

UNIVERSITE LILLE 2 DROIT ET SANTE  
**FACULTE DE MEDECINE HENRI WAREMBOURG**

Année : 2019

THESE POUR LE DIPLOME D'ETAT  
DE DOCTEUR EN MEDECINE

**Asthme et plongée sous-marine : création et évaluation d'un site internet destiné aux médecins, aux asthmatiques et aux moniteurs de plongée.**

Présentée et soutenue publiquement le 2 avril 2019 à 18H00  
Au Pôle Formation

**Par Alexandre MULLER**

---

**JURY**

**Président :**

**Monsieur le Professeur Valéry HEDOUIN**

**Assesseurs :**

**Monsieur le Professeur Julien GIRARD**

**Madame le Docteur Sylvia PELAYO**

**Monsieur le Docteur Bernard BAILLEUX**

**Directeur de Thèse :**

**Monsieur le Docteur Michaël ROCHOY**

---

## **AVERTISSEMENT**

La Faculté n'entend donner aucune approbation aux opinions émises dans les thèses : celles-ci sont propres à leurs auteurs.



## LISTE DES ABREVIATIONS

<b>AJPO2</b>	Association des Jeunes Pneumologues
<b>APRN</b>	Association des Pneumologues de la Région Nord
<b>CACI</b>	Certificat médical d'absence de contre-indication
<b>CMPN</b>	Commission Médicale et de Prévention Nationale
<b>CNIL</b>	Commission Nationale de l'Informatique et des Libertés
<b>DIU</b>	Diplôme Inter-Universitaire
<b>DOM-TOM</b>	Département et territoire d'outre-mer
<b>DU</b>	Diplôme Universitaire
<b>EFR</b>	Exploration fonctionnelle respiratoire
<b>FFESSM</b>	Fédération Française d'Etudes et de Sports Sous-Marins
<b>GINA</b>	<i>Global Initiative for Asthma</i>
<b>GNPU</b>	Groupement National de Plongée Universitaire
<b>LiSSa</b>	Littérature Scientifique en Santé
<b>PADI</b>	<i>Professional Association of Diving Instructors</i>
<b>SNJMG</b>	Syndicat National des Jeunes Médecins Généralistes
<b>SSI</b>	<i>Scuba Schools International</i>

## TABLE DES MATIERES

<b>RESUME</b> .....	<b>1</b>
<b>INTRODUCTION</b> .....	<b>2</b>
I. Plongée sous-marine .....	2
II. Asthme et plongée sous-marine.....	3
III. Objectif d'étude .....	5
<b>MATERIEL ET METHODES</b> .....	<b>6</b>
I. Recueil de données .....	6
II. Création du site internet .....	6
III. Évaluation du site internet par ses utilisateurs .....	7
IV. Évolution du site.....	8
<b>RESULTATS</b> .....	<b>9</b>
I. Revue de littérature.....	9
II. Évaluation du site.....	10
A. Description de la population.....	10
(a) Concernant les professionnels de santé .....	13
(b) Concernant l'expérience de plongée .....	14
(c) Concernant l'asthme .....	16
(d) Connaissances préalables sur l'asthme et la plongée .....	17
B. Evaluation quantitative du site internet .....	18
C. Évaluation qualitative et évolution du site .....	22
<b>DISCUSSION</b> .....	<b>26</b>
I. Résultats principaux.....	26
II. Comparaison à la littérature .....	26
III. Forces et limites .....	27
A. Forces.....	27
B. Limites .....	29
IV. Perspectives.....	29
<b>CONCLUSION</b> .....	<b>32</b>
<b>REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES</b> .....	<b>33</b>
<b>ANNEXES</b> .....	<b>37</b>
Annexe 1 : Physiopathologie de la plongée.....	37
Annexe 2 : Généralités sur l'asthme .....	45
Annexe 3 : Site internet avant améliorations .....	49
Annexe 4 : Questionnaire .....	54
Annexe 5 : Affiche.....	59
Annexe 6 : Déclaration à la CNIL .....	60
Annexe 7 : Publication de la revue de littérature dans la Revue de Pneumologie Clinique.....	61
Annexe 8 : Mesures prises par les 43 moniteurs ayant déjà encadré des asthmatiques (question 12).....	72
Annexe 9 : Recommandations pour les jeunes plongeurs (asthmatiques et non asthmatiques).....	73
Annexe 10 : Fiches de synthèse.....	74
Annexe 11 : Site internet après améliorations .....	77

## RESUME

**Introduction** : La plongée sous-marine avec scaphandre autonome fait partie des sports dits « à contraintes particulières » en raison des conditions environnementales qui affectent les structures et les fonctions corporelles. Cette activité a longtemps été strictement contre-indiquée aux asthmatiques ; cette contre-indication est remise en question depuis quelques années. Les médecins sont de plus en plus susceptibles d'être confrontés à des questions sur l'aptitude à pratiquer la plongée, tout comme les moniteurs de plongée. Notre objectif était de mettre à disposition un site internet, évalué par ses utilisateurs, entièrement sur le sujet, destiné aux médecins et aux moniteurs de plongée afin de les aider dans leur pratique quotidienne, mais également aux asthmatiques qui souhaiteraient se renseigner.

**Matériel et méthodes** : Nous avons dans un premier temps réalisé une revue de littérature sur le sujet, qui a fait l'objet d'une publication dans la Revue de Pneumologie Clinique. Nous avons ensuite créé le site, puis l'avons fait évaluer par ses utilisateurs potentiels, à travers un questionnaire diffusé en 2018 auprès de clubs de plongée, groupes de médecins généralistes, pneumologues et fédéraux de la FFESSM, et via les réseaux sociaux.

**Résultats** : Notre échantillon était composé de 413 évaluateurs, dont 264 professionnels de santé (63,9 %), 74 asthmatiques (17,9 %) et 92 moniteurs de plongée (22,3 %), répartis sur l'ensemble du territoire français. Les remarques faites par les utilisateurs ont permis d'apporter des améliorations concrètes sur le fond et sur la forme. La structure du site internet, la clarté de l'information rédigée et sa pertinence ont été globalement appréciées par l'ensemble de la population avec une note médiane de 8/10. Le site a été jugé utile : 73 % des utilisateurs potentiels interrogés pensaient le consulter par la suite.

**Conclusion** : Devant un nombre croissant de plongeur amateur, et donc potentiellement de plongeurs asthmatiques, il paraît primordial de mieux faire connaître les recommandations actuelles et les bonnes pratiques de plongée. Nous avons donc créé un outil d'information et d'aide utile pour les médecins, les moniteurs de plongée et les asthmatiques.

