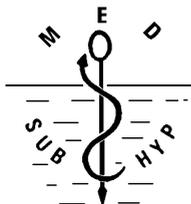


ISSN 1248 - 2846

**BULLETIN de  
MEDECINE  
SUBAQUATIQUE  
et HYPERBARE**

**2014. Tome 24. Numéro 1**

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



REVUE SEMESTRIELLE

Date de publication : mars 2014

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 2013

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

.CONSEIL SCIENTIFIQUE

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

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

**BULLETIN de MEDECINE SUBAQUATIQUE et HYPERBARE**  
**2014. Tome 24, Numéro 1.**

Dépôt légal : 6 février 2013

ISSN 1248 - 2846

Responsable de la rédaction  
B. Delafosse,

Directeur de la publication  
J.C. Rostain

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

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

Date de publication : mars 2014



**REUNION DE PARIS**

**29 MARS 2014**

**RESUMES**

# **Programme de la journée scientifique de la société française de médecine subaquatique et hyperbare du 29/03/2014 (Paris/ amphithéâtre Rouvillois de l'Ecole du Val-de-Grace).**

Dispositions générales prévues par les organisateurs :

Organisateurs : A. Duvallet/ B. Pillet/ P. Constantin

Les organisateurs seront les gardiens du temps tandis que le modérateur animera la séance.

- Les questions lors des discussions seront posées à partir de micros sur pied dans les allées de l'amphithéâtre, sous la coordination du modérateur de séance. Aucune question ne sera posée par des intervenants restant assis à leur place.

- tout support informatique amovible (clé USB, disque dur externe, CD, DVD ...), devra être soumis à un contrôle avant utilisation.

- Les ordinateurs de l'EVDG utilisent dorénavant LINUX comme système d'exploitation et OPENOFFICE en remplacement des programmes MICROSOFT OFFICE. Les utilisateurs doivent vérifier, la compatibilité des documents informatiques utilisés avec ce système.

- La 1<sup>ère</sup> diapositive de la présentation des intervenants sera fournie par les organisateurs et correspondra à une déclaration sur les potentiels conflits d'intérêt.

9h00 – 9h10 Ouverture du congrès par le président de la société française de médecine subaquatique et hyperbare

### Médecine hyperbare

Thème : Analyse des risques « à priori » lors des séances d'oxygénothérapie hyperbare

Modérateur : [Dr J. Aboab](#)

Chaque intervenant dispose de 20mn ; puis 5mn de questions

- 9h10 – 9h25 *Présentation sur la gestion des risques.* [Dr B. Pillet](#)
- 9h25 – 9h50 *Analyse des risques « à priori » pour le personnel lors de la séance d'oxygénothérapie hyperbare (médecin, infirmier et technicien),* [Dr E. Parmentier](#), [Dr J.C. Linke](#) et [Pr D. Mathieu](#)
- 9h50 – 9h55 Discussion
- 9h55 – 10h20 *Analyse des risques « à priori » lors de la séance d'oxygénothérapie hyperbare chez un patient intubé, ventilé.* [Dr S. De Rudnicki](#)
- 10h20 – 10h25 Discussion
- 10h25 – 10h50 *Analyse des risques « à priori » lors de la séance d'oxygénothérapie hyperbare chez un plongeur accidenté.* [Dr P. Constantin](#)
- 10h50 – 10h55 Discussion
- 10h55 – 11h05 Discussion sur la séance (*table ronde avec les intervenants au micro*)
- 11h05 – 11h20 Pause
- 11h20 – 12h00 **Communications libres**  
3 communications de 10 + 5 minutes
- 11h20 – 11h30 *Cystites hématuriques postradiques traitées par oxygénothérapie hyperbare: bilan à 3 mois, 1 an, 2 ans,* [Pr M. Genestal](#)
- 11h30 – 11h40 *Que peut-on attendre de l'oxygénothérapie hyperbare lors de la prise en charge tardive d'une embolie gazeuse ? A propos d'un cas.* [Dr V. Choor](#)
- 11h40 – 11h50 *Procédures de décompression pour le sauvetage des équipages de sous-marins.* [Dr J.E. Blatteau](#)
- 11h50 – 12h00 Discussions sur les 3 communications libres
- 12h00 – 13h30 Déjeuner

13h30 Médecine subaquatique  
Thème : Revue de morbi-mortalité (RMM). Analyse des risques à postériori.  
Modérateur : [Dr V. Souday](#)

Chaque exposé aura une durée de 20 minutes + 5 minutes de discussion.  
Il devra être bâti sous la forme suivante :

- 1) Présentation du cas : chronologie des faits
- 2) Données de la littérature
- 3) Analyse de l'événement indésirable + Recherche des causes
- 4) Plan d'action – recommandations et critères de suivi.

13h30 – 13h50 *OAP et Apnée*, [Dr A. Boussuges](#)  
13h50 – 13h55 Discussion

14h – 14h20 *ADD (médullaire grave)*, [Dr J.M. Pontier](#)  
14h20 – 14h25 Discussion

14h30 – 14h50 *ORL, barotraumatismes de l'oreille interne et plongée*  
14h50 – 14h55 *ludion*, [Dr F. Di Meglio](#)  
Discussion

15h00 – 15h20 *Plongée et pathologie préexistante*, [Dr A. Duvallet](#)  
15h20 – 15h25 Discussion

15h30 – 15h50 *Développement professionnel continu (DPC) : quel est le*  
*sens et comment le valider ?* [Dr B. Pillet](#)  
15h50 – 15h55 Discussion

15h55 – 16h20 Pause

16h20 – 17h40 **Communications libres**  
3 communications de 10 + 5 minutes

16h20 – 16h30 *Evaluation des Pratiques Professionnelles (EPP) lors de la*  
*prise en charge des accidents de plongée* [Dr M. Coulange](#)

16h30 – 16h40 *Comité de Retour d'Expérience (CREX) "à propos d'un*  
*presque accident "* [Pr I. Rouquette](#)

16h40 – 16h50 Discussions sur les communications libres

16h50 – 17h00 Clôture de la journée scientifique par le président de la  
société française de médecine subaquatique et hyperbare

**Analyse des risques « à priori » lors de la séance d'oxygénothérapie hyperbare chez un plongeur accidenté. P Constantin<sup>1</sup>, V Chhor<sup>1</sup>, S De Rudnicki<sup>2</sup>, A Le Noël<sup>2</sup>, M Viaggi<sup>3</sup>, A Duvallet<sup>1</sup>.** <sup>1</sup>Hôpital d'Instruction des armées du Val de Grâce – UF hyperbarie et plongée – Paris. <sup>2</sup>Hôpital d'Instruction des armées du Val de Grâce –UF réanimation – Paris. <sup>3</sup>Centre médical des armées –Ecole militaire – La pépinière – Paris (France)

Nous avons décrit chacune des étapes de prescription/préparation/réalisation d'une séance d'oxygénothérapie hyperbare chez un plongeur accidenté, et identifié les risques possibles, leurs origines et leurs conséquences. Après avoir hiérarchisé ces risques grâce à un travail de cotation permettant de définir un indice de criticité, a été considéré un niveau de risque « inacceptable». Pour ce seuil, des actions d'amélioration prenant en compte les éléments déjà en place ont été envisagées.

Cette analyse de risque « à priori », permet par une méthodologie simple, une étude critique de nos pratiques et la mise en place de mesures à l'encontre des plus grands risques.

**Œdème pulmonaire et hémorragie alvéolaire chez un plongeur en apnée. A Boussuges, K Ayme, O Gavarry, JM Gil, C Bourhillon, A Duvallet, P Constantin.**

L'œdème pulmonaire peut survenir lors des loisirs aquatiques chez des sujets à fonction cardiaque saine. Nous rapportons une observation qui permet de souligner les conditions pouvant favoriser l'œdème pulmonaire chez le plongeur en apnée. L'accident est survenu chez un plongeur sportif au cours d'une session d'entraînement à type de plongées répétées à une profondeur de 25 mètres avec périodes de récupération courtes. Les troubles ont régressé spontanément. Ce sujet avait présenté un épisode du même type à la suite de plongées débutées après une expiration. Au cours de cette session, réalisée sans palme, les plongées étaient effectuées à des profondeurs de 5 à 10 mètres. Elles avaient été suivies d'une plongée plus profonde à 30 mètres. Les troubles avaient également régressé spontanément. D'après la littérature, certaines circonstances ont pu favoriser l'accident chez ce plongeur. Il s'agit d'un exercice d'intensité importante, des durées de récupération courtes après les apnées, et des immersions à une profondeur où le volume pulmonaire est inférieur au volume résiduel. Par ailleurs, les explorations de la fonction cardio-respiratoire réalisées à distance de l'accident se sont avérées normales. Néanmoins, on notait dans les antécédents un traitement associant chimiothérapie et radiothérapie en raison d'un lymphome dans l'enfance. Les séquelles pulmonaires, induites par ce type de thérapeutique, pourraient favoriser la transsudation de liquide du secteur vasculaire vers le secteur alvéolo-interstitiel, en raison de remaniements de la barrière alvéolo-capillaire.

**Accident de décompression neurologique médullaire : facteurs de risque et pronostic évolutif lors de la prise en charge. JM Pontier, K Lambrescht.** Service médical Ecole de Plongée – BCRM Toulon – BP 311 – 83800 Toulon cedex 09 (France)

La plongée sous-marine expose le plongeur au risque de survenue d'un accident de décompression (ADD). L'expression neurologique de ce type d'accident de plongée avec l'atteinte de la moelle épinière réalise la forme la plus grave et la plus redoutée. Nous rapportons l'observation d'un plongeur militaire ayant présenté un ADD neurologique médullaire lors d'une plongée d'entraînement. Malgré une prise en charge thérapeutique adaptée et précoce, l'évolution a été péjorative avec des séquelles neurologiques sévères et invalidantes.

Cette observation permet de rappeler les facteurs étiopathogéniques de l'ADD en mesure d'aggraver son pronostic évolutif. Si la présence d'un shunt droit-gauche majore le risque de survenue, l'existence d'un facteur médullaire compressif sera à l'origine d'une stase veineuse d'amont au sein du réseau épidural et péri-dural de la moelle épinière. Lors de la prise en charge en pré-hospitalier, le score de gravité et la valeur de l'hématocrite seront des éléments qui vont permettre d'évaluer la sévérité du pronostic évolutif de l'ADD.

Si le phénomène bullaire reste le *primum movens* de l'accident bullaire initial, le couplage thrombose-inflammation accompagne, entretient et aggrave la maladie de décompression. Ainsi, des travaux récents ont montré l'intérêt du dosage des D-dimères, du PF4 et de la sGPV plasmatiques pour évaluer la sévérité de l'agrégation plaquettaire et de l'état pro-thrombotique. Sur le plan de la thérapie médicamenteuse, des études chez l'animal ont montré l'efficacité du clopidogrel, un inhibiteur des récepteurs plaquettaires à l'ADP, sur la sévérité des ADD sans effet pour l'acide acétylsalicylique (inhibiteur de la cyclo-oxygénase) et pour l'héparine (inhibiteur de la thrombine). Des études à venir devraient confirmer l'intérêt d'une utilisation d'autres antiagrégants plaquettaires et de protecteur de la fonction endothéliale dans le traitement médicamenteux de l'ADD à la phase précoce.

**Barotraumatisme de l'oreille interne et plongée ludion. F. Di Meglio,** Hôpital privé Casamance (Aubagne-Marseille), spécialisé en ORL, médecin du sport, certifié médecine hyperbare, certifié médecine de plongée, moniteur de plongée 2 e degré d'état, Secrétaire Général FFESSM. (France).

Ces accidents en plongée libre ou en scaphandre sont nettement plus rares (10%) que ceux d'oreille moyenne, mais beaucoup plus graves (séquelles) et souvent mal connus. Généralités statistiques.

1/ Description cas pathologique : plongeur bouteille préparation niveau 2 en exercice bouée. Allers retours. Valsalva forcé.

2/ Analyse événements : \*facteurs : ludion, nez, dysperméabilité tubaire, laxité tympan. \*trauma pressionnel : coup de piston sur Valsalva forcé. \*conséquences : hypoacousie et acouphène. Déficit isolé cochléaire ou associé mixte (tympan), parfois irritation vestibulaire. En général immédiat.

3/ Recherche causes : ascenseurs avec forçage tubaire. Plutôt mécanisme d'implosive route qu'explosive route. Travaux Goodhill 1971, publication Delonca 1988, publication Di Meglio 1998, rapport Kossowski congrès SF ORL 2007.

4/ Plan d'action et recommandations : Urgence audiogramme, TRT surdité brusque. Place de l'OHB (discuté et quand). Cas controversé fistule périlymphatique. Recommandations et Prévention : Valsalva est un non violent, manœuvres passives, gymnastique tubaire, état nasal. Discussion ré-autorisation plongée (critères, délai).

**EPP sur la prise en charge des accidents de plongée en région marseillaise. R Habib (1), S Gentile (2), G Noel (3), JC Devinat (1), E Lefebvre (5), JJ Raymond (6), M Vergne (6), R Toesca (1), A Desplantes (1), O Lepennetier (1), M Alazia (1), P Michelet (1,4), JP Auffray (1,4), F Kerbaul (1,4), M Coulange (1,4).** <sup>1</sup>Pôle RUSH (Réanimation Urgences SAMU Hyperbarie), AP-HM, Marseille. <sup>2</sup>Département de Santé Publique, AP-HM, Marseille. <sup>3</sup>Service des urgences Nord, AP-HM, Marseille. <sup>4</sup>UMR MD2 Dysoxie et suractivité : aspects cellulaires et intégratifs, Aix Marseille Université. <sup>5</sup>CROSSMED, Lagarde. <sup>6</sup>SCMM SAMU 83, Hôpital Sainte Musse, Toulon (France).

L'accident de plongée est le principal motif de déclenchement de l'aide médicale d'urgence en milieu maritime. Afin d'optimiser cette prise en charge très spécifique, les auteurs souhaitent mettre en place au sein du pôle RUSH (Réanimation Urgence Samu Hyperbarie) de l'assistance publique des hôpitaux de Marseille, une méthodologie d'évaluation de la prise en charge pré-hospitalière des accidents de plongée de l'alerte à la recompression, simple d'exécution et reproductible. La méthodologie de l'audit clinique ciblé a été sélectionnée. Une grille d'évaluation de la filière spécifique de prise en charge ainsi que son guide d'utilisation ont été élaborés sur la base des recommandations actuelles. Cette grille a été testée sur l'ensemble des dossiers d'accidentés du mois de juin 2012 ayant consulté au centre hyperbare. La durée de passation de la grille a été estimée à 3 minutes par dossiers. Dans 83% des cas, les seuls dossiers du centre hyperbare ont suffi à alimenter la base de données. Certaines modifications du dossier médical restent néanmoins à prévoir afin de rendre l'évaluation de la filière de prise en charge spécialisée plus complète. Les résultats de l'audit clinique ciblé mettent en évidence certains points forts de la prise en charge, tels que les modalités d'alerte, les soins conformes donnés par l'entourage, l'avis du médecin hyperbare consulté quasi systématiquement, les critères de médicalisation respectés, des moyens d'évacuation adaptés et notamment des délais entre l'alerte et l'oxygénothérapie hyperbare conformément aux objectifs. Certains écarts à la pratique ont été constatés tel que le défaut d'alerte systématique en cas d'accident, ceci entraînant un dépassement du délai de recompression. Le pôle RUSH dispose à présent d'une méthode simple d'évaluation de la prise en charge initiale des accidents de plongée. Afin d'améliorer cette dernière, un plan d'action est en cours d'élaboration.



# **ARTICLES**



# ŒDÈME PULMONAIRE ET HÉMORRAGIE ALVÉOLAIRE CHEZ UN PLONGEUR EN APNÉE

A. BOUSSUGES<sup>1,2</sup>, K. AYME<sup>2</sup>, O. GAVARRY<sup>3</sup>, J.M. GIL<sup>4</sup>, C BOURHILLON<sup>1</sup>, A DUVALLET<sup>5</sup>, P CONSTANTIN<sup>5</sup>. <sup>1</sup>Institut de Recherche Biomédicale des Armées (IRBA), Brétigny sur Orge. <sup>2</sup>UMR MD2, Dysoxie Suractivité, Aix Marseille Université. <sup>3</sup>Laboratoire HandiBio, EA 4322, Université du Sud Toulon Var, La Garde. <sup>4</sup>Service de Cardiologie, HIA Laveran, Marseille. <sup>5</sup>Centre Hyperbare, HIA Val de Grâce, Paris. (France).

## ABSTRACT

**Pulmonary edema and alveolar hemorrhage in a breath hold diver.** A Boussuges K, Ayme O, Gavarry JM, Gil C, Bourhillon A, Duvallet P, Constantin P. *Bull Medsubhyp.* 2014, 24 (1): 5 – 10. Pulmonary edema can be induced by aquatic recreational activities in healthy subjects. In this article, we report an injury in a breath hold diver and we discuss contributing factors. The injury occurred during apnea training in two different sessions. In one case, the subject dove repeatedly to 25 msw with short periods of recovery. Clinical troubles disappeared spontaneously within some minutes. In the other session, pulmonary edema appeared after a 30 msw depth dive. During this session, the apneas began after expiration. Some contributing factors such as intense exercise, short recovery between the dives, and dives at depth where lung volume was lower than residual volume could be implicated in the pathogenesis of the injury. Furthermore, in this breath hold diver, the cardio-vascular and respiratory investigations were normal. Nevertheless, the diver had a past medical history of chemotherapy and radiotherapy. The lung damages induced by this treatment are probably associated with an increase risk of stress failure during breath hold diving.

## INTRODUCTION

L'œdème pulmonaire peut survenir lors des loisirs aquatiques (natation et plongée en apnée ou en scaphandre autonome) chez des sujets à fonction cardiaque saine. Les critères faisant suspecter le diagnostic positif d'œdème pulmonaire d'immersion sont l'apparition d'un tableau clinique aigu comportant des troubles à type de toux, de gêne respiratoire ou de dyspnée, d'encombrement bronchique, et d'expectorations mousseuses +/- hémoptoïques voire d'hémoptysies franches au cours ou dans les suites immédiates d'une immersion. La plongée en apnée est une circonstance qui semble particulièrement à risque. En effet, de récents travaux ont montré que l'existence de troubles respiratoires était fréquente après des plongées en apnée (Cialoni et al, 2012). En outre, des signes d'infiltration hydrique du parenchyme pulmonaire ont pu être retrouvés chez un pourcentage important de sujets après des compétitions de chasse sous marine ou d'apnée sportive (Boussuges et al, 2011, Frassi et al, 2008, Lambrechts et al, 2011). Nous rapportons une nouvelle observation d'œdème

pulmonaire chez un plongeur en apnée qui permet de discuter les différents facteurs ayant pu favoriser cet accident.

## OBSERVATION

Monsieur X consulte pour un épisode de dyspnée accompagné d'hémoptysies dans les suites immédiates de plongées en apnée. C'est un sujet sportif en bonne santé apparente qui pratique l'apnée sportive. Il s'entraîne régulièrement dans le cadre d'un club.

Les troubles sont apparus lors d'une séance d'entraînement qui consistait en plongées répétées à une profondeur de 25 mètres. La durée de la récupération était limitée dans la mesure où pour chaque plongée, le séjour au fond et la récupération ne devaient être supérieurs à 1min30 sec. La température de l'eau en surface était voisine de 19°C. Lors d'une phase de repos, environ 5 minutes après une série de 5 plongées, le plongeur a ressenti une sensation d'encombrement bronchique avec difficultés de reprise d'une ventilation calme. La

dyspnée s'est progressivement aggravée et des expectorations hémoptoïques sont apparues. Après une période prolongée de repos au calme, les difficultés respiratoires se sont progressivement amendées.

