ISSN 1248 – 2846 3448 6761®

BULLETIN de MEDECINE SUBAQUATIQUE et HYPERBARE

2015. Tome 25. Numéro 1

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

REVUE SEMESTRIELLE

Date de publication : juillet 2015

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 2015

Président:	BLATTEAU, J.E.	Administrateurs :	BARTHELEMY, A
Vice Présidents :	GENESTAL, M.		BARTHET, M.C.
	COULANGE, M.		BERGMANN, E.
Secrétaire général :	DELAFOSSE, B.		MATHIEU, D
Secrétaire adjoint :	.HENCKES, A.		GRANDJEAN, B
Trésorier :	LOUGE, P.		PONTIER J.M.
Trésorier adjoint :	HUGON, M.		REGNARD, J.
			SOUDAY, V.

.CONSEIL SCIENTIFIQUE

Coordinateur :	MELIET, J.L.	
Conseillers :	BARTHELEMY, A.	CONSTANTIN, P.
	COULANGE, M.	GUERERO, F
	PONTIER, J.M.	LETELLIER, P.
	ROSTAIN, J.C.	WENDLING, J.

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

BULLETIN de MEDECINE SUBAQUATIQUE et HYPERBARE
2015. Tome 25, Numéro 1.

Dépôt légal : 4 mars 2015
3448 6761®

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 : juillet 2015

PREVENTION DU RISQUE INFECTIEUX ET CAISSONS HYPERBARES THERAPEUTIQUES : ETAT DES LIEUX DES PRATIQUES EN FRANCE

D. HUART[1,2], A. HENCKES[3], G. COCHARD[3], M. COSSE[2], JR ZAHAR[1,4], R. BARON[2], P. SALIOU[2]. [1]Université d'Angers, Angers, France, [2]CHRU de Brest, Equipe Opérationnelle d'Hygiène, Brest, France, [3)]CHRU de Brest, Unité de médecine hyperbare, Brest, France, [4]CHU d'Angers, Equipe Opérationnelle d'Hygiène, Angers, France.

ABSTRACT

Infection control and hyperbaric oxygen chambers: Practical inventory in France. D Huart, A Henckes, G Cochard, M Cosse, JR Zahar, R Baron, P Saliou. Bull. Medsuhyp 2015, 25 (1) : 01 – 07.

Hyperbaric Medical professionals are struggling to apply the usual recommendations in hospital hygiene. Indeed, the occurrence of a fire during a hyperbaric Oxygen Therapy session is particularly feared but many alcohol-based products or products containing fats are recommended for hospital hygiene. The objective of this study was to identify practices concerning the prevention of infectious risk in therapeutic hyperbaric chambers in France. It appears that the management of the environment and the organization of the care of patients are heterogeneous between chambers. It therefore seems necessary to organize a working group involving hyperbarists and hygienists to establish specific hygiene recommendations for their environment in order to harmonize and secure practices.

INTRODUCTION

L'oxygénothérapie hyperbare (OHB) est une thérapeutique non-invasive qui consiste à administrer à des patients 100 % d'oxygène à une pression supérieure à la pression atmosphérique. Les patients sont placés dans un caisson hyperbare et l'oxygène est délivré par un masque. Il peut s'agir d'un traitement d'urgence comme pour les accidents de décompression de plongée (Wolkiewiez 1982) ou les intoxications au monoxyde d'azote (Rosenthal 2006), ou d'un traitement de pathologies chroniques comme pour certaines infections des tissus mous (Bhutani et Vishwanath 2012), des gangrènes gazeuses ou des abcès intracrâniens. Les caissons hyperbares thérapeutiques peuvent être monoplaces mais le plus souvent ils sont multiplaces (Le Péchon 2002) induisant ainsi une certaine promiscuité entre les patients. Bien que la durée d'une séance d'OHB soit d'environ 90 à 120 min en principe, la durée, la fréquence et le nombre de séances ne sont pas standardisés. Les séances peuvent être répétées 2 à 4 fois par jour selon l'indication et l'état du patient (HAS 2007).

La prévention des infections associées aux soins repose essentiellement sur l'hygiène des mains (Pittet et coll 2000) et dans ce domaine, les produits hydro-alcooliques (PHA) ont fait la preuve de leur efficacité (Zaragoza et coll 1999, Girou et coll 2002, Gordin et coll 2005). La Société Française d'Hygiène Hospitalière (SF2H) recommande d'effectuer une friction hydro-alcoolique en remplacement du lavage des mains (au savon doux ou antiseptique) en l'absence de souillure visible des mains (SF2H 2009). La place de la friction hydro-alcoolique est également retrouvée dans les recommandations nord américaines de 2002 (Boyce et Pittet 2002) et dans le guide de l'Organisation Mondiale de la Santé (WHO 2009). Or en situation hyperbare, le feu est le danger principal et l'incendie le risque le plus redouté (CEMH 1994, Sheffield et Desautels 1997, Le Péchon 2002). En effet cette situation apporte les éléments du « triangle du feu » (combustible, comburant, énergie) (Le Péchon 2002). Ainsi, il n'est pas conseillé d'introduire d'alcool dans les caissons hyperbares. L'alternative à la friction hydro-alcoolique est le lavage simple avec un savon doux, or les savons doux contiennent généralement des corps gras (glycérine) qui doivent également être évités à l'intérieur du caisson (CEMH 1994, Le Péchon 2002). Les professionnels de médecine hyperbare ne disposent pas de recommandations spécifiques en matière de prévention du risque infectieux et les mesures de sécurité rendent difficile l'application des recommandations habituelles dans le domaine. Ainsi, les professionnels du caisson hyperbare du CHRU de Brest ont sollicité l'équipe

opérationnelle d'hygiène (EOH) pour répondre à leurs interrogations en matière de prévention et de gestion du risque infectieux. Ces interrogations portaient notamment sur l'entretien des surfaces internes et externes au caisson, du sol, du matériel tel que les masques à oxygène, sur la mise en place de procédures particulières selon le profil de patients pris en charge. Devant l'absence de recommandations spécifiques, il semblait d'abord nécessaire d'identifier les pratiques dans ce domaine.

L'objectif de ce travail était donc de dresser un état des lieux des pratiques concernant la prévention du risque infectieux dans l'ensemble des caissons hyperbares thérapeutiques de France.

METHODES

Pour identifier les pratiques concernant la gestion du risque infectieux au sein des caissons hyperbares, un questionnaire a été élaboré et envoyé, en septembre 2014, aux différentes unités de médecine hyperbare de France. Ce questionnaire était composé de différents items. Le premier concernait la gestion de l'environnement et l'entretien du matériel. Les questions portaient principalement sur la fréquence et les produits utilisés pour l'entretien des surfaces en contact avec les patients, les surfaces sans contact avec les patients (sols, parois du caisson et console de pilotage), et sur l'entretien des composants du circuit respiratoire (masques à oxygène, tuyaux, filtres). Le deuxième item concernait les précautions usuelles : les unités étaient interrogées sur leurs pratiques concernant l'hygiène des mains (professionnels et patients, fréquence et produits utilisés) et sur la tenue des professionnels et des patients. Le troisième item concernait les précautions complémentaires mises en place selon le profil des patients pris en charge (trachéotomisés, porteur de bactéries multi-résistantes – BMR – ou immunodéprimés) et l'existence de procédures spécifiques à l'unité pour la prise en charge de patients nécessitant des précautions complémentaires (type contact, ou air). À la fin du questionnaire, nous demandions si une épidémie liée à la fréquentation du caisson hyperbare avait déjà été identifiée, et si les professionnels souhaitaient avoir des recommandations en hygiène, spécifiques au caisson hyperbare.

Une fois complétés par les professionnels des unités de médecine hyperbare, les questionnaires nous ont été renvoyés soit par courrier électronique, soit par voie postale. Il s'agissait d'une étude descriptive, qualitative réalisée à l'aide du tableur Excel®.

RESULTATS

En septembre 2014, le questionnaire a été envoyé à 18 unités de médecine hyperbare de France. Entre septembre 2014 et février 2015, nous avons recueilli 16 questionnaires, soit un taux de réponse de 89 %. Quinze caissons étaient multiplaces et un était monoplace.

Entretien du caisson

Parmi les 16 unités qui ont répondu, 56 % disposaient de procédures spécifiques pour l'entretien et le bio-nettoyage du caisson, distinctes des procédures institutionnelles. Les fréquences d'entretien des différents types de surfaces (surfaces en contact avec les patients, sol, parois intérieures et extérieures et console de pilotage) étaient assez hétérogènes (tableau I). A l'inverse, les types de produits utilisés pour l'entretien étaient globalement similaires : tous les caissons utilisaient au moins un produit détergent/désinfectant pour les surfaces en contact avec les patients et pour les autres surfaces (dont le sol) l'entretien se faisait avec un produit détergent/désinfectant dans 87 % des cas et avec un détergent seul dans 13 % des cas.

Entretien du circuit respiratoire

Concernant la désinfection des masques à oxygène, les techniques étaient assez homogènes (il s'agissait d'un trempage, dans 94 % des cas), mais les fréquences étaient hétérogènes. Le trempage était effectué après chaque séance ou quotidiennement dans 50 % des cas, de façon hebdomadaire dans 19 % des cas, à la fin du cycle de traitement du patient dans 12,5 % des cas et « selon l'état du masque » au cours d'un cycle de traitement dans 12,5 % des cas. Un caisson procédait à un essuyage avec des lingettes désinfectantes, sans alcool, au cours du cycle de traitement et effectuait un nettoyage à haute température à la fin du cycle de traitement d'un patient. Des techniques complémentaires

Type de surface	Fréquence	N (%)
En contact avec le patient	après chaque séance	7 (44)
	quotidien	8 (50)
	mensuel	1 (6)
Sol	après chaque séance	1 (6)
	biquotidien	1 (6)
	quotidien	10 (63)
	hebdomadaire	2 (12)
	mensuel	2 (12)
Parois intérieures	après chaque séance	1 (6)
	quotidien	6 (38)
	hebdomadaire	3 (19)
	mensuel	3 (19)
	trimestriel	1 (6)
	autres*	1 (6)
Parois extérieures	quotidien	2 (12)
	hebdomadaire	5 (31)
	mensuel	5 (31)
	trimestriel	1 (6)
	autres*	3 (19)
Console de pilotage	biquotidien	1 (6)
	quotidien	7 (44)
	hebdomadaire	6 (38)
	mensuel	1 (6)
	autres*	1 (6)

* selon les besoins, en attente de validation ou jamais

Tableau I : Fréquences d'entretien des différentes surfaces du caisson hyperbare, n=16.

pouvaient être utilisées : dans 1 cas, les masques étaient envoyés en stérilisation centrale à la fin du cycle et dans un autre cas les masques étaient stérilisés à froid. Un caisson utilisait 2 types de masques : des masques semblables à ceux utilisés en anesthésie/réanimation, nominatifs et jetés à la fin du cycle de traitement d'un patient et des masques en silicone réutilisables. Ensuite, dans 50 % des cas les tuyaux des masques à oxygène étaient changés soit toutes les semaines soit à la fin du cycle de traitement du patient. Dans les autres cas le changement de ces tuyaux pouvait être quotidien, mensuel, trimestriel, semestriel voir annuel sans systématiquement subir de désinfection entre temps. Dans 44 % des cas, un filtre était ajouté sur le circuit expiratoire et dans

un cas ce filtre était ajouté uniquement pour les

patients trachéotomisés. Les filtres étaient changés après chaque séance dans 43 % des cas, quotidiennement dans 43 % des cas et mensuellement dans 14 % des cas.

Entretien des accessoires

Dans 38 % des caissons, des écouteurs, des casques audio ou casques anti-bruit pouvaient être proposés aux patients. L'entretien de ce matériel se faisait dans tous les cas pour chaque patient, soit par le biais de compresses disposées sur les écouteurs et changées après chaque séance, soit par l'utilisation d'un casque unique par patient, soit par l'utilisation de lingettes désinfectantes.

Précautions standard

Au total, 63 % des caissons étaient équipés d'un lavabo. Dans ces caissons, l'hygiène des mains pouvait être réalisée par lavage simple avec un savon doux (30 %), par friction hydro-alcoolique (30 %), par l'une ou l'autre de ces 2 techniques (30 %), ou par lavage avec un savon antiseptique (10 %). Pour les caissons non équipés de lavabo, l'hygiène des mains pouvait être effectuée par friction hydro-alcoolique, par lavage simple (en dehors du caisson) et dans certains cas les professionnels portaient des gants. L'hygiène des mains avait lieu entre chaque séance dans 44 % des cas, entre chaque soin dans 38 % des cas, selon les besoins dans 6 % des cas et pour un caisson nous n'avions pas de précision. D'autre part, 19 % des caissons déclaraient que les patients effectuaient systématiquement une hygiène des mains avant la séance d'OHB.
Concernant la tenue de travail, dans tous les caissons les professionnels portaient systématiquement une tenue spécifique, et dans 19 % des cas l'utilisation du coton était précisée. L'utilisation systématique de la sur-blouse était précisée dans un cas, l'utilisation systématique des gants était précisée dans 2 cas et l'utilisation systématique des sur-chaussures était précisée dans un cas. Dans aucun caisson, l'utilisation de la charlotte ne nous était signalée. Pour les patients venant consulter en externe, une tenue spécifique pouvait être fournie dans 75 % des cas ; 8 caissons ont précisé utiliser du coton ou des tuniques hospitalières alors que 2 autres ont précisé utiliser des sur-chaussures. Dans 56 % des cas des recommandations spécifiques étaient données aux patients concernant leur tenue vestimentaire et certains ont spécifié recommander des tenues en coton, en évitant le synthétique et en évitant le maquillage (corps gras).