## INTRODUCTION

### I. Plongée sous-marine

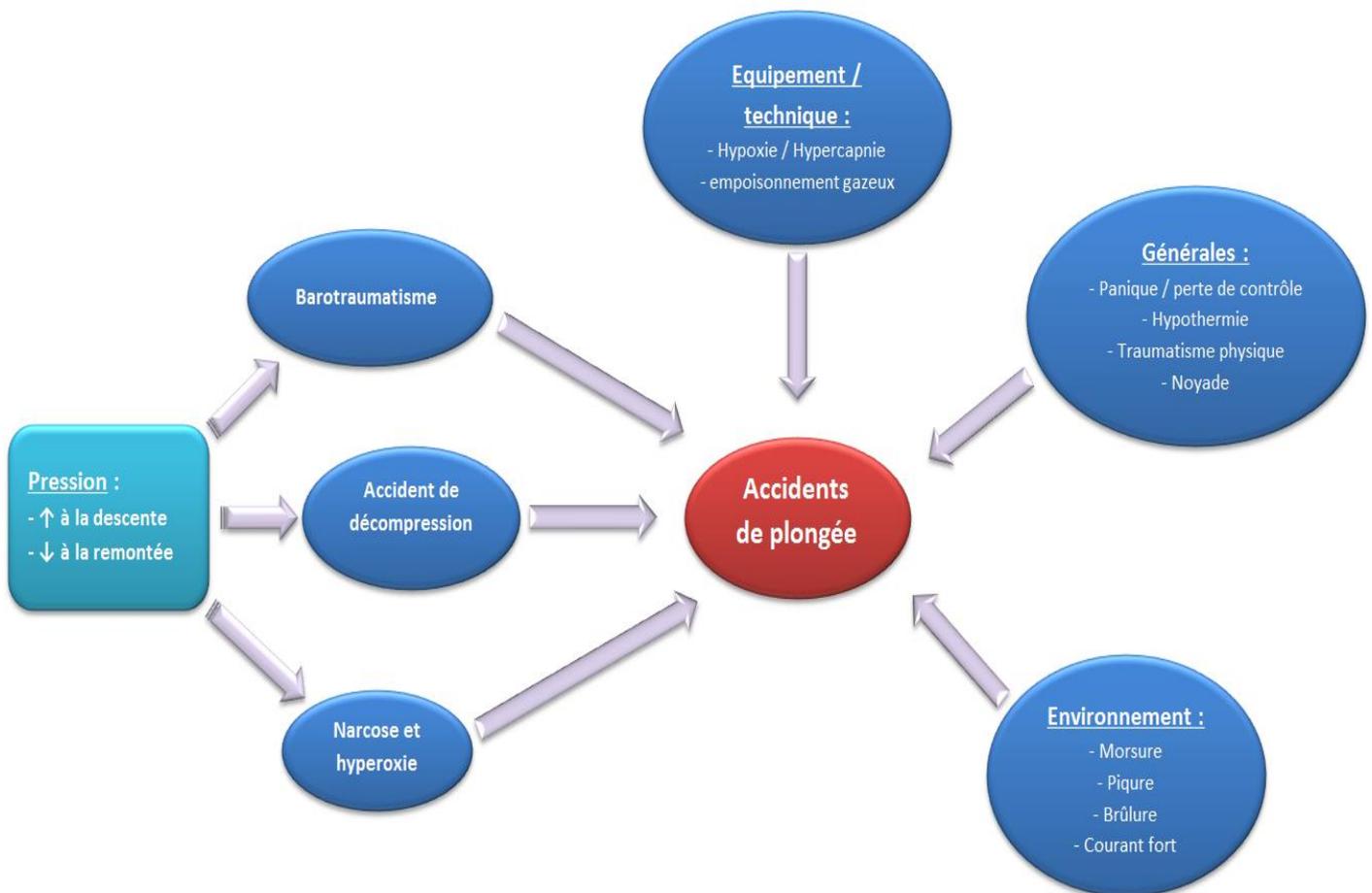
La plongée sous-marine avec scaphandre autonome (avec bouteille) fait partie des sports dits « à contraintes particulières », tels que l'alpinisme, les sports de combat ou le rugby (1). Bien qu'elle puisse paraître relativement calme et relaxante, c'est une activité exigeante dans laquelle les conditions environnementales affectent les structures et les fonctions corporelles. En effet, dans l'eau, la pression ambiante augmente d'une atmosphère (soit 1 bar) tous les 10 mètres de profondeur (2,3). Ce phénomène est à l'origine de plusieurs mécanismes (**Annexe 1**) :

- l'augmentation de la pression ambiante diminue le volume d'un gaz et augmente donc sa densité : un plongeur a besoin de respirer une masse de gaz beaucoup plus grande pour un même volume sous pression, ce qui entraîne une augmentation du travail respiratoire et une diminution des débits expiratoires et inspiratoires ;
- la pression hydrostatique comprime le thorax, l'abdomen et les membres, déplaçant ainsi le sang de la périphérie vers le thorax augmentant le volume sanguin intrathoracique : cela diminue la compliance et la capacité vitale pulmonaire, et augmente le travail respiratoire. La pression hydrostatique altère également les échanges gazeux.

De plus, le fait de respirer à l'aide d'un détendeur augmente la résistance inspiratoire et expiratoire, ce qui augmente encore le travail respiratoire.

Ainsi, la combinaison entre l'augmentation de la densité des gaz, l'augmentation de la pression hydrostatique et l'augmentation de la résistance inspiratoire et expiratoire par le détendeur, concourent à diminuer la capacité respiratoire du plongeur (2,3).

Le plongeur s'expose à plusieurs risques, notamment les barotraumatismes, les accidents de décompression, la narcose, l'hyperoxie et les risques liés à l'équipement, à la technique et à l'environnement marin (blessures, etc.) (**Figure 1**). Il est primordial qu'il les connaisse parfaitement (2-5).



**Figure 1. Principales causes responsables d'accidents de plongée (d'après (2–5))**

La plongée sous-marine a longtemps été réalisée à des fins commerciales et militaires, mais elle a connu une augmentation spectaculaire de popularité en tant qu'activité de loisir au cours des 30 dernières années. Le nombre exact de plongeurs dans le monde n'est pas connu, mais l'une des plus grandes associations de plongée au monde, la *Professional Association of Diving Instructors* (PADI), a délivré plus de 24 millions de certifications de plongée dans le monde depuis 1967 (6). Les médecins sont donc de plus en plus susceptibles d'être confrontés à des questions sur l'aptitude à pratiquer la plongée (2,6,7).

## II. Asthme et plongée sous-marine

L'asthme est une maladie inflammatoire chronique des voies aériennes à l'origine d'une hyperréactivité bronchique associant des symptômes respiratoires paroxystiques (dyspnée, sifflements, oppression thoracique, toux) et une obstruction bronchique réversible spontanément ou après un traitement (8) (**Annexe 2**).

Elle touche entre 1 et 18 % de la population en fonction des pays (9). En France, la prévalence de l'asthme chez l'adulte est estimée entre 5 à 7 % (10).

Dans les années 1930, des cas mortels de surpression pulmonaire furent rapportés par la marine américaine, lors d'exercices de remontée de sauvetage en eau libre, à partir de sous-marins. Suite à cela, les patients connus pour un problème pulmonaire, y compris l'asthme, furent déclarés inaptes à la plongée sous-marine (11). Les troubles respiratoires ont été responsables de 30 % des renvois, la majorité étant liée à l'asthme (12).

