

L'objectif principal de notre étude est de mettre en évidence la proportion d'OPI dans les accidents respiratoires en plongée militaire. L'objectif secondaire est de mettre en évidence les différents paramètres de plongée et groupes de symptômes en faveur d'un OPI.

Méthodes

La population étudiée est celle des plongeurs de l'armée française.

Notre étude rétrospective a concerné tous les accidents de plongée de l'armée française de janvier 1989 à décembre 2018 ayant été déclarés à la Cellule Plongée Humaine et Intervention Sous la Mer (CEPHISMER). Cette déclaration systématique est faite via une fiche d'alerte remplie par le premier intervenant prenant en charge l'accidenté. Cette fiche standardisée est composée de trois parties relatives en premier lieu à l'alerte, puis aux paramètres de plongée et enfin au bilan des symptômes et des premiers gestes réalisés. Ce dossier est ensuite complété par le compte rendu médical d'accident de plongée établi par le médecin prenant en charge le patient. Celui-ci fait notamment état des différents examens cliniques et paracliniques réalisés ainsi que le diagnostic retenu [23].

Les patients inclus devaient avoir une symptomatologie initiale comprenant au moins « dyspnée », « toux », « crachat hémoptoïque », « crachat non hémoptoïque », « douleur thoracique » ou « cyanose ». Ils devaient également avoir un diagnostic final renseigné dans le dossier médical. Enfin il était imposé que les patients soient militaires au moment de l'accident et que ce dernier survienne dans le cadre professionnel.

Etaient exclus les patients dont le diagnostic final n'était pas renseigné dans le dossier médical ou dont le diagnostic final retenu était un barotraumatisme ORL ou un accident de désaturation (ADD) autre qu'un ADD cardio-pulmonaire.

Ces documents font l'objet d'une double déclaration, au Médecin Chef (MC) du Service de Médecine Hyperbare et Expertise Plongée appartenant au Service de Santé des Armées ainsi qu'au MC de la CEPHISMER appartenant à la Marine Nationale.

Les données suivantes étaient collectées à partir des dossiers médicaux : année de survenue de l'accident, caractéristiques du patient (âge, armée d'appartenance, catégorie de plongeur), caractéristiques de la plongée (type de plongée, type d'appareil utilisé, profondeur maximale, durée totale, réalisation ou non de paliers de décompression, de ludions ou d'effort), la symptomatologie à la prise en charge initiale ainsi que la notion de perte de connaissance (PC) en plus des critères d'inclusion, le délai d'apparition des symptômes et le diagnostic final. Le type de plongée se compose de trois catégories : « instruction », « entraînement » et « opérationnelle ». Ce dernier groupe prend en compte les plongées effectuées dans le cadre de la recherche, en caisson immergé utilisant des recycleurs à circuit semi-fermé à port dorsal. Les types d'appareils utilisés ont été regroupés en différentes catégories en fonction de leurs caractéristiques : « Palme masque tuba » regroupe l'ensemble des accidents survenus lors d'un palmage en utilisant un tuba, « Circuit ouvert » ceux utilisant un appareil de plongée à circuit ouvert dont le gaz pouvait être de l'air ou un mélange, « Recycleur à circuit fermé » ceux utilisant un appareil de type Full Range Oxygen Gas System (FROGS® ; Aqualung®) et compact oxygène diving equipment (CODE® ; Aqualung®) et « recycleur à circuit semi fermé à port dorsal » ceux utilisant un appareil de type Complete Range Autonomous Breathing Equipment (CRABE® ; Aqualung®) ou DC55® (Spirotechnique®).

Le délai d'apparition des symptômes renseigne sur le moment de la survenue de l'accident (descente, au fond, remontée). Après la sortie de l'eau cette variable est continue et a été classée en deux catégories : « survenue pendant les 15 premières minutes suivant la sortie de l'eau » et « survenue après les 15 premières minutes suivant la sortie de l'eau ».

Pour l'analyse descriptive, les variables quantitatives ont été formulées sous forme de moyenne et d'écart type, et les variables qualitatives sous forme d'effectif et de pourcentage. Le test de Fisher a été utilisé pour comparer les variables qualitatives et le test de Mann-Whitney pour comparer les variables quantitatives. Toutes les variables ont été analysées en dehors de la variable « année de survenue de l'accident ».

Une analyse des correspondances multiples (ACM) a été réalisée à partir des variables catégorielles suivantes : dyspnée, crachat hémoptoïque, toux, crachat non hémoptoïque, douleur thoracique, cyanose, perte de connaissance. Une classification ascendante hiérarchique (CAH) a été effectuée en utilisant les composantes principales issues de l'ACM afin d'obtenir des groupes d'individus caractérisés par les différents symptômes. Le procédé d'agrégation utilisé pour la CAH est la méthode de Ward. Afin d'identifier les facteurs associés à l'OPI, un modèle de régression logistique multivariée a été réalisé en considérant les variables avec une P valeur inférieure à 0,30 comme éligibles au modèle. Ces résultats ont été exprimés sous forme de rapport de cote (odds ratio) et de leurs intervalles de confiance à 95 %. Les tests statistiques ont été réalisés avec un seuil de significativité de 5 %. Toutes les analyses ont été effectuées en utilisant le logiciel R version 3.3.2.

