

Analyse des accidents de plongée sous-marine dans un centre de traitement hyperbare

Une étude italienne

Peu d'études ont fait l'objet récemment en France d'une publication sur les accidents du travail en milieu hyperbare. C'est pourquoi, dans le cadre d'échanges entre l'INRS et son homologue italien, l'ISPEL (1), la rédaction des « Documents pour le Médecin du Travail » a décidé de publier l'adaptation d'un article paru dans la revue « Fogli d'informazione ISPEL (2) ».

Au cours des cinquante dernières années, les activités professionnelles en immersion dans l'eau ont connu une évolution rapide qui a touché autant les aspects technologiques et opérationnels que le cadre réglementaire et la protection médicale du personnel.

Les avancées technologiques et l'acquisition de capacités opérationnelles à des profondeurs croissantes constituent l'aspect le plus évident d'une telle évolution.

Pendant près d'un siècle, seuls les effets immédiats des accidents de décompression ont été pris en compte pour la prévention, le diagnostic et le traitement. A titre d'illustration, les auteurs rapportent les résultats d'une analyse rétrospective des accidents de décompression survenus entre 1989 et 1999, au cours de plongées professionnelles ou de loisirs, traités dans un Centre d'oxygénothérapie hyperbare de la Marine militaire italienne. Certaines de leurs caractéristiques jugées utiles pour obtenir des indications pour la prévention et la bonne gestion des accidents ont été analysées.

Il y a quelques années encore, l'absence de séquelles apparentes après un accident de décompression ayant entraîné un coma et/ou une paraplégie était considérée comme une réussite de la recompression thérapeutique. Les éventuelles séquelles permanentes consécutives à des traitements de moindre efficacité étaient quant à elles acceptées en tant que risques inévitables de la plongée.

Par ailleurs, certains autres effets de l'exposition à des pressions atmosphériques élevées, tels que la toxicité de l'oxygène et le syndrome nerveux des hautes pressions, ont longtemps été perçus comme des manifestations transitoires du moins à la suite de plongées pro-

fessionnelles courantes. Ce n'est que plus récemment que la recherche s'est intéressée à la possibilité d'effets moins évidents, mais potentiellement plus graves, sur un individu ayant été exposé au milieu hyperbare pendant plusieurs années sans pour autant avoir subi d'accident grave. Les auteurs estiment que l'amélioration de la formation et des procédures de sécurité requises pour les plongées professionnelles et, surtout, l'application de principes fondamentaux en matière de sécurité sur le lieu de travail ont fait reculer le nombre d'accidents mortels et ont donc fait apparaître des tableaux cliniques qui n'étaient pas observés auparavant. Ces constatations ont été faites dans le monde entier, en particulier ces deux dernières décennies. Pour autant, l'identification, l'évaluation, la limitation et le suivi des risques professionnels qui entrent dans le cadre des procédures de prévention n'apparaissent pas pleinement intégrées par les entreprises impliquées dans le domaine des travaux immergés.

L'activité en milieu hyperbare

POPULATION CONCERNÉE ET TECHNIQUES DE PLONGÉE

Malgré l'absence d'estimations récentes et fiables sur le nombre de sujets concernés, le développement récent des activités professionnelles en milieu hyperbare laisse prévoir dans les prochaines années une augmentation sensible de la population exposée au risque. La réglementation internationale recommande l'application de mesures de prévention qui devraient toucher

F. FARALLI*, S. PANICO*, S. RENZONI*, F. CARDONI**, V. PULTRONE**, S. SIMONAZZI**, A. BIANCHI***, F. CARDONI***, C. DE ARCANGELIS***, N. PASCALIZI***, S. SIMONAZZI***.

*COM.SUB.IN (3).
Section de
Physiopathologie sous-marine. Groupe de
Plongeurs Commandos
« Teseo Tesei ». Marine
Militaire Italienne –
Varignano (La Spezia)

**Ecole de
Spécialisation en
Médecine du Travail.
Université de Rome
« La Sapienza ».

***Chaire de Médecine
du Travail. Université de
Rome « La Sapienza ».

(1) Istituto superiore per
la prevenzione e la sicu-
rezza del lavoro

(2) Analisi di incidenti
disbarici a seguito di
immersioni lavrative e
ricreative. Fogli d'infor-
mazione ISPEL.
1/2000. pp. 118-131.

(3) Comando subacquei
e incursori = Plongeurs
commandos militaires.



Documents
pour le Médecin
du Travail
N° 94
2^e trimestre 2003

ENCADRÉ 1

Activités en milieu hyperbare

Compression dans des tunnels ou caissons à air comprimé dans l'ingénierie civile ;
Compression en chambre hyperbare à des fins thérapeutiques ;
Plongées militaires, de la police judiciaire, plongées de recherche et de récupération ;
Plongées commerciales (par exemple installation et renflouement de structures immergées, inspection/entretien de canalisations sous-marines, installations off-shore ou structures similaires, activités de construction, démolition, découpe et soudure, utilisation d'explosifs, etc.) ;
Plongées scientifiques (définies par l'American academy of underwater sciences en tant que plongées effectuées dans le cadre d'activités scientifiques de recherche et didactiques aux seules fins de réaliser certains objectifs de recherche scientifique) ;
Plongées techniques (par exemple pour des prospections et tournage d'images sous-marines) ;
Plongées de formation des plongeurs ;
Plongées à des fins écologiques effectuées en tant que guide ;
Pêche professionnelle.

l'ensemble des personnes affectées aux tâches énumérées dans l'encadré 1. L'exposition au milieu hyperbare concerne en effet différentes catégories de salariés travaillant sous l'eau ou dans des lieux caractérisés par une hyperbarie. Dans ce contexte, il convient de rappeler qu'il n'existe pas de classification uniforme des activités professionnelles sous marines. Le classement peut être fait en fonction :

- du type d'appareils et des équipements professionnels utilisés (avec ou sans équipement, suivant le type

ENCADRÉ 2

Situations en fonction du mélange gazeux respiré

Opérations de plongée sous-marine :

- en apnée ;
- avec système de respiration autonome ;
- avec emploi d'air comprimé, dans les limites permettant une remontée en surface sans palier de décompression ;
- avec emploi d'air comprimé et paliers de décompression brefs (n'excédant pas 10 minutes au total) ;
- avec emploi d'air comprimé et paliers de décompression prolongés (supérieurs à 10 minutes au total) ;
- avec emploi d'oxygène pur ;
- avec emploi de mélanges de gaz ayant une composition autre que celle de l'air atmosphérique (nitrox, heliox, trimix) ;
- avec systèmes de respiration reliés à la surface (narguilé, scaphandre de type semi-autonome) ;
- avec systèmes de respiration reliés à une chambre de décompression submersible ;
- en intervention ;
- en saturation.

