).
- Hernie hiatale ou reflux gastro-oesophagien à évaluer (FFESSM).

Dentaire : Prothèse amovible, carie (FFS).

Hématologie : Phlébite non explorée (FFESSM).

2.2 – Plongée et médicaments (117) :

La prise de médicaments, entraîne un risque supplémentaire pour le plongeur. Un effet secondaire médicamenteux, bénin à la surface, peut devenir fatal sous l'eau. Il convient de prendre toutes les précautions nécessaires lors du traitement d'une pathologie, et d'éviter toute automédication. L'activité des principes actifs en hyperbarie n'est pas prévue dans le protocole des essais cliniques des médicaments, les conséquences d'un traitement sont supposées. On extrapole à l'hyperbarie ce que l'on observe à la pression atmosphérique.

Les **médicaments à visée cardio-vasculaire** contre-indiqués :

➤ Les bêta-bloquants sont contre indiqués, qu'ils soient cardio-sélectifs ou non, en raison du risque de majoration de la bradycardie (induite par l'immersion faciale) et du

risque de bronchospasme. Ils empêchent les effets des catécholamines dans la régulation du froid, ce qui peut entraîner un syndrome de Raynaud ou des engelures. Toutefois, aucun accident n'ayant été rapporté chez des plongeurs sous traitement, et il serait possible d'autoriser la plongée dans les conditions suivantes :

- Dans son indication d'anti-hypertenseur.
- Patients indemnes de cardiopathie par ailleurs.
- En évitant l'eau froide.
- Bonne tolérance du traitement, contrôlée par des ECG.
- Test d'effort montrant la conservation d'une capacité physique normale pour l'âge.
- Evaluation pneumologique éliminant un syndrome obstructif.

Ces recommandations s'appliquent aux collyres anti-glaucomeux à base de bêtabloquants.

➤ Les inhibiteurs calciques à tropisme cardiaque (anti-angoreux et anti-hypertenseurs) ont des effets inotropes négatifs et bradycardisants (diltiazem TILDIEM®, vérapamil ISOPTINE®).

➤ Les anti-hypertenseurs d'action centrale (clonidine CATAPRESSAN®) peuvent provoquer une somnolence diurne, une hypotension orthostatique et une bradycardie. Les inhibiteurs de l'Enzyme de Conversion et les antagonistes de l'angiotensine II semblent être les mieux adaptés au traitement de l'hypertension, à condition que les effets indésirables (toux sèche, troubles digestifs et cutanés) ne se manifestent.

➤ L'amiodarone (CORDARONE®) a un effet bradycardisant modéré.

➤ Autres anti-arythmiques : la pathologie à l'origine du traitement justifie à elle seule une contre-indication.

➤ Les diurétiques ne sont pas contre-indiqués mais seulement déconseillés. Le bilan hydrique après une plongée est déjà négatif ; il faudra veiller à une bonne hydratation avant et après la plongée.

➤ Les anti-vitamine K : le risque traumatique justifie leur contre-indication. La prise d'acide acétyl salicylique à posologie anti-agrégante est tolérée.

Les **vasoconstricteurs locaux à visée ORL** : Compte tenu de leur effet rebond, avec œdème secondaire des muqueuses pouvant obstruer les ostiums et favoriser les barotraumatismes, leur utilisation avant une plongée est à proscrire. On leur préférera du sérum physiologique pour réaliser un lavage des fosses nasales.

Médicaments **augmentant le risque de narcose et de somnolence** :

- Les benzodiazépines : Le risque est majoré par la prise de dépresseurs du SNC.
- Les neuroleptiques et les antihistaminiques H1 (automédication à visée antinaupathique) sont contre-indiqués.
- Les antalgiques opiacés : Proscrire les sirops antitussifs codéinés.

L'**insuline** et les **antidiabétiques oraux** : Les variations de pression exercées sur la peau, en fonction de la profondeur entraînent une modification de la résorption de l'insuline après injection sous cutanée, et donc des variations de la glycémie. Les sulfamides hypoglycémiantes, quant à eux, exposent au risque d'hypoglycémie, majoré par le froid,

l'effort physique, le stress et la fatigue physique. Les biguanides et l'arabose (GLUCOR®) ne sont pas contre-indiqués.

L'éthanol : Il est interdit de plonger après ingestion d'alcool. Les médicaments contenant de faibles quantités d'éthanol ne sont pas interdits, mais ils peuvent être à l'origine d'un effet antabuse (bouffées de chaleur, tachycardie, tachypnée et diminution de la pression artérielle) lorsqu'ils sont associés à certaines autres spécialités comme par exemple FLAGYL® ou RODOGYL®.