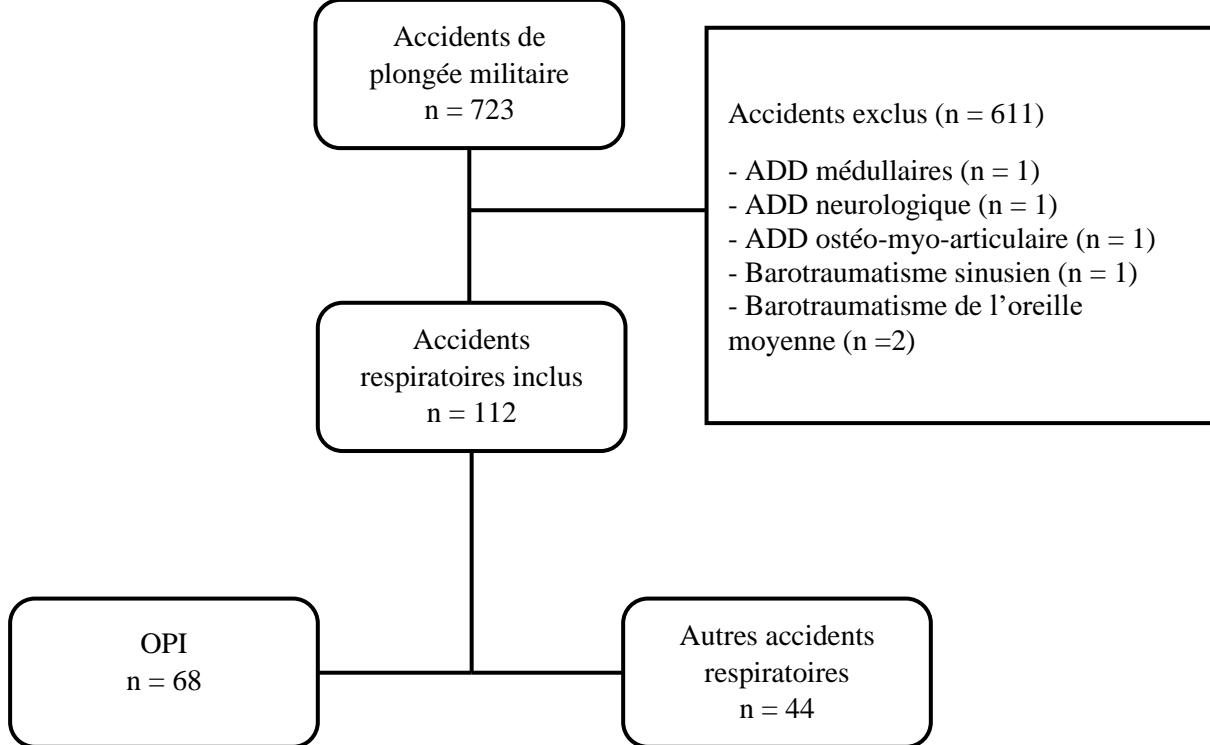
Résultats

Description générale

112 accidents répondant aux critères d'inclusion ont été recensés de 1998 à 2018 sur les 723 accidents déclarés à la CEPHISMER soit environ 15,5 % des accidents sont des accidents respiratoires (figure 1).

Sur l'ensemble de ces accidents respiratoires on observe 68 cas (60,7 %) d'œdème pulmonaire d'immersion, soit 9,4 % de l'ensemble des accidents de plongée militaire.

Figure 1 - Diagramme de flux



Concernant la population des plongeurs accidentés, celle-ci est âgée de 27 ans en moyenne [25-31], et appartenant essentiellement à la Marine Nationale dans 84,8 % des cas (n = 95). 54 patients (48 %) sont des plongeurs de catégorie une, le reste appartient à la catégorie deux (Tableau 1).

Concernant le type de plongée effectuée, 79 (70,5 %) sont des plongées d'instruction, 22 (19,6 %) des plongées opérationnelles et 11 (9,8 %) des plongées d'entraînement.

Des appareils de plongée à circuit ouvert sont utilisés dans 49 cas (43,8 %), des recycleurs à circuit semi-fermé à port dorsal dans 33 cas (29,5 %), des tubas utilisés lors de palmage en surface dans 18 cas (16,1 %) et des recycleurs à circuit fermé dans 12 cas (10,7 %).

Concernant les paramètres de plongée, la profondeur moyenne était de 15 mètres [7-29] pour une durée moyenne de 20 minutes [11-35]. Des paliers de décompression ont été réalisés dans 10 plongées (8,9 %) et la notion d'effort durant celles-ci était retrouvée dans 87 cas (79,1 %).

Concernant les signes cliniques observés à la phase initiale de la prise en charge, le plus fréquent est le crachat hémoptoïque qui était présent dans 66,1 % des cas (n = 74). Viennent ensuite la dyspnée dans 62,5 % des cas (n = 70), la toux dans 58 % des cas (n = 65), la douleur thoracique dans 17,9 % des cas (n = 20), la perte de connaissance dans 8,9 % des cas (n = 10), le crachat non hémoptoïque dans 8 % des cas (n = 9) et la cyanose dans 4,5 % des cas (n = 5).

Ces signes cliniques apparaissent dans les quinze premières minutes après la sortie de l'eau dans 42 % des cas (n = 47). Ils surviennent pendant le travail au fond dans 35,7 % des cas (n =

40) ou pendant la remontée dans 17,9 % des cas (n = 20). Pour 5 patients (4,5 %) les signes se déclarent plus de quinze minutes après la sortie de l'eau.

Tableau 1- Descriptif de la population et comparaison selon la variable OPI

	OPI		Total (n = 112)	p*
	NON (n = 44)	OUI (n = 68)		
AGE, M (SD) [†]	27 [24-29]	28 [25-32]	27 [25-31]	0.04
ARMEE, n (%)				0.59
Marine	36 (81.8)	59 (86.8)	95 (84.8)	
Hors marine	8 (18.2)	9 (13.2)	17 (15.2)	
CATEGORIE, n (%)				0.08
Cat 1	26 (59.1)	28 (41.2)	54 (48.2)	
Cat 2	18 (40.9)	40 (58.8)	58 (51.8)	
TYPE DE PLONGEE, n (%)				0.001
Instruction	35 (79.5)	44 (64.7)	79 (70.5)	
Entrainement	7 (15.9)	4 (5.9)	11 (9.8)	
Opérationnelle	2 (4.5)	20 (29.4)	22 (19.6)	
TYPE APPAREILLE, n (%)				<0.001
Palme masque tuba	1 (2.3)	17 (25.0)	18 (16.1)	
Recycleur à circuit fermé	6 (13.6)	6 (8.8)	12 (10.7)	
Recycleur à circuit semi fermé	1 (2.3)	32 (47.1)	33 (29.5)	
Circuit ouvert	36 (81.8)	13 (19.1)	49 (43.8)	
PROFONDEUR, M (SD) ^{††}	15 [11-28]	15 [7-29]	15 [7-29]	0.29
DT MIN, M (SD) ^{††}	19 [10-35]	20 [14-36]	20 [11-35]	0.91
PALIERS, n (%)				0.09
NON	43 (97.7)	59 (86.8)	102 (91.1)	
OUI	1 (2.3)	9 (13.2)	10 (8.9)	
LUDIONS, n (%)				0.83
NON	32 (72.7)	48 (70.6)	80 (71.4)	
OUI	12 (27.3)	20 (29.4)	32 (28.6)	
EFFORT, n (%) ^{††}				0.34
NON	7 (15.9)	16 (24.2)	23 (20.9)	
OUI	37 (84.1)	50 (75.8)	87 (79.1)	
DYSPNEE, n (%)				0.02
NON	23 (52.3)	19 (27.9)	42 (37.5)	
OUI	21 (47.7)	49 (72.1)	70 (62.5)	
CRACHAT HEMOPTOIQUE, n (%)				0.02

