

UNIVERSITÉ DE BORDEAUX

Année 2021

Mémoire pour le

DIU DE MEDECINE SUBAQUATIQUE ET HYPERBARE

Olivier CHOLLET

Née le 24 août 1964 à CAUDÉRAND

**VISITE DE NON CONTRE-INDICATION A LA PLONGÉE SCAPHANDRE LORS
DES ACTIVITÉS FÉDÉRALES EN FRANCE.
Réglementation, État des lieux à partir d'une enquête dans un club associatif,
Recommandations.**

TABLE DES MATIERES

1 Introduction	03
2 Un bref historique de la médecine Hyperbare et subaquatique	03
2.1 De la prise en charge des accidents dans les travaux publics aux 1ères mesures de prévention	03
2.2 Des tubistes à la plongée militaire	05
2.3 De la plongée opérationnelle au scaphandre autonome	06
2.4 Des tables GERS 65 et MN 90 à la plongée loisirs	06
3. Matériel et méthodes	07
4. Résultats	09
4.1 Population étudiée	09
4.2 Médecin examinateur	09
4.3 Questionnaire médical préalable	09
4.4 Antécédents, facteurs de risque et traitements	10
4.5 Examen Oto-rhino-laryngologique	11
4.6 Évaluation cardiovasculaire	11
4.7 Évaluation respiratoire	12
5. Discussion	13
5.1 Observations personnelles	13
5.2 La visite de non contre-indication aux activités subaquatiques fédérales	13
5.2.1 <i>La réglementation en France : le Code du sport.</i>	13
5.2.2 <i>Réglementation fédérale</i>	14
5.2.3 <i>Pratique en dehors du cadre fédéral ou à l'étranger</i>	14
5.2.4 <i>En pratique</i>	15
5.3 Évaluation de l'aptitude à l'activité subaquatique	16
5.3.1 <i>Évaluation du fonctionnement tubaire et tympanique</i>	16
5.3.2 <i>Évaluation audiométrique</i>	18
5.3.3 <i>Évaluation cardio-vasculaire</i>	19
5.3.4 <i>Évaluation respiratoire</i>	21
6 Conclusions	24
7 Annexes	25
8 Bibliographie	29

1. Introduction

Depuis 2017, les contraintes de l'évaluation médicale préalable à la délivrance d'une licence de la Fédération d'Études et de Sports Sous-Marins (FFESSM) se sont assouplies, permettant à tout médecin de signer le Certificat d'absence de contre-indication (« CACI »). Pour autant, le « profil » des plongeurs évolue avec un vieillissement progressif des pratiquants originels et par l'apparition d'un public plus sédentaire ou présentant des pathologies pouvant représenter autant de contre-indications.

Il m'a paru intéressant de réaliser une enquête dans un club associatif afin de confronter la réalité des pratiques de délivrance de certificat de non-contre-indication aux éléments retrouvés dans la littérature médicale et aux recommandations des sociétés savantes

2. Un bref historique de la médecine Hyperbare et subaquatique

2.1 De la prise en charge des accidents dans les travaux publics aux 1ères mesures de prévention

La médecine de plongée est apparue lorsque les profondeurs atteintes et les durées de plongée sont devenues suffisamment importantes pour entraîner l'apparition d'une pathologie spécifique.

En 1841, est documenté le 1^{er} cas d'accident de décompression, rapporté par l'ingénieur français Jacques TRIGGER ayant observé des douleurs des membres et des crampes musculaires chez des ouvriers d'une mine de charbon sur les bords de la Loire travaillant dans des puits pressurisés pour empêcher les infiltrations d'eau ^[1].

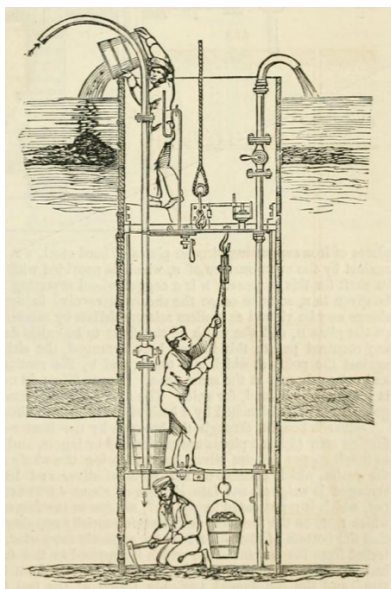


Image 1 : Tube de TRIGGER à air comprimé

Puis, les observations se multiplient lors de chantiers de travaux publics en milieu pressurisé sous cloche notamment des grands ouvrages comme les ponts ou les tunnels.

En 1954, le chantier du Royal Albert Bridge franchissant l'estuaire du fleuve TAMAR à PLYMOUTH conduit au décès d'un ouvrier tubiste dans un caisson pressurisé à 35 psi (environ 2,5 bar) [2].

En 1871, le chantier du Eads Bridge à Saint Louis MISSISSIPPI emploie 352 ouvriers tubistes et entraîne 30 cas de paralysies et 12 décès chez les ouvriers tubistes creusant les fondations à 39 m de profondeur. L'ingénieur Alphonse JAMINET, lui-même souffrant, décrit les 1ers symptômes de la maladie des caissons. Le terme de « bends » aurait été utilisé pour la première fois à cette occasion, les douleurs provoquées par les accidents de désaturation articulaires étant particulièrement intenses, les malades se tordant de douleur (de l'anglais « To bend »).

En 1973, des descriptions similaires sont faites par le Dr Andrew SMITH sur le chantier du pont de BROOKLYN (1869-1873) [3].

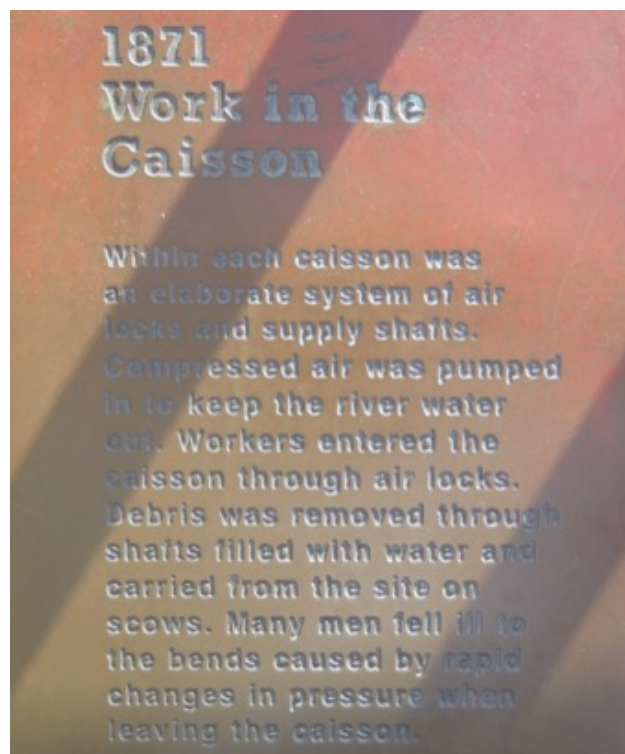


Image 2 Photo d'une plaque commémorative installée sur le Brooklyn Bridge rappelant le lourd tribut payé par les ouvriers tubistes de ce chantier.

En 1874, débute la construction du tunnel sous l'HUDSON River entre Manhattan et New-York. Ce chantier connaît de nombreuses difficultés. Elles auraient conduit chaque année au décès de 25 % des tunneliers travaillant en quarts de huit heures avec des pressions de 240 à 275 kN par m². Ce n'est qu'à partir des années 1890 que les travaux de Paul BERT sont connus aux USA. Dès 1878 Paul BERT avait évoqué le rôle d'un gaz inerte, l'azote, en effectuant des autopsies sur des animaux soumis à des variations de pression = les bulles ont des bulles d'azote). Il avait préconisé des vitesses de décompression de 12 minutes par atmosphère et la recompression en cas d'accident [4]. Après un arrêt du chantier, l'ingénieur MOIR reprend les travaux à partir de mai 1890, utilisant un sas pour traiter les symptômes des ouvriers malades en les remettant dans un environnement pressurisé [5]. L'absence de décès contraste alors fortement avec le bilan de sécurité sous l'administration précédente.

Les prémices de la médecine hyperbare ne prennent en charge à l'époque que le traitement des accidentés mais il ne s'agit pas encore une médecine de prévention. La multiplication des accidents (plus de 3000) et la survenue d'une vingtaine de décès lors du creusement de nouveaux tunnels à partir de MANHATTAN conduiront les juridictions locales à limiter la pression ambiante à 44 psi (environ 3 bars pour des temps de travail pouvant atteindre plusieurs heures).

2.2 Des « tubistes » à la plongée militaire

À la demande de la Royal Navy qui souhaite développer des techniques de plongée, John Scott HALDANE est chargé en 1906 d'établir des paramètres afin de réaliser des plongées sans risque. Il reprend les travaux de Paul BERT, établit la théorie de la sursaturation critique, évoque la désaturation par compartiments et publie les premières tables de plongée avec des paliers se rapprochant progressivement de la surface à intervalles de 10 pieds (ce qui correspond à nos tables de plongée actuelles avec des paliers tous les 3 mètres) en fonction de la profondeur et de la durée de la plongée. Son rapport est publié en 1908 [6]. Ces travaux sur la décompression restent encore aujourd'hui à la base des différentes tables de plongées et des algorithmes utilisés par nos ordinateurs. La pratique de la plongée sous-marine va longtemps rester dans le domaine professionnel ou militaire avec des scaphandriers « pieds lourds » nécessitant un appareillage limitant les déplacements par l'ombilical relié à une pompe en surface [7].