Il est à noter que lors d'une période précédente d'entraînement, ce plongeur avait déjà présenté des troubles du même type. Les modalités d'entraînement étaient différentes. Elles consistaient en plongées répétées à une profondeur de 5 à 10 mètres, avec une apnée débutant après une expiration. Ces plongées effectuées sans palmes avaient été suivies d'une immersion à 30 mètres. Les troubles étaient survenus dans l'eau lors du retour à la surface après cette dernière plongée. Ils avaient également régressé spontanément.

Le sujet consulte à distance de tout épisode aigu. Il a récupéré une fonction respiratoire normale. L'examen clinique est sans particularité. On note dans ses antécédents un lymphome dans l'enfance ayant été traité de façon efficace par une association chimiothérapie et radiothérapie.

Les examens complémentaires pratiqués comprennent un bilan des fonctions respiratoire et cardiaque.

- Les explorations fonctionnelles respiratoires montrent des volumes et débits supérieurs aux valeurs attendues (respectivement capacité vitale forcée à 106% et volume maximal expiré en 1 seconde à 111% des valeurs prédites). La mesure de la capacité pulmonaire totale et du volume résiduel permet d'estimer que le volume pulmonaire lors du séjour au fond était supérieur au volume résiduel lors des plongées à 25 mètres, alors qu'il était plus faible que le volume résiduel lors de la plongée effectuée à la profondeur de 30 mètres.

- L'endoscopie bronchique et la tomodynamométrie thoracique sont sans particularités.

- Le bilan cardiovasculaire montre une pression artérielle de repos normale à 114/73mmHg. L'échocardiographie montre une fonction ventriculaire gauche (systolique et diastolique) normale. La tonométrie artérielle retrouve une vitesse de l'onde de pouls carotido-fémorale (6,9 m/s) dans les limites de la normale en faveur d'une compliance aortique normale.

Il a également été réalisé une épreuve de vasodilatation induite par l'hyperhémie (Corretti et al, 2002). Lors de ce test, après la levée de

l'ischémie, le pic d'augmentation du diamètre brachial est mesuré à +11% (de 3mm à 3,4mm) ce qui est en faveur d'une réactivité endothéliale normale.

- Enfin, l'épreuve d'exercice triangulaire réalisée sur cyclo-ergomètre montre une aptitude aérobie à l'effort très satisfaisante (VO<sub>2</sub> max à 47ml/min soit 109% de la valeur théorique).

Le plongeur a repris son activité de plongée en apnée. Il a modifié ses modalités d'entraînement. Il privilégie à présent le relâchement lors des apnées et évite les exercices physiques intenses, les apnées répétées avec récupérations courtes ainsi que les apnées après une phase expiratoire. Plusieurs années après son épisode aigu, il n'a pas présenté de nouvel accident. Il rapporte néanmoins quelques épisodes de "gènes respiratoires" survenus lors de la récupération après des plongées à une profondeur supérieure à 30 mètres.

## DISCUSSION

Chez le plongeur en apnée les contraintes exercées sur la membrane alvéolo-capillaire peuvent aboutir à un œdème pulmonaire. Les troubles apparaissent dans l'eau ou dans les suites immédiates de l'immersion. Les hémoptysies sont fréquemment rapportées. L'évolution peut être rapidement favorable ce qui amène parfois le plongeur à ne pas consulter.

Il apparaît par conséquent important pour le médecin de rechercher ces troubles lors d'une consultation médicale chez un pratiquant de l'apnée. Les facteurs de risque de cet accident sont à rattacher au type d'exposition et au terrain du sujet. Notre observation permet de souligner certaines conditions pouvant favoriser la survenue d'un œdème pulmonaire chez l'apnéiste.

La profondeur de plongée a été impliquée dans le risque de troubles respiratoires induits par l'apnée (Agostoni, 1965, Craig, 1968, Schaefer et al, 1968). Ainsi, lorsque le rapport entre le volume pulmonaire du sujet et la profondeur (pression en atm abs) est en faveur d'un volume pulmonaire au fond inférieur au volume résiduel (VR), il existe un risque théorique de congestion massive des capillaires pulmonaires. Dans cette situation, l'élévation majeure du gradient

trans-capillaire pourrait favoriser l'extravasation sanguine vers la lumière alvéolaire. Dans notre observation, il a pu être estimé d'après les explorations respiratoires, que la plongée réalisée à 30 mètres après une expiration s'accompagnait d'un volume pulmonaire inférieur au VR au fond. L'impact du volume thoracique sur le risque d'œdème pulmonaire a pu être récemment illustré par les travaux de Lindholm et al (2008). Ces auteurs ont étudié 11 volontaires sains pratiquant des manœuvres d'exsufflation glosso-pharyngée avant la plongée. Les apnées d'une durée de 30 secondes à 2 minutes étaient réalisées dans une piscine à une profondeur maximale de 6 mètres. La baisse des débits et des volumes pulmonaires ainsi que l'apparition d'un encombrement bronchique chez 6 sujets sur 11 (mucus hémorragique chez 2 sujets) illustraient les altérations broncho-pulmonaires induites par ce type de pratique.

Un volume pulmonaire inférieur au volume résiduel au fond peut donc être considéré comme à risque de lésions alvéolo-capillaires (profondeur critique). Néanmoins, l'amélioration des performances des apnéistes sportifs a permis de démontrer qu'il était possible d'atteindre des profondeurs importantes sans trouble clinique. En outre, l'accident peut survenir à une profondeur jugée non critique. C'est le cas dans notre observation, lorsque les troubles étaient apparus lors d'une session d'entraînement avec plongées répétées. Certains facteurs ont pu favoriser l'accident lors de cette session.

Un transfert de la masse sanguine des territoires périphériques vers la circulation thoracique est observé chez tous les sujets dès leur entrée dans l'eau. Marabotti et al (2009) ont pu montrer que des plongées en apnée à faibles profondeurs (5 mètres) s'accompagnaient de modifications cardiaques à type de troubles du remplissage du ventricule gauche et de baisse du débit cardiaque. Ils attribuaient ces modifications aux interactions cœur-poumons avec baisse du volume gazeux alvéolaire et augmentation de la masse sanguine séquestrée dans les capillaires pulmonaires.

Lorsque la plongée s'accompagne d'un palmage énergétique, l'augmentation du débit cardiaque est corrélée à l'intensité de l'exercice. Par ailleurs, des plongées répétées à fréquences élevées sont susceptibles de se compliquer d'hypoxie voire d'une éventuelle hypercapnie en raison de périodes de

récupération trop brèves, ne permettant pas de corriger les troubles de l'hématose induits par l'apnée. Ces différents paramètres peuvent se conjuguer pour accentuer la pression régnant dans les capillaires pulmonaires avec un risque de transfert de liquide du secteur vasculaire vers l'interstitium.

Dans son étude rapportant une série d'œdèmes pulmonaires induits par la natation et la plongée en scaphandre autonome, Wilmschurt et al (1989) avaient impliqué l'exposition au froid comme facteur favorisant de l'accident. Dans notre observation, le sujet n'avait pas souffert du froid en raison d'une température de l'eau clémente en Méditerranée et de moyens de protection efficaces tels qu'un vêtement néoprène humide d'épaisseur adaptée aux contraintes.

Par ailleurs, les travaux antérieurs ont montré que l'accident concernait le plus souvent un seul sujet lors d'une activité de groupe, ce qui est en faveur d'une variabilité de sensibilité individuelle. Cette sensibilité particulière est également étayée par le fait que les plongeurs impliqués ont le plus souvent présenté des accidents à répétition, comme dans notre observation.

Un bilan clinique systématique est donc important pour rechercher des anomalies de la fonction cardio-respiratoire, pouvant expliquer cette sensibilité individuelle accrue à l'accident. Dans notre observation, les explorations telles que l'échocardiographie et l'évaluation de l'adaptation à l'exercice, grâce à l'épreuve d'exercice avec analyse des gaz expirés, étaient normales, comme dans l'étude de Ludwig et al (2006) qui rapportait l'exploration de 11 plongeurs victimes d'un œdème pulmonaire d'immersion.

L'hypertension artérielle avait été identifiée par Wilmshurst et al (1989) comme un facteur favorisant l'OAP d'immersion chez le plongeur en scaphandre autonome. Plus récemment, l'hypertension a été impliquée dans l'OAP survenant chez le triathlète (Miller et al, 2010). Ces travaux sont en faveur de la contribution d'éventuelles anomalies de la fonction artérielle dans la physiopathologie de l'accident. Une attention particulière doit donc être portée à l'équilibre tensionnel des plongeurs en apnée et en scaphandre autonome. Dans notre observation, une étude détaillée a permis de vérifier la normalité de la fonction artérielle.

Par ailleurs, le sujet déclarait ne suivre aucun traitement et n'avait absorbé aucun médicament. La prise d'un anti-inflammatoire non stéroïdien a été impliquée dans nos observations initiales d'hémorragies alvéolaires chez les apnéistes (Boussuges et al, 1999), elle a plus récemment fait l'objet de nouveaux cas rapportés (Van Reterghem & Depuydt, 2012). En outre, l'alimentation d'huiles de poisson qui possèdent une activité anti agrégante plaquettaire a été identifiée comme pouvant favoriser l'œdème pulmonaire chez le triathlète (Miller et al, 2010). Il semble donc justifié d'éviter la prescription d'anti inflammatoires non stéroïdiens et plus généralement de tout traitement anti agrégant plaquettaire chez le plongeur actif.

Bien que le bilan paraclinique de ce plongeur en apnée soit satisfaisant, on remarque parmi ses antécédents un facteur qui a pu favoriser l'accident. Ce sujet a en effet présenté dans l'enfance un lymphome ayant nécessité une chimiothérapie associée à une radiothérapie. Les séquelles induites par ce type d'association thérapeutique ont été récemment impliquées comme éléments prédisposant chez un plongeur en apnée ayant présenté des hémoptysies (Gutsche & Kuschner, 2012).

## CONCLUSION

Lors de la plongée en apnée, certaines pratiques telles que la plongée à grande profondeur ou des contractions diaphragmatiques au fond (Kiyani et al, 2001) peuvent favoriser la survenue d'un œdème pulmonaire. D'après notre observation et la littérature, la plongée après une phase expiratoire et un rythme élevé de plongée avec phases de récupérations courtes devraient également être considérées comme à risque. Les plongeurs en apnée sont jeunes et sportifs et le bilan cardio-respiratoire est le plus souvent normal. Certains facteurs pouvant favoriser l'œdème pulmonaire d'immersion méritent d'être systématiquement recherchés. On peut citer l'hypertension artérielle ou la prise de médicaments possédant une activité anti-agrégante plaquettaire. Certaines lésions broncho-pulmonaires séquellaires apparaissent également susceptibles de favoriser la transsudation et l'hémorragie alvéolaire.

## RÉFÉRENCES

Agostoni E. Limitation to depths of diving: mechanics of chest wall. In: Rahn H, Yokoyama T (eds). *Physiology of breath-hold diving and the Ama of Japan*. Washington DC: National Academy of sciences, National Research Council 1965: p139-145.

Boussuges A, Pinet C, Thomas P, Bergmann E, Sainy JM, Vervloet D. Haemoptysis after breath-hold diving. *Eur Respir J* 1999, 13: 697-699.

Boussuges A, Coulange M, Bessereau J, Gargne O, Ayme K, Gavarry O, Fontanari P, Joulia F. Ultrasound Lung Comets induced by repeated breath-hold diving : A study in underwater fishermen. *Scand J Med Sci Sports* 2011 21: e384-92.

Cialoni D, Sponsiello N, Marabotti C, Marroni A, Pieri M, Maggiorelli F, Tonerini M, Frammartino B. Prevalence of acute respiratory symptoms in breath-hold divers. *Undersea Hyperbaric Med*. 2012, 39: 837-844.

Corretti MC, Anderson TJ, Benjamin EJ, Celermajer D, Charbonneau F, Creager MA, Deanfield J, Drexler H, Gerhard-Herman M, Herrington D, Vallance P, Vita J, Vogel R; International Brachial Artery Reactivity Task Force. Guidelines for the ultrasound assessment of endothelial-dependent flow-mediated vasodilation of the brachial artery. *J Am Coll Cardiol*. 2002, 39: 257-265.

Craig AB Jr. Depth limit of breath-hold diving. *Respir Physiol* 1968, 5: 14-22.

Frassi F, Pingitore A, Cialoni D, Picano E. Chest sonography detects lung water accumulation in healthy elite apnea divers. *J Am Soc Echocardiogr* 2008, 21: 1150-1155.

Gutsche M, Kuschner WG. Hemoptysis due to breath-hold diving following chemotherapy and lung irradiation. *Clin Med Res*. 2012, 10: 137-139.

Kiyani E, Aktas S, Toklu AS. Hemoptysis provoked by voluntary diaphragmatic contractions in breath-hold divers. *Chest*. 2001, 120: 2098-2100.

Lambrechts K, Germonpré P, Charbel B, Cialoni D, Musimu P, Sponsiello N, Marroni A, Pastouret F, Balestra C. Ultrasound lung "comets" increase after breath-hold diving. *Europ J Appl Physiol* 2011, 111: 707-713.

## Œdème pulmonaire chez un plongeur en apnée

- Lindholm P, Ekborn A, Oberg D, Gennser M. Pulmonary edema and hemoptysis after breath-hold diving at residual volume. *J Appl Physiol* 2008, 104: 912-917.
- Ludwig BB, Mahon RT, Schwartzman EL. Cardiopulmonary function after recovery from swimming-induced pulmonary edema. *Clin J Sports Med* 2006, 16: 348-351.
- Marabotti C, Scalzini A, Cialoni D, Passera M, L'Abbate A, Bedini R. Cardiac changes induced by immersion and breath-hold diving in humans. *J Appl Physiol* 2009, 106: 293-297.
- Miller III CC, Calder-Becker K, Modave F. Swimming-induced pulmonary edema in triathlete. *Am J Emerg Med* 2010, 28: 941-946.
- Schaefer KE, Allison RD, Dougherty JH Jr, Carey CR, Walker R, Yost F, Parker D. Pulmonary and circulatory adjustments determining limits of depths in breath-hold diving. *Science* 1968, 162: 1020-1023.
- Van Renterghem D, Depuydt C. Hemoptysis and pulmonary edema in a SCUBA diver using diclofenac. *Pharmacology* 2012, 89: 103-104.
- Wilmshurst PT, Nuri M, Crowther A, Webb-Peploe MM. Cold-induced pulmonary oedema in scuba divers and swimmers and subsequent development of hypertension. *Lancet*. 1989, 1: 62-65.

## RESUME

**Œdème pulmonaire et hémorragie alvéolaire chez un plongeur en apnée. A Boussuges, K Ayme, O Gavarry, JM Gil, C Bourrilhon, A Duvallet, P Constantin. Bull. Medsubhyp. 2014, 24 (1) : 5 – 10.** L'œdème pulmonaire peut survenir lors des loisirs aquatiques chez des sujets à fonction cardiaque saine. Nous rapportons une observation qui permet de souligner les conditions pouvant favoriser l'œdème pulmonaire chez le plongeur en apnée. L'accident est survenu chez un plongeur sportif au cours d'une session d'entraînement à type de plongées répétées à une profondeur de 25 mètres avec périodes de récupération courtes. Les troubles ont régressé spontanément. Ce sujet avait présenté un épisode du même type après des plongées débutées après une expiration. Au cours de cette session d'entraînement, réalisée sans palme, les plongées étaient réalisées à des profondeurs de 5 à 10 mètres. Elles avaient été suivies d'une plongée plus profonde à 30 mètres. Les troubles avaient également régressé spontanément. D'après la littérature, certaines circonstances ont pu favoriser l'accident chez ce plongeur. Il s'agit d'un exercice d'intensité importante, des durées de récupération courtes après les apnées, et des immersions à une profondeur où le volume pulmonaire est inférieur au volume résiduel. Par ailleurs, les explorations de la fonction cardio-respiratoire réalisées à distance de l'accident se sont avérées normales. Néanmoins, on notait dans les antécédents un traitement associant chimiothérapie et radiothérapie en raison d'un lymphome dans l'enfance. Les séquelles pulmonaires induites par ce type de thérapeutique pourraient favoriser la transsudation de liquide du secteur vasculaire vers le secteur alvéolo-interstitiel en raison de remaniements de la barrière alvéolo-capillaire.

Boussuges et coll.

# **3<sup>EME</sup> ETUDE DIABETE ET PLONGEE : INTERET D'UN MELANGE SUROXYGENE (NITROX) EN PLONGEE CHEZ LE DIABETIQUE TYPE 1**

**B. LORMEAU<sup>1</sup>, A. SOLA-GAZAGNES<sup>2</sup>, O. THURNINGER<sup>3</sup>, N. ASSAD<sup>1</sup>, R. BRESSON<sup>4</sup>, A. TABAH<sup>5</sup>, L. DUFAITRE<sup>6</sup>.** <sup>1</sup> Bondy, AP-HP Paris ; <sup>2</sup> Hôtel-Dieu, AP-HP Paris; <sup>3</sup> Ferroles Attily ; <sup>4</sup>CH Douai ; <sup>5</sup> CHU Grenoble ; <sup>6</sup> Hôpital Saint-Joseph, Marseille.

Docteur Boris LORMEAU, Hôpital Jean Verdier, avenue du 14 Juillet, 93140 BONDY  
Mail : blormeau@orange.fr

## **ABSTRACT**

**3<sup>rd</sup> study diabete and diving : interest of hyperoxic mixture (nitrox) dive in type 1 diabetics. B Lormeau, A Sola-Gazagnes, O Thurninger, N Assad, R Bresson, A Tabah, L Dufaitre. Bull. Medsubhyp 2014, 24 (1) : 11 – 17.** Diabetics have been adapting their life to diabetes for half of a century. In 1998, the SFD (French diabetes federation) recommended physical activity and sports practice. In 2004, scuba diving stopped being prohibited to diabetics treated with insulin. In 2013, a third study conducted in France shows that Nitrox 32 % mixture can be safely used by type 1 diabetics. The French federation of scuba diving (FFESSM) diving protocol is adapted and recommended for beginners diabetic divers but can evolve for experiences divers. Therefore, the current restrictions have to be reevaluated so diabetics divers gain access to autonomy.

## **INTRODUCTION**

Pendant soixante ans, les diabétiques ont adapté leur (sur)vie à leur diabète. Le sport était en soi interdit ou déconseillé. « En soi », c'est-à-dire que quelle que soit la (bonne) santé de la personne, son état diabétique l'empêchait – a priori – d'être apte à un sport. En 1998, la Société Francophone du diabète (SFD) recommande l'activité physique et sportive (Gautier et coll. 1998). La plongée sous marine reste cependant en France l'emblème du sport interdit chez le diabétique insulino-traité (DIT). La raison en est le risque d'hypoglycémie en immersion et sa conséquence potentielle grave, la noyade. Or, il s'agissait d'un risque supposé et non prouvé. L'expérience de deux organismes privés, Diver Alert Network (DAN) et British Sub Aqua Confédération (BSAC) montrent que les diabétiques n'ont pas plus d'accidents que les non diabétiques, en d'autres termes, qu'il n'y a pas de sur risque lié au diabète (Lerch et coll. 1996 ; EDGE et coll. 2002 ; DEAR et coll. 2004).

La situation évolue en France en octobre 2004 : à la suite d'un travail scientifique (Tabah et coll. 2004 ; Lormeau et coll. 2005, Golfe Juan novembre 2003), la Fédération Française de plongée (FFESSM) lève l'interdiction et permet l'accès à la plongée aux DIT sous réserve de certaines restrictions (FFESSM 2005). Les

résultats de ce travail sur la baisse glycémique durant les plongées et sur la gestion des doses d'insuline et de la prise de glucides ont été confirmés par une deuxième étude en mer chaude (Tabah et coll. 2005, St Gilles de la Réunion janvier 2005). D'autres équipes confirment les résultats français. Ces résultats ont permis la mise en place d'un référentiel international publiant un protocole de mise à l'eau pour les plongeurs diabétiques (Pollock et coll. 2006). L'intérêt de l'utilisation de systèmes de mesure continue du glucose en plongée a été étudié avec succès par un groupe Suédois (Adolfsson et coll. 2009). Cette nouvelle réglementation de la FFESSM permet aux diabétiques d'être assurés par la fédération. Depuis 2005, les diabétiques ne se cachent plus (ou moins) pour plonger. À ce jour, aucun diabétique n'a été impliqué dans les 270 à 300 accidents annuels déclarés (période 2005-2012, source : commission médicale nationale – CMN – de la FFESSM).