Opérations en milieu hyperbare sec :

- activités dans des tunnels ou caissons à air comprimé ;
- activités en chambres hyperbares pour oxygénothérapie.

de respirateur ou de scaphandre),

- de la profondeur à laquelle la plongée est effectuée,
- des moyens utilisés pour son exécution (plongée autonome, plongée contrôlée en surface, plongée dite à saturation),
- des mélanges respiratoires utilisés par les plongeurs (en apnée, à l'air, à l'oxygène, avec mélanges synthétiques).

L'encadré 2 présente de manière schématique les différentes situations rencontrées classées suivant les mélanges respiratoires et les moyens utilisés pour effectuer la plongée (cf. supra).

Il convient également de prendre en compte l'évolution constante des techniques de plongée ainsi que la diffusion croissante de mélanges respiratoires avec des rapports oxygène/azote différents et le recours à des gaz remplaçant l'azote (nitrox, heliox, trimix).

Une évolution importante des conditions de travail en immersion est à prévoir dans les années à venir : pour les activités effectuées à des grandes profondeurs, il est en effet très vraisemblable que l'on ait de plus en plus recours à des machines télécommandées, ou encore à des scaphandres presso-résistants (dans lesquels l'opérateur reste à une pression ambiante d'une atmosphère). Les plongeurs directement exposés à la pression ambiante verraient quant à eux un élargissement de leurs activités à des profondeurs moyennes, tant pour des travaux de prospection et d'entretien de systèmes d'extraction existant, par exemple sur les côtes, que pour d'autres activités techniques.

A l'évidence, ces évolutions vont de pair avec l'effort remarquable que déploie la communauté scientifique internationale pour comprendre les mécanismes physiopathologiques complexes des différentes pathologies de la décompression, en particulier neurosensorielle, et pour définir des algorithmes de décompression de plus en plus représentatifs du comportement de l'organisme en plongée et donc de plus en plus sûrs.

D'autre part, il semble nécessaire d'être davantage attentif aux effets possibles à long terme de la plongée. Il sera également nécessaire de clarifier et d'uniformiser les outils de protection réglementaire (en particulier en Italie où les textes, qui datent quelque peu, ne concernent que certaines activités professionnelles effectuées en milieu hyperbare).

Les directives de l'Union Européenne et la tendance à l'uniformisation en matière de prévention sur les lieux de travail vont dans le sens de la mise en place d'un nouveau cadre réglementaire couvrant les exigences particulières de protection des salariés exerçant en milieu hyperbare. L'opportunité d'un tel cadre semble d'ailleurs prise en compte dans d'autres pays⁽⁴⁾. Simultanément, il apparaît nécessaire d'imposer aussi bien des procédures de sécurité qu'une activité de surveillance médica-

(4) NDLR : C'est le cas en particulier en France. Cf. encadré 3

Réglementation et réparation en France

La réglementation non-spécifique

Le code du travail et notamment l'article L. 230-2 expose les principes généraux de prévention en insistant sur l'obligation faite à l'employeur de : « planifier la prévention en y intégrant, dans un ensemble cohérent, la technique, l'organisation du travail, les relations sociales et l'influence des facteurs ambiants... »

NDLR : Il s'agit pour l'employeur d'optimiser la prévention en réduisant l'exposition aux risques autant que cela est raisonnablement possible et ce bien en deçà des valeurs limites.

La réglementation spécifique

La réglementation repose sur le décret du 28 mars 1990 relatif à la protection des travailleurs intervenant en milieu hyperbare. Divers arrêtés sont venus compléter ce décret en précisant des points tels que ceux de la formation et de la qualification, de la prévention technique collective, des équipements individuels, de la prévention médicale, des tables de plongée et des procédures thérapeutiques. Les personnes travaillant en milieu hyperbare doivent faire l'objet d'une surveillance médicale spéciale selon le décret de 1990.

Cette réglementation s'applique en France et ne concerne pas des travailleurs français intervenant en milieu hyperbare sur d'autres territoires. Le médecin du travail doit donc être particulièrement attentif à ce type de situation.

Extrait du décret du 28 mars 1990 (titre VII) relatif à la protection des travailleurs intervenant en milieu hyperbare :

Art. 33. - I. - Un travailleur ne peut être affecté à des interventions en milieu hyperbare que si la fiche d'aptitude médicale établie en application de l'article R. 241-57 du code du travail ou de l'article 40 du décret du 11 mai 1982 susvisé, atteste qu'il ne présente pas de contre-indication médicale à ces interventions ; pour les personnes âgées de plus de quarante ans cette fiche est établie tous les six mois.

II. - Le travailleur ou l'employeur peut contester les mentions de cette fiche d'aptitude dans les quinze jours qui suivent sa délivrance. La contestation est portée devant l'inspecteur du travail. Celui-ci statue après avis conforme du médecin inspecteur régional du travail qui peut faire pratiquer, aux frais de l'employeur, des examens complémentaires par les spécialistes de son choix.

III. - Sans préjudice des dispositions de l'article R. 241-51 du code du travail ou, s'il s'agit d'un travailleur agricole, de l'article 33 du décret du 11 mai 1982 susvisé, l'employeur est tenu de faire examiner par le médecin du travail tout travailleur ayant été victime d'un incident d'hyperbarie ou qui se déclare indisposé par le travail auquel il est affecté.

Art. 34. - Les examens médicaux pratiqués en exécution des dispositions de l'article précédent doivent comprendre un examen clinique général et des examens spécialisés complémentaires. Ces examens sont à la charge de l'employeur. Un arrêté des ministres chargés du travail, de l'agriculture et de la mer définit la recommandation aux médecins et la liste des examens médicaux complémentaires spécialisés.

Art. 35. - Un dossier médical spécial est tenu par le médecin du travail pour chaque travailleur affecté à des travaux en milieu hyperbare. Mention de ce dossier doit être faite au dossier médical ordinaire de médecine du travail prévu à l'article R. 241-56 du code du travail, ou à l'article 39 du décret du 11 mai 1982 susvisé. Ce dossier médical doit contenir : 1- Une fiche relative aux conditions de travail du travailleur, dans laquelle doivent être notamment mentionnés la nature du travail effectué en milieu hyperbare, la durée des périodes d'hyperbarie et les autres risques auxquels le travailleur peut être exposé ; 2- Les dates et les résultats des analyses et des examens médicaux pratiqués en application de l'article 33 ci-dessus, ainsi que les accidents survenus en cours de travail et les manifestations pathologiques. L'ensemble du dossier médical doit être conservé pendant au moins vingt ans par le service médical du travail.

Art. 36. - L'employeur est tenu de prévoir des moyens de transport rapides pour permettre à un médecin de se rendre auprès des victimes d'accident. L'employeur ou le chef d'opération doit avertir immédiatement le médecin du travail en cas d'accident.