La plongée sous-marine avec scaphandre autonome a donc longtemps été strictement contre-indiquée pour les asthmatiques (13), principalement pour le risque de barotraumatisme pulmonaire grave, secondaire à l'apparition d'un bronchospasme (favorisé par la respiration d'un air froid et sec par le détendeur) provoquant une surpression pulmonaire durant la remontée (l'air étant piégé dans les alvéoles).

Malgré cela, la prévalence de l'asthme chez les plongeurs est similaire à celle de l'asthme dans la population générale (environ 7 %) (14–21) et de nombreux asthmatiques plongent sans incident (16,22,23). La contre-indication stricte à la plongée sous-marine ne paraissait donc ni respectée ni pertinente, quel que soit le pays. Les recommandations concernant l'aptitude des asthmatiques à pouvoir pratiquer la plongée sous-marine avec scaphandre autonome ont donc évolué et il ne s'agit plus, depuis quelques années, d'une contre-indication stricte mais relative (24,25).

Cependant, ces évolutions semblent mal connues des médecins, des moniteurs de plongée et des plongeurs asthmatiques, ce qui peut avoir plusieurs conséquences :

- le médecin (généraliste principalement) peut juger trop rapidement d'une contre-indication stricte, ou à l'inverse réaliser un certificat médical d'absence de contre-indication (CACI) à la plongée alors qu'il existe un risque ;
- le moniteur de plongée peut ne pas connaître les précautions à prendre ;
- le plongeur asthmatique peut, de peur d'être jugé inapte à la plongée, mentir sur ses antécédents médicaux pour obtenir un CACI, ou se rendre à l'étranger, où de nombreux organismes de plongée, comme PADI ou la *Scuba Schools International* (SSI) par exemple, font uniquement signer une déclaration sur l'honneur de l'absence de contre-indication par le client ; cela peut lui faire prendre des risques inconsidérés.

De plus, il n'existe pas à notre connaissance de source facilement accessible, francophone, détaillée et compréhensible sur le sujet afin de répondre aux principales questions d'intérêt pour les plongeurs asthmatiques et médecins confrontés à cette situation :

- la plongée sous-marine avec scaphandre autonome est-elle plus dangereuse pour les asthmatiques en comparaison des non-asthmatiques, en théorie et en pratique ?
- quelles sont les recommandations actuelles et quels conseils donner ?

### **III. Objectif d'étude**

Notre objectif était de créer un site internet, évalué par ses utilisateurs, sur l'asthme et la plongée sous-marine, destiné aux médecins, aux moniteurs de plongée et aux asthmatiques afin de les informer et de les aider dans leur pratique quotidienne.

## MATERIEL ET METHODES

### I. Recueil de données

Nous avons tout d'abord effectué une recherche dans la base MEDLINE, sans limite de date initiale et jusque fin juin 2018, avec l'équation suivante : « *asthma AND diving* ». Une recherche complémentaire a été effectuée à la même période dans la littérature française et la littérature grise en utilisant le moteur de recherche LiSSa (Littérature Scientifique en Santé), avec les mots-clés « asthme plongée ». Les références au premier degré des articles retenus par la revue de littérature ont également été analysées. Ont été exclus les doublons, les articles rédigés en langue autre que l'anglais, le français ou l'espagnol, les articles inaccessibles, les articles ne traitant pas des risques ou des recommandations concernant la plongée chez les asthmatiques.

### II. Création du site internet

Nous avons ensuite créé le site [asthme-plongee.com](http://asthme-plongee.com) (hébergement chez OVH sur financement personnel), en utilisant le système de gestion de contenu WordPress. Le site a été mis en ligne en juillet 2018. Nous l'avons structuré en 6 grandes parties en s'appuyant sur la revue de littérature réalisée (**Annexe 3**) :

- généralités sur l'asthme,
- physiologie de la plongée,
- risques chez le plongeur asthmatique,
- recommandations actuelles (pour tout plongeur et les plongeurs asthmatiques, en France et à l'étranger),
- conclusion (différente selon l'utilisateur : médecin, moniteur de plongée ou asthmatique),
- données de la littérature plus détaillées.

### III. Évaluation du site internet par ses utilisateurs

Dès la mise en ligne du site, nous avons réalisé une évaluation par ses utilisateurs potentiels, par l'intermédiaire d'un questionnaire (**Annexe 4**). Pour créer ce questionnaire, nous nous sommes inspirés du NetScoring français et de la grille d'analyse de site web canadienne cités par la Haute autorité de santé (26), ainsi que celui d'une publication récente concernant une évaluation de site internet (centre régional de pharmacovigilance du Nord-Pas-De-Calais) (27). Notre questionnaire comportait 24 questions et a été établi en 3 parties :

- **caractéristiques générales des répondants** : sexe, âge, lieu de résidence, professionnel de santé, asthmatique, expérience de plongée, connaissances sur la contre-indication asthme et plongée, mesures prises lors d'une précédente rencontre avec un plongeur asthmatique pour les professionnels de santé ou les moniteurs de plongée ;
- **moyens mis en place pour consulter et évaluer le site** : mode d'entrée, outil utilisé, navigateur, durée de navigation avant évaluation ;
- **évaluation du site** : sur le plan visuel, sur le contenu, sur la pertinence, sur l'utilité des informations fournies et sur d'éventuelles modifications à apporter.

Le questionnaire a été mis en ligne sur la plateforme GoogleForms et partagé du 29 juin 2018 au 5 août 2018 de la façon suivante :

- diffusion sur les réseaux sociaux des investigateurs (Facebook, Twitter),
- diffusion par mail à 350 clubs de plongée en France métropolitaine et dans les DOM-TOM avec une affiche disponible pour impression (**Annexe 5**),
- diffusion aux différents membres de la Fédération Française d'Etude et des Sports Sous-Marins (FFESSM),
- diffusion aux membres de la Commission Médicale et de Prévention Nationale (CMPN) de la FFESSM,
- diffusion à l'association des pneumologues de la région Nord (APRN),
- diffusion à l'association des jeunes pneumologues (AJPO2),
- diffusion au Syndicat National des Jeunes Médecins Généralistes (SNJMG).

Une déclaration préalable a été effectuée auprès de la CNIL (n° 2210813v0) (**Annexe 6**).

Les analyses ont été effectuées sur le logiciel Microsoft Excel. Les variables quantitatives de la première partie ont été décrites sous forme de moyenne  $\pm$  écart-type (âge, temps de

navigation avant évaluation); les variables qualitatives sous forme « nombre (pourcentage) ». Les variables quantitatives d'évaluation du site ont été présentées sous forme de boîte à moustache, avec la médiane, les 1<sup>er</sup> et 3<sup>ème</sup> quartiles.

#### **IV. Évolution du site**

Le site n'a pas été modifié pendant la période d'évaluation, afin de ne pas compromettre la cohérence des résultats.

Nous avons par la suite effectué des modifications suite aux commentaires des utilisateurs, afin de rendre cet outil plus adapté, dans le cadre d'une « conception centrée sur l'utilisateur » (28).