2.3 – Les vaccinations du plongeur spéléologique (16, 85) :

De par son activité dans des eaux parfois contaminées, le plongeur spéléo s'expose à des maladies infectieuses dont certaines graves peuvent être évitées par une vaccination.

- **Poliomyélite** : La vaccination est recommandée, d'autant qu'il n'existe pas de traitement actif contre le virus. L'immunité apparaît dès la 2^{ème} injection. La primo vaccination consiste en 3 injections à 1 mois d'intervalle, le premier rappel est 1 an après la 3^{ème} injection, puis tous les 10 ans. Vaccin inactivé (D.T.POLIO®, IMOVAX® POLIO).
- **Tétanos** : Le bacille tétanique est situé à la surface du sol. La plaie la plus minime peut être la porte d'entrée du bacille. Cette vaccination est recommandée chez toute personne en activité. Le vaccin est préparé à partir de la toxine tétanique détoxifiée et purifiée. Le **protocole de vaccination** est de 2 injections espacées de 4 à 6 semaines, suivies d'un rappel 6 à 12 mois après la deuxième injection. Le rappel suivant est d'une injection tous les 10 ans (VACCIN TETANIQUE PASTEUR®). L'évaluation de la vaccination doit être faite dans le même temps que le traitement de la plaie. En cas de vaccination absente ou incomplète, il faut reprendre le calendrier vaccinal et l'associer à une injection d'immunoglobulines humaines 250 UI.
- **Leptospirose** : On dénombre des cas de leptospirose (dont certains mortels) en spéléologie. Provenant des fèces de mammifères rejetés dans l'eau, la leptospirose peut être contractée par la boisson, par contact des muqueuses, ainsi qu'à travers de petites blessures de la peau. En raison des risques hémorragiques, d'atteintes du foie et des reins, Il est souhaitable que les plongeurs spéléologues se vaccinent. L'immunité est acquise 15 jours après la 2^{ème} injection et dure 24 mois après le premier rappel. La vaccination consiste en 2 injections à 15 jours d'intervalle suivies d'un rappel 4 à 6 mois, puis tous les deux ans (SPIROLET®).
- **Typhoïde et paratyphoïde** : Les eaux polluées peuvent contenir des salmonella typhi et paratyphi A et B. Les salmonelloses se guérissent par les antibiotiques et la réhydratation. Le vaccin TYPHERIX® protège contre le risque infectieux lié à salmonella typhi, mais il ne confère pas de protection vis-à-vis de salmonella paratyphi A et B. Une seule injection suffit. L'immunité apparaît environ 15 jours après l'injection. Il peut être associé au vaccin de l'hépatite A (TYAVAX®). On le conseillera aux plongeurs s'aventurant dans des eaux polluées.
- **Choléra** : Il s'attrape par l'absorption buccale d'eau contaminée. Cette vaccination n'est proposée qu'en zone d'endémie (Vibrio cholerae O1). Le vaccin est pris par voie

orale. La primovaccination comprend 2 prises avec un intervalle d'1 semaine. Un rappel doit avoir lieu à 2 ans (DUKORAL®).

- **Hépatite A** : Des plongeurs spéléo ont contracté l'hépatite virale A en explorant des rivières souterraines polluées. La transmission intervient généralement par ingestion d'eau contaminé. Le schéma vaccinal comprend 1 injection suivie d'un rappel entre 1 et 3 ans, pour une efficacité de 10 ans (VACCIN HAVRIX®, AVAXIM®).
- **Fièvre jaune** : Obligatoire pour les expéditions spéléologiques en zone endémique. Une injection unique et revaccination tous les 10 ans (STAMARIL®).
- **Rage** : Vaccination conseillée pour les spéléologues approchant d'importantes colonies de chauve-souris contaminées par le virus rabique. Le spéléo peut contracter la rage par morsure ou griffures. Le schéma de primovaccination est d'1 injection à J0, J7 et J21 ou J28. Une injection de rappel à 1 an puis tous les 5 ans (VACCIN RABIQUE PASTEUR®, RABIPUR®).



Goul du Pont, Huttler R. (118).

CONCLUSION

La plongée souterraine est née de la volonté de poursuivre les explorations spéléologiques, lorsque le siphon bloquait irrémédiablement la progression et permet ainsi la découverte de nouveaux sites. 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 d'avantage 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. 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 reboucle 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 issues heureuses sont possibles : on n'abandonne jamais les secours tant qu'on n'a pas retrouvé la victime. Le secours en spéléologie bien que fort heureusement rare, nécessite des moyens énormes et met en action le SSF aidés de différents corps constitués (PGHM, Pompiers, SAMU). En milieu difficile, il ne s'improvise pas. Il est nécessaire de disposer dans chaque département karstique d'une équipe de secours souterrain bien structurée.

