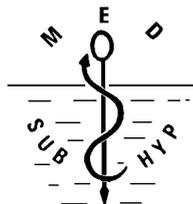


ISSN 1248 - 2846

**BULLETIN de
MEDECINE
SUBAQUATIQUE
et HYPERBARE**

2013. Tome 23. Supplément.

**Société de physiologie et de médecine subaquatiques
et hyperbares de langue française**



REVUE SEMESTRIELLE

Date de publication : avril 2013

SOCIETE DE PHYSIOLOGIE ET DE MEDECINE
SUBAQUATIQUES ET HYPERBARES
DE LANGUE FRANCAISE

Déclarée le 24 Décembre 1968

J.O. du 11 Janvier 1969

PRESIDENTS HONORAIRES

Pr. J.DOR (1969-1972)

Pr. A. APPAIX (1972-1976)

Dr. R. RISPE (1976-1979)

Dr. B. BROUSSOLLE (1979-1982)

Pr. J. CORRIOL (1982-1985)

Pr. Ph. OHRESSER (1985-1988)

Dr. Ph. CAVENEL (1988-1991)

Dr. J.C. ROSTAIN (1991-1994)

Pr. F. WATTEL (1994-1997)

Pr J.M. SAINTY (1997-2000)

Dr J.L. MELIET (2000-2003)

BUREAU DE LA SOCIETE EN 2012

Président: MATHIEU, D.

Vice Présidents : BARTHELEMY, A.

GENESTAL, M.

Secrétaire général : DELAFOSSE, B.

Secrétaire adjoint : COULANGE, M.

Trésorier : LOUGE, P.

Trésorier adjoint : HUGON, M.

Administrateurs : BARTHET, M.C.

BERGMANN, E.

BLATTEAU, E.

GRANDJEAN, B.

PONTIER J.M.

REGNARD, J.

RISSE, J.J.

SOUDAY, V.

.CONSEIL SCIENTIFIQUE

Coordinateur : MELIET, J.L.

Conseillers : BARTHELEMY, A.

CONSTANTIN, P.

PONTIER, J.M.

SIMON, O.

BLATTEAU, J.E.

COULANGE, M.

ROSTAIN, J.C.

WENDLING, J

Secrétariat: Dr. B. Delafosse, Hôpital Edouard Herriot, 69437 Lyon cedex 03

BULLETIN de MEDECINE SUBAQUATIQUE et HYPERBARE
2013. Tome 23, Supplément.

Dépôt légal : 6 février 2013

ISSN 1248 - 2846

Responsable de la rédaction
B. Delafosse,

Directeur de la publication
J.C. Rostain

Imprimeur
Pronto Offset, 22 Chem. St Jean du Desert, 13005 Marseille

Editeur
Société de physiologie et de médecine subaquatiques et hyperbares
de langue française
Centre Hyperbare, CHU de Sainte Marguerite
270 Bd de Ste Marguerite
13274 Marseille cedex 09

Date de publication avril 2013

**SOCIÉTÉ DE
PHYSIOLOGIE ET DE MÉDECINE
SUBAQUATIQUES ET HYPERBARES
DE LANGUE FRANÇAISE**

Réunion de printemps 2013

6 Avril 2013 à Lille

***Faculté de Médecine de Lille,
Pôle Formation
Amphithéâtre Multimédia***

Matin : Médecine de plongée

Aspects médicaux de l'aptitude professionnelle au travail
en atmosphère hyperbare, humide ou sèche.

Modérateurs : D Mathieu – JL Méliet

- 9 h – 9h30 : Rôle de l'examen médical initial d'aptitude et de la surveillance médicale ultérieures dans la sécurité des travailleurs
Pr P. Frimat (Lille)
- 9h30 – 10 h : Aptitude médicale à la plongée militaire.
M Hugon (Toulon)
- 10 h – 10h30 : Aptitude au travail des moniteurs de plongée
B Grandjean (Ajaccio)
- 10h30 – 11 h : Aptitude médicale au travail des tubistes
JP Baud (ABS BTP Villeurbanne)
- 11 h – 11h30 : Aptitude médicale à la plongée des Sapeurs-Pompiers
M Coulange (Marseille)
- 11h30 – 12 h : Aptitude médicale au travail des hyperbaristes médicaux
A Henckes (Brest)
- 12 h – 12h30 : Table Ronde

Après-midi : Médecine hyperbare

Les embolies gazeuses

14 h-14h30	Epidémiologie A Desplantes (Marseille)
14h30 – 15 h	Diagnostic E Parmentier (Lille)
15 h – 15h30	Prise en charge B Delafosse (Lyon)
15h30 – 16 h	Les accidents emboliques des plongeurs bouteille P Germonpre (Bruxelles)
16 h-16h30	Les accidents emboliques des plongeurs apnéistes P Louge (Toulon)
16h30 – 17 h	Communications libres sur le thème par différents centres hyperbares
17h – 17h30	Communications libres (hors thèmes)
17h – 17h10	Qualité des atmosphères hyperbares JC Le Péchon (Paris)
17h10 – 17h20	Oxygénothérapie hyperbare chez un patient porteur d'une prothèse phonatoire. Aspect pratique D Jacobs, M ElKaissi, E Bourmanne, M Vranckx, C Hautain, M Caldow, G Locantore (Charleroi)
17h20 - 17h30	Prévenir et traiter les accidents de décompression en situation précaire : intérêt de formations adaptées à des communautés isolées de plongeurs pêcheurs au Vietnam. JE Blatteau, JM. Pontier, Van Mui Nguyen, Van Than Nguyen, P Cavenel, Jean Ruffez (Toulon/paris/Hanoi, Hai phong))

QUALITE DES ATMOSPHERES HYPERBARES

J.-CL. LE PÉCHON. JCLP Hyperbarie, 94, rue de Buzenval – 75020 Paris (France)

ABSTRACT

Pressurized atmospheres quality. JC Le Péchon. *Bull Medsubhyp* 2013, 23 (supp): 05 – 14. The parameters that define gas composition required to breathe at high pressures have been known for long and they have been one of the major topics in early research on deep diving. After the partial pressures of the main constituents (oxygen, nitrogen, helium, eventually hydrogen, carbon dioxide and water vapor) have been framed, it remained to evaluate the contaminants. In commercial applications many cases of potential pollution have been met that received mitigation procedures to work or dive safely. The purpose of this paper is to offer a view on volatile organic compounds and dust during pressure exposures. It concerns breathing gases or ambient atmospheres in compressed air work or in saturation habitats. The principles of the Threshold Limit Values and the main sources of data are reviewed. Their applicability to pressurized environment is addressed. The specific requirements for controls, analysis, scrubbing procedures and decontamination are described. Several examples from literature or directly from field experience are explained as illustrations.

Key words: Commercial Diving, Regulation, Compressed air work, Safety, VOC, pollutants, dust, atmosphere.

INTRODUCTION

Les recherches sur les procédures de plongées profondes se sont consacrées pendant plusieurs décennies à la définition des compositions optimales des mélanges respiratoires nécessaires selon la profondeur ou la pression à atteindre et la durée du séjour escompté. Le choix des gaz à respirer pendant les phases de la décompression ont aussi abouti à diverses solutions selon le type d'intervention, la durée des décompressions et les conditions environnementales de ces décompressions. Cependant toutes ces procédures reposent sur les pressions partielles de chacun des constituants principaux du gaz respiré à un moment ou à un autre et qui conditionnent finalement « l'effet physiologique » d'un gaz donné pour une durée d'exposition donnée. Les gaz concernés, qui constituent presque la totalité des mélanges, sont évidemment l'oxygène, l'azote, l'hélium, le gaz carbonique, la vapeur d'eau et éventuellement l'hydrogène. L'argon, sauf dans des cas très spéciaux de soudure hyperbare (Imbert et coll. 1989) est toujours considéré comme un gaz inerte et confondu avec l'azote pour les expositions à l'air comprimé (environ 1 % d'argon dans l'air naturel). Or il existe un grand nombre d'autres gaz présents à l'état de traces, soit d'origine naturelle soit produits par l'homme ou ses équipements de travail. Ils peuvent constituer des polluants délétères et doivent être pris en compte dans la définition de la qualité des gaz respirés sous pression, que ce soit directement en

circuit ouvert ou dans une atmosphère hyperbare de vie ou de travail. Outre les gaz, la question des poussières doit aussi être posée dans des termes voisins lorsque les travaux en cause impliquent la production de poussières (soudure, découpage arc-air, béton projeté... voire extincteur à poudre !).

La question de l'air médical ou non pour les chambres hyperbares et les patients de l'OHB a déjà été traitée et ne sera pas étudiée ici spécifiquement. (Ducassé 1993, Le Péchon 1996).

LES VALEURS LIMITES D'EXPOSITION

Sur le fondement des directives Européennes, une liste de valeurs maximum admissibles de composés organiques volatiles sur les lieux de travail a été établie (Code trav. Art 4412-149.). Pour les définitions et les valeurs limites se reporter au document INRS (Courtois et Cadou, 2012). En dehors de l'Europe, d'autres listes ont été adoptées, par l'USNavy pour les sous-marins nucléaires (90 jours), transposées en « *surface equivalent* » pour les habitats de saturation (USN Diving Manual 1999) et aussi pour les séjours en confinement dans les engins spatiaux habités (Soulez-Larivière-Le Péchon 1991, ESA 1992, SINTEF 1989). Nous disposons ainsi de multiples éléments de toxicologie pratique, voire réglementaire, qui vont servir de base à l'application hyperbare. Les objectifs de ces

valeurs ne sont pas équivalents et la question peut se poser du choix de la valeur à prendre en compte pour une application hyperbare donnée. Toutes ces valeurs ont été établies par des études ou recherches menées à pression atmosphérique ordinaire et en environnement d'air ($PO_2 = 0,210$ bar). La première étape est de déterminer comment les transcrire pour une application hyperbare (le problème s'est aussi posé pour les situations hypobares de cabine d'avion par exemple (Winder et al. 2000).

Il y a un principe simple s'appuyant sur la Loi de Dalton : c'est la pression partielle alvéolaire qui conditionne les effets délétères potentiels (au moins pour les polluants les plus courants peu absorbés par voie transcutanée). D'une façon générale cette pression partielle sera considérée comme égale à la pression partielle ambiante, en négligeant la vapeur d'eau alvéolaire...

Quelque soit la source, les valeurs limites d'expositions sont présentées avec au moins trois paramètres : Une durée d'exposition, une valeur en ppm (partie par million) et une valeur en ng/m^3 , mg/m^3 ou g/m^3 selon le niveau de contaminant concerné. Des indications sur le type des pathologies potentiellement induites accompagnent parfois ces valeurs (ESA 1992).

Les durées d'expositions :

En général il y a une valeur pour 15 minutes d'exposition, ce qui correspond au temps moyen supposé nécessaire pour qu'une personne ait le temps de se mettre à l'abri (masque, évacuation, ventilation...) : VLE : valeur limite d'exposition.

Une autre valeur, beaucoup plus faible correspond à la valeur maximale tolérable pour 8 heures par jour et 40 heures par semaine au même poste de travail : VME : Valeur moyenne d'exposition.

Certaines sources donnent des durées d'exposition continues (ESA, NASA, USN) pour des missions de 90 jours... SMAC Values – (SINTEF 1989)

En ce qui concerne l'aspect réglementaire, en Europe il y a 3 types de valeurs limites, les VLE, les

VME qui sont des recommandations et des Valeurs Limites d'Exposition Professionnelles (VLEP) dont le respect est obligatoire.

TRANSFORMER CES VALEURS EN PRESSIONS PARTIELLES LIMITEES ?

La procédure est particulièrement simple :

Valeurs limites en ppm

Il s'agit d'une Fraction ou d'une Concentration volumique de 10^{-6} pour 1 ppm, il suffit donc de considérer la pression partielle résultante à la pression atmosphérique standard :

Exemple pour le monoxyde carbone :

La VLE habituellement retenue est de 50 ppm ou 50×10^{-6} ; grandeur sans unité.

Sous une pression de 1 bar_(a) la pression partielle résultante est de :

$$PCO = 1 \times 50 \times 10^{-6} = 50 \times 10^{-6} \text{ bar} = 50 \mu\text{bar}$$

Cette pression partielle de 50 μbar est valable à n'importe quelle pression. C'est d'ailleurs celle qui a été retenue par le décret de 1990, reprise à l'identique en 2011. Décret 1990 et 2011). En Norvège la valeur réglementaire est de 20 μb pour une exposition de longue durée (Bolstad et Jakobsen 1989).

Donc quelle que soit la valeur limite choisie pour un polluant donné il suffit d'écrire μbar à la place de ppm et l'on dispose de la valeur limite à n'importe quelle pression.

Comment utiliser cette valeur ? Il y a deux cas de figure distincts : Soit on dispose d'un analyseur sensible aux pressions partielles et il est situé à la pression de respiration : Sa lecture est directe même s'il est écrit dessus ppm ! Soit l'analyseur est situé à l'extérieur de l'ambiance hyperbare et un échantillon de gaz lui est présenté, en continu ou non, alors la valeur en μbar doit être calculée en multipliant la lecture à pression atmosphérique en

ppm par la pression absolue de respiration. Parmi les analyseurs de première catégorie on trouve principalement les tubes colorés, les cellules électrochimiques et les analyseurs portables à absorption dans l'infrarouge. Ceux de la seconde catégorie sont tous les analyseurs situés à pression atmosphérique quelle que soit le principe de mesure. Pour ces derniers, lorsque la pression envisagée est élevée, il faut prévoir une très grande sensibilité car les valeurs déjà faibles de concentration à analyser dans la vie courante peuvent se trouver divisées par un facteur de 10 (90 m ou 10 bar_(a)) à 30 (290 m ou 30 bar_(a)). Dans notre exemple du monoxyde carbone, à 30 bar_(a) dans un caisson de saturation pour 290 m, la valeur limite à ne pas dépasser, lue dehors, est de 50 µbar/30 bar_(a) soit 1,67 ppm! Le monoxyde de carbone est une molécule dont la valeur limite est relativement forte, par exemple la VLEP 8 heures de l'hydrogène sulfuré est 10 fois plus faible : 5 µb !