La réparation

Les accidents de décompression et leurs complications sont réparés au titre des accidents du travail. Les maladies secondaires au travail en milieu hyperbare sont réparées au titre du tableau 29 du régime général. La liste de travaux est limitative.

TABLEAU 29 du régime général : Lésions provoquées par des travaux effectués dans des milieux où la pression est supérieure à la pression atmosphérique. Date de création : décret du 9 février 1949 ; dernière mise à jour : décret du 2 juin 1977.

Définition	Délai de prise en charge	Liste limitative des travaux susceptibles de provoquer ces maladies
Ostéonécrose avec ou sans atteinte articulaire intéressant l'épaule, la hanche et le genou, confirmée par l'aspect radiologique des lésions.	20 ans	Travaux effectués par les tubistes.
Syndrome vertigineux confirmé par épreuve labyrinthique.	3 mois.	Travaux effectués par les scaphandriers.
Otite moyenne subaiguë ou chronique.	3 mois	Travaux effectués par les plongeurs munis ou non d'appareils respiratoires individuels.
Hypoacousie par lésion cochléaire irréversible, s'accompagnant ou non de troubles labyrinthiques et ne s'aggravant pas après arrêt d'exposition au risque. Le diagnostic sera confirmé par une audiométrie tonale et vocale effectuée de six mois à un an après la première constatation.	1 an	Interventions en milieu hyperbare.

le visant à la prévention et à la protection de la santé du personnel exposé au facteur de risque spécifique que constitue l'activité dans un milieu hyperbare.

RÉGLEMENTATION ITALIENNE DU TRAVAIL SUBAQUATIQUE EN MILIEU HYPERBARE (5)

En raison des caractéristiques de chaque type d'activités en milieu hyperbare telles que définies et paramétrées dans le contexte de l'évaluation des risques, il est possible de distinguer certains aspects communs à l'ensemble des activités professionnelles et relatives aux principaux aspects des procédures de sécurité applicables aux activités en milieu extraordinaire. Ces aspects sont présentés de manière synthétique dans l'*encadré 4*.

ACCIDENTS DE DÉCOMPRESSION, DESCRIPTION ET TRAITEMENT

L'exposition à des variations de pression, telles qu'on les rencontre lors du travail en immersion, rend nécessaire le respect scrupuleux d'un certain nombre de règles techniques, médicales et de sécurité, ainsi

que l'acquisition de connaissances solides de manière à éviter la survenue de pathologies de décompression. En effet, durant les plongées, des incidents peuvent se produire caractérisés par l'apparition de manifestations pathologiques propres à l'activité subaquatique. Les causes en sont extrêmement variables. Parmi celles-ci, on peut citer :

- défaut d'observation des règles élémentaires de prudence et de sécurité ;
- décompression hors courbe ou erreurs de décompression ;
- erreurs dans le calcul de la décompression lors de plongées successives ;
- mauvaises conditions de mer interdisant le respect des procédures de décompression ;
- plongées effectuées par un plongeur en mauvais état de santé ;
- causes accidentelles de malaise, de divers types.
- mauvais fonctionnement des équipements ;
- sangles trop serrées, perte des lests, effort physique intense etc.

Par ailleurs, l'accident de plongée se trouve souvent être le dernier maillon d'une chaîne d'évènements tragiques provoqués par l'erreur humaine, associée à une mauvaise prise en charge de la situation d'urgence réduisant à néant toute chance d'éviter que cet événement n'ait de graves conséquences.

La prise en charge des accidents de décompression s'effectue en quatre phases :

- « remontée » de la personne accidentée ;
- intervention de premier secours, le cas échéant réanimation cardio-pulmonaire ;
- oxygénothérapie à pression atmosphérique ;
- acheminement vers un centre spécialisé en vue d'une recompression thérapeutique.

Le choix du système de transport sera bien entendu fonction de la gravité de la situation, de la disponibilité ou de l'absence de chambre de décompression, de la réserve de gaz disponible et du délai nécessaire pour accéder au caisson hyperbare le plus proche. Il convient de ne pas perdre de vue qu'à partir du moment où une chaîne d'intervention est mise en route, des délais sont techniquement nécessaires à chaque étape pour que le système fonctionne.

Les accidents de décompression peuvent schématiquement se scinder en deux principaux groupes : les barotraumatismes et les pathologies de décompression.

L'étiologie des « barotraumatismes » est liée à la variation directe de la pression sur les cavités pneumatiques de l'organisme humain. Il s'agit des lésions de l'oreille interne, du « coup de ventouse » dont les effets se ressentent au niveau des tissus du visage et de la conjonctive, de la perforation tympanique et des vertiges par atteinte vestibulaire.

Les pathologies liées aux variations de pression affectant les gaz respiratoires sont l'embolie gazeuse

(5) NDLR : La rédaction a décidé de développer la réglementation française en la matière et n'a pas repris l'ensemble de la réglementation italienne détaillée dans l'article italien.

ENCADRÉ 4

Éléments à prendre en compte pour la sécurité des activités professionnelles en milieu subaquatique hyperbare (liste non exhaustive)

- Définition et programmation des activités professionnelles devant être exercées en milieu hyperbare (par exemple opérations de découpe et/ou soudure, opérations de creusage et/ou démolition, montage et/ou démontage de structures subaquatiques, activités de prospection et d'excavation sur des sites de fouilles archéologiques, recueil et échantillonnage de matériel biologique, assistance aux patients en milieu hyperbare, etc.).
- Définition et programmation des pressions ambiantes, temps d'exposition et mélanges gazeux respiratoires employés par les opérateurs pour les différents types de travaux subaquatiques en milieu hyperbare.
- Formation, préparation et parfois sélection des opérateurs pour les différentes activités exercées en milieu hyperbare.
- Contrôle de l'efficacité et de l'entretien des installations, des appareils et des systèmes individuels de protection employés par les opérateurs.
- Contrôle et suivi de la quantité (stockage) et de la qualité des mélanges respiratoires nécessaires pour l'exercice de l'activité (notamment par la vérification des différents composants des mélanges N₂, O₂, CO₂, He, H, etc.) et identification qualitative/quantitative d'éventuels agents polluants des gaz respiratoires.
- Systèmes de communication / contrôle audiovisuel avec la surface, ou avec l'extérieur des habitats hyperbares.
- Capteurs de détection et systèmes d'alerte en cas de contamination des mélanges respiratoires, de panne des appareils, de débuts d'incendie et/ou d'explosions.
- Codifications des procédures d'intervention en cas d'alerte, incendie, premiers secours et systèmes d'évacuation de l'environnement hyperbare (par exemple par systèmes de remontée d'urgence de l'habitat hyperbare, par abandon de navire à bord d'une embarcation de secours hyperbare, etc.), mise en alerte des centres d'oxygénothérapie hyperbare et/ou des services d'urgences.