NON	21 (47.7)	17 (25.0)	38 (33.9)	
OUI	23 (52.3)	51 (75.0)	74 (66.1)	
TOUX, n (%)				<0.001
NON	31 (70.5)	16 (23.5)	47 (42.0)	
OUI	13 (29.5)	52 (76.5)	65 (58.0)	
DOULEUR THO, n (%)				0.01
NON	31 (70.5)	61 (89.7)	92 (82.1)	
OUI	13 (29.5)	7 (10.3)	20 (17.9)	
PC, n (%)				<0.001
NON	34 (77.3)	68 (100.0)	102 (91.1)	
OUI	10 (22.7)	0 (0.0)	10 (8.9)	
CRACHAT, n (%)				1.00
NON	41 (93.2)	62 (91.2)	103 (92.0)	
OUI	3 (6.8)	6 (8.8)	9 (8.0)	
CYANOSE, n (%)				0.08
NON	40 (90.9)	67 (98.5)	107 (95.5)	
OUI	4 (9.1)	1 (1.5)	5 (4.5)	
DELAI D'APPARITION, n (%)				0.44
Fond	13 (29.5)	27 (39.7)	40 (35.7)	
Remontée	10 (22.7)	10 (14.7)	20 (17.9)	
0 – 15 min après la sortie de l'eau	18 (40.9)	29 (42.6)	47 (42.0)	
>15 min après la sortie de l'eau	3 (6.8)	2 (2.9)	5 (4.5)	

*Test de Fisher pour les variables catégorielles et test de Mann-Whitney pour les variables continues

† 1 valeur manquante

†† 2 valeurs manquantes

Analyse en composante multiple

Pour l'analyse des correspondances multiples (ACM), sept composantes ont été retenues : dyspnée, crachat hémoptoïque, toux, crachat non hémoptoïque, douleur thoracique, cyanose, perte de connaissance.

Le plan factoriel fournit la représentation des différentes variables intégrées à l'ACM. Les symptômes contribuant le plus à l'axe un sont « crachat hémoptoïque », « toux » et « crachat » et « perte de connaissance », l'axe deux discrimine plus les symptômes « douleurs thoraciques », « dyspnée » et « crachat » et enfin les symptômes « cyanose », « perte de connaissance » et « douleurs thoraciques » contribuent en majorité à l'axe trois (figure 2 et 3).

Une classification ascendante hiérarchique (CAH) a été effectuée en utilisant les trois premières composantes principales permettant d'atteindre 63 % de l'inertie totale en différenciant quatre groupes d'individus (figure 4).

Le groupe numéro un est le plus important, représentant 50 % des patients (n=57) et se composant essentiellement de cas associant sur le plan clinique une dyspnée, une toux et des crachats hémoptoïques. Après analyse de la littérature, ce groupe est choisi comme référence pour l'analyse multivariée du fait de son association avec l'OPI (tableau 2) (3 ; 4 ; 5).

Le groupe numéro deux englobe 20 % des patients (n=22), présentant surtout des crachats hémoptoïques et une douleur thoracique.

Le groupe numéro trois représente 10 % des cas (n=11), présentant majoritairement des crachats hémoptoïques, une perte de connaissance et une cyanose.

Le groupe numéro quatre contient 20 % des plongeurs (n=22), présentant en majorité une dyspnée et des crachats non hémoptoïques.

Figure 2 - Représentation graphique des modalités de symptôme sur le plan factoriel (Axe1 vs Axe2)

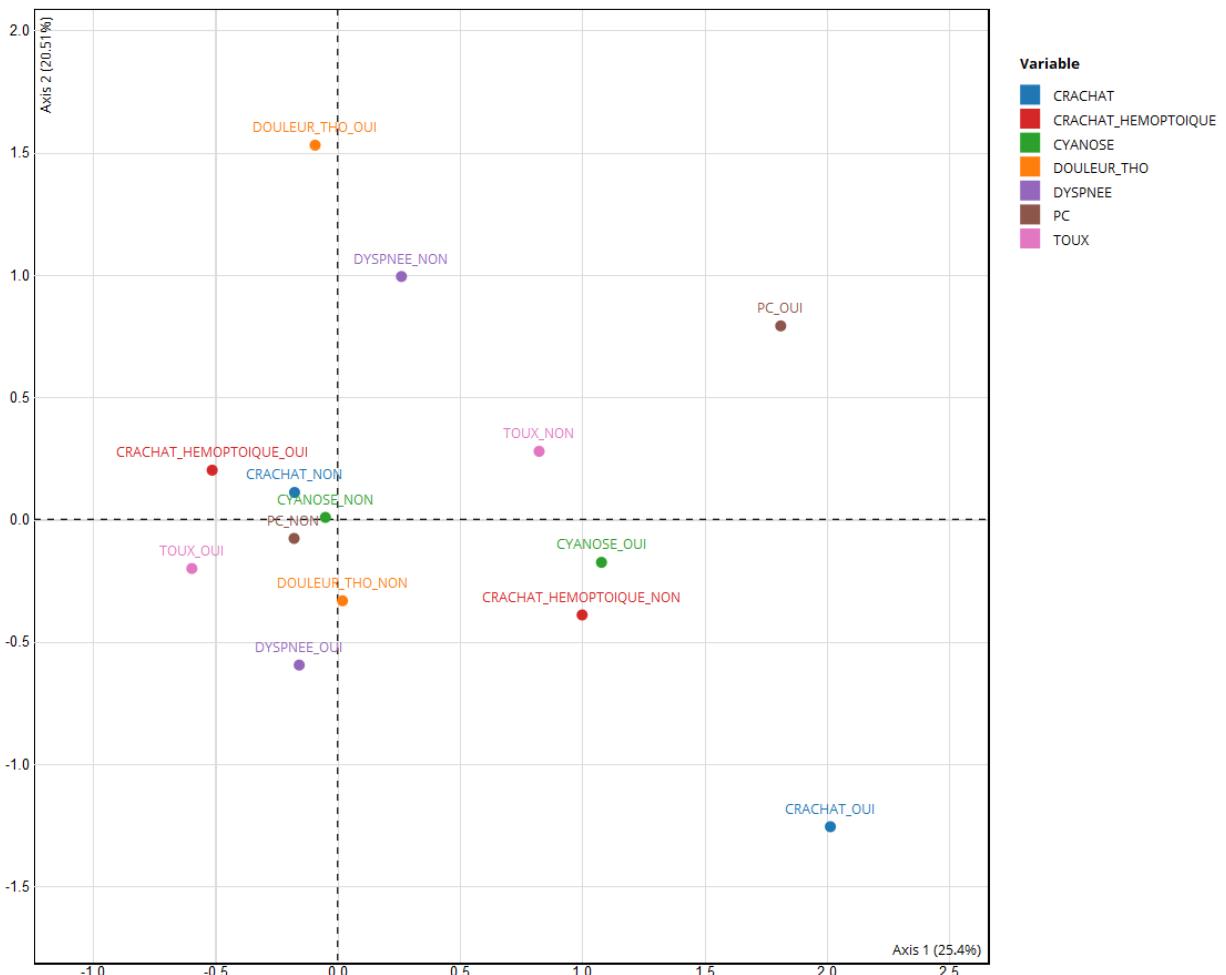


Figure 3 - Représentation graphique des modalités de symptôme sur le plan factoriel (Axe2 vs Axe3)