## RESULTATS

### I. Revue de littérature

L'extraction des données a permis d'identifier 115 documents d'intérêt, dont 71 ont été analysés (**Figure 2**) : 45 articles ont été exclus, principalement pour inaccessibilité ou parce qu'ils ne concernaient pas directement le sujet ; un seul article a été exclu sur la langue (allemande) et sur le fait qu'il ne concernait ni les risques ni les recommandations.

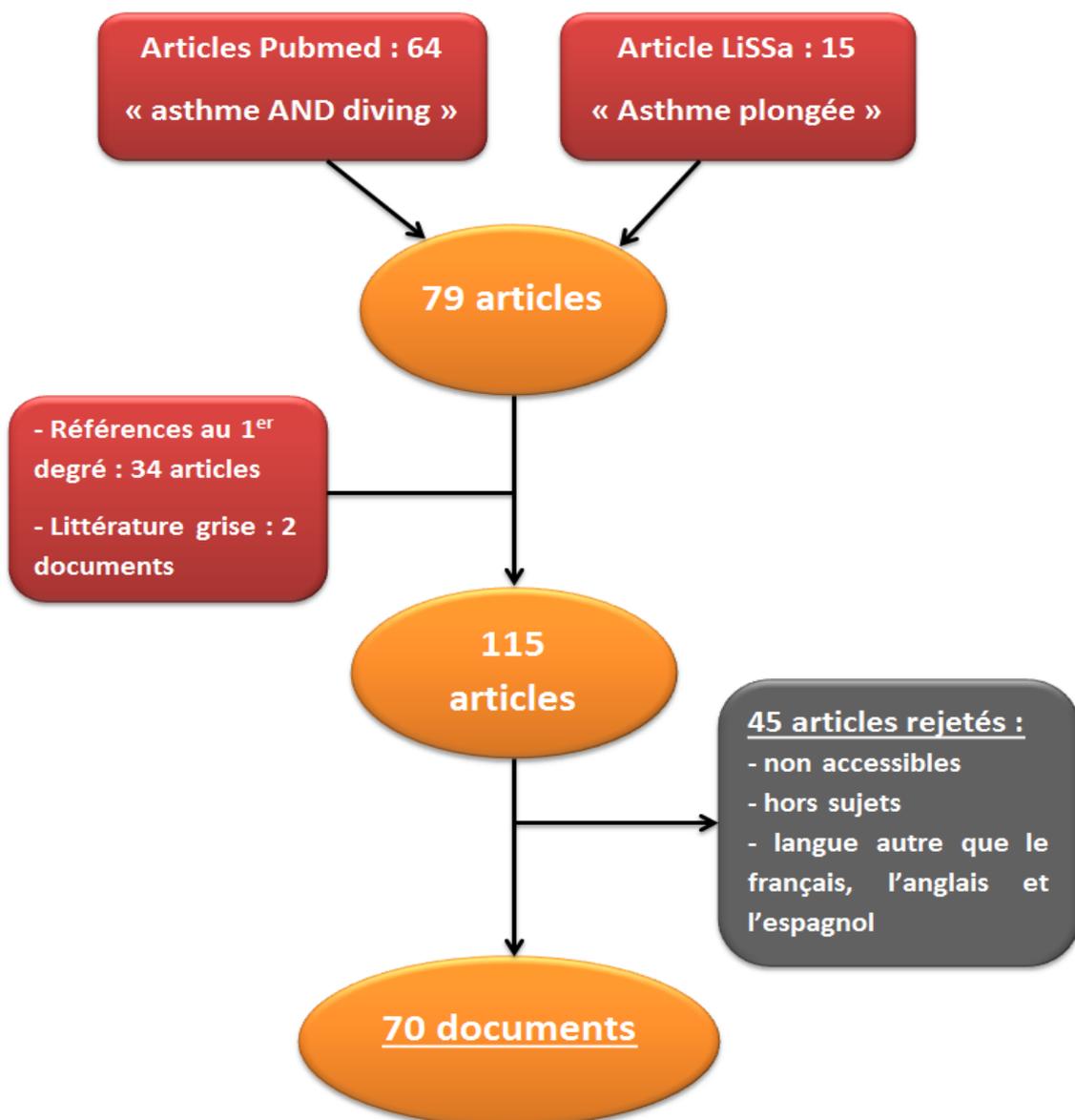


Figure 2. Diagramme de flux

La revue de littérature réalisée a fait l'objet d'une publication dans la Revue de Pneumologie Clinique, validée par son comité de lecture (29) (**Annexe 7**).

## II. Évaluation du site

### A. Description de la population

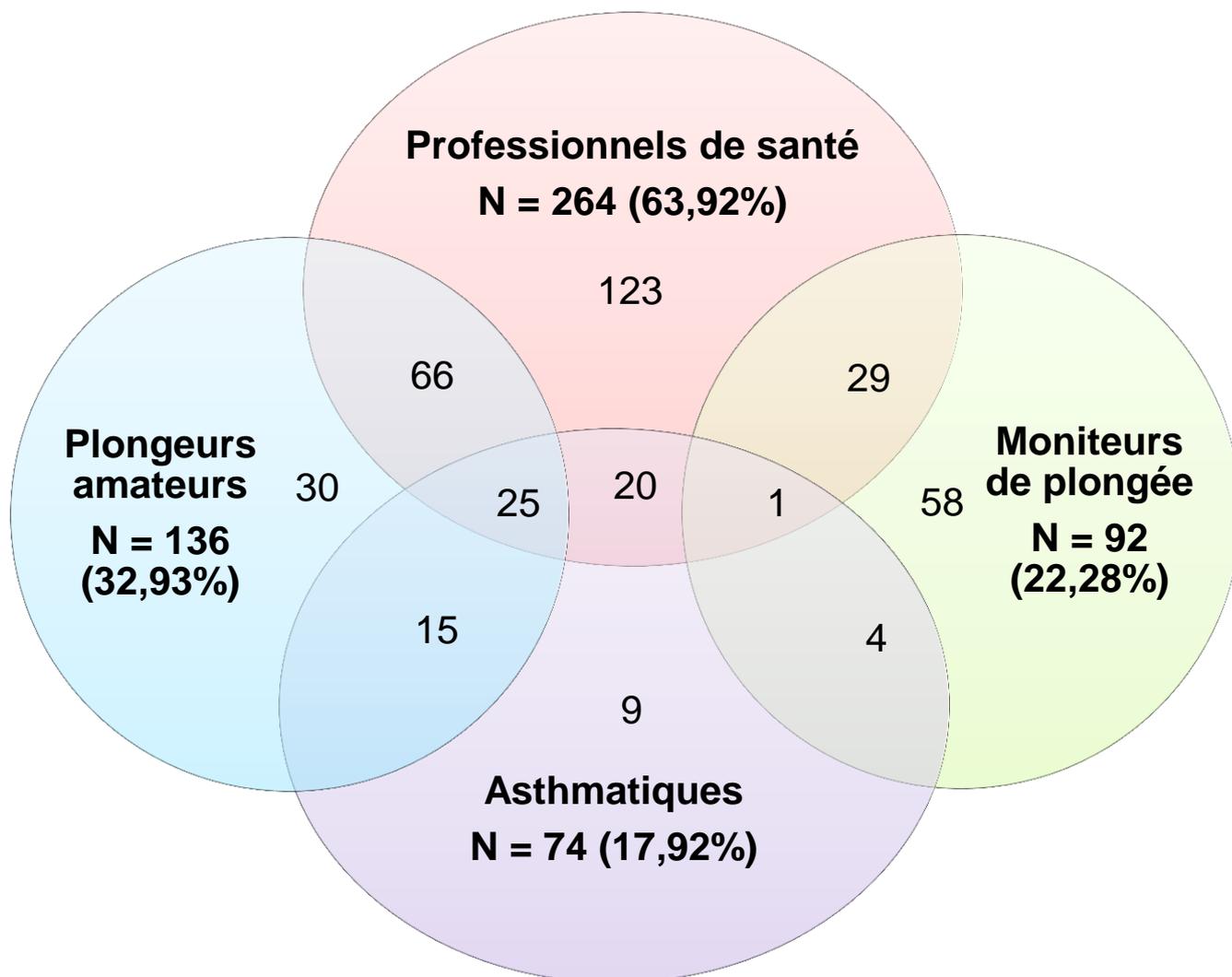
Du 29 juin au 4 août 2018, 413 personnes ont répondu à notre questionnaire (**Table 1**).