Pathologies de décompression (classification* proposée par les auteurs)

Formes légères

Les formes cutanées s'accompagnent de prurit localisé au niveau du tronc, accompagné de plaques de décoloration ou d'éruption de type urticaire. Les manifestations cliniques régressent en l'espace de quelques heures.

Les formes lymphatiques consistent en un œdème dur, touchant électivement les membres supérieurs. La régression est spontanée.

Les manifestations de fatigue doivent attirer l'attention car elles peuvent signer une atteinte plus grave.

Embolie gazeuse traumatique (EGT)

Elle est la conséquence de la rupture d'une ou plusieurs alvéoles pulmonaires, entraînant le passage dans la circulation artérielle de bulles de gaz. Le tableau s'installe durant la phase finale de la sortie de l'eau et dans l'heure qui suit. Toutefois la majorité des symptômes est en rapport avec une réduction non contrôlée de la pression ambiante.

Maladie de décompression de type I (MDD de Type I)

Elle est constituée essentiellement d'arthralgies dysbariques touchant électivement les grosses articulations, souvent unilatérales, apparaissant lentement et le plus souvent précédée par une sensation de torpeur et de fourmillement dans la région intéressée. Les symptômes disparaissent rapidement lorsqu'une recompression thérapeutique est effectuée de manière précoce.

Maladie de décompression de type II (MDD de Type II)

Elle peut avoir plusieurs manifestations cliniques :

- l'embolie pulmonaire associe troubles du rythme respiratoire et cardiaque, douleurs thoraciques et pariétales, suivies d'un essoufflement évoluant vers une sensation intolérable d'étouffement ;
- l'embolie cérébrale avec perte de conscience soudaine s'accompagne de signes de collapsus, épisodes convulsifs, état comateux. En cas de survie, des séquelles de type hémiplégie, paraplégie, aphasie, dysarthrie peuvent subsister ;
- les formes médullaires débutent généralement dans les cinq minutes suivant la sortie de l'eau et, au maximum, dans les quinze à vingt qui suivent. Puis apparaissent les signes au niveau cérébral et pulmonaire ; les douleurs vertébrales sont souvent présentes. Les formes les plus fréquentes touchent la moelle au niveau de D8-D10, et par conséquent les membres inférieurs même si les manifestations ne sont ni symétriques ni similaires entre les deux membres. La prise en charge précoce, c'est-à-dire dans l'heure, en caisson hyperbare peut permettre la régression totale des symptômes. En revanche, un traitement tardif ne permet d'obtenir leur disparition que rarement du fait de l'œdème présent dans les tissus ;
- les formes labyrinthiques et vestibulaires associent nausées, vomissements, vertiges, acouphènes, hypoacousie ou surdité soudaine. La décompression thérapeutique seule est insuffisante pour corriger ces manifestations qui requièrent un traitement approprié.

L'ostéonécrose aseptique

traumatique (EGT) et la maladie de décompression. Le tableau de la maladie de décompression peut être très varié et complexe, comme le montre l'encadré 5 qui résume ses principales manifestations. La gravité de la maladie de décompression est évaluée en fonction des éléments suivants : déficits moteurs ou sensitifs ne régressant pas à la suite du traitement initial, rétention urinaire ou absence de miction, insuffisance respiratoire ou circulatoire grave.

Les pathologies de décompression (embolie gazeuse et maladie de décompression) peuvent revêtir des formes très variées, parfois sournoises. C'est pourquoi le diagnostic différentiel doit être précis et le tableau clinique doit être rapporté aux modalités d'exposition à la variation de pression, qui prennent en compte :

- la profondeur maximum atteinte (ou pression absolue) ;
- la durée de l'exposition ;
- la procédure de décompression effectuée ;
- le type d'accident ou d'incident ayant donné lieu au non respect de la procédure ;
- le moment d'apparition du symptôme durant l'exposition à la variation de pression ou après cette dernière ;
- les mélanges respiratoires utilisés ;

- les informations concernant les plongées successives ou précédentes ;
- l'effort physique durant et après la plongée.

Cependant, une fois la nature du problème correctement diagnostiquée et la gravité évaluée, l'efficacité du traitement sera d'autant plus grande que ce dernier aura été administré précocement. Le temps qui s'écoule entre l'accident à proprement parler et le début du traitement effectif en chambre hyperbare varie bien évidemment en fonction du temps nécessaire pour activer la procédure de secours et de la proximité d'une installation hyperbare. Durant ce laps de temps, il s'avère utile d'administrer de l'oxygène pur à la pression atmosphérique, ce traitement ayant démontré son efficacité en attendant une oxygénothérapie en chambre hyperbare, le cas échéant associée à une autre thérapie. Pour le choix des tables (encadré 6) d'oxygénothérapie hyperbare devant être appliquées lors de la prise en charge des accidents de décompression, on se réfère en règle générale aux tables suivantes :

- pour les accidents bénins de type ostéo-myo-articulaires, on peut utiliser les tables américaines de Workman et Goodman avec de l'oxygène pur, ou également de simples tables en oxygène pur à basse pres-

* Pour la classification proposée en France, se reporter à : F. WAITEL, D. MATHIEU - Oxygénothérapie hyperbare et réanimation, Paris, Masson, 1990, p. 58.

Tables de plongée

Les tables de plongée permettent d'établir, en ayant la durée passée à une profondeur donnée, les écarts de paliers. Elles permettent de remonter d'une plongée en toute sécurité.

Une table de plongée est un recueil de profils de plongée pour lesquels tous les paramètres de la plongée sont pris en compte. Elles sont élaborées à partir d'un algorithme mathématique et d'expérimentations en conditions réelles. Diverses tables existent, par exemple GERS 65, COMEX, US Navy, MN 90 (Marine nationale française) utilisées en plongée sportive. Ces tables sont conçues pour être utilisées au niveau de la mer et à saturation à ce niveau.

L'utilisation de ces tables implique de connaître un certain nombre de données : heure de départ, durée de la plongée, profondeur, remontée, durée totale de la remontée, heure de sortie, temps surface-surface, intervalle compris entre l'heure de sortie de la première plongée et l'heure de départ de la deuxième plongée... Il existe des tables de plongée simple et des tables de plongées successives.

Exemple : si la plongée a lieu à 28 mètres pendant 30 minutes. Le palier est de 6 minutes à trois mètres et 8 minutes de remontée au total. La durée totale entre le départ et la sortie est de 38 minutes.