Valeurs limites en mg/m³

Il s'agit d'une masse par m³ ce qui correspond à une pression partielle mais mesurée habituellement à la pression atmosphérique. On retrouve une nécessité de correction mais elle est différente : Si le volume est mesuré sous pression, la valeur en mg/m³ est inchangée. Si le volume est mesuré détendu à la pression atmosphérique (Nm³), il faut multiplier le résultat en mg/Nm³ par la pression absolue du lieu de respiration. Nm³ signifiant ici volume mesuré dans les conditions standard : (1 bar_(a) et, en principe, 0 °C, en général on ne fait pas de correction de température pour ce niveau d'évaluation).

CAS DES POUSSIÈRES EN HYPERBARIE

Il existe aussi des valeurs limites pour les poussières qui sont toutes exprimées en masse par m³ (ISO 1983).

Cependant les poussières n'ont pas toutes les mêmes critères de risques, en particulier elles sont

classées selon leur diamètre aérodynamique (ISO 1983, ESA 1992). En effet selon leur vitesse de chute dans l'air, elles peuvent disparaître spontanément de l'atmosphère, être normalement retenues au niveau des fosses nasales ou aller plus loin dans la trachée voire atteindre les alvéoles. Les dommages qui en résultent sont sensiblement différents indépendamment de leur nature chimique, allergogène ou physique qui sont les causes effectives de leur dangerosité.

Or en hyperbarie, la chute des poussières est très altérée par la densité du gaz de l'atmosphère ; avec deux conséquences principales :

1 – Les poussières voient leur vitesse de chute diminuer et elles ont une probabilité de rester en suspension beaucoup plus longtemps avant de s'éliminer par déposition donc le risque d'inhalation est accru.

2 – La classification de poussière trachéale ou alvéolaire sur le fondement du diamètre aérodynamique n'a plus de valeur prédictive quant à la destination finale des poussières et donc sur leur risque de toxicité.

Un bon exemple est celui de l'extincteur à poudre. Un essai quantifié réalisé dans un bâtiment réacteur de centrale nucléaire à 4,2 bars sous le contrôle de EDF avait montré que la distance de projection était considérablement diminuée, que la largeur du dépôt était beaucoup plus grande, que le temps de re-déposition était considérable et qu'enfin de la poussière s'était déposée à grande distance du tir de l'extincteur (ici la pression différentielle de propulsion était aussi réduite expliquant en partie la modification importante du jet émis). Conclusion il ne faut pas utiliser d'extincteur à poudre dans une enceinte sous pression même de grand volume.

Recommandation : Lorsque des travaux génèrent des poussières il est difficile de faire des mesures fiables notamment sur des échantillons prélevés car les poussières se déposent. Il convient donc de porter des masques respiratoires et d'organiser des

systèmes de ventilation susceptibles d'éliminer les poussières à la source. Si des mesures quantitatives sont réalisées les volumes doivent être évalués à la pression de respiration comme pour les VLE en mg/m^3 .

Dans l'espace cette question des poussières est beaucoup plus critique car tout objet abandonné dans l'atmosphère devient « respirable » puisqu'en l'absence de gravité les objets ne chutent plus, seule la vitesse de l'air de la ventilation dans l'ambiance permet de « récupérer » les objet-poussières respirables dans des filtres.

EXEMPLES CONCRETS

Mis à part les risques courants liés aux travaux en saturation sur des équipements pétroliers contaminés, un premier cas de risque de contamination chimique lors d'une plongée à saturation en 1977 a été rapporté en détails par Marroni, (Marroni et all. 1981).

Récupération de fûts en Italie

Les substances chimiques en cause proviennent d'une épave située à 95 m contenant 900 fûts métalliques dont beaucoup sont endommagés et qui contiennent des tétraméthyl et tétraéthyl de plomb, très volatiles, très solubles dans l'eau et très toxiques. L'opération a impliqué 35 plongeurs et 23 périodes de saturation et un total de 1235 heures de travail sur l'épave. Trois mesures de surveillance ont été mises en œuvre : Dosage du plomb organique en pression partielle dans les atmosphères de la tourelle et des caissons, dosage du plomb dans les urines des plongeurs, surveillance journalière du perçu par les plongeurs. Dans la tourelle tous devaient porter des masques respiratoires. Les rares cas de contamination observés dans les urines ont toujours pu être corrélés avec des absences du port du masque. Un système de ventilation de l'habitat vers la tourelle et de douche systématique a été institué avant l'accès à la zone vie, il n'y a jamais eu de contamination dans les caissons. Il a été observé un cas de diffusion de vapeurs toxiques au travers

de l'ombilical (gaz respiratoire contaminé) et par l'ombilical lors de son rangement dans la tourelle (atmosphère contaminée), avec pour résultat un taux trop légèrement accru de plomb dans les urines des plongeurs concernés.

Aucune complication de santé pour les plongeurs à l'issue de l'opération n'a été détectée.

Réparation d'un flexible de méthanol en saturation à 50 m

Un flexible contenant du méthanol a été endommagé à 50 m de profondeur, la réparation impliquait une intervention en saturation (Borgnetta 2012). Parmi les précautions prises : établir la tourelle à distance du site de travail, le méthanol, très soluble dans l'eau, pouvant contaminer toute la zone.

L'évaluation du risque a pris en compte la toxicité et les conditions d'inflammabilité du méthanol dans l'hypothèse où il pourrait contaminer l'atmosphère de la tourelle.

Le plongeur est équipé d'un habit sec du type de ceux utilisés pour plonger en milieu contaminé, de même pour le plongeur secours dans la tourelle qui porte lui aussi un masque respiratoire. Un dispositif d'aspersion est mis en route lors du retour du plongeur dans la tourelle afin de limiter l'évaporation de méthanol en rinçant l'habit et le matériel. Cet arrosage a aussi été considéré comme un moyen acceptable de lutte contre un éventuel incendie dans la tourelle, inflammation qui serait due au méthanol. Une mesure par tube colorimétrique du niveau d'alcools dans l'atmosphère permet de vérifier le niveau de contamination éventuel. La valeur limite d'exposition retenue ($10 \mu\text{bar}$) est celle de l'OSHA (USA) transposée en équivalent surface par l'USN (USN 2005), pour 90 jours d'exposition alors que la VLEP 8 heures, est de $200 \mu\text{bar}$ (Courtois et Cadou 2012). Le contrôle colorimétrique des alcools (sans doute en mg/m^3 mesuré à la pression de respiration) ne permet cependant pas de lier directement la lecture de ce tube à cette VLEP, mais pouvait constituer un bon indicateur qui s'est d'ailleurs toujours révélé négatif. Un contrôle du

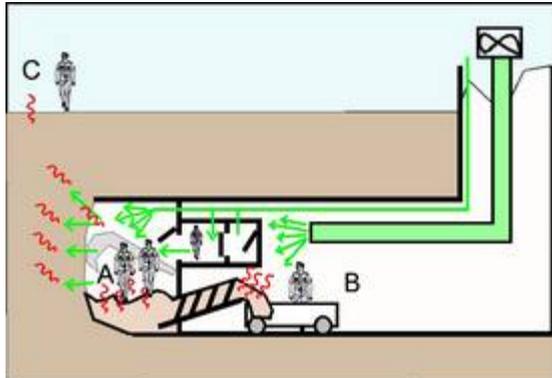
méthanol urinaire a été effectué chaque 12 heures sans qu'une contamination n'ait été notée, un antidote était prévu en cas d'intoxication significative. Un essai avec un vêtement en coton porté par le plongeur et abandonné dehors avant son entrée dans la tourelle a montré que ce vêtement était très contaminé et donc que le système d'arrosage était une sage précaution. Il n'y a pas eu de contamination significative des ambiances. Les interventions ont permis la réparation du flexible en 24 heures, donc sans doute à l'issue de 3 sorties tourelle au maximum.

Kérosène

Lors du creusement d'un tunnel d'égout à Aubervilliers (93), le trajet du tunnelier devait traverser un sous-sol fortement contaminé au kérosène par une industrie précédemment installée sur ce terrain (Le Péchon 2002). Un travail préliminaire de décontamination avait été conduit, mais les niveaux de kérosène dans le terrain traversé restaient significatifs (4 g/kg). Le tunnelier pouvait nécessiter des travaux d'entretien sous air comprimé (1,9 bar) pendant le passage dans la zone contaminée sur un avancement de 300 m. Une étude de faisabilité a été conduite pour déterminer les précautions à prendre aussi bien dans la galerie à pression atmosphérique que dans la zone hyperbare, notamment si du découpage arc-air ou de la soudure venaient à être nécessaires dans la zone pressurisée. Le risque toxique et le risque d'incendie ont été évalués, des règles de sécurité ont été mises en place et une formation spécifique a été donnée au personnel en galerie et aux hyperbaristes.

Risque toxique : Le kérosène est un mélange d'hydrocarbures non volatiles (C_9 à C_{16}). La tension de vapeur maximale de kérosène à 20°C (vapeur saturante) est de 1,33 hPa et la valeur limite moyenne d'exposition théorique calculée en pression partielle à partir de la valeur publiée par l'INRS : 1500 mg/m^3 est de 0,197 hPa.

Sur ces bases et du fait des pertes d'air comprimé dans le terrain et du débit de ventilation observé



juste avant d'arriver dans la zone contaminée il a été calculé que les vapeurs de kérosène ne pouvaient atteindre la valeur limite d'exposition dans la zone hyperbare (A sur le schéma). Par contre le terrain excavé, traversant la galerie dans des wagons après décompression, pouvait dégager un niveau de vapeur de kérosène proche, voire supérieur à la valeur limite d'exposition ci-dessus malgré le niveau standard de ventilation établi dans la galerie (B sur le schéma).

Moyens de prévention : un analyseur de kérosène échantillonnant en continu l'atmosphère de la galerie à proximité de la zone de décompression du terrain a servi d'indicateur de la présence de kérosène dans la zone en cours d'abattage et de contrôle de contamination de la galerie; le débit de ventilation de la galerie a été accru, des masques respiratoires auto-sauveteurs d'évacuation étant déjà prévus (risque général d'incendie en galerie) ils devraient être utilisés en cas d'alarme haute pour évacuer le tunnel avant évaluation globale de la situation. En cas de travaux hyperbares, le même analyseur permuté vers la chambre de travail permettait de contrôler la teneur en kérosène dans la chambre d'abattage, le chef de sas connaissait la concentration (en ppm) correspondant à la valeur limite en hPa pour la pression de 1,9 bar. Pendant une phase d'intervention hyperbare, il n'y a pas d'extraction de terrain et le risque en galerie ne se modifie pas.

Au cours de cette évaluation des risques il est apparu que l'air comprimé perdu dans le terrain, qui se charge de vapeur de kérosène, pouvait aussi

arriver en surface autour de la zone de passage du tunnelier et constituer un danger potentiel pour la population (C sur le schéma).

Mesure de prévention : affichage dans le quartier informant la population que toute odeur suspecte qui serait observée pendant le passage de la machine, en particulier dans les sous-sols des immeubles, devait être rapportée immédiatement à un numéro de téléphone spécifique. Une équipe de la caserne de pompiers locale a été spécialement préparée, avec les analyseurs adéquats pour effectuer des rondes et intervenir rapidement en cas d'alerte afin d'évaluer la situation et de prendre des mesures d'évacuation éventuelle en cas de danger grave.

Risque d'incendie : Les zones dites d'inflammabilité des hydrocarbures, contrairement à ce que l'on pourrait penser, restent les mêmes lorsque le kérosène (dans notre cas) est placé en mélange sous air comprimé, donc les valeurs en concentration peuvent servir d'indicateur sans correction (Cleuet et coll. 1994). Compte tenu des concentrations maximales possibles dans la chambre de travail il a été décidé que si des réparations impliquant des travaux par points chauds sous pression dans la chambre d'abattage s'avéraient nécessaires le risque d'incendie ne serait pas accru par rapport à celui déjà connu et lié à l'air comprimé lui-même. Donc que de tels travaux pourraient être entrepris avec les mesures habituelles (protection ignifugée complète de l'individu, aspiration des fumées au point de découpage ou soudage, mesure PCO, lance à incendie déployée...). Dans la galerie, la situation est similaire, la valeur limite respiratoire est beaucoup plus faible que celle du risque incendie.

Une formation particulière a été conduite pour les membres du personnel concerné, (hyperbariste ou non) pour leur présenter l'évaluation des risques, les conclusions de l'étude et expliquer les mesures de prévention décidées.

Résultats : Le kérosène a bien été détecté lors de la traversée de la zone, les valeurs limites dans la galerie n'ont jamais été atteintes, les habitants

n'ont rien remarqué et les patrouilles de surveillance non plus. La machine n'a pas eu besoin d'entretien en hyperbarie. Par contre à peine le tunnelier était-il sorti de cette zone que l'opérateur de creusement (situé à pression atmosphérique) a senti une odeur désagréable et a prévenu que sa gourmette en argent était devenue noire ! Il a été conclu immédiatement à la présence dans la galerie d'hydrogène sulfuré et conformément aux consignes « kérosène », le tunnel a été évacué selon la procédure prévue. Evacuation sans problème car le personnel était formé. Une ventilation accrue, le port de masque pendant une courte période de creusement ont permis de traverser sans dommage la zone à H₂S !

Soudage et découpage en tunnelier

Outre le risque d'incendie évoqué ci-dessus, lorsque des opérations de soudage (électrique uniquement) ou de découpage (arc-air uniquement) sont entreprises dans les chambres de travail en tunnelier, il convient de prendre des mesures de protection contre les gaz toxiques produits, en particulier le monoxyde de carbone (combustion d'acier et des enrobages de baguettes...), les fumées et les poussières (Le Pechon 2006, 2010).