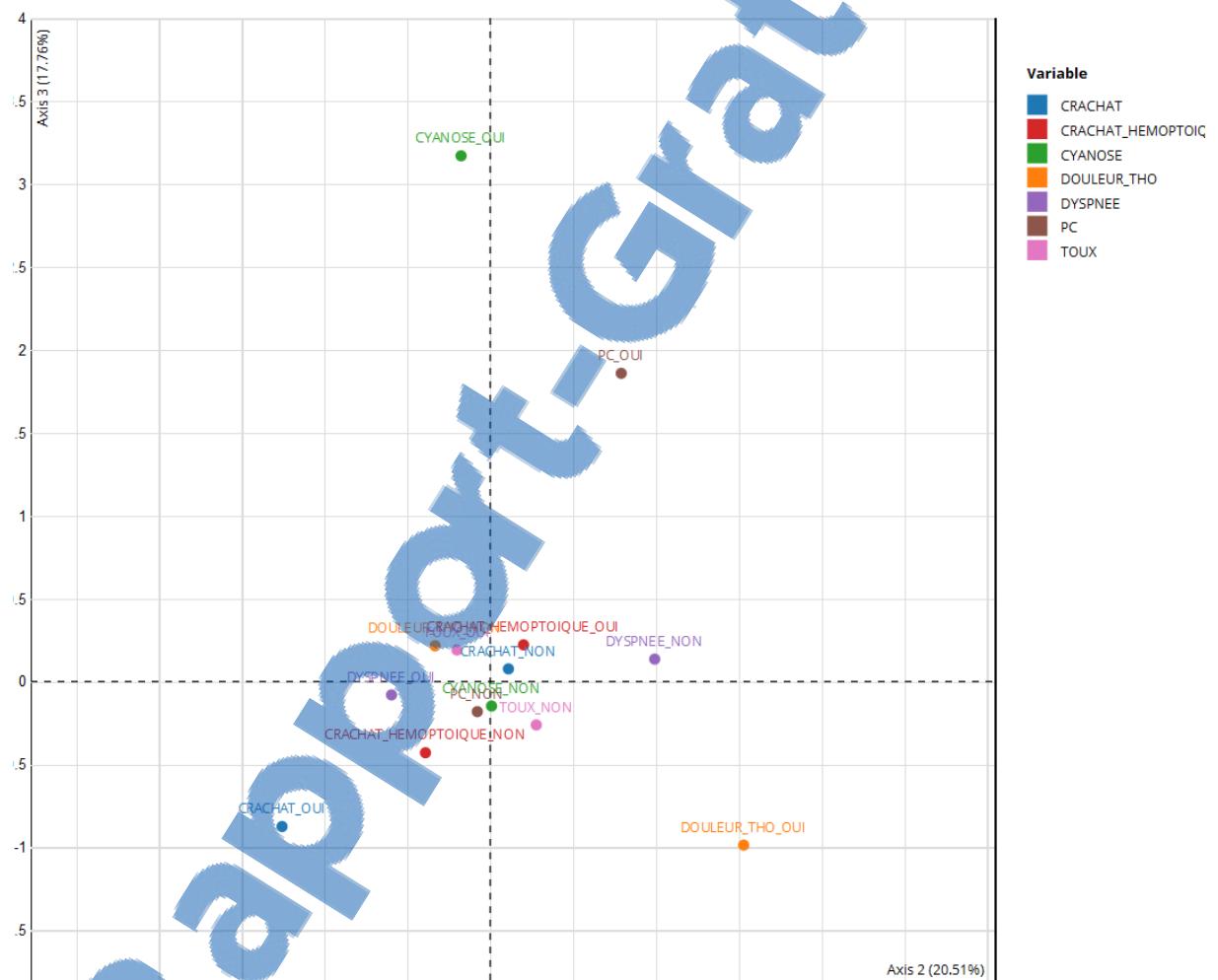


Figure 4– Dendrogramme

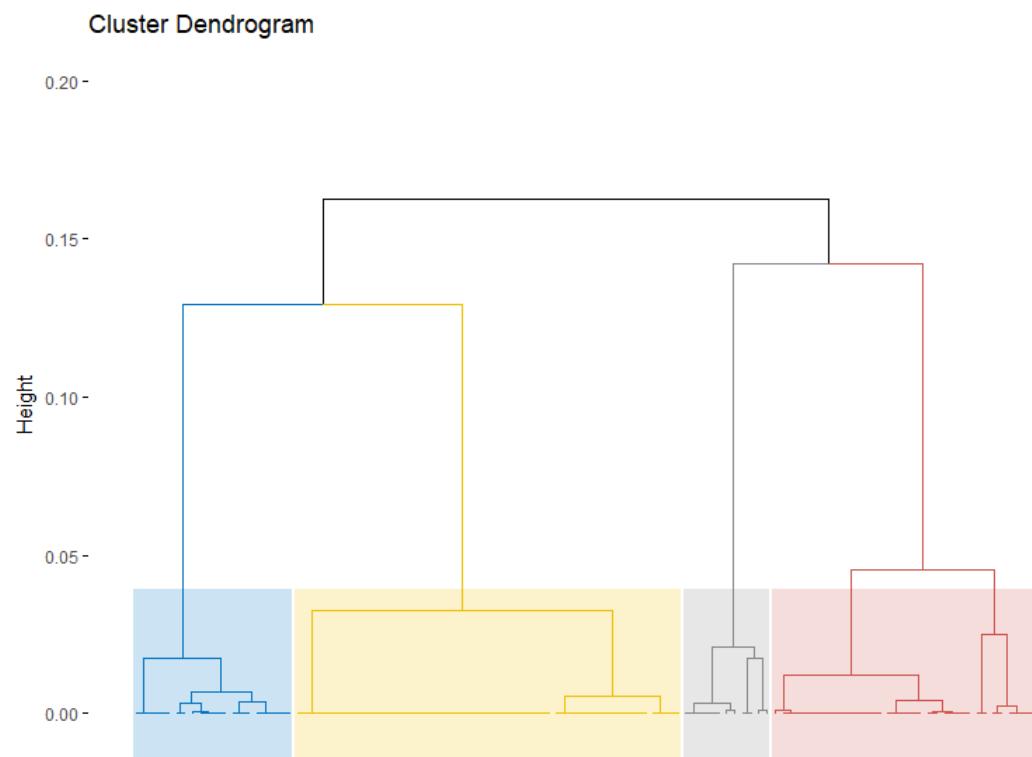


Tableau 2-Descriptif des groupes par symptômes

	Dyspnée, n (%)	Crachat hémoptoïque, n (%)	Toux, n (%)	Douleur thoracique, n (%)	PC, n (%)	Crachat, n (%)	Cyanose, n (%)
Groupe 1 (n = 57)	43 (75.4)	50 (87.7)	53 (93.0)	2 (3.5)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)
Groupe 2 (n = 22)	4 (18.2)	16 (72.7)	6 (27.3)	18 (81.8)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)
Groupe 3 (n = 11)	4 (36.4)	8 (72.7)	3 (27.3)	0 (0.0)	8 (72.7)	0 (0.0)	5 (45.5)
Groupe 4 (n = 22)	19 (86.4)	0 (0.0)	3 (13.6)	0 (0.0)	2 (9.1)	9 (40.9)	0 (0.0)

Analyse multivariée

Les facteurs inclus dans l'analyse multivariée sont : la catégorie des plongeurs, le type de plongée, la profondeur maximale, les différents groupes de patients issus de l'ACM, l'âge du plongeur et la réalisation ou non de palier (tableau 3).

On observe, lors d'un accident de plongée se manifestant sur le plan respiratoire, une association significative entre l'OPI et les plongeurs de catégorie deux (ORa 10.35 [2.12, 50.57] ; p=0.004) par rapport aux plongeurs de catégorie une.

De même, une association significative avec l'OPI est également observée lors d'une plongée opérationnelle par rapport à la plongée d'instruction en cas d'accident respiratoire (ORa 69.19 [4.67, 1024.38] ; p=0.002).

L'augmentation de la profondeur apparaît comme un facteur protecteur par rapport au risque de survenue d'OPI (ORa 0.91 [0.86, 0.97] ; p=0.001).

Par rapport au groupe d'individus numéro un les autres groupes apparaissent tous comme des profils significativement moins associés à la survenue d'un OPI, notamment le groupe numéro trois (ORa 0.001 [0.0001, 0.06] ; p<0.001) se différenciant par une majorité d'individus présentant une perte de connaissance, une cyanose et des crachats hémoptoïques.

Tableau 3- Facteurs associés à un OPI, analyse univariée et multivariée

	Analyse univariée		Analyse multivariée (n=110)	
	OR (IC 95%)	p	ORa (IC 95%)	p
CATEGORIE				
Cat 1 (ref)	--	-	--	-
Cat 2	2.06 (0.95, 4.46)	0.07	10.35 (2.12, 50.57)	0.004
TYPE DE PLONGEE				
Instruction (ref)	--	-	--	-
Entrainement	0.45 (0.12, 1.68)	0.24	1.57 (0.26, 9.62)	0.63
Opérationnelle	7.95 (1.74, 36.35)	0.007	69.19 (4.67, 1024.38)	0.002
PROFONDEUR	0.99 (0.97, 1.01)	0.38	0.91 (0.86, 0.97)	0.001
Groupes				
Groupe 1 (ref)	--	-	--	-
Groupe 2	0.11 (0.03, 0.33)	<0.001	0.05 (0.01, 0.23)	<0.001
Groupe 3	0.02 (0.00, 0.17)	<0.001	0.001 (0.0001, 0.06)	<0.001
Groupe 4	0.19 (0.06, 0.56)	0.003	0.02 (0.001, 0.16)	<0.001
AGE	1.10 (1.01, 1.20)	0.03	--	-
PALIERS				
NON (ref)	--		--	
OUI	6.56 (0.80, 53.72)	0.08	--	-

(ref) Référence

Discussion

Proportion d'accidents pulmonaires et d'OPI