Exemple de table de plongée (d'après www.le-spirographe.com/tables.htm)

Profondeurs	Temps sans palier	Profondeurs	Temps sans palier
Jusqu'à 8 m	Illimité	22 m	35'
10 m	5 h 30	25 m	20'
12 m	2 h 15	28 m	15'
15 m	1 h 15	30 m	10'
18 m	50'	32 m	10'
20	40'	35 m	10'

Pour en savoir plus : www.polytechnique.fr/eleves/binets/plongee.doc

sion de type Comex 12 ;

- pour les accidents avec facteurs de gravité, correspondant par exemple à la maladie de décompression de type II, on pourra avoir recours à la Table 4 atmosphères absolues avec des mélanges hyper-oxygénés (GERS⁽⁶⁾ B, C, Comex 30, D 30 HIA Sainte-Anne) ;

- la plupart des auteurs préconise l'utilisation de tables indiquant des paliers à 6 ATA⁽⁷⁾ en présence de manifestations cérébrales et en cas de suspicion d'hypertension pulmonaire.

opérateurs sous-marins.

Les civils amateurs pratiquent tous la plongée dans le cadre de leurs loisirs.

Pour chacun des groupes, les paramètres concernant la plongée durant laquelle s'est produit l'accident de décompression ont été étudiés :

- le type d'équipement respiratoire utilisé ;
- les mélanges gazeux choisis ;
- les profondeurs atteintes ;
- la durée du séjour au fond ;
- la durée de décompression observée.

Par ailleurs, l'analyse des données recueillies auprès du centre de traitement hyperbare a permis d'évaluer les paramètres suivants concernant la prise en charge de la situation d'urgence :

- les délais d'intervention répartis en temps écoulé entre la sortie de l'eau et l'apparition des symptômes, temps écoulé entre l'apparition des symptômes et le début du traitement et temps écoulé entre la sortie de l'eau et le début du traitement ;
- le diagnostic établi par le centre de traitement hyperbare ;
- le type de traitement administré ;
- les résultats de l'oxygénothérapie hyperbare ;
- les séquelles éventuelles de l'accident de décompression.

Il était prévu, avant de débiter le traitement de recompression, de recueillir pour chaque sujet des informations les plus détaillées possibles concernant le type de plongée effectuée, ainsi que de procéder à un examen général, neurologique et ORL. Chaque patient recevant un traitement hyperbare bénéficiait également d'épreuves fonctionnelles respiratoires, d'une gazométrie, d'une radiographie du thorax et d'un électrocardiogramme.

Enquête sur les accidents de plongée

MATÉRIELS ET MÉTHODE

Cette étude rétrospective a porté sur les accidents de plongée traités entre 1989 et 1999, dans le centre de traitement hyperbare du COM. SUB.IN, Section de physiopathologie sous-marine de la Marine militaire italienne. Soixante sujets, tous de sexe masculin, ont participé à l'étude et ont été subdivisés en plusieurs groupes dont les caractéristiques principales sont résumées dans le *tableau I*.

Les militaires de métier exercent une activité de scaphandrier, de scaphandrier/homme-grenouille, de commando, de commando/parachutiste, de parachutiste/homme-grenouille et d'homme-grenouille.

Les civils exerçant une activité professionnelle sous-marine sont un pêcheur professionnel et cinq

(6) Groupe d'études et de recherches sous marines.

(7) A 30 mètres de profondeur, la pression relative est de 3 bars auxquelles s'ajoute 1 bar de pression atmosphérique. Cela correspond à une pression absolue équivalente de 4 atmosphères absolues (ATA).

Caractéristiques principales des trois groupes

TABLEAU I

Groupes	N	Sexe	Âge moyen (an)	Constitution	Taille moyenne (cm)	Poids (kg)	
			Ecart type		Ecart type		
			MIN et MAX		MIN et MAX		
Militaires	23	Masculin	27,3 +/- 4,8 MIN 21 ■ MAX 38	91,3 % normale 4,35 % robuste 4,35 % athlétique	177,7 +/- 5 MIN 165 ■ MAX 185	78,6 +/- 8,1 MIN 58 ■ MAX 94	
Civils (plongeurs professionnels)	6	Masculin	33,5 +/- 7,8 MIN 25 ■ MAX 47	normale	172,6 +/- 4,56 MIN 169 ■ MAX 180	72 +/- 4,47 MIN 65 ■ MAX 75	
Civils (plongeurs amateurs)	31	Masculin	34,5 +/- 10,4 MIN 16 ■ MAX*	75,9 % normale 24,1 % robuste	175,8 +/- 5,9 MIN 165 ■ MAX 190	76,9 +/- 10 MIN 60 ■ MAX 100	

Equipements et mélanges respiratoires utilisés (résultats en %)

TABLEAU II

	Equipements utilisés					Mélange gazeux		
	Scaphandre autonome	Scaphandre « palombaro »	Scaphandre	ARM**	SDC***	air	air-O ₂ /O ₂	Heliox****
Militaires	30,43	4,35	4,35	8,7	52,17	56,5	13,04	30,43
Civils professionnels	100	0	0	0	0	100	0	0
Civils amateurs	100	0	0	0	0	100	0	0

* Scaphandre « palombaro » : scaphandre avec casque de type semi-autonome. **ARM : Autorespirateur à mélange. ***SDC : chambre de décompression submersible. ****Heliox : mélange hélium-oxygène

Profondeurs atteintes et durée des plongées en fonction du mélange gazeux respiré

TABLEAU III

	Profondeur (mètres)			Durée		
	air	air-O ₂ /O ₂	Heliox	air	air-O ₂ /O ₂	Heliox
Militaires	39,4 +/- 17,5 MIN 12 ■ MAX 58	8,3 +/- 8,4 MIN 3 ■ MAX 18	99,1 +/- 17,7 MIN 74 ■ MAX 120	29'59" +/- 54'51" MIN 4' ■ MAX 3h30'	30'40" +/- 30'08" MIN 5' ■ MAX 1h12'	21'12" +/- 5'42" MIN 28' ■ MAX 12'40"
Civils professionnels	37 +/- 19,5 MIN 12 ■ MAX 58			1h32' +/- 2h09" MIN 15' ■ MAX 4h		
Civils amateurs	35 +/- 19,4 MIN 3 ■ MAX 80			33'6" +/- 20'2" MIN 15' ■ MAX 2h		

RÉSULTATS

Tous les accidents se sont produits dans les eaux du bassin méditerranéen, avec une prédominance pour la mer Tyrrhénienne et la mer Ionienne.

hyperbare submersible et, dans une moindre mesure, les scaphandres autonomes. Pour les civils, le mélange respiratoire le plus couramment adopté était l'air alors que chez les militaires les mélanges synthétiques binaires étaient amplement utilisés.