Les principales mesures sont l'analyse en continu, par prélèvement auprès du poste de travail du soudeur ou du découpeur, de la teneur en monoxyde de carbone lue à l'extérieur au poste de chef de sas, la valeur limite étant la pression partielle de 50 µbar. Mise en place d'une ventilation orientée en prélevant les fumées et les gaz produits au plus près du point chaud et en rejetant ces gaz à l'extérieur dans une zone non habitée et ventilée de la galerie... Une ventilation du sas est établie depuis le circuit de compression vers la chambre de travail pour prévenir une contamination du sas. La porte de communication avec le sas, qui constitue ainsi un point de repli avec une atmosphère respirable en cas de problème, doit toujours rester ouverte... Si la valeur limite est malgré tout atteinte au poste de travail, ce qui est déjà arrivé à de multiples occasions : mise en place de masques respiratoires

(ignifugés) alimentés en air comprimé depuis l'extérieur...

Des précautions supplémentaires sont souvent nécessaires car la température ambiante s'élève rapidement du fait de la chaleur dégagée par ces opérations et des mesures spécifiques (boisson, pauses, ventilation supplémentaire...) viennent s'ajouter aux précédentes.

Monoxyde de carbone, toluène et xylène

La production humaine endogène de monoxyde de carbone n'est pas très élevée mais de l'ordre de 12 mg/j (Coburn et coll.1963) à 33 mg/j voire 50 mg/jour (ESA 1992). Cependant lorsque des périodes de confinements de longues durées sont conduites avec des équipes saturées conséquentes, le CO n'étant pas éliminé par les systèmes classiques de régénération et la question se pose de l'accumulation du CO au fil du temps (Bolstad et Jacobsen 1989). De plus lorsque des fumeurs sont inclus dans l'équipe, le CO contenu dans leur corps au début du confinement va progressivement être relâché dans l'atmosphère et « partagé » avec les autres occupants. Il faut aussi remarquer ici que les valeurs limites du CO ont été obtenues par des études pour lesquelles la valeur de PO₂ est au mieux égale à 0,21 bar, or nos atmosphères hyperbares sont toujours hyperoxiques.

Au long cours, l'anémie qui peut résulter de l'atmosphère légèrement hyperoxique accroît la destruction de l'hémoglobine et donc la production endogène de CO, mais par ailleurs la toxicité du CO est réduite par cette situation l'hyperoxique... ce qui n'implique pas d'accepter des valeurs limites plus élevées mais de savoir que le danger est moindre.

De même les produits utilisés pour peindre l'intérieur des chambres peuvent, au moins dans les premiers temps suivant leur mise en service, dégager des vapeurs de xylène et de toluène et d'éthylbenzène. Ces vapeurs sont classées cancérigènes et doivent être éliminées des atmosphères autant que faire se peut. De telles

contaminations ont été trouvées dans des systèmes de plongée en cours d'utilisation (Jakobsen 1987, Jakobsen et coll. 1991, 1992), cependant les valeurs de pressions partielles publiées n'atteignent pas les valeurs limites de 20 µbar pour 10 jours, valeurs SINTEF (Eide et coll. 1989). De plus il est indiqué par Jakobsen et coll., que dans un cas un oxydant à basse température était en place dans les systèmes de régénération (1991) et pas dans l'autre cas (1992).

Ces molécules organiques toxiques, (CO, xylène et dérivés du toluène notamment) peuvent être oxydées en CO₂ par des catalyseurs de type hopcalite, fonctionnant à moyenne température.

Hydrogène sulfuré et plongée à l'air

A bord des plateformes pétrolières ou gazières à bord desquelles sont extraits des produits contenant de l'hydrogène sulfuré, des détecteurs de ce gaz sont disposés aux points stratégiques pour déclencher une alarme en cas de fuite. La valeur de l'alarme est choisie pour une situation normobare. Lorsque des travaux subaquatiques sont entrepris en plongée à l'air comprimé, ce dernier étant produit à bord, il convient de disposer, au point d'aspiration du compresseur une alarme spéciale dont le seuil de déclenchement doit être divisé par 6 par rapport aux autres détecteurs (plongée à l'air à 50 m maximum) ou au moins par la valeur de la pression absolue correspondant à la plus grande profondeur du site.

LES POUSSIÈRES

Silicagel

Le Silicagel souvent utilisé pour contrôler l'humidité des atmosphères de saturation est une source importante de poussières atmosphériques, en particulier lorsqu'il est asséché à bord dans des fours car cela implique des manipulations des granulés et leur dégradation mécanique engendrant des poussières. Ainsi, lors d'expérimentations conduites au CEMA dans les années 70, des études

histologiques menées sur des singes autopsiés après des « plongées » à très grandes profondeurs nous avons observé au niveau des poumons des cristaux réfringents qui étaient certainement des grains de Silicagel. Cela malgré des précautions de filtration très sérieuses installées dans le circuit de régénération.

Recommandations : S'assurer de filtres performants et faire en sorte que le Silicagel puisse être séché sans avoir besoin d'être transvaser afin d'éviter les manipulations multiples des granulés. Utiliser du Silicagel neuf si le niveau de poussière observé dans les filtres devient conséquent. Ou choisir un système de condensation de l'humidité par le froid...

Béton projeté

Lors de la construction de tunnels avec air comprimé il est parfois nécessaire de constituer un revêtement solide sur les parois du terrain. La technique utilise le béton projeté propulsé par air comprimé... cette technique produit des aérosols et de la poussière en grande quantité (Kessel et all. 1989). Non seulement la protection des voies respiratoires doit être totale, mais le système de masques utilisés, alimenté depuis la pression atmosphérique, doit aussi garantir un refroidissement suffisant car l'ambiance est saturée de vapeur d'eau (pas d'évaporation qui pourrait rafraichir l'atmosphère) et la réaction chimique de solidification du béton qui est très exothermique contribue encore à accroître la température déjà élevée qui règne en général dans ces chantiers. Un chantier récent pour le métro de Hong Kong (3,5 bars) a dû faire face à des températures supérieures à 50 °C alors que l'air extérieur était déjà aux environs de 30 °C nécessitant donc d'être fortement refroidi et asséché avant de pouvoir servir à la ventilation de la chambre de travail et à la respiration des hyperbaristes. Les durées des interventions ont aussi été volontairement réduites et les tables de décompression aménagées. De plus les silicates contenus dans les bétons sont de puissants irritants cutanés, la protection individuelle choisie doit aussi prendre en compte cet aspect.

CONCLUSIONS

Comme les très divers exemples choisis ci-dessus ont essayé de le démontrer, lorsque des interventions humaines dans des atmosphères exotiques, potentiellement dangereuses, sont envisagées, l'évaluation des risques doit prendre en compte de façon exhaustive toutes les conséquences prévisibles des contaminations. Notamment bien entendu les sources et la nature des divers polluants, leurs dangers spécifiques, leur mode de contamination des personnes et les valeurs limites adaptées à la pression et aux durées d'exposition envisagées. Mais il faut aussi tenir compte des facteurs associés comme la température et l'humidité, la situation de micro-gravité pour l'espace ou des synergies lorsque plusieurs molécules pourraient être en cause, notamment avec celles constituant l'atmosphère de base.

Pour établir une politique de prévention, il faut rechercher en premier lieu comment limiter le niveau de contamination, à la source si possible, comment éviter la diffusion vers des zones de vie, se donner les moyens de contrôler l'efficacité des mesures de sécurité retenues et disposer des alarmes nécessaires. La protection des voies respiratoires, le nettoyage des vêtements et des personnes, les analyses des atmosphères, les mesures de contamination individuelle par exemple, font partie de l'arsenal à déployer. En outre il faut prévoir les moyens pour reconstituer des atmosphères acceptables en cas de défaillance des dispositifs nominaux. Stocks de gaz, catalyseurs adaptés, tamis moléculaires, filtres à poussière efficaces, zone non contaminables et prévoir aussi la conduite à tenir en cas de contamination accidentelle des personnes, antidote, médicament, et suivi à long terme si besoin.

Il s'agit souvent d'une tâche complexe qui nécessite la participation d'une équipe pluridisciplinaire où le médecin du travail, spécialiste de l'hyperbarie, a son rôle avec l'ingénieur de sécurité qui, fort de son expérience des chantiers et des moyens techniques impliqués,

pourra faire mettre en application les mesures décidées. Une action pédagogique auprès de chacun des acteurs impliqués est essentielle pour le bon déroulement des opérations.

Un retour d'expérience documenté constitue un moyen de conserver l'information sur l'ensemble de l'opération, succès, difficultés, échecs éventuels et remèdes apportés parfois en cours d'opération.

REFERENCES

- DECRET nE 90-277 du 28 Mars 1990, relatif à la protection des travailleurs intervenant en milieu hyperbare. J.O. Rep. Française du 29 Mars 1990, p. 3826-3830.
- DECRET n° 2011-45 du 11 Janvier 2011 relatif à la protection des travailleurs intervenant en milieu hyperbare J.O. Rep Française du 13 janvier 2011.
- ESA – ESTEC, (1992) Atmosphere quality standard in manned space vehicles (Rédaction Le Péchon J-Cl.), PSS-03-401 June 1992, Noordwijk, The Netherlands.
- I.S.O. (E), Air quality - Particle size fraction definitions for health-related sampling. Technical report ISO/TR 7708-1983, (E).
- USNavy Diving Manual, SS521-AG-PRO-010, revision 5, 2005, Chapter 15, p 23. USN, Aquapress UK
- Bolstad G, Jakobsen K. Carbon monoxide contamination of saturation diving chambers. *In* Proceedings of EUBS XVth annual meeting (Eilat). 1989, p 1-6.
- Borgnetta M. Etude d'évaluation et de prévention aux risques d'exposition au méthanol lors d'un chantier sous-marin à saturation. *Bull. Medsubhyp.* 2012, 22 (supp.) : 103-112.
- Cleuet A, Gros P, (mise à jour par Petit JM, 1994). Les mélanges explosifs, gaz, vapeurs, poussières, liquides, solides. INRS (eds) – ED 335. Paris. 1994, p 144.
- Coburn RF, Blakemore WS, Foster RE. Endogenous carbon monoxide production in man. *J. Clin. Invest.*, 1963 ; 42(7) : 1172-1178.
- Courtois B, Cadou S. Valeurs limites d'exposition professionnelle aux agents chimiques en France. INRS Aide mémoire technique n° 984. 2012, 32 p
- Ducassé JL, Quessada R. Favretto R. Quelle qualité d'air dans un caisson thérapeutique ? *Bull. Med. Subaquatique et Hyperbare.* 1993, 3 (1): 12-17.
- Eide I, Jakobsen K, Syversen T. Study of the maximum allowable concentrations of contaminants in Hermes cabin atmosphere, Report SINTEF 23 A 89002, 1989, Norway.
- Imbert JP, Fructux X, Gardette B, Gortan C. Carlioz M. Jason I. Evaluation of the effects of 2 bar of argon in Heliox saturation diving. *In* Proceedings of EUBS XVth annual meeting (Eilat) 1989, pp. 28-35.
- Jakobsen K. Volatile compounds probably released from paint at 46 bar helium oxygen atmosphere *In* : Bove AA, Bachrach AJ, Greenbaum LJr Underwater and hyperbaric physiology IX Bethesda,MD, Undersea and hyperbaric Medical Society, 1987, p 1155-1162.
- Jakobsen K, Hag R, Lindrup AG, Syversen T. Toluene and Xylene concentrations found in six different operational diving systems. *in* : Proceedings of EUBS XVIIth annual meeting 1991, p. 515-519.
- Jakobsen K, Hag R, Lindrup AG, Djurhuus R, Syversen T. Demonstration and quantification of organic contaminants in 6 operational diving systems. *in* : Proceedings of EUBS XVIIIth annual meeting 1992, p 62.
- Kessel R, Redl M, Mauermayer R, Praml G. Changes in lung function after working with the shotcrete lining method under compressed air conditions. *British Journal of Industrial Med.* 1989, 46: 128-132
- Le Péchon JC. Quels Airs pour les caissons ? *Bull. Med. Subaquatique et Hyperbare.* 1996, 6 : 27-31.
- Le Péchon JC. Compressed air work in a kerosene contaminated soil. *In* : Proceedings of the 2nd International conference on Engineering and Health in Compressed air work. Oxford British Tunnelling Society (eds). 2002, p 153-162.
- Le Péchon JC. Les travaux en atmosphère comprimée. *In* : Broussolle B, Méliet JL, Coulange M. (eds)

Le Pechon

Physiologie et médecine de la plongée. Ellipses, Paris. 2006, p 780-790.

Le Péchon JC. Working Under Pressure. In: Sebert P. (ed) Comparative High Pressure Biology, Science Publishers Enfield, USA. 2010, p 519-555.

Marroni A, Gething J, Zanini D. Management of health hazards associated with the salvage of toxic chemicals using a saturation diving technique. In: Bachrach AJ, Matzen MM, (eds). Underwater Physiology VII; UHMS 1981, p825-832.

Soulez-Larivière C, Le Péchon JC. ESA standardization process through the example of manned spacecrafts

atmospheres. In : Proceedings of the 4th European Symposium on Space Environmental Control Systems, Florence, 1991, p 129-131.

Winder C, Balouet JC. Aerotoxic syndrome: adverse health effects following exposure to jet oil mist during commercial flights. In: Eddington I, (ed), Towards a Safe and Civil Society. Proceedings of the International Congress on Occupational Health Conference. 2000, p. 196-199.