La particularité des secours en spéléologie réside dans la spécificité des techniques de sauvetage et des moyens mis en œuvre, afin de s'adapter à ce terrain d'intervention très particulier. Un sauvetage de qualité s'effectue grâce à une organisation exemplaire et une médicalisation systématique. Le médecin devant s'intégrer parfaitement à l'équipe de secours. Il ne doit en aucun moment être une charge pour ces derniers. L'entrée en phase

opérationnelle de la civière du SSF ainsi que la constitution d'équipes médicales d'accompagnement oeuvrent dans ce sens.

La prise en charge médicale des accidents de plongée spéléo est retardée du fait du contexte. Déshydratation et hypothermie sont 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 le plus d'autonomie possible 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 soins et de réanimation mais également une excellente condition physique et une maîtrise des techniques de progression.

Quels que soient les moyens mis au point ou à l'étude pour l'évacuation d'un blessé, la prévention et le respect des procédures de sécurités inhérentes à ce sport restent les premières mesures qu'il faut continuer à développer dans ce domaine.

Chaque type de plongée, en résurgence, en fond de trou, en multi-siphons fait appel à une configuration d'exploration spécifique. Nombreux sont les paramètres à prendre en compte, lors de la planification d'une plongée. Lorsqu'on s'engage dans un siphon, on pense en permanence à ressortir dans les meilleures conditions et avec tous ses équipiers.

Les principaux progrès apparus ces dernières années résultent de l'amélioration du niveau technique mais aussi de la sophistication du matériel. Parmi ces progrès on peut citer :

- L'accroissement du nombre de plongeurs possédant un haut niveau à la fois en plongée et en spéléo.
- La constitution d'équipes (stables ou mouvantes) regroupant ces compétences.
- La fiabilisation des procédures de décompression (tables, ordinateurs, O₂, cloche).
- L'utilisation des mélanges ternaires.
- L'autonomie en air par le développement de scaphandres à recyclage.
- L'isothermie des plongeurs ou leur réchauffement lors des plongées importantes.
- Les moyens de communication entre un plongeur et la surface, entre plongeurs.
- Les propulseurs portables, peu volumineux et fractionnables.

Pour découvrir occasionnellement la plongée souterraine, il est vivement recommandé de s'adresser à une association. La pratique de ce sport demande une bonne condition physique pour éviter l'apparition d'une fatigue excessive qui est source d'accident. Toute faute technique et tout défaut dans le matériel peut coûter la vie.

Si on veut aller plus loin, il est alors impératif de se former aux techniques particulières de ce sport en évolution, en participant à des stages organisés par les fédérations habilitées. Des stages effectués chaque année, permettent d'optimiser la solidarité entre les différents intervenants et leur donnent l'occasion de s'entraîner, se perfectionner, et se familiariser au milieu souterrain.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES.

1. – **D’ANDREA C.**
Les OAP d’immersion.
Cours DIU OHB, 2007.
2. – **DUCASSE J.L., PILLOT J.D., CATHALA B.**
Analyse épidémiologique des accidents mortels de la plongée spéléologique en France métropolitaine de 1950 à 1990.
Bulletin de Médecine Subaquatique et Hyperbare, 1992, Tome 2, 1, pp 1-14.
3. – **ROCOURT F.**
Le secours en spéléologie : organisation – médicalisation.
Manuel du DIU de médecine et secours en montagne. 1999, pp 111-123.
4. – **ALLAIN H, SCHÜCK S.**
La douleur : moyens et stratégies thérapeutiques.
La revue du praticien, 1997, 47, pp.555-569.
5. – **D’ANDREA C.**
Certificat de non contre indication à la plongée.
Cours DIU OHB, 2007.
6. – **ROBINET Claude, PAOLE Henri.**
Les « recycleurs » (Appareils de plongée à recyclage de gaz). Principes, avantages et danger en plongée sportive.
COMISMER, Toulon Naval ; Drager Industrie France. -12p.
7. – **AMIZET L, LEFEVRE C, JEANJEAN M, DHOUDIN A, FULLANA J-F.**
La noyade.
Urgence-Pratique, 1997, 21, pp.27-31.
8. – **BARIOD Jean.**
Stage d’assistance au blessé (para-médicalisation).
Feuille de liaison CoMED, FFS, n°23, octobre 1992, pp.12-15.
9. – **ANDRES Daniel.**
Spécial secours.
Info-Plongée, Feuille de liaison Commission Plongée souterraine, FFS, Mars 78, 13p.
10. – **COSTE T., BARIOD J., MALLARD M., VALENTIN G., BOUVARD M.**
Rationalisation de l’analgésie par voie générale en traumatologie spéléologique.
Feuille de liaison CoMED, FFS, n°20, avril 1991, p7.
11. – **MARCHAL Cyril, VASSEUR Frank.**
Matériel du plongeur.
<http://www.plongeesout.com/>
12. – **BALLEREAU André.**
A propos de la sécurité, des accidents, du sauvetage en spéléologie.
Publication Nationale CoMED de la FFS, 1976.- 81p.
13. – **BALLEREAU André.**
Boire en spéléo.
Spelunca, 1985, 19, pp.30-33.
14. – **BALLEREAU André.**
Comment installer et examiner un blessé à la suite d’un accident.
5^{ème} Réunion Nationale CoMED de la FFS, Chalain 1982.- pp.31-37.
15. – **BOUVARD Marc, MALLARD Michel.**
Test heat-pacs.
Feuille de liaison CoMED, F.F.S., n°20, avril 1991, p10-11.