## **MATERIEL ET METHODES**

**Troisième projet « diabète et plongée Nitrox »**  
Une troisième étude s'est déroulée à Marseille du 13 au 16 septembre 2012. Cinq plongées ont été réalisées dans une eau à 14° C avec un mélange

Tableau 1

Caractéristiques plongeurs diabétiques type 1 (DT1)	Groupe complet	Groupe plongeurs « confirmés »	Groupe plongeurs « experts »
n=	15	10	5
Hommes - Femmes	10 - 5	5 - 5	5 - 0
Age $\pm$ s.e.m (ans) (min -max)	34.7 $\pm$ 11.3 (18 -53)	33.9 $\pm$ 12.6 (18 -53)	36.2 $\pm$ 7.8 (28 -50)
Années $\pm$ s.e.m DT1 (min -max)	10.6 $\pm$ 9.2 (1-30)	10 $\pm$ 9 (1-30)	11.8 $\pm$ 9.5 (3-30)
Poids $\pm$ s.e.m (kgs) (min -max)	75.9 $\pm$ 13.4 (48 -95)	71.4 $\pm$ 13.3 (48 -93)	85 $\pm$ 8.1 (71 -95)
Taille $\pm$ s.e.m (cms) (min -max)	174.5 $\pm$ 11.1 (155 -192)	170 $\pm$ 10.5 (155 -178)	183.6 $\pm$ 5.1 (179 -192)
Nombre plongées (min -max)	295 $\pm$ 481 (30 -2000)	99.9 $\pm$ 60.7 (30 -200)	684 $\pm$ 677 (200 -2000)
Nombre plongées après 2004 $\pm$ s.e.m (min -max)	243 $\pm$ 481(3 -2000)	57.9 $\pm$ 39.7 (3 -158)	614 $\pm$ 696 (100 -2000)
Compétent nitrox Avant l'étude	9	4	5
Diabète révélé Lors des plongées antérieures	12	8	4
HbA1c $\pm$ s.e.m (min -max)	7.25 $\pm$ 0.98 (6-8.8)	7.35 $\pm$ 1 (5.3 -8.1)	7.06 $\pm$ 0.9 (6.3 -8.8)
Dose insuline lente avant plongées UI/Jour $\pm$ s.e.m (min -max)	25.1 $\pm$ 9.1 (12 -40)	25.2 $\pm$ 8.8 (12 -40)	24.8 $\pm$ 9.7 (15 -40)
Dose insuline rapide avant plongées UI/Jour $\pm$ s.e.m (min -max)	24.9 $\pm$ 14.9 (0-54)	19.7 $\pm$ 9.8 (0-36)	35.2 $\pm$ 17.6 (9-54)
Holter glycémique Free style navigator Nombre de patients équipés	6	1	5

Nitrox à 32 %. Les buts de cette étude étaient :

- 1) Étudier les effets d'un mélange suroxygéné sur le profil glycémique de plongeurs diabétiques type 1.
- 2) Réévaluer avec la commission médicale (CMN) de la FFESSM la réglementation et les restrictions en vigueur et le protocole de mise à l'eau proposés en 2004 et établis avec des plongeurs débutants.

### Caractéristiques des plongeurs diabétiques (tableau 1)

Seize diabétiques type 1 (DT1) ont été volontaires. Une plongeuse n'a pas pu s'immerger (problème ORL). Au total, 10 hommes et 5 femmes, diabétiques type 1 depuis  $10,6 \pm 9,2$  ans (1-30), âgés de  $34,7 \pm 11,3$  ans ont participé à l'étude. Ils étaient tous exempts de complications

Tableau 2

Comparaison des 3 études « diabète et plongée »	Golfe Juan Novembre 2003 Température eau 14°C	St Gilles de la Réunion Janvier 2005 Température eau 27°C	Marseille Septembre 2012 Température eau 14°C
N=	15	11	15
Hommes	12	8	10
femmes	3	3	5
Age (ans) (min -max)	40 (28-55)	41,5 (22-54)	36,2 (28-50)
Durée diabète (ans) (min -max)	9 (1-30)	8,9 (2-22)	11,8 (3-30)
Moyenne HbA1c (%)	7,2	6,6	7,06
Nombre plongées	87	111	70
Moyenne durée plongées (mns)	30	36	34
Variations glycémiques durant plongées (gly après – gly avant)	- 0,4 (1,64 - 2,04)	- 0,67 (2,07 -2,74)	- 0,43 (1,71 -2,15)
Baisse doses insuline J1 (%)	5,3	19,6	25,1
Baisse max doses insuline (%)	19,3	30,4	27,6
Prise moyenne glucides avant plongée (gr/plongée) (min - max)	50 (15-155)	16 (15-90)	18.1 (10-90)
Plongée sans prise de glucides/total plongées	44/87	68/111	34/70
Hypoglycémies pendant les plongées (n= )	0	0 (1 hypo après une plongée)	0
Cétose (n= )	0	2 (1 après plongée de nuit et 1 cathéter pompe bouché)	0

dégénératives. L'HbA1c récente était à  $7,25 \pm 0,98$  %. Tous avaient un schéma d'insuline type basal bolus (basale :  $25,1 \pm 9,1U$  et prandiale :  $24,9 \pm 14,9$  U par jour). On distinguait un groupe de cinq plongeurs très expérimenté (appelé « groupe experts ») comprenant 1 moniteur fédéral (MF1), 1 moniteur d'état (BEES1), 1 niveau 4 (N4), 2 niveaux 3 (N3) totalisant 200 à 2000 plongées et un groupe de dix plongeurs (appelé « groupe confirmés ») non débutants (4 N1, 5 N2, 1 N3) totalisant 30 à 200 plongées chacun. Neuf plongeurs étaient compétents Nitrox ; les six autres ont passé la formation juste avant la première plongée. Trois des participants avaient omis de déclarer qu'ils étaient diabétiques lors des plongées effectuées avant la présente étude.

### Caractéristiques des plongées

Cinq plongées sur 3 jours étaient prévues. Une plongeuse n'a pas pu s'immerger (otite) ; deux autres ont annulé 2 plongées ; un dernier a annulé 1 plongée. Au total, 70 plongées encadrées ont été effectuées du 14 au 16 septembre 2012 à Marseille dans une eau à  $14^{\circ}C$  sur une embarcation pneumatique semi rigide de 30 places. Toutes les plongées ont été effectuées avec un mélange AEN (Air Enrichi Nitrox)  $32 \pm 1$  %. Les plongées ont duré 33,6 minutes (30-45) à une profondeur de 16 à 35 mètres (tenant compte du niveau des plongeurs, de la teneur en  $O_2$  du mélange avec  $PO_2max$  de sécurité à 1,4 ATA). Toutes les

plongées se sont déroulées dans la courbe de sécurité avec palier de sécurité systématique de 3 minutes à 3 mètres.

Six médecins ont encadré le projet. Une infirmière a collecté toutes les données glycémiques, les doses d'insuline injectées et les collations absorbées. Le protocole de mise à l'eau de la FFESSM a été appliqué avec contrôle de la glycémie capillaire à T-60 minutes, T-30 minutes et T-5 minutes avant immersion et T+5 minutes juste après la plongée après être remonté sur le bateau. La prise de glucides à T-60, T-30 et T-5 était identique aux recommandations en vigueur (cf. protocole FFESSM 3). Néanmoins, au vu du niveau des plongeurs, nous avons après les deux premières plongées autorisé des écarts sur ce protocole, notamment pour le « groupe experts ». Les écarts et leurs conséquences ont été analysés et commentés. Nous avons collecté les glycémies : au réveil, avant les repas et au coucher. Toutes les glycémies capillaires ont été effectuées avec le lecteur INSULINX (ABBOTT).

### Holters glycémiques

Six plongeurs (les cinq « experts » et un « confirmé ») ont été équipés avant la première plongée d'un système de mesure continue du glucose (MCG) FREE STYLE NAVIGATOR® (ABBOTT). Les capteurs ont été placés sur les bras ou sur le ventre la veille de la première plongée. En immersion, le capteur et l'émetteur étaient protégés

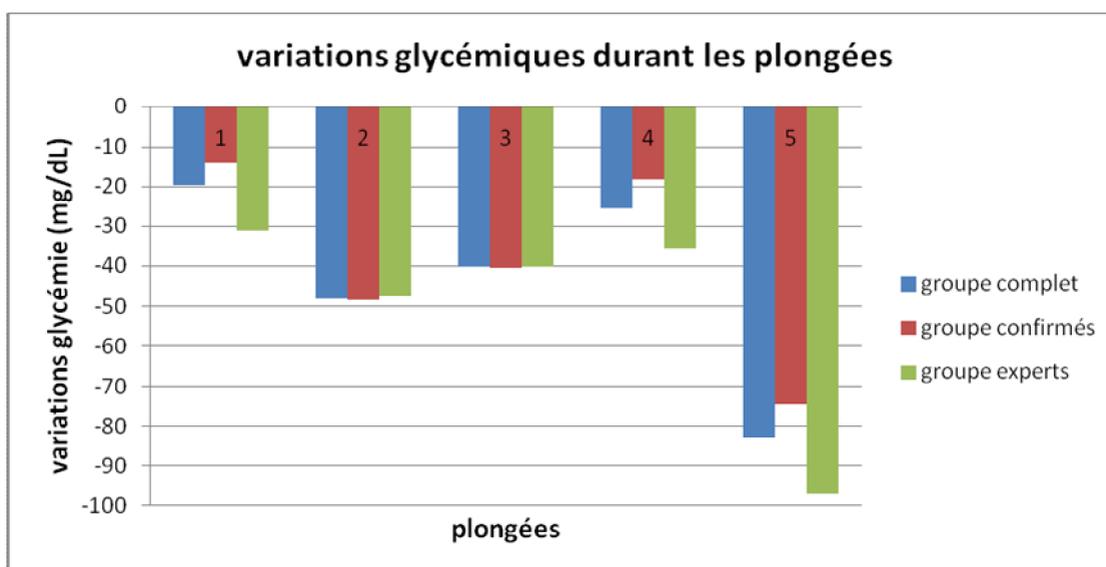


Figure 1

par un pansement sous la combinaison et le récepteur était placé dans un caisson étanche d'appareil photo. Deux appareils ont pris l'eau et ont été remplacés. Des pertes de signal pendant les plongées ont été observées la première journée ; celles-ci ont pu être évitées en plaçant le récepteur tout près (moins de 20 cm) de l'émetteur. Le profil glycémique de 32 plongées a pu être enregistré.

## RESULTATS

Aucune hypoglycémie n'a eu lieu en immersion. Aucune plongée n'a dû être annulée en raison d'une glycémie jugée trop basse ou trop élevée. La glycémie moyenne de mise à l'eau était  $214,7 \pm 42,92$  mg/dL. Les variations glycémiques pendant les plongées (caractérisée par la soustraction de la glycémie avant la plongée T-5 min et après la plongée T+plongée) sont résumées dans la **figure 1**. La baisse glycémique durant les plongées a été de 43,3 mg/dL (39,2 mg/dL chez le groupe « confirmés » et 50,4 mg/dL chez le groupe « expert »). La prise de glucides précédant la mise à l'eau est résumée dans la **figure 2**. Ont été utilisés : soda sucré dégazé, fruits secs, barres chocolatées,

crème de marrons, sirop d'agave. Trente quatre plongées sur 70 ont été effectuées sans prise de glucides préalable (21 dans le groupe « confirmés » et 13 dans le groupe « expert »). La prise moyenne a été de 18 grammes de glucides par plongée. Les plongées sans glucides entraînent une baisse glycémique plus forte de 52,9 mg/dL (-125 ; + 34). Durant les plongées, les variations glycémiques extrêmes (-152 ; + 88 mg/dL) sont comparables dans les 2 groupes, les baisses un peu plus importantes dans le groupe « expert » et les hausses plus importantes dans le groupe « confirmés ». Une glycémie plus élevée après qu'avant la plongée est parfois observée quand la glycémie T-5 est supérieure à 3 g/L. Dix plongées sur 70 (14,3 %) entraînent une baisse glycémique supérieure à 100 mg/dL durant les plongées (6,7 % dans le groupe « confirmés » et 24 % dans le groupe « expert »). De façon plus large, 31,4 % des plongées entraînent une baisse glycémique supérieure à 50 mg/dL (28,9 % dans le groupe « confirmés » et 48 % dans le groupe « expert »)

**Apport du système de mesure continue du glucose (MCG) :** L'aire sous courbe (AUC) mesurée pendant les plongées varie entre 7465 et 12285  $\text{mg}\cdot\text{min}^{-1}\cdot\text{L}^{-1}$ . La variabilité glycémique enregistrée pendant tout le séjour varie entre 3,88

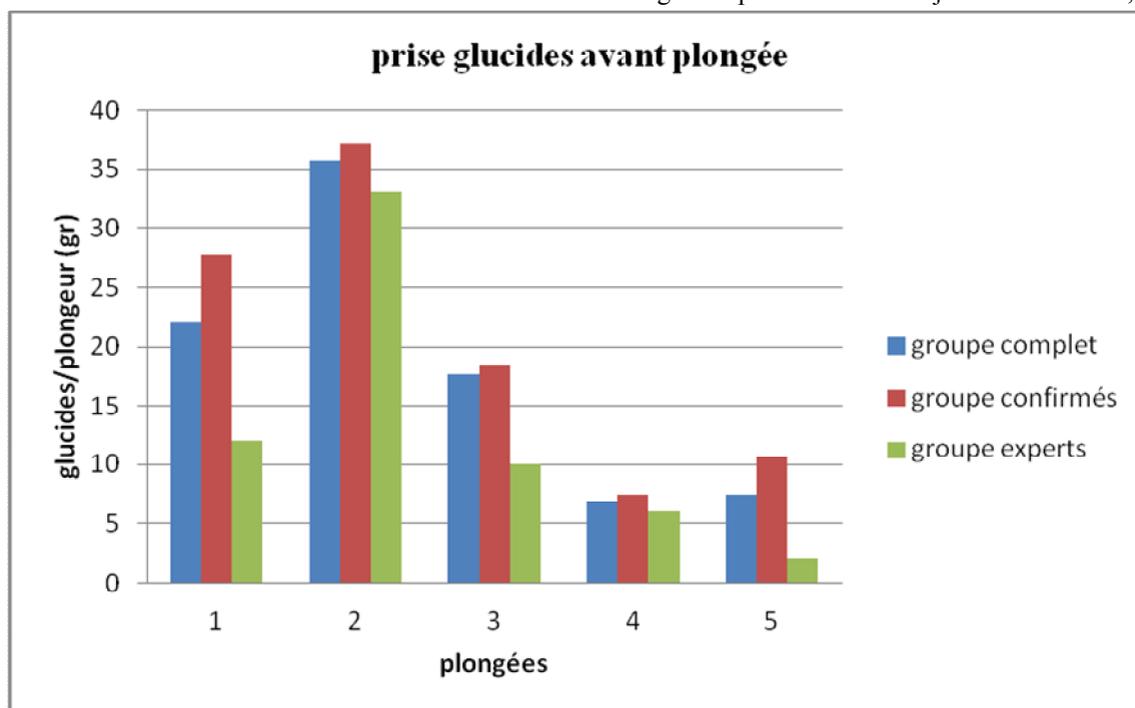


Figure 2

et 13,76 mmol/L.

La réduction des doses d'insuline est de 27,6 % (25,5 % pour la basale et 28,1 % pour la prandiale), réalisée dès le premier jour conformément aux recommandations et n'a pas nécessité de modifications majeures au cours de l'étude.

## DISCUSSION

La baisse glycémique durant les plongées à l'air enrichi est en moyenne comparable aux baisses observées en plongée à l'air dans les deux précédentes études (tableau 2). Cette baisse est un peu plus importante dans le groupe « expert » par rapport au groupe « confirmés » (50,4 vs 39,2 mg/dL) mais le groupe « expert » s'immerge avec une glycémie plus basse (210,2 vs 217,4) et a pris beaucoup moins de glucides avant les plongées (12,6 vs 21,2 g/plongée). Le profil glycémique avant les plongées (T-60 ; T-30 ; T-5 min) est comparable dans les deux groupes mais la prise de glucides est mieux répartie entre T-30 et T-5 min dans le groupe « experts » (groupe « confirmés » : T-30 : 28,8 % et T-5 : 49,2 % - groupe « expert » : T-30 : 49,2 % et T-5 : 38,4 %).

Les plongeurs absorbent parfois selon leur protocole personnel des glucides sous l'eau. Cette pratique leur permet de partir avec une glycémie plus basse. Ceci ne fait pas partie des recommandations de la FFESSM (Tabah et coll. 2005). En effet, la prise de boissons ou d'aliments sous l'eau nécessite une maîtrise qui n'est pas accessible à des plongeurs débutants et ne peut être recommandée ou généralisée. Le plongeur « expert » cumulant 2000 plongées nous a confié son *protocole de mise à l'eau personnel* :

T-30 minutes : si glycémie < 1,5 g/L : 30gr de glucides rapides

T-5 minutes : si glycémie > 1,5 g/L : OK mise à l'eau ; si glycémie entre 1 et 1,5 g/L : 15g de glucides et OK mise à l'eau ; si glycémie < 1g/L : retour à T-30 minutes puis durant les plongées, absorption toutes les 10 minutes de 20 mL de sirop d'agave (contenu dans une seringue de gavage 60 mL). C'est le seul plongeur qui, lors de l'étude a absorbé des glucides sous l'eau.

La gestion de l'insuline a été comparable dans les deux groupes. La baisse d'emblée de 30 % basale et prandiale est recommandée et suffisante (Lormeau et coll. 2005). De l'insuline de correction a été faite ( $5,8 \pm 6,4$  UI/patient durant

tout le séjour (0-20 UI). Ces rajouts ont été faits avant ou après les plongées. Ceux fait avant les plongées (pour des glycémies > 3 g/L) entraînaient une baisse glycémique plus importante et ne sont pas recommandés même si la glycémie est > 3 g/L. La correction a surtout été faite dans le groupe « confirmés » et les écarts glycémiques en dehors des plongées sont plus importants dans ce groupe. Les plongées sans prise de glucides préalable entraînent une baisse glycémique supérieure à 100 mg/dL dans 20 % des cas et une baisse supérieure à 50 mg/dL dans 44,1 %. La moitié des plongées effectuées par le groupe « expert » s'est passée sans prise de glucides expliquant les baisses glycémiques plus importantes. Le plongeur expert qui a absorbé du sirop d'agave sous l'eau (190 g/5 plongées soit 38 g/plongée) a eu une baisse glycémique moindre en plongée que les autres patients « experts » (43,2 mg/dL ; -92 ; +4).

La prise de glucides est influencée par l'âge, la durée du diabète et les doses d'insuline : les jeunes ( $18,3 \pm 1$  ans), diabétiques récents (< 6 ans) et traités par des doses faibles d'insuline (< 27 UI/jour) consomment plus de glucides que les seniors ( $51,3 \pm 1,5$  ans), diabétiques anciens (durée du diabète 23 à 30 ans) et traités par de plus fortes doses d'insuline (> 60 UI/jour). Elle n'est pas influencée par le poids des plongeurs.