RÉSUMÉ

Qualité des atmosphères hyperbares. JC Le Péchon. Bull Medsubhyp 2013, 23 (supp): 05 – 14. La définition des mélanges respirables sous hautes pressions et pendant les phases de décompression a constitué le thème principal des recherches en plongée profonde. Après que les principaux constituants aient été précisés (oxygène, azote, gaz carbonique, hélium...) il restait à évaluer les contaminants. Lors des applications industrielles quelques cas de risque de pollution ont été rencontrés, ils ont reçu des réponses permettant le travail en sécurité. L'objectif de cette communication est de globaliser l'approche des composés organiques volatiles et des poussières dans les atmosphères hyperbares, aussi bien liées aux travaux subaquatiques en saturation qu'à des interventions hyperbares lors de creusement au tunnelier avec air comprimé. Les valeurs limites d'exposition sont définies, des sources de données sont présentées, leur applicabilité à l'hyperbarie est explicitée. Les méthodes de contrôle, d'analyses ainsi que des moyens d'épuration des atmosphères sont décrits. Plusieurs exemples de chantiers confrontés à de telles situations, soit extraits de la littérature ou provenant du retour d'expérience servent d'illustrations.

Mots Clés : Travaux subaquatiques, réglementation, sécurité, travaux en air comprimé, polluant, poussières, atmosphère.

hyperbar@club-internet.fr

PREVENIR ET TRAITER LES ACCIDENTS DE DECOMPRESSION EN SITUATION PRECAIRE : INTERET DE FORMATIONS ADAPTEES A DES COMMUNAUTES ISOLEES DE PLONGEURS PECHEURS AU VIETNAM.

J.E. BLATTEAU^{1, 5}, J-M. PONTIER^{4,5}, V. M. NGUYEN^{2, 5}, V. T. NGUYEN^{3,5}, P. CAVENEL⁵, J. RUFFEZ⁵. ¹Equipe Résidante de Recherche Subaquatique Opérationnelle (ERRSO) ; Institut de Recherches Biomédicales des Armées, BP20545, 83041 Toulon cedex 9. France. ²Hôpital Français d'Hanoï, n°1 Phuong Mai Street, Dong Da District, Hanoi, Vietnam. ³Service de médecine hyperbare de l'Institut National de Médecine Maritime (VINIMAM), 213 avenue Nguyen Van Linh - Hai Phong - Vietnam. ⁴Ecole de Plongée Marine nationale, St Mandrier, BCRM de Toulon B.P. 311, 83800 Toulon Cedex 9. ⁵Association Francophone d'Entraide et de Promotion des Sciences de la vie (AFEPS), section Paris, Ile de France, Maison des Associations du XIe - 8 rue du Général Renault 75011 Paris.

ABSTRACT

Prevention and treatment of decompression accidents : interest of an educational program and training dedicated to communities of fisherman divers in a precarious situation. JE Blatteau, JM Pontier, VM Nguyen, VT Nguyen, P Cavenel, J Ruffez. Bull ; Medsubhyp . 2013, 23 (Supp) : 15 – 28. Numerous fisherman divers in Vietnam are victims of diving accidents, mainly represented by decompression sickness (DCS) responsible for joint pain and severe neurological deficits.

The objective of this study was to evaluate the impact of an educational program to prevent and treat DCS using in-water recompression (IWR).

Two sites in central Vietnam have been selected: the village of Ninh Van and the island of Ly Son, including 250 and 1000 fisherman divers, respectively. 31 and 32 divers were trained over a period of three years from 2009. 15 and 41% of the fisherman divers were directly in contact with a subject formed at Ly Son and Ninh Van, respectively. The impact of training was evaluated by two surveys (2011-2012) on 51% of trained divers.

Since 2009, fisherman divers have changed the way they dive, limiting bottom time or reducing the number of deep dives to 50-60 meters. They also took into account the risk of accidents associated with their diving technique using surface-supplied compressed air.

Cases of fatal accidents and severe DCS with neurological sequelae were significantly reduced, with annual rates divided by 4. 24 IWR were performed from 2009 to 2012. IWR were conducted at depths ≤ 10 meters and durations ≤ 90 min for IWR with oxygen; for IWR using air, durations varied from 2 to 6 h. No adverse effects of IWR have been reported. 11 joint pain DCS were treated with IWR using air, which has resulted in the resolution of pain in 100% of cases. 10 neurological DCS were treated with IWR using oxygen, resulting in immediate recovery for 4/4 subjects; IWR using air resulted in immediate resolution of symptoms for only 2/6 subjects. The organization of an educational program and training dedicated to the issue of diving accidents may reduce mortality and morbidity in communities of fisherman divers in a precarious situation.

KEY WORDS: diving, fisherman divers, decompression sickness, bubbles, hyperbaric oxygen, in-water recompression

INTRODUCTION

Au Vietnam, comme dans nombreux de pays tropicaux, des dizaines de milliers de pêcheurs, issus des couches les plus pauvres de la société,

utilisent la plongée pour gagner leur vie. Ils se mettent au service d'un « maître de bateau » pour des campagnes de pêche intensive souvent loin de leur domicile. Leur technique de plongée est rudimentaire et expose à de très nombreux

accidents, en grande majorité des accidents de décompression (ADD) (Gold 1999a, 2000a ; Xu et coll. 2012). Ces accidents sont régulièrement présentés dans la presse vietnamienne comme une fatalité, à l'origine de nombreux morts et de nombreux paralysés dans les régions côtières et les îles du Vietnam (Phung, 2000). La plupart des plongeurs sont victimes d'ADD de type 1, qui sont responsables de douleurs articulaires plus ou moins importantes. Mais les ADD les plus graves, ADD de type 2, malheureusement très fréquents, affectent préférentiellement le système nerveux central (moelle épinière et cerveau) entraînant des symptômes déficitaires neurologiques sensitifs et moteurs, associés à des atteintes sphinctériennes (Xu et coll. 2012, Phung, 2000). En l'absence de traitement, les patients risquent de garder des séquelles sévères, dont les complications peuvent mettre en jeu le pronostic vital. Les ADD sont déclenchés par la formation de bulles d'azote dans l'organisme qui apparaissent lors de la décompression (Bert, 1878). Lorsque le plongeur remonte en surface trop rapidement ou en cas de temps de paliers insuffisants, le gaz inerte dissous et accumulé dans l'organisme tend, sous l'effet de la réduction de la pression ambiante, à passer spontanément en phase gazeuse. En fonction de leur localisation, les bulles formées entraînent des lésions tissulaires et vasculaires à l'origine des symptômes (Francis et Mitchell, 2003). Le traitement de référence repose sur la recompression en chambre hyperbare avec inhalation d'oxygène (oxygénothérapie hyperbare - OHB). L'élévation de la pression partielle inspirée d'oxygène permet ainsi de lutter contre l'hypoxie tissulaire, et d'éliminer les bulles d'azote résiduelles (Moon et Gorman, 2003).

Depuis plusieurs années, une ONG, l'AFEPS (Association Francophone d'Entraide et de Promotion des Sciences de la vie), travaille avec des médecins vietnamiens en faveur des pêcheurs plongeurs du Centre Vietnam (Ruffez, 2009). L'objectif de cette association est de 1) recueillir des données épidémiologiques sur les accidents de décompression, 2) prévenir ces accidents par une formation accélérée des plongeurs 3) proposer une méthode traitement adaptée à la situation, et 4) vérifier l'efficacité des actions précédentes.

Depuis les travaux d'Haldane en 1908 (Boycott et coll. 1908), la prévention de l'ADD repose sur le respect d'une procédure de plongée qui détermine en fonction de la profondeur et du temps passé au fond de l'eau, une vitesse de remontée contrôlée et la durée des paliers de décompression. Cette méthode a permis de limiter de manière spectaculaire l'incidence et la sévérité des ADD dans les pays occidentaux au début du 20^{ème} siècle. Malheureusement l'application d'une procédure de plongée n'est pas une pratique universelle et un nombre considérable de plongeurs pêcheurs dans les régions côtières, plonge encore de manière totalement empirique, sans aucune procédure de sauvegarde (Gold et coll. 2000b, Xu et coll. 2012). Le traitement d'un ADD, qui repose sur l'oxygénothérapie dans une chambre hyperbare, permet la résolution de la majorité des symptômes d'ADD, lorsque la prise en charge n'est pas trop tardive (Xu et coll. 2012). En raison de leurs coûts, la disponibilité des centres hyperbares dans les zones côtières des pays tropicaux reste très faible. Pour pallier à l'absence de caisson disponible, des méthodes de Recompression Thérapeutique par Immersion (RTI) ont été développées au profit de communautés de plongeurs en situation d'isolement (Edmonds 1999, Pyle 1999, Gold et coll. 1999a, Blatteau et coll. 2006). La RTI consiste à reproduire l'effet du caisson, en réimmergeant le plongeur accidenté avec si possible inhalation d'oxygène pur. Des études épidémiologiques réalisées dans des communautés de plongeurs isolés pratiquant la RTI ont montré l'intérêt de cette méthode de traitement (Farm et coll. 1986, Pyle et Youngblood 1997, Gold et coll. 1999a). Des travaux expérimentaux récents ont donné des arguments supplémentaires. Un travail expérimental sur l'animal a montré qu'un protocole de RTI à l'oxygène (1 heure à la profondeur de 6 mètres) permettait de neutraliser la formation des bulles circulantes et de réduire le taux de mortalité par ADD (Mollerlokken et coll. 2007). Chez l'homme, la réimmersion à 6 mètres pendant une heure sous oxygène a permis de neutraliser plus efficacement les bulles circulantes qu'une oxygénation en surface de même durée à l'issue d'une plongée saturante (Blatteau et Pontier, 2009). Cependant, comme la RTI expose à

un certain nombre de risques identifiés comme la noyade, l'hypothermie, l'hyperoxie ou la déshydratation, son usage doit donc être parfaitement contrôlé par l'application d'un protocole strict (Blatteau et coll. 2006).

En prenant en compte les bénéfices et les risques de cette méthode, nous avons mis à disposition cette technique simple et peu onéreuse de RTI au profit de populations de plongeurs pêcheurs qui ne sont pas à proximité d'un centre hyperbare.

L'objectif de cette étude est de montrer l'intérêt d'actions de formation, réalisées sur une période de 3 ans, centrées sur la prévention et la prise en charge des ADD par la méthode de RTI.

Les résultats obtenus sur ces deux communautés isolées de plongeurs pêcheurs du Centre-Vietnam, avec la mise en place d'un réseau local de formateurs pourrait donner des arguments pour un déploiement à plus grande échelle de formations adaptées afin de limiter l'ampleur du désastre humanitaire dont sont victimes les plongeurs pêcheurs. Des pistes de reconversion des plongeurs pêcheurs ont également été étudiées, en raison de la raréfaction des produits de pêche.

MATERIEL ET METHODE

Pilotage de l'étude

L'étude a été réalisée par l'Association Francophone d'Entraide et de Promotion des Sciences de la vie (AFEPS), créée en 1993. Cette Association a pour vocation de favoriser l'entraide et la solidarité entre pays occidentaux et pays émergents, pour les catégories sociales les plus vulnérables. L'AFEPS initie des échanges culturels et techniques entre formateurs, et favorise l'aide à la reconversion des catégories professionnelles dont les activités risquent de porter atteinte à leur santé et leur environnement. L'association ne poursuit aucun but lucratif et son activité est fondée sur les principes du bénévolat et de la solidarité. Depuis 2000, l'AFEPS a été sollicitée par l'Institut Pasteur de Nha Trang (Vietnam) pour sensibiliser les autorités administratives et sanitaires nationales au drame des pêcheurs-plongeurs vietnamiens. Ces actions

ont favorisé la création au Vietnam d'un Institut National Vietnamien de Médecine Maritime (VINIMAM) à Hai Phong ou (Vietnam), et la formation de trois médecins à la médecine de la plongée au centre hyperbare de l'hôpital de la Cavale Blanche à Brest (France).

Description des sites retenus

Avec l'accord des autorités locales, deux sites ont été retenus, pour mener les actions de formation : le village de la péninsule de Ninh Van, province de Khanh Hoa et l'île de Ly Son, province de Quang Ngai (Figure 1). L'île de Ly Son se situe à 20 milles nautiques du port de Quang Ngai, ses dimensions sont de 5,5 km d'ouest en est, et 2,7 km, du nord au sud. La population totale est d'environ 17 000 habitants. Il semble qu'il y ait sur l'île plus de 1000 pêcheurs plongeurs. La pêche en plongée se pratique à partir d'environ 200 embarcations dont au moins la moitié est de grande dimension, de l'ordre de 14 à 15 mètres de long, où vivent une douzaine d'hommes d'équipage et, parmi eux, 8±2 plongeurs pêcheurs. Le village côtier de Ninh Van, qui comporte environ 1700 habitants, est situé à l'extrémité d'une péninsule, accessible par voie routière ou maritime, à plusieurs heures de la ville de Nha Trang. Environ 250 plongeurs pêcheurs y pratiquent la pêche en plongée à partir de 70-80 embarcations de plus petites dimensions qu'à Ly Son, de l'ordre de 10 mètres, comportant 4±2 plongeurs pêcheurs.

Description de la technique de plongée

La pêche en plongée se pratique à partir d'embarcations de dimensions variables, allant de 10 à 15 mètres de long, où vivent une douzaine d'hommes d'équipage dont 4 à 10 plongeurs pêcheurs selon le site. Le bateau est équipé d'un compresseur dont la courroie d'entraînement est couplée avec celle du moteur du bateau. L'air comprimé est envoyé vers une petite bouteille tampon d'où partent deux à quatre durites de 60 à 70 mètres. Chaque durite est attachée à une ceinture de plomb que porte le plongeur.



Figure 1 : localisation des sites de Ly Son et Ninh Van au Centre-Vietnam

Il met directement le bout de cette durite dans la bouche et c'est sa bouche qui va servir de détendeur puisque l'air arrive avec une pression de 6-8 bars (photo 1). L'air respiré peut parfois être contaminé par les gaz d'échappement du moteur, avec un risque potentiel d'intoxication au monoxyde de carbone (Gold et coll. 1999b). De nombreux plongeurs gardent leur lèvres supérieure dans le masque, ainsi ils peuvent, avec la pression de l'air de la durite, effectuer un vidage permanent de leur masque. La température de l'eau varie selon la saison de 22 à 30°C. L'équipement des plongeurs de Ninh Van comporte le plus souvent une combinaison légère en néoprène et des palmes, tandis qu'à Ly Son, l'utilisation du néoprène n'est pas répandue et l'usage des palmes n'a pas été adopté. Les plongeurs pêcheurs sont également équipés d'un filet dans lequel ils placent les prises de pêche.