- 16. – COSTE Thierry.**
Vaccination des spéléo « en déplacement »
Feuille de liaison CoMED, FFS, n°25, Août 1994, pp.3-4.
- 17. – BARIOD Jean.**
L'équipe médicale : son action et sa place dans le déroulement des secours spéléo.
Spelunca, 1982, 7, pp.12-13.
- 18. – GAUCHE B.**
Les accidents de spéléologie et de plongée souterraine.
XIIIèmes journées annuelles des Urgences, Pessac 2005, pp 96-98.
- 19. – BARIOD J, BLANCHARD J-M, ANDRIEUX A.**
L'équipe spéléologique face à l'accident : conseils médicaux.
Spelunca, 1982, 5, pp.23-24.
- 20. – AUCANT Y.**
Accident mortel, Source de Planey (Boulligny, Haute-Saône).
Information Commission Plongée, FFS, n°12, novembre 1976 pp.2-3.
- 21. – PREFECTURE DE LA MEURTHE ET MOSELLE.**
PSS, intervention en milieu souterrain.
Cabinet S.I.D.P.C., juillet 2004 – 33p.
- 22. – ZIPPER Eric.**
Dossier de présentation Spéléo Secours Français.
SSF de la FFS, 2004.-8p.
- 23. – MARCHAL Cyril, VASSEUR FRANK.**
Plonger sous terre : le milieu souterrain.
<http://www.plongeesout.com/>
- 24. – BESSAC J-F, DUSSEIN P.**
Physiologie, diététique et secourisme en spéléologie.
Lumière noire, bulletin spéléologique d'Île de France, 1985.- 28p.
- 25. – STEFANATO Jean-Pierre.**
Accidents mortel à la Fontaine de Lussac, Source de la Trouve (Charente).
Info-Plongée, Feuille de liaison Com Plongée souterraine, FFS, n°39, Déc83, p13.
- 26. – BLANCHARD J-M.**
Épuisement et hypothermie.
Spelunca, 1983, 9, pp.40-41.
- 27. – BOUVARD Marc.**
Syndrome de compression en pratique spéléologique.
10^{ème} Réunion Nationale CoMED de la FFS, Chalain 1990.- pp.43-57.
- 28. – REDOUTEY Sylvain.**
La compression rapide et ses effets néfastes.
<http://www.plongeesout.com/>
- 29. – BRUNET-GUEDJ E, MOYEN B, GENETY J.**
Médecine du sport. - 6^{ème} ed.
Paris : Edition Masson, Collection Abrégés de médecine, 2000.- 422p.
- 30. – WATTEL Francis, MATHIEU Daniel.**
Traité de médecine hyperbare
Paris : Ellipses édition marketing S.A., 2002.- pp 160-193.
- 31. – MALLARD M.**
Technique de dégagement d'urgence d'un blessé au sol par un équipier.
Feuille de liaison CoMED de la FFS, Juin 1992, 22, pp.4-5.