Treize plongées se sont déroulées dans l'espace lointain (33 à 35 mètres) ; la profondeur n'a pas influé la baisse glycémique. Quatorze plongées ont duré plus de 35 minutes (36-45). Nous n'avons pas observé de baisse glycémique accentuée pendant ces plongées. La troisième plongée est responsable d'une baisse glycémique plus importante (88,8 mg/dL) et 6 plongeurs ont une baisse supérieure à 100 mg/dL). Les facteurs en cause ne sont pas clairement identifiés (température de l'eau ? courant ? fatigue ?). L'influence du froid n'est pas claire car les plongeurs équipés en combinaison semi étanche ou étanche ont eu des résultats similaires à ceux équipés en combinaison humide. Onze plongées ont entraîné une augmentation de la glycémie. En fin de plongée, le froid pourrait donc dans certains cas être hyperglycémiant (rôle des hormones comme le cortisol?). Cette hypothèse reste à vérifier.

Le holter a pu influencer la prise de glucides avant les plongées (4 sur 6 plongeurs équipés ont absorbé de 0 à 60 g de glucides cumulés sur 5 plongées ; la moitié des plongées avec MCG s'est déroulée sans prise préalable de glucides). La fonction flèche de tendance a contribué à la mise à

l'eau de trois plongées où la glycémie était < 1,60 g/L.

**En conclusion**, le mélange Nitrox 32 % peut être utilisé en toute sécurité sans incidence supplémentaire sur le profil glycémique chez le plongeur diabétique type 1 insulino traité. La baisse glycémique pendant les plongées est comparable à la baisse observée lors des plongées à l'air dans notre précédente étude dans des conditions similaires. La consommation de glucides avant les plongées est en moyenne de 18,1 grammes par plongée. Elle est un peu plus importante chez les jeunes, chez les jeunes diabétiques et ceux traités par de faibles doses d'insuline ; elle est bien moindre chez les plongeurs les plus expérimentés. L'intérêt du Nitrox chez le diabétique est de pouvoir rester dans la courbe de sécurité et pourrait ainsi être préféré à l'air. Le protocole de mise à l'eau de la FFESSM est adapté et recommandé aux plongeurs diabétiques débutants. Un plongeur expérimenté a allégé ce protocole et ses contraintes grâce à l'apport de glucides sous l'eau. De plus, cette expérience montre que le diabète type 1 n'est pas un obstacle à l'autonomie, aux passages de niveaux ou aux plongées dans l'espace lointain. A la lumière de ces résultats et constatations, les restrictions actuelles de la CMN peuvent être réévaluées pour les plongeurs diabétiques insulino dépendants.

## REFERENCES

- Adolfsson P, Ornhaugen H, Jendle J. Accuracy and reliability of continuous glucose monitoring in individuals with type 1 diabetes during recreational diving. *Diabetes technol therap* 2009, 1 (8): 493-497.
- Dear Gde L, Pollock NW, Uguccioni DM, Dovenbarger J, Feinglos MN, Moon RE. Plasma glucose responses in recreational divers with insulin-requiring diabetes. *Undersea Hyperb Med* 2004, 31: 291-301.
- Edge C, Bryson P, Edmonds C.. Insulin-dependent diabetes mellitus In: Edmonds C., Lowry C., Pennefather J., Walker R. (eds). *Diving and Subaquatic Medicine*. Arnold, New York. 2002, pp 581-595.
- FFESSM, CMPN. Contre-indications à la plongée en scaphandre à l'air. Aptitudes restreintes chez le diabétique insulino traité. [http://www.medical.ffessm.fr/?page\\_id=510](http://www.medical.ffessm.fr/?page_id=510)
- Gautier JF, Berne C, Grimm JJ, Lobel B, Coliche V, Mollet E. Recommandations de l'ALFEDIAM : Activité physique et diabète. *Diabetes Metab* 1998, 24 : 281-290.
- Lerch M, Lutrop C, Thurm U. Can the risk of hypoglycaemia be banned? *S. Pac Underwater Med Sport J*. 1996, 26: 62-66.
- Lormeau B, Sola A, Tabah A, Chiheb S, Dufaitre L, Thurninger O, Bresson R, Lormeau C, Attali Jr, Valensi P. Blood glucose changes and adjustments of diet and insulin doses in type 1 diabetic patients during scuba diving (for a change in French regulations). *Diabetes Metab* 2005, 31: 144-151.
- Pollock NW, Uguccioni DM, Dear Gd, Bates S, Albushies TM, Prosterman SA. Plasma glucose response to recreational diving in novice teenage divers with insulin-requiring diabetes mellitus. *Undersea hyperb med* 2006, 33(2): 125-133.
- Tabah A, Lormeau B, Bresson R, Dufaitre L, Thurninger O, Sola A. Diabetes and diving: change in regulations? In: Grandjean B and Meliet JL (eds). *Proceedings of the 30<sup>th</sup> annual meeting of the European undersea and baromedical society*. Ajaccio 2004: p 82-89.
- Tabah A, Lormeau B, Dufaitre L, Sola A, Bresson R, Thurninger O, Marmion N, Attali Jr, Valensi P, Venutolo F, Grandjean B. Scuba diving with diabetes mellitus french data, procedures and regulations. In: Pollock NW, Uguccioni DM, Dear G, (eds). *Diabetes and recreational diving : guidelines for the future*. *Proceedings of the UHMS/DAN 2005 June 19 workshop*, Durham.
- Tabah A. Thèse doctorat en Médecine. Diabète et plongée sous-marine. Faculté Xavier Bichat Paris VII. Soutenue à Bobigny le 31.01.2005. Disponible sur [www.diabeteplongee.com](http://www.diabeteplongee.com)

## RESUME

**3<sup>ème</sup> étude diabète et plongée : intérêt d'un mélange suroxygéné (Nitrox) en plongée chez le diabétique type 1. B Lormeau, A Sola-Gazagnes, O Thurninger, N Assad, R Bresson, A Tabah, L Dufaitre. Bull. Medsubhyp, 2014, 24 (1) : 11 – 17.** Pendant un demi siècle, les diabétiques ont adapté leur (sur)vie à leur diabète. En 1998, la SFD (Société Francophone du diabète) recommande l'activité physique et sportive. En 2004, la plongée sous marine n'est plus interdite aux diabétiques insulino traités. En 2013, une 3<sup>ème</sup> étude française montre que le mélange Nitrox 32 % peut être utilisé en toute sécurité chez le diabétique type 1. Le protocole de mise à l'eau de la FFESSM adapté et recommandé aux plongeurs diabétiques débutants pourra évoluer chez le plongeur confirmé. Ainsi, les restrictions actuelles doivent être réévaluées vers la possibilité d'accession à l'autonomie pour les plongeurs diabétiques.



# PRATIQUE DE LA PLONGEE ET DES SPORTS SUBAQUATIQUES PAR LES PATIENTS AYANT UNE HYPERTENSION ARTERIELLE SYSTEMIQUE

V. LAFAY, B. BROUANT, M. COULANGE, G. PHAN, R. KRAFFT, G. FINET, F. ROCHE, B. GRANDJEAN. Groupe de travail "HTA et plongée" de la Commission Médicale et de Prévention Nationale (CMPN) de la Fédération Française d'Etudes et de Sports Sous-Marins (FFESSM).

Propositions validées par la CMPN le 5 avril 2013.

## ABSTRACT

**Subaquatic sports and diving in subject with hypertension : French underwater federation guidelines. V Lafay, B Brouant, M Coulange, G Phan, R Krafft, G Finet, F Roche, B Grandjean. Bull. Medsubhyp. 2014, 24 (1) : 19 – 27.** Like any physical activity, underwater activities increase blood pressure with significant variations related to mental stress, cold and, specifically, hyperoxia. Patients with hypertension are more prone to these changes because hypertension is a disease of vasomotion with potential visceral repercussions. They may thus be more subject to sudden death or immersion pulmonary edema.

When evaluating a hypertensive diver, the physician should be particularly careful if other risk factors, pathologic state or end organ damage (cardiac, renal, cerebral, retinal) is present.

Management of hypertension must be consistent with current guidelines. For treatment, ACE inhibitors or ARBs are preferred for their good tolerance, with particular caution for the risk of dehydration with diuretics. Beta-blockers should only be used when necessary and are subject to specific conditions.

There will be no restrictions for asymptomatic patients whose BP is controlled (<140/90 mmHg). We may require personalised specific conditions of practice for high risk or uncontrolled subjects (no cold water diving, limited to 30 m and no enriched oxygen mixture) or extend the temporary contraindication if BP is not controlled (> 160/100 mmHg). All hypertensive divers should receive specific information and a form is dedicated for this purpose.

Avec plus de 150 000 licenciés, la plongée sous-marine attire de plus en plus d'adeptes, et c'est heureux.

Cependant, la plongée est parfois considérée comme un loisir et non comme un véritable sport, en particulier par les sujets les plus âgés, ou les moins préparés.

Or l'hypertension artérielle (HTA) touche les sujets les plus âgés, et les plus sédentaires. Il s'agit d'une pathologie le plus souvent asymptomatique, et encore parfois considérée à tort comme bénigne.

A l'avenir, il est logique de penser que les palanquées seront de plus en plus fréquemment confrontées non pas au problème de l'HTA elle-même, mais aux conséquences plus ou moins graves de l'HTA dont la plongée peut être le révélateur.

En effet, on sait depuis longtemps qu'il existe de fortes interactions entre plongée et HTA [Wilmshurst & al 1989].

Alors que nous observons ce développement de la plongée, l'étude des incidents montre, même s'ils restent heureusement rares, une nette progression de deux types d'accidents : les œdèmes pulmonaires et les morts subites.

A tel point, que cela a fait l'objet de plusieurs mises en garde du Préfet Maritime de la Méditerranée, la dernière datant du 23 mai 2012. Il y est fait état de 15 décès en plongée en 2010, et

17 en 2011 sur la zone Méditerranée. Il ne s'agit pas de jeunes inexpérimentés, mais de plongeurs expérimentés âgés en moyenne de 50 ans et à l'occasion de plongées profondes, au-delà de 40 mètres.

Or ceci doit interpellé la communauté médicale car si les liens entre œdème pulmonaire en plongée et HTA sont reconnus, il en est vraisemblablement de même en ce qui concerne HTA et mort subite en plongée.

Cette idée, comme nous allons le voir, est soutenue non seulement par des arguments physiopathologiques, mais aussi épidémiologiques. En effet, les circonstances qui prédominent dans ces deux types d'accident sont le froid, la profondeur et le stress psychique. Or ces trois circonstances sont justement celles qui ont le plus fort impact sur la régulation tensionnelle du plongeur.

Nous allons donc nous intéresser successivement aux effets de la plongée sur la régulation tensionnelle, puis aux conséquences de la maladie hypertensive chez le plongeur.

Nous essaierons d'en déduire la meilleure attitude médicale vis-à-vis de cette pathologie chez le plongeur, en termes d'exploration, de traitement, d'avis de non-contre-indication et de conseils à proposer au plongeur hypertendu.

Comme souvent en médecine de plongée, cette réflexion sera construite sur des connaissances physiopathologiques et empiriques. Il n'est pas possible de baser ces recommandations sur des études de recherche appliquée dont le nombre et les effectifs restent très limités. Néanmoins c'est bien cette méthodologie qui a permis les énormes progrès en médecine de plongée de ces dernières décennies.

## **EFFET DE LA PLONGEE SUR LA TENSION ARTERIELLE**

Tout d'abord, une donnée très simple : la plongée favorise l'élévation tensionnelle.

Contrairement à ce que l'on a longtemps cru, il ne s'agit pas d'un effet pression. Les données disponibles sont suffisantes pour pouvoir l'avancer : en effet toutes les mesures recueillies lors de plongées expérimentales humaines, y compris les plus profondes réalisées à la Comex à Marseille jusqu'à 71 ATA (700 m) n'ont pas mis en évidence de variations significatives de la pression artérielle chez les plongeurs [Lafay & al, 1995]. Le corps humain est composé majoritairement de liquides, donc incompressibles, et les effets pressions se répartissent de manière homogène sur tout l'organisme, et donc s'annulent. Ceci à condition, bien sûr, que les cavités gazeuses soient équilibrées avec la pression ambiante.

Les trois facteurs les plus significatifs sur la pression artérielle sont comme nous l'avons vu : le froid, la profondeur et le stress.

Le froid, est un excellent vasoconstricteur. Il entraîne une stimulation sympathique, une augmentation de la sécrétion des catécholamines, une activation du système rénine angiotensine et une altération de la régulation endothéliale [Sun 2010]. Il est donc un élément majeur dans la régulation des résistances systémiques et donc de la post-charge ventriculaire gauche. Il faut rappeler que l'eau a une conductivité thermique de 25 fois supérieure à celle de l'air, et que donc cet effet est très prononcé chez le plongeur, même équipé. L'effet du froid sur la tension artérielle est connu pour majorer celle-ci, en particulier chez les sujets les plus âgés [Alpérovitch & al, 2009]. Quant à l'effet de l'eau froide il est tellement reconnu, que la poussée tensionnelle induite par le contact de l'eau froide avec la main (*cold pressure test*) est un test régulièrement utilisé chez les patients, mais

aussi les sujets sains pour détecter les futurs patients hypertendus [Casey & al, 2008]. Par ailleurs, le froid renforce le réflexe de plongée et entraîne une stimulation parasympathique et un ralentissement de la fréquence cardiaque.

L'effet de la profondeur est lié à l'augmentation de la pression ambiante. En fait, c'est l'augmentation de la pression partielle d'oxygène qui est en jeu, et l'on connaît là encore l'effet vasoconstricteur puissant de l'hyperoxie sur la circulation systémique. De plus l'hyperoxie renforce aussi la bradycardie. Elle est par ailleurs susceptible d'altérer la fonction systolique, alors que les résistances systémiques restent élevées jusqu'à plus de 10 minutes après le retour en normoxie [Gole & al, 2011]. Il semble enfin que l'hyperoxie en plongée n'entraîne paradoxalement pas de diminution des pressions pulmonaires [Fraser & al, 2011]. Cet effet hyperoxie a longtemps été sous-estimé jusqu'à une publication [Wilmshurst & al 1989] qui a démontré qu'un œdème pulmonaire pouvait être expérimentalement reproduit chez une cohorte de 11 plongeurs ayant déjà présenté un œdème en plongée. Les seuls stimuli suffisants pour déclencher un nouvel œdème étaient le froid et l'hyperoxie. L'hyperoxie et le froid ont aussi un effet d'agression directe sur la membrane alvéolo-capillaire qui est impliqué dans la pathogénie de cet œdème pulmonaire. Il est par ailleurs très troublant de lire dans cette même étude que parmi ces 11 plongeurs sans antécédents cardiovasculaires notables, 7 ont déclenché une réelle HTA dans leur suivi.

Il semble donc exister une adaptation hémodynamique particulière, non seulement chez le patient hypertendu, mais probablement aussi chez le futur hypertendu. Certains plongeurs prédisposés à l'HTA semblent en effet plus sensibles au développement d'un œdème pulmonaire d'immersion [Wilmshurst & al 1989, Peacher & al, 2010]. Cette notion est par ailleurs connue chez les sujets normotendus qui ont une adaptation tensionnelle inadaptée à l'effort. Ils seront plus à risque de déclencher une maladie hypertensive [Singh & al, 1999].

Froid et hyperoxie sont donc deux éléments majeurs à prendre en compte dans ce domaine et cela est confirmé dans une série concernant 22 plongeurs ayant présenté un œdème pulmonaire [Coulange & al, 2010]. Froid et hyperoxie sont bien sûr étroitement corrélés à la profondeur.

Il est donc vraisemblable qu'il nous faille rester très prudent vis-à-vis de l'utilisation de mélanges suroxygénés chez les patients hypertendus

Enfin le troisième facteur fondamental est le stress psychique donc on connaît très bien l'effet tachycardisant et vasoconstricteur par l'intermédiaire d'une activation sympathique et par la sécrétion entre autres de catécholamines. Or le stress est inhérent à l'environnement hostile de la plongée sous-marine. Il peut avoir des effets d'autant plus prononcés, que sa survenue est le plus souvent brutale, lors d'un événement qui par ailleurs n'est pas nécessairement grave en soi [Wilbert-Lampen & al, 2008].

D'autres facteurs sont susceptibles de renforcer le risque de poussée tensionnelle :

- La réalisation d'un effort musculaire. Il est normalement accompagné d'une vasodilatation périphérique, or celle-ci se retrouve très limitée en plongée.

- L'immersion par elle-même. Elle déclenche un réflexe de plongée associant ralentissement de la fréquence cardiaque et vasoconstriction périphérique. Ce réflexe de plongée ou d'immersion est d'autant plus puissant que le milieu est froid, et que la face est exposée.

- Un autre phénomène est la ventilation d'un gaz comprimé, donc dense qui entraîne une augmentation du travail ventilatoire et donc des gradients de pression intra-thoracique. Ceci est susceptible d'aggraver la décompensation hémodynamique [Lafay & al, 1995].

- Il est possible que la circulation de bulles soit responsable d'une dysfonction endothéliale chez certains sujets. Ceci serait cohérent avec le fait que l'observation d'œdèmes ou de morts subites prédominent lors de la remontée.

- Il peut être envisagé que la déshydratation liée à la plongée intervienne dans ce phénomène par une stimulation du système rénine angiotensine. En effet, cette diurèse et provoquée par la redistribution de la masse sanguine vers le thorax et peu donc favoriser une hypoperfusion rénale.

- D'autres facteurs seront vraisemblablement à dévoiler car on ne fait que commencer à découvrir les répercussions de la plongée sur la régulation humorale en particulier.

La plongée met en œuvre de nombreux mécanismes qui concourent à une élévation des pressions systémiques pouvant aboutir à une réponse inadaptée de l'organisme. Cette élévation de la post-charge ventriculaire gauche est

susceptible d'entraîner une décompensation cardiaque chez le sujet prédisposé.

Qu'en est-il des effets d'une maladie hypertensive chez le plongeur ?

## **EFFETS DE L'HYPERTENSION ARTERIELLE SUR LA PLONGEE**

L'HTA est essentiellement une maladie de la vasomotricité. Il est même probable que cette inadaptation de la vasomotricité préexiste à la maladie hypertensive comme semble le suggérer la publication de Wilmshurst, mais aussi l'inadaptation tensionnelle à l'effort chez le futur hypertendu ou le *cold pressor test* [Casey & al, 2008].

Nous ne disposons pas d'études à ce sujet, mais il est vraisemblable que le patient hypertendu soit très démuni vis-à-vis des adaptations hémodynamiques réclamées par la plongée. Que ce soit vis-à-vis du froid ou de l'hyperoxie et bien évidemment du stress psychique, puisque l'on connaît bien le phénomène de réaction d'alarme ou d'effet blouse blanche chez de nombreux hypertendus.

De la même manière, l'adaptation hémodynamique à l'effort est moins bonne chez le patient hypertendu, et peut d'ailleurs être altérée par certains traitements anti-hypertenseurs comme les bêta-bloquants.

Enfin, cette pathologie de la vasomotricité est très certainement favorisée par des stimuli mécaniques ou chimiques que nous n'appréhendons pas encore en plongée. Ce que l'on sait, c'est que la dysfonction endothéliale est inhérente à la maladie hypertensive et que ces facteurs sont susceptibles de la favoriser.

Le patient hypertendu de par sa physiopathologie, est donc plus fragile face aux agressions environnementales de la plongée.

Malheureusement d'autres complications potentiellement graves sont à craindre chez le plongeur hypertendu. Elles sont liées aux retentissements viscéraux de l'HTA.

Les retentissements myocardiques tout d'abord. L'HTA est responsable d'une cardiopathie hypertensive qui associe schématiquement hypertrophie ventriculaire gauche, puis dilatation auriculaire gauche. Ces deux retentissements sont responsables d'une altération de la fonction diastolique, puis systolique, mais aussi de troubles

du rythme supra ventriculaires, voire ventriculaires [Eckenhoff & Knight, 1984]. Tout ceci peut se traduire par une défaillance hémodynamique, ou par un trouble du rythme pendant la plongée. Les deux sont facilement concomitants chez le patient hypertendu et peuvent être rapidement à l'origine d'un œdème pulmonaire, mais aussi d'une mort subite en plongée.