Deux types d'activité sont à distinguer, tout d'abord des campagnes de pêche dans l'environnement proche, à proximité des côtes, en utilisant les embarcations de petites dimensions. Dans ce cas il s'agit de plongées dans la zone des 30 à 40 mètres, en mode successif jusqu'à 6 par jour. Des plongées sur épave sont également réalisées pour y récupérer les métaux ; dans ce cas il s'agit de plongées profondes effectuées dans la zone des 50 à 70 mètres. L'autre grande activité est représentée par des campagnes de pêche lointaines avec les embarcations de plus grandes dimensions qui supportent une navigation hauturière. A Ninh Van, comme à Ly son, un grand nombre de bateaux de pêche partent réaliser des campagnes de ramassage d'holothuries pendant trois à quatre semaines au large des îles Paracels, situées à plusieurs jours de navigation. Dans ce cas, l'accès au centre hyperbare le plus proche peut prendre plusieurs jours. Lors de ces campagnes de pêche à

l'holothurie, des plongées sont réalisées dans la zone des 40-60 mètres, 3 à 4 fois par jour avec des intervalles de 2-3 heures entre les plongées. Les temps de plongée sont de l'ordre de 30 à 45 min. Le retour en surface s'effectue lentement, en 10-15min, car il faut remonter les filets de pêche chargés, en se hissant sur un bout. Des paliers de décompression sont parfois réalisés de manière totalement empirique avec des durées et des profondeurs inadéquates, la pratique d'un arrêt à mi-profondeur est fréquente.

Description des accidents de plongée

Tous les plongeurs se plaignent d'avoir des symptômes relatifs aux accidents de décompression avec notamment des douleurs articulaires, qui sont généralement supportables et n'empêchent pas la poursuite des plongées. En revanche, un certain nombre de plongeurs présentent des douleurs articulaires plus fortes, difficilement supportables, ou sont victimes d'accidents de décompression neurologiques avec des déficits moteurs sévères, des troubles sphinctériens ou encore des atteintes sensorielles. Dans ce cas, une méthode « traditionnelle » de traitement par réimmersion est pratiquée : le plongeur accidenté est renvoyé sous l'eau pendant plusieurs heures à la profondeur de travail ou à la moitié de la profondeur atteinte. Cette méthode inadéquate de réimmersion est le plus souvent sans effet sur l'atteinte neurologique avec, parfois même, une majoration des signes déficitaires.

Des accidents de type surpression pulmonaire peuvent également survenir lorsque le plongeur réalise une remontée rapide en bloquant son expiration. Ces accidents sont redoutables car ils peuvent entraîner une effraction alvéolaire massive et un aéroembolisme cérébral entraînant des lésions encéphaliques et parfois le décès du plongeur. Ce type d'accident survient chez le plongeur néophyte qui ne maîtrise pas la technique de plongée. Il se produit également par accident lorsque la durite est sectionnée par l'hélice du bateau alors que le plongeur se trouve au fond de l'eau.

En cas d'accidents sévères avec séquelles invalidantes, les plongeurs pêcheurs se rendent en

général à l'hôpital de rééducation de la ville de Nha Trang qui dispose de 3 caissons hyperbares monoplaces, gonflés à l'oxygène pur et d'un service de rééducation fonctionnelle. Ce centre à l'habitude de prendre en charge des plongeurs accidentés qui bénéficient d'une table initiale à l'oxygène de 8 heures, avec des séances complémentaires de 4 heures, les jours suivants. Une amélioration clinique est observée dans la majorité des cas, malgré un délai de prise en charge souvent tardif. Le coût global d'un traitement hyperbare avec rééducation pendant plusieurs semaines représente une somme importante pour les plongeurs pêcheurs.

Actions de formation

Les formations ont été réalisées pendant 3 années consécutives à partir de 2009, directement auprès des plongeurs pêcheurs vietnamiens, avec l'aide de médecins et infirmiers vietnamiens formés par l'AFEPS. Deux axes de formation ont été développés : 1) prévenir les ADD, en appliquant des paramètres et des procédures de plongée adéquates, 2) reconnaître, prendre en charge et traiter les ADD par l'apprentissage de gestes de secourisme et une formation à la RTI à l'oxygène. Pour la formation, des fiches techniques et des films pédagogiques ont été utilisées, ainsi qu'un mannequin pour les apprentissages de secourisme. Le contenu pédagogique des formations abordait les points suivants :

Prévention de l'accident de décompression

- connaître les causes des principaux accidents de plongée et les moyens de les prévenir,
- connaître les contre-indications médicales provisoires ou définitives à la plongée,
- savoir détecter les anomalies matérielles à bord d'une embarcation susceptibles de provoquer des accidents lors de la plongée : position de la prise d'air, entretien de la bouteille tampon, prévention de la rupture de durite par l'hélice du bateau,
- connaître le principe des tables de plongée et s'imprégner de celles qui sont proposées pour leur travail. Des tables de plongée simplifiées ont distribuées sous forme de fiches plastifiées,

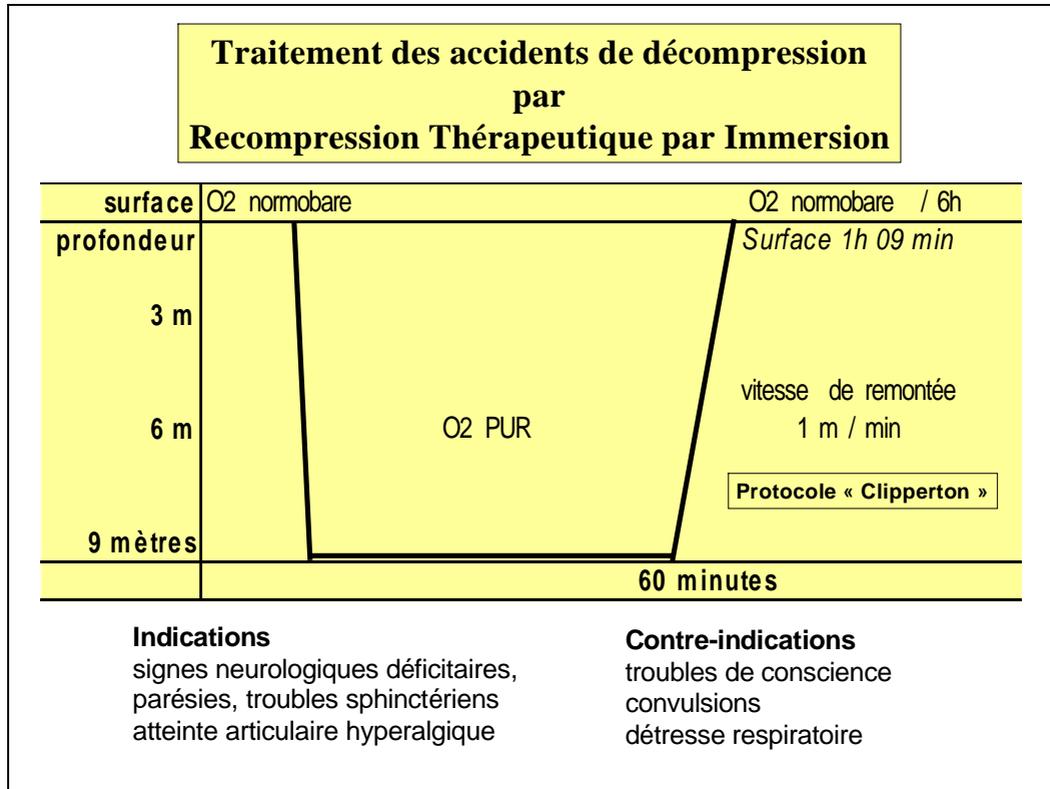


Figure 2 : protocole de traitement des accidents de décompression par Recompression Thérapeutique par Immersion (RTI)

Ne disposant pas de profondimètre, la profondeur de plongée est indiquée par le sondeur du bateau, et le temps de plongée est géré depuis la surface.

Prise en charge des accidents de décompression

- connaître les bases du secourisme et réaliser une réanimation cardio-respiratoire,
- savoir détecter les principaux signes d'accidents de décompression,
- savoir interrompre, provisoirement ou définitivement, une plongée ou une campagne de pêche devant certains signes cliniques d'accident,
- savoir appliquer et transmettre les conduites à tenir face à un accident de plongée,
- savoir appliquer les techniques d'oxygénation normobare et de RTI à l'air ou à l'oxygène,
- savoir entretenir le matériel de RTI pour que ce

matériel soit disponible et opérationnel en cas de besoin,

- savoir prendre en charge un accidenté sur l'ensemble du lieu de l'accident jusqu'à son évacuation vers un centre hyperbare,
- connaître les consignes de sécurité relatives à l'utilisation de bouteilles d'oxygène ».

Traitement des accidents de décompression

La méthode de RTI traditionnelle, à grande profondeur, a été remplacée par une méthode de RTI à l'oxygène, décrite lors d'une expédition en situation d'isolement à Clipperton (Blatteau et coll. 2006). Cette méthode prévoit une réimmersion à la profondeur de 9 mètres maximum pendant une heure (Figure 2), cette durée pouvant être augmentée si la RTI est réalisée à l'air, en cas

d'indisponibilité de l'oxygène. Chaque plongeur pêcheur a été formé aux indications et contre-indications de la RTI, à la prise en charge du matériel et au respect des consignes de sécurité. Le matériel nécessaire a été financé et mis en place localement par l'AFEPS. Le dispositif comporte une bouteille d'oxygène de 50 litres gonflée à 150 bars sur laquelle est fixé un détendeur-manomètre « premier étage ». Ce dernier est relié à une durite 15 mètres qui se termine par un détendeur « 2^{ème} étage » de qualité « Nitrox ». La continuité de la connectique fait appel à des pièces spécifiques qui ont été serties spécialement pour cet usage (photo 1). Par ailleurs un siège rudimentaire en bois a été réalisé pour assurer le maintien du plongeur accidenté, potentiellement paralysé, pendant la RTI. Un exercice de mise en situation sur une embarcation en mer a systématiquement été effectué (photo 2). Les plongeurs pêcheurs devaient réagir à la simulation d'un accident de décompression en réalisant une RTI et également maîtriser la respiration dans un détendeur 2^{ème} étage.

Evaluation de l'action

Deux enquêtes préliminaires de terrain ont été réalisées en 2008 et 2009 par les médecins de l'AFEPS, en interrogeant directement plusieurs dizaine de plongeurs pêcheurs en activité et de plongeurs victimes d'ADD. Pour évaluer l'impact des formations réalisées, deux nouvelles enquêtes de terrain ont été menées en 2011 et 2012. Comme précédemment, les médecins de l'AFEPS ont interrogé un échantillon de plongeurs pêcheurs en activité et de plongeurs accidentés. Plus de la moitié des plongeurs formés ont également été interrogés pour préciser l'évolution de la pratique de la plongée et recueillir les nouveaux cas d'accidents de plongée survenus entre 2009 et 2012 sur les deux sites de Ly Son et Ninh Van.

RESULTATS

Impact de la formation

Sur la période 2009-2012, 31 plongeurs pêcheurs ont été formés sur Ly Son et 32 sur Ninh Van, ce qui représente 3 et 13 % de la population des

plongeurs pêcheurs, respectivement. L'âge moyen des sujets formés était de 28 ± 7 ans. Comme chaque embarcation de pêche était représentée par un seul plongeur pêcheur lors des formations, 15 et 41% de la population des plongeurs pêcheurs embarqués étaient au contact d'un sujet formé, sur Ly Son et Ninh Van respectivement.

Pour évaluer l'impact des formations, deux enquêtes ont été menées par les médecins de l'AFEPS en 2011 et 2012, en interrogeant directement 32 plongeurs précédemment formés, ce qui représente 51% de l'ensemble des plongeurs formés. L'ensemble des cas d'ADD survenus sur la période 2009-2012 a été enregistré.

Effet sur la prévention des accidents de plongée

Mortalité en plongée

Avant 2009, la mortalité annuelle à la suite d'un accident de plongée était estimée à un cas par an sur Ninh Van et 3 à 5 cas par an sur Ly Son, soit un taux annuel de 4 ± 1.10^{-3} de la population des plongeurs pêcheurs. De 2009 à 2012, 2 cas mortels ont été recensés sur Ly Son et aucun sur Ninh Van, ce qui représente un taux annuel inférieur à 1.10^{-3} .

ADD sévères

Avant 2009, 8 ± 2.10^{-3} de la population des plongeurs pêcheurs de Ninh Van ou de Ly Son étaient victime chaque année d'accidents de décompression entraînant des déficits neurologiques importants. A partir de 2009, l'incidence annuelle a significativement été réduite à 2 ± 1.10^{-3} . Par ailleurs la majorité des plongeurs pêcheurs victimes d'ADD présentaient des séquelles neurologiques permanentes à la suite de leur accident, tandis que depuis 2009, avec la mise en place de la RTI, la majorité des plongeurs pêcheur a totalement récupéré et repris son activité de plongeur.