Le premier « régulateur », est certes imaginé en 1860 par Benoît ROUQUAYROL, ingénieur des mines à ESPALION (AVEYRON) pour des missions de sauvetage dans les mines de charbon. Le système est même testé en mer par le Lieutenant de vaisseau DENAYROUZE puis proposé à la Marine nationale qui l'adopte à BREST en 1871 [8]. Mais cette invention tombe dans l'oubli et la plongée en scaphandre autonome ne réapparaît qu'en 1930. Le principe du détendeur permettant de délivrer à un plongeur de l'air à la pression ambiante est alors repris et perfectionné par le Commandant LE PRIEUR puis pendant la 2nde guerre mondiale par le Lieutenant de vaisseau COUSTEAU et l'ingénieur GAGNAN. Le scaphandre autonome est né, d'abord utilisé en circuit fermé pour des raisons opérationnelles lors d'opérations commandos puis, après-guerre, en circuit ouvert permettant le développement de la plongée professionnelle puis de la plongée loisirs. L'aptitude médicale est alors sous la responsabilité des médecins du Service de Santé pour la Marine et les Colonies.

2.3 De la plongée opérationnelle au scaphandre autonome

En 1947, la Sté SPIROTECHNIQUE commercialise les premiers détendeurs industriels et entraîne le développement de la plongée sportive. Plus simple à utiliser, ce nouveau type de matériel est adopté par les plongeurs professionnels. Malheureusement, le nombre d'accident explose et entraîne la spécialisation de médecin dans la prévention des accidents. Le Groupe de Recherche sous-marine (GRS) est créé par la Marine Nationale en 1945. Il cherche à établir à partir des observations d'accidents les premières tables de plongée françaises afin de remplacer celles de l'US Navy utilisées jusque-là. Devenu Groupe d'Études et de Recherche sous-marine (GERS) la première version est établie en 1959 avec des vitesses de

remontée de 7,5 m/s (tables GERS 59) puis modifiée en 1956 (table GERS 65) autorisant des plongées à l'air jusqu'à 85 mètres ! Devenu Groupe d'Intervention sous la mer (GISMER) les tables seront de nouveau modifiées en raison de la survenue de nombreux accidents pour aboutir au modèle MN 90 utilisé par la FFESSM.

Profondeur	Durée de la plongée	Durée des paliers à					Durée totale	O ₂ (litres)
		21 m	18 m	15 m	12 m	9 m		
72 mètres	5						5	10
	10						10	14
	15			1	1	4	6	16
	20			2	2	5	23	17
75 mètres	5						5	10
	10						10	14
	15			1	1	4	6	16
	20			2	2	5	23	17
78 mètres	5						5	10
	10						10	14
	15			1	1	4	6	16
	20			2	2	5	23	17
80 mètres	5						5	10
	10						10	14
	15			1	1	4	6	16
	20			2	2	5	23	17
85 mètres	5						5	10
	10						10	14
	15			1	1	4	6	16
	20			2	2	5	23	17

Table GERS 1965

2.4 Des tables GERS 65 et MN 90 à la plongée loisirs

Les plongeurs militaires représentaient un groupe de sujets jeunes et particulièrement bien entraînés. Les tables GERS 65 étaient d'ailleurs destinées à des plongeurs militaires avec des critères très restrictifs (poids de 74kg ± 8kg, taille de 1,75m ± 6 cm et âge de 32 ± 6 ans).

Les 1ers plongeurs loisirs des années 70 étaient de même de jeunes pratiquants dans la force de l'âge et le plus souvent en pleine forme physique. Mais ils sont désormais septuagénaires !

Parallèlement, le développement de l'industrie touristique, la plus grande médiatisation des merveilles sous-marines, la modernisation du matériel de plongée (meilleure protection thermique, adaptation à une clientèle de plus en plus féminine), l'apparition d'ordinateurs permettant de gérer simplement la décompression ont permis la démocratisation de la plongée loisir et l'on voit des pratiquants de plus en plus âgés, présentant parfois des comorbidités, débiter leur activité subaquatique.

Ainsi la démographie des pratiquants de la plongée scaphandre loisir en France évolue de façon lente et progressive vers un élargissement de la pyramide des âges.

Le dernier rapport du Dive Alert Network (DAN) a été publié en 2019, portant sur les accidents colligés en 2017. Il montre clairement qu'une majorité des accidents concernent désormais des plongeurs âgés de plus de 40 ans [9]. L'arrêt de l'activité doit parfois être envisagé sans toujours être bien acceptée [10].

3. Matériel et méthodes

L'enquête a été effectuée à la rentrée 2019 dans un club associatif de la banlieue bordelaise où je suis adhérent depuis 10 ans et où, après avoir passé mes différents niveaux de plongée entre 2010 et 2013, je suis encadrant depuis 2015 (MF1).

Il s'agit d'un club créé en 1971, fort de 240 adhérents inscrits en moyenne chaque année, formant des plongeurs du niveau 1 au niveau 4 et préparant les futurs encadrants aux examens du monitorat et de l'Initiateur Club, examens respectivement organisés par le Comité Subaquatique de la Nouvelle Aquitaine (CSNA) et le Comité Départemental de la Gironde (CODEP 33). Il comprend également une école de plongée ouverte aux enfants à partir de 8 ans, et une section apnée.

L'enquête s'est déroulée à l'automne 2019 lors des inscriptions annuelles. Le club organise à cette période deux soirées par semaines où les membres se présentent pour prendre ou renouveler leur adhésion. À cette occasion, après m'être présenté, avoir expliqué ma qualité d'adhérent au Club, celle de médecin fédéral, et le but de l'enquête, un questionnaire leur a été présenté.

Cette enquête devait être initialement renouvelée annuellement pour apprécier l'évolution des pratiques. La pandémie de Covid-19 a entraîné l'arrêt complet des activités associatives pour la saison 2020-2021.

Ce questionnaire (annexe 1) avait pour but de préciser les conditions de délivrance du certificat d'absence de contre-indication. Il a été présenté à l'ensemble des inscrits à la préparation des niveaux 1 à 4 ainsi qu'aux encadrants du club. Les élèves de l'école de plongée ont volontairement été exclus de l'étude, le responsable du groupe conseillant systématiquement aux parents de prendre RDV à mon cabinet pour expertise.

Les questions cherchaient à évaluer certains paramètres de la visite médicale.

Sur le plan personnel :

- Le niveau de pratique acquis,
- Le niveau d'encadrement pour les moniteurs (E1, E1, E3 ou E4),
- La formation envisagée pour l'année en cours,
- L'expérience par le recueil du nombre de plongées déjà effectuées,
- L'âge du plongeur.

La qualité de l'examineur :

- Médecin traitant habituel,
- Médecin consulté uniquement dans le cadre de l'évaluation médicale,
- Existence éventuelle d'une qualification :
 - o En médecine du sport,
 - o En médecine subaquatique et hyperbare,
 - o Ou la qualification de médecin fédéral).

La prise de contact avec le pratiquant :

- L'utilisation d'un questionnaire standardisé,
- L'utilisation d'une liste de contre-indication,

- En l'absence de questionnaire, certaines contre-indications ont-elles été recherchées (antécédents cardio-vasculaires, oto-rhino-laryngologiques en particulier vestibulaires, antécédents respiratoires en particulier asthmatique ou consommation tabagique) ?

Des éléments concernant le déroulement de l'examen oto-rhino-laryngologique

- Appréciation de la perméabilité tubaire par la méthode de VALSALVA,
- Réalisation éventuelle d'une tympanométrie,
- Réalisation éventuelle d'une audiométrie.

Des éléments concernant le déroulement de l'examen cardio-vasculaire :

- Auscultation,
- Mesure de la tension artérielle au repos,
- Réalisation d'un électrocardiogramme,
- Réalisation d'un test standardisé de résistance à l'effort type RUFFIER-DICKSON,
- Demande d'une épreuve d'effort chez les pratiquants de plus de 50 ans.

Des éléments concernant le déroulement de l'examen respiratoire :

- Recherche de la consommation de tabac,
- Auscultation pleuropulmonaire,
- Mesure du débit de pointe,
- Réalisation d'une courbe débit-volume.

Enfin, l'adhérent a été interrogé sur les raisons de son choix quant au praticien signataire du certificat :

- Commodité du choix du médecin traitant,
- Raisons financières avec une consultation remboursée après établissement d'une feuille de soins,
- Choix d'un médecin « expert » par sécurité.

4. Résultats

4.1 Population étudiée

Une majorité des élèves préparant un niveau de plongée a été interrogée (39 sur 50 soit 78 %). Seuls 15 moniteurs ont accepté de répondre au questionnaire.

Le sex-ratio est légèrement en faveur des hommes sur les deux premiers niveaux de formation (respectivement 1,42 et 1,16). Il est plus déséquilibré par la suite sur la préparation de niveaux plus exigeant en termes de disponibilité et d'investissement physique (3,5 pour les plongeurs PA60).

L'âge moyen des pratiquants augmente avec le niveau préparé.

Le nombre de plongées déjà effectuées avant le début de formation augmente également conformément aux recommandations de la commission technique du club (20 plongées requises pour accéder à la formation niveau 2, 50 pour accéder au niveau 3). L'ensemble des données est retranscrit dans le tableau suivant.

Niveau de plongée préparé	PE 20	PA20 PE40	PA 60 & GP	Moniteurs
Ratio	17/21	13/19	9/10	15
Sex-ratio	10H 7F	7H 6F	7H 2F	13H 2F
Âge moyen [extrêmes]	33 [16-54]	39 [18-53]	40 [24-57]	51 [40-63]
Nombre de plongées [Extrêmes]	2 [0-15]	20 [10-40]	78 [60-100]	770 [140-2000]

4.2 Médecin examinateur

Près d'un quart des élèves en formation (9 sur 39) choisissent le médecin traitant malgré l'absence de qualification particulière.

Le recours à un médecin « spécialisé » est majoritaire quel que soit le niveau préparé : 70 % au niveau 1, 84 % au niveau 2, 77 % au niveau 3. Il en est de même dans le groupe des encadrants (86 %). Les données sont retranscrites dans le tableau suivant.

Niveau préparé (effectif)	PE20 (17)	PA20 PE40 (13)	PA 60 et GP (9)	Moniteurs (15)
Médecin traitant sans qualification	5	2	2	2
Médecin traitant pratiquant la plongée				2
Médecin Fédéral (Généraliste)	11	5	5	7
Médecin Fédéral (Spécialiste)		3 (ORL)	1 (ORL)	1 (ORL)
Médecin du sport	1	2		3
Médecin titulaire du DIU		1	1	

4.3 Questionnaire médical préalable

Le questionnaire médical préalable à la visite de non contre-indication a été rempli ou actualisé dans une grande majorité des cas.