Notre population est une population exclusivement militaire faisant l'objet d'un suivi médical standardisé et ne présentant pas d'antécédant cardiovasculaires. Chaque plongeur bénéficie d'une visite médicale annuelle et quadriennale effectuée respectivement par un médecin militaire généraliste formé à la médecine de la plongée et par un spécialiste en médecine de plongée [18].

La proportion d'accidents symptomatiques sur le plan respiratoire à la sortie de l'eau observée dans notre étude se retrouve dans des études antérieures menées auprès de populations de plongeurs civils et militaires confondus. Louge et al [25] retrouvent une proportion de 15 % d'accidents touchant l'appareil respiratoire sur une période de treize ans parmi les accidents de plongée civils et militaires pris en charge sur l'Hôpital d'Instruction des Armées Sainte Anne. Bien que cette population ne soit pas strictement comparable à celle de notre étude, les proportions retrouvées sont similaires. De même, l'OPI apparaît comme dans notre étude être l'accident respiratoire le plus fréquent. Une étude épidémiologique menée sur une population de plongeurs militaires aboutit à des résultats similaires [26].

Symptomatologie

Après analyse de la littérature, nous avons choisi l'association de symptômes représentée par le groupe numéro un – dyspnée, toux, crachats hémoptoïques - comme référence pour l'analyse univariée puisqu'il s'agit des signes associés à la description clinique de l'OPI [3 – 5].

Les différentes associations de symptômes décrites dans notre étude apparaissent de façon significative comme des facteurs rendant moins probable le diagnostic d'œdème pulmonaire d'immersion. Il est important de remarquer que le groupe numéro trois, composé de signes de gravité respiratoire que sont la cyanose et la perte de connaissance, est celui apparaissant le moins en faveur de l'OPI. Si les données de notre étude corroborent la présentation clinique de l'OPI déjà admise dans la littérature, elles permettent aussi d'orienter le diagnostic en faveur d'une autre pathologie en présence de signes de gravité pulmonaire ou d'absence d'hémoptysie.

Paramètres de plongée et caractéristiques du plongeur

Toutes choses égales par ailleurs, la catégorie deux présente un risque de survenu d'OPI plus important que la catégorie une. Cela peut être expliqué par la réalisation de plongées et par l'utilisation de matériel de plongée différents entre ces deux catégories. En effet les plongeurs militaires de catégorie deux effectuent des plongées profondes et prolongées avec l'utilisation de recycleurs pouvant modifier le travail ventilatoire et provoquer des contraintes supplémentaires [13]. Enfin le contexte dans lequel sont réalisées les plongées des nageurs de combat et des plongeurs démineurs peut être une source d'effort plus intense, facteur de risque reconnu d'OPI [18].