Comportement en plongée

La pratique de pêche a évolué depuis 2009, les plongeurs pêcheurs ont favorisé la pêche dans l'environnement proche avec des profondeurs modérées entre 20 et 40 mètres, en limitant les durées de plongée. Les campagnes de pêche

plongées paramètres	plongées successives	signes cliniques	RTI	évolution des signes
25m/60min pas de palier	4 ^{ème} plongée	A la sortie de l'eau, fatigue intense, vertiges rotatoires	O ₂ 9m/15min puis 3m/30min	Diminution des vertiges après la RTI, disparition le lendemain
20m/60min pas de palier	3 ^{ème} plongée	A la sortie de l'eau, fatigue intense, gêne respiratoire, douleur lombaire, perte de connaissance 30 min, paraplégie, troubles sphinctériens,	Air ¹ 9m/60min puis caisson 6h plus tard	Diminution des signes, évacuation vers un caisson, récupération incomplète après 1 semaine d'OHB, gêne à la marche, fatigue à l'effort
32m/60min pas de palier	4 ^{ème} plongée	15 min après la sortie de l'eau, fatigue intense, faiblesse des membres inférieurs, difficulté pour uriner	O ₂ 9m/90min	Disparition complète des signes, reprise de la plongée quelques jours après
35m/40min Paliers : 20m/5min 12m/15min	3 ^{ème} plongée	A la sortie de l'eau, fatigue intense, douleur lombaire, faiblesse du membre inférieur gauche	O ₂ 7m/30min puis 3m/15min	Disparition complète des signes Reprise de la plongée 24h après
40m/10min pas de palier	1 ^{ère} plongée	A la sortie de l'eau, douleur lombaire, faiblesse des membres inférieurs, difficulté pour uriner	Air ¹ 9m/15min	Amélioration des signes, mais gêne résiduelle à la marche, récupération complète après plusieurs semaines
72m/30min pas de palier	1 ^{ère} plongée	15 min après la sortie de l'eau, perte de connaissance, gêne puis arrêt respiratoire, récupération après manœuvre de réanimation, faiblesse des membres inférieurs	O ₂ 9m/60min suivi de 12h d'O ₂ NB	Disparition complète des signes
72m/30min pas de palier	1 ^{ère} plongée	15 min après la sortie de l'eau, faiblesse des membres inférieurs, difficulté pour uriner	O ₂ 9m/60min suivi de 12h d'O ₂ NB	Disparition complète des signes
50m/30min pas de palier	3 ^{ème} plongée	15 min après la sortie de l'eau, faiblesse des membres inférieurs, difficulté pour uriner	Air 30min à 20,15 et 10m puis 5m/90min	Disparition complète des signes
40m/20min pas de palier	6 ^{ème} plongée	5 min après la sortie de l'eau, perte de connaissance, reprise de la conscience après manœuvre de réanimation, faiblesse des membres	Air 10m/2h	Disparition complète des signes, reprise de la plongée
35m/30min pas de palier	3 ^{ème} plongée	A la sortie de l'eau, faiblesse des membres inférieurs, difficulté pour uriner	Air 10m/3h	Amélioration des signes, mais gêne persistante à la marche
65m/15min pas de palier	2 ^{ème} plongée	2 min après la sortie de l'eau, perte de connaissance brève, faiblesse des membres inférieurs, difficulté pour uriner	Air 10m/6h	Disparition des signes mais fatigue résiduelle, reprise de la plongée 2 mois plus tard

Tableau I:

Description des cas d'accident de décompression de type 2 (accidents neurologiques et vestibulaires)

Note :

¹ RTI réalisée à l'AIR car le sujet n'arrivait pas à respirer dans le détendeur oxygène.

Prévention et traitement des ADD

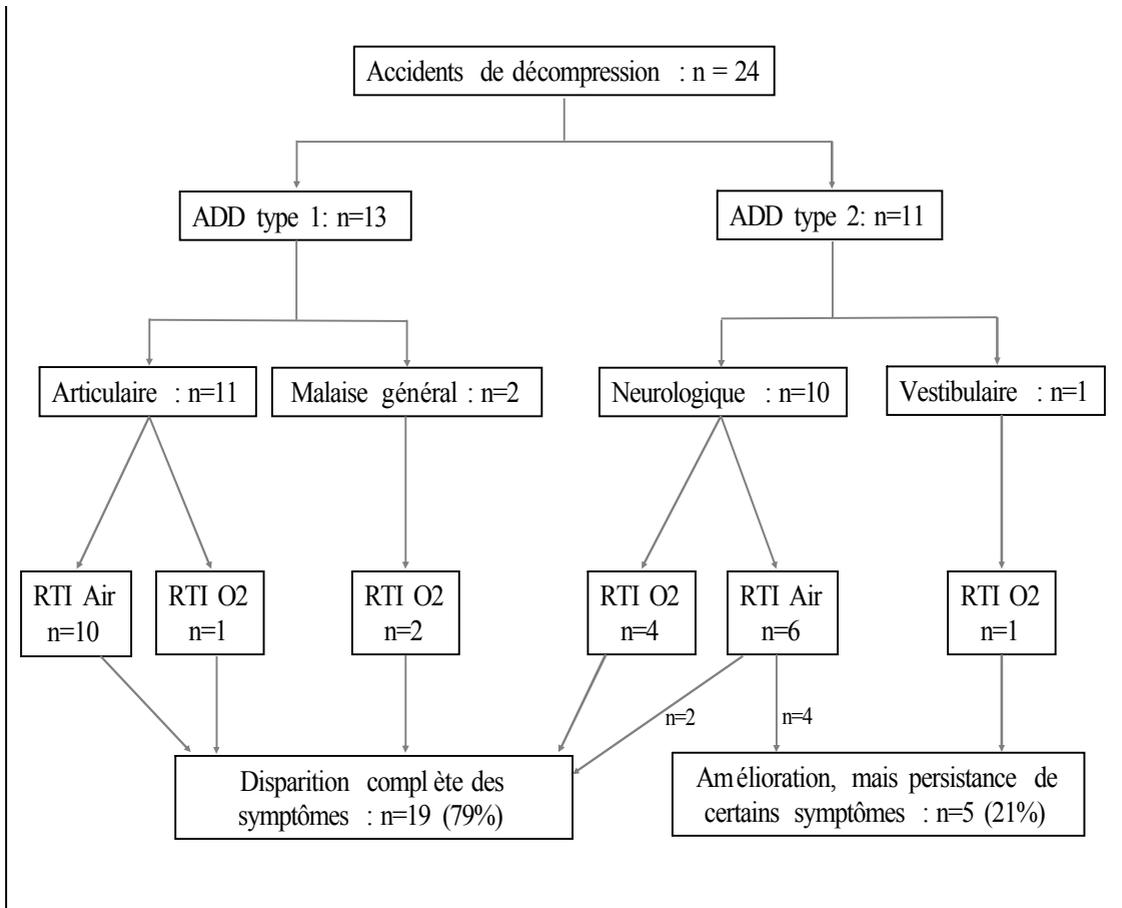


Figure 3 : Bilan des accidents de décompression traités par recompression thérapeutique par immersion (RTI) sur la période 2009-2012.

lointaine avec plongées profondes dans la zone des 50-60 mètres ont été diminuées.

Les plongeurs pêcheurs n'ont pas adopté l'utilisation des tables plongée qui leur semble trop compliquée et trop contraignante. Ils ont cependant compris le danger de remonter rapidement en surface et utilisent pour la plupart une vitesse de remontée lente de l'ordre de 1-2 m.min⁻¹. Les paliers sont maintenant réalisés près de la surface entre 12 et 3 mètres et non plus à mi-profondeur comme auparavant. La pratique des paliers de décompression reste cependant encore aléatoire et insuffisante. Par ailleurs, la consigne de majorer

les temps de paliers lors des plongées successives n'a pas été comprise et appliquée.

Prise en charge des accidents de décompression

24 cas d'accident de décompression ont été recensés entre 2009 et 2012, tous ont bénéficié d'une RTI. L'âge moyen des sujets était de 29ans pour les accidents de type 1 et de 32.8±7 ans pour les accidents de type 2. 54% des cas étaient des accidents de type 1 avec une majorité d'atteintes articulaires hyperalgiques ; à noter, 2 cas de « malaise général » avec asthénie intense et oppression respiratoire. Les accidents de type 2

(46%) étaient le plus souvent des accidents neurologiques avec des déficits sévères, moteur, sensitif et sphinctériens ; à noter, un cas d'accident vestibulaire avec vertiges rotatoires (Tableau I). Pour les accidents de type 1, une majorité de RTI à l'air (77%) a été réalisée, tandis que pour les accidents de type 2, la RTI étaient réalisées à l'air (55%) ou à l'oxygène (45%) selon la disponibilité. Le temps entre l'apparition des symptômes et la réalisation de la RTI variait de quelques minutes à 90 minutes. Sur l'ensemble des accidents de décompression, la RTI a permis une résolution immédiate des symptômes dans 79% des cas. Les symptômes liés aux accidents de type 1 ont totalement disparus après RTI à l'air ou à l'oxygène. Pour les accidents de type 2, la RTI a permis une résolution complète des symptômes dans 55% des cas et une amélioration partielle pour les autres.

Selon que la RTI était réalisée à l'O₂ ou à l'air, la récupération immédiate était de 80% et 33% des cas d'ADD de type 2, respectivement. (Figure 3). Les RTI à l'O₂ étaient réalisées le plus souvent à des profondeurs ≤ 10 mètres avec des durées ≤ 90 min, tandis que les RTI à l'air avaient des durées plus longues de 2 à 6 heures. Aucun effet adverse de la RTI n'a été rapporté. Certaines RTI à l'O₂ (2 cas) ont été interrompues car les plongeurs n'arrivaient pas à respirer dans le détendeur ; dans 2 cas la RTI a été écourtée en raison d'une mauvaise tolérance au froid.

DISCUSSION

Impact de la formation

Nous avons constaté un niveau important de motivation de la part des plongeurs pêcheurs, conscients des dangers liés à leur activité et en contact avec des plongeurs paralysés dans leur village. Le nombre de sujets demandeurs pour participer à la formation était plus important que le nombre de places disponibles. Nous n'avons pas rencontré de difficulté de compréhension, car un gros travail avait été réalisé en amont pour simplifier les notions essentielles et les traduire en vietnamien sous forme de fiches résumées. Des exercices pratiques ont été réalisés pour vérifier

l'assimilation des connaissances. La solidarité au sein de la communauté des plongeurs pêcheurs a été notée à plusieurs reprises à l'occasion d'ADD qui ont bénéficié d'une RTI alors que les plongeurs accidentés étaient sans matériel et non formés. L'action de l'AFEPS ne s'est pas limitée à la formation des seuls plongeurs pêcheurs, nous avons formé systématiquement, à chacun de nos passages, des médecins, infirmiers et secouristes à la problématique des accidents de plongée. Nous avons favorisé leur intervention lors de la formation des plongeurs pêcheurs. Nous espérons ainsi que ces formateurs vietnamiens, avec l'aide de structures étatiques comme le VINIMAM ou l'institut Pasteur de Nha Trang, seront en mesure de poursuivre à plus grande échelle l'action menée auprès des plongeurs pêcheurs de Ninh Van et de Ly Son.

Effet sur la prévention des accidents de plongée

Les taux annuels de mortalité et de morbidité liée aux ADD neurologiques ont été divisés par quatre. Les cas mortels étaient souvent secondaires à des plongées profondes interrompues de manière accidentelle. La diminution du nombre de plongées profondes et les nombreuses formations sur les incidents techniques en plongée et les risques liés aux remontées rapides ont certainement contribué à ce résultat.

La diminution du nombre de cas d'accidents de décompression neurologiques est également liée à la réalisation de plongées moins profondes ou moins longues, avec des profils de remontée plus cohérents. En particulier, l'abandon des paliers profonds au profit de paliers de décompression à faible profondeur a certainement joué. Cependant, il faut reconnaître que l'usage des paliers reste totalement empirique et la consigne de majorer les temps de décompression lors des plongées successives n'a pas été comprise. A l'avenir, il convient d'insister sur le respect d'une procédure de plongée avec un calcul précis du temps de décompression guidé depuis la surface, car les plongeurs n'ont ni montre, ni profondimètre. Peut être faudra-t-il adapter une procédure spécifique, car les tables proposées ont été jugées par les plongeurs pêcheurs beaucoup trop conservatives,

limitant considérablement le rendement de la pêche en plongée.

Prise en charge des accidents de décompression

La pratique de la RTI à l'air ou à l'oxygène a été bénéfique avec une résolution immédiate des symptômes dans 79% des cas. Les ADD avec atteinte articulaire hyperalgique ont été pris en charge par RTI à l'air, qui a permis la disparition de la douleur dans tous les cas traités. Pour les ADD neurologiques déficitaires, les RTI ont été réalisées à l'air ou à l'oxygène. Cette prise en charge a permis de faire disparaître ou d'améliorer les symptômes dans la plupart des cas avec une reprise ultérieure de la plongée chez les sujets accidentés. Ce résultat est très différent de ce que l'on observait avant 2009, où les séquelles neurologiques entraînaient une incapacité motrice définitive dans la majorité des cas, ne permettant pas la reprise de l'activité plongée.

Nous avons constaté que les RTI à l'oxygène permettaient une meilleure récupération clinique que les RTI à l'air, dont les durées étaient pourtant majorées. Ces RTI à l'air étaient réalisées essentiellement par les plongeurs pêcheurs de Ly Son, car ceux-ci ont rencontré des difficultés pour s'approvisionner en oxygène.

Nous avons privilégié la méthode de RTI à l'oxygène par rapport à une simple prise en charge par oxygène normobare (ONB), qui est normalement la procédure initiale référentielle dans les pays occidentaux. Mais dans ce cas, l'ONB ne constitue que l'étape intermédiaire avant l'évacuation vers le centre hyperbare le plus proche. Nous avons considéré que ce type de prise en charge par ONB n'était pas suffisant devant la sévérité clinique des cas d'ADD et la fréquence de l'atteinte médullaire observées. Une étude récente sur les ADD médullaires montre en effet un taux de résolution des symptômes sous ONB avant l'admission au centre hyperbare de seulement 42% (Blatteau et coll. 2011). Comme aucun caisson n'est disponible à proximité, seule la RTI permet de reproduire les conditions du caisson hyperbare et il existe des arguments expérimentaux qui montrent une résolution plus rapide du phénomène bullaire sous l'effet d'une réimmersion à l'O₂ par rapport à la prise simple d'ONB en surface

(Blatteau et Pontier, 2009). D'autre part, la réalisation d'une RTI n'empêche pas une évacuation secondaire vers un centre hyperbare, comme nous l'avons constaté pour quelques sujets. Cependant, cette évacuation, compte-tenu de l'éloignement, sera toujours très tardive, et couteuse pour les plongeurs accidentés, qui ne s'y résoudront qu'en cas de séquelles persistantes après RTI.