Précautions complémentaires

La plupart des caissons était amenée à prendre en charge des patients trachéotomisés, des patients porteurs de BMR et des patients immunodéprimés. Les modalités de prise en charge de ces patients étaient différentes selon les caissons (tableau II).
Concernant les précautions complémentaires de type air ou contact, 38 % des caissons disposaient de procédures spécifiques.
Deux unités signalaient avoir déjà refusé la prise en charge de patients porteurs d'infection et l'un d'eux précisait « en cas de tuberculose, de varicelle ou d'infection à *staphylocoque Aureus* résistant à la Méticilline au niveau respiratoire ».

DISCUSSION

Il ressort de cette étude une grande diversité des pratiques concernant la gestion du risque infectieux dans les caissons hyperbares. Ceci peut en partie s'expliquer par l'absence de recommandations spécifiques applicables au milieu hyperbare. La gestion de l'environnement est variable : il existe une hétérogénéité dans les fréquences d'entretien des différentes surfaces du caisson mais l'utilisation des produits d'entretien était globalement homogène (utilisation majoritaire de produits détergent/désinfectant). Il faut cependant noter que ces produits n'étaient pas toujours adaptés ni aux recommandations en hygiène (des produits de désinfection pour dispositifs médicaux pouvaient être utilisés pour l'entretien du sol et des surfaces) ni aux consignes de sécurité liées à l'hyperbarie (des produits contenant de l'alcool pouvaient être utilisés pour la désinfection des surfaces). Même lorsqu'il n'y a pas de séance prévue, l'utilisation de l'alcool est discutable car une séance en urgence peut être nécessaire à tout moment, sans savoir exactement s'il reste ou non des particules vapeurs d'alcool en suspension dans l'air.
Pour l'entretien des masques à oxygène, la technique la plus répandue était le trempage (94 % des cas) mais les fréquences étaient assez variables

Type de patient	Modalités de prise en charge	Caissons concernés N (%)
Patients trachéotomisés		**15/16 (94)**
	au cours de séances communes	10/15 (67)
	aspirés au cours des séances	12/15 (80)
	utilisation d'EPI*	10/15 (67)
Patients porteurs de BMR**		**15/16 (94)**
	au cours de séances spécifiques	8/15 (53)
	au cours de séances communes	4/15 (27)
	selon les prescriptions médicales	3/15 (20)
Patients immunodéprimés		**11/16 (69)**
	au cours de séances spécifiques	9/11 (81)
	port de masque (en dehors de la séance d'OHB)	5/11 (45)

* Equipement de protection individuel
** Bactéries multirésistantes

Tableau II : Modalités de prise en charge au sein des caissons hyperbares thérapeutiques en fonction du type de patients, n=16.

et des techniques complémentaires pouvaient être utilisées (stérilisation centrale ou stérilisation à froid). Dans un caisson, deux types de masques étaient même utilisés : des masques réutilisables (en silicone) et des masques à usage unique jetés uniquement après le cycle de traitement du patient (type masques d'anesthésie). Cependant, la réutilisation d'un matériel (non stérile) à usage unique chez un même patient pose certains problèmes. Il semble nécessaire de définir la fréquence de changement de ce matériel après un nombre défini de journées d'utilisation ou après un nombre défini de séances. Concernant les tuyaux des masques, les fréquences de changement étaient également variables (quotidien à annuel) et 44 % des caissons ajoutaient des filtres sur le circuit expiratoire. Cependant, l'ajout d'un filtre serait plus dédié à la protection du circuit interne du caisson qu'à la prévention du risque infectieux. En effet l'accumulation d'humidité à l'intérieur des tuyaux expiratoires pourrait endommager le circuit interne.

Concernant l'hygiène des mains des professionnels, les techniques et fréquences étaient également variables et ne répondaient pas toujours aux consignes de sécurité (utilisation de PHA ou de corps gras) et bien que rarissime le risque d'incendie relié aux PHA est réel (Bryant 2002). Enfin, rappelons que le port de gants ne dispense pas d'une hygiène des mains qui doit être effectuée avant d'enfiler les gants et immédiatement après leur retrait. De plus les gants doivent être changés entre 2 patients et entre 2 activités de soin (SF2H 2009).

La plupart des caissons prenait en charge des patients trachéotomisés, porteurs de BMR ou immunodéprimés. Ces patients pouvaient être pris en charge lors de séances spécifiques ou lors de séances communes avec d'autres patients. De façon générale, les soins délivrés aux patients sont au final, assez rares au sein même des caissons, limitant le risque d'infections croisées. Le plus important est de connaître le statut infectieux des patients. Deux caissons ont signalé avoir déjà

refusé des patients porteurs d'infection dont l'un précisait « en cas de tuberculose, de varicelle ou d'infection respiratoire à *Staphylocoque Aureus* résistant à la Méticilline ». Il semble pertinent de ne pas prendre en charge des patients relevant de précautions complémentaires type air au sein des caissons (lieux de confinement et de promiscuité) car le risque de transmission d'infection par cette voie est difficilement contrôlable. Il en est de même pour les patients relevant de précautions complémentaires type gouttelettes. Pour les patients relevant de précautions complémentaires de type contact, si des séances spécifiques ne peuvent pas être organisées, la prise en charge en séance commune peut être envisagée lorsque les soins dispensés sont rares à l'intérieur du caisson et lorsque le bio-nettoyage est efficace. Toutefois, la mise en place de ces précautions ne devra pas retarder la prise en charge des patients pour des urgences vitales.

Cette enquête multi-site nous a permis de recenser les pratiques en matière de prévention du risque infectieux dans la plupart des caissons hyperbares de France. Le taux de réponse de 89 % nous permet d'avoir une vision représentative des pratiques en France et peut être considéré comme le reflet d'un réel intérêt des professionnels de médecine hyperbare en matière de prévention du risque infectieux. Cependant, cette étude se basait sur un mode auto-déclaratif, le questionnaire ayant été envoyé par courrier électronique aux différentes unités de médecine hyperbare. Les réponses aux questions étaient parfois subjectives et pouvaient manquer de précision ou de clarté. L'idéal aurait été de mener des audits sur sites, ce qui était difficilement réalisable en pratique (temps, coût de chaque déplacement …).

Cette étude avait pour objectif de recenser et de dresser un état des lieux des pratiques concernant la prévention du risque infectieux au sein des caissons hyperbares de France. L'objectif n'était pas d'aboutir directement à des recommandations spécifiques sur le sujet mais plus de faire prendre conscience de la difficulté de transposer les recommandations classiques en hygiène au milieu hyperbare. La diversité des pratiques observée dans ce domaine illustre bien la position difficile des professionnels hyperbaristes qui doivent concilier bonnes pratiques en matière de prévention du risque infectieux et bonnes pratiques en matière de sécurité. D'après notre enquête, tous les professionnels étaient demandeurs de recommandations sur ce sujet. La mise en place d'un groupe de travail associant médecins hyperbaristes et hygiénistes permettrait d'identifier les situations et les actes à risque infectieux et de proposer des recommandations tenant compte des contraintes de sécurité.

REMERCIEMENTS

Nous remercions tous les professionnels de médecine hyperbare qui ont répondu au questionnaire sans qui cette étude n'aurait pas été possible.

REFERENCES

Bhutani S, Vishwanath G. Hyperbaric oxygen and wound healing. Indian J Plast Surg. 2012 May;45(2):316-24.

Boyce JM, Pittet D. Guideline fir Hand Hygiene in Health-Care Setting: recommendations of the Healthcare Infection Control Practices Advisory Committee and the HICPAC/SHEA/APIC/IDSA Hand Hygiene Task Force. Infect Control Hosp Epidemiol 2002;23(12 Suppl):S3-40.

Bryant KA, Pearce J, Stover B. Flash fire associated with the use of alcohol-based antiseptic agent. Am J Infect Control 2002;30:256-7.

Comité européen pour la médecine hyperbare. 1ère conférence européenne de consensus sur la médecine hyperbare. Lille 19 au 21 septembre 1994. Recommandation du jury. Paris : CEMH ; 1994.

Girou E, Loyeau S, Legrand P, Oppein F, Brun-Buisson C. Efficacy of handrubbing with alcohol based solution versus standard handwashing with antiseptic soap: randomised clinical trial. BMJ. 2002 Aug 17;325(7360):362.

Gordin FM, Schultz ME, Huber RA, Gill JA. Reduction in nosocomial transmission of drug-resistant bacteria after introduction of an alcohol-based handrub. Infect Control Hosp Epidemiol. 2005 Jul;26(7):650-3.

Haute Autorité de Santé. Oxygénothérapie hyperbare. Saint-Denis La Plaine. 2007. Disponible sur : http://www.has-sante.fr/portail/upload/docs/application/pdf/rapport_oxygenotherapie.pdf (consulté le 20 mars 2015).

Le Péchon JC. Sécurité en situation hyperbare. In : Wattel F, Mathieu D. Traité de médecine hyperbare. Paris : Ellipses Edition ; 2002. p600-614.

Pittet D, Hugonnet S, Harbarth S, Mourouga P, Sauvan V, Touveneau S, et al. Effectiveness of a hospital-wide

programme to improve compliance with hand hygiene. Infection Control Programme. Lancet. 2000 Oct 14;356(9238):1307-12.

Rosenthal LD. Carbon monoxide poisoning. Immediate diagnosis and treatment are crucial to avoid complications. Am J Nurs 2006 ; 106 (3) : 40-6.

Société Française d'Hygiène Hospitalière. Recommandations pour l'hygiène des mains, juin 2009. Collection hygiènes. Volume XVII – n°3. Disponible sur : http://www.sf2h.net/publications-SF2H/SF2H_recommandations_hygiene-des-mains-2009.pdf (consulté le 20 mars 2015).

Sheffield PJ, Desautels DA. Hyperbaric and hypobaric chamber fires: a 73-year analysis. Undersea Hyperb Med. 1997 Sep;24(3):153-64.

Wolkiewiez J. Les accidents de plongée. Etudes statistique et traitement d'urgence. Bulletin de l'Institut Océanographique, Monaco, 1982, numérospécial 3, 139-45.

World Health Organization. WHO Guidelines on hand hygiene in health care. 2009. Disponible sur : http://whqlibdoc.who.int/publications/2009/9789241597906_eng.pdf (consulté le 10 avril 2015).

Zaragoza M, Salles M, Gomez J, Bayas JM, Trilla A. Handwashing with soap or alcoholic solutions? A randomized clinical trial of its effectiveness. Am J Infect Control 1999;27(3):258-61.

RESUME

Prévention du risque infectieux et caissons hyperbares thérapeutiques : état des lieux des pratiques en France. D Huart, A Henckes, G Cochard, M Cosse, JR Zahar, R Baron, P Saliou. Bull. Medsuhyp 2015, 25 (1): 01 – 07.

Les professionnels de médecine hyperbare sont en difficulté pour appliquer les recommandations habituelles en hygiène hospitalière. En effet, la survenue d'un incendie au cours des séances d'oxygénothérapie hyperbare est particulièrement redoutée ; or, de nombreux produits à base d'alcool ou contenant des corps gras sont recommandés en hygiène hospitalière. L'objectif de cette étude était de recenser les pratiques concernant la prévention du risque infectieux au sein des caissons hyperbares thérapeutiques de France. Il en ressort que la gestion de l'environnement et l'organisation de la prise en charges des patients sont hétérogènes entre les caissons. Il semble donc nécessaire d'organiser un groupe de travail associant médecins hyperbaristes et hygiénistes afin d'émettre des recommandations en hygiène spécifiques à leur milieu en vue d'harmoniser et de sécuriser les pratiques.

DERMATOSES, OTITES EXTERNES ET LEGIONELLOSES : LES PRINCIPAUX RISQUES DE MALADIES INFECTIEUSES LORS DES SEJOURS DANS LES SYSTEMES DE PLONGEE A SATURATION. (D'APRES NOS PROPRES OBSERVATIONS FAITES A L'INPP ET LES PUBLICATIONS DU DR CATRINE AHLÉN)

M. BORGNETTA, Médecin chef du Département Médical de l'INPP (Institut National de Plongée Professionnelle) entrée N°3 port de la pointe rouge 13008 Marseille. (France).

ABSTRACT

Skin diseases, external otitis and legionellosis : The main risks of infectious diseases during hyperbaric sojourn for saturation diving. (according to personal observations at INPP and Caterine Ahlen's publications). M Borgnetta. Bull. Medsubhyp. 2015, 25 (1) : 09 – 19.

Introduction : In order to propose appriopriate means of fight and prevention against infectious diseases which develop in saturation diving systems, we firstly report the pathologies encountered at INPP, and secondly we describe the presence of Legionella Pneumophila in watery circuits, according to Dr Caterine Ahlen's studies.