Il n'a cependant pas été rempli dans 14 cas soit presque 26 % des plongeurs interrogés. L'absence de questionnaire préalable était le plus souvent (mais pas exclusivement) le fait du médecin traitant habituel.

Niveau préparé (effectif)	PE20 (17)	PA20 PE40 (13)	PA 60 et GP (9)	Moniteurs (15)
Questionnaire rempli ou actualisé	13	12	5	10
Médecin traitant	2		1	4
Médecin Fédéral (Généraliste)	1	1	3	1
Médecin du sport	1			

4.4 Antécédents, facteurs de risque et traitements

40 pratiquants ne présentaient aucun antécédent rapporté.

4 plongeurs étaient hypertendus connus et traités.

Un plongeur inscrit au niveau 1, âgé de 33 ans présentait un foramen ovale perméable (FOP), à l'origine d'un AVC cryptogénique, pris en charge avec fermeture chirurgicale.

3 élèves ont présenté un asthme dans l'enfance, sans manifestation récente et ne bénéficiaient plus d'aucun traitement de fond ou de crise.

2 élèves préparant, l'un le niveau 1, l'autre le niveau 3 présentaient un asthme considéré comme « actif » et nécessitant un traitement de fond.

Deux encadrants présentaient des antécédents :

- D'ACFA et de sleeve-gastrectomie pour l'un (traitement par ELIQUIS®).
- De stent fémoral pour l'autre avec poursuite d'un traitement par statines

Enfin, une consommation de tabac était retrouvée :

- Chez 29 % des plongeurs débutants (5/17),
- Puis semblait diminuer au fur et à mesure de la progression dans la formation,
 - o 15 % au niveau 2 (2/13),
 - o 11 % au niveau 3 (1/9),
- Sans pour autant disparaître chez les encadrants 6 % (1/15).
- 4 consultants avaient cessé leur intoxication tabagique dans un délai allant de 9 mois à 2 ans.

Niveau préparé (effectif)	PE20 (17)	PA20 PE40 (13)	PA 60 et GP (9)	Moniteurs (15)
Aucun antécédent rapporté	10	10	7	13
HTA	1	2	1	
Asthme actif	1		1	
Asthme ancien (enfance)	2	1		
Sujets non-fumeurs	11	12	8	12
Fumeurs occasionnels	1			2
Tabac régulier (cigarette/j)	5 (9,8)	2 (15)	1(20)	1(15)
Autre	FOP			Sleeve + ACFA Stent aorto-fémoral
Traitements en cours	MONO-TILDIEM®	COVERAM® RAMIPRIL®	RAMIPRIL®	RAMIPRIL® Statine

4.5 Examen Oto-rhino-laryngologique

L'examen otoscopique est effectué dans l'immense majorité des visites effectuées. Deux médecins traitants ont cependant omis de vérifier l'état des membranes tympaniques chez 2 de leurs patients, envisageant la préparation du niveau 3 pour le 1er, Moniteur au club pour le second.

En revanche, l'évaluation de la fonction tubaire est plus limitée. Elle se fait le plus souvent par appréciation de la mobilité tympanique lors d'une manœuvre de VALSALVA sous otoscopie. La tympanométrie est réalisée quand la visite est effectuée par un ORL. Cette évaluation tubaire est partielle au niveau 1, semble s'améliorer lors de la visite précédant une inscription au niveau 2 puis son taux rechute chez les élèves envisageant la préparation du PA60.

La réalisation d'un examen audiométrique préalable n'a été effectuée que chez quelques élèves soit au cours d'un examen d'aptitude effectué par un ORL, soit à titre professionnel chez un militaire et un pompier volontaire. Une évaluation a même été effectuée par la voix chuchotée.

Niveau préparé (effectif)	PE20 (17)	PA20 PE40 (13)	PA 60 et GP (9)	Moniteurs (15)
Otoscopie	100 %	100 %	88,8%	83 %
Évaluation fonction tubaire	41 %	61 %	22,2 %	26 %
Audiométrie	29 %	38 %	22,2 %	20 %

4.6 Évaluation cardiovasculaire

D'une façon générale :

- Le bilan cardiologique initial chez les plongeurs niveau 1 est ignoré (2 ECG réalisés par un médecin du sport, sans compter l'épreuve d'effort de notre patient opéré du FOP).
- L'évaluation cardiologique est à peine plus poussée au niveau 2 (5 ECG pour 13 plongeurs),
- Au niveau 3, 1 ECG a été réalisé dans un SDIS au cours d'une visite d'aptitude à servir chez un pompier volontaire, et 3 élèves avaient réalisé ou allaient réaliser une épreuve d'effort.
- Parmi les moniteurs pourtant en moyenne, plus âgés, soumis à des contraintes plus marquées aux cours des exercices, seuls 30 % avaient bénéficié d'une épreuve d'effort dans les 5 ans.
- Dans un peu plus d'1/3 des cas (20 sur 54), un test d'adaptation à l'effort type RUFFIER-DICKSON a été réalisé.

Parmi les 16 plongeurs quinquagénaires ou plus, 43 % (7/16) ont bénéficié d'une épreuve d'effort dans les deux ans précédant l'année de l'enquête. Aucune de ces épreuves n'a été effectuée pour un plongeur préparant le niveau 1 ou le niveau 2. Les 3 plongeurs inscrits au niveau 3 ont bénéficié d'une exploration complète. Seulement 50 % des moniteurs quinquagénaires ont bénéficié d'un bilan cardiologique complet.

4 pratiquants présentaient une HTA essentielle connue et traitée.

Le 1^{er}, âgé de 34 ans, était inscrit au niveau 1. Le traitement était du MONO-TILDIEM® antagoniste calcique sélectif avec un effet bradycardisant potentiel. Il n'a pas bénéficié de bilan cardiologique préalable et son certificat a été rédigé par un médecin généraliste « fédéral ».

Deux plongeurs hypertendus préparaient le niveau 2 (PE20 PA40) :

- L'un âgé de 36 ans, était traité par RAMIPRIL® (inhibiteurs de l'enzyme de conversion) sans ECG ni bilan cardiologique préalable. Le niveau 1 avait été validé l'année précédente à l'UCPA. Le certificat de non contre-indication a été rédigé par un médecin généraliste fédéral,
- L'autre âgé de 53 ans, était traité par COVERAM® (association d'un IEC et d'un inhibiteur calcique). Après un bilan cardiologique préalable avec un ECG, le certificat a été rédigé par un médecin du sport. L'épreuve d'effort n'a pas été effectuée chez ce plongeur quinquagénaire.

Enfin le dernier, âgé de 57 ans préparait le niveau 3 (PA60). Traité par RAMIPRIL®, Cadre de santé à l'hôpital, un bilan cardiologique avait été effectué deux auparavant.

Le patient qui avait bénéficié d'une procédure de fermeture chirurgicale de son FOP a bénéficié d'un bilan cardiologique (échographie vérifiant l'étanchéité de la fermeture, épreuve d'effort). Le certificat médical a été établi par le médecin traitant habituel.

Chez les fumeurs réguliers ou récemment sevrés, seuls 2 ECG ont été réalisés.

Niveau préparé (effectif)	PE20 (17)	PA20 PE40 (13)	PA 60 et GP (9)	Moniteurs (15)
Auscultation	100 %	100 %	100 %	93 %
Prise de TA	100 %	100 %	100 %	93 %
ECG	1(6 %)	23 %	1(11 %)	20%
Test de RUFFIER-DICKSON	41 %	38 %	33%	40 %
Épreuve d'effort (après 50 ans)	0	0	100 %	9 (44 %)

4.7 Évaluation respiratoire

Tous les plongeurs ont bénéficié d'un examen comportant au minimum une auscultation pleuropulmonaire. Un des encadrants n'était pas en mesure de nous préciser ce point ce qui semble assez surprenant. Certains plongeurs ont bénéficié d'explorations fonctionnelles, le plus souvent une simple mesure du débit expiratoire de pointe.

Parmi les patients ayant déclaré un asthme actif :

- Le 1^{er} n'avait bénéficié d'aucun avis spécialisé malgré la prise régulière de VENTOLINE®.

- Le 2nd avait été pris en charge par un pneumologue avec mise en place d'un traitement local par corticothérapie inhalé FLIXOTIDE®, sans juger utile d'en parler au médecin consulté pour son examen de non contre-indication.

Niveau préparé (effectif)	PE20 (17)	PA20 PE40 (13)	PA 60 et GP (9)	Moniteurs (15)
Auscultation pleuropulmonaire	100 %	100 %	100 %	93 %
Débit de pointe ou EFR	6 (35 %)	5 (38 %)	4 (44 %)	6 (40 %)
Tabac régulier (cigarette/j)	5 (9,8)	2 (15)	1(20)	1(15)

5. Discussion.

5.1 Observations personnelles

En tant qu'encadrant dans un club associatif et responsable d'un groupe de plongeur en formation niveau 2 entre septembre 2017 et juin 2018, j'ai été amené à m'intéresser aux certificats médicaux de mes élèves. L'un d'entre elles, Infirmière DE de son état m'avait ainsi expliqué que son médecin traitant habituel « lui avait simplement pris la tension et lui avait signé son certificat ». Quelques mois plus tard, au cours d'une plongée « technique », elle avait présenté un épisode de panique, abandonnant subitement ma palanquée au cours d'un exercice, avec rupture de palier alors qu'elle était sous traitement antidépresseur dans un contexte de licenciement.

La même année, la monitrice responsable du groupe niveau 1 avait appris en fin d'année que l'un de ses élèves, assez régulièrement inattentif et dissipé présentait un trouble de l'attention avec hyperactivité (TDA/H) pour lequel un spécialiste avait prescrit un traitement éveillant type méthylphénidate, ce qui n'avait pas empêché le médecin de famille de signer un certificat de non contre-indication aux activités subaquatiques.