Aucun effet adverse de la RTI n'a été rapporté. Pendant la réalisation des RTI, nous avons noté que la tolérance des sujets a été prise en compte, avec dans certains cas des RTI écourtées en raison du froid, et dans d'autres cas, des RTI bien supportées et prolongées. Des difficultés de respiration dans le détendeur ont été constatées systématiquement chez les sujets qui n'avaient pas bénéficiés de la formation. Les plongeurs pêcheurs sont en effet habitués à respirer en surpression, et n'ont pas l'habitude d'inspirer dans un détendeur. Les exercices pratiques de respiration dans un détendeur à l'occasion de l'entraînement à la RTI sont donc essentiels. Les consignes de sécurité ont été en général bien respectées comme l'accompagnement permanent du plongeur accidenté. A noter cependant, quelques cas d'inflammation de bouteilles d'O₂ sur l'île de Ly Son. Ces incidents n'ont pas entraîné d'accident de personne, mais sont manifestement liés à mauvais stockage et un respect insuffisant des règles de sécurité. Le rappel de ces règles essentielles de sécurité en présence de bouteilles d'O₂ est une de nos priorités pendant les formations.

Au total, l'expérience acquise au cours de cette étude pilote de 2009 à 2012 montre que la RTI peut être enseignée et utilisée de manière cohérente en réservant la réimmersion à l'O₂ pour les cas graves d'ADD avec symptômes neurologiques, et la RTI à l'air pour les accidents articulaires hyperalgiques.

Perspectives

Il semble indispensable d'inclure dans les formations futures des notions simples d'écologie et de préservation du milieu marin, afin de maintenir l'attractivité des sites de plongée au niveau des plateaux coralliens, en expliquant les

dégâts engendrés par l'emploi de la dynamite et surtout de limiter la surpêche dans certaines zones afin d'éviter la disparition d'espèces, ce qui a également pour conséquence la réalisation de campagnes de pêches plus lointaines, plus profondes, et donc plus dangereuses.

Les plongeurs pêcheurs sont ouverts à toute proposition pour modifier leur activité qu'ils jugent difficile et éprouvante. Depuis 2012, une collaboration a été mise en place avec d'autres ONG pour étudier des pistes de reconversion. Ainsi, l'association Plongeurs du Monde a commencé à former de jeunes plongeurs pêcheurs sur le site de Ninh Van pour valider un niveau d'encadrement de plongée de loisirs. Les plongeurs formés devront ainsi protéger et entretenir l'environnement sous-marin, afin de conduire les plongeurs de loisirs vietnamiens ou étrangers sur les plateaux coralliens qui entourent les sites avec la possibilité d'approcher certaines espèces pélagiques. L'AFEPS étudie également avec des partenaires scientifiques la possibilité de développer l'élevage d'holothuries, avec certaines espèces comme la bêche de mer, bien implantée sur le marché asiatique (Ruffez 2009).

La pratique de la plongée en situation précaire dans des communautés isolées de plongeurs pêcheurs n'est pas une fatalité, cette étude pilote démontre que la réalisation de formations répétées et adaptées pour prévenir et traiter les accidents de décompression peut avoir un impact significatif

REFERENCES

Bert P. La Pression barométrique. Recherches de physiologie expérimentale. Masson, Paris 1878.

Blatteau JE, Jean F, Pontier JM, Blanche E, Bompar JM, Meaudre E, Etienne JL. Decompression sickness accident management in remote areas. Use of immediate in-water recompression therapy. Review and elaboration of a new protocol targeted for a mission at Clipperton atoll. *Ann Fr Anesth Reanim* 2006, 25(8): 874-83.

Blatteau JE, Pontier JM. Effect of in-water recompression with oxygen to 6 msw versus normobaric

sur la mortalité et la morbidité des plongeurs formés. Nous pensons que cette démarche pourrait être développée à plus grande échelle afin de limiter l'ampleur du désastre humanitaire dont sont victimes de nombreux plongeurs pêcheurs.

REMERCIEMENTS

Le programme d'aide aux plongeurs pêcheurs vietnamiens n'aurait pas été possible sans le soutien financier de l'Union de Blessés de la Face et de la Tête, « Les Gueules Cassées », que nous remercions chaleureusement. Nous remercions également la société Aqualung pour leur aide dans la fourniture de matériels de plongée.

Nous remercions tous les membres de l'AFEPS qui ont bien voulu nous aider dans ce projet lors des nombreuses missions auprès des plongeurs pêcheurs. Remerciements particuliers à Pierre Nguyen, fondateur de l'AFEPS, et Georges Michel, président actuel de l'AFEPS, remerciements à Monsieur le docteur LE Toan Hung, Madame DUONG Thuy Cam et NGUYEN Dang Vu pour leur soutien constant.

Nous remercions également Madame le professeur NGUYEN Thi The Tram, Présidente de l'Association des Admirateurs d'Alexandre YERSIN ; Madame le Professeur PHUNG Thi Thanh Tu, responsable de l'Institut Pasteur de Nha Trang et de l'Institut National Vietnamien de Médecine Maritime ; le Docteur BUI Minh Thuan, directeur de l'hôpital de rééducation de Nha Tran ; le docteur DAM Hai Van de l'Institut National Vietnamien de Médecine Maritime de Hai phong, Messieurs VUONG Toan et QUAN Huu Tu de l'Association d'Amitié Vietnam France.

oxygen breathing on bubble formation in divers. *Eur J Appl Physiol*. 2009 Jul;106(5): 691-695.

Blatteau JE, Gempp E, Simon O, Coulange M, Delafosse B, Souday V, Cocharde G, Arvieux J, Henckes A, Lafere P, Germonpre P, Lapoussiere JM, Hugon M, Constantin P, Barthelemy A. Prognostic factors of spinal cord decompression sickness in recreational diving: retrospective and multicentric analysis of 279 cases. *Neurocrit Care* 2011, 15(1):120-127.

Boycott AE, Damant C, Haldane JS. The prevention of compressed air illness. *J Hyg Cambridge* 1908, 8: 342-344.

Prévention et traitement des ADD

- Edmonds C. Australian underwater oxygen treatment of DCS. In: Key E, Spencer MP (eds). In-water recompression. Proceedings for the 48th workshop of the Undersea and Hyperbaric Medical Society 1999, p2-15.
- Farm FP Jr, Hayashi EM, Beckman EL. Diving and decompression sickness treatment practices among Hawaii's diving fishermen. Sea Grant Technical Paper UNIHI-SEAGRANT-TP-86-01, Honolulu, HI; University of Hawaii Sea Grant College Program, 1986.
- Francis TJR, Mitchell SJ. Pathophysiology of decompression sickness. In: Brubakk AO, Neuman TS, (eds). The Bennett and Elliot's physiology and medicine of diving, 5th edn. London:WB Saunders 2003, p 530-556.
- Gold D, Geater A, Aiyarak S, Juengprasert W, Chuchaisangrat B, Samakkaran A. The indigenous fisherman divers of Thailand: in-water recompression. Int Marit Health 1999a; 50(1-4): 39-48.
- Gold D, Geater A, Aiyarak S, Juengprasert W. The indigenous Sea Gypsy divers of Thailand's west coast: Measurement of carbon monoxide in the breathing air. Applied Industrial Hygiene 1999b, 14: 488-495.
- Gold D, Geater A, Aiyarak S, Wongcharoenyong S, Juengprasert W, Johnson M, Skinner P. The indigenous fisherman divers of Thailand: diving-related mortality and morbidity. Int J Occup Saf Ergon 2000a; 6(2):147-167.
- Gold D, Aiyarak S, Wongcharoenyong S, Geater A, Juengprasert W, Gerth WA. The indigenous fisherman divers of Thailand: diving practices. Int J Occup Saf Ergon. 2000b; 6(1): 89-112.
- Mollerlokken A, Nossum V, Hovin W, Gennser M, Brubakk A. Recompression with oxygen to 160 kPa eliminates vascular bubbles, but does not prevent endothelium damage. Europ J Underwater Hyperbaric Med 2007, 8 (1,2): 11-16.
- Moon RE, Gorman DF. Treatment of the decompression disorders. In: Brubakk AO, Neuman TS, (eds). The Bennett and Elliot's physiology and medicine of diving, 5th edn. London:WB Saunders 2003, p 600-650.
- Phung TTT. Diving accidents in the divers of the centre of Vietnam : a study of 539 cases. Bull Medsubhyp 2000, 10(2): 45-49.
- Pyle RL. Keeping up with the times: application of technical diving practices for in-water recompression. In: Key E, Spencer MP (eds). In-water recompression. Proceedings for the 48th workshop of the Undersea and Hyperbaric Medical Society 1999, p74-88.
- Pyle RL, Youngblood D. In water recompression as an emergency field treatment of decompression illness. SPUMS J 1997, 27: 154-69.
- Ruffez J. Diving for holothurians in Vietnam: A human and environmental disaster. SPC Beche-de-mer Information Bulletin, 2009, 28: 42-45

RESUME

Prévenir et traiter les accidents de décompression en situation précaire : intérêt de formations adaptées à des communautés isolées de plongeurs pêcheurs au Vietnam.. JE Blatteau, JM Pontier, VM Nguyen, VT Nguyen , P Cavenel, J Ruffez. Bull ; Medsubhyp . 2013, 23 (Supp) : 15 – 28. De très nombreux plongeurs pêcheurs au Vietnam sont victimes d'accidents de plongée parfois mortels et d'accidents de décompression (ADD) responsables de douleurs articulaires et de déficits neurologiques sévères. L'objectif de cette étude pilote était d'évaluer l'impact d'un programme d'éducation pour prévenir et prendre en charge les ADD par recompression thérapeutique par immersion (RTI). Deux sites du Centre-Vietnam ont été retenus, le village de Ninh Van et l'île de Ly Son, totalisant plus de 250 et 1000 plongeurs pêcheurs, respectivement. 31 et 32 sujets y ont été formés sur une période de 3 ans à partir de 2009, avec 15 et 41% de plongeurs pêcheurs directement au contact d'un sujet formé sur Ly Son et Ninh Van, respectivement. L'impact des formations a été évalué par 2 enquêtes (2011-2012) portant sur 51% des plongeurs formés. Depuis 2009, les plongeurs pêcheurs ont modifié leur manière de plongée en limitant le temps passé au fond et/ou en diminuant le nombre de plongées profondes à 50-60 mètres. Ils ont également pris en compte les risques d'accidents liés à leur technique de plongée par narghilé. Les cas d'accidents mortels et les accidents décompression neurologiques entraînant des paralysies avec séquelles ont significativement diminué, avec des taux annuels de mortalité et de morbidité divisés par quatre. 24 RTI ont été mis en œuvre sur la période 2009-2012. Les RTI étaient réalisées à des profondeurs ≤ 10 mètres avec des durées ≤ 90 min pour les RTI à l'O₂, et de 2 à 6 heures pour les RTI à l'air. Aucun effet adverse de la RTI n'a été rapporté. 11 ADD articulaires ont été traités par RTI à l'air avec 100% de disparition des douleurs. 10 ADD neurologiques ont été pris en charge soit par RTI à l'O₂ (récupération immédiate pour 4/4 sujets), soit par RTI à l'air (récupération immédiate pour 2/6 sujets).

Blatteau et coll.

La réalisation de formations dédiées à la problématique des accidents de plongée avec mise en oeuvre de la RTI permet de limiter la mortalité et la morbidité dans des communautés de plongeurs pêcheurs en situation précaire.

MOTS CLES : plongée, plongeurs pêcheurs, accident de décompression, bulles, oxygénothérapie hyperbare, recompression thérapeutique par immersion.

Correspondance :

Dr J-E Blatteau, je.blatteau@infonie.fr
ERRSO, BP20545, 83041 Toulon cedex 9. France

AFEPS, section Paris Ile de France
Maison des Associations du XIe - 8 rue du Général Renault - 75011 PARIS.
A l'attention du Dr Jean Ruffez, jeanruffez@noos.fr
coordinateur du programme d'aide aux plongeurs pêcheurs vietnamiens

OXYGÉNOTHÉRAPIE HYPERBARE CHEZ UN PATIENT PORTEUR D'UNE PROTHÈSE PHONATOIRE ASPECT PRATIQUE

D. JACOBS¹, M. ELKAISSI, E. BOURMANNE, M. VRANCKX, C. HAUTAIN, M. CALDOW, G. LOCANTORE². ¹Service d'Anesthésiologie et de Médecine Hyperbare, ²Service des Urgences et de Médecine Hyperbare, Centre Hospitalier Universitaire de Charleroi – Hôpital André Vésale, 706 route de Gozée, 6110 Montigny-le-Tilleul (Belgique).

ABSTRACT

Hyperbaric oxygenotherapy in a patient with speaking valve: practical aspect. D Jacobs, M ElKaissi, E Bourmanne, M Vranckx, C Hautain, M. Caldow, G Locantore. *Bulletin MEDSUBHYP*, 2013, 23 (supp) : 29 – 33. The patient with tracheostomy and speaking valve treated with hyperbaric oxygen represents a technical challenge for effective ventilation. The easier way to assume hyperbaric oxygenation is to insert a tracheostomy tube.

However, this method is unpleasant and may dislodge or damage the speaking valve.

We describe the use of a pediatric anesthesia induction mask inserted in a plaster cast, allowing hyperbaric oxygen treatment in the spontaneous breathing patient without any gas leak through the device.

HISTOIRE CLINIQUE

Le patient de 50 ans nous est adressé après intervention de pharyngolaryngectomie totale, trachéostomie définitive et nécrose partielle du lambeau de reconstruction œsophagien musculocutané du muscle grand pectoral droit. Un pharyngostome s'est développé en regard du lambeau pectoral dans la région sous-mandibulaire droite.