Methods : 1st part :The infectious diseases encountered are clinically characteristic of infections by staphylococcus Aureus, Pseudomonas Aeruginosa and Kytococcus Sedentarius. The means of fight and prevention associate disinfection of hyperbaric chamber, especially by aerial way, and hygienic guidelines for divers. **2nd part** : Legionella Pneumophila stands as a serious infectious risk which has been studied thoroughly by Caterine Ahlen in water circuits aboard Norwegian Navy's ships. **Results :** The fight and prevention tools which were set up at INPP led to near-disappearance of cutaneaous infectious diseases.

Conclusion : The best **means of prevention** against infectious diseases in saturation diving system are **hygiene guidelines to divers** and hyperbaric chambers operators, together with repeated microbial hygienic survey which allows the implementation of **appropriate means of fight**.

Keywords : diving saturation, pseudomonas aeruginosa, free-living amoebae, biofilm, kytococcus sedentarius, staphylococcus aureus, legionella pneumophila, external otitis, pitted keratolysis.

INTRODUCTION

Cet exposé aurait pu s'intituler : « les infections communautaires en plongée à saturation ». C'est bien de cela qu'il s'agit puisque les *infections communautaires se propagent au sein d'une communauté regroupée dans un espace relativement restreint et co*nfiné, définition qui correspond directement aux conditions de vie lors des plongées à saturation. Une première partie de cet article est consacrée aux dermatoses infectieuses et aux otites externes aigues rencontrées lors des plongées à saturation à l'Institut National de Plongée Professionnelle (INPP). La deuxième partie évoque le risque potentiel d'infection par la Legionella Pneumophila dans les systèmes de plongée à saturation. Dans tout cet exposé, les résultats des travaux conduits par le Dr Catrine AHLÉN sont utilisés pour préciser ces risques infectieux et indiquer les moyens de lutte et de prévention disponibles.

METHODES

Première Partie :
Les DERMATOSES INFECTIEUSES ET OTITES EXTERNES, OBSERVEES A L'INPP

1. Contexte et pathologies rencontrées

En 2007, année de mon arrivée à l'INPP, j'ai été confronté à plusieurs cas de dermatoses infectieuses et otites externes survenues chez des stagiaires au Classe III Mention A (Stage de formation à la plongée à saturation, d'une durée de 5 semaines). La plongée à saturation, qui conclut ce stage, est réalisée à une profondeur de 100 mètres et nécessite un séjour de 44 heures dans le système hyperbare conçu pour accueillir 4 plongeurs.

Pour mémoire, le système de plongée à saturation est composé de 3 chambres hyperbares :

- un caisson de vie qui contient 4 bannettes.

- **- un sas de transfert** où se situent les sanitaires. **Un circuit d'eau douce pressurisé** et équipé d'un **chauffe-eau** permet d'alimenter en eau courante la douche et le lavabo situés dans le sas.
- **- une tourelle de plongée** qui, reliée à la barge-support par son ombilical, permet d'atteindre le chantier sous-marin. Reliés à la tourelle par un narguilé, les stagiaires évoluent en **vêtement à eau chaude** (eau de mer**).** L'eau chaude parvient au vêtement depuis **un circuit d'eau de mer pressurisé** et équipé d'un **chauffe-eau**.
-
- De janvier à août 2007 se déroulent 5 stages (de 12 stagiaires chacun) de Classe III Mention A et 15 plongées à saturation sont réalisées (4 stagiaires par plongée). Pendant cette période 12 cas de pathologies infectieuses, cutanées et ORL, sont répertoriés parmi les 60 stagiaires, avec des premiers signes cliniques apparaissent de 24 à 48 heures après la sortie du système hyperbare. Il n'a jamais été observé plus de 2 cas d'infection par plongée à saturation. Ces pathologies sont :
- **Des dermatoses infectieuses** de type **folliculaire, pour 6 cas** :
- **- folliculites superficielles** : 3 cas, toutes de localisations dorsales.
- **- furoncles** : 2 cas, un dorsal et un périnéal.
- **- anthrax** : 1 cas localisé sur la face antérieure de la cuisse.
- Une des folliculites d'évolution clinique particulièrement rapide et sévère, a nécessité une antibiothérapie par voie générale en plus des soins locaux, et l'anthrax a bénéficié d'une intervention chirurgicale effectuée sous anesthésie générale.
- **Des otites externes : 4 cas.**

Les 4 cas d'otites externes sont jugés cliniquement assez sévères pour justifier la prescription immédiate d'une antibiothérapie probabiliste per os.

- **Une dermatose infectieuse non folliculaire affectant la plante des pieds : « The Pitted Keratolysis » ou « La Kératolyse ponctuée » : 1 seul cas rencontré.**

C'est une affection infectieuse, bénigne, localisée à la plante du pied (elle sera développée au paragraphe 3.3)

- **Syndrome des ongles verts** :

Un seul cas rencontré et apparu au 6éme jour après la sortie du système hyperbare. Etaient concernés les ongles des premier et deuxième orteils du pied gauche ainsi que du premier orteil du pied droit.

Les dossiers médicaux des 12 stagiaires, tous de nationalités étrangères, ont été vérifiés et ne contenaient aucun antécédent médical susceptible de prédisposer à une infection.

2. Les conditions environnementales et individuelles

L'ambiance « tropicale » et confinée qui règne dans l'ensemble hyperbare pendant les plongées à saturation (température stable à 29°C, hygrométrie relative entre 70 et 80 %) et la **promiscuité humaine** concomitante sont les principaux facteurs du développement des pathologies infectieuses, dermatologiques et ORL qui ont été rencontrées.

La peau, et donc le revêtement épithélial du conduit auditif externe, constituent la première ligne de défense vis-à-vis des agressions extérieures. Une flore microbienne cutanée abondante, milieu que l'on pourrait qualifier de « septique », contribue largement à la défense anti-infectieuse du revêtement cutané.

Cette flore, normale et résidente, est essentiellement constituée, pour les germes aérobies, de staphylocoques coagulase négatifs (50% de la flore), comme le staphylocoque epidermidis, de bacilles gram+(Corynebacterium), de bacilles gram-(Acinetobacter). Une flore anaérobie (comme les Propionibactéries) occupe essentiellement les follicules pilo-sébacées.

Le déséquilibrage de cette flore normale peut survenir du fait de modifications environnementales, comme celles qui accompagnent les plongées à saturation, du fait d'une effraction cutanée comme une plaie minime, ou du fait de sa destruction lors de l'utilisation locale de solutions antiseptiques. Ce déséquilibrage suffit à permettre l'apparition d'infections cutanées, le plus souvent de type folliculaire et superficielles.

Nous n'envisageons ici que les pathologies infectieuses, dermatologiques et ORL, rencontrées chez des sujets immunocompétents comme le sont, normalement, les stagiaires au Classe III Mention A de l'INPP ; propos qui s'appliquent par extension aux plongeurs professionnels intervenant en saturation sur les chantiers off-shore.

Malheureusement aucun des cas cliniques n'a pu bénéficier de prélèvement bactériologique et donc d'identification formelle des germes en cause. Toutefois l'aspect clinique des dermatoses infectieuses et des otites externes rencontrées est suffisamment caractéristique pour permettre de soupçonner les germes responsables, c'est-à-dire le Staphylocoque Aureus (S. Aureus), le Pseudomonas Aeruginosa (P. Aeruginosa) et le Kytococcus Sedentarius (K. Sedentarius).

3. Les germes en cause : discussion de leurs caractères bactériologiques et de leurs spécificités pathogènes.

Nous n'avons retenu pour ce chapitre que les caractères bactériologiques et les spécificités pathogènes des bactéries directement concernées par l'environnement spécifique que représente le système de plongée à saturation et par les pathologies rencontrées chez les plongeurs.

3.1 Le Staphylococcus Aureus (S. Aureus) :

coccus gram positif, aérobie prédominant, observé pour la première fois par Pasteur en 1879, le S. Aureus est largement présent sur la muqueuse nasale pour 30% de la population et en dehors de toute pathologie. Cette population de « porteurs sains » permet au S. Aureus, bactérie particulièrement résistante dans le milieu extérieur même en conditions hostiles, de se disséminer dans l'environnement et de contaminer les surfaces inertes et donc, de se transmettre d'individu à individu de façon directe ou indirecte. Les principales staphylococcies cutanées rencontrées chez l'individu sain sont dues à la pénétration des bactéries dans les annexes de la peau (follicules pilo-sébacés, glandes sudoripares) ou plus profondément dans les muqueuses à l'occasion d'une plaie. Les formes cliniques de ces dermatoses infectieuses staphylococciques sont des infections, plus ou moins profondes et nécrosantes du follicule sébacé, le S. Aureus est le grand responsable des folliculites, des furoncles et des anthrax. Les lésions peuvent classiquement siéger au niveau du dos, des fesses et des cuisses ainsi que de la barbe (sycosis) et des cils (orgelet), et réalisent des lésions identiques à celles que nous avons observées.

Le S. Aureus peut également être responsable d'otites externes aigues comme celles que nous avons rencontrées, mais beaucoup moins souvent que le Pseudomonas Aeruginosa qui est jugé responsable de 70% des cas.

Les lésions observées en 2007 à l'INPP se sont constituées en moins de 48 heures et certaines ont eu une évolution clinique étonnamment rapide et sévère. Ceci laisse supposer que les germes en cause auraient pu être des Staphylocoques Aureus producteurs de leucocidine de Panton-Valentine.

La leucocidine de Panton-Valentine (LPV) est une des toxines du S. Aureus particulièrement responsable des infections cutanées nécrosantes. Au cours de la dernière décennie cette toxine n'était produite que par moins de 5% des souches de S. Aureus. Actuellement la proportion des souches de S. Aureus producteurs de la LPV est en augmentation constante. Ainsi, 20 % des souches de S. Aureus d'Afrique de l'Ouest sont sécrétrices et plusieurs de leurs clones sont présents aux Etats Unis. Pour mémoire ces souches de S. Aureus productrices de la LPV sont également responsables de pneumopathie nécrosante de l'adulte jeune en bonne santé.

Un autre caractère bactériologique également inquiétant et bien connu des souches de S. Aureus est leur Résistance à la Méticilline (SARM**).** Ces souches dont l'émergence est en constante progression constituent un problème majeur de santé publique, auquel n'échappe pas le monde de la plongée par système. En 2003, dans le n°4 du volume 30 de *Undersea & Hyperbaric Medicine vol.30 N°4* un article de Wang et al. décrivait déjà que des souches de SARM étaient responsables de sévères staphylococcies cutanées dans des groupes de plongeurs en saturation.

3.2 Le Pseudomonas Aeruginosa (P. Aeruginosa) :

Le Pseudomonas Aeruginosa (P. Aeruginosa) ou bacille pyocyanique, est un bacille gram négatif aérobie strict, qui colonise naturellement les milieux hydriques, en eau douce comme en eau de mer. Ce n'est pas un résident habituel de la flore cutanée, mais il peut y proliférer en particulier dans les régions ano-génitales, dans les aisselles et dans le conduit auditif externe à la faveur de conditions inhabituelles d'humidité persistante ou de macération excessive. Le bacille peut alors devenir pathogène chez des individus parfaitement immunocompétents.

Comme pour S. Aureus la virulence de P. Aeruginosa s'explique par la présence de toxines redoutables comme l'**exolysine A**, une des dernières identifiées.

Les manifestations cliniques des infections cutanées à Pseudomonas Aeruginosa chez le sujet sain sont le plus souvent à type :
- de Folliculite
- d'Intertrigo
- de syndrome des ongles verts
- d'otite externe aigue, qui représente la lésion la plus caractéristique et la plus connue des infections survenant lors des plongées à saturation. Comme indiqué ci-dessus, P. Aeruginosa est responsable de 70% des otites externes.

Les autres facteurs favorisants de la prolifération du bacille sont :
- les plaies minimes survenues par exemple lors du rasage ou de l'épilation.
- l'altération de la flore cutanée habituelle du fait de l'utilisation intempestive et inadaptée de savons corporels ou de solutions auriculaires à haut pouvoir bactéricide.
- l'utilisation systématique de gouttes auriculaires à action antibiotique (quinolones) sans recommandation médicale.

Les vêtements de plongée à circulation d'eau chaude (eau de mer) utilisés au cours des plongées à saturation constituent un vecteur puissant de prolifération et de dissémination de P. Aeruginosa sur la peau des plongeurs, si le circuit de chauffage d'habit vient à être contaminé.

Parce que P. Aeruginosa survit dans les micro-gouttelettes et demeure longtemps en suspension dans les aérosols, il risque de se transmettre par voie aérienne. Il a aussi été montré que P. Aeruginosa peut perdurer sur les surfaces sèches de matériaux inertes, indépendamment de son caractère très hydrophile, ce qui permet sa survie dans le milieu extérieur et fait courir le risque de contamination par contact direct avec les surfaces contaminées.

La capacité de Pseudomonas Aeruginosa à former des **biofilms,** et particulièrement dans les circuits d'eau, explique son potentiel contaminant comme aussi sa résistance aux moyens physiques et chimiques mis en œuvre pour l'éradiquer du milieu environnant.