**Table 1. Caractéristiques générales des 413 participants**

<b>Caractéristiques</b>	<b>Valeurs*</b>
<b>Sexe :</b>	
Masculin	206 (49,88 %)
Féminin	202 (48,91 %)
Non précisé	5 (1,21 %)
<b>Age (années) :</b>	
Moyenne $\pm$ écart-type	38,25 $\pm$ 13,53
<b>Professionnel de santé :</b>	264 (63,92 %)
<b>Asthmatique :</b>	74 (17,92 %)
<b>Expérience de plongée :</b>	
Moniteur de plongée	92 (22,28 %)
Plongeur amateur (niveau 1 et plus)	136 (32,93 %)
Baptême uniquement	69 (16,71 %)
Aucune expérience	116 (28,09 %)
<b>Avant d'avoir consulté le site, pensiez-vous que l'asthme représentait pour la plongée sous-marine :</b>	
une contre-indication stricte	73 (17,68 %)
une contre-indication relative	281 (68,03 %)
aucune contre-indication	41 (9,93 %)
ne se prononce pas	18 (4,36 %)
<b>Comment êtes-vous arrivé sur ce sondage ?</b>	
Contact direct	13 (3,15 %)
Facebook	178 (43,10 %)
Twitter	53 (12,83 %)
Mail	129 (31,23 %)
Bouche-à-oreille	27 (6,54 %)
Via un club de plongée	6 (1,45 %)
Par hasard	2 (0,48 %)
Autre	5 (1,21 %)
<b>Sur quel outil avez-vous consulté le site ?</b>	
Ordinateur (fixe, portable)	181 (43,83 %)
Smartphone	218 (52,78 %)
Tablette	14 (3,39 %)
<b>Avec quel navigateur ?</b>	
Google Chrome	199 (48,18 %)
Internet Explorer	35 (8,47 %)
Mozilla Firefox	57 (13,80 %)
Safari	113 (27,36 %)
Opéra	1 (0,24 %)
Autre	8 (1,94 %)
<b>Temps moyen passé sur le site avant d'en faire l'évaluation :</b>	
Moyenne $\pm$ écart-type	6 min 49s $\pm$ 6 min 16s

\*Les variables quantitatives sont sous la forme moyenne  $\pm$  écart-type ; les variables qualitatives sous la forme « nombre (%) »

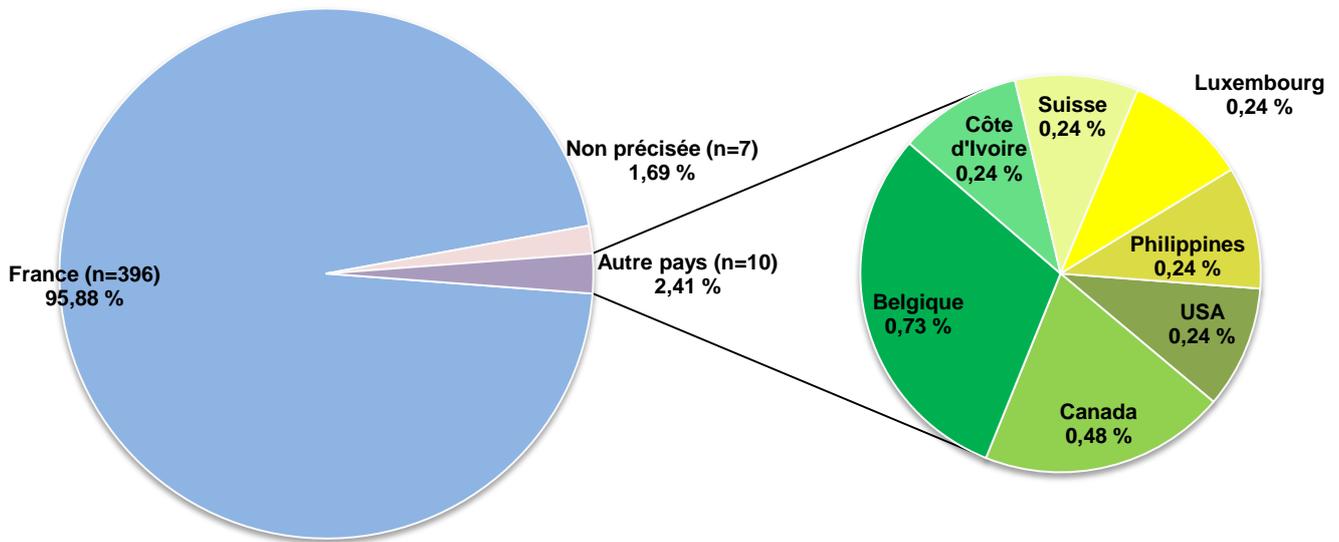
Notre évaluation a donc permis de recueillir les avis de 264 professionnels de santé (63,92 %), 74 asthmatiques (17,92 %), mais aussi 136 plongeurs amateurs (32,93 %) et 92 moniteurs de plongée (22,28 %), en sachant que des professionnels de santé peuvent à la fois être asthmatiques et/ou plongeurs et inversement (**Figure 3**). Au total, 33 participants (7,99 %) n'étaient ni professionnels de santé, ni asthmatiques, ni moniteurs ou plongeurs amateur.



**Figure 3. Diagramme de Venn : répartition des participants entre professionnels de santé, plongeurs, moniteurs de plongée et asthmatiques**

Notre échantillon était principalement constitué de personnes résidant en France (396, soit 95,88 %) : 370 (93,43 %) en France métropolitaine et 26 (6,57 %) dans les DOM-TOM. Dix répondants vivaient à l'étranger (2,42 %) et 7 (1,69 %) n'ont pas répondu à cette question (**Figure 4**).