L'évolution clinique initiale se caractérise par un bourgeonnement progressif de la plaie cervicale droite, du lambeau pectoral, ainsi que la fermeture progressive du pharyngostome après vingt séances hyperbares administrées par l'intermédiaire d'une canule de trachéotomie (2,5 ATA sous 100% d'O₂ - 90 minutes au plateau).

Le patient traité en ambulatoire présente une hémorragie massive intrabuccale et extériorisée par l'orifice rétréci du pharyngostome, et très heureusement avant le début de la séance hyperbare. Une compression manuelle directe de la carotide dans le pharyngostome permet de limiter l'hémorragie. L'exploration chirurgicale démontre une dilacération de la carotide primitive droite en

amont de la bifurcation, nécessitant sa ligature ainsi que les branches externe et interne.

Le patient ne présente aucune séquelle neurologique ultérieure, et bénéficie d'une chirurgie de reconstruction au départ d'un lambeau musculocutané grand dorsal droit. La cicatrisation cervicale définitive est complète.

Il nous est adressé un an après l'accident pour oxygénothérapie hyperbare préventive en vue d'extraction dentaire complète.

Le patient est porteur d'une trachéostomie définitive basse située deux centimètres au-dessus de la fourchette sternale (Photo1), ainsi que d'une prothèse phonatoire (shunt trachéo-oesophagien ; Provox2 – Atos Medical ; Sweden) (Photos 2 - 3).

L'utilisation d'une cagoule complète n'est pas envisageable tenant compte de l'anatomie de la stomie. Afin d'éviter la mise en place répétée d'une canule de trachéotomie, nous avons conçu un dispositif non invasif permettant la réalisation sans incident et avec une parfaite étanchéité de vingt séances hyperbares : un masque facial pédiatrique d'induction d'anesthésie est inséré dans un support de plâtre recouvert d'ouate chirurgicale (Photos 4 – 5 – 6 - 7). La fixation

latérale du dispositif relié au poste patient du caisson hyperbare est assurée par deux cordons de coton.

DISCUSSION

La présence chez le patient d'une trachéostomie définitive aurait nécessité la mise en place d'une canule de trachéotomie, geste invasif et désagréable, pouvant abîmer ou déplacer la prothèse phonatoire.

Notre dispositif s'est avéré efficace et parfaitement étanche à l'examen clinique. Son utilisation nous semble réservée uniquement au patient en ventilation spontanée.

La démonstration d'efficacité de l'oxygénothérapie hyperbare devrait idéalement comporter la mesure de la pression transcutanée d'oxygène et celle de sa fraction expirée.

La compensation tympanique lors de la compression à 2,5 ATA s'est réalisée par occlusion intermittente par le patient du Provox HME (prothèse échangeur de chaleur et d'humidité fixée en regard de la trachéostomie) et manœuvre de Valsalva.

Nous avons au départ imaginé l'utilisation d'une poche de colostomie en regard de la trachéostomie reliée par un connecteur de diamètre 15 mm au circuit patient du caisson hyperbare. Ce dispositif s'est avéré un échec technique, l'inspiration entraînant le collapsus complet de la poche de colostomie (Photos 8 - 9).

Un dispositif similaire utilisant une poche de colostomie chez le patient trachéotomisé est décrit par Ole Hyldegaard et Erik Jansen (1).

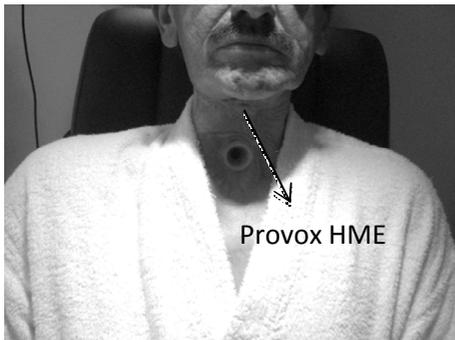
L'utilisation du masque oronasal Comanex relié à un débitlitre a entraîné des fuites de débit inspiratoire et expiratoire trop importantes rendant son utilisation inefficace et dangereuse (photo 10).

REFERENCES

Hyldegaard O, Jansen EC. A device for hyperbaric ventilation of the tracheostoma patient. The Hyperbaric Unit, Department of Anesthesia, Rigshospitalet, Copenhagen, Denmark. EUBS 2009, Aberdeen - Scotland.

Photo 2_Prothèse Phonatoire (Shunt trachéoesophagien)

Photo 1



OHB et prothèse phonatoire

Photo 3
Provox HME (Heat and Moisture Exchanger)

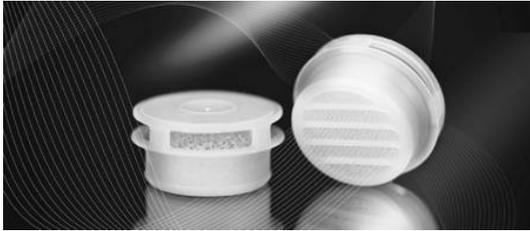


Photo 4

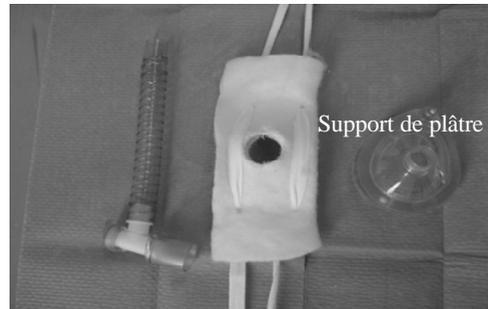


Photo 5

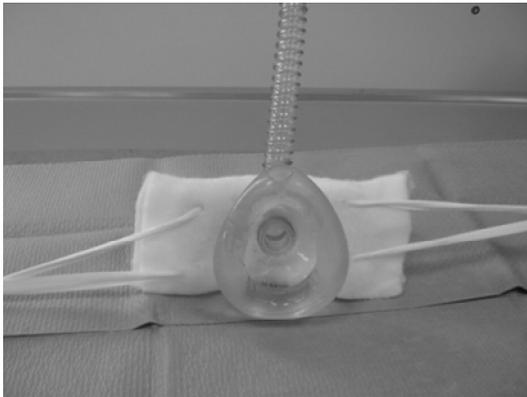
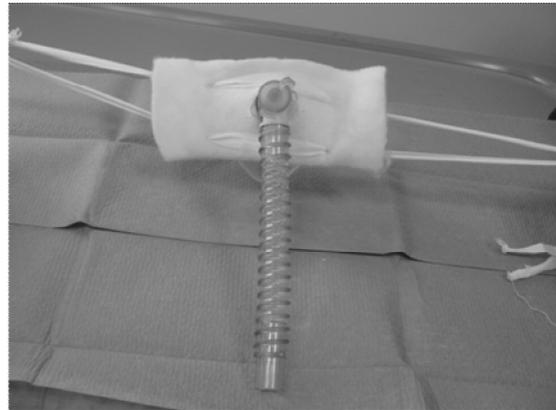


Photo 6



Vue avant du dispositif

Photo 7

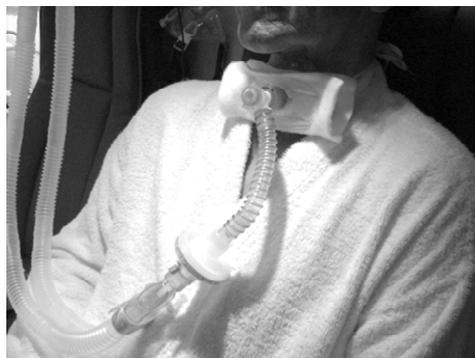


Photo 8



Photo 9



↓
Poche de colostomie

Photo 10



Masque oro-nasal Comanex

RESUME

Oxygénothérapie hyperbare chez un patient porteur d'une prothèse phonatoire : Aspect pratique. D Jacobs, M ElKaissi, E Bourmanne, M Vranckx, C Hautain, M. Caldow, G Locantore. Bulletin MEDSUBHYP, 2013, 23 (supp) : 29 – 33. La présence chez un patient d'une trachéostomie définitive et d'une valve phonatoire (shunt trachéo-oesophagien) constitue un problème technique d'appareillage durant l'oxygénothérapie hyperbare.

La méthode la plus simple consiste à insérer une canule de trachéotomie. Cette technique est déplaisante et traumatisante, susceptible d'endommager ou de déplacer la prothèse phonatoire.

Nous décrivons l'utilisation d'un masque pédiatrique d'induction d'anesthésie, inséré dans un support de plâtre, permettant la réalisation chez le patient en ventilation spontanée de vingt séances d'hyperbarie sans fuite de débit autour du dispositif.

Adresse de contact

daniel.jacobs@chu-charleroi.be

RECOMMANDATIONS AUX AUTEURS

MANUSCRIT:

Le manuscrit soumis pour publication sera adressé, à l'Editeur du Bulletin (Dr JC ROSTAIN - Physiopathologie et Action Thérapeutique des Gaz Sous Pression - UPRES - EA 3280 - Faculté de Médecine Nord - 13344 Marseille Cedex 15 -), soit en triple exemplaires, y compris les tableaux, figures, annexes et résumés (total de 9 pages maximum, sauf accord préalable) et enregistré sur une disquette au format Word (.doc) pour PC, soit de préférence adressé par courriel à jean-claude.rostain@univmed.fr.

Le texte sera écrit en français, en Times New Roman 12, simple interligne, texte justifié, début de paragraphe sans retrait, saut d'une ligne entre chaque paragraphe. Les pages seront numérotées de 1 à 9 dès la page de titre (pagination automatique Word). Les titres seront précédés et suivis d'un saut de ligne. Pas de ponctuation en fin de titre.

Eviter les caractères italiques et les soulignements. Seules les abréviations internationales connues peuvent être utilisées. En ce qui concerne les signes peu courants, il faudra signaler leur justification, entre parenthèses, la première fois qu'ils apparaîtront dans le texte.

Un bref résumé de l'article en français et en anglais avec un titre en anglais, sera joint au manuscrit (150 mots ou 1000 caractères espaces compris pour chacun des résumés).

Chaque manuscrit devra comporter :

- les noms exacts et les prénoms des auteurs, ainsi que leurs adresses complètes avec l'e-mail du premier auteur
- le nom et l'adresse de l'hôpital, du centre ou de l'institut où a été réalisé le travail.
- le titre et le résumé en anglais, l'introduction, les matériels et méthode, les résultats, la discussion, les références et le résumé en français.

REFERENCES:

Les citations dans le texte se feront entre parenthèses de la façon suivante :

- 1 auteur : (Bennett 1975)
- 2 auteurs : (Rostain et Naquet 1974)
- 3 auteurs et plus : (Brauer et coll. 1974)

Les références bibliographiques seront présentées par ordre alphabétique :

- pour un mémoire : 1/ le nom des auteurs et les initiales de leurs prénoms ; 2/ le titre intégral du mémoire dans la langue originale ; 3/ le nom du journal (abrégé selon les normes internationales) ; 4/ l'année de parution ; 5/ le tome ; 6/ la première et la dernière page
- pour un livre : 1/ le nom des auteurs et les initiales de leurs prénoms ; 2/ le titre de l'ouvrage ; 3/ le numéro d'édition à partir de la seconde édition ; 4/ le nom de la maison d'édition ; 5/ la ville ; 6/ l'année de parution ; 7 / le nombre de pages
- pour un article dans un livre : 1/ le nom des auteurs et les initiales de leurs prénoms ; 2/ le titre intégral de l'article ; 3/ le nom de l'éditeur ; 4/ le titre de l'ouvrage ; 5/ le numéro d'édition à partir de la seconde édition ; 6/ le nom de la maison d'édition ; 7/ la ville ; 8/ l'année de parution ; 9/ le nombre de pages

Exemples

REVUE :

Rostain JC, Gardette B, Naquet R. Effects of exponential compression curves with nitrogen injection in man. *J Appl Physiol* 1987, 63 : 421-425.

LIVRE :

Jannasch HW, Marquis RE, Zimmerman AM, (eds). *Current perspectives in High Pressure Biology*. Academic Press, London. 1987, 341 p.

ARTICLE DANS UN LIVRE :

Rostain JC, Lemaire C, Naquet R. Deep diving, neurological problems. *In* : P. Dejours, (ed). *Comparative physiology of environmental adaptations*. Karger, Basel. 1987, p 38-47.

ILLUSTRATIONS:

Ne fournir que des photographies sur papier, des figures et schémas aux dimensions prévues pour la publication ou des reproductions de bonne qualité sur ordinateur.

Tenir compte du degré de réduction avant de fixer la dimension des lettres figurant sur le dessin.

Les schémas et illustrations seront numérotés en chiffres arabes. Les tableaux seront notés en chiffres romains. En ce qui concerne la radiologie, ne fournir que d'excellents tirages sur papier.

Dactylographier sur une feuille à part les légendes des figures. Légendes et figures sont à envoyer séparées du texte.

SOMMAIRE

- REUNION DE PRINTEMPS LILLE . 01- 03.
- QUALITE DES ATMOSPHERES HYPERBARES.
JC LE PECHON. 05 – 14
- PREVENIR ET TRAITER LES ACCIDENTS DE DECOMPRESSION EN SITUATION
PRECAIRE : INTERET DE FORMATIONS ADAPTEES A DES COMMUNAUTES
ISOLEES DE PLONGEURS PECHEURS AU VIETNAM.
JE BLATTEAU, JM PONTIER, VM NGUYEN, VT NGUYEN , P CAVENEL, J RUFFEZ. 15 – 28
- OXYGÉNOTHÉRAPIE HYPERBARE CHEZ UN PATIENT PORTEUR D'UNE PROTHÈSE
PHONATOIRE : ASPECT PRATIQUE.
D JACOBS, M ELKAISSI, E BOURMANNE, M VRANCKX, C HAUTAIN,
M. CALDOW, G LOCANTORE. 29 – 33.