De plus, l'HTA est l'un des tous premiers facteurs de risque cardio-vasculaire concernant la pathologie coronarienne ou cérébrale. Les patients hypertendus sont donc des sujets à haut risque pour lesquels la plongée peut-être le révélateur d'une pathologie silencieuse sous-jacente. La souffrance cérébrale chronique, combinée à l'âge, pourrait être aussi susceptible d'abaisser le seuil comitial ce qui est potentiellement dangereux dans cette ambiance hyperoxique.

Par ailleurs, l'HTA est responsable d'une souffrance rénale associant néphroangiosclérose, altération de la fonction rénale, mais aussi altération du système rénine angiotensine.

Enfin, la rétinopathie hypertensive surtout associée à une autre pathologie comme le diabète ou un glaucome peut aboutir à des complications à l'occasion d'un simple plaquage de masque.

Tous les éléments ébauchés ci-dessus doivent conduire le médecin à la plus grande prudence vis-à-vis d'une pathologie très fréquente, jusqu'à passer parfois pour anodine, mais dont les complications peuvent être redoutables au cours d'une plongée.

Comment aborder le plongeur ou le futur plongeur hypertendu ?

## **RECOMMANDATIONS ETRANGERES**

Les recommandations les plus précises nous viennent du Royaume Uni : La Health and Safety Executive dans sa mise au point de novembre 2011 concernant l'examen médical du futur plongeur précisent, au chapitre HTA : la tension ne doit pas dépasser 140/80 mmHg au repos en position allongée. En cas d'hypertension modérée (< 160/100 mmHg), il n'y a pas de contre-indication si le patient ne nécessite pas de traitement ou si celui-ci n'altère pas la sécurité de la plongée et qu'enfin il n'existe pas de retentissement viscéral de l'HTA (sans autres précision). Sans que cela soit mentionné, il apparaît qu'une HTA modérée ou

sévère (> 160/100 mmHg) est une contre-indication.

L'avis d'un cardiologue doit être sollicité au moindre doute.

Il est aussi à noter que l'électrocardiogramme (ECG) est recommandé pour toute première visite d'un futur plongeur, mais aussi tous les 5 ans, au moins, à partir de 40 ans.

L'épreuve d'effort n'est pas requise, mais un simple step test est conseillé tous les ans.

Enfin, l'évaluation indirecte de la VO<sub>2</sub> est conseillée, l'objectif étant que la majorité de plongeurs soit capable de développer un effort de 13 METS (VO<sub>2</sub> = 45,5ml/kg/min). Ceci devrait en toute rigueur directement éliminer la grande majorité des plongeurs....

Les exigences de l'UK Sports Diving Medical Committee, sont moins sévères, et autorisent la plongée si la diastolique est inférieure à 90 mmHg pour les nouveaux plongeurs et 100mmHg pour les anciens plongeurs, pour une systolique toujours inférieure à 160 mmHg. Ceci sans traitement, ou avec un traitement approprié (diurétique, anticalcique, IEC, parfois Bêta-bloquant). Le plongeur doit être capable d'atteindre 90% de sa fréquence cardiaque maximale à l'effort. Toute atteinte d'un organe cible (rétine, rein, appareil cardio-vasculaire) est une contre-indication à la plongée

En Espagne la Société Espagnole de Cardiologie publie les conseils suivants concernant les futurs plongeurs en 2001 : la tension artérielle doit être contrôlée, un ECG est conseillé tous les ans.

Aux USA : pour le Divers Alert Network (DAN), l'HTA doit être "contrôlée". Les capacités du plongeur doivent lui permettre d'effectuer un travail de 6 METs en continue, avec des pics à 11-12 METs si besoin [Mitchell & Bove, 2011]. Pour la Professional Association of Diving Instructors (PADI), l'HTA est considérée comme un "risque relatif" nécessitant un avis médical personnalisé. Là encore, l'épreuve d'effort est conseillée et l'estimation de la VO<sub>2</sub> doit aussi sélectionner des athlètes pouvant fournir un effort d'au moins 13 METs (ce qui est bien sûr, rare chez le plongeur moyen).

## **EXPLORATION DU SUJET HYPERTENDU**

Les propositions que nous formulons pour la Fédération Française d'Études et de Sports Sous-Marins sont basées sur les règles de bonne pratique [Blacher et coll, 2013] appliquées au cas particulier du plongeur.

Un organigramme (Annexe 1) résume la conduite à tenir pour la prise en charge d'un patient hypertendu qui souhaite plonger.

### 1) Interrogatoire :

Il doit rechercher des antécédents hypertensifs personnels (HTA symptomatique ou non, ancienneté, traitements entrepris, HTA obstétricale) ou familiaux.

Il doit rechercher des complications d'une éventuelle HTA (dyspnée, malaises, palpitations...)

Il doit s'intéresser aux capacités d'effort du plongeur et bien sûr à une éventuelle symptomatologie d'effort.

Enfin, concernant la plongée, il doit préciser les motivations, le niveau technique et les conditions habituelles de plongée. Il est utile de faire préciser l'existence d'éventuelles céphalées en plongée.

Chez le patient HTA, une information doit être donnée au plongeur concernant les risques particuliers de la plongée chez le sujet hypertendu. Une fiche de conseils personnalisée (Annexe 2) devrait lui être remise lors de cet examen.

### 2) Examen Clinique :

Il doit, comme toujours, être attentif et complet.

La prise tensionnelle est un point fondamental. Elle doit être bilatérale pour le premier examen.

L'auscultation est rigoureuse, une attention particulière est donnée à la recherche de signes d'insuffisance cardiaque et à la palpation des pouls.

### 3) Examens paracliniques :

Chez le sujet sans antécédents cardio-vasculaires, un électrocardiogramme (ECG) semble souhaitable lors du premier examen. Rappelons que l'ECG est maintenant une recommandation de la Société Européenne de Cardiologie, mais aussi de la Société Française de Cardiologie avant toute participation à une compétition [Carré et coll, 2009, Pelliccia & al, 2005].

Chez le patient hypertendu, on conseillera :

Toujours : un bilan biologique : comprenant au moins un bilan métabolique, une évaluation de la

fonction rénale, la recherche d'une protéinurie.

Souvent : une épreuve d'effort non seulement pour l'évaluation coronarienne, mais aussi pour celle du profil tensionnel d'effort et des capacités d'effort du patient. Les indications seront conformes aux recommandations de la Société Française de cardiologie : sujets asymptomatiques de plus de 40 ans mais ayant des facteurs de risque coronaires, ou souhaitant reprendre une activité sportive intense. Ces deux items correspondent à la pratique de la plongée sous-marine, d'autant plus que cette pratique engage une sécurité collective comme cela est précisé dans ces mêmes recommandations [SFC 1997].

Souvent : une échocardiographie à la recherche d'une cardiopathie hypertensive. L'étude de la fonction systolique, mais aussi et surtout diastolique, doit être rigoureuse. Enfin, la mesure des pressions pulmonaires est fondamentale, une HTAP restant une contre-indication à la plongée.

Si besoin : un fond d'œil en fonction du contexte (antécédents, pathologies associées)

D'autres examens (MAPA, Holter ECG...) peuvent être utiles mais restent une affaire de cas par cas.

Les situations suivantes sont considérées à risque doivent faire l'objet d'une contre-indications temporaire à la plongée dans l'attente d'un avis spécialisé :

## **PRISE EN CHARGE DE L'HYPERTENSION CHEZ LE PLONGEUR**

### 1) Les mesures hygiéno-diététiques

Elles sont d'autant plus de rigueur qu'il s'agit d'un patient hypertendu qui souhaite pratiquer un sport.

- Les mesures diététiques sont classiques et visent à différencier l'alimentation, à lutter contre le surpoids et à limiter les consommations de sodium tout en augmentant celles de potassium. La consommation d'alcool doit être limitée chez le patient hypertendu.

- Les mesures hygiéniques concernent essentiellement l'activité physique et le sevrage tabagique qui doit être encouragé, (voire imposé) en cas de coronaropathie ou de pathologie vasculaire associée [Kaplan & al, 2005].

Tableau 1 : Situations à risque avec contre-indications temporaire à la plongée dans l'attente d'un avis spécialisé
- Patient symptomatique.
- HTA modérée ou sévère (> 160 /100 mmHg).
- Tout antécédent d'accident vasculaire cérébral (AVC).
- Tout retentissement viscéral d'une HTA : cardiopathie hypertensive, insuffisance rénale, protéinurie, rétinopathie
- Toute pathologie cardio-vasculaire associée : coronaropathie, insuffisance cardiaque, troubles du rythme...
- Tout facteur de risque associé (âge > 55 ans, tabac, dyslipidémie, diabète, antécédents familiaux proches), ou la sédentarité qui doivent faire envisager une épreuve d'effort [16].
- La nécessité d'une quadrithérapie ou d'un traitement bêta-bloquant [Brouant et coll, 2008]

L'entraînement physique doit faire l'objet d'une attention particulière du plongeur, et du médecin. L'entraînement en piscine doit être largement encouragé. L'épreuve d'effort est aussi un bon moyen pour objectiver et donc faire réaliser au plongeur ses capacités réelles.

## 2) Le traitement médicamenteux

Il doit être conforme aux données préconisées pour tout patient hypertendu. Le cas particulier de la plongée sous-marine orientera vers l'utilisation de certaines molécules.

Les inhibiteurs de l'enzyme de conversion (IEC) et les antagonistes des récepteurs de l'angiotensine II (Sartans) seront privilégiés en raison de leur bonne tolérance chez le sportif en général [Kaplan & al, 2005, Brouant et coll, 2009] et le plongeur en particulier.

Les anticalciques peuvent être utilisés, mais on évitera les plus bradycardisants (Vérapamil). Retenons aussi que les dihydropyridines peuvent être à l'origine de vertiges vaso-moteurs en plongée chez certains patients.

Les Bêta bloquants sont, en général, à éviter chez le plongeur. Cependant leur utilisation peut être nécessaire, en particulier chez les sujets coronariens. Rappelons qu'en cas d'utilisation, ils doivent faire l'objet d'une évaluation ciblée et que le certificat ne peut être délivré que par un médecin fédéral [Brouant et coll, 2008].

Les diurétiques sont fréquemment utilisés et systématiques en cas de trithérapie. Ils peuvent être prescrits à dose minimale chez le plongeur. Cependant, la plongée étant diurétique par elle-

même, il faut informer le plongeur du risque de déshydratation. C'est un facteur favorisant d'accident de désaturation (ADD) et la déshydratation peut entraîner des manifestations neurologiques (fatigue, torpeur, obnubilation...). Il faut conseiller une compensation hydrique systématique après les plongées. Le plongeur peut estimer son état d'hydratation selon la quantité et la couleur de ses urines. Si ses urines sont de faible abondance et de couleur foncée, cela évoque un début d'hémoconcentration et il ne devra pas hésiter à différer ou suspendre ses plongées sans attendre les manifestations cliniques de la déshydratation.

Dans certain cas, et en particulier pour les séjours en ambiance chaude, on pourra proposer une réduction voire une suspension transitoire et strictement encadrée du traitement diurétique

Les autres classes médicamenteuses sont en général évitées pour leurs nombreux effets secondaires. Il faut donc rester vigilant pour ces molécules chez le plongeur.

## **CONTRE-INDICATIONS A LA PLONGEE**

Après l'évaluation du patient hypertendu qui souhaite plonger (Annexe 1), trois situations sont envisagées :

Tableau 2 : Décision de non contre-indication chez le plongeur hypertendu.	
HTA contrôlée et stabilisée (TA < 140/90 mmHg)	Pas de contre indication après un éventuel avis spécialisé préalable en cas de situation à risque (cf tableau 1).
HTA légère stade 1 (TA de 140 à 160 / 90 à 100 mmHg)	Conditions Particulières de Pratique (CPP) réduisant le risque vasculaire - pas de plongées en eau froide, - pas de plongées profondes (profondeur limitée à 30m), - pas de plongée en mélange hyperoxique.
HTA modérée et sévère stade 2 et 3 (TA > 160/100 mm Hg)	Contre indication temporaire à la plongée à prolonger jusqu'à amélioration de la situation.

## CONCLUSION

De nombreuses données montrent que la plongée sous-marine n'est pas sans retentir sur l'équilibre tensionnel et qu'à l'inverse, la maladie hypertensive peut avoir des conséquences parfois aiguës et dans de rares cas, létales chez le plongeur.

Les médecins prenant en charge les plongeurs doivent être convaincus que l'association plongée-HTA est à manier avec de grandes précautions.

Certaines formes d'HTA, et certaines complications, sont des contre-indications temporaires voire définitives à la plongée sous-marine.

Certaines formes d'HTA et certaines complications nécessitent impérativement un avis spécialisé.

L'abord de tout plongeur hypertendu doit faire l'objet d'une attention particulière du médecin.

Comme toujours en médecine de plongée, le temps de la consultation est primordial. Il est fondamental pour faire passer des messages d'explications et de prudence. Ces messages doivent être adaptés aux compétences techniques du plongeur, à ses motivations, autant qu'à ces capacités physiques.

Une restriction de pratique, argumentée, est toujours préférable à une contre-indication sans appel, qui ne sera pas suivie.

Enfin, et ce message est fondamental, il faut toujours rappeler au plongeur qu'un accident met bien sûr sa vie en danger, mais menace aussi

directement la sécurité de toute une palanquée. Les malheureux exemples de cette vérité sont trop nombreux pour ne pas l'évoquer.

Une fiche de conseil doit être remise au plongeur (annexe 2).

## REFERENCES

Alpérovitch A, Lacombe JM, Hanon O, Dartigues JF, Ritchie K, Ducimetière P, Tzourio C. Relationship Between Blood Pressure and Outdoor Temperature in a Large Sample of Elderly Individuals : The Three-City Study. Arch Intern Med 2009, 169: 75-80.

Blacher J, Halimi JM, Hanon O, Mourad JJ, Pathak A, Schnebert B, Girerd X. Prise en charge de l'hypertension artérielle de l'adulte. Recommandations 2013 de la Société française d'hypertension artérielle.

<http://www.sfhta.eu/wp-content/uploads/2012/12/Recommandation-SFHTA-2013-Prise-en-charge-HTA-de-l'Adulte.pdf>

Brouant B, Finet G, Krafft R, Lafay V, Roche F, Grandjean B. Conditions particulières de pratique de la plongée sous-marine de loisir pour les patients atteints de coronaropathie : Recommandations pour la FFESSM. Bull Med Sub Hyp 2009, 19 : 165-176

Brouant B, Kraft R, Lafay V, Lemmens B, Roche F, Finet G, Grandjean B. Conditions de non contre-indication à la plongée sous-marine de loisir pour les sujets prenant un traitement médicamenteux bêta-bloquant : Recommandations pour la FFESSM, Bull

Med Sub Hyp 2008, 18 (1) : 1-8

Carré F, Brion R, Douard H, Marcadet D, Leenhardt A, Marçon F, Lussion JR. Recommandations concernant le contenu du bilan cardio-vasculaire de la visite de non contre-indication à la pratique du sport en compétition entre 12 et 35 ans. 2009  
<http://www.sfcadio.fr/recommandations/sfc/contenu-du-bilan-cardiovasculaire-de-la-visite-de-non-contre-indication-a-la-pratique-du-sport-en-competition-entre-12-et-35-ans/>

Casey DP, Braith RW, Pierce GL. Changes in central artery blood pressure and wave reflection during a cold pressor test in young adults. Eur J Appl Physiol. 2008, 103(5): 539-543

Coulangue M, Rossi P, Gargne O, Gole Y, Bessereau J, Regnard J, Jammes Y, Barthelemy A, Auffray JP, Boussuges A. Pulmonary oedema in healthy SCUBA divers: new physiopathological pathways. Clin Physiol Funct Imaging, 2010, 30: 181-186

Eckenhoff RG, Knight DR. Cardiac arrhythmias and heart rate changes in prolonged hyperbaric air exposures. Undersea Biomed. Res. 1984, 11 (4): 355-367

Fraser JA, Peacher DF, Freiburger JJ, Natoli MJ, Schinazi EA, Beck IV, Walker JR, Doar PO, Boso AE, Walker AJ, Kernagis DN, Moon RE. Risk factors for immersion pulmonary edema: hyperoxia does not attenuate pulmonary hypertension associated with cold water-immersed prone exercise at 4.7 ATA. J Appl Physiol. 2011, 110(3): 610-618

**Gole Y**, Gargne O, Coulangue M, Steinberg JG, Bouhaddi M, Jammes Y, Regnard J, Boussuges A. Hyperoxia-induced alterations in cardiovascular function and autonomic control during return to normoxic breathing. Eur J Appl Physiol. 2011, 111(6): 937-946

[Kaplan NM](#), [Gidding SS](#), [Pickering TG](#), [Wright JT Jr](#). Task Force 5: Systemic Hypertension, [J Am Coll Cardiol](#). 2005, 45(8):1346-1348.

Lafay V, Barthélémy P, Comet B, Frances Y and Jammes Y. "ECG changes during the experimental dive HYDRA X (71 ATA)" Undersea and Hyperbaric Med.; 1995, 22: 51-60

Mitchell SJ, Bove AA. Medical screening of recreational divers for cardiovascular disease: consensus discussion at the Divers Alert Network Fatality Workshop. Undesea Hyperb Med 2011, (38)4 : 289-96

Peacher DF, Pecorella SR, Freiburger JJ, Natoli MJ, Schinazi EA, Doar PO, Boso AE, Walker AJ, Gill M, Kernagis D, Ugucioni D, Moon RE. Effects of hyperoxia on ventilation and pulmonary hemodynamics during immersed prone exercise at 4.7 ATA: possible implications for immersion pulmonary edema. J Appl Physiol 2010, 109: 68-78,

Pelliccia A, Fagard R, Bjørnstad HH, Anastassakis A, Arbustini E, Assanelli D, Biffi A, Borjesson M, Carré F, Corrado D, Delise P, Dorwarth U, Hirth A, Heidbuchel H, Hoffmann E, Mellwig KP, Panhuyzen-Goedkoop N, Pisani A, Solberg EE, van-Buuren F, Vanhees L, Blomstrom-Lundqvist C, Deligiannis A, Dugmore D, Glikson M, Hoff PI, Hoffmann A, Hoffmann E, Horstkotte D, Nordrehaug JE, Oudhof J, McKenna WJ, Penco M, Priori S, Reybrouck T, Senden J, Spataro A, Thiene G Recommendations for competitive sports participation in athletes with cardiovascular disease European Heart Journal, 2005, 26(14): 1422-1445.

Singh JP, Larson MG, Manolio TA, O'Donnell CJ, Lauer M, Evans JC, Levy D. Blood pressure response during treadmill testing as a risk factor for new-onset hypertension. The Framingham Heart Study. Circulation. 1999, 99: 1831-1836

Société Française de Cardiologie. Recommandations concernant la pratique des épreuves d'effort chez l'adulte en cardiologie. Archives des Maladies du Cœur et des Vaisseaux 1997, 90(1) :: 77-91

Sun Z. Cardiovascular responses to cold exposure. Front Biosci (Elite Ed). 2010 Jan 1, 2:495-503

Lampen U, Leistner D, Greven S, Pohl T, Sper S, Völker C, Güthlin D, Plasse A, Knez A, Küchenhoff H, Steinbeck G. Cardiovascular events during World Cup soccer. N Engl J Med. 2008, 358(5):475-483

Wilmshurst PT, Nuri M, Crowther A, Webb-Peploe MM. Cold-induced pulmonary oedema in scuba divers and swimmers and subsequent development of hypertension. Lancet 1989: 62-65

## RESUME

**Pratique de la plongée et des sports subaquatiques par les patients ayant une hypertension artérielle systémique.** V Lafay, B Brouant, M Coulangue, G Phan, R Krafft, G Finet, F Roche, B Grandjean. Bull. Medsubhyp. 2014, 24 (1) : 19 – 27. Comme toute activité physique, les activités subaquatiques font monter la tension artérielle avec des variations importantes liées au stress psychique, au froid et, de manière spécifique, à l'hyperoxie. Les sujets hypertendus sont plus sensibles à ces variations car l'HTA est une maladie générale de la vasomotricité, avec de possibles retentissements viscéraux. On peut donc craindre qu'ils soient plus exposés aux risques de mort subite ou d'œdème pulmonaire d'immersion.