### Répartition géographique globale des 413 participants



### Répartition géographique des 396 (95,88 %) participants en France métropolitaine et dans les DOM-TOM

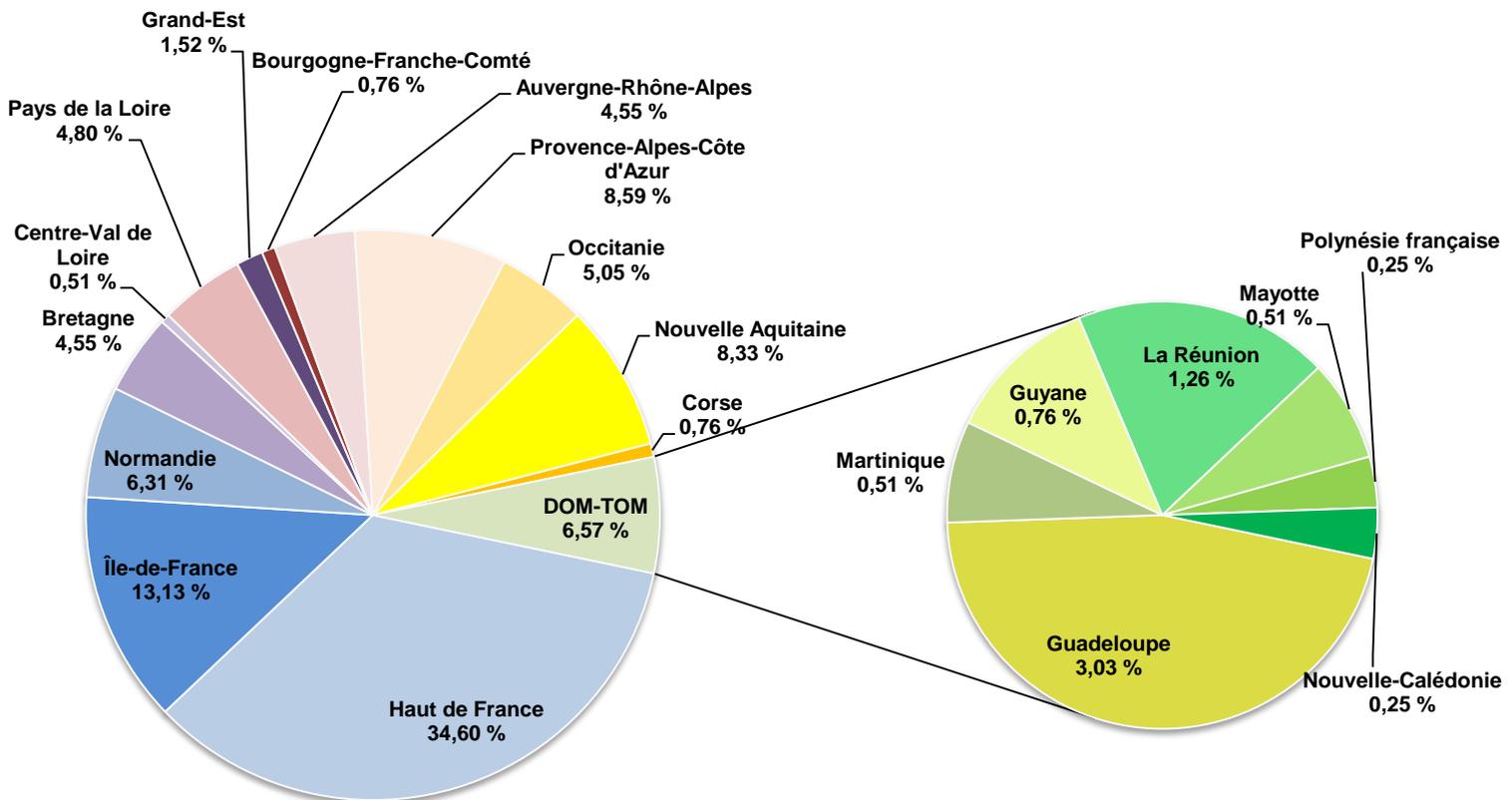


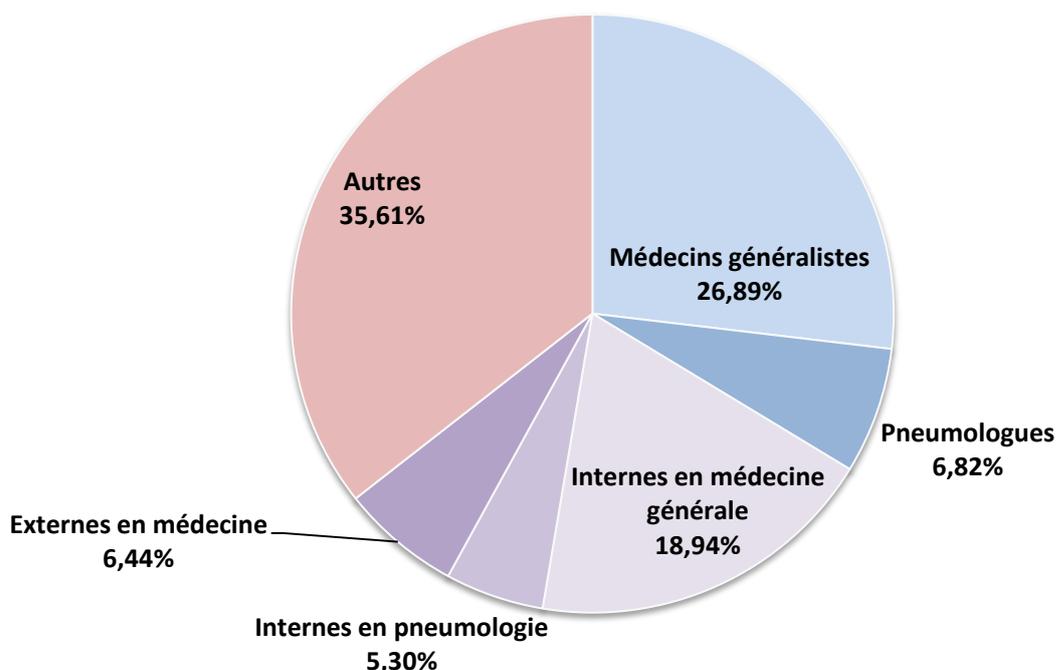
Figure 4. Répartition géographique des 413 participants

**(a) Concernant les professionnels de santé**

Parmi les 264 professionnels de santé, 121 étaient médecins généralistes ou internes en médecine générale (45,8 %) et 32 pneumologues ou internes en pneumologie (12,1 %) ; au total, 50 (18,94 %) étaient des médecins fédéraux de la FFESSM, et/ou spécialisés en médecine subaquatique et hyperbare et/ou en médecine du sport (**Table 2, Figure 5**).