Le Dr Catrine Ahlen (Université de Trondheim, en Norvège) appartient au « Dpt. of Marine environmental technology » de la société SINTEF*. En 2013, elle a publié les résultats de travaux qui affirment la présence de P. Aeruginosa dans les systèmes de plongée à saturation. La trame et les conclusions d'une communication intitulée : « Experience-based Best Practice for Hygiène and Infection Prevention. Traceability of reservoirs / sources for infectious microbes » peuvent se résumer ainsi :
- dans les années 1970, devant l'émergence de nombreux cas d'otites externes à P. Aeruginosa survenant chez les plongeurs en saturation, les médecins ont pensé que la bactérie était introduite par les plongeurs à l'intérieur du système de plongée.
- En effectuant le génotypage par PFGE (Pulsed Field Gelose Electrophoresis) du P. Aeruginosa qui infeste les circuits d'eau douce et d'eau de mer du système de plongée, C. Ahlen trouve le même génotype bactérien que celui du P. Aeruginosa isolé dans les cas d'otites externes.

Il est ainsi montré que le plongeur n'est pas le porteur sain qui dissémine les bactéries, mais qu'il est bien contaminé pendant son séjour en saturation à partir des circuits d'eau où s'est développée la bactérie.
- le Biofilm (voir au paragraphe des légionelloses) présent dans les circuits d'eau (douce et de mer) est le grand responsable de la présence, de la diffusion, de la multiplication et de la résistance aux biocides du P. Aeruginosa.

Pour conclure, et à la lumière des travaux du Dr Catrine Ahlen Pseudomonas Aeruginosa est la bactérie la plus souvent identifiée dans les réseaux hydriques des systèmes de plongée à saturation, et de ce fait, la grande responsable des infections, particulièrement de l'otite externe aigue.

SINTEF (S**tiftelsen for **IN**dustriell og **TE**knisk **F**orskning ved NTH = Fondation pour la recherche scientifique et industrielle de l'institut Norvégien de technologie) est située à Trondheim.*

3.3. Le Kytococcus Sedentarius :

Le Kytococcus Sedentarius, anciennement nommé Micrococcus Sedentarius, est un autre coccus gram positif, aérobie strict, saprophyte inoffensif du revêtement cutané chez l'individu immunocompétent. Dans des conditions de chaleur humide, en milieu hydrique et particulièrement en zone maritime, le Kytococcus Sedentarius peut proliférer et devenir pathogène en colonisant les couches cornées de l'épiderme et provoquer une dermatose infectieuse : la Kératolyse Ponctuée, ou Pitted Keratolysis des Anglo-saxons. Cette kératolyse intéresse les zones d'appui de la plante des pieds, très souvent de façon bilatérale, plus rarement les mains, et exceptionnellement seulement d'autres régions corporelles. Cliniquement on observe sur la plante

des pieds de multiples dépressions punctiformes de l'épiderme, parfois coalescentes pour former des érosions superficielles. Une hyperhydrose, un prurit et une odeur désagréable y sont souvent associés.
L'épidémiologie du « Pitted Keratolysis » a fait l'objet de quelques publications* :
- chez les cultivateurs en rizières,
- chez les « Marines » américains lors de la guerre du Vietnam,
- et bien entendu chez les plongeurs à saturation

Le traitement reste le plus souvent local, mais peut aussi nécessiter une antibiothérapie per os dans les cas les plus sévères.

**cf. dans Références les publications de Gurcharan Singh et al, de Ahlén C. et al.(4), et de Shenoi SD et al..*

3.4 Les autres pathologies infectieuses que l'on pourrait s'attendre à rencontrer
Les conditions environnementales de chaleur humide, de confinement et de promiscuité semblent les conditions idéales pour le développement d'autres infections cutanéomuqueuses avec notamment le Streptocoque du groupe A, le Candida Albicans et d'autres dermatophytes. Etonnamment la présence de ces germes n'est que peu décrite dans les infections cutanées survenues lors des plongées à saturation.

4. Les moyens de lutte et de prévention que mis en œuvre à l'INPP à l'égard des germes soupçonnés dans les dermatoses infectieuses et des otites externes aigues
Jusqu'en 2007 les mesures d'hygiène appliquées à l'INPP aux chambres hyperbares du système de plongée à saturation se résumaient à un simple nettoyage des parois internes avec un détergent classique. Afin d'améliorer l'efficacité de ces mesures d'hygiène nous complétons le nettoyage par une désinfection des surfaces (table, chaises, sanitaires) à l'aide d'un produit amphotère, et par une désinfection aérienne à l'aide d'un diffuseur. Les amphotères sont réputés pour leur pouvoir fongicide et bactéricide (plus actif sur les gram+ que sur les gram-), associé à une désinfection par voie aérienne à l'aide d'un diffuseur. Nous avons choisi une solution désinfectante qui associe deux produits, un biguanide (le chlorhydrate de polyhexaméthylène biguanide, ou PHMB) et un ammonium quaternaire (le didécyl-diméthylammonium). Cette association permet théoriquement une action bactéricide et fongicide satisfaisante vis-à-vis des germes ciblés. Mais cette solution désinfectante a l'inconvénient d'une toxicité cutanée, oculaire et des voies respiratoires. Cette toxicité nécessite donc :
- le port d'un équipement de protection individuelle (E.P.I.=gants, lunettes, masque, combinaison) par ceux qui manipulent les produits désinfectants lors de la mise en route du diffuseur.
- le rinçage abondant des chambres hyperbares, suivi de leur large ventilation après l'opération de désinfection par voie aérienne (diffuseur).

Les équipements de plongée, vêtements à circulation d'eau chaude et casques, font également l'objet de mesures particulières de lavage et de désinfection après chaque plongée à saturation.

En ce qui concerne les conditions de vie en saturation dans les chambres hyperbares, nous sommes attentifs à ce que la température ne dépasse pas 29°C et l'hygrométrie 70%.
Pour être complètement efficaces, les mesures de désinfection des surfaces doivent être associées à :
- des conseils d'hygiène personnelle.
- des mesures spécifiques liées aux caractères épidémiologiques et bactériologiques du S. Aureus, du P. Aeruginosa et K. Sedentarius.

- Les conseils d'hygiène personnelle.
Avant l'entrée dans le système de plongée à saturation les plongeurs doivent prendre une douche, se laver les cheveux, se couper les ongles et, idéalement, revêtir au dernier moment une combinaison propre. Ces mesures d'hygiène seront respectées pendant toute la durée de la saturation. On veille à choisir un savon corporel peu bactéricide, pour éviter de déséquilibrer la flore cutanée habituelle.
Il est recommandé (et rappelé) aux plongeurs de prendre soin de toujours bien se sécher et d'éviter d'avoir des zones de macération cutanées.
Il ne faut faire aucune épilation corporelle avant la saturation, car cela favorise l'infection des follicules pilo-sébacés.
Il faut avoir soin de bien faire sécher les serviettes de toilettes après usage (idéalement les changer tous les jours) et leur recommander aux plongeurs de ne pas les échanger.

En cas de coupure cutanée, au rasage par exemple, il faut immédiatement effectuer un traitement local efficace pour limiter le risque de développement bactérien.
Eviter de marcher pieds nus dans les chambres hyperbares.
Conduits auditifs externes et prévention des otites externes. Il nous semble nécessaire d'éviter toute instillation de produits divers et variés qui ont souvent un fort pouvoir irritant et/ou bactéricide et déséquilibrent la flore saprophyte épithéliale. Un rinçage simple effectué avec du sérum physiologique une à deux fois par jour, en particulier après chaque immersion, paraît bien suffisant. Et il faut absolument proscrire l'utilisation des coton-tiges.

- Mesures spécifiques liées aux caractères épidémiologiques et bactériologiques du S. Aureus.
On sait que 20 à 30% de la population est porteuse saine de S. Aureus sur la muqueuse nasale. En cas de problèmes de dermatoses infectieuses récurrentes, ou de façon systématique, des prélèvements bactério-logiques pourraient être réalisés sur les muqueuses nasales pour identifier les porteurs sains, en particulier de SARM, voire les producteurs de Leucocidine de Panton-Valentine (LPV+), qui pourraient alors être traités par application locale de Mupirocine© par exemple. Les kits de diagnostic bactério-logique rapide actuellement disponibles permettent le dépistage des porteurs sains même en situation offshore.
Les dermatoses infectieuses dues aux S. Aureus sont à transmission interhumaine directe ou indirecte. Par conséquent la désinfection efficace des surfaces, l'hygiène corporelle et le dépistage des porteurs sains sont les mesures préventives essentielles vis-à-vis des staphylococcies.

- Mesures spécifiques liées aux caractères épidémiologiques et bactériologiques du P. Aeruginosa.
Hôte habituel des réseaux hydriques, P. Aeruginosa, est fréquemment retrouvé dans les circuits d'eau de mer des vêtements à circulation d'eau chaude, et dans les circuits d'eau douce des installations sanitaires des systèmes de plongée à saturation. C'est par de ces circuits que le P. Aeruginosa contamine les plongeurs et d'abord dans le conduit auditif externe où il est responsable de la redoutable otite externe. Sur de petites plaies localisées en zone cutanée humide il peut donner lieu à des dermatoses infectieuses. En terme de prévention le P. Aeruginosa doit être recherché dans les circuits d'eau (canalisation, réservoirs, chauffe-eau, douche, robinets….). Son développement et sa dissémination y sont favorisés par le réchauffement de l'eau et la présence de Biofilm. En cas de contamination des circuits leur traitement repose sur des chocs thermiques et la chloration. Ce traitement particulier des réseaux d'eau et l'importance du Biofilm dans la dissémination et la résistance des bactéries aux biocides, sont développés dans le chapitre suivant qui concerne le risque sanitaire lié à la Legionella Pneumophila. En effet, L. Pneumophila et P. Aeruginosa, hôtes indésirables des circuits d'eau chaude, ont de nombreux points communs dans leurs modes de dissémination et de prolifération favorisés par la présence d'un Biofilm. Par conséquent, les mesures de prévention et de traitement sont très semblables.

- En ce qui concerne le Kytococcus Sedentarius, les mesures simples d'hygiène corporelle et la désinfection des surfaces suffisent à prévenir sa transmission.

La prévention du développement de maladies infectieuses au sein du système de plongée à saturation ne saurait être complète sans une véritable veille sanitaire microbiologique consistant à réaliser périodiquement des prélèvements par écouvillonnage des surfaces et échantillonnage d'eau des circuits d'eau douce et d'eau de mer.

Deuxième Partie :
LEGIONELLA PNEUMOPHILA, AMIBES LIBRES ET BIOFILM : LE TRIO SYMBIOTIQUE

1. Legionella Pneumophila (L. Pneumophila) :
De triste mémoire, la découverte des Légionelles remonte en 1976 où elle frappe de pneumonie aigue un groupe de vétérans de l'American Legion réunis dans un hôtel de Philadelphie à l'occasion d'un congrès. En 1979 le genre Legionella est créé et la bactérie responsable est dénommée Legionella Pneumophila. Les sérothéques ont permis de déterminer rétrospectivement qu'une épidémie pseudo-grippale à Pontiac (Michigan, USA) en 1968 était due à Legionella Pneumophila.

Depuis, ce syndrome pseudo-grippal reste une forme bénigne de légionellose et il est appelé la fièvre de Pontiac.
Les Légionelles sont des bacilles gram négatifs, aérobies stricts. Dans le genre Legionella 64 sérogroupes sont décrits dont 15 pour le genre de la L. Pneumophila. C'est le sérogroupe de type 1 de la Legionella
Pneumophila qui est responsable de 90% des cas de pneumopathies aigues.
Saprophytes ubiquitaires, les Légionelles se développent dans les milieux hydriques de l'environnement. En milieu naturel hydrique les Légionelles ne sont retrouvées qu'en petite quantité. Grandes amatrices d' « eau tiède », c'est dans les secteurs humides créés par l'Homme que L. Pneumophila trouvera les conditions les plus favorables à sa prolifération dans une fourchette de température située entre 20 et 42°C ; 30 à 40°C étant sa zone de température idéale. Les réseaux d'eau chaude sanitaire (mais également les systèmes de conditionnement d'air et les tours aéroréfrigérantes) sont leurs réservoirs de prédilection. Les systèmes de plongée à saturation avec leur système d'eau chaude sanitaire qui distribue douches et lavabos dans les chambres hyperbares n'échappent évidemment pas à ce péril bactérien. Normalement seule l'eau douce et non l'eau de mer est considérée comme réservoir possible de Légionelles. Toutefois l'étude de *Heller. R et al.** montre que si la L. Pneumophila n'est pas une bactérie naturellement retrouvée dans l'eau de mer, elle est capable de **survivre dans un environnement maritime.**
Legionella Pneumophila a besoin d'un hôte pour se multiplier : c'est l'amibe libre. Mais jusqu'à présent, aucune étude n'a pu démontrer que L. Pneumophilia pourrait se multiplier en milieu planctonique.

** = cf. Références*

2. Les Amibes Libres hôtes naturels de la L. Pneumophila....

Ces protozoaires ont les mêmes niches écologiques que les légionelles et sont indispensables à leur prolifération et à leur survie. Les amibes libres ont la capacité d'ingérer les légionelles, ce qui favorise leur réplication intracellulaire, dans l'amibe. Les principaux genres d'amibes libres impliquées en tant qu'hôte des légionelles sont Acanthamoeba, Naegleria et Hartmanella.