La réalisation d'une plongée en contexte opérationnel appuie également le diagnostic d'OPI. Cependant en raison du faible effectif d'accidents survenant dans ce contexte bien que ce résultat soit significatif son interprétation reste difficile du fait d'un intervalle de confiance important. Il aurait été intéressant d'y associer les accidents survenant en plongée d'entraînement pour palier à ce manque de puissance. Cependant le risque de survenue d'OPI

lors d'accident respiratoire en plongée opérationnelle reste significativement plus important probablement en raison de l'effort réalisé et de l'impossibilité de stopper la plongée en cas de survenue de signes respiratoires.

L'augmentation de la profondeur apparaît quant à elle comme un facteur protecteur à minima. Cela s'explique probablement par la proportion importante d'OPI survenus lors de palmage en surface avec des apnées à faible profondeur.

Cependant nous remarquons que l'effort n'apparaît pas comme un facteur en faveur de l'OPI bien que ce paramètre soit reconnu comme un facteur de risque de cette pathologie dans la littérature. En effet l'effort réalisé pendant la plongée est une variable basée sur le ressenti du plongeur. Cette notion subjective peut varier d'un patient à un autre d'autant que le plongeur militaire est la plupart du temps un sujet jeune en bonne santé pratiquant de façon quasi-quotidienne une activité sportive soutenue.

Limites

Notre étude prend en compte des accidents sur une période de temps étendue durant laquelle la médecine de plongée a évolué, notamment concernant le diagnostic et la prise en charge de l'OPI. Le matériel utilisé a également changé dans les années 2000 avec l'apparition du CRABE®. et du FROGS®.

De plus le diagnostic final retenu n'est pas systématiquement posé après la réalisation d'un scanner thoracique qui est à l'heure actuelle l'examen complémentaire de référence pour le diagnostic de l'OPI. Ce diagnostic est dans certains cas posé sur l'association de critères anamnestiques, cliniques et parfois échographiques. Il semblerait intéressant d'utiliser l'échographie dans le cadre du diagnostic d'OPI bien que cela reste encore à démontrer [27].

Enfin nous observons un manque de puissance en raison du faible nombre d'individus composant chaque groupe. Ce manque de puissance pourrait être corrigé en dissociant deux groupes d'individus au lieu de quatre.

Conclusion

Notre étude met en évidence que l'œdème pulmonaire d'immersion est la pathologie la plus fréquente parmi les accidents respiratoires de plongée militaire. La symptomatologie associant une dyspnée, une toux et des crachats hémoptoïques appuie le diagnostic. Le médecin des forces pouvant prendre en charge l'accidenté en phase pré hospitalière et en milieu isolé peut être plus favorablement orienté vers le diagnostic lors d'une survenue chez les plongeurs d'armes et lors d'une plongée opérationnelle. Enfin, sa survenue non négligeable dans un quart des accidents respiratoires lors de palmage en surface implique une surveillance accrue lors de tels exercices pour lesquels le soutien médical est moins important que pour des plongées profondes et prolongées. Des études complémentaires sont nécessaires pour préciser quels paramètres chez ces plongeurs et lors de ces plongées sont responsables de ce risque plus important. Enfin il serait intéressant d'étudier l'intérêt de l'échographie dans le diagnostic de l'OPI étant donné sa disponibilité et sa facilité de mise en œuvre en médecine préhospitalière militaire [28].

Bibliographie

- 1 Pontier JM et al. Médecine de la plongée : caractéristiques et spécificités du soutien des Forces. Médecine et armées, 2015, 43, 1, 5-12.
- 2 Instruction N° 600/ARM/DCSSA/PC du 8 mars 2018 relative au soutien sanitaire des activités à risques dans les armées, directions et services.
- 3 Broussolle B, Méliet J-L. Physiologie et médecine de la plongée. Paris : Ellipses ; 2006.
- 4 Wilmshurst PT, Crowther A, Nuri M, Webb-Peploe MM. Cold-induced pulmonary oedema in scuba divers and swimmers and subsequent development of hypertension. *The Lancet*. janv 1989;333(8629):62 5.
- 5 Shupak A, Weiler-Ravell D, Adir Y, Daskalovic YI, Ramon Y, Kerem D. Pulmonary oedema induced by strenuous swimming: a field study. *Respir Physiol*. juin 2000 ;121(1):25 31.
- 6 Weiler-Ravell D, Shupak A, Goldenberg I, Halpern P, Shoshani O, Hirschhorn G, et al. Pulmonary oedema and haemoptysis induced by strenuous swimming. *BMJ*. 5 août 1995 ;311(7001):361 2.
- 7 Grünig H, Nikolaidis PT, Moon RE, Knechtle B. Diagnosis of Swimming Induced Pulmonary Edema—A Review. *Frontiers in Physiology* . 31 août 2017 ;8.
- 8 Cochard G, Arvieux J, Lacour JM, Madouas G, Mongredien H, Arvieux CC. Pulmonary edema in scuba divers : recurrence and fatal outcome. *Undersea Hyperb Med*. févr 2005;32(1):39 44.
- 9 Edmonds C, Lippmann J, Lockley S, Wolfers D. Scuba divers' pulmonary oedema: recurrences and fatalities. 2012 ;42(1):5.
- 10 Vinkel J, Bak P, Juel Thiis Knudsen P, Hyldegaard O. Forensic Case Reports Presenting Immersion Pulmonary Edema as a Differential Diagnosis in Fatal Diving Accidents. *J Forensic Sci*. janv 2018;63(1):299 304.
- 11 Kumar M, Thompson PD. A literature review of immersion pulmonary edema. *Phys Sportsmed*. 7 nov 2018 ;1 4.
- 12 Moon Richard E., Martina Stefanie D., Peacher Dionne F., Potter Jennifer F., Wester Tracy E., Cherry Anne D., et al. Swimming-Induced Pulmonary Edema. *Circulation*. 8 mars 2016 ;133(10):988 96.
- 13 Castagna O, Regnard J, Gempp E, Louge P, Brocq FX, Schmid B, et al. The Key Roles of Negative Pressure Breathing and Exercise in the Development of Interstitial Pulmonary Edema in Professional Male SCUBA Divers. *Sports Medicine - Open* [Internet]. déc 2018 [cité 10 nov 2019];4(1).
- 14 Castagna O, Gempp E, Poyet R, Schmid B, Desruelle A-V, Crunel V, Maurin A, Choppard R, MacIver DH, Cardiovascular Mechanisms of Extravascular Lung Water Accumulation in Divers, *The American Journal of Cardiology* (2017), doi: 10.1016/j.amjcard.2016.11.050.