5.2 La visite de non contre-indication aux activités subaquatiques fédérales.

5.2.1 La réglementation en France : le Code du sport.

La refonte du code du sport en 2012 a prévu dans son article L230-1 que « le ministre chargé des sports, en liaison avec les autres ministres et organismes intéressés, engage et coordonne les actions de prévention, de surveillance médicale, de recherche et d'éducation mises en œuvre avec le concours, notamment, des fédérations sportives agréées [...] pour assurer la protection de la santé des sportifs et lutter contre le dopage.

« Les médecins qui participent à cette mission de prévention sont les médecins de santé scolaire, les médecins du travail, les médecins militaires et les médecins généralistes, en liaison avec les médecins spécialisés, et ayant reçu une formation initiale nécessaire à la pratique des examens médico-sportifs, contenue dans le deuxième cycle des études médicales et grâce à une formation continue adaptée (article L231-1) ».

Pour les personnes majeures, l'obtention d'une licence d'une fédération sportive est subordonnée à la présentation d'un certificat médical datant de moins d'un an et permettant d'établir l'absence de contre-indication à la pratique du sport ou, le cas échéant, de la discipline concernée (article L 231-2).

Le code du sport est modifié en janvier 2016. Pour favoriser la pratique des activités sportives, le certificat médical préalable à l'obtention d'une licence devient valable pendant trois ans à l'exception de « disciplines à contraintes particulières » au sein desquelles figure les activités subaquatiques en scaphandre. L'arrêté du ministère des Sports du 24 juillet 2017 (publié au JORF du 15/08/2017) fixe les caractéristiques de l'examen médical pour la pratique de ces disciplines sportives à contraintes particulières, qui doit être conforme aux recommandations de la SFMES. Pour la plongée subaquatique, il se limite à une attention particulière portée sur l'examen ORL et l'examen dentaire ! (annexe 2)

5.2.2 Réglementation fédérale

La FFESSM étant Fédération délégataire du ministère des Sports pour l'enseignement de la plongée, il lui incombe donc d'assurer cette surveillance médicale. Jusqu'en 2017, la visite de non contre-indication aux activités subaquatiques proposées par la FFESSM pouvait être effectuée par tout médecin sans qualification particulière pour l'accès à ce qui était alors appelé « l'espace proche » c'est-à-dire moins de 20 mètres dans le cadre de la préparation du niveau 1 (Plongeur encadré à 20 mètres ou « PE 20 »). Au-delà, l'accès aux formations des niveaux 2 à 4 permettant une autonomie progressive (plongeurs autonomes ou PA) et à l'espace lointain (40 mètres en étant encadré pour les niveaux 2 [PA20 PE40] , 60 mètres en autonomie pour les niveaux 3 et 4 [PA 60]) était soumis à une visite effectuée par un médecin dit « spécialisé », titulaire d'une qualification en Médecine du sport, en Médecine Subaquatique et Hyperbare, ou encore d'une qualification non universitaire mais reconnue par la Commission Médicale Régionale ou Interrégionale de la FFESSM (le plus souvent un médecin plongeur ayant validé le niveau 2, parfois accompagné d'une formation post-universitaire locale mais non validante). Depuis 2017, seule la pratique de la plongée avec mélange TRIMIX hypoxique, l'apnée en compétition et au-delà de 6 mètres (« apnée en profondeur »), l'examen préalables des Plongeurs en situation de handicap (PESH) et la reprise après accident et la préparation des niveaux d'encadrement doit faire l'objet d'une évaluation par un médecin spécialisé.

5.2.3 Pratique en dehors du cadre fédéral ou à l'étranger

Dans la grande majorité des pays de l'Europe et du reste du monde il n'existe pas de réglementation qui oblige les plongeurs sportifs à effectuer un examen médical de recherche de contre-indication avant de pratiquer la plongée de loisir. La gestion des risques dans cette activité est laissée à la responsabilité de l'individu. La grande majorité des organisations de formation ainsi que les prestataires de plongées de loisir ont adopté un système de clause de non responsabilité, qui consiste à faire signer par le plongeur une déclaration affirmant qu'il ne présente pas de problème de santé (parmi ceux indiqués dans une liste) risquant d'engager sa sécurité en plongée. C'est notamment le cas des activités proposées par PADI et le RSCT (Recreational Scuba Training Council). (Annexe 4)

5.2.4 En pratique

La réalisation d'un certificat de non contre-indication par des médecins sans formation spécifique peut conduire à des incohérences. C'est ce qu'a montré un travail de thèse réalisé en 2017, comparant les réponses de médecins « formés » à celles de médecins sans formation spécifique. Ce travail a été repris dans le Bulletin de Médecine Subaquatique et Hyperbare ^[11].

L'examen médical pour la pratique des activités subaquatiques doit être particulièrement complet et minutieux. Il comprend doit comprendre un questionnaire de santé adapté, un interrogatoire approfondi, un examen clinique complet et si nécessaire des examens complémentaires. Le certificat médical d'absence de contre-indication devra mentionner pour quelle activité et dans quelles limites il est délivré et préciser s'il y a lieu les restrictions recommandées. Dans le cas où une contre-indication ou une limitation d'activité sont difficiles à déterminer pour un médecin n'ayant pas de connaissance particulière des techniques de plongée subaquatique, il est recommandé de se rapprocher d'un médecin titulaire d'une formation spécifique reconnue (DU, DIU ou équivalent).

Certains ouvrages en langue française ont abordé la réalisation de la visite médicale d'aptitude à la plongée loisirs^[12,13]. B. GRANDJEAN ^[12] rappelle le contexte particulier de la visite de non contre-indication. La personne examinée n'est pas a priori une personne malade. La demande de consultation résulte d'une obligation légale qui peut parfois être vécue comme une contrainte. Par ailleurs, même conduit de façon rigoureuse dans le cadre d'une pratique de la plongée sportive, l'examen ne peut être optimal. Il ne peut en effet débusquer que les contre-indications les plus évidentes. Dans ce contexte, un candidat plongeur peut être tenté de dissimuler lors de l'interrogatoire préalable des antécédents ou un état morbide par méconnaissance des risques encourus. C'est là que prend toute son importance la réalisation d'un questionnaire médical détaillant au mieux les pathologies les plus courantes, pièce médicale qui devrait être signée et archivée ou numérisée dans son dossier médical.

Jusqu'en 2017, la FFESSM donnait sur la page réservée à la Commission Médicale son site internet un modèle de CACI comportant au recto une liste indicative des contre-indications temporaires ou définitives (annexe 3). Le nouveau modèle de CACI ne comporte plus de liste de contre-indication. Le site de la Commission Médicale et de Prévention comporte cependant de nombreux documents à destination de la communauté médicale accessible en ligne y compris pour les médecins non licenciés (<https://medical.ffessm.fr/pathologies-a-evaluer>).

5.3 Évaluation de l'aptitude à l'activité subaquatique

Ne pouvant être exhaustif, nous nous sommes intéressés à trois organes cibles de l'activité subaquatique :

- L'oreille moyenne avec l'appréciation du fonctionnement tubaire et tympanique et l'évaluation audiométrique.
- L'appareil cardio-vasculaire
- L'appareil respiratoire

5.3.1 Évaluation du fonctionnement tubaire et tympanique

Le risque ORL en plongée est principalement représenté par le barotraumatisme d'oreille moyenne et/ou d'oreille interne ^[14]. Ces accidents seraient les plus fréquents : 30 à 60 % des plongeurs en ont fait la désagréable expérience d'après SPIRA ^[15].

Les barotraumatismes résultent de l'impossibilité d'équilibrer les pressions de l'oreille moyenne avec le milieu ambiant. Les moyens d'équilibration pressionnelle sont classiquement au nombre de trois :

- Les échanges gazeux au travers de la muqueuse,
- L'élasticité tympanique,
- Les échanges directs à travers la trompe auditive.

Les échanges gazeux trans-muqueux sont un processus lent, responsable d'une fluctuation pressionnelle circadienne dans la caisse du tympan. La pression dans la caisse du tympan diminue dans la journée par la diffusion lente des gaz à travers la muqueuse, et augmente la nuit probablement en raison de la capnie, le CO₂ diffusant de la muqueuse vers la caisse. En aucun cas ces mécanismes ne régulent la pression avec celle du milieu extérieur.

L'élasticité tympanique contribue aussi à réguler les fluctuations de pression. La rétraction de la pars flaccida peut compenser une différence de 50 mm d'eau sur une mastoïde non pneumatisée de faible volume mais seulement de 5 mm d'eau sur une mastoïde très pneumatisée en raison de l'importance du volume aérien et donc du retentissement. La rétraction de la pars tensa déplace un volume d'air 50 à 100 plus que la pars flaccida.

Les échanges gazeux directs avec le milieu ambiant grâce à la trompe auditive sont le sont donc le seul mécanisme d'équilibration rapide en cas de fluctuation de la pression ambiante. Toutefois, la physiologie de la trompe auditive est directement liée à son anatomie ^[16]. On lui décrit classiquement deux portions opposées en tronc de cône, l'isthme joignant les deux portions mesurant 2 mm de haut et 1 mm de large :

- Une portion proximale osseuse aux parois rigides, de volume constant pour un individu donné,
- Une portion distale fibrocartilagineuse, longue de 20 à 24 mm, étendue de l'isthme à l'orifice pharyngien situé sur la paroi latérale du rhinopharynx. Cette structure explique que cette portion soit naturellement collabée. Une dépression relative dans la caisse du tympan augmente ce collapsus.

Lors de la décompression, le volume gazeux dans la caisse du tympan va augmenter de façon inversement proportionnelle à la variation de pression. Dès que l'augmentation de volume gazeux génère une surpression dans la caisse du tympan de 20 hPa le volume gazeux après avoir franchi l'isthme tubaire va forcer le collapsus naturel et s'échapper à travers le protympanum puis la portion cartilagineuse de la trompe vers le rhinopharynx^[17].