Face à un plongeur hypertendu, le médecin devra donc être particulièrement vigilant surtout en cas de facteur de risque associé, de pathologie ou de retentissement viscéral (cardiaque, rénal, cérébral, rétinien).

La prise en charge doit être conforme aux recommandations en vigueur. Pour le traitement, on privilégiera les IEC ou les sartans, pour leur bonne tolérance, en restant méfiant vis-à-vis du risque de déshydratation avec les diurétiques. Les bêta-bloquants ne sont à utiliser qu'en cas de nécessité et font l'objet de conditions particulières.

Il n'y aura pas de restriction pour un sujet asymptomatique dont la TA est équilibrée (< 140/90 mmHg). On pourra par contre proposer des conditions particulières de pratique pour les sujets à risques, ou incomplètement contrôlés, (pas de plongée en eau froide, limitation à 30 m et pas de mélange suroxygéné) ou prolonger la contre-indication temporaire si la TA n'est pas équilibrée (> 160/100 mmHg). Tous les plongeurs hypertendus devront faire l'objet d'une information particulière et une fiche est dédiée à cette intention.

### Groupe de travail "HTA et plongée" :

Docteur Vincent LAFAY, 1 route de la Gavotte, 13015 Marseille

Docteur Benoît BROUANT, Médiwald 57150 Creutzwald, [info@cardiosub.com](mailto:info@cardiosub.com)

Docteur Mathieu COULANGE, Hôpital Sainte-Marguerite, 13274 Marseille

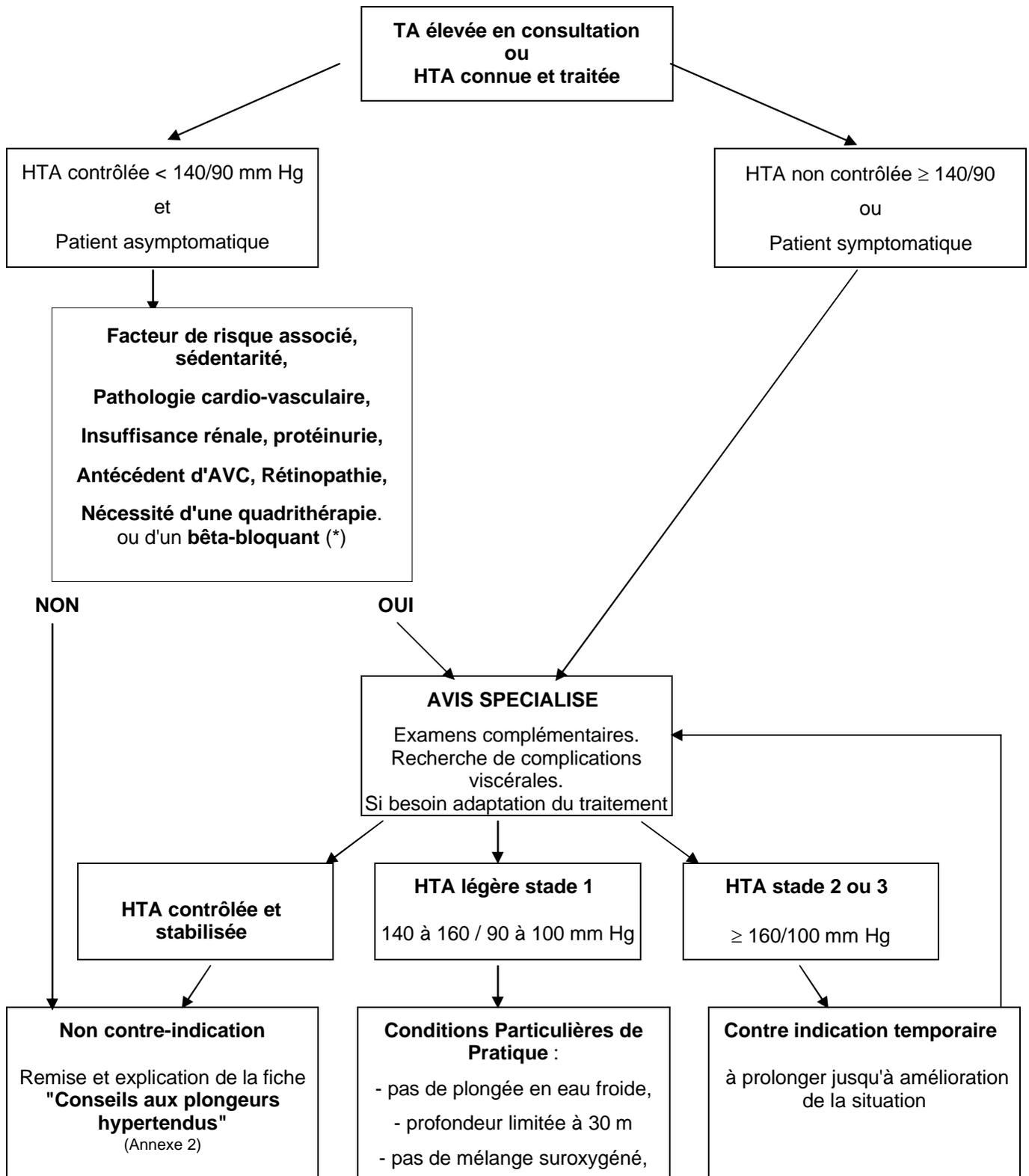
Docteur Gérard PHAN, 73 rue Voltaire, 92300 Levallois-Perret

Docteur Rémy KRAFFT, Clinique Claude Bernard, 57070 Metz

Professeur Gérard FINET, Hôpital Louis Pradel, 69677 Bron

Professeur Frédéric ROCHE, CHU Nord, 42055 Saint-Etienne

Docteur Bruno GRANDJEAN, Médecine Hyperbare. Hôpital de la Miséricorde, 20303 Ajaccio



(\*) Conditions particulières de pratique "Bêta-bloquants et plongée".

### HTA et plongée

L'hypertension artérielle est une maladie qui fragilise l'ensemble de votre organisme et le rend beaucoup plus sensible vis-à-vis des agressions et du risque de malaise grave.

Toute activité physique entraîne une élévation normale et réversible de la tension artérielle.

De plus, la plongée peut entraîner des variations importantes de la tension artérielle.

Les trois facteurs principaux de ces variations sont le stress psychique, le froid et la pression partielle en oxygène.

Les plongées profondes ou l'utilisation de mélanges suroxygénés (Nitrox) sont donc à considérer avec prudence en cas d'hypertension artérielle.

### Traitement et suivi du plongeur hypertendu

En tant que plongeur hypertendu, vous devez avoir un suivi médical régulier.

Certains anti-hypertenseurs (les bêta-bloquants) nécessitent une évaluation particulière avant d'autoriser la pratique de la plongée.

Veillez à bien vous hydrater si vous avez un traitement diurétique : des urines foncées et de faible abondance évoquent un début de déshydratation (ce qui est un facteur favorisant d'ADD).

Vous ne devez jamais modifier votre traitement anti-hypertenseur la veille ou le jour d'une plongée : en cas de problème, vous devez vous abstenir de plonger et consulter votre médecin.

### Avant et pendant la plongée

En tant que plongeur hypertendu, vous devez, plus que tout autre, être vigilant vis-à-vis de votre forme le jour de la plongée et de vos sensations sous l'eau.

Pendant la plongée, certains signes doivent vous faire impérativement interrompre la progression, voire demander de l'aide : des maux de têtes inhabituels, un essoufflement, un malaise, une douleur à la poitrine...

Lors d'une longue période sans plongée, il est conseillé de maintenir un entraînement physique régulier en privilégiant les activités d'endurance (natation, marche intensive, course à pied, cyclisme...).

Après une longue période sans plongée, la reprise doit être prudente en évitant les eaux froides, les plongées profondes, les plongées contre le courant et les mélanges suroxygénés.



# APTITUDE MEDICALE A LA PLONGEE DES SAPEURS POMPIERS : ETAT DES LIEUX ET PERSPECTIVES

M. COULANGE<sup>1,2,3</sup>, A. DESPLANTES<sup>1</sup>, O. LE PENNETIER<sup>1</sup>, J.M. SAGUE<sup>4</sup>, V. LAFAY<sup>1</sup>, E. THOMAS<sup>1</sup>, J.J. GRENAUD<sup>2,3</sup>, A. BARTHELEMY<sup>1</sup>, S. LEPOURIEL<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Service de Médecine Subaquatique et Hyperbare, Pôle Réanimation Urgences SAMU Hyperbarie, Assistance Publique des Hôpitaux de Marseille. <sup>2</sup>Centre National de Plongée, Ecole d'Application de la Sécurité Civile, Entente pour la forêt Méditerranéenne, Valabre. <sup>3</sup>SDIS 04, Digne Les Bains. <sup>4</sup>SDIS 84, Avignon. <sup>5</sup>Direction Générale de la Sécurité Civile et de la Gestion des Crises, Asnières sur Seine. (France)

**ABSTRACT :** Medical fitness to dive for firefighters. M Coulange, A Desplantes, O Le Pannetier, JM Sagué, V Lafay, E Thomas, JJ Grenaud, A Barthélémy, S Lepouriel. *Bull. Medsubhyp.* 2014, 24 (1) : 31 – 46.

**Introduction:** Firefighters have multiple activities and among them SCUBA diving is considered as a risk; this is due to the particular context which includes assistance and the environmental constraints (lack of visibility, cold, running waters, not free surface, pollution, locks gates, tidal range, isolation, mine). The medical fitness to dive can be a determining element to control this risk. The recent abrogation of the diverse clauses relative to the medical strengthened supervision of the workers (Decree of May 2nd, 2012) incite us to reassess our practices in the field of the medical fitness to dive in 2.750 firemen divers and to propose new recommendations.

**Method:** after a brief presentation of the statutory context, the authors try to estimate the efficiency of the plan by a study of the national accidentology. They specify their data by exposing the risk analysis carried out in the population of the National Center of Dive (NCD) where more than 15.000 dives/year are performed. They also present the preventive measures as well as their positive impacts. Finally, they launch a questioning in a dozen of Departmental Service of Fire and Assistance (DSFA) to get closer of the practices in the field.

**Results:** the departmental organization makes difficult the implementation of a national register. However the meticulous work of the "Office Prevention Accident", the Central Direction Management, the Committees of Hygiene, Security and Working Conditions allow to elaborate strategies of prevention. Nevertheless, we deplore three fatal accidents occurred during the last fifteen years. No predisposing factor of any physiological problem was detected during the visit of medical fitness. Concerning the NCD, the implementation of strict procedures of decompression, the use of suroxygenated mixtures and adaptation of the educational contents lead to a very important reduction of serious accidents (near to none); only slight ENT barotraumas due to infectious episodes were not detectable during the annual visit. All the physicians received a specific practical training about the risks of scuba diving with a regular updating of the practices. The number of accidents remains limited. The content of the visit is largely in accordance with the regulations; however, some doctors would be ready to delete the EEG and the radiological examination every 4 years as well as the biannual visit for patients over 40 years in absence of particular clinical element. The fundoscopic examination seems to be rediscussed. Some sectors of improvement such as a consciousness-raising to the psychological risk, the implementation of a group of expert for a collective validation in case of a specific pathology as well as the organization of the sanitary assistance could be proposed. The physicians also wish to continue to perform a cardiac stress test only in case risk factors or clinical abnormality.

**Conclusion:** The modified order of May 6th, 2006 which determines the conditions of the medical aptitude of the professional and voluntary firemen as well as the conditions of exercise of the professional and preventive medicine in the DSF is still in force. But it seems necessary to implement a reflection which will take into account the terms of the new European recommendations by integrating the experience of the physicians working in this field. This reasoning will have also to take into account the next revision of the national guide of references: "Interventions, Help and Safety in Aquatic and hyperbaric Environment" of the Civil Security.

**Key words:** diving, firefighter, medical fitness, health and safety at work

## INTRODUCTION

La plongée subaquatique est une activité considérée à risque chez les sapeurs pompiers en particulier par le contexte de secours et les contraintes environnementales (manque de

visibilité, froid, courant, eaux vives, surface non libre, pollution, écluses, marnage, isolement, mine...). L'aptitude médicale peut être un élément déterminant pour contrôler ce risque.

Les conditions d'aptitudes médicales des sapeurs

pompiers sont définies par l'arrêté du 06 mai 2000. L'annexe II précise les conditions spécifiques aux activités spécialisées comme les activités subaquatiques. Les conditions d'accès à la spécialité imposent entre autre un âge de 18 ans au minimum et de 38 ans au maximum, un profil SIGYCOP de type 1, un IMC entre 20 et 29 pour les hommes et entre 19 et 27 pour les femmes et une absence d'allergie aux salicylés. Une révision récente de l'instruction N°2100 a permis de revoir les seuils très limitatifs en particulier sur le plan ORL et ophtalmologique.

L'annexe II de l'arrêté du 06 mai 2000 est très proche de l'arrêté du 28 mars 1991 définissant les recommandations aux médecins du travail chargés de la surveillance médicale des travailleurs intervenant en milieu hyperbare. Le tableau I compare les examens complémentaires recommandés par le Ministère du Travail et par le Ministère de l'Intérieur. A la différence des recommandations du Ministère du travail, le

sapeur-pompier plongeur effectue un bilan radiologique des sinus, un entretien psychologique et un fond d'œil. L'épreuve d'effort et le test de compression ne sont pas recommandés de façon systématique. Lors de la visite annuelle, l'audiométrie et l'ECG dépendent de la clinique. Ils peuvent être réalisés uniquement tous les deux ans comme l'EFR, la radiographie du thorax et le bilan visuel. La visite quadriennale est sensiblement identique à celle du Ministère du travail si ce n'est en ce qui concerne la radiographie des sinus, l'EEG et le fond d'œil. L'épreuve d'effort est conditionnée par l'examen clinique.

La visite d'aptitude médicale à la plongée des sapeurs-pompiers ne peut être pratiquée que par un médecin qualifié en physiologie et en médecine de la plongée subaquatique. La liste restrictive des praticiens répondant à ces critères impose leur appartenance à l'une des catégories ci-après :

	1 <sup>ère</sup> Visite		Visite annuelle		Visite quadriennale		Visite semestrielle (> 40 ans)	
Examen clinique	X	X	X	X	X	X	X	X
Biologie	X	X	X	?	X	X		
Audio-typanométrie	X	X RX SINUS	X	±	X	X RX SINUS		
EFR	X	X	X	X ±2 ans	X	X		
ECG de repos	X	X	X	±	X	X		
Epreuve d'effort	X	NR	X	NR	X	NR		
Radio. thorax	X	X	?	X ±2 ans	X	X		
Radio. grosses articulations	X	X			X	X		
EEG avec SLI et HP	X	X			NR	X		
Test de compression	X	NR						
Ophtalmo	NR	X FO	NR	X ±2 ans	NR	X FO		

Tableau I. Comparaison des examens paracliniques recommandés par le Ministère du Travail (à gauche en noir) et par le Ministère de l'intérieur (à droite en rouge) dans le cadre de l'aptitude médicale aux interventions en milieu hyperbare (NR : non recommandé, FO : fond d'œil).

## Aptitude médicale à la plongée des sapeurs pompiers

- médecin fédéral de la fédération française d'études et de sports sous-marins ;
- titulaire du certificat d'études spéciales en médecine et biologie du sport ;
- titulaire d'une attestation d'études ou d'un certificat d'université d'études spéciales en physiologie et médecine subaquatique ;
- responsable ou attaché d'un centre thérapeutique hyperbare hospitalo-universitaire ;
- responsable d'un centre médicosportif agréé par le ministère de tutelle ;
- médecin sapeur-pompier titulaire d'une attestation délivrée par la direction de la sécurité civile ou la marine nationale après participation à un stage national d'information en physiologie et en médecine de la plongée.

médecine de Marseille proposent des formations reconnues par la direction de la défense et de la sécurité civile. En 2013, seule Aix Marseille Université poursuit cet enseignement universitaire destiné aux médecins sapeurs-pompiers.

Le médecin sapeur-pompier qualifié en médecine subaquatique est le seul habilité à délivrer une aptitude médicale à la plongée.

L'évolution des données scientifiques, l'abrogation récente des diverses dispositions relatives à la surveillance médicale renforcée des travailleurs (3 Arrêté du 2 mai 2012) et la publication prochaine du référentiel emploi activités compétences (REAC) « Interventions, Secours et Sécurité en Milieu Aquatique et Hyperbare » nous incitent à réévaluer nos pratiques dans le domaine de l'aptitude médicale aux activités subaquatiques des 2.750 plongeurs sapeurs pompiers afin de proposer de nouvelles recommandations.

La circulaire du 26 avril 2002 précise que l'université de médecine de Reims et la faculté de

### **Département**

**Combien de médecins effectue des aptitudes plongées**

**Vous pratiquez les aptitudes depuis quelle année**

**Quel est la date de votre formation initiale**

**Quel est la date de votre dernier recyclage en médecine de plongée**

**Combien de plongeurs dans le département**

**Avez vous des risques spécifiques dans le secteur plongée**

**Avez vous un registre des accidents / incidents en plongée**

**Pouvez vous nous préciser le type d'accidents / incidents**

**avec éventuellement l'âge, le niveau, les facteurs favorisants, les conséquences en terme de séquelles et les conditions de reprise :**

**Quel est pour vous l'objectif de l'examen médical (protection et/ou sélection) :**

**Quels sont les examens paracliniques que vous demandez pour la visite initiale**

**Quels sont les examens paracliniques que vous demandez pour la visite annuelle**

**Quels sont les examens paracliniques que vous demandez pour la visite quadriennale**

**Faites vous une visite bi annuelle après 40 ans**

**Quels sont les axes d'amélioration que vous proposeriez pour l'avenir**

**Remarques autres**

Figure n°1 : Questionnaire d'évaluation des pratiques adressé aux SDIS

## METHODE

Dans un premier temps, les auteurs analysent l'efficacité du dispositif par une étude de l'accidentologie au niveau national avec plus de 70.000 plongées/an, puis ils affinent leurs résultats en étudiant les 15.000 plongées/an du centre national de plongée (CNP) de l'Ecole d'Application de la Sécurité Civile (ECASC) et enfin évaluent l'impact des mesures préventives mises en place depuis 10 ans.

Dans un second temps, ils effectuent une enquête descriptive observationnelle par l'intermédiaire d'un questionnaire adressé aux SDIS (fig. n°1). Les questions posées concernent le nombre de médecins effectuant les aptitudes médicales à la plongée, leurs formations initiales, leurs recyclages et leurs expériences, les spécificités de la visite médicale d'aptitude, le nombre de plongeurs suivis, les risques spécifiques, la présence d'un registre, l'accidentologie et les axes d'améliorations.

## RESULTATS et DISCUSSION

L'organisation départementale et les contraintes budgétaires rendent difficile la mise en place d'un registre national, cependant le travail minutieux du « Bureau Prévention Accident » de la Direction Centrale ainsi que des Comités d'Hygiène, Sécurité et Conditions de Travail permettent d'élaborer des stratégies de prévention. Malgré tout, on déplore trois accidents mortels depuis une quinzaine d'année. Aucun élément n'est en faveur d'un problème physiologique non dépisté par la visite d'aptitude médicale.