Equipements et mélanges respiratoires utilisés lors des immersions (tableau II)

Profondeurs moyennes atteintes et durée moyenne d'immersion (tableau III)

La totalité des plongeurs civils professionnels et amateurs ont fait appel à des systèmes autonomes à air alors que les militaires utilisaient largement l'habitat

Les profondeurs maximum atteintes étaient très différentes selon les groupes étudiés : pour les plongées à l'air, elles étaient similaires chez les professionnels civils

TABLEAU IV

Type de décompression (en %) en fonction de la catégorie de plongeurs

	Militaires	Civils professionnels	Civils amateurs
Absence	21,74	16,67	12,9
Standard dans l'eau	26,08	16,67	54,84
Standard dans l'eau erronée			19,35
SDC/installation intégrée	52,18		
Thérapeutique dans l'eau		16,67	
Cycle thérapeutique dans l'eau et en caisson		16,66	
Remontée progressive			6,45
Remontée en urgence			3,23
Non classable		33,33	3,23
Total	100	100	100

* SDC : chambre de décompression submersible.

TABLEAU V

Délai moyen d'intervention dans les trois groupes

	Militaires	Civils professionnels	Civils amateurs
Délai écoulé entre la sortie de l'eau et l'apparition des symptômes	2 heures 39 +/- 4h54 MIN 4' ■ MAX 15h20	2 heures 41 +/- 3h54 MIN 4' ■ MAX 13h34	5 heures 34 +/- 6h38 MIN 8' ■ MAX 18h06
Délai écoulé entre l'apparition des symptômes et le début du traitement	2 heures 41 +/- 2h41 MIN 0 ■ MAX 5h	6 heures 50 +/- 6h02 MIN 1h51 ■ MAX 15h18	9 heures 31 +/- 7h19 MIN 4h ■ MAX 20h18
Délai écoulé entre la sortie de l'eau et le début du traitement	4 heures 16 +/- 6h02 MIN 0 ■ MAX 22h04	6 heures 18 +/- 4h52 MIN 5' ■ MAX 16h44	10 heures 33 +/- 7h58 MIN 10' ■ MAX 34h38

et les militaires, mais elles sont bien supérieures dans le cas des amateurs plongeant pour le plaisir jusqu'à 80 m. Il n'y a pas de différence significative entre les durées des plongées à l'air effectuées par les militaires et les plongeurs sportifs. En revanche, la durée des plongées des professionnels civils était trois fois plus longue en moyenne.

Type de décompression effectuée (tableau IV)

La décompression semble avoir été correctement effectuée par les militaires, ce qui confirme l'adoption de leur part de procédures de sécurité plus strictes. En revanche, parmi les civils professionnels deux sujets ont dû subir des décompressions thérapeutiques sous l'eau alors que sur les 31 plongeurs amateurs, six ont effectué des décompressions erronées, deux ont pratiqué des remontées progressives et un une remontée en urgence.

Délais moyens d'intervention (tableau V)

Les délais d'intervention se sont avérés nettement plus courts dans le groupe des professionnels, ce qui tend à démontrer que lors de la phase de préparation du travail une attention toute particulière est accordée à la mise en place de procédures spécifiques pour la prise en charge des urgences.

Délai d'apparition des symptômes et diagnostique (figures 1, 2, 3 et 4)

Les figures 1 et 2 comparent les délais écoulés avant l'apparition des symptômes entre deux groupes uniquement, les groupes 1 et 2 ayant été classés dans la catégorie plongées professionnelles, étant donnée la similitude existant entre ces deux groupes de plongeurs professionnels.

Fig. 1 : Types de pathologies de décompression en fonction du délai d'apparition des symptômes (pourcentage calculé sur le total des pathologies suite à plongées professionnelles).

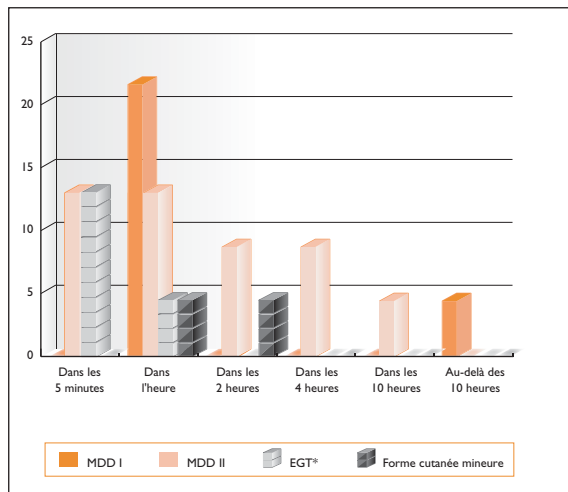
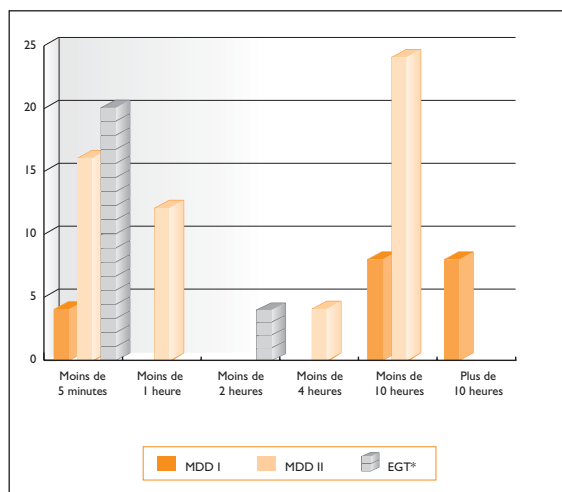


Fig. 2 : Type de pathologie de décompression en fonction du délai d'apparition des symptômes (pourcentage calculé sur le total des pathologies suite à plongées de loisirs).



* EGT : embolie gazeuse traumatique

Les diagnostics établis au Centre de traitement hyperbare du COM.SUB.IN sont résumés dans les figures correspondantes 3 et 4.

Les premières manifestations cliniques d'accidents sont apparues à des moments très variables par rapport à la sortie de l'eau. Les formes de MDD de Type I se sont manifestées dès la première heure. Pour les formes de MDD de Type II, le tableau s'est généralement installé dans les dix heures suivant la fin de la plongée.

Pour les embolies gazeuses, la majorité des symptômes était constatée dans les cinq premières minutes.

Type de recompression thérapeutique utilisée (tableau VI et VII)

Les tables retenues pour la recompression thérapeutique étaient celles de Workman et Goodman (tables 2, 5 et 6). Un traitement médicamenteux adjuvant a également été administré à 65,22 % des sujets du 1^{er} groupe, 66,67 % des sujets du 2^e groupe et 58,06 % des sujets du 3^e groupe. En fonction du cas clinique, ce traitement était basé principalement sur les produits suivants : solution physiologique, glycérol et mannitol, oxygène à pression atmosphérique, anti-inflammatoires non stéroïdiens, corticostéroïdes, anticoagulants, diurétiques. Les résultats des traitements par oxygénothérapie hyperbare, subdivisés par pathologie de décompression observée, sont synthétisés dans le *tableau VII*.