- 32. – BARIOD J.**
Principes Généraux de la médicalisation.
Feuille de liaison CoMED de la FFS, décembre 1989, 18, pp.5-8.
- 33. – BARIOD J.**
Concept de para-médicalisation.
10^{ème} Réunion Nationale CoMED de la FFS, Chalain 1990.- pp.48-51.
- 34. – CHAMBAT Pierre.**
Ruptures ligamentaires.
La revue du praticien, 1998, 48, pp.1767-1771.
- 35. – COSTE T.**
Anesthésie générale de courte durée utilisable au cours de secours spéléo.
8^{ème} Réunion Nationale CoMED de la FFS, Pierre St Martin 1985.- 5P.
- 36. – COURT Charles, STROMBONI Marc, NORDIN Jean-Yves.**
Fractures du genou de l'adulte.
La revue du praticien, 1998, 48, pp.1787-1792.
- 37. – COUZINEAU Benoît.**
Les hypothermies sur le terrain.
Urgence Pratique, 2001, 44, pp. 53-55.
- 38. – JACQUEMIN PAUL.**
Incidents de la Maouro.
Info-Plongée, Feuille de liaison Com Plongée souterraine, FFS, n°36, Déc82, 2p.
- 39. – GAUTHIER Alain.**
Accidents a la Source du Moulin de Cru (25).
Info-Plongée, Feuille de liaison Com Plongée souterraine, FFS, n°35, Sept82, 3p.
- 40. – COMMISSION PLONGÉE FFS.**
Accident des Sources de la Loue – 30 Août 1981.
Info-Plongée, Feuille de liaison Com Plongée souterraine, FFS, n°32, Oct81 p5.
- 41. – DECORPS Gérard, KNOERTZER Jean-Sébastien.**
Eaux-vives : Cahier technique.
Ecole Nationale de Ski et d'Alpinisme : Département alpinisme, août 1997.- 29p.
- 42. – DELMAS P.**
L'aptitude à l'effort en spéléologie.
Spelunca, 1985, 19, pp.33-34.
- 43. – BLATTEAU J-E., PONTIER J-M., JEAN F., BLANCHE E., BOMPAR J-M., ETIENNE J-L.**
Accidents de plongée : Le point sur la recompression thérapeutique par immersion.
Urgence Pratique, 2007, 85, pp. 31-33.
- 44. – DIEZ Francis, GALICHON Bertrand, DESLANDES Jean-Claude.**
Douleur aiguë en médecine ambulatoire.
Urgence Pratique, 2001, 46, pp. 45-49.
- 45. – MICHEL Jacques, ROY Hervé.**
La civière de plongée souterraine du S.S.F.
Feuille de liaison n°32, CoMed de la FFS, 2001.- pp 9-11.
- 46. – DURAND R.**
Accidents et intervention dans les conduits noyés.
Info-Plongée, Feuille de liaison Com Plongée souterraine, FFS, n°14, Avril 77 p15-16.
- 47. – COMED FFS.**
Accident mortel de plongée en siphon.
Feuille de liaison CoMED, FFS, n°5, novembre 1981 p2.

- 48. – BARIOD J, BALLEREAU A.**
Accident mortel à la résurgence du Pont-la-Grotte (Haute Marne).
Feuille de liaison CoMED, FFS, n°4, mai 1981 p2.
- 49. – ANDRES D.**
Accident mortel, Source de Saint-Sauveur (46-Calès, Lot).
Info-Plongée, Feuille de liaison Com Plongée souterraine, FFS, n°20, Nov78 p5.
- 50. – FRACHON J.C.**
Accident mortel, Résurgence du groin (Champagne-en-Valromey).
Information Commission Plongée, FFS, n°12, novembre 1976 p3.
- 51. – FRACHON J.C.**
Rapport d'accident, Goule de Tourne (Bourg-St-Andéol, Ardèche).
Information Commission Plongée, FFS, n°5, septembre 1975 p1.
- 52. – ROCOURT F, BARTHE J, RHEM D, TARABULA P, BRIOT E, GIRARDET P.**
Secours : Traumatismes des membres.
Spelunca, 1997, 85, pp.39-42.
- 53. – ESTAVOYER Jean-Marie, TRAN Tu-Anh, HOEN Bruno.**
Leptospiroses.
La revue du praticien, 2001, 51, pp.2086-2090.
- 54. – AUDRA P.**
Inventaires préliminaires des cavernes de l'île de la Réunion.
Spelunca, 1995, 66, pp.23-26
- 55. – FAUST Pascal.**
Les accidents et incidents en spéléologie.- 83p.
Th : Med : Nancy : 1983.
- 56. – FRACHON J.C.**
Aperçu historique sur la plongée souterraine française.
<http://www.plongeesout.com/>
- 57. – FAUVEAU L.**
Eboulement accidentel dans une galerie souterraine. Problèmes posés en pratique
quotidienne par le dégagement de victimes ensevelies.
Urgences, 1991, 10, pp.266-272.
- 58. – FORNARIS E, DUFLOT J-C, COMMANDRÉ F, VANUXEM P.**
Le froid dans les sports aquatiques.
Méd et Hyg, 1993, 51, pp. 1897-1901.
- 59. – DUROC R.**
Exercice secours au gouffre des Encaneaux (Bouche du Rhône).
Feuille de liaison n°32, CoMed de la FFS, 2001.- pp 4-5.
- 60. – GIAI-CHECA Bernard.**
De la redondance des recycleurs en plongée spéléologique.
Spelunca, 1995, pp. 1-7.
- 61. – THOMAS Christian.**
Equilibre thermique du plongeur.
Rencontre internationale des sauveteurs en plongée souterraine.
CREPS de Dijon, 16-17 novembre 1991.- pp.55-57.
- 62. – FRACHON J.C.**
Quelques notions sur le matériel utilisable pour la plongée en siphon.
Information Commission Plongée, FFS, n°3, Avril 1975 pp.1-5.
- 63. – FRACHON J.C.**
Quelques notions sur le matériel utilisable pour la plongée en siphon.
Information Commission Plongée, FFS, n°4, Juin 1975 pp. 2-3.