Une analyse plus précise est effectuée au CNP grâce à un volume conséquent de plongées et une diversité d'activités. En effet, le CNP effectue des formations nationales et internationales pour les

cadres et les techniques spécifiques au milieu aquatique (sauveteur aquatique, sauveteur hélicoptère, eaux vives, survie...) et subaquatique (surface non libre, plongée sous glace, plongée narguilé, plongée mélange...). Le CNP participe également à la formation à l'aptitude médicale et au soutien sanitaire aux activités subaquatiques ainsi qu'à la médecine hyperbare et à l'aide médicale urgente en milieu maritime. Il a également initié en 2013 le premier enseignement de soutien sanitaire en milieu nautique destiné aux infirmiers sapeurs-pompiers. Par ailleurs, il est régulièrement sollicité pour de l'expertise et du soutien logistique et opérationnel en France et à l'étranger. L'absence de registre antérieur aux années 2000 limite notre analyse à une période de dix ans. Néanmoins, la mise en place de procédures de décompression strictes, l'utilisation des mélanges suroxygénés, la suppression de la remontée sur expiration et l'adaptation du contenu pédagogique ont permis de réduire quasiment à néant les accidents graves, sans pour autant qu'il y ait eu de modification dans l'aptitude médicale. Seuls persistent des barotraumatismes ORL consécutifs à des épisodes infectieux intercurrents difficilement décelables lors de la visite annuelle (tab. II). Une stratégie de dépistage avec mise en place d'un traitement préventif par aérosol de décongestionnants devrait limiter ce risque sans pour autant compromettre le bon déroulement de la formation du stagiaire. Le développement du soutien sanitaire en milieu nautique pourrait également renforcer cet axe de prévention à condition qu'il ne devienne pas limitatif.

En parallèle, 13 SDIS ont répondu favorablement au questionnaire établi par les auteurs (fig. n°2). Ces SDIS se situent en côtier (5) mais également en eau intérieure (8). Aucune réponse ne provient des DOM-TOM. Les médecins de plongée sont au nombre de 1 à 8 par SDIS. Ils ont tous reçu une formation spécifique aux risques liés aux activités

Type d'accident	Quantité	
<b>ORL</b>	<b>Otite Barotraumatique</b>	<b>5</b>
	<b>Otite externe</b>	<b>4</b>
	<b>Vertige alterno barique</b>	<b>1</b>
<b>Dent</b>	<b>1</b>	
<b>Syncope sur Apnée</b>	<b>1</b>	

Tableau II. Bilan 2012 des accidents recensés au CNP.

## Aptitude médicale à la plongée des sapeurs pompiers

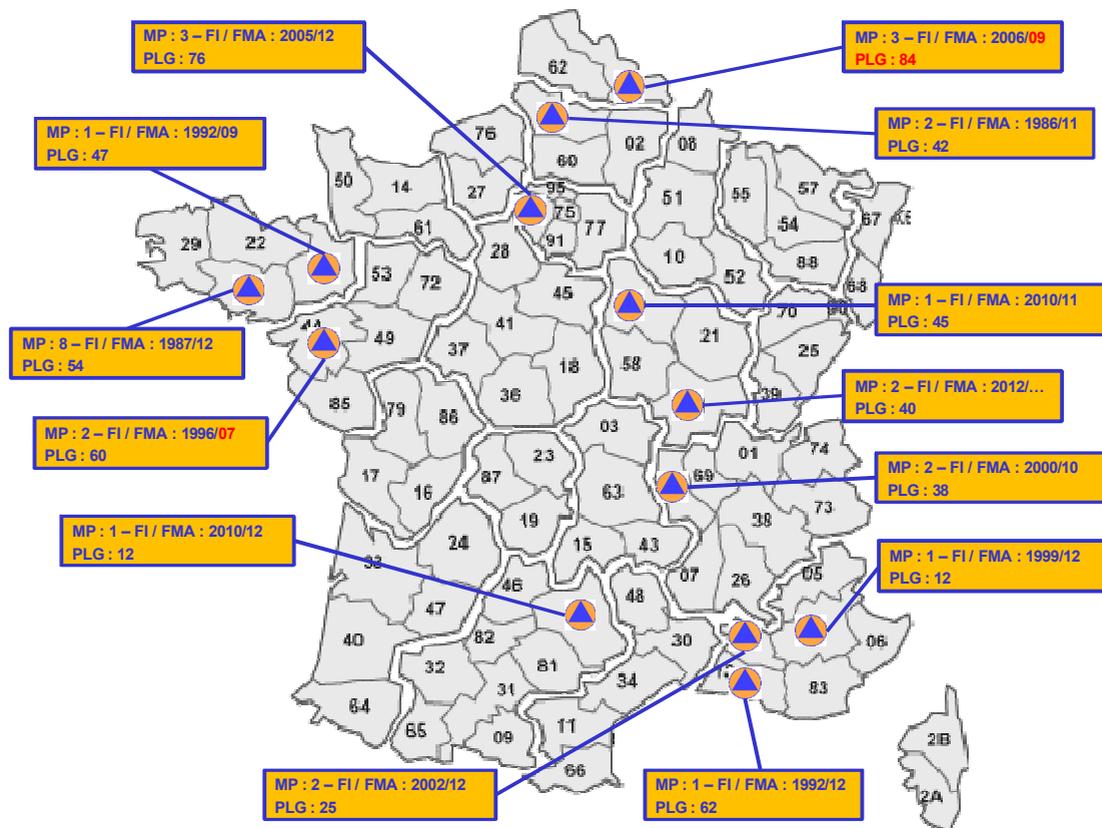


Figure n°2 : Cartographie présentant la répartition géographique des SDIS ayant répondu à l'enquête et les principaux résultats concernant le nombre de médecins de plongée (MP), la date de la formation initiale (FI) et de la dernière formation maintien des acquis (FMA) ainsi que le nombre de plongeurs (PLG) par département.

subaquatiques et bénéficient d'un maintien des acquis régulier. Le recyclage le plus ancien date de 2007 et le plus récent de moins d'un an. Le nombre de plongeurs suivis varie de 12 à 84 par département. Les risques spécifiques les plus fréquents sont le manque de visibilité, le froid, l'eau vive, la surface non libre et à une moindre fréquence la pollution, les écluses, le fort marnage, la situation d'isolement et les mines. Près d'un SDIS sur cinq a mis en place un registre officiel d'accident de plongée et un sur deux dispose d'un recensement non institutionnel. Les accidents de plongées graves les plus cités sont l'accident de désaturation (ADD) ostéo-arthro-musculaire (quatre dont un avec reclassement), l'ADD neurologique (deux dont un inapte et un avec restriction pour foramen ovale perméable), le barotraumatisme thoracique (un avec inaptitude définitive). Les barotraumatismes de l'oreille moyenne et de l'oreille interne sont les plus

fréquents mais n'entraînent généralement pas de conséquences à long terme. Des incidents intercurrents à type de crise convulsive, de contamination bactérienne et de plaie du cuir chevelu sont également signalés.

La visite d'aptitude est conforme en grande partie aux recommandations (tab. III). Elle est effectuée à des fins de protection pour 100% des médecins interrogés, même si un médecin sur deux évoque également un objectif de sélection. Cinquante pour cent des médecins effectuent en plus une épreuve d'effort lors de la visite initiale et quadriennale. L'ECG de repos est rajouté dans 95% des cas lors de la visite annuelle et le bilan biologique dans 25% des cas. Le bilan radiologique et plus particulièrement celui des grosses articulations est abandonné dans près d'un cas sur deux lors de la visite quadriennale.

	1 <sup>ère</sup> Visite	Visite annuelle	Visite quadriennale	Visite semestrielle (> 40 ans)
Examen clinique	X	X	X	X
Biologie	X	?	X	
Audio-typanométrie	X	X	X	
EFR	X	X	X	
ECG de repos	X	X	X	
Epreuve d'effort	NR	NR	NR	
Radio. thorax	X		X	
Radio. grosses articulations	X		X	
EEG avec SLI et HP	X		X	
Test de compression	NR			
Ophthlmo	X		X	

Tableau III. Comparaison entre les examens paracliniques recommandés par le Ministère de l'intérieur et ceux effectués par les médecins de plongée de 13 SDIS (bleu : en accord avec les recommandations, rouge : en désaccord, NR : non recommandé)

A l'avenir, un certain nombre de ces médecins interrogés seraient prêts à supprimer l'EEG et le bilan radiologique de la visite quadriennale ainsi que la visite semestrielle après 40 ans lorsqu'il n'y a pas de point d'appel clinique. Ils souhaitent continuer à ne réaliser une épreuve d'effort qu'en cas de terrain à risque ou d'anomalie clinique. La réalisation d'un fond d'œil semble également remise en question, tandis que la mise en place d'une sensibilisation au risque psychologique et la création d'un groupe d'experts medicotechniques national pour une validation collégiale en cas d'anomalie pourraient être, selon eux, des axes d'amélioration. La possibilité de restreindre un plongeur qualifié et expérimenté à une classe 0 pour motif médical conformément au futur REAC semble bien accueillie. En parallèle de l'optimisation de la visite médicale, le développement du soutien sanitaire en milieu nautique est également un axe d'amélioration

fréquemment cité. Il permettrait d'être beaucoup plus proche du terrain et d'assurer un suivi plus régulier. La mise en place d'un registre national d'accident est également mentionnée afin de pouvoir réévaluer nos plans de prévention des risques inhérents aux activités aquatiques et subaquatiques.

Bien que cette étude soit très encourageante et totalement adaptée à l'évolution des pratiques, les résultats doivent être toutefois pondérés par un biais de recrutement. En effet, les SDIS qui ont répondu favorablement sont probablement ceux qui sont les plus sensibilisés à cette problématique.

## CONCLUSION & PERSPECTIVES

Bien que l'arrêté du 6 mai 2006 modifié fixant les conditions d'aptitude médicale des sapeurs-

pompiers reste en vigueur, il semble nécessaire d'initier une réflexion afin d'intégrer la nouvelle doctrine européenne tout en tenant compte de l'expérience des médecins de terrain et des données actuelles de la science. Cette démarche doit s'intégrer dans une approche globale, élaborée par une équipe pluridisciplinaire composée des médecins de plongée mais également de conseillers à la prévention hyperbare (CPH), des infirmiers, des ingénieurs en sécurité au travail, des plongeurs... La nouvelle réglementation considère l'intervention en milieu hyperbare comme une activité nécessitant une surveillance médicale renforcée. Le contenu de la visite devra être adapté par le médecin en fonction de l'état de santé du plongeur et des risques spécifiques. Le bilan paraclinique ne devra plus être défini par la loi. Il devra toutefois être en accord avec les recommandations scientifiques. La limite d'âge devrait être abandonnée car discriminante sans pour autant avoir un fondement médical. Les critères dépendant du SIGYCOP et de l'IMC devraient être réévalués et la notion d'allergie aux salicylés pourrait ne plus être reconnue comme un motif d'aptitude.

L'analyse de nos pratiques, les avis d'experts et la littérature récente nous incitent à maintenir une qualification spécifique avec un recyclage régulier, tous les 5 ans par exemple, pour les médecins effectuant ce type de visite. En cas de difficultés ou de désaccord, la décision pourrait être discutée avec une commission d'experts médicotécnicos au niveau national.

Etant donné les contraintes environnementales de la plongée (Broussolle et coll. 2006, Barthélémy et, Coulange 2012, Coulange et Barthélémy 2012), la visite initiale du sapeur-pompier plongeur pourrait comporter :

#### ***Bilan sanguin et urinaire***

Une biologie sanguine avec NFS, plaquettes, TP, TCA, ionogramme sanguin, créatinine, glycémie, hémoglobine glycosylée, exploration anomalie lipidique, transaminase, GGT rechercherait des facteurs de risques cardiovasculaires, d'une anémie, d'un trouble de la coagulation, d'un diabète, d'une atteinte organique d'origine toxique... Un contrôle biologique devrait être effectué à 6 mois en cas d'anomalie (recommandation HAS). Un avis spécialisé avec prise en charge diététique (éducation

thérapeutique alimentaire) devrait se discuter en cas d'échec thérapeutique. Une recherche de toxique pourrait être proposée au travailleur en cas de point d'appel clinique. La bandelette urinaire rechercherait une hématurie, une glycosurie et/ou une protéinurie pour éliminer une pathologie lithiasique, un diabète, une insuffisance rénale... La grossesse est une contre indication temporaire. Elle devrait être recherchée au moindre doute.

#### ***Bilan cardiologique***

Un ECG de repos permettrait de dépister d'éventuelles pathologies cardiaques. Une grille de lecture pourrait faciliter son interprétation (annexe 1). L'épreuve d'effort maximale et/ou l'échographie d'effort avec avis cardiologique ne devraient pas être systématiques. L'indication devrait être conditionnée par la clinique et l'évaluation du niveau de risque d'apparition d'évènement coronarien. Les principaux facteurs de risque (HAS 2005) sont :

- Age et sexe : H > 40 ans, F > 50 ans.
- Hérité (ATCD : H < 55 ans, F < 65 ans)
- Tabac actuel ou stop < 3 ans.
- Cholestérol : LDL > 1,60 g/l, HDL < 0,4 g/l.
- Diabète
- HTA

On trouve également le surpoids (IMC > 30 kg/m<sup>2</sup>) ou l'obésité (PA 94 cm H, 80 cm F), la sédentarité (pas d'activité physique régulière), la consommation excessive d'alcool (> 3-2 verres de vin/j), l'hypertrophie ventriculaire gauche et la microalbuminurie (> 30 mg/j).

Le travailleur est considéré à haut risque cardiologique s'il présente :

- un ATCD de maladie coronaire ou vasculaire
- ou un diabète de type 2 avec une atteinte rénale
- ou au moins deux facteurs de risque CV

Les grilles d'estimation du risque pourraient être également un outil d'aide à la décision. L'hypertendu devrait bénéficier d'un avis cardiologique et d'une échocardiographie. Il n'y aurait par contre aucune indication de dépistage systématique de shunt droit-gauche en prévention primaire, quel que soit le type de poste.

#### ***Bilan respiratoire***

La spirométrie avec courbe débit/volume

pourrait rechercher une pathologie broncho-pulmonaire. En cas de suspicion de syndrome obstructif, le travailleur devrait bénéficier d'un avis spécialisé avec exploration fonctionnelle respiratoire et test de réversibilité aux béta-2 mimétiques. En dehors d'un asthme autre qu'intermittent et/ou présentant plus de 6 crises mineures par an, d'un antécédent de crise grave, d'un asthme d'effort, d'un asthme au froid, d'un asthme nécessitant un traitement de fond, l'aptitude pourrait être prononcé si :

- aspect strictement normal de la courbe débit-volume
- VEMS normal : > 90 % de la théorique et VEMS/CVL > 75 %, ou < 90 % de la théorique et VEMS/CVL > 75 % mais dans les limites d'une variation physiologique démontrée
- débits médians et distaux > 75 % de la théorique
- absence de réversibilité du VEMS, sous 4 bouffées de  $\beta$ 2-mimétique, de plus de 5 % et/ou d'augmentation de plus de 200 ml.

La radiographie standard du thorax serait fortement remise en question par les radiologues en particulier dans le dépistage de la pathologie bulleuse. Certains proposeraient une tomodensitométrie sans injection low dose sans pour autant pouvoir préciser les critères pathologiques d'une bulle découverte fortuitement lors du bilan. Dans l'attente d'une décision, la présence d'une radiographie standard du thorax lors de la visite d'embauche pourrait permettre un premier débrouillage à la recherche d'une pathologie bulleuse.

#### ***Bilan visuel***

Le travailleur devrait bénéficier d'un dépistage avec acuité visuelle binoculaire et monoculaire de loin et de près, une recherche d'astigmatisme, de myopie, d'hypermétropie et un champ visuel. Au moindre doute, un bilan approfondi ophtalmologique serait prescrit. L'avis d'aptitude serait fortement remis en question pour une pathologie susceptible de saigner, un kératocône de stade supérieur à deux et une vision binoculaire inférieure à 5/10 ou si un œil est inférieur à 1/10 et l'autre corrigé est inférieur à 6/10. La réalisation d'un fond d'œil en systématique ne semblerait pas recommandée. En cas de chirurgie, un délai minimum d'un mois serait conseillé pour une photokératectomie

réfractive ou un lasik (myopie), de deux mois pour une phacoémulsification (cataracte), une trabéculéctomie (glaucome) ou une chirurgie vitréo-rétinienne (détachement de rétine) et de huit mois pour une greffe de cornée.

#### ***Bilan ORL & stomatologique***

L'audiométrie permettrait de rechercher un état pathologique antérieur. L'impédancemétrie pourrait mettre en évidence une dysperméabilité tubaire en particulier lorsque la mobilité tympanique n'est pas visualisée à l'otoscopie lors d'une manœuvre de sensibilisation type Valsalva. La radiographie standard des sinus n'aurait aucune indication. Un mauvais état bucco-dentaire devrait imposer un avis spécialisé.

#### ***Bilan rhumatologique***

La radiographie des grosses articulations ne devrait plus être réalisée de façon systématique étant donné le manque de sensibilité et de spécificité. Cette stratégie permettrait également de limiter l'irradiation. Certains la proposeraient à titre « conservatoire » lors de la visite initiale en cas de facteurs de risque ou d'exposition antérieure à l'hyperbarie. Une IRM pourrait être indiquée en cas de signes cliniques ou d'antécédent d'accident de plongée ostéo-arthro-musculaire. A l'avenir, une IRM grosses articulations pourrait se substituer aux radiographies standards.

#### ***Bilan neuropsychiatrique***

W. Szurhaj et P. Derambure (CHRU Lille) estiment que la réalisation d'un EEG systématique dit de dépistage doit être évitée en particulier avant l'obtention d'un poste de travail en conditions hyperbares. Par conséquent, en dehors de tout point d'appel clinique, l'EEG avec hyperpnée et stimulation lumineuse intermittente ne semblerait plus indiqué en systématique même si certains auteurs remettraient en question la sincérité des propos de certains plongeurs prêts à tout pour obtenir leur aptitude médicale. Une attention particulière devrait être toutefois portée sur le contexte psychologique, la réaction au stress, les comportements à risque et les conduites addictives.

Ce bilan pourrait être reconduit tous les quatre ans en dehors du bilan radiologique et de la tympanométrie et devrait être complété en fonction de l'évolution de l'état clinique du plongeur (tab. IV). La biologie pourrait être limitée à une exploration d'anomalie lipidique, une glycémie à

Aptitude médicale à la plongée des sapeurs pompiers

<b>MEDECIN QUALIFIE &amp; RECYCLE (± COMMISSION D'EXPERT)</b>	<b>1<sup>ère</sup> Visite</b>	<b>Visite annuelle</b>	<b>Visite quadiennale</b>	<b>Visite semestrielle (&gt; 40 ans)</b>
Examen clinique	X	X	X	NR
Biologie	X	NR	X	
Audio-tympanométrie	X RX SINUS NR	NR	X Tympano Sinus NR	
EFR	X	NR	X	
ECG de repos	X	X ± 2 ans	X	
Epreuve d'effort	NR Sauf si FR CV	NR Sauf si FR CV	NR Sauf si FR CV	
Radio. thorax	? ou TDM	NR	NR	
Radio. grosses articulations	NR IRM ?		NR	
EEG avec SLI et HP	NR		NR	
Test de compression				
Ophtalmo	X FO NR		X FO NR	

Tableau IV. Proposition de bilan complémentaire en fonction du type de visite (NR : non recommandé, FO : fond d'œil).

jeun et une hémoglobine glyquée. La visite annuelle pourrait comporter de façon plus ou moins systématique un ECG de repos. La réalisation d'un auto-questionnaire précédant la visite pourrait faciliter la programmation des examens complémentaires. La visite semestrielle au-delà de 40 ans semblerait sans intérêt.

Cette stratégie devrait également permettre des économies substantielles tout en optimisant la sécurité santé au travail (tab. V). Elle devrait s'intégrer dans une approche globale et longitudinale, élaborée par une équipe pluridisciplinaire.