Fig. 3 : Type de pathologie de décompression. Diagnostics établis - plongeurs professionnels (militaires et civils).

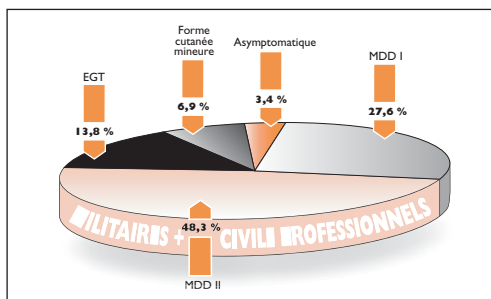
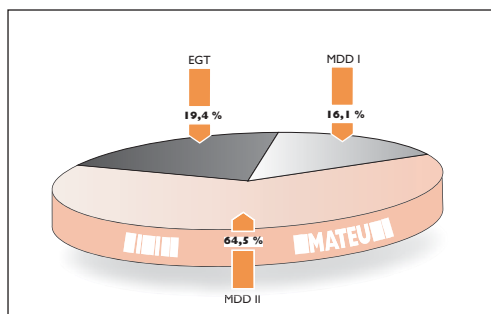


Fig. 4 : Type de pathologie de décompression. Diagnostics établis - plongeurs amateurs.



Résultats de l'oxygénothérapie en fonction de la maladie

	Plongeurs professionnels *	Plongeurs amateurs
Table 5	36%	33%
Table 6	48%	61,9%
Table 5 + 6	4%	4,8%
Table 2 + 6 **	12%	

* Regroupent les militaires et les civils professionnels.
** Table 2 avec une compression maximum à 6 ATA suivie par la table 6 à 2,8 ATA.

TABLEAU VI



Documents pour le Médecin du Travail N° 94 2^e trimestre 2003

TABLEAU VII

Résultats de l'oxygénothérapie en fonction de la maladie

	MDD I		MDD II		Totalités des embolies gazeuses	
	Plongeurs professionnels *	Plongeurs amateurs	Plongeurs professionnels *	Plongeurs amateurs	Plongeurs professionnels *	Plongeurs amateurs
Guérison	61,5%	38,5%	15,2%	36,4%	30%	30%
Amélioration	0	0	24,2%	21,2%	10%	10%
État stationnaire	0	0	0	3%	0	20%

* Plongeurs professionnels regroupant les militaires et les civils professionnels.

DISCUSSION

L'analyse de 60 cas de sujets ayant suivi un traitement d'oxygénothérapie au Centre de traitement hyperbare du COM.SUB.IN a permis de définir un certain nombre de caractéristiques importantes dans la comparaison entre les deux groupes de plongeurs professionnels et le groupe d'amateurs pratiquant la plongée de loisirs.

Ces observations sont cohérentes avec les données physiopathologiques étudiées, particulièrement pour les signes cliniques d'embolie gazeuse. Elles mettent également en relief la place occupée par les symptômes ostéo-articulaires et les manifestations modérées à graves de la MDD de type II au sein des groupes de plongeurs professionnels. Il a été relevé dans le groupe des amateurs pratiquant la plongée de loisir une incidence considérable de l'embolie gazeuse, de la MDD de type II au cours des deux premières périodes étudiées après la sortie de l'eau (<5', <1h), avec par la suite un pic pour les MDD de type II entre la 4^e et la 10^e heure. Cette constatation peut s'expliquer par les profondeurs élevées atteintes ainsi que par les erreurs techniques nombreuses commises par les plongeurs amateurs. La différence est donc nette entre les manifestations pathologiques observées chez les sujets pratiquant la plongée professionnelle et les sujets plongeant pour le plaisir. Ces derniers étaient beaucoup plus souvent victimes de la MDD de type II et de l'embolie gazeuse, de loin les pathologies au pronostic le plus sombre.

L'oxygénothérapie hyperbare a permis un rétablissement complet chez les sujets souffrant de MDD de type I. En revanche, pour ce qui est des cas de MDD de type II, la guérison a plus facilement été obtenue chez les plongeurs amateurs sportifs. Chez les patients traités pour embolie gazeuse, les symptômes ont pu être stabilisés dans 20 % des cas.

CONCLUSION

L'analyse de ces accidents a confirmé les données de la littérature concernant la corrélation entre la symptomatologie observée et les temps de latence. L'oxygénothérapie hyperbare a fait la preuve de son efficacité dans tous les cycles de traitement pour les MDD de type I et les MDD de type II de moindre gravité, ainsi que de sa capacité à permettre un rétablissement presque total dans les cas d'embolie gazeuse pris en charge rapidement après l'accident.

Le caractère de dangerosité intrinsèque des plongées de loisir, moins soumises aux règles de sécurité, est clairement démontré. Les délais d'intervention sont plus courts lors des plongées professionnelles, en particulier militaires, et l'incidence des formes d'embolie gazeuse chez les sujets pratiquant la plongée de loisir est plus importante. A contrario, les sujets plongeant dans le cadre d'activités professionnelles ont manifesté des signes de MDD de type II plus graves, comme le démontrent les résultats du premier cycle de recompression thérapeutique, ces derniers étant corrélés avec l'utilisation de mélanges respiratoires synthétiques lors de plongées en hauts fonds.

En dépit des incertitudes persistant en raison de la limitation des connaissances sur la physiopathologie des accidents de décompression, il est possible, en procédant à une évaluation correcte des risques spécifiques aux conditions de travail en immersion, de programmer des procédures de sécurité correctes ainsi que des systèmes efficaces pour la prise en charge des situations d'urgence. Enfin, les cycles thérapeutiques tels qu'ils sont pratiqués à l'heure actuelle, bien que pénalisés par le manque de connaissances, produisent des résultats proches de 100 % de guérison, permettant ainsi de traiter de manière efficace la cause des symptômes. Les normes opérationnelles adoptées par les organismes militaires, techniques et les entreprises spécialisées s'avèrent donc une source de références utiles.

REMERCIEMENTS : la rédaction des DMT remercie la direction de l'ISPEL et les équipes italiennes de l'avoir autorisée à publier cet article. Elle remercie également le docteur J.Y. Massimelli, auteur du chapitre « Affections liées au travail en milieu hyperbare » (*Médecine et risque au travail, guide du médecin en milieu de travail*. Paris, Masson, 2002) et Éric Clogenson de l'INPP, Institut national de plongée professionnelle, pour leur précieuse collaboration.