La fin de la phase réplicative atteinte, les légionelles sont libérées dans le milieu extérieur après la mort nécrotique du protozoaire. Certains auteurs comme *Chen J. et al. en 2004**, ont décrit une autre voie d'expulsion de la L. Pneumophila hors de l'Amibe. Il s'agit de l'expulsion par exocytose simple de plusieurs centaines de Legionella enfermées dans des microvésicules (de 2 à 6 µm de diamètre), sans lyse de l'amibe.

En conditions hostiles (faible quantité de nutriments ou présence de biocides), les Amibes ont la capacité de s'enkyster. Les légionelles présentes dans l'Amibe peuvent s'y maintenir et survivre lors de l'enkystement. Cet état de « cellule en dormance », que l'Amibe acquiert lors de la phase d'enkystement, disparaît avec retour en état métaboliquement actif dès que les conditions environnementales redeviennent favorables.
Les microvésicules et la capacité d'enkystement des amibes permettent donc aux légionelles de résister aux mesures de désinfection comme à d'autres agressions environnementales.
L'amibe libre est donc le « cheval de Troie » de Legionella Pneumophila.

**= cf. Références*

3. Le Biofilm, survie de la L. Pneumophila en milieu oligotrophe.

Le **biofilm** se définit comme l'association d'une communauté bactérienne à une surface, inerte ou biologique, incluse dans une matrice extracellulaire polymérique. Classiquement opposé au mode de vie planctonique (ou la bactérie est en suspension dans un milieu), le Biofilm semble représenter le mode de croissance prédominant pour la plupart des espèces microbiennes et son importance dans
les circuits d'eau est aujourd'hui communément admise. La forme de vie planctonique d'une bactérie contaminante d'un réseau d'eau semble négligeable et ne correspondrait en réalité qu'à la phase de *libération* des bactéries du biofilm. En effet le biofilm comporte une séquence de développement en 3 phases : *adhésion à la surface*, puis *croissance bactérienne*, et enfin *libération des bactéries*. Grace au Biofilm les colonies bactériennes bénéficient de source de nutriments et de protection vis-à-vis des agressions de l'environnement comme par exemple avec la présence de biocides.

La **Legionella Pneumophila** trouve avec le biofilm un milieu de survie, de croissance et de dissémination idéal, qui permet en particulier la colonisation de proche en proche de la surface interne d'un réseau d'eau. Mais seule la présence des amibes libres permet la prolifération massive des légionelles avec les risques sanitaires majeurs que l'on sait.

4. « Legionella Pneumophila in Norwegian Naval vessels" est le titre du compte-rendu des travaux réalisés par le Dr Catrine Ahlen et qui a été publié en 2013.
Dans ce travail, l'auteur démontre la réalité de la présence de Legionella Pneumophila dans les circuits d'eau douce, sa coopération symbiotique avec les amibes libres et sa présence dans le biofilm, pour 41 navires de la Marine Norvégienne dont elle a échantillonnés les circuits pendant deux ans.

Elle décrit ainsi que
- **La première année** d'étude,
- 20 navires sur les 41 sont infectés par L. Pneumophila
- 7 navires parmi les 20 contaminés sont infectés par L. Pneumophila de sérogroupe 1. Sur ces navires, les pommeaux de douche sont immédiatement équipés de filtres anti-bactériens (0,2 µm) pour prévenir la contami-nation.
- des amibes libres sont présentes dans les circuits de 34 des 41 navires.
- **La seconde année :**
- L. Pneumophila infecte 13 des 36 navires étudiés (5 des navires étudiés la 1ére année n'étaient plus accessibles). Parmi les 13 navires détectés positifs, 9 l'étaient déjà la 1ère année.
- 2 navires sur les 13 contaminés le sont par L. Pneumophila de **sérogroupe 1**
- Les amibes libres sont présentes dans les circuits d'eau douce de 30 des 36 navires.

Remarques **:**
- tous les prélèvements réalisés la deuxième année sur les pommeaux de douches qui avaient été équipés de filtres anti-bactériens la première année ont été négatifs.
- Parmi les 41 navires étudiés la première année, 31 étaient équipés d'un système de surpression d'eau (réservoirs d'eau pressurisée) et les échantillons d'eau de 8 d'entre eux étaient contaminés par la légionelle (soit 26 %). Pour les 10 navires dépourvus de système de surpression d'eau, 1 seul était contaminé (soit 10 %).

- La recherche de Legionella Pneumophila dans les 45 réseaux d'avitaillement portuaire en eau des navires étudiés en a trouvé 10 infectés. Les Légionelles trouvées sur les navires et dans les points d'avitaillement en eau, ont le même génotype.
- Les L. Pneumophila isolées dans les amibes libres ont les mêmes génotypes que les L. Pneumophila trouvées à bord des navires.

Il ressort donc de cette étude que :
- L. Pneumophila est largement présente dans les circuits d'eau douce des navires en milieu maritime, et 20 à 30 % des Legionella sont réputées pathogènes puisqu'elles appartien-nent au sérogroupe 1.
- L'amibe libre est un vecteur incontournable de la prolifération des Légionelles.
- Les stations de ravitaillement portuaires en eau sont très probablement à l'origine de la présence des Légionelles à bord des navires.
- La multiplicité des réservoirs sur les circuits d'eau (surpresseurs d'eau) favorise la prolifération des Légionelles, certainement du fait de la constitution d'un biofilm sur les parois des réservoirs.
- Le filtre anti-bactérien (0,2 µm) est un moyen de prévention efficace.

5. Prévention et moyens de lutte contre la présence de L. Pneumophila

A l'évidence, la recherche de L. Pneumophila dans les réseaux d'eau douce des systèmes de plongée à saturation doit être périodiquement répétée. Elle ne peut pas être suffisante puisque le biofilm facilite la survie et la résistance bactériennes et puisque l'amibe libre facilite sa prolifération et sa dissémination.
En cas de détection de L. Pneumophila (avec une concentration supérieure ou égale à 1000 UFC*/litre), il faut donc selon la recommandation de la DGS**, effectuer dans les circuits concernés un choc thermique (70° pendant 30 minutes) et leur chloration (100, 50 ou 15 mg/Litre de chlore libre pendant respectivement 1, 12 ou 24 heures). Il faut aussi, en prenant en compte les résultats de C. Ahlen, envisager des mesures mécaniques ou chimiques avec l'objectif de détruire les éventuels biofilms des circuits d'eau. L'évaluation quantitative des amibes libres dans le réseau d'eau semble également une surveillance particulièrement intéressante puisqu'elle a une valeur prédictive de la présence des Légionelles.

Les analyses bactériologiques de prélève-ments d'eau dans les circuits ne reflètent que le mode de vie **planctonique** des bactéries. Les conditions environnementales des plongées en saturation (chaleur, humidité, confinement) et les durées d'exposition des plongeurs à ces contraintes (séjours en saturation pouvant atteindre 30 jours), justifieraient donc une attitude nettement plus exigeante que ce que requièrent les normes de la DGS. Des mesures curatives de désinfection devraient très vraisemblablement être entreprises pour des taux d'UFC beaucoup plus faibles que ce qui est actuellement exigé (mais ne prend pas en compte les conditions hautement favorables au développement bactérien de l'environnement hyperbare prolongé), même si la Légionelle détectée appartient à une autre espèce et/ou sérogroupe que Pneumophila 1.
Pour la détection des Légionelles dans les échantillons d'eau deux techniques de laboratoire se complètent : La **mise en culture** et la méthode par PCR (Polymérase Chain Reaction, qui permet l'amplification de l'ADN bactérien). La méthode par PCR permet toutefois l'obtention de résultats en 48 h seulement, alors que la mise en culture ne « parle » qu'au bout de 8 jours environ. Répétons toutefois que ces deux techniques sont complémentaires pour l'identification bactérienne.
Un autre moyen de prévention qui semble tout particulièrement intéressant consiste à équiper les têtes de robinets et pommeaux de douche de filtres anti-bactériens aux pores de moins de 0,2µm, comme cela a été étudié par C. Ahlen.

** UFC= Unités Formant Colonies*
*** DGS = Direction Générale de la Santé. Circulaire N°DGS/EA4/2010/448 du 21 décembre 2010*

RESULTATS

Les mesures d'hygiène des chambres hyperbares, associant nettoyage et désinfection des surfaces couplées à une désinfection par voie aérienne, sont actuellement très satisfaisantes puisque, à ce jour, aucun autre cas d'otite externe n'est survenu et seuls quelques rares cas de folliculites superficielles ont été observés.
Toutefois, il faut bien avoir conscience que quels que soient les moyens de lutte et de prévention mis en œuvre, ils ne seront jamais efficaces à 100%. Seule une veille sanitaire périodique par prélèvements pour analyse microbiologique permettra la mise en œuvre immédiate des moyens de lutte vis-à-vis des germes occasionnellement trouvés, et d'assurer ainsi la sécurité sanitaire des plongeurs.

CONCLUSION

Le risque de développement de maladies infectieuses au sein des systèmes de plongée à saturation est bien réel, et l'INPP y a été confronté en 2007. Les dermatoses infectieuses et surtout l'otite externe sont les pathologies les plus souvent rencontrées avec deux voies de contamination possibles : l'une interhumaine de façon directe ou indirecte pour le Staphylocoque Aureus et le Kytococcus Sedentarius et l'autre par l'intermédiaire des circuits d'eau pour le Pseudomonas Aeruginosa « chef de file » des germes présents sur les systèmes de plongée.
Même s'il n'a pas été rapporté à ce jour de cas patents de Légionelloses, La Legionella Pneumophila, hôte possible des circuits d'eau, est un vrai risque infectieux, et il convient d'en prendre toute la mesure.
La lutte contre ces périls microbiologiques associe pour les chambres hyperbares, le nettoyage et la désinfection par application directe et par aérosolisation, pour les circuits d'eau, le choc thermique et la chloration. Cette lutte doit aussi assurer la destruction des biofilms, facteur majeur de résistance microbiologiques aux biocides. La prévention comporte des consignes d'hygiène aux plongeurs et la surveillance sanitaire microbiologique des surfaces et des circuits d'eau.
Le développement de pathologies infectieuses pendant les plongées à saturation est certainement favorisé par les conditions environnementales dans le système de plongée (chaleur, hygrométrie, promiscuité humaine) et par la durée du séjour en système de saturation. Nous n'avons pas de données sur le développement microbien en hautes pressions et en mélange d'Héliox avec pression partielle en oxygène de 400 mbar.
Si de grandes lignes de l'épidémiologie des populations microbiennes dans les systèmes de plongée à saturation sont à présent claires, c'est pour une grande part grâce aux travaux du Dr Catrine Ahlen.

REFERENCES

Ahlen C, Aas M,Nor A. Legionella pneumophila in Norwegian naval vessels. Tidsskr Nor Legeforen nr.14, 2013, 133: 1445 – 1448.

Ahlen C, Mandal LH, Johannessen LN, Iversen OJ. Survival of infectious Pseudomonas aeruginosa genotypes in Occupational saturation. Am J Ind Med. 2000, vol. 37, (5): 493-500.

Ahlen C, Mandal LH, Iversen JA. In-field Demonstration of the True Relationship between Skin Infections and their Sources in Occupational Diving Systems in the North Sea, Ann Occup Hyg,2003, Vol. 47, No. 3, 227–233.

Ahlén C. Skin infections in occupational saturation divers in the north sea and the impact of environment, Ann Occup Hyg, 2003, Vol. 47 (3): 227–233.

Barry B. Pseudomonas Aeruginosa et infections ORL, Presse Therm Climat 2002; 139: 29-33.

Bouyer S. Différenciation d'Acanthamoeba castellanii et rôle dans l'interaction avec Legionella pneumophila. Thèse de Doctorat, Fac. Méd. Poitiers, 19 Dec. 2008, 135p.

Chen J, de Felipe KS, Clarke M, Lu H, Anderson OR, Segal G, Shuman H. Legionella effectors that promote nonlytic release from protozoa. Science, 2004, 303: 1358-1361.

Codony F, Pérez LM, Adrados B, Agustí G, Fittipaldi M, Morató J.odony F, Amoeba-related health risk in drinking water systems: could monitoring of amoebae be a complementary approach to current quality control strategies? Future Microbiol. 2012, 7: 25-31.

Declerck P, Behets J, Margineanu A, van Hoef V, De Keersmaecker B, Ollevier F. Replication of Legionella pneumophila in biofilms of water distibution pipes. Microbiol Res, 2009, 164(6):593-603.

Dega H. Folliculites, furoncles, anthrax à staphylocoques dorés. Thérapeutique dermatologique, Fondation René Tourraine, 2005, 10 p.

DiverMedicAdvisoryCommittee : Saturation Diving Chamber Hygiene, 26, 1995, 4p.

Gill KA Jr, Buckels LJ. Pitted keratolysis. Arch Dermatol. 1968;98(21. 1):7-11.

Singh G, Naik CL. Pitted keratolysis. Indian J Dermatol Venereol Leprol. 200, 71(3): 213-215.

Haenni M, Jouy E, Madec JY, Laurent F. Staphylococcus Aureus résistant à la Méticilline. Bulletin épidémiologique, santé animale et alimentation no 53/Spécial Antibiotiques et Antibiorésistances,. 2012 : 40-43.