- 15 Curry F-RE. Atrial natriuretic peptide : an essential physiological regulator of transvascular fluid, protein transport, and plasma volume. *Journal of Clinical Investigation*. 1 juin 2005 ;115(6):1458-61.
- 16 Wingelaar TT, van Ooij P-JAM, Brinkman P and van Hulst RA (2019) Pulmonary Oxygen Toxicity in Navy Divers : A Crossover Study Using Exhaled Breath Analysis After a One-Hour Air or Oxygen Dive at Nine Meters of Sea Water. *Front. Physiol.* January 2019, 10:10.
- 17 Castagna O, Bergmann C, Blatteau JE. Is a 12-h Nitrox dive hazardous for pulmonary function? *European Journal of Applied Physiology* [Internet]. Published online : 01 November 2019 [cité 10 nov 2019].
- 18 Spencer S, Dickinson J, Forbes L. Occurrence, Risk Factors, Prognosis and Prevention of Swimming-Induced Pulmonary Oedema: a Systematic Review. *Sports Medicine - Open*. 20 sept 2018 ;4(1):43.
- 19 Hohmann E, Glatt V, Tetsworth K. Swimming induced pulmonary oedema in athletes - a systematic review and best evidence synthesis. *BMC Sports Sci Med Rehabil*. 2018 ;10:18.
- 20 Miller CC, Calder-Becker K, Modave F. Swimming-induced pulmonary edema in triathletes. *The American Journal of Emergency Medicine*. oct 2010;28(8):941 6.
- 21 Gempp E, Louge P, Blatteau J-E. Œdème pulmonaire en plongée sous-marine. *Archives des Maladies du Coeur et des Vaisseaux - Pratique*. avr 2016;2016(247):3 7.
- 22 Louge P, Gempp E, de Maistre S, Hugon M. Conduite à tenir en présence de symptômes respiratoires au décours d'une plongée. *Médecine et armées*, 2015, 43, 1, 77-82.
- 23 Note technique relative à la prise en charge médicale des accidents de plongée militaire à l'usage des médecin et infirmiers. Ministère de la défense. Service de santé des armées. 2ème édition mai 2017.
- 24 Instruction N° 900/ARM/DCSSA/ESSD/EMS du 28 juin 2018 relative à l'aptitude médicale à la plongée subaquatique et au travail en milieu hyperbare dans les armées.
- 25 Louge P. Accidents de plongée, cadre nosologique et bases physio- pathogéniques. *Médecine et armées*, 2015, 43, 1, 41-48.
- 26 Gempp E, Louge P, Blatteau J-E, Hugon M. Descriptive Epidemiology of 153 Diving Injuries With Rebreathers Among French Military Divers From 1979 to 2009. *Military Medicine*. avr 2011;176(4):446-50.
- 27 Volpicelli G, Carpinteri G, Anile A. Lung Ultrasound Predicts Well Extravascular Lung Water but Is of Limited Usefulness in the Prediction of Wedge Pressure. *CRITICAL CARE MEDICINE*. Anesthesiology. August 2014 ; 121:320-7.
- 28 Dubecq C, Levaillant Y. Le virage incontournable de l'échographie en médecine des forces. Bilan de dix ans d'utilisation et perspectives. *Médecine et armées*, 2017, 45, 2, 205-212.

Annexes

Fiche d'alerte plongée :

ALERTER	PARAMÈTRES
<p>Dans tous les cas, se présenter : Grade, nom, prénom, fonction :</p> <p>Lieu d'appel : Numéro de téléphone Nombre d'accidentés :</p> <p>En Mer : CROSS : VHF canal 16 / 70 A terre : SAMU : 15 / 18 / 112</p> <p><i>« en cas d'arrêt cardiaque, le préciser sans délai »</i></p>	<p>Sexe : <input type="checkbox"/> M <input type="checkbox"/> F âge : ans Grade : Nom : Prénom :</p> <p>Type de plongée : <input type="checkbox"/> Apnée <input type="checkbox"/> Circuit ouvert <input type="checkbox"/> Recycleur Appareil utilisé : Gaz utilisé : <input type="checkbox"/> Air <input type="checkbox"/> Nitrox <input type="checkbox"/> Trimix Profondeur max atteinte : m Durée totale plongée : min Heure de sortie :h.... Paliers effectués : Plongée précédente (<24h) : <input type="checkbox"/> oui <input type="checkbox"/> non</p>
BILAN	
<p>Médecin sur place : <input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non Qualification : Infirmier sur place : <input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non Qualification :</p> <p>Symptômes principaux :</p> <p>Bilan : <input type="checkbox"/> Inconscient <input type="checkbox"/> Ne respire pas <input type="checkbox"/> Pouls radial perçu <input type="checkbox"/> Difficultés respiratoires (Fréquence :/min) <input type="checkbox"/> Paralysie (localisation :) <input type="checkbox"/> Fourmillements / localisation : <input type="checkbox"/> Douleurs (localisation :) <input type="checkbox"/> Saignements / localisation : <input type="checkbox"/> Vertiges : <input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non <input type="checkbox"/> Fatigue : <input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non <input type="checkbox"/> Autres signes :</p>	
<p>Heure des premiers signes :h..... Heure de début de prise en charge :h.....</p> <p>Gestes effectués : <input type="checkbox"/> Oxygénotherapie (débit : ...l/min) <input type="checkbox"/> Réhydratation (.....ml) <input type="checkbox"/> Ventilation au BAVU <input type="checkbox"/> Défibrillation <input type="checkbox"/> Réanimation cardio-pulmonaire <input type="checkbox"/> Exsufflation</p> <p>pneumothorax <input type="checkbox"/> Voie d'abord : <input type="checkbox"/> VVP <input type="checkbox"/> intra-osseux <input type="checkbox"/> Recompression sur place <input type="checkbox"/> Autres traitements :</p>	
<p>CEPHISMER : 06 84 50 01 99 SMHEP : 06 11 13 17 14</p>	

Science et Sports

Œdème pulmonaire d'immersion en plongée militaire : épidémiologie et facteurs diagnostic.