Éléments bibliographiques

- Atti Convegno : La medicina del lavoro applicata alle attività subacquee ed off-shore. Istituto di medicina del Lavoro. Università di Milano. 12-13 aprile 1991.

BARRÉ P., BEAUMIER TH., CONSO F., CHOUDAT D.; ET COLL. - Pathologie liée à la plongée dans une population de 956 plongeurs professionnels. *Archives des Maladies Professionnelles*, 1988, **49** (6), pp. 389-395.

BENNET PB., ELLIOT D.H. - The physiology and medicine of diving. London, 4th Edition, W.B Saunders Company Ltd, 1993. 613 p.

BERNINI P., FARALLI F., FIORITO A., GAGLIARDI R. ET COLL. - Patogenesi e trattamento del danno spinale nella forma neuro sensoriale della malattia da decompressione. *Prevenzione Oggi*, 1993, **5** (1), pp. 87, 89-103.

BONSIGNORE M., DE LUCCHI M., ZANNINI D. - Problemi diagnostici della malattia da decompressione. *Lavoro e Medicina*, 1995, **2** (3), p. 35.

BROUSSELE B. - Physiologie et médecine de la plongée. Ellipses, Marketing Ed. Paris, 1992, 688 p.

WATTEL, MATHIEU D. - Comité Européen pour la médecine hyperbare : actes de la 2^e Conférence européenne de consensus sur le traitement des accidents de décompression de la plongée de loisirs. Marseille 9-11 mai, 1996, 226 p.

- Consiglio Nazionale Delle Ricerche : Armamento Navi Oceanografiche : regolamento per i problemi normativi connessi ad immersioni subacquee. La sicurezza nei lavori in aria compressa. CNR, Roma, marzo 1989.

DONALD K.W. - A review of submarine escape trials from 1945 to 1970 with a particular emphasis on decompression sickness. *Journal of the Royal Naval Medical Service*. 1991, **77** (3), pp 171-200.

DUJIC Z., ETEROVIC D., DENOBLE P., KRSTACIC G ET COLL. - Lung diffusing capacity in a hyperbaric environment: assessment by a rebreathing technique. *British Journal of Industrial Medicine*, 1992, **49** (4), pp. 254-259.

EDMONDS C., LOWRY C., PENNEFATHER J., WALKER R. - Diving and subaquatic medicine. 3rd Ed., London, Butterworth Heinemann, Hardcover Oxford University Press, 1995, 719 p.

- Health and Safety Executive: A guide to the diving operations at work. Regulations 1981. London, Health and Safety series booklet HS(R) 8, 1981.

KANG JF, ZHANG LD, ZHANG H. - Delayed occurrence of dysbaric osteonecrosis : 17 cases. *Undersea Biomedical Research*, 1992, **19** (2), pp 143-145.

KORIWCHAK MJ., WEIKAVEN JA. - Middle ear barotrauma in scuba divers. *Journal of Wilderness Medicine*, 1994, **5** (4), p. 389.

LAM TH., YAU KP. - Dysbaric osteonecrosis in a compressed air tunnelling project Hong Kong. *Occupational Medicine*, 1992, **42** (1), pp: 23-29.

MEKJAVIC IB., TIPTON MJ., EIKEN O. (Bds) - Diving and Hyperbaric Medicine. Proceedings of the XXIII Annual Scientific Meeting of the European Underwater and Barometrical Society, Bled, Slovenia, September 22 to 26, 1997, 264 p.

MOON R.E., VANN RD., BENNET PB. - The physiology of decompression illness. *Scientific American*, 1995, **273** (2), pp. 70-77.

- Occupational Safety and Health Administration, Department of Labor : Commercial diving operations. Office of the federal Register "Code of Federal Regulations". *National Archives and records administration*, july 1 1994, pp. 664-839.

PALMER AC., CALDER IM., YATES PO. - Cerebral vasculopathy in divers. *Neuropathology & Applied Neurobiology*. 1992, **18** (2), p113-124.

PETERSON KA., ET PORTOUW SJ. - The hazards of operational diving in heavily oil-polluted water. *Journal of the Royal Naval Medical Service*, 1991, **77** (3), pp. 159-164.

PIANTADOSI C.A. - Physiological effects of altered barometric pressure. In Clayton GD, Clayton FE. (Eds), *Pattys industrial hygiene and toxicology*. 4th edition. New York, John Wiley and Sons Inc, 1991, vol I, part A, 329 p.

PJUECH B., ELIZAGARAY A., SILES S., CAMMILLERY S. - Bone imaging and dysbaric osteonecrosis. *Médecine Nudéaire*, 1993, **17** (6) : 303.

RUNDMO T. - Associations between organizational factors and safety and contingency measures on offshore petroleum platforms. *Scandinavian Journal of Work and Environment and health*, 1994, **20** (2), pp. 122-127.

RUNDMO T. - Associations between safety and contingency measures and occupational accidents on offshore petroleum platforms. *Scandinavian Journal of Work and Environment and health*, 1994, **20** (2), pp. 128-131.

SIMONAZZI S., CARDONI F. - Dispositivi di protezione individuale per le attività subacquee e soggetti obbligati al loro impiego. In : Atti del I Conv. NAZ; su "Aspetto legislativo e medico legali in ambito subacqueo", Trieste, 9-10 dicembre 1995, Tecnografica Nord Est, 1995, 91 p.

STERK W., NASHIMOTO I., TAKISHIMA R., MOCHIZUKI T. - Epidemiology, symptomatology and treatment results of decompression incidents in professional diving and caisson work. In : WATTEL F, GARDETTE B., MATHIEU D., SEYER J., (Eds), *Proceedings of 2nd European Consensus Conference on treatment of decompression accidents in recreational diving*. Marseille, 9-11 may 1996, 6.

TODNEM K, NYLAND H., KAMBESTAD BK., AARLI JA. - Influence of occupational diving upon the nervous system : an epidemiological study. *British Journal of Industrial Medicine*, 1990, **47** (10), pp. 708-714.

- US navy : Air decompression Table Handbook and recompression chamber operator's handbook. Revision September 1995, Flagstaff, Best Publishing Company, 1995.

WATTEL F, MATHIEU D. - Oxygénothérapie hyperbare et réanimation. Paris, Masson Ed., 1994.

ZANNINI D., MAGNO L., DE LUCCHI M., ET COLL. - Studio delle procedure di immersione e di decompressione nei turni di lavoro a livelli diversi di esposizione (multilevel). *Prevenzione Oggi*, **6** (1), 1994, 57 p.

ZANNINI D. - Aspetti anomali della malattia da decompressione. In Atti I 10 Cong. Naz. SIMSI, Castiglioncello (LI), 8-9 ottobre 1994. *Medicina Subacquea ed Iperbarica*, **12** (numero spec), 1995, pp. 15-22.