Heller R, Höller C, Süssmuth R, Gundermann K. Effect of salt concentration and temperature on survival of Legionella pneumophila. Lett Appl Microbiol. 1998, 26: 64-68.

Lepére JF. Les otites externes du plongeur, ARESUB, 2011, 5p.

Libert N, Batjom E, Cirodde A, Rudnicki S, Grasser L, Borne M, Brinquin L. Traitements antitoxiniques et pneumopathies nécrosantes à Staphylococcus aureus sécréteurs de leucocidine de Panton-Valentine. Médecine et maladies infectieuses, 2009, 39 : 14–20.

Linda J Fromm, MD, MA, FAAD; Chief Editor: Dirk M Elston: Pitted Keratolysis. http://emedicine.medscape.com/article/1053078

Longshaw CM1, Wright JD, Farrell AM, Holland KT. Kytococcus sedentarius, the organism associated with pitted keratolysis, produces two keratin-degrading enzymes. J Appl Microbiol 2002, 93 : 810–816.

Marraza G., Harbarth S., Borradori L. Infections cutanées sévères à Staphylococcus aureus producteur de leucocidine de Panton-Valentine. Rev Méd Suisse, Dermatologie, 2007, 109 ; 7p.

Mena KD, Gerba CP. Risk assessment of Pseudomonas aeruginosa in water. Rev Environ Contam Toxicol. 2009, 201: 71-115.

Mesaros N., Normann P., Plésiat P. : Pseudomonas Aeruginosa résistance et options thérapeutiques à l'aube du deuxième millénaire. Louvain Médical, 2007, 126 (8) : 305-316.

Molmeret M[1], Horn M, Wagner M, Santic M, Abu Kwaik Y. Amoebae as training grounds for intracellular bacterial pathogens. Appl. Environ. Microbiol. 2005, 71: 20 - 28.

Pecastaings S. Apport de modèles de biofilms à Pseudomonas aeruginosa et Legionella pneumophila à la maîtrise de la qualité microbiologique des réseaux d'eaux minérales naturelles. Press Therm Climat 2009, 146: 19-29.

Poirier R. Méthodes de dénombrement des Légionelles dans l'eau. Sympolegio ANSES 2011, Nov., 20p.

Richard MA, Grob JJ. Infections cutanéo-muqueuses bactériennes et mycosiques, Santé et Environnement – Maladies transmissibles 2006, 29p.

Rigault Fossier P., Prise en charge d'une otite externe aigue, 2013, Congrès SASPAS 7p.

Elsen S, Huber P, Bouillot S, Couté Y, Fournier P, Dubois Y, Timsit JF, Maurin M, Attrée I. A Type III Secretion Negative Clinical Strain of Pseudomonas aeruginosa Employs a Two-Partner Secreted Exolysin to Induce Hemorrhagic Pneumonia. Cell Host Microbe, 2014, 15(2), 164-176

Shenoi SD, Davis SV, Rao S, Rao G, Nair S. Dermatoses among paddy field workers--a descriptive, cross-sectional pilot study. IJVDL 2005, 71(4): 254-258.

Tancréde-Bohin E. : Pseudomonas aeruginosa et infections cutanés.,Presse Therm Climat. 2002,139: 23-28.

Thalmann E. Can You Prevent Otitis Externa, or Swimmers Ear? Diver Alert Network1999, 3p.

Trieu-Cuot P., Staphylocoque, fiche info de l'Institut Pasteur,2002, 2p.

Wang J, Barth S, Richardson M. Corson K. Mader J. Methicillin-resistant Staphylococcus Aureus cutaneous infection in saturation diving facility. UHM, 2003, 30(4): 277-284.

RESUME

Dermatoses, Otites externes et Légionelloses : les principaux risques de Maladies Infectieuses lors des séjours dans les systèmes de plongée à saturation. (d'après les observations faites à l'INPP et les publications du Dr Catrine Ahlen). M. Borgnetta. Bull. Medsubhyp. 2015, 25 (1) : 09 – 19.

Introduction : Pour cerner le choix des moyens de lutte et de prévention vis à vis des maladies infectieuses dans les systèmes de plongée à saturation nous décrivons dans une première partie les pathologies rencontrées à l'INPP et dans une deuxième partie le risque de présence de la Legionella Pneumophila, à la lumière des travaux du Dr Caterine Ahlen.

Méthodes : 1ére partie : Les pathologies infectieuses rencontrées sont cliniquement caractéristiques des infections à Staphylocoque Aureus, Pseudomonas Aeruginosa et Kytococcus Sedentarius. Les moyens de lutte et de prévention mis en œuvre associent désinfection des surfaces par lavage et par aérosolisation dans les chambres hyperbares et recommandations d'hygiène aux plongeurs. 2éme partie : La Legionella Pneumophila représente un vrai danger bactérien qui a été bien étudié par le Dr Catrine AHLEN pour les circuits d'eau des navires de la marine Norvégienne.

Résultats : Les procédés de lutte et de prévention mis en œuvre à l'INPP ont conduit à la disparition presque complète des pathologies infectieuses cutanées.

Conclusion : Les meilleurs moyens de prévention des pathologies infectieuses dans les systèmes de plongée à saturation sont les consignes d'hygiène spécifiques données aux plongeurs et aux responsables du fonctionnement des chambres hyperbares, ainsi que la veille sanitaire adaptée aux particularités de l'hyperbarie prolongée.

Mots clés : plongée à saturation, pseudomonas aeruginosa, amibe libre, biofilm, kytococcus sedentarius, staphylococcus aureus, legionella pneumophila, otite externe, pitted keratolysis.

Correspondance : Marc BORGNETTA, INPP, Entrée N°3 port de la pointe rouge, 13008 Marseille.
Mail : marc.borgnetta@wanadoo.fr

LETTRES

A

L’EDITEUR

REPONSE A LA LETTRE DE E.GEMPP
(Bull. Medsubhyp, 2014, 24(2) : 63-64)

V. LAFAY[1], B. BROUANT[2], M. COULANGE[1], pour le groupe HTA et Plongée de la FFESSM. [1]Service de Médecine Hyperbare, CHU Sainte Marguerite, 270, Bd de Ste Marguerite, 13274 Marseille Cedex 9 -, [2] Place de Condé, 57150 CREUTZWALD (France).

Nous avons lu avec intérêt la lettre de notre collègue Emmanuel GEMPP dans le dernier bulletin MEDSUBHYP.

Pour éviter une confusion qui pourrait être préjudiciable aux patients hypertendus, il nous semblait important d'apporter une réponse à ce texte.

Tout d'abord, notre collègue a raison de mettre en avant deux études dont nous avions évidemment pris connaissance avant la rédaction de nos recommandations, et qui figurent dans les références de ces dernières.

Ces deux études sont très intéressantes par une certaine contradiction qu'elles apportent aux notions largement démontrées, de l'effet vasoconstricteur périphérique, et dépresseur myocardique de la ventilation hyperoxique. Elles laissent suspecter des effets moins délétères que prévisibles en immersion. Rappelons cependant qu'il s'agit d'études réalisées sur 10 et 6 sujets. Pour autant qu'elles apportent un intérêt certain par ce nouvel éclairage, les qualificatifs ″d'indiscutable″ et de ″flagrant″ sont peut-être un peu excessifs. Néanmoins, le débat reste effectivement ouvert en ce qui concerne l'effet de la ventilation hyperoxique et hyperbare chez le sujet sain. De même, toutes les études épidémiologiques mentionnées dans cette lettre intéressent une grande majorité de sujet sains.

Or rappelons que les recommandations que nous avons publiées ne concernent absolument pas des sujets sains, mais des patients, souffrant d'hypertension artérielle.

Le propos de notre collègue n'était vraisemblablement pas de vouloir extrapoler des résultats concernant des sujets sains à des sujets malades.

Cependant, il nous semble important de recentrer la discussion.

L'hypertension artérielle est une maladie, celle-ci touche essentiellement la vasomotricité.

Or, il n'est plus à démontrer que les patients hypertendus présentent des réactions vaso-motrices inadaptées à de nombreux stimuli dont l'effort physique, le froid, le stress psychologique et … l'hyperoxie. Cette dernière notion a été une nouvelle fois observée dans une publication récente (Sinski 2014) où la ventilation hyperoxique entraîne dans un premier temps une baisse des chiffres tensionnels par interaction avec les chémorécepteurs carotidiens, puis très rapidement une hausse inadaptée des chiffres tensionnels par rapport au groupe contrôle de sujet sains.

Rappelons aussi que ces mêmes stimuli sont retrouvés dans les circonstances favorisantes de la plupart des œdèmes pulmonaires d'immersion.

Enfin, il serait très réducteur de ne considérer que les effets hémodynamiques dans la genèse des œdèmes pulmonaires d'immersion. Ces œdèmes sont mixtes, et comportent une grande part d'étiologie lésionnelle, pour laquelle la ventilation d'un gaz hyperoxique est probablement aussi en cause.

Dans ce contexte, il apparaissait donc impératif de mettre en garde les patients hypertendus qui pratiquent la plongée sous-marine, mais aussi d'alerter les médecins qui prennent en charge ces patients.

Le but de notre travail était d'apporter des informations et des conseils autant aux médecins qu'aux plongeurs. Ces avis portent sur les niveaux tensionnels souhaitables pour pratiquer la plongée (rappelons que des chiffres tensionnels supérieurs à 160/100 mmHg restent une contre-indication

temporaire à la pratique de la plongée sous-marine), sur les traitements médicamenteux conseillés et sur les conditions de plongée pour lesquelles ces patients doivent rester très vigilants.

Vis-à-vis des conditions de plongée, il apparaît donc indispensable, dans les données actuelles de la science, de mettre en garde tous les plongeurs hypertendus vis-à-vis des mélanges hyperoxiques, et de déconseiller l'utilisation de ces mélanges aux plongeurs hypertendus mal stabilisées.

Soyons donc rassurés, les recommandations publiées il y a quelques mois vis-à-vis de l'hypertension artérielle et de la plongée sous-marine restent tout à fait d'actualité. Elles seront nécessairement adaptées en fonction des nouvelles connaissances et observations que nous aurons dans ce domaine.

REFERENCE

Sinski M, Lewandowski J, Przybylski J, Zalewski P, Symonides B, Abramczyk P, Gaciong Z. Deactivation of carotid body chemoreceptors by hyperoxia decreases blood pressure in hypertensive patients. Hypertens Res 2014, 37(9) : 858-62.

Contact :
vincent.lafay@medecins-saint-antoine.fr

Commentaire à la lettre de Emmanuel GEMPP (Bulletin MSH tome24, n° 2) et à la réponse de Vincent Lafay (8 mai 2015).

LA RESPIRATION HYPEROXIQUE MAJORE-T-ELLE UN RISQUE PHYSIOPATHOLOGIQUE CHEZ LES PLONGEURS QUI ONT UNE HYPERTENSION ARTERIELLE (HTA) ?

J. **REGNARD.** EA3920, Université de Franche Comté Physiologie-Explorations fonctionnelles, CHRU Minjoz, bd Fleming, 25030 Besançon (France)

Pour envisager les mécanismes physiopathologiques éventuellement liés à l'hyperoxie, des risques éventuels et des conditions d'aptitude spécifiques à cette question, il est utile d'envisager les réponses différentes des deux circulations systémique et pulmonaire aux modifications de pression partielle sanguine en oxygène. Car les deux « maladies » hypertension artérielle systémique (HTA) et hypertension pulmonaire (HTP) sont distinctes.

Les recommandations du groupe de travail HTA et plongée de la FFESSM concernent l'HTA systémique. Il me semble difficile d'envisager des activités subaquatiques « banales » pour les personnes qui ont une HTP affirmée. La lettre d'Emmanuel Gempp dans le n° 2 du Bulletin de MEDSUBHYP 2014 souligne bien des vérifications expérimentales réalisées de réponses physiologiques chez des sujets sains en situation d'hyperoxie hyperbare et de froid en plongée (immersion).

- Dans la circulation pulmonaire, l'hyperoxie supprime la vasoconstriction hypoxique, (l'oxygène est le traitement de l'HTAP hypoxique et de l'œdème pulmonaire d'altitude – OPA). L'article de Peacher et coll. que cite E. Gempp vérifie que cette vasodilatation pulmonaire hyperoxique a lieu en immersion et en hyperbarie (plongée) chez des sujets sains. Pour autant, l'étude ne permet pas de conclure que cette réponse physiologique protège contre la survenue de l'œdème pulmonaire d'immersion. En effet, l'OPA se développe dans les territoires pulmonaires où la vasoconstriction artérielle hypoxique n'est pas importante et qui reçoivent le volume sanguin détourné des régions pulmonaires à forte vasoconstriction. Dans les régions de forte congestion sanguine, les capillaires (bronchiques d'abord, puis ultérieurement alvéolaires) sont mis sous pression. En immersion par contre, l'ensemble du lit pulmonaire est congestionné au repos comme à l'effort, et la relaxation artérielle hyperoxique pulmonaire peut alors favoriser une augmentation de pression supplémentaire dans les capillaires (toujours selon la séquence capillaires bronchiques, puis alvéolaires), et donc théoriquement la survenue d'œdème pulmonaire d'immersion (OPI). L'œdème pulmonaire commence dans les capillaires des faisceaux bronchiques avant de s'étendre secondairement aux capillaires alvéolaires (montré chez le chien par Staub et coll 1967, et vérifié ultérieurement chez l'Homme).