À l'inverse lors de la descente, l'élévation de la pression absolue induit une réduction des volumes gazeux de la caisse du tympan, une dépression relative endocavitaire. Cette dépression entraîne une rétraction parfois douloureuse du tympan avec une sensation d'oreille bouchée qui aggrave le collapsus tubaire. Pour ouvrir la portion cartilagineuse de la trompe auditive, il faut avoir recours à des manœuvres permettant de forcer ce collapsus. L'ouverture ne peut donc être passive. Lorsque la dépression devient trop importante (au-delà de 120 hPa, soit 1,2 m de profondeur en plongée), l'ouverture n'est plus possible même avec une trompe auditive fonctionnelle et l'accident barotraumatique se produit.

La trompe auditive fonctionne donc comme **une valve unidirectionnelle** autorisant le passage de l'air et l'équilibration, de façon passive, de la caisse du tympan vers le rhinopharynx lors de la phase de décompression.

Inversement le passage de l'air du rhinopharynx vers l'oreille moyenne ne peut être qu'actif. L'impossibilité d'ouvrir la trompe auditive lors de la compression compromet l'équilibre pressionnel et expose au risque d'accident barotraumatique de l'oreille moyenne.

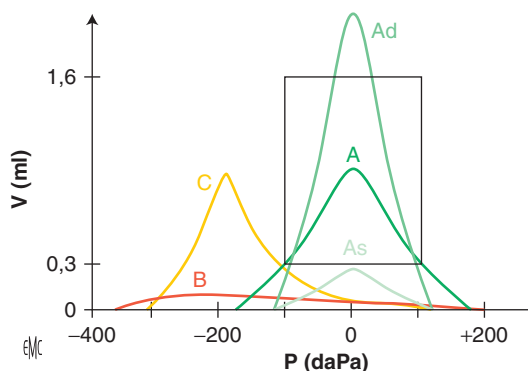
L'accident barotraumatique est donc le plus souvent un accident de la compression.

Certain facteurs intrinsèques influencent les capacités de la régulation pressionnelle de l'oreille moyenne notamment le degré de pneumatisation de la mastoïde : plus les cavités de l'oreille moyenne sont pneumatisées, plus la variation de volume gazeux est importante, pour une même variation pressionnelle, et donc l'équilibration pressionnelle plus longue^[18].

D'autres facteurs sont extrinsèques. Ce sont les conditions d'installation de la variation pressionnelle (rapide ou lente), le gradient de pression, la répétition de l'exposition. En cas d'exposition répétée en milieu hyperbare (dans le cas d'un traitement par oxygénothérapie hyperbare par exemple), la répétition des séances favorise la survenue d'accidents barotraumatiques et ceux-ci surviennent plutôt vers la septième séance^[19].

Ramos^[20] a étudié les courbes de tympanométrie avant et après plongée, en condition de plongées répétées. À l'issue de la première plongée, une courbe de type C selon la classification de JERGER est observée chez 50 % des plongeurs et, deux heures après, il persiste une courbe de type C chez 10,6 %. Après la deuxième et troisième plongée, près de 70 % présentent une courbe de type C et

elle persiste chez 50 % au-delà de deux heures. On constate plus d'otites barotraumatiques à la répétition des plongées. En moyenne, il faut 11 heures pour que le tracé se normalise. Ainsi, la répétition des phases de compression et décompression dans une même journée est un facteur de risque pour la survenue d'accidents barotraumatiques de l'oreille moyenne ce qui peut typiquement survenir chez un encadrant faisant réaliser à son ou ses élèves des exercices d'intervention sur plongeur en difficulté.



Classification de JERGER des différents types de tympanogrammes à 26 Hz

À contrario une augmentation brutale de la pression dans l'oreille moyenne à l'occasion d'un VALSALVA inapproprié en phase de remontée peut être source d'un barotraumatisme d'oreille interne. Cette atteinte cochléaire peut se faire par deux mécanismes distincts :

- Soit par un effet direct sur la fenêtre ronde et le tympan secondaire modélisée par Godhill [21].
- Soit par un effet de levier mécanique à l'occasion d'une ouverture brutale de la trompe auditive. La surpression dans l'oreille moyenne entraîne un écartement brutal du malleus et du bloc incudo-stapédien ce qui entraîne un enfoncement brutal de la platine du stapes dans la fenêtre vestibulaire [22]. Rappelons que l'oreille moyenne est un amplificateur de pression grâce au rapport des surfaces (rapport de 20 environ) entre le tympan ($S_1 = 0,6 \text{ cm}^2$) et la platine de l'étrier ($S_2 = 0,03 \text{ cm}^2$), et au rapport des leviers (l'axe de la chaîne ossiculaire passe au voisinage de l'articulation marteau/enclume, mais les deux « bras » de cette chaîne ont des longueurs inégales) ($d_1/d_2 \sim 1,3$), l'amplification théorique de pression atteint un facteur $\times 26$ (soit $+ 28 \text{ dB}$).

Ainsi, l'évaluation systématique de la fonction d'équilibration tubaire semble indispensable lors d'une visite à la recherche de contre-indication à la plongée sous-marine en particulier chez des élèves et des encadrants s'entraînant ou faisant pratiquer des interventions sur plongeurs en difficultés

5.3.2 Évaluation audiométrique

Quelle est la place de l'évaluation de l'acuité auditive dans l'évaluation initiale d'un plongeur ?

La perte auditive d'apparition progressive est courante chez la population adulte. Il est largement admis que la plongée est un facteur de dégradation auditive mais les

études comparant l'évaluation auditive de population de plongeurs et de non plongeurs sont limitées et parfois contradictoires.

En 1996, un suivi audiométrique comparant 120 plongeurs à 166 non plongeurs montrait que le développement insidieux d'une perte auditive neurosensorielle sur les hautes fréquences (4000, 6000 et 8000 Hz) pouvait être associé à la plongée. Sur ces fréquences, les plongeurs avaient des niveaux d'audition moyens plus élevés que les non-plongeurs et leur audition à ces fréquences semblait se détériorer plus rapidement [23].

À contrario, une étude rétrospective plus récente portant sur une période de 25 ans et sur une population de plongeurs militaires néerlandais pratiquant la plongée depuis plus de 15 ans a certes montré une diminution significative des seuils auditifs. Mais cette dégradation auditive était moins importante que ce qui était attendu d'une détérioration « normale liée à l'âge. WINGELAAR propose ainsi de supprimer l'exigence de l'évaluation audiométrique de routine [24].

Dans ces conditions, il semble difficile de trancher. La réalisation d'une audiométrie régulière permet cependant d'obtenir un statut auditif initial. En cas d'incident de plongée et de détérioration auditive secondaire, une audiométrie préalable permet de fixer un objectif raisonnable de récupération auditive par exemple lors de la mise en œuvre d'une oxygénothérapie hyperbare post-ADD.

5.3.3 Évaluation cardio-vasculaire.

Compte tenu du vieillissement de la population des plongeurs il est logique de voir la prévalence et l'incidence des maladies cardiovasculaires augmenter progressivement d'autant plus que l'entraînement à l'effort peut être négligé. Dans une enquête effectuée auprès d'instructeurs néerlandais après le décès de 2 moniteurs en plongée, KOMDEUR retrouve 19 % de pathologies cardio-vasculaires avec un IMC supérieur à la normale. Près de 60 % des moniteurs interrogés utilisaient des médicaments prescrits ou non prescrits [25]. LIPMMAN [26] a colligé 126 observations de décès en plongée entre 2001 et 2013 en Australie. L'âge moyen des victimes était de 44 ans. 77 % d'entre elles étaient en situation d'obésité.

Les risques cardio-vasculaires dans les activités subaquatiques sont tout d'abord liés à l'immersion elle-même : avec une double conséquence d'augmentation du retour veineux vers le thorax et de vasoconstriction périphérique. La pré-charge et la post-charge augmentent en même temps ce qui place le cœur dans une situation paradoxale avec un risque d'œdème pulmonaire d'immersion [27,28].

Le système cardiovasculaire est par ailleurs soumis aux autres contraintes environnementales : augmentation de la pression absolue et des pressions partielles des gaz, exposition au froid.

L'augmentation de la pression partielle des gaz dits « neutres » (azote, hélium, hydrogène...) est sans grande conséquence cardio-vasculaire. Mais l'hyperoxie favorise la bradycardie et potentialise la vasoconstriction périphérique, mais aussi coronarienne. Chez le sujet pathologique (HTA par exemple), elle est un des éléments susceptibles de favoriser une décompensation hémodynamique.

Le froid renforce la vasoconstriction périphérique et donc la post-charge. Il crée une stimulation vagale intense, surtout à l'exposition du visage qui est très sensible et réactif. Cette stimulation vagale est susceptible d'entraîner des troubles du rythme ou de la conduction pouvant conduire à des accidents. Enfin l'exposition au froid entraîne une déperdition énergétique intense, majore le risque d'accident de désaturation et est très coûteuse en énergie.

La phase de retour à la surface et de décompression est susceptible d'augmenter les pressions droites par embolisation du filtre pulmonaire, ou d'occasionner des accidents de décompression sur des shunts droite-gauche existants ou favorisés par l'effort.

Le risque peut ensuite être en relation avec les efforts physiques qui peuvent être intense dans certaines conditions lors de la plongée en scaphandre (palmage à contre-courant, sauvetage ou apprentissage des interventions sur plongeurs en difficulté). Des efforts modestes en termes de besoin métabolique (consommation d'O₂ et rejet de CO₂) peuvent imposer des efforts ventilatoires majorés par l'immersion et la plongée qui sont susceptibles d'impacter fortement la fonction cardiaque.

Enfin l'évolution des pratiques fait que le profil du plongeur évolue sans pour autant se limiter à l'adulte de plus de 40 ans. Il ne faut surtout pas négliger le risque de cardiomyopathie arythmogènes chez le sujet jeune.

Au regard de ses observations, il faut envisager que l'électrocardiogramme (ECG) devienne systématique et indispensable au moins lors de la visite initiale. Un bilan biologique paraît également nécessaire pour détecter ou contrôler des facteurs de risque cardio-vasculaires (diabète, dyslipidémie) à partir de 40 ans chez les hommes et 50 chez les femmes ^[29].