**Table 2. Caractéristiques détaillées des professionnels de santé (N = 264)**

<b>Caractéristiques</b>	<b>Valeurs : N (%)</b>
<b>Statut</b>	
Médecin généraliste	71 (26,89 %)
Interne en médecine générale	50 (18,94 %)
Pneumologue	18 (6,82 %)
Interne en pneumologie	14 (5,30 %)
Externe en médecine	17 (6,44 %)
Autre	94 (35,61 %)
Dont :	
Spécialisé (médecin fédéral / subaquatique-hyperbare / sport)	50 (18,94 %)
<b>Ayant déjà été confronté à des questions concernant la plongée à la demande spontanée d'un patient asthmatique ?</b>	
Médecin généraliste (N = 71)	32 (45,07 %)
Interne en médecine générale (N = 50)	16 (32 %)
Pneumologue (N = 18)	10 (55,56 %)
Interne en pneumologie (N = 14)	3 (21,43 %)
<b>En tant que professionnel de santé, avant de consulter le site, pensiez-vous que l'asthme représentait pour la plongée sous-marine :</b>	
Une contre-indication stricte	50 (18,94 %)
Une contre-indication relative	178 (67,42 %)
Aucune contre-indication	26 (9,85 %)
Ne se prononce pas	10 (3,79 %)
<b>Professionnel de santé et asthmatique</b>	46 (17,42 %)
<b>Professionnel de santé asthmatique et expérience de plongée (N = 46)</b>	
Moniteur de plongée	1 (2,17 %)
Plongeur amateur (niveau 1 et plus)	25 (54,35 %)
Baptême uniquement	7 (15,22 %)
Aucune expérience de plongée	13 (28,26 %)



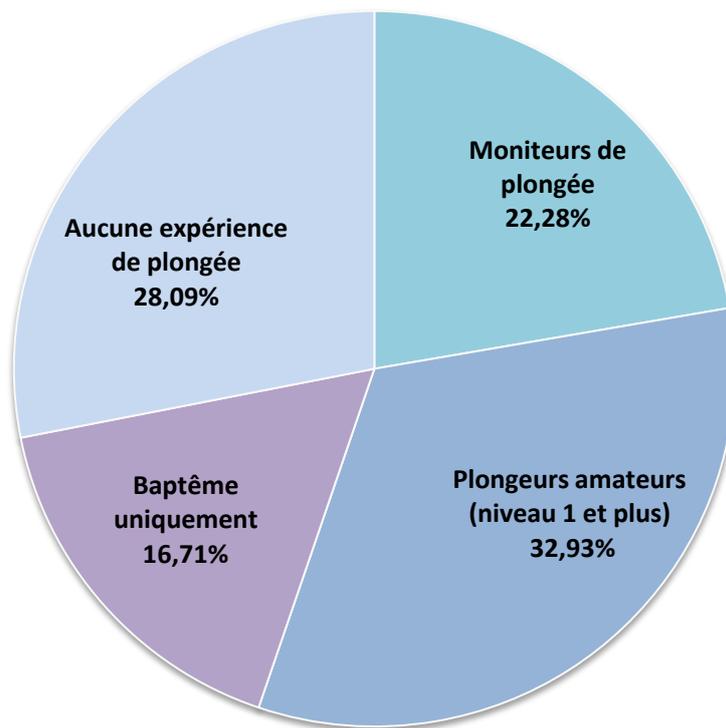
**Figure 5. Répartition des 264 professionnels de santé**

**(b) Concernant l'expérience de plongée**

Concernant l'expérience de plongée, notre échantillon comportait 92 (22,3 %) moniteurs de plongée dont 30 (32,6 %) professionnels de santé, 136 (32,9 %) plongeurs amateurs (niveau 1 et plus) dont 91 (66,9 %) professionnels de santé (**Table 3, Figure 6**).

**Table 3. Caractéristiques détaillées de l'expérience de plongée de notre échantillon**

Caractéristiques	Valeurs
<b>Moniteur de plongée</b>	92 (22,28 %)
Dont professionnel de santé	30 (32,61 %)
Dont asthmatique	5 (5,43 %)
<b>Moniteur ayant déjà été confronté à l'encadrement d'asthmatique</b>	43 (46,74 %)
<b>En tant que moniteur, avant de consulter le site pensiez-vous que l'asthme représentait pour la plongée sous-marine :</b>	
Une contre-indication stricte	12 (13,04 %)
Une contre-indication relative	76 (82,61 %)
Aucune contre-indication	1 (1,09 %)
Ne se prononce pas	3 (3,26 %)
<b>Plongeur amateur (niveau 1 et plus)</b>	136 (32,93 %)
Dont professionnel de santé	91 (66,91 %)
Dont asthmatique	40 (29,41 %)
<b>Baptême uniquement</b>	69 (17,71 %)
Dont professionnel de santé	55 (79,71 %)
<b>Aucune expérience de plongée</b>	116 (28,09 %)
Dont professionnel de santé	88 (75,86 %)



**Figure 6. Expérience de plongée chez les 413 participants**

Parmi les 92 moniteurs de plongée, 43 (46,74 %) ont déjà été confrontés à l'encadrement de plongeurs asthmatiques (**Annexe 8**). Certains d'entre eux ont pris des mesures particulières en plus d'exiger un CACI :

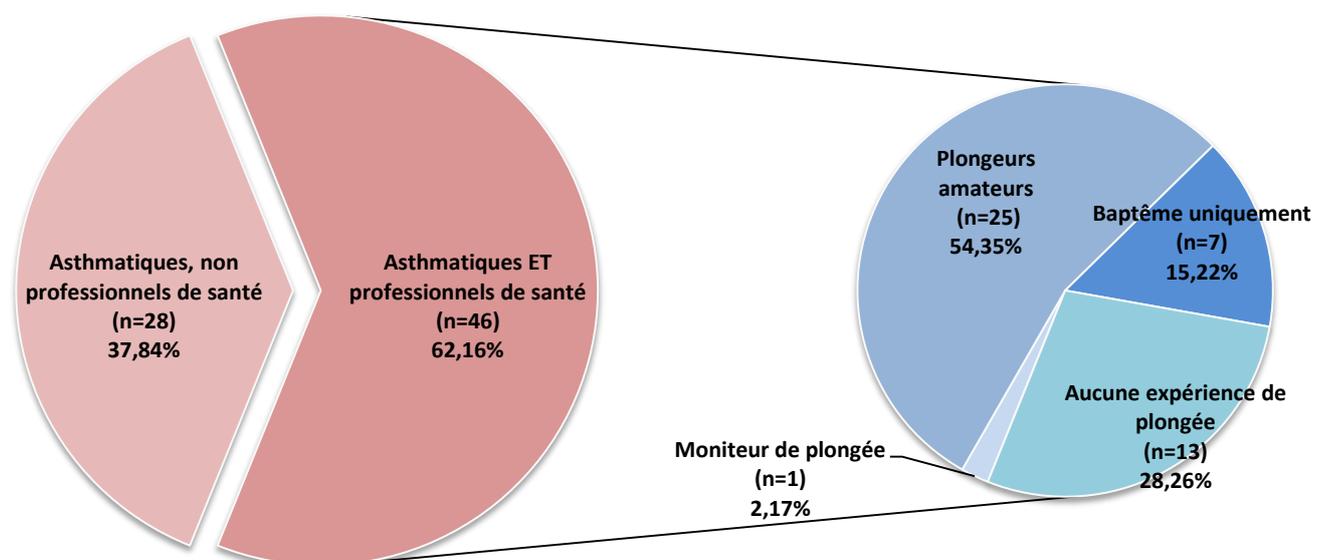
- **limiter la profondeur pour 11 moniteurs** (25,58 %) dont 1 professionnel de santé : à 30 mètres par 1 moniteur (9,09 %), à 20 mètres par 1 moniteur (9,09 %), non précisée par 9 moniteurs (81,82 %) ;
- **se limiter à des plongées peu stressantes** (nécessitant peu d'effort, courant faible, proche de la côte) par 6 moniteurs (13,96 %), dont 1 médecin hyperbare.
- **éviter les plongées en eau froide** (température limite non précisée) par 3 moniteurs (6,98 %) dont 1 médecin hyperbare.