--Manuscript Draft--

Manuscript Number:	
Article Type:	Full Length Article
Keywords:	Oedeme pulmonaire; Humains; Adulte; Immersion; Plongée; Personnel militaire.
Corresponding Author:	leon laborde HIA Sainte Anne FRANCE
First Author:	leon laborde
Order of Authors:	leon laborde BAKRIDINE MMADI MRENDA CAMILLE MARTINET JEAN MICHEL PONTIER
Abstract:	<p>L'armée française emploie des plongeurs pour l'exercice de missions opérationnelles. Celles-ci peuvent entraîner des accidents respiratoires. En dehors de la noyade et du barotraumatisme pulmonaire, l'étude se focalise sur l'œdème pulmonaire d'immersion (OPI). Sa survenue s'expliquerait par une mécanique ventilatoire perturbée du fait des modifications hémodynamiques en lien avec l'immersion, de l'agression de la paroi alvéolo-capillaire par l'oxygène hyperbare ou encore des appareils de plongée spécialisés. L'objectif principal de notre étude a été d'étudier les proportions d'OPI parmi les accidents respiratoires en plongée militaire. L'objectif secondaire a été d'étudier les paramètres de plongée et groupes de symptômes en faveur de cette pathologie.</p> <p>Notre étude rétrospective porte sur l'ensemble des accidents de plongée militaires à manifestation respiratoire déclarés à la Cellule Plongée Humaine et Intervention Sous la Mer depuis 1988. Les symptômes ont été analysé afin de répartir les individus en différents groupes. Les groupes et les paramètres de plongée ont fait l'objet d'une analyse multivariée.</p> <p>Sur les 112 accidents, 60 % sont des OPI. Les plongeurs d'arme sont associés à un risque de survenue 10 fois supérieur aux plongeurs de bord, de même qu'une plongée opérationnelle, 70 fois supérieur à une plongée d'instruction. L'association toux, dyspnée et hémoptysie est la plus en faveur d'un OPI, les autres associations, statistiquement différentes, apparaissant comme des facteurs protecteurs.</p>
Secondary Full Title:	Immersion pulmonary edema in military diving: epidemiology and diagnostic factors.
Secondary Abstract:	<p>The French army employs divers for operational missions. These can lead to respiratory accidents. Apart from drowning and lung barotrauma, the study focuses on immersion pulmonary edema (IPO). Its occurrence is explained by a disturbed ventilatory mechanics due to hemodynamic modifications related to immersion, aggression of the alveolar-capillary wall by hyperbaric oxygen or specialized diving equipment. The main objective of our study was to study the proportions of IPO among respiratory accidents in military diving. The secondary objective was to study the diving parameters and symptom groups in favour of this pathology.</p> <p>Our retrospective study covers all military diving accidents with respiratory manifestations reported to the Human Diving and Underwater Response Unit since 1988. The symptoms were analysed in order to divide the individuals into different groups. The dive groups and parameters were analyzed in a multivariate analysis. Of the 112 accidents, 60% are IPOs. Weapon divers are associated with a risk of occurrence 10 times higher than on-board divers, as is an operational dive, 70 times higher than a training dive. The combination of cough, dyspnea and hemoptysis is the most favourable to an IPO, with the other associations, which are statistically different, appearing as protective factors.</p>
Secondary Keywords:	Pulmonary Edema; Humans; Adult; Immersion; Diving; Military Personnel.

SERMENT D'HIPPOCRATE

Au moment d'être admis(e) à exercer la médecine, je promets et je jure d'être fidèle aux lois de l'honneur et de la probité.

Mon premier souci sera de rétablir, de préserver ou de promouvoir la santé dans tous ses éléments, physiques et mentaux, individuels et sociaux.

Je respecterai toutes les personnes, leur autonomie et leur volonté, sans **aucune discrimination selon leur état ou leurs convictions**. J'interviendrai pour les protéger si elles sont affaiblies, vulnérables ou menacées dans leur intégrité ou leur dignité. Même sous la contrainte, je ne ferai pas usage de mes connaissances contre les lois de l'humanité.

J'informerais les patients des décisions envisagées, de leurs raisons et de leurs conséquences.

Je ne tromperai jamais leur confiance et n'exploiterai pas le pouvoir hérité des circonstances pour forcer les consciences.

Je donnerai mes soins à l'indigent et à quiconque me les demandera. Je ne me laisserai pas influencer par la soif du gain ou la recherche de la gloire.

Admis(e) dans l'intimité des personnes, je tairai les secrets qui me seront confiés. Reçu(e) à l'intérieur des maisons, je respecterai les secrets des foyers et ma conduite ne servira pas à corrompre les moeurs.

Je ferai tout pour soulager les souffrances. Je ne prolongerai pas abusivement les agonies. Je ne provoquerai jamais la mort délibérément.

Je préserverai l'indépendance nécessaire à l'accomplissement de ma mission. Je n'entreprendrai rien qui dépasse mes compétences. Je les entretiendrai et les perfectionnerai pour assurer au mieux les services qui me seront demandés.

J'apporterai mon aide à mes confrères ainsi qu'à leurs familles dans l'adversité.

Que les hommes et mes confrères m'accordent leur estime si je suis fidèle à mes promesses ; que je sois déshonoré(e) et méprisé(e) si j'y manque.

Résumé

L'armée française emploie des plongeurs pour l'exercice de missions opérationnelles. Celles-ci peuvent entraîner des accidents respiratoires. En dehors de la noyade et du barotraumatisme pulmonaire, l'étude se focalise sur l'œdème pulmonaire d'immersion (OPI). Sa survenue s'expliquerait par une mécanique ventilatoire perturbée du fait des modifications hémodynamiques en lien avec l'immersion, de l'agression de la paroi alvéolo-capillaire par l'oxygène hyperbare ou encore des appareils de plongée spécialisés. L'objectif principal de notre étude a été d'étudier les proportions d'OPI parmi les accidents respiratoires en plongée militaire. L'objectif secondaire a été d'étudier les paramètres de plongée et groupes de symptômes en faveur de cette pathologie.

Notre étude rétrospective porte sur l'ensemble des accidents de plongée militaires à manifestation respiratoire déclarés à la Cellule Plongée Humaine et Intervention Sous la Mer depuis 1988. Les symptômes ont été analysés afin de répartir les individus en différents groupes. Les groupes et les paramètres de plongée ont fait l'objet d'une analyse multivariée.

Sur les 112 accidents, 60 % sont des OPI. Les plongeurs d'arme sont associés à un risque de survenue dix fois supérieur à celui des plongeurs de bord ; de même une plongée opérationnelle représente 70 fois plus de risques qu'une plongée d'instruction. L'association toux, dyspnée et hémoptysie est la plus en faveur d'un OPI, les autres associations, statistiquement différentes, apparaissent comme des facteurs protecteurs.

L'exclusion des patients inconscients d'emblée limite la prise en compte des cas graves. Le matériel spécifique et l'effort lors des plongées peuvent expliquer le risque plus élevé chez cette catégorie de plongeurs.

L'OPI est l'accident respiratoire le plus fréquent en plongée militaire, notamment pour le plongeur d'arme ou lors d'une plongée opérationnelle. Des études complémentaires sont nécessaires pour préciser quelles caractéristiques de ces plongeurs spécialisés entraînent un risque plus élevé.