L'épreuve d'effort ne semble nécessaire que devant certains facteurs de risque ^[30] :

- Plongeurs hypertendus,
- Diabétiques,
- Cardiopathie connue
- Devant un risque cardio-vasculaire modéré ou important selon la classification SCORE de la Société Européenne de Cardiologie avec l'association d'au moins deux facteurs de risque parmi les suivants :
 - o Age (> 40 ans chez les hommes, > 50 ans chez les femmes),
 - o Hérité cardiovasculaire au 1^{er} degré,
 - o Obésité (IMC > 30),
 - o Tabagisme (actif ou sevré depuis moins de 5 ans),
 - o Dyslipidémie avec LDL-Cholestérol > 1,5 g/litre

La problématique du FOP

Le Foramen Ovale perméable est une anomalie retrouvée jusqu'à 25 % dans certaines études en population générale. Il est retrouvé dans 40 % des adultes Si sa recherche est indispensable dans les suites d'un accident de désaturation, il ne paraît pas légitime de le rechercher systématiquement. Pourtant certains plongeurs évoquent parfois le souhait de se faire opérer, soit en envisageant de reprendre une activité subaquatique, soit pour d'autres raisons médicales (impossibilité de bénéficier de procédure chirurgicale par coelioscopie par exemple). Dans notre étude, un plongeur débutant avait bénéficié d'une fermeture chirurgicale d'un FOP responsable d'un AVC cryptogénique sans séquelle. Une évaluation cardiologique avait été réalisée avant de débiter la pratique subaquatique. Pourtant, il est fait état dans la littérature médicale d'un risque de fibrillation auriculaire ou de tachycardie atriale post-procédure ^[31]. Une étude est en cours afin d'évaluer le bénéfice de la flécaïnide dans le traitement post-opératoire. Traitement dont l'innocuité en plongée devra quoi qu'il advienne être évaluée.

5.3.4 Évaluation respiratoire

Le système respiratoire est l'un des plus touchés par les contraintes respiratoires en plongée en raison de l'augmentation de la pression absolue et son effet sur la mécanique thoraco-pulmonaire, et de l'augmentation de la masse volumique et donc de la viscosité des gaz.

Dès le début de l'immersion tête hors de l'eau, l'augmentation de pression s'exerçant sur les membres, aggravée par la compression du vêtement en néoprène entraîne une redistribution centrale du volume sanguin périphérique et un afflux intra-thoracique.

La pression exercée sur l'abdomen entraîne un déplacement céphalique du diaphragme.

La compliance thoracique est impactée par l'effet de la pression hydrostatique sur la cage thoracique, aggravée par le vêtement en néoprène et le sanglage du gilet stabilisateur.

Cela aboutit à une diminution de la compliance pulmonaire et de la capacité vitale.

L'augmentation de la densité de l'air inspiré crée un flux turbulent, moins fluide, dans les voies respiratoires ce qui entraîne une diminution des débits bronchiques et favorise hypoventilation alvéolaire et hypercapnie. Les débits bronchiques à l'effort sont amputés.

La diminution du calibre de la lumière bronchique peut être aggravée par une bronchoconstriction réflexe liée à la respiration d'un air trop sec et refroidi lors du passage dans le détendeur. Lors de la remontée, cela peut occasionner un piégeage gazeux distal avec un risque de surpression pulmonaire

La respiration dans un détendeur est également source de résistance, incomplètement annulée par la compensation des détendeurs. L'expiration, normalement passive en surface par relâchement musculaire devient active. Il y a également une augmentation de l'espace mort de l'ordre de 100 ml.

La position du plongeur en immersion a également un impact sur la ventilation liée au différentiel de pression hydrostatique entre la bouche (le détendeur) et le centre pneumoïque, gênant l'inspiration lorsque le plongeur est tête vers le haut, gênant l'expiration si la tête est vers le bas.

Enfin l'immersion entraîne une bradypnée

Au final, on observe en hyperbarie entraîne :

- Une diminution du volume thoracique,
- Une diminution de la capacité vitale de l'ordre de 10 % à 40 mètres.
- Une diminution des débits expiratoires surtout à haut volume,
- Une augmentation du travail ventilatoire.
- Une diminution de la ventilation maximale par minute
- Et une augmentation du travail cardiaque (augmentation de la pré-charge).

Le plongeur est un insuffisant respiratoire dont la diminution des capacités à l'effort est masquée par l'hyperoxie qui favorise les échanges gazeux, mais peut se décompenser au cours de l'effort.

Ainsi, certaines conditions pathologiques telles que l'asthme ou une BPCO débutante chez un fumeur peuvent décompenser en plongée. Dans notre observation nous avons noté que certains plongeurs présentaient des antécédents d'asthme ou poursuivaient une intoxication tabagique.

L'asthme a longtemps été une contre-indication absolue (voir Annexe 2) notamment en raison du risque de survenue d'un bronchospasme (favorisé par la respiration d'un air froid et sec) et d'une surpression pulmonaire. Sa prévalence cumulée en France a été évaluée en 2010 à plus de 10 % chez l'enfant âgé d'au moins dix ans et de 6 à 7 % chez l'adulte ^[32]. Il n'est donc pas illogique d'imaginer recevoir un candidat plongeur déclarant des antécédents d'asthme. Dans une enquête réalisée auprès de plongeurs sportifs de tout âge et de tout sexe originaires

d'Autriche, d'Allemagne et de Suisse (226 homme, 96 femmes) 8,7 % ont indiqué qu'ils souffraient actuellement d'asthme. Deux tiers des asthmatiques se plaignaient d'une dyspnée régulière. Moins de la moitié se traitaient de façon régulière pour contrôler leur symptômes et 27 % ne l'utilisaient que de façon préventive avant une plongée. Les plongeurs souffrant de maladies respiratoires ou de plaintes avaient enregistré un total de 17 386 plongées [33]. L'évaluation préalable d'un plongeur asthmatique peut donc se révéler délicate [34,35]. Plus récemment, un site internet (www.asthme-plongee.com) a été créé à destination des patients, des médecins évaluateurs et des moniteurs afin de sensibiliser aux recommandations actuelles et aux bonnes pratiques de plongée. [36].

La prévalence de la BPCO en France est difficile à estimer en raison du degré élevé de sous-diagnostic et de la difficulté d'effectuer une spirométrie dans les enquêtes épidémiologiques en population. La prévalence de la bronchite chronique a été estimée à 4 % et la prévalence de la BPCO a été estimée à 5 à 10 % chez les adultes âgés de 45 ans et plus. [37]

Dans notre enquête, l'évaluation de la fonction ventilatoire semble limitée notamment chez les fumeurs, avec au mieux la réalisation d'un débit de pointe qui ne permet pas d'apprécier une éventuelle diminution des débits distaux et le caractère réversible ou non.

Dans ce cadre, des recommandations d'expert ont été publiées [38,39,40,41]. En première visite et sans point d'appel (sujet de moins de 40 ans, absence d'antécédents et de symptomatologie lors d'activités physiques d'intensité significative, examen clinique strictement normal), l'EFR ne semble pas nécessaire.

A l'inverse, chez des sujets non sportifs ou sédentaires de plus de 40 ans, fumeurs ou ayant eu des épisodes pathologiques non documentés, l'analyse d'une courbe ou boucle débit-volume de l'expiration forcée permet un premier dépistage. En cas de découverte de syndrome obstructif, l'épreuve de réversibilité aux β 2-mimétiques peut être réalisée immédiatement.

Lorsqu'une anomalie dépistée par la courbe débit-volume doit être mieux qualifiée, Un avis pneumologique doit être sollicité, la pléthysmographie apportant d'autres informations : volume résiduel, qualification d'une distension statique, mesure de résistances des voies aériennes, etc...

6. Conclusion

L'examen médical pour la pratique des activités subaquatiques doit être particulièrement complet et minutieux afin de permettre de rechercher d'éventuelles contre-indications médicales. La plongée scaphandre reste malgré tout une activité « à risque accepté » et non uniquement un exercice sportif « soumis à des contraintes particulières ».

Cette enquête menée dans un club associatif, portant certes sur une durée limitée et un effectif réduit, montre que le fait de choisir son médecin traitant pour la délivrance d'un certificat d'absence de contre-indication médicale, peut conduire à la sous-estimation de certaines conditions médicales (Dysfonction tubaire, HTA, asthme, plongeurs âgés) ou de facteurs de risque notamment d'exposition tabagique qui ne bénéficient pas systématiquement d'une expertise adaptée.

Dans ce contexte, les clubs associatifs peuvent jouer un rôle important en orientant les pratiquants vers des médecins qualifiés (médecins titulaires d'un DIU de médecine subaquatique et hyperbare ou médecins fédéraux).

La commission médicale du CSNA joue également un rôle majeur dans la formation initiale des praticiens locaux (par l'organisation de journée de formation) et dans l'entretien des connaissances (Assemblée générale avec discussion de cas cliniques, formations décentralisées).

7. Annexes

Questionnaire Enquête visite pour CACI

Initiale Nom Initialité Prénom
Niveau de plongée : Débutant N1 N2 N3 N4
Niveau d'encadrement : E1 ; E2 ; MF1 ; MF2 ; TSI
Formation envisagée : N1 N2 N3 N4 E1/E2
Nombre de plongées
Âge

Médecin ayant effectué la visite :
Médecin traitant
Médecin généraliste
Médecin fédéral
Médecin spécialiste Spécialité ?

Prise de contact :
Médecin traitant pas de questionnaire
Médecin non traitant : Questionnaire standardisé ? Oui Non
Liste des contre-indications à la plongée ?
Asthme.
Antécédents cardio-vasculaires (TDR)
Troubles visuels (encadrants)
Vertiges .

Traitements habituels ?

Examen clinique :
ORL :
Otoscopie ?
Tympanométrie ?
Audiométrie ?
Cardio-vasculaire :
Auscultation cardio-vasculaire ?
TA
ECG
EE si plus de 50 ans.
Test d'effort standardisé

Pleuro-pulmonaire :
Tabac ?
Auscultation pleuro-pulmonaire ?
Débit de pointe ?
VEMS VE 6 PIKO 6

Ce que vous attendez de la visite préalable ?
Expert de la plongée ?
Médecin traitant ?
Gratuit ?
Remboursé par la CPAM ?