- Dans la circulation systémique, l'hyperoxie réduit ou supprime le reliquat de stimulus d'activité sympathique (désactivation des chimiorécepteurs carotidiens et aortiques), et donc tend à relâcher le muscle lisse vasculaire dans les régions de la circulation systémique qui ont une innervation sympathique. Mais l'hyperoxie inhibe aussi la synthèse endothéliale et l'activité vasorelaxante du NO, ce qui peut augmenter les résistances vasculaires périphériques (Golé coll. EJAP, 2010) indépendamment de l'activité nerveuse sympathique. À cette inhibition de vasorelaxation endothélium-dépendante, peut théoriquement s'ajouter une véritable vasoconstriction sympathique réflexe causée par le froid. Mais l'article de Frazer et coll. que cite E. Gempp n'a pas mis en évidence cette potentialisation chez des sujets sains.
En réalité, chez des sujets sains (sans HTA), la diminution de concentration plasmatique de dérivés du NO n'a pas été observée pendant 2 heures de plongée statique ou avec palmage modéré, ni non plus pendant des plongées hyperoxiques de 8, 10 et 12 h (études d'Olivier Castagna et coll. à l'ERRSO à

Toulon – Regnard et coll. 2014). De même, dans l'étude de Lambrechts et coll. 2013, la concentration plasmatique des dérivés du NO n'est pas modifiée par l'hyperoxie hyperbare de plongée.

Il est bien connu que l'activité physique régulière peut diminuer la rigidité artérielle de sujets qui ont une HTA modérée, en augmentant la production endothéliale de NO. Elle diminue aussi vraisemblablement l'activation sympathique chimioréflexe. Comme le rappelle E. Gempp, l'incidence de l'OPI ne semble pas plus grande chez les utilisateurs de recycleurs et de mélange hyperoxique que chez des triathlètes, des nageurs et des plongeurs autonomes inhalant de l'air comprimé. Au total, comme E. Gempp je pense peu probable que l'hyperoxie rencontrée en plongée soit un facteur majeur de risque d'OPI chez des sujets sains.

La référence de Sinski et coll. que cite Vincent Lafay montre que l'hyperoxie désactive le chimioréflexe activateur de tonus sympathique chez des hommes hypertendus, et tend au moins transitoirement à relâcher le muscle lisse artériel. L'activité baroréflexe est physiologiquement régulatrice (limitation) du tonus sympathique vasoconstricteur, en particulier chimioréflexe (Abboud 2010). Cette activité baroréflexe bien stimulée par l'immersion (Mourot et coll. 2008) explique vraisemblablement l'absence de modification sensible de la PA chez des sujets sains (Peacher et coll. 2010). Par contre, dans l'HTA, l'activité baroréflexe est habituellement amoindrie, ce qui prive les sujets hypertendus d'une régulation d'activité vasoconstrictrice. Il y a aussi dans l'hypertension une composante inflammatoire de la paroi artérielle, qui peut donc être plus sensible à l'hyperoxie que celle des sujets sans HTA. Enfin, l'hypercapnie peut comme l'hypoxie, stimuler les chimiorécepteurs périphériques et donc augmenter l'activité sympathique (le risque hypercapnique est plus fréquent en plongée que l'hypoxie : perte d'efficacité de la chaux sodée du recycleur, fatigue des muscles ventilateurs, ou comportement ventilatoire acquis des soit-disant « CO_2 retainers » - Hyacinthe et coll. 1984).

Je pense pour ma part, que le risque accru d'OPI chez les personnes hypertendues est surtout lié à ce que leur ventricule gauche est confronté à des résistances artérielles systémiques supérieures à la normale (remaniement pariétal artériel objectivé ou non). Il n'est pas improbable que le retentissement hyperoxique sur le tonus artériel soit plus grand qu'en l'absence d'HTA. De surcroît, la fonction diastolique et la distensibilité du VG sont sans doute aussi altérées si l'HTA a commencé à induire le remaniement de la paroi ventriculaire gauche, et ces pertes de compliance retentissent particulièrement à l'effort. Bien que tous ces aspects n'aient pas encore été complètement documentés en plongée, les arguments indirects sont multiples, et bien évidemment la vasoconstriction périphérique induite par le froid ou la stimulation sympathique émotionnelle peuvent aggraver ces conditions.

Clairement, les incertitudes ne seront levées que par le recueil de données qui permettront de juger si les réponses et adaptations vasculaires et cardiaques à l'hyperoxie sont identiques ou différentes chez les personnes sans et avec HTA. En l'absence de ces valeurs, les opinions et les décisions restent fondées sur des données indirectes et des conjectures…
Comme l'indique le courrier du groupe « HTA et plongée » de la FFESSM, de nouvelles données fourniraient vraisemblablement d'autres points d'appui aux décisions et conseils d'aptitude. Elles permettraient peut-être de proposer des examens-tests éventuels plus discriminants en termes de comportement physiologique hémodynamique et de précautions à prendre vis-à-vis du risque hyperoxique potentiel.

La position du groupe HTA de la FFESSM est de proposer des repères d'usage quotidien.
En l'absence d'autres éléments de connaissance, les recommandations récentes formulées par ce groupe semblent valides et opérationnelles.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Abboud FM. In search of autonomic balance: the good, the bad, and the ugly. Am J Physiol Regul Integr Comp

Physiol, 2010, 298: R1449–R1467.

Golé Y, Gargne O, Coulange M, Steinberg JG, Bouhaddi M, Jammes Y, Regnard J, Alain Boussuges. Hyperoxia-induced alterations in cardiovascular functionand autonomic control during return to normoxic breathing Eur J Appl Physiol, 2010, 111 :937-946.

Hyacinthe R, Giry P, Bettesti A, Broussole B. Comportement ventilatoire et PETCO2 au cours de plongées fictives à 46 ATA chez des plongeurs entraînés à ventiler contre des résistances externes élevées. MEDSUBHYP, 1984, 3(2) : 72-80.

Lambrechts K, Pontier JM, Mazur A, Buzzacott P, Morin J, Wang Q, Theron M, Guerrero F. Effect of decompression-induced bubble formation onhighly trained divers microvascular function. Physiological Reports, 2013; 1(6):100-142.

Mourot L, Bouhaddi M, Gandelin E, Cappelle S, Dumoulin G, Wolf JP, Rouillon JD, Regnard J. Cardiovascular autonomic control during short-term thermoneutral and thermoneutral and cool head-out immersion. Aviat Space Environ Med, 2008, 79:14-20.

Regnard J, Bouhaddi M, Barrot L, Belon F, Dehecq B, Garnache-Ottou F, Blatteau JE, Peny C, Chopard R, Schmitt B, Vallée N, Desruelle AV, Dumoulin G, Castagna O. Cardiovascular strains assessed from cardiac peptides and markers of endothelial function during 8 to 12 h rebreathing cold water dives. Oral communication at the 40th Annual Scientific Meeting of the European Underwater & Baromedical Society (EUBS), Wiesbaden, Allemagne 23-27 septembre 2014.

Staub NC, Nagano H, Pearce ML. Pulmonary edema in dogs, especially the sequence of fluid accumulation in the lungs. J Appl Physiol, 1967, 22: 227-240.

Contact :
jacques.regnard@univ-fcomte.fr

UN ACCIDENT DE TROP !!!
MAIS L'HISTOIRE N'EST MALHEUREUSEMENT PEUT ETRE PAS ENCORE FINIE

M. COULANGE. Chef de service, Médecine Hyperbare, Subaquatique et Maritime, Pôle Réanimation Urgence SAMU Hyperbarie (RUSH), CHU Ste Marguerite, 270 bd de Sainte Marguerite, 13274 Marseille Cedex 09 (France

En 2008, nous initions une analyse rétrospective sur les cas de **surpression pulmonaire survenus en formation au décours des exercices de remontée sans embout (RSE),** motivée par notre expérience et surtout un travail récent sur l'étude des causes de décès en plongée montrant des cas consécutifs à une RSE. Ce qui pour nous, à l'époque, représente une cause inacceptable. Nous publiions alors dans le bulletin de la *« Société de Physiologie et de Médecine Subaquatiques et Hyperbares de Langue Française »* les résultats de cette étude. La conclusion est sans appel : « *Malgré une faible incidence,* ***le barotraumatisme thoracique reste inacceptable par ses circonstances de survenue et sa gravité potentielle****. Une sensibilisation des plongeurs sur les conduites à risque, mais surtout une meilleure planification des plongées et* ***une remise en question de la RSE*** *devraient limiter le nombre et la gravité des barotraumatismes.* »

A l'époque, nous avons alors informé de cette étude le vice-président de la FFESSM, également président de la Commission Technique Nationale. Sa réponse a été de nous dire que le sujet n'est polémique que parce que certains l'ont rendu polémique et que l'idée d'un moratoire est totalement inenvisageable, que cette suggestion relève d'une grande méconnaissance de l'appareil fédéral. Nous aurons toutefois « la chance » d'être informé des conclusions du groupe d'étude de la FFESSM travaillant sur ce sujet.

Quelques mois plus tard, le rapporteur médical de la FFESSM estime que le risque d'accident est identique à tout exercice réalisé en formation. Qui plus est, il est affirmé que cet exercice a permis probablement d'éviter des surpressions pulmonaires lors de véritables pannes d'air. Il est donc important de le conserver.

Rappelons simplement que d'autres fédérations comme la FSGT en France ou la Lifras en Belgique ont pris la décision de suspendre cette pratique suite à un certain nombre d'accidents inacceptables. Son intérêt pédagogique a été déclaré quasi nul. En parallèle, le fait de ne pas enseigner la RSE ne s'est pas traduit par une hécatombe liée à une mauvaise gestion des pannes d'air

En 2009, l'équipe du Dr. Tino Balestra publie dans une **revue scientifique internationale** (Lafère P, Germonpré P, Balestra C. Pulmonary barotrauma in divers during emergency free ascent training: review of 124 cases. Aviat Space Environ Med. 2009 Apr;80(4):371-5)
, une étude qui renforce les arguments en faveur d'un **risque accru** de surpression pulmonaire avec ce type de pratique. La même année, le **médecin rapporteur** du groupe de travail de la FFESSM conclut dans une réunion de la CTN qu'il n'existe **pas de raison médicale pour remettre en question cette pratique**.

En 2010, suite à la survenue de nouveaux incidents, nous publiions, avec les référents de la plongée dans les armées, le conseiller technique national de la plongée à la Sécurité Civile et le directeur de formation de l'Institut National de la Plongée Professionnelle, une **lettre ouverte** évoquant les dangers de la RSE.

Rien ne change dans les formations en France. Certains vont même jusqu'à nous expliquer qu'il est **préférable qu'il y ait un problème avec un candidat lorsque cet exercice est réalisé avec un encadrement très compétant**, avec toutes les mesures de sécurité nécessaires, dans un environnement sécurisé, plutôt que lorsqu'il sera tout seul, en situation de conduire quatre N2 juste formés.

En 2013, **Francis Le Guen**, plongeur et journaliste de renom, **m'interroge sur les risques inhérents à cette pratique dans une séquence de Scubaparte / Scuba People**, parue sur internet (http://www.scuba-people.com/page/mathieu-coulange-rse-scubaparte-francis-leguen-magazine-plongee) ~~(http ?)~~.

En 2014, le **dépôt d'une plainte pénale** suite à des séquelles survenues au décours d'un barotraumatisme grave lors d'une RSE est rendu impossible pour des faits considérés comme prescrits.

La même année, à l'occasion des **assises de la plongée sous l'égide du Préfet Maritime**, l'ancien secrétaire général de la FFESSM rebondit suite à mes propos et résume parfaitement l'argumentaire **en faveur de l'arrêt** de cette technique :

1. **En France, cet exercice n'est imposé que par la FFESSM**, au niveau 4 et au MF2. La FSGT ne le pratique pas. L'ANMP a mis en place, pour son niveau 4, un tirage au sort entre deux épreuves, la RSE et une gestion de la remontée. La gestion de la remontée est systématiquement tirée au sort… et l'épreuve de RSE n'existe sur le papier que pour éviter la non-reconnaissance du niveau 4 ANMP par la FFESSM.

2. A **l'international l'exercice n'est pas pratiqué**.

3. **Il n'y a aucune justification technique à sa réalisation**. Le fait d'avancer qu'il s'agit de prévenir le risque de surpression pulmonaire n'est pas crédible. En effet, à titre d'exemple, cet exercice n'est pas demandé au niveau 3 de plongeur et cela ne gêne personne à la FFESSM. Alors pourquoi le demander au niveau 4 (guide de palanquée) et au MF2 ? Parce qu'il s'agit d'une réminiscence historique datant de 1957, époque à laquelle avec un matériel très différent de celui utilisé aujourd'hui, il était envisagé que le moniteur ait besoin de donner son scaphandre à un élève et qu'il rejoigne seul la surface. A l'époque, cet exercice était déjà jugé dangereux, mais le choix avait été fait de le maintenir par nécessité. Par la suite, il a été maintenu contre toute évidence.