- 64. – GIRARDET P, ANGLADE D, DURAND M, ROCOURT F, LEGSSAIR H.**
Hypothermie accidentelle en zone tempérée.
Urgence Pratique, 2001, 44, pp. 17-18.
- 65. – GIRY P.**
Thermorégulation chez le plongeur.
EASSM-CERB, Toulon-Naval.- 21p.
- 66. – GRAHN Dennis.**
Homéostasie thermique chez les mammifères.
Urgence Pratique, 2001, 44, pp. 7-11.
- 67. – PYLE Richard.**
Qu'est ce qu'un recycleur ?
<http://www.plongeesout.com/>
- 68. – FRACHON J.C.**
Quelques notions sur le matériel utilisable pour la plongée en siphon.
Information Commission Plongée, FFS, n°5, Sept 1975 pp. 5-6.
- 69. – GUILLAUME France.**
Modifications biologiques à l'effort en spéléologie.- 2^{ème} ed.
Dossier instruction, Ecole Française de Spéléologie, 1995.- 8p.
- 70. – GUILLAUME F.**
Problèmes posés par la formation et l'entraînement du personnel médical et paramédical.
Réunion Nationale CoMED de la FFS, Biviers 1979.- pp.87-89
- 71. – MARCHAL C, VASSEUR F, CHAUVEZ H, GRAMMONT D.**
Gestion des gaz.
<http://www.plongeesout.com/>
- 72 – MARCHAL Cyril, VASSEUR Franck.**
Les logiques élémentaires de sécurité en plongée souterraine.
<http://www.plongeesout.com/>
- 73. – HERRY Jean-Pierre, RICHALET Jean-Paul et Coll.**
Médecine de l'alpinisme.- 2^{ème} ed.
Paris : Editions Masson, 1999.- 290p.
- 74. – COMMISSION NATIONALE DE PLONGÉE SOUTERRAINE DE LA FFESSM.**
Les plongées complexes : Recommandations.
<http://www.plongeesout.com/>
- 75. – JAQUENOD Monika, INDEMINI Anne.**
Analgésie en médecine d'urgence.
Urgence Pratique, 1998, 26, pp. 7-10.
- 76. – BROUSSOLLE B., MELIET J-L., COULANGE M.**
Physiologie et médecine de la plongée
Paris : Ellipses édition marketing S.A., 2006.- 880p.
- 77. – LARENG, BATUT, HEIB, PINTA.**
Conduite à tenir en cas d'accident en milieu souterrain.
Réunion Nationale CoMED de la FFS, Arbas 1979.- pp.23-28.
- 78. – LALOY Gilles.**
Accidents Résurgence de Fourbanne et Accidents des Cents-Fonds.
Info-Plongée, Feuille de liaison Com Plongée Sout., FFS, n°40, Avr84, pp 16-17.
- 79. – BRUNET Philippe.**
Risques et autonomie en plongée souterraine.
<http://www.plongeesout.com/>