Annexe 1

Décrets, arrêtés, circulaires

TEXTES GÉNÉRAUX

MINISTÈRE DES SPORTS

Arrêté du 24 juillet 2017 fixant les caractéristiques de l'examen médical spécifique relatif à la délivrance du certificat médical de non-contre-indication à la pratique des disciplines sportives à contraintes particulières

NOR : SPOV1722815A

La ministre des solidarités et de la santé et la ministre des sports,
Vu le code du sport, notamment ses articles L. 231-2-3 et D. 231-1-5,

Arrêtent :

Art. 1^{er}. – La section 1 du chapitre I^{er} du titre III du livre II du code du sport (partie réglementaire – arrêtés) est remplacée par les dispositions suivantes :

« Section 1

« Certificat médical

« Art. A. 231-1. – La production du certificat médical mentionné à l'article L. 231-2-3 pour les disciplines dont la liste est fixée à l'article D. 231-1-5 est subordonnée à la réalisation d'un examen médical effectué, par tout docteur en médecine ayant, le cas échéant, des compétences spécifiques, selon les recommandations de la Société française de médecine de l'exercice et du sport.

« Cet examen médical présente les caractéristiques suivantes :

« 1^{er} Pour la pratique de l'alpinisme au-dessus de 2 500 mètres d'altitude :

- « – une attention particulière est portée sur l'examen cardio-vasculaire ;
- « – la présence d'antécédents ou de facteurs de risques de pathologie liées à l'hypoxie d'altitude justifie la réalisation d'une consultation spécialisée ou de médecine de montagne ;

« 2^e Pour la pratique de la plongée subaquatique, une attention particulière est portée sur l'examen **ORL (tympans, équilibration/perméabilité tubaire, évaluation vestibulaire, acuité auditive) et l'examen dentaire** ;

« 3^e Pour la pratique de la spéléologie, une attention particulière est portée sur l'examen de l'appareil cardio-respiratoire et pour la pratique de la plongée souterraine, sur l'examen ORL (tympans, équilibration/perméabilité tubaire, évaluation vestibulaire, acuité auditive) et l'examen dentaire ;

« 4^e Pour les disciplines sportives, pratiquées en compétition, pour lesquelles le combat peut prendre fin, notamment ou exclusivement lorsqu'à la suite d'un coup porté, l'un des adversaires se trouve dans un état de rendant incapable de se défendre et pouvant aller jusqu'à l'inconscience, une attention particulière est portée sur :

- « – l'examen neurologique et de la santé mentale ;
- « – l'examen ophtalmologique : acuité visuelle, champ visuel, tonus oculaire et fond d'œil (la mesure du tonus oculaire et le fond d'œil ne sont pas exigés pour le sambo combat, le grappling fight et le karaté contact) ;

« Dans le cadre de la pratique de la boxe anglaise, la réalisation d'une remnographie des artères cervico-céphaliques et d'une épreuve d'effort sans mesure des échanges gazeux est également exigée tous les trois ans pour les boxeurs professionnels et les boxeurs amateurs après quarante ans ;

« 5^e Pour les disciplines sportives comportant l'utilisation d'armes à feu ou à air comprimé, une attention particulière est portée sur :

- « – l'examen neurologique et de la santé mentale ;
- « – l'acuité auditive et l'examen du membre supérieur dominant pour le biathlon ;
- « – l'examen du rachis chez les mineurs pour les tireurs debout dans la discipline du tir ;

« 6^e Pour les disciplines sportives, pratiquées en compétition, comportant l'utilisation de véhicules terrestres à moteur, une attention particulière est portée sur :

- « – l'examen neurologique et de la santé mentale ;
- « – l'examen ophtalmologique (acuité visuelle, champ visuel, vision des couleurs) ;

Annexe 2 : Arrêté du 24/07/2017 du Ministère des sports fixant les caractéristiques de l'examen médical spécifique des activités sportives à contraintes particulières.

CONTRE-INDICATIONS à la PLONGEE en SCAPHANDRE AUTONOME

Cette liste est indicative et non limitative. Les problèmes doivent être abordés au cas par cas, éventuellement avec un bilan auprès d'un spécialiste, la décision tenant compte du niveau technique (débutant, plongeur confirmé ou encadrant).
En cas de litige, la décision finale doit être soumise à la Commission Médicale et de Prévention Régionale, puis en appel, à la Commission Médicale et de Prévention Nationale.

	Contre indications définitives	Contre indications temporaires
Cardiologie	Cardiopathie congénitale Insuffisance cardiaque symptomatique Cardiomyopathie obstructive Pathologie avec risque de syncope Tachycardie paroxystique BAV II ou complet non appareillés Maladie de Rendu-Osler Valvulopathies(*)	Hypertension artérielle non contrôlée Coronaropathies : à évaluer(*) Péricardite Traitement par anti-arythmique : à évaluer(*) Traitement par bêta-bloquants par voie générale ou locale : à évaluer (*) Shunt D G découvert après accident de décompression à symptomatologie cérébrale ou cochléo-vestibulaire(*)
Oto-rhino-laryngologie	Cophose unilatérale Évidement pétromastoïdien Ossiculoplastie Trachéostomie Laryngocèle Déficit audio. bilatéral à évaluer (*) Otospongiose opérée Fracture du rocher Destruction labyrinthique uni ou bilatérale Fistule peri-lymphatique Déficit vestibulaire non compensé	Chirurgie otologique Épisode infectieux Polypose nasosinusienne Difficultés tubo-tympaniques pouvant engendrer un vertige alterno-barique Crise vertigineuse ou au décours immédiat d'une crise Tout vertige non étiqueté Asymétrie vestibulaire sup. ou égale à 50%(6mois) Perforation tympanique(et aérateurs trans-tympaniques) Barotraumatismes de l'oreille interne ADD labyrinthique +shunt D-G :à évaluer(*)
Pneumologie	Insuffisance respiratoire Pneumopathie fibrosante Vasculite pulmonaire Asthme :à évaluer (*) Pneumothorax spontané ou maladie bulleuse, même opéré : à évaluer(*) Chirurgie pulmonaire	Pathologie infectieuse Pleurésie Traumatisme thoracique
Ophthalmologie	Pathologie vasculaire de la rétine, de la choroïde, ou de la papille, non stabilisées, susceptibles de saigner Kératocône au delà du stade 2 Prothèses oculaires ou implants creux Pour les N3, N4 , et encadrants : vision binoculaire avec correction <5/10 ou si un œil <1/10, l'autre <6/10	Affections aiguës du globe ou de ses annexes jusqu'à guérison Photokératectomie réfractive et LASIK : 1 mois Phacoémulsification-trabéculéctomie et chirurgie vitro-rétinienne : 2 mois Greffe de cornée : 8 mois Traitement par bêta bloquants par voie locale : à évaluer(*)
Neurologie	Épilepsie Syndrome déficitaire sévère Pertes de connaissance itératives Effraction méningée neurochirurgicale, ORL ou traumatique Incapacité motrice cérébrale	Traumatisme crânien grave à évaluer
Psychiatrie	Affection psychiatrique sévère Éthylisme chronique	Traitement antidépresseur, anxiolytique, par neuroleptique ou hypnogène Alcoolisation aiguë
Hématologie	Thrombopénie périphérique, thrombopathies congénitales. Phlébites à répétition, troubles de la crase sanguine découverts lors du bilan d'une phlébite. Hémophiles : à évaluer (*)	Phlébite non explorée
Gynécologie		Grossesse
Métabolisme	Diabète traité par insuline : à évaluer (*) Diabète traité par antidiabétiques oraux (hormis biguanides) Troubles métaboliques ou endocriniens sévères	Tétanie / Spasmophilie
Dermatologie	Différentes affections peuvent entraîner des contre-indications temporaires ou définitives selon leur intensité ou leur retentissement pulmonaire, neurologique ou vasculaire	
Gastro-Entérologie	Manchon anti-reflux	Hernie hiatale ou reflux gastro-œsophagien à évaluer
Toute prise de médicament ou de substance susceptible de modifier le comportement peut être une cause de contre-indication La survenue d'une maladie de cette liste nécessite un nouvel examen		
Toutes les pathologies affectées d'un (*) doivent faire l'objet d'une évaluation, et le certificat médical de non contre indication ne peut être délivré que par un médecin fédéral		
La reprise de la plongée après un accident de désaturation, une surpression pulmonaire, un passage en caisson hyperbare ou autre accident de plongée sévère, nécessitera l'avis d'un Médecin Fédéral ou d'un médecin spécialisé selon le règlement intérieure de la C.M.P.N.		



Diver Medical | Participant Questionnaire

Recreational scuba diving and freediving requires good physical and mental health. There are a few medical conditions which can be hazardous while diving, listed below. Those who have, or are predisposed to, any of these conditions, should be evaluated by a physician. This Diver Medical Participant Questionnaire provides a basis to determine if you should seek out that evaluation. If you have any concerns about your diving fitness not represented on this form, consult with your physician before diving. If you are feeling ill, avoid diving. If you think you may have a contagious disease, protect yourself and others by not participating in dive training and/or dive activities. References to "diving" on this form encompass both recreational scuba diving and freediving. This form is principally designed as an initial medical screen for new divers, but is also appropriate for divers taking continuing education. For your safety, and that of others who may dive with you, answer all questions honestly.

Directions

Complete this questionnaire as a prerequisite to a recreational scuba diving or freediving course.

Note to women: If you are pregnant, or attempting to become pregnant, *do not dive*.