**(c) Concernant l'asthme**

Concernant les 74 asthmatiques, 54 (72,9 %) ont une expérience de plongée (du baptême au moniteur). Parmi les 46 professionnels de santé asthmatiques, il y avait 1 moniteur de plongée (2,17 %) et 25 plongeurs amateurs (54,35 %) : dans notre échantillon, plus de 50 % des professionnels de santé qui sont également asthmatiques pratiquent la plongée sous-marine (**Table 4, Figure 7**).

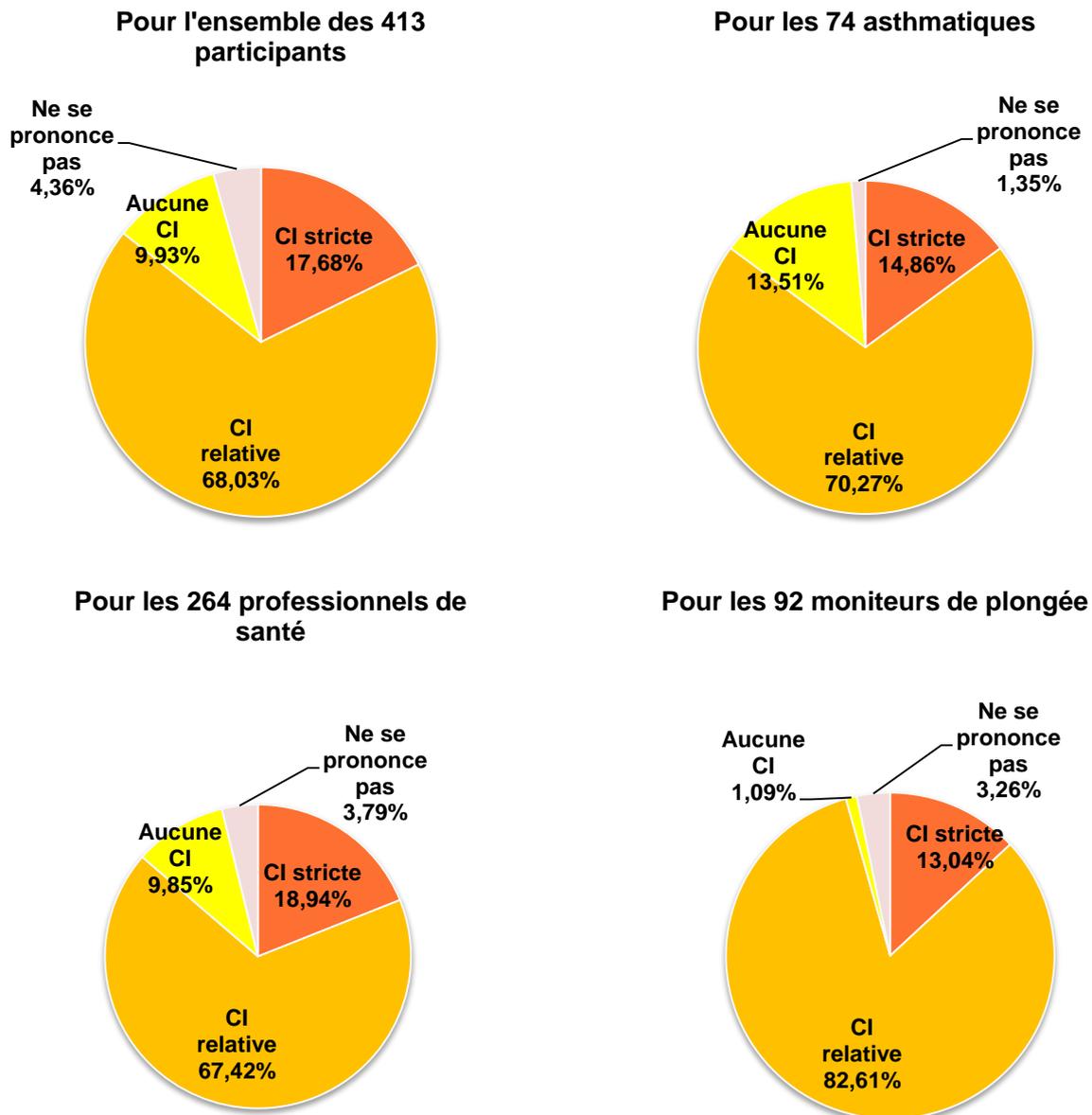
**Table 4. Caractéristiques détaillées des asthmatiques**

Caractéristiques	Valeurs : N (%)
<b>Asthmatique</b>	74 (17,92 %)
Dont :	
Professionnel de santé	46 (62,16 %)
Dont :	
Moniteur de plongée	5 (6,76 %)
Plongeur amateur (niveau 1 et plus)	40 (54,05 %)
Baptême uniquement	9 (12,16 %)
Aucune expérience de plongée	20 (27,03 %)
<b>Se sont déjà posé la question de la contre-indication à la plongée</b>	50 (67,57 %)
Parmi les asthmatiques ET professionnels de santé (N = 46)	27 (58,70 %)
<b>En tant qu'asthmatique, avant d'avoir consulté le site, pensiez-vous que l'asthme représentait pour la plongée sous-marine :</b>	
Une contre-indication stricte	11 (14,86 %)
Une contre-indication relative	52 (70,27 %)
Aucune contre-indication	10 (13,51 %)
Ne se prononce pas	1 (1,35 %)

**Figure 7. Expérience de plongée chez les 46 asthmatiques professionnels de santé**

### (d) Connaissances préalables sur l'asthme et la plongée

Parmi les 413 participants, les moniteurs de plongée étaient ceux mettant la plus grande réserve à la pratique de la plongée sous-marine chez les asthmatiques : 1 seul sur 92 n'y voyait aucune contre-indication (**Figure 8**). Les professionnels de santé avaient des avis plus partagés : 26 sur 264 n'y voyaient aucune contre-indication et à l'inverse, 50 sur 264 y voyaient une contre-indication stricte.



**Figure 8. Que représente l'asthme pour la pratique de la plongée sous-marine avec scaphandre autonome ?**

(CI : contre-indication)

## B. Évaluation quantitative du site internet

Concernant l'évaluation de la structure du site internet, la note médiane était de 8/10, pour une moyenne à 7,67/10 (**Figure 9**).