En ce qui concerne les sauveteurs aquatiques, la visite initiale pourrait comporter une biologie, une EFR et un ECG de repos. L'ECG pourrait être refait ensuite de façon annuelle. La visite est donc très proche d'une visite « standard ». Le médecin d'aptitude devrait toutefois sensibiliser le SAV sur

le risque cardiaque lié à un effort immergé en eau froide et par conséquent l'inciter à limiter les facteurs de risque cardio-vasculaire. Il devrait également réaliser une otoscopie avec contrôle de la mobilité tympanique lors d'une manœuvre de sensibilisation type Valsalva et sensibiliser le sauveteur sur la nécessité d'adapter ses apnées en cas d'épisodes infectieux de la sphère ORL.

Au plan national, la Société de Médecine et de Physiologie Subaquatiques et Hyperbares de Langue Française (Medsubhyp) et la Société Française de Médecine du travail se sont associées pour proposer des recommandations en Santé au travail pour la pratique clinique pour la surveillance médicale, par les médecins du travail, des salariés exposés au risque hyperbare selon la méthodologie de la Haute Autorité de Santé et sous l'égide du Centre Interservice de Santé et de Médecine du Travail en Entreprise (CISME). Les

	1 <sup>ère</sup> Visite	Visite annuelle	Visite quadriennale	Visite semestrielle (> 40 ans)	Tarif / 4 ans (< 40 ans)
SAL	480 € 170 €	370 € 40 €	480 € 170 €	23 € 0€	1700 € 420 € - 75%

Tableau V. Estimation des coûts en fonction du type de bilan (à gauche : arrêté du 6 mai 2000, à droite : nouvelle stratégie)

recommandations scientifiques devraient être publiées très prochainement en collaboration avec l'EDTC, société savante européenne de médecine de plongée.

## REFERENCES

Arrêté du 6 mai 2000 modifié fixant les conditions d'aptitude médicale des sapeurs-pompiers professionnels et volontaires et les conditions d'exercice de la médecine professionnelle et préventive au sein des services départementaux d'incendie et de secours (version consolidée au 8 août 2006). JO Lois et décrets du 11 juin 2000 page 8869

Arrêté du 28 mars 1991 définissant les recommandations

aux médecins du travail chargés de la surveillance médicale des travailleurs intervenant en milieu hyperbare

Arrêté du 2 mai 2012 abrogeant diverses dispositions relatives à la surveillance médicale renforcée des travailleurs. JO Ministère du travail, de l'emploi et de la Santé du 8 mai 2012

Broussolle B, Méliet JL, M Coulange (eds). Physiologie et Médecine de la plongée. 2ème édition, Ellipses, Paris, 2006, 880 p.

Barthélémy A, Coulange M. Médecine de plongée. Science et sports. 2012, 27 : 122-130.

Coulange M, Barthélémy A. Certificat médical, contre-indications temporaires et définitives à la plongée. Science et sports. 2012, 27 : 131-137.

## RESUME

**Aptitude médicale à la plongée des sapeurs pompiers : état des lieux et perspectives** M Coulange, A Desplantes, O Le Penetier, JM Sagué, V Lafay, E Thomas, JJ Grenaud, A Barthélémy, S Lepouriel. Bull. Medsubhyp. 2014, 24 (1) : 31 – 46.

**Introduction** : La plongée subaquatique est une activité considérée à risque chez les sapeurs pompiers en particulier par le contexte de secours et les contraintes environnementales (manque de visibilité, froid, eaux vives, surface non libre, pollution, écluses, marnage, isolement, mine...). L'aptitude médicale peut être un élément déterminant pour contrôler ce risque. L'abrogation récente des diverses dispositions relatives à la surveillance médicale renforcée des travailleurs nous incite à réévaluer nos pratiques dans le domaine de l'aptitude médicale aux activités subaquatiques des 2.750 plongeurs sapeurs pompiers afin de proposer de nouvelles recommandations.

**Méthode** : Dans un premier temps, les auteurs évaluent l'efficacité du dispositif actuel par une étude de l'accidentologie au niveau national (> 70.000 plongées / an), puis plus précisément au niveau du centre national de plongée (CNP) de l'Ecole d'Application de la Sécurité Civile (ECASC) avec l'analyse de plus de 15.000 plongées/an. Ils évaluent également l'impact des mesures préventives mises en place. Dans un second temps, ils effectuent une enquête descriptive observationnelle par l'intermédiaire d'un questionnaire adressé aux SDIS.

**Résultats** : l'organisation départementale rend difficile la mise en place d'un registre national, cependant le travail minutieux du « Bureau Prévention Accident » de la Direction Centrale ainsi que des Comités d'Hygiène, Sécurité et Conditions de Travail permettent d'élaborer des stratégies de prévention. Malgré tout, on déplore trois accidents mortels depuis une quinzaine d'année. Aucun élément n'est en faveur d'un problème physiologique non dépisté par la visite d'aptitude médicale. Au niveau du CNP, la mise en place de procédures de décompression strictes, l'utilisation des mélanges suroxygénés et l'adaptation du contenu pédagogique ont permis de réduire quasiment à néant les accidents graves, sans pour autant qu'il y ait eu de modification dans

## Aptitude médicale à la plongée des sapeurs pompiers

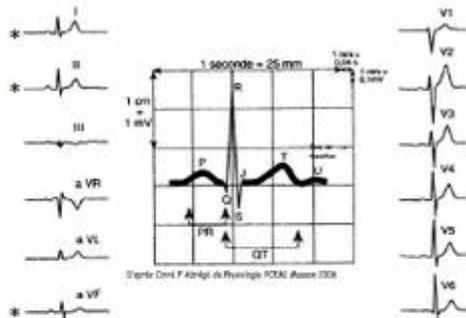
l'aptitude médicale. Seuls persistent des barotraumatismes ORL consécutif à des épisodes infectieux intercurrents difficilement décelables lors de la visite annuelle. Sur le terrain, les médecins d'aptitude ont tous reçu une formation spécifique aux risques liés aux activités subaquatiques et bénéficient d'un maintien des acquis régulier. L'accidentologie reste limitée. Le contenu de la visite d'aptitude est conforme en grande partie à la réglementation. Toutefois, un certain nombre de médecins de plongée serait prêt à supprimer l'EEG et le bilan radiologique ainsi que la visite semestrielle après 40 ans lorsqu'il n'y a pas de point d'appel clinique. Ils souhaitent continuer à ne réaliser une épreuve d'effort qu'en cas de terrain à risque ou d'anomalie clinique. La réalisation d'un fond d'œil semble également remise en question, tandis que la mise en place d'une sensibilisation au risque psychologique, d'un groupe d'expert pour une validation collégiale en cas d'anomalie ainsi que l'organisation du soutien sanitaire en milieu nautique et la publication du référentiel emploi activités compétences « Interventions, Secours et Sécurité en Milieu Aquatique et Hyperbares » devraient être des axes d'amélioration majeures.

**Conclusion** : bien que l'arrêté du 6 mai 2006 modifié fixant les conditions d'aptitude médicale des sapeurs pompiers reste en vigueur, il semble nécessaire d'initier une réflexion afin d'intégrer la nouvelle doctrine européenne tout en tenant compte de l'expérience des médecins de terrain et de l'évolution des données scientifiques.

**Mots clés** : Activités subaquatiques, sapeur pompier, aptitude médicale, santé et sécurité au travail.

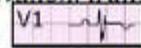
**ANNEXE 1**

**L'ECG Normal du plongeur: interprétation rapide (en 25 mm/s)**



Date : .....  
 Nom : .....  
 Prénom : .....  
 Poids : .... Taille : ....  
 Examineur : .....

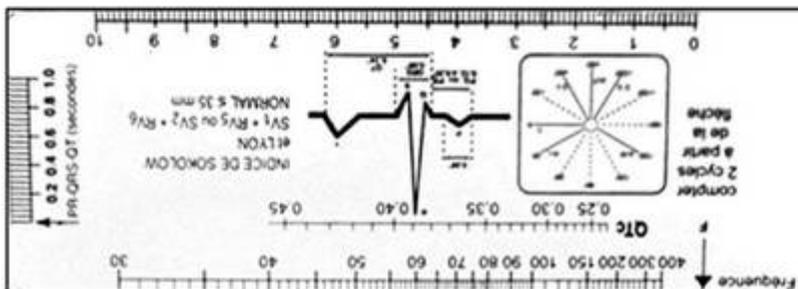
- Patient asymptomatique
- Pas d'ATCDS familiaux de mort subite < 55 ans
- Fréquence cardiaque *50 << 80 (1 carreau=300, 2=150, 3=100, 4=75, 5=60)*
- Absence d'arythmie *on tolère 1 ESSV (penser HTA)*
- Onde P *rythme sinusal (P devant chaque QRS & P positive en D1)*
- Durée P-R *120 << 200 ms (3-5 mm)*
- Axe QRS *Normal (positif en D1 & AVf)*
- Durée QRS *< 120 ms (3 mm), pas d'onde delta,*
- Complexe QRS *tous identiques / dérivation transition en V3-4*
- Si BBDi *point J isoélectrique*
- Onde Q *NON ou de très faible amplitude (<5 mm, <1/3 onde R)*
- Point J et S-T *Isoélectrique (sus ST en lat : repol précoce chez le sportif)*
- Ondes T *Positif partout (sauf AVr et parfois V1) & asymétriques*
- Durée intervalle Q-T *320 << 440 ms (8 à 11 mm) à corriger avec la fréquence*
- Onde U *NON ou de très faible amplitude*



**Toutes les cases cochées : OK**

**Manque 1 case => relecture ECG (avec poids et taille)**

**Manque > 1 case ou symptômes ou ATCDS familiaux ou ESV => avis cardio**



APHM, Marseille 2013

## ANNEXE 2



Assistance Publique  
Hôpitaux de Marseille

POLE R.U.S.H. (Réanimation - Urgences - SAMU - Hyperbarie)  
SERVICE DE MEDECINE SUBAQUATIQUE ET HYPERBARE  
Hôpital Sainte Marguerite  
Docteur Mathieu COULANGE

### QUESTIONNAIRE MEDICAL – VISITE INITIALE

Pour pratiquer des activités en milieu hyperbare avec ou sans immersion, vous ne devez pas avoir de problème de santé qui risquerait d'être aggravé par cette activité ou de favoriser un accident. Ce questionnaire a pour but d'aider le médecin à vous faire plonger dans la plus grande sécurité. Ce document facultatif est soumis au secret professionnel et fait partie du dossier médical.

**Nous vous prions de bien vouloir répondre de manière exacte aux questions :**

- Date de naissance :                      Taille :                      Poids :  
Date 1<sup>ère</sup> plongée :                      Niveau :                      Nb total de plongées :                      Nb depuis 1 an :
- Je prends occasionnellement des médicaments (ventoline, anti nauséeux, anxiolytique ...)  
Lesquels ?
- Je prends régulièrement des médicaments.  
Lesquels ?
- Je suis allergique à l'aspirine
- J'ai déjà subi une ou plusieurs interventions chirurgicales ?  
Lesquelles ?
- Je fume  
Combien de cigarettes par jour ?
- Je suis enceinte

**Avez-vous ou avez-vous eu des symptômes ou des pathologies suivantes :**

#### **NEUROLOGIE et PSYCHIATRIE**

- j'ai eu une épilepsie, des convulsions, des crampes
- j'ai des migraines, des maux de tête violents
- j'ai eu un traumatisme crânien
- j'ai eu une perte de connaissance ou coma
- je suis claustrophobe ou agoraphobe (peur des petits ou des grands espaces)
- j'ai eu une maladie psychiatrique. Laquelle ?
- j'ai eu de la tétanie ou de la spasmophilie
- j'ai eu des troubles du comportement
- je suis suivi pour dépression

#### **ORL**

- j'ai des troubles de l'audition, des troubles de l'équilibre ou des vertiges
- j'ai le mal de mer ou mal de transport
- j'ai eu des otites à répétition
- j'ai eu une opération des oreilles, du nez ou des sinus

#### **YEUX**

- j'ai des affections des yeux
- j'ai eu une chirurgie des yeux ( y compris laser)
- j'ai un problème de la vision
- j'ai une anomalie de la cornée
- j'ai eu une affection de la rétine
- Je n'ai jamais eu de bilan chez l'ophtalmologue

**DENTS**

- Ma dernière visite chez le dentiste date de plus d'un an

**POUMON et ALLERGIE**

- Je suis asthmatique

Indiquez la date de la dernière crise :

- J'ai des difficultés respiratoires ou essoufflement lors d'efforts  
 J'ai des difficultés respiratoires ou essoufflement lorsqu'il fait froid  
 J'ai une toux pendant un effort  
 J'ai une toux après un effort  
 J'ai un écoulement nasal ou larmolement des yeux fréquents (rhume des foins)  
 J'ai des rhumes, sinusites ou bronchites chroniques  
 J'ai des allergies. Lesquelles ?  
 J'ai déjà effectué des tests cutanés dans ce cadre  
 Il y a de l'asthme ou des allergies dans ma famille  
 J'ai des affections chroniques de la peau. Lesquelles ?  
 J'ai eu des maladies pulmonaires. Lesquelles ?  
 J'ai eu un pneumothorax (poumon décollé)  
 J'ai des infections respiratoires (bronchite, pneumonie, pleurésie ...)  
 J'ai eu un traumatisme du thorax  
 j'ai eu une fracture de côte  
 j'ai eu des Intervention chirurgicale au niveau du thorax

**CŒUR et VAISSEAUX**

- j'ai eu un infarctus du myocarde  
 j'ai eu une angine de poitrine  
 j'ai une incapacité à effectuer un effort physique modéré  
 j'ai les jambes enflées ou un essoufflement  
 j'ai une insuffisance cardiaque  
 j'ai une hypertension artérielle  
 je suis traité par bêtabloquant  
 j'ai eu des troubles du rythme ou palpitations  
 j'ai eu une perte de connaissance brutale  
 j'ai subi une chirurgie du cœur ou des vaisseaux  
 il y a dans ma famille des maladies cardiaques

**ESTOMAC, TUBE DIGESTIF et FOIE**

- j'ai un reflux gastrique  
 j'ai eu un ulcère de l'estomac  
 j'ai une hernie  
 j'ai une maladie du foie  
 j'ai une colite chronique  
 j'ai eu une chirurgie digestive

**HORMONES**

- j'ai du diabète  
 je suis un régime alimentaire pour un taux de sucre élevé  
 j'ai un taux élevé de cholestérol dans le sang  
 j'ai maigri ou pris du poids récemment  
 j'ai d'autres maladies des glandes (thyroïde, glandes surrénales)

## Aptitude médicale à la plongée des sapeurs pompiers

### **SANG**

- je suis hémophile (tendance à saigner)
- j'ai d'autres maladies du sang

### **OS**

Au niveau des membres et/ou du dos :

- j'ai des douleurs fréquentes
- j'ai une hernie discale
- j'ai eu des blessures ou fractures ayant entraînés des complications
- j'ai eu des interventions chirurgicales

Au niveau cervical :

- j'ai des douleurs fréquentes
- j'ai des raideurs fréquentes
- j'ai des fourmillements dans les bras
- j'ai des signes qui se majorent lorsque je suis équipé du casque de plongée

### **AUTRES**

- je consomme ou j'ai consommé de drogues ou de l'alcool en excès
- j'ai eu ou j'ai une affection tumorale
- je suis atteint d'un handicap. Lequel ?

### **ACCIDENT EN PLONGEE**

- j'ai eu un accident de décompression ou incident de plongée (otite, saignement du nez, essoufflement, sensation de fourmillement, douleur osseuse ou articulaire...). Le(s)quel(s) et quand ?

### **COMMENTAIRES**

Fait à Marseille,  
Le

Signature de l'intéressé  
Nom Prénom

Signature du représentant légal  
Nom Prénom



Assistance Publique  
Hôpitaux de Marseille

POLE R.U.S.H. (Réanimation - Urgences - SAMU - Hyperbarie)

SERVICE DE MEDECINE SUBAQUATIQUE ET HYPERBARE

Hôpital Sainte Marguerite

Docteur Mathieu COULANGE

### QUESTIONNAIRE MEDICAL – VISITE PERIODIQUE

Pour pratiquer des activités en milieu hyperbare avec ou sans immersion, vous ne devez pas avoir de problème de santé qui risquerait d'être aggravé par cette activité ou de favoriser un accident. Ce questionnaire a pour but d'aider le médecin à vous faire plonger dans la plus grande sécurité. Ce document facultatif est soumis au secret professionnel et fait partie du dossier médical.

#### Depuis la dernière consultation au centre hyperbare :

Taille :                      Poids :                      Niveau :                      Nb de plongées :

J'ai subi une ou plusieurs interventions chirurgicales  
Lesquelles ?

J'ai eu une ou plusieurs maladies  
Lesquelles ?

J'ai eu une allergie  
Laquelle ?

Je prends occasionnellement des médicaments (ventoline, anti nauséeux, anxiolytique ...)  
Lesquels ?

Je prends régulièrement des médicaments  
Lesquels ?

J'ai eu un malaise  
Précisez :

J'ai eu une sensation bizarre et/ou une incapacité lors d'un effort  
Précisez :

Il y a eu un problème cardiaque ou une mort subite dans ma famille  
Précisez :

J'ai eu un accident ou incident de plongée (otite, saignement du nez, essoufflement, sensation de fourmillement, douleur osseuse ou articulaire... ).  
Le(s)quel(s) et quand ?

J'ai eu un accident ou une maladie professionnelle.  
Précisez :

Je fume  
Combien de cigarettes par jour ?

Je consomme de l'alcool  
Combien de verres par jour ?

Je prends d'autres toxiques  
Lesquels ?

Je suis enceinte

#### COMMENTAIRES

Fait à Marseille,  
Le

Signature de l'intéressé  
Nom Prénom

Signature du représentant légal  
Nom Prénom

## RECOMMANDATIONS AUX AUTEURS

### MANUSCRIT:

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

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

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

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

Chaque manuscrit devra comporter :

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

### REFERENCES:

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

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

### Les références bibliographiques seront présentées par ordre alphabétique :

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

### Exemples

#### REVUE :

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

#### LIVRE :

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

#### ARTICLE DANS UN LIVRE :

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

### ILLUSTRATIONS:

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

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

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

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

**SOMMAIRE**

REUNION DE PRINTEMPS : PARIS

RESUMES : 1- 4.

ARTICLES

ŒDEME PULMONAIRE ET HÉMORRAGIE ALVÉOLAIRE CHEZ UN PLONGEUR EN APNÉE.  
A BOUSSUGES, K AYME, O GAVARRY, JM GIL, C BOURRILHON,  
A DUVALLET, P CONSTANTIN. : 5 – 10

3<sup>ÈME</sup> ETUDE DIABÈTE ET PLONGÉE : INTÉRÊT D'UN MÉLANGE SUROXYGÈNE  
(NITROX) EN PLONGÉE CHEZ LE DIABÉTIQUE TYPE 1.  
B LORMEAU, A SOLA-GAZAGNES, O THURNINGER, N ASSAD,  
R BRESSON, A TABAH, L DUFAITRE. : 11 – 17

PRATIQUE DE LA PLONGÉE ET DES SPORTS SUBAQUATIQUES PAR  
LES PATIENTS AYANT UNE HYPERTENSION ARTÉRIELLE SYSTÉMIQUE.  
V LAFAY, B BROUANT, M COULANGE, G PHAN, R KRAFFT,  
G FINET, F ROCHE, B GRANDJEAN. 19 – 27

APTITUDE MÉDICALE À LA PLONGÉE DES SAPEURS POMPIERS :  
ÉTAT DES LIEUX ET PERSPECTIVES  
M COULANGE, A DESPLANTES, O LE PENNETIER, JM SAGUE,  
V LAFAY, E THOMAS, JJ GRENAUD, A BARTHÉLÉMY, S LEPOURIEL. 31 – 46