- 80. – LE CONTE Philippe, BARON Denis.**
Hypothermie accidentelle.
La revue du praticien, 1998, 48, pp.343-345.
- 81. – MARCHAL Cyril, VASSEUR Franck.**
Conditionnement et usage du fil d'ariane.
<http://www.plongeesout.com/>
- 82. – ROY Hervé.**
Secours post siphon et civière de plongée souterraine.
Mémoire DIU de médecine subaquatique et hyperbare : Med : Besançon : 2001.
- 83. – LONGEAUX Nicolas.**
La médicalisation des secours en spéléologie. Interactions entre prise en charge médicale et prise en charge secouriste. A propos de trois interventions.
Mémoire DIUMUM, Toulouse, Bobigny, Grenoble : 2004.- 26p.
- 84. – LEONE Marc, CHERIF Skander, MARTIN Claude.**
La noyade : prise en charge préhospitalière.
Urgence Pratique, 2001, 51, pp. 19-21.
- 85. – MALLARD Michel.**
Les vaccinations du plongeur spéléo.
Rencontre internationale des sauveteurs en plongée souterraine.
CREPS de Dijon, 16-17 novembre 1991.- pp.50-51.
- 86. – MANTZ J, LASOCKI S, FIEROBE L.**
Hypothermie accidentelle.
Société Française d'Anesthésie et de Réanimation chirurgicale, 1997.- 13p.
- 87. – MICHEL J, ROY H.**
Civière de plongée souterraine.
La revue des SAMU, 1999, 140, pp.64-66.
- 88. – MARTINEZ D.**
Etude statistique des causes d'intervention en spéléologie.
Spelunca, 1987, 28, pp.40-46.
- 89. – OSTERMANN Jean-Michel.**
Les atmosphères confinées karstiques et autres gaz des cavernes.
Th : Med : Limoge : 1990.
- 90. – SSF.**
Spéléo Secours Français, communiqué officiel.
<http://www.ssf.ffspeleo.fr>
- 91. – OSTERMANN Jean-Michel.**
Certificat médical pour la pratique de la spéléologie.
Feuille de liaison n°33, CoMED de la FFS, 2001, pp 16-18.
- 92. – OSTERMANN Jean-Michel.**
Le syndrome d'écrasement en spéléologie.
Actes Symp. Int. Spéléologie et sécurité, Spelunca Mémoires n°18.
Carpentras 1990, Ed. FFS.- pp.57-58.
- 93. – OYHANCABAL Albert.**
Rôle du médecin dans les secours spéléo.
Publication Nationale CoMED de la FFS, Biviers 1979.- pp.6-9.
- 94. – PEPIN B.**
Les luxations de l'épaule en milieu spéléologique.
J.Traumatol.Sport, 1984, 1, pp.111-113.

- 95. – OSTERMANN Jean-Michel.**
Les accidents spéléologiques dûs aux gaz en France
http://comed.ffspeleo.fr/docs_comed/documents/Intox_Gaz_Carpentras.pdf
- 96. – PUIDUPIN Alain, ERNOUF Cédric, SOUBIROU Jean-Luc.**
Traumatologie en situation d'exception et risque infectieux.
Urgence Pratique, 1999, 37, pp. 5-8.
- 97 – OSTERMANN Jean-Michel.**
Les accidents dûs aux gaz atmosphériques chez les plongeurs spéléologiques.
U.I.S., Cave Diving Magazine, Vol. 2, pp. 30-33.
- 98. – QUESTEL Roland.**
Entorse du genou : atteinte du ligament croisé.
Urgence Pratique, 2001, 46, pp. 61-62.
- 99. – STEFANATO J-P.**
Fond de trou – post siphon.
<http://www.plongeesout.com/>
- 100. – VAUCHER Emmanuel.**
Les accidents de plongée souterraine des débuts à nos jours.
Mémoire DIU de médecine subaquatique et hyperbare : Med : Marseille : 2002.
- 101. – PILLOT J.D.**
Les accidents mortels de plongée souterraine survenus en France de 1950 et 1990.
Th : Med : Toulouse 3 : 1991.
- 102. – REY Sophie.**
La médicalisation des secours en spéléologie.- 126p.
Th : Med : Grenoble : 2000.
- 103. – DUROC R.**
Congrès International de Plongée Souterraine, Dijon, Pâques 2000.
Feuille de liaison n°31, CoMED de la FFS, 2000.- p3.
- 104. – ROY Nicolas.**
Les accidents mortels de plongée souterraine en France de 1990 et 2000.
Th : Med : Dijon: 2001.
- 105. – VIRENQUE Ch.**
Le bloc du nerf crural pour fracture de la cuisse.
Feuille de liaison CoMED, FFS, n°9, mars 1984, p3.
- 106. – ROCOURT France, RHEM D., GIRARDET Pierre.**
Prise en charge d'une hypothermie grave en haute montagne.
Urgence Pratique, 2001, 44, pp. 57-59.
- 107. – VANDERLINDEN Michel.**
Les techniques de sauvetage.
S.C.S Info n°9, pp.17-20.
- 108. – VASSEUR Frank.**
Accidents et incidents de plongée souterraine en France.
<http://www.plongeesout.com/>
- 109. – ROUÉ René, RAPP Christophe.**
Prévention du tétanos.
La revue du praticien, 2002, 52, pp.877-880.
- 110. – ROY H., MICHEL J.**
Civière de plongée souterraine.
La revue des SAMU, 1999, 140, pp.64-66.

- 111. – SAVOUREY G, LAUNEY J-C, SENDOWSKI I, BESNARD Y.**
Physiologie et froid.
Urgence Pratique, 2001, 44, pp. 13-15.
- 112. – TEBOUL J-L.**
Que faire devant une hypothermie de l'adulte ?
Gazette médicale, 1987, 94, 9, pp.67-73.
- 113. – STEFANATO J-P.**
L'utilisation des scooters en plongée souterraine.
Stage Durzon, Avril 2005.- 39p.
- 114. – LACAILLE P.J.**
Evaluation de l'aptitude médicale en plongée souterraine en France.
Th : Med : Dijon.
- 115. – <http://www.ffspeleo.fr>**
- 116. – <http://souterraine.ffessm.fr>**
- 117. – http://comed.ffspeleo.fr/docs_comed/certificats/Referentiel_Visite_plongee.pdf**
- 118. – <http://www.plongeesout.com/>**

GLOSSAIRE DES ABRÉVIATIONS.

ADD : Accident De Décompression.
ACR : Arrêt Cardio-Respiratoire.
CH₄ : Méthane.
CO : Monoxyde de carbone.
CO₂ : Dioxyde de carbone.
CoMED : Commission médicale.
CTA : Centre de Traitement de l'Alerte.
ECG : Electrocardiogramme
EFR : Exploration Fonctionnelle Respiratoire.
EVA : Echelle Visuelle Analogique.
FFESSM : Fédération Française d'Etudes et de Sports Sous Marins.
FFS : Fédération Française de Spéléologie.
GRIMP : Groupe de Recherche et d'Intervention en Milieu Périlleux.
H₂S : Sulfure d'Hydrogène.
LCA : Ligament Croisé Antérieur.
LCP : Ligament Croisé Postérieur.
LLI : Ligament Latéral Interne.
MCE : Massage Cardiaque Externe.
MDD : Maladie de décompression.
N₂ : Azote.
O₂ : Oxygène.
OAP : Oedème Aigue du Poumon.
PCO : Poste de Commandement Opérationnel.
PGHM : Peloton de Gendarmerie de Haute Montagne.
PLS : Position Latéral de sécurité.
Pp : Pression partielle.
PSS : Plan de Secours Spécialisé.
OHB : Oxygénothérapie HyperBare.
RTI : Recompression Thérapeutique par Immersion.
SAMU : Service d'Aide Médicale Urgente.
SMUR : Service Médical d'Urgence et de Réanimation.
SNC : Système Nerveux Central.
SNHP : Syndrome Nerveux des Hautes Pressions.
SO₂ : Dioxyde de Soufre.
SSF : Secours Spéléo Français.
VVP : Voie Veineuse Périphérique.

ET SUR L'ILE DE LA RÉUNION (54).

Le milieu basaltique est riche en cavités d'origine diverses. Les plus fréquentes sont les tubes de lave : lors de l'écoulement du basalte fluide, la surface de la coulée, au contact de l'air, refroidit rapidement et se consolide, alors que l'intérieur reste chaude et fluide. L'écoulement se poursuit ainsi sous la surface.

A la fin de l'éruption, le tube se vidange. Il devient accessible, après refroidissement, par le biais de regards correspondant à des effondrements du plafond, lorsque celui-ci était trop mince. Le tube se calque sur l'itinéraire de la coulée, et peut atteindre de grands développements s'il n'est pas interrompu par des éboulements.

Par ailleurs, lors de la formation des coulées, des bulles de gaz peuvent créer des dômes de quelques mètres de diamètre. Dans d'autres circonstances, l'érosion peut débayer des zones plus tendres, créant des baumes, que l'on retrouve au pied des barres, les longs des torrents ou en bord de mer.

Le Trou d'Eau.

130,58 – 53,05 – 6 (entrée inf.) ; Saint-Paul. Dév. : 350 m ; Prof. : 45 m (-33 / +12).

Accès: Au sud de la Saline-les Bains, la N1 passe au-dessus de la cavité qui possède deux entrées. La plus évidente est située à droite de la route, près du parking de la plage du Trou d'Eau. La deuxième est à gauche de la route, en remontant dans le champs, on arrive à un entonnoir qui accède au trou.

Description : L'entrée supérieure (P7), débouche au plafond d'une galerie descendante, qui conduit à un lac, de l'autre côté duquel se situe la deuxième entrée. Au-delà, la galerie s'enfonce sous le lagon, entièrement noyée.

Vers -10 m, on arrive dans une petite salle, puis le tube descend toujours. Vers -20 m, l'eau se trouble. En effet, alors que le début du siphon est rempli d'eau douce, la suite se fait dans de l'eau de mer. Après un petit puit de 5 m, la galerie continue à descendre jusqu'au terminus, formé par une chatière encombrée de blocs à 33 m de profondeur.