4. **Justification médicale** : Devant une volonté politique de maintenir l'exercice et une réalité technique n'y trouvant aucune justification, **certains médecins fédéraux ont cautionné la justification de cet exercice. Ce qui a clos le débat technique**, au motif que la médecine justifiait la chose. Les procès verbaux de CTN (disponibles sur le site de la FFESSM), où siège un représentant de la commission médicale sont sans ambiguïté sur ce point.

5. **Justification politique** : Le maintien de cet exercice permettrait de **bloquer l'entrée sur notre territoire des moniteurs d'organismes internationaux**, qui ne le pratiquent pas. C'est le seul motif réel probable, à défaut d'être acceptable et valable.

6. **Une nouvelle donne** : Les **accidents répétés**, dont des décès pendant la formation, ont amené la FFESSM à prendre conscience de l'impossibilité de pouvoir continuer ainsi. C'est le sens de la décision de la CTN de septembre 2014 qui, de fait, reconnaît la dangerosité de l'exercice et son absence de justification technique voire de son **inutilité** en dehors d'une simple démonstration technique. Alors qu'on croyait que cet exercice allait être définitivement abandonné, ce sujet a été régulièrement mis en fin de réunion ou non abordé faute de temps, estimant que **d'autres sujets étaient plus préoccupants** et que cette problématique devait s'intégrer dans un regard global concernant la formation et la certification à la plongée. Le sujet de la RSE n'était donc **pas urgent, ni surtout prioritaire**. Un groupe de travail devait proposer une épreuve de

substitution, chose qui n'a pas encore été traduite dans les faits à ce jour, 6 mois après. Il en est résulté que les RSE ont été maintenues pour la saison 2014-2015, pour les formations et les examens fédéraux.

2014 est malheureusement marqué par le **décès d'une plongeuse à Marseille au cours d'une RSE**. Cet accident de plus, de trop, ne modifie pas la position de la FFESSM. C'est ainsi que le 15 juin 2015, le président de la CTN **menace les commissions techniques régionales,** qui ont pris la décision d'annuler cette épreuve et de lui attribuer une note de 10/20, d'annuler la totalité de l'examen pour vice de procédure

Quelques jours après, un nouvel accident grave se produit dans le nord ouest de la France, chez un candidat au MF2.

Devant la gravité des faits, le président de la CTN prend enfin la décision de demander une **mesure conservatoire** de neutralisation immédiate de l'épreuve au Président de la FFESSM. **Il annule de sa propre responsabilité les épreuves de RSE** au sein des examens N4 et MF2 dans l'attente d'une décision du Comité Directeur National. Il précise dans un communiqué « Dans l'attente des propositions que la CTN doit faire, éventuellement rendues exécutoires par le Comité Directeur National, à compter du 1 juillet 2015 inclus, l'épreuve de RSE incluse dans l'examen de niveau 4 FFESSM et dans l'examen de MF2 FFESSM est neutralisée (…). Les candidats n'ont pas à passer cette épreuve. Cette décision s'applique tant que le Comité Directeur National n'aura pas modifié la présente résolution". Il ne s'agit pas d'une suppression de la RSE dans les examens niveau 4 et MF2, mais d'une neutralisation provisoire ».
Le CDN peut tout à fait se **prononcer contre la décision de la CTN**, celle-ci n'étant que consultative. Ce serait la deuxième fois, depuis un an, qu'il prendrait une telle décision, puisqu'il avait décidé en 2014, unilatéralement, contre l'avis de la CNMP (Commission Nationale Médicale et de Prévention) de donner la possibilité à tout médecin de faire un certificat médical de non contre indication à la plongée jusqu'au niveau IV, alors que l'évolution des pratiques de plongée et des pratiquants rendent cette consultation de plus en plus technique.

L'histoire n'est donc malheureusement peut-être pas encore finie, alors qu'il est évident que la RSE est un exercice inutile et dangereux qui doit être interdit dans toutes les formations de plongée en France, et bien entendu dans toutes les épreuves conduisant à des qualification de plongeurs et d'enseignants.

Nous restons bien évidemment à votre entière disposition pour en débattre dans l'intérêt du plongeur.

Amitiés

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

Association loi de 1901, fondée en 1969 (J.O.R.F. du 11 janvier 1969)
Siège social : CHU Sainte-Marguerite - Service de Réanimation Médicale et de Médecine Hyperbare - 270 Boulevard de Sainte-Marguerite- 13274 MARSEILLE CEDEX 9
http://www.medsubhyp.com e-mail : medsubhyp@wanadoo.fr

Docteur M. Coulange
Vice Président
Hôpital Ste Marguerite
13274 Marseille Cedex 09
Tél : 04.91.74.49.44
Fax : 04.91.38.19.39

RECUEIL D'ALERTE EN CAS D'ACCIDENT DE PLONGEE

NOTE D'INFORMATION DIFFUSEE SUR LE SITE « SPORTS DE NATURE »
DU MINISTERE DE LA VILLE, DE LA JEUNESSE ET DES SPORTS
http://www.sportsdenature.gouv.fr/prevention-plongee

Bonjour à tous,

A la suite deà la validation du Référentiel « Aide Médicale en Mer » de la Société Française de Médecine d'Urgence (SFMU) et de SAMU Urgences de France, réalisé en partenariat avec la Société Française de Médecine Maritime (SFMM) et la Société de Physiologie et de Médecine Subaquatiques et Hyperbares de Langue Française (MEDSUBHYP), il nous a semblé important de vous inciter à aller visionnerprendre connaissance de ce texte sur internet[1], et plus particulièrement la fiche de recueil d'alerte des Centres Régionaux Opérationnels de Surveillance et de Sauvetage (CROSS). Cette fiche est un élément essentiel pour garantir une prise en charge initiale optimale en cas d'accident de plongée.

Afin de faciliter la transmission d'informations entre l'appelant et le CROSS, nous avions proposé en 2012 lors d'une publication une nouvelle fiche d'alerte[2,3] destinée aux plongeurs. Ce document vient d'être validé lors des Journées Thématiques de la SFMU et publié fin 2013[4]. Il paraîtra également très prochainement dans l'arrêté concernant le Référentiel Emplois Activités Compétences « Interventions, Secours et Sécurité en Milieu Aquatique et Hyperbare » de la Sécurité Civile. Son objectif est de faciliter le transfert d'informations en disposant d'un outil très proche de celui utilisé par les CROSS et les structures d'urgence. Cette fiche peut être rapidement pré-remplie et ainsi ne pas retarder le déclenchement de l'alerte. Elle reprend la plupart des items de la fiche publiée en annexe de l'arrêté du 5 janvier 2012 modifiant les dispositions

réglementaires du code du sport et devrait permettre d'harmoniser les pratiques avec les différents intervenants, y compris lorsque l'accident survient en eau intérieure.

Cette stratégie s'inscrit plus largement dans une démarche qualité qui vise à améliorer la prise en charge initiale des accidents de plongée, élément essentiel pour obtenir un pronostic favorable. L'objectif de cette démarche est d'optimiser la qualité de l'alerte après avoir réussi à améliorer le délai d'alerte et la prise en charge initiale par l'entourage, grâce à la persévérance des différents acteurs et plus particulièrement des CROSS.

---

1. *http://www.samu-de-france.fr/documents/actus/155/768/ref_aidemedenmer_2013.pdf*
2. *Coulange M, Desplantes A, Constantin P, Sawiress J, Barberon B, Bessereau J, Vergne M, De Chermont A, Auffray JP, Barthélémy A. The Medsubhyp/FFESSM evacuation form for the divers : what perspective ? Bull. Medsubhyp, 2011; 21(2):60-65.*
3. *http://smmum.org/temp/own0000_20120706_FICHE_ALERTE.pdf*
4. *Coulange M. Accidents de plongée. In : Société Française de Médecine d'Urgence, editors. Pathologies circonstancielles. Journées thématiques interactives de la SFMU, Brest 2012. Paris: Société Française d'Editions Médicales; 2013. p. 103 - 130.*

Nous en profitons également pour rappeler que la meilleure des préventions passe par un examen médical préalable et une activité raisonnée adaptée à l'individu.

Le plongeur doit être incité à effectuer sa visite médicale de non contre indication chez un médecin spécialisé compétent en médecine de plongée (médecin hyperbare, médecin fédéral, médecin de plongée, médecin du sport…). Cette consultation est l'occasion de vérifier l'absence de contre indication mais surtout de prodiguer quelques conseils de pratiques adaptés aux particularités physiologiques et/ou pathologiques de chaque individu :

- être en bonne condition physique et psychique ;
- ne pas plonger en cas de manque de sommeil, de prise excessive d'alcool ou de surmenage ;
- ne pas plonger en cas de grossesse ;
- planifier sa plongée en fonction des conditions météorologiques et des facteurs individuels ;
- limiter la profondeur en cas de reprise de la plongée après une interruption ;
- éviter les plongées yoyo ;
- ne pas forcer en cas de douleur tympanique ;
- avoir une utilisation raisonnée des ordinateurs et des mélanges suroxygénés ;
- respecter les procédures et ne pas oublier les fondamentaux comme le contrôle du matériel en pré-immersion, la gestion de l'air, la maîitrise de la flottabilité et des vitesses de remontée…
- s'hydrater dès la sortie de l'eau avec au minimum 300 à 500 cc/heure d'immersion ;
- éviter les efforts, se reposer après la plongée et ne pas accumuler des plongées profondes …

Le médecin peut également rappeler la conduite à tenir en cas d'incident et inciter le plongeur à effectuer son activité en structure afin de bénéficier d'un encadrement technique de haut niveau, garantissant une prise en charge optimale en cas d'accident.

Et n'oublions jamais que :

- Tout signe qui apparait dans les 24 heures qui suivent une plongée est un accident de plongée jusqu'à preuve du contraire, y compris au décours d'une apnée.
- Toute erreur de procédure même sans signe doit être prise en charge comme un accident de plongée.
- Tout accident de plongée doit bénéficier d'un avis médical hyperbare.
- L'alerte doit être précoce au CROSS par VHF canal 16 en mer et par téléphone au 15, 18 ou 112 à terre. L'oxygénation doit être débutée sans délai à 15 L/min et associée à une réhydratation de 0,.5 à 1 L par heure. La prise d'aspirine reste optionnelle. Elle doit être précoce à une dose de moins de 500 mg en l'absence de trouble de la conscience, de saignement ou d'allergie. Son administration peut être validée par le médecin régulateur lors du message d'alerte. En cas d'arrêt cardiaque, la réanimation doit être débutée par une série de cinq insufflations, suivie d'une séquence de 30 compressions pour deux insufflations avec un rythme de 100 compressions par minute. Le défibrillateur automatisé externe doit être mis en place le plus précocement possible. L'accidenté doit être allongé sur une surface sèche, non métallique ou isolé du sol par deux serviettes ou une planchette. Le torse doit être séché, en particulier entre les deux électrodes. Le moteur du support doit être idéalement coupé pour faciliter l'analyse du tracé. Le choc peut alors être délivré si l'appareil l'indique et que les conditions sont favorables.

Enfin, l'anticipation avec la réalisation d'un plan de secours adapté aux spécificités de terrain, conformément à la réglementation, est un élément essentiel.

Bonne plongée

La Société de Physiologie et de
Médecine Subaquatiques et
Hyperbares
de Langue Française

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 a envoyés séparées du texte.

Bulletin de médecine subaquatique et hyperbare.
2015, 25, numéro 1

SOMMAIRE

PREVENTION DU RISQUE INFECTIEUX ET CAISSONS HYPERBARES THERAPEUTIQUES : ETAT DES LIEUX DES PRATIQUES EN FRANCE.
D HUART, A HENCKES, G COCHARD, M COSSE, JR ZAHAR, R BARON, P SALIOU. 01 – 07.

DERMATOSES, OTITES EXTERNES ET LEGIONELLOSES : LES PRINCIPAUX RISQUES DE MALADIES INFECTIEUSES LORS DES SEJOURS DANS LES SYSTEMES DE PLONGEE A SATURATION. (D'APRES LES OBSERVATIONS FAITES A L'INPP ET LES PUBLICATIONS DU DR CATRINE AHLEN).
M. BORGNETTA. 09 – 19.

LETTRES A L'EDITEUR

REPONSE A LA LETTRE DE E.GEMPP (BULL. MEDSUBHYP, 2014, 24(2) : 63-64)
V. LAFAY[1], B. BROUANT[2], M. COULANGE 21 - 22

LA RESPIRATION HYPEROXIQUE MAJORE-T-ELLE UN RISQUE PHYSIOPATHOLOGIQUE CHEZ LES PLONGEURS QUI ONT UNE HYPERTENSION ARTERIELLE (HTA) ?
J. REGNARD 23 - 25

UN ACCIDENT DE TROP !!! MAIS L'HISTOIRE N'EST MALHEUREUSEMENT PEUT ETRE PAS ENCORE FINIE
M. COULANGE. 27 - 29

RECUEIL D'ALERTE EN CAS D'ACCIDENT DE PLONGEE NOTE D'INFORMATION DIFFUSEE SUR LE SITE « SPORTS DE NATURE » DU MINISTERE DE LA VILLE, DE LA JEUNESSE ET DES SPORTS 31 - 33

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