1. I have had problems with my lungs/breathing, heart, blood, or have been diagnosed with COVID-19.	Yes <input type="checkbox"/> Go to Box A	No <input type="checkbox"/>
2. I am over 45 years of age.	Yes <input type="checkbox"/> Go to Box B	No <input type="checkbox"/>
3. I struggle to perform moderate exercise (for example, walk 1.6 kilometer/one mile in 14 minutes or swim 200 meters/yards without resting), OR I have been unable to participate in a normal physical activity due to fitness or health reasons within the past 12 months.	Yes <input type="checkbox"/> *	No <input type="checkbox"/>
4. I have had problems with my eyes, ears, or nasal passages/sinuses.	Yes <input type="checkbox"/> Go to Box C	No <input type="checkbox"/>
5. I have had surgery within the last 12 months, OR I have ongoing problems related to past surgery.	Yes <input type="checkbox"/> *	No <input type="checkbox"/>
6. I have lost consciousness, had migraine headaches, seizures, stroke, significant head injury, or suffer from persistent neurologic injury or disease.	Yes <input type="checkbox"/> Go to Box D	No <input type="checkbox"/>
7. I am currently undergoing treatment (or have required treatment within the last five years) for psychological problems, personality disorder, panic attacks, or an addiction to drugs or alcohol; or, I have been diagnosed with a learning disability.	Yes <input type="checkbox"/> Go to Box E	No <input type="checkbox"/>
8. I have had back problems, hernia, ulcers, or diabetes.	Yes <input type="checkbox"/> Go to Box F	No <input type="checkbox"/>
9. I have had stomach or intestine problems, including recent diarrhea.	Yes <input type="checkbox"/> Go to Box G	No <input type="checkbox"/>
10. I am taking prescription medications (with the exception of birth control or anti-malarial drugs other than mefloquine/Lariam).	Yes <input type="checkbox"/> *	No <input type="checkbox"/>

Participant Signature

If you answered **NO** to all 10 questions above, a medical evaluation is not required. Please read and agree to the participant statement below by signing and dating it.

Participant Statement: I have answered all questions honestly, and understand that I accept responsibility for any consequences resulting from any questions I may have answered inaccurately or for my failure to disclose any existing or past health conditions.

_____	_____
Participant Signature (or, if a minor, participant's parent/guardian signature required.)	Date (dd/mm/yyyy)
_____	_____
Participant Name (Print)	Birthdate (dd/mm/yyyy)
_____	_____
Instructor Name (Print)	Facility Name (Print)

* If you answered **YES** to questions 3, 5 or 10 above **OR** to any of the questions on page 2, please read and agree to the statement above by signing and dating it **AND take all three pages of this form (Participant Questionnaire and the Physician's Evaluation Form) to your physician** for a medical evaluation. Participation in a diving course requires your physician's approval.

1 of 3

Annexe 4 : Diver Medical Form PADI/ RSTC

8. Références bibliographiques.

- 1) Hunt R., A supplement to dictionary of arts, manufactures, and mine. New-York Appleton and Cie 1864 757-758.
- 2) Buxton-Smith TR., Brunel's Royal Albert Bridge. The Tamar Rail River Crossing Proceedings of Bridge Engineering 2007 University of Bath.
- 3) Butler WP., Caisson disease during the construction of the Eads and Brooklyn Bridges : A review, Undersea Hyperb Med, 2004 Winter; 31(4) : 445-59.
- 4) Bert P., La pression Barométrique Paris Masson & Cie 1878.
- 5) Phillips JL, The bends : compressed air in the history of science, diving, and engineering, New Haven, CT, Yale University Press. 1998 pp. 95–97.
- 6) Boycott AE., Damant GCC., Haldane JS., Prevention of compressed air illness, Journal of Hygiene, 1908 ; 8 (3): 342–443.
- 7) Corriol JH. , Historique In : Broussolle B, Méliet JL, Coulange M (eds). Physiologie et Médecine de la Plongée. Ellipses Éditions Marketing, Paris, 2006 pp 10-46.
- 8) Michel J., Trois inventeurs méconnus, Musée J. VAYLET. Espalion (Aveyron, France).
- 9) Denoble PJ., DAN annual Diving report, 2019 Edition-A report on 2017 diving fatalities, injuries, and accidents, Durham, NC : Divers alert network 2019; pp.113
- 10) Strauss MB., Bosch JA., Miller SS., Scuba in older-aged divers, Undersea Hyperb Med, 2017 ; 44 (1) : 45-55
- 11) Attia C., Méliet JL., Pillet P. et coll, Évaluation des pratiques des médecins généralistes pour le certificat d'absence de contre-indication à la plongée de loisir. Bull Med Sub Hyp 2018 ; 28 (2) : 43-53.
- 12) Grandjean B., Aptitude médicale à la plongée subaquatique de loisir in Broussolle B., Meliet JL., Physiologie et médecine de la plongée, Paris, Éditions Ellipses 2006 ; pp 568-83.
- 13) Bonnin JP., Grimaud C., Happey JC., Strub JM., Cart P., Plongée sous-marine et milieu subaquatique. Accidents-Aspects médicaux, Paris, Masson, 2003, 238 pages
- 14) Olgierd S., Wawrzyniec L., Wojciech G et al, The impact of regular diving on the condition of the middle ear, International Journal of Occupational Medicine and Environmental Health 2021; 34(6)
- 15) Spira A., Diving and marine medicine review. Part II: Diving diseases. J Travel Med 1999 ; 6: pp. 180-198
- 16) Thomassin JM., Dessi P., Danvin JB., Forman C.. Anatomie de l'oreille moyenne. EMC (Elsevier Masson SAS, Paris), Oto-rhino-laryngologie, 20-015-A-10, 2008.
- 17) Colin J., Lienhart H., Vieillefond H., Marotte H., Les barotraumatismes In Colin J., Timbal J. (eds): Médecine aérospatiale. 1999. Expansion Scientifique Publications, Paris],
- 18) Sadé J., Ar A., Fuchs C., Barotrauma vis-a-vis the "chronic otitis media syndrome": two conditions with middle ear gas deficiency. Is secretory otitis media a contraindication to air travel ? Ann Otol Rhinol Laryngol 2003 ; 112: pp. 230-233.

- 19) Miyazawa T., Ueda H., Yanagita N., Eustachian tube function and middle ear barotrauma associated with extremes in atmospheric pressure, *Ann Otol Rhinol Laryngol* 1996 ; 105: pp. 887-892.
- 20) Ramos CC., Papoport PB., Brito Neto RV., Clinical and tympanometric finding in repeated recreational scuba diving, *Travel Med Infect Dis* 2005 ; 3: pp. 19-25.
- 21) Goodhill V., Sudden deafness and round window rupture, *Laryngoscope* 1971; 81 (9)1462-74
- 22) Kossowski M.. Otopathies dysbariques, *EMC - Oto-rhino-laryngologie* 2018;13(2):1-11 [Article 20-184-C-10].
- 23) Zulkafly AR., Saim L., Said H., Mukari SZ., Esa R., Hearing loss in diving--a study amongst Navy divers. *Med J Malaysia*. 1996 Mar ;51(1) :103-8.
- 24) Wingelaar TT., Endert EL., Hoencamp R. et al., Longitudinal screening of hearing threshold in navy divers : is diving really a hazard ? *Diving Hyperb Med*. 2019 December 20 ; 49 (4) 283-290
- 25) Komdeur P., Wingelaar TT., Van Hulst RA., A survey on the health status of Dutch scuba diving instructors. *Diving HyperB Med* 2021 Mar 31; 51(1):18-24.
- 26) Lippmann J., Stevenson C., Taylor D. Mc D., Scuba diving fatalities in Australia, 2001 to 2013: Diver demographics and characteristics. *Diving and Hyperbaric Medicine*. 2020 June 30 ; 50(2) : 105–114
- 27) Coulange M., Rossi P., Gargne O., Gole Y. Bessereau J. Regnard J., Jammes Y. Barthelemy A., Auffray JP. And Boussuges A., Pulmonary oedema in healthy SCUBA divers : new physiopathologie pathways, *Clin Phys and Funct Imaging* , 2010; 30 : 181-6
- 28) Castagna O. Gempp E., Poyet R., Schmid B., Desruelle AV., Crunel V., Maurai A., Chopard R., Mac Iver DH., cardiovascular mechanisms of extravascular lung water accumulation in divers, *Am J Cardiol*, 2017 ; 119 : 929-32
- 29) Lafay V. The heart and underwater diving, *Arch Mal Cœur Vaiss* 2006 Nov ; 99 (11) : 1115-9
- 30) Meliet JL., Coulange M., L'aptitude médicale des plongeurs in *Cœur et plongée*, Lafay V. Editions Ellipses paris, 2017
- 31) Oliva L, Huszti E, Barker M et a. New-onset atrial fibrillation following percutaneous closure of patent foramen ovale: a systematic review and meta-analysis *J Interv Card Electrophysiol* 2021 Mar;60(2):165-174
- 32) Delmas MC, Furhman C. L'asthme en France. Synthèse des données épidémiologiques descriptives *Rev Mal Resp* (2010) 27, 151–159
- 33) Tetzlaff K, Muth CM Demographics and respiratory illness prevalence of sport scuba divers, *Int J Sports Med*, 2005 Sep ; 26 (7) 0-10
- 34) Gore M DP, Dixin G, Stanton AE Is it safe to SCUBA dive with asthma *Expert Rev Respir Med* 2019 Nov;13(11):1069-1077
- 35) Muller A, Rochoy M, Diving and asthma : literature review *Rev Pneumol Clin* 2018 Dec;74(6):416-426
- 36) Rochoy A, Muller A, Pelayo S, Bailleux B, Hedouin V, Girard J. Asthma and scuba-diving : creation and evaluation of website (for doctors asthmatics and diving instructors) *Rev Mal Respir*. 2021 Jan ; 38 (1) : 22-33

- 37) Furhman C, Delmas MC Epidemiology of chronic obstructive pulmonary disease in France. Rev Mal Respir 2010 Feb;27(2):160-8.
- 38) Wendling J. et coll. Aptitude à la plongée (2^e éd.). Société Suisse de Médecine Subaquatique et Hyperbare (Crissier) 1996.
- 39) BTS. British Thoracic Society Fitness to Dive Group. Subgroup of the British Thoracic Society Standards of Care Committee. British Thoracic Society guidelines on respiratory aspects of fitness for diving. Thorax. 2003; 58: 3-13.
- 40) Barès C. Principes généraux de l'aptitude à la plongée. In : Broussolle B, Méliet JL, Coulange M (eds). Physiologie et Médecine de la Plongée. Ellipses Editions Marketing, Paris, 2006. p 551-67.
- 41) Eichhorn L, Leyk D: Diving medicine in clinical practice. Dtsch Arztebl Int 2015; 112: 147–58. Intérêt de l'examen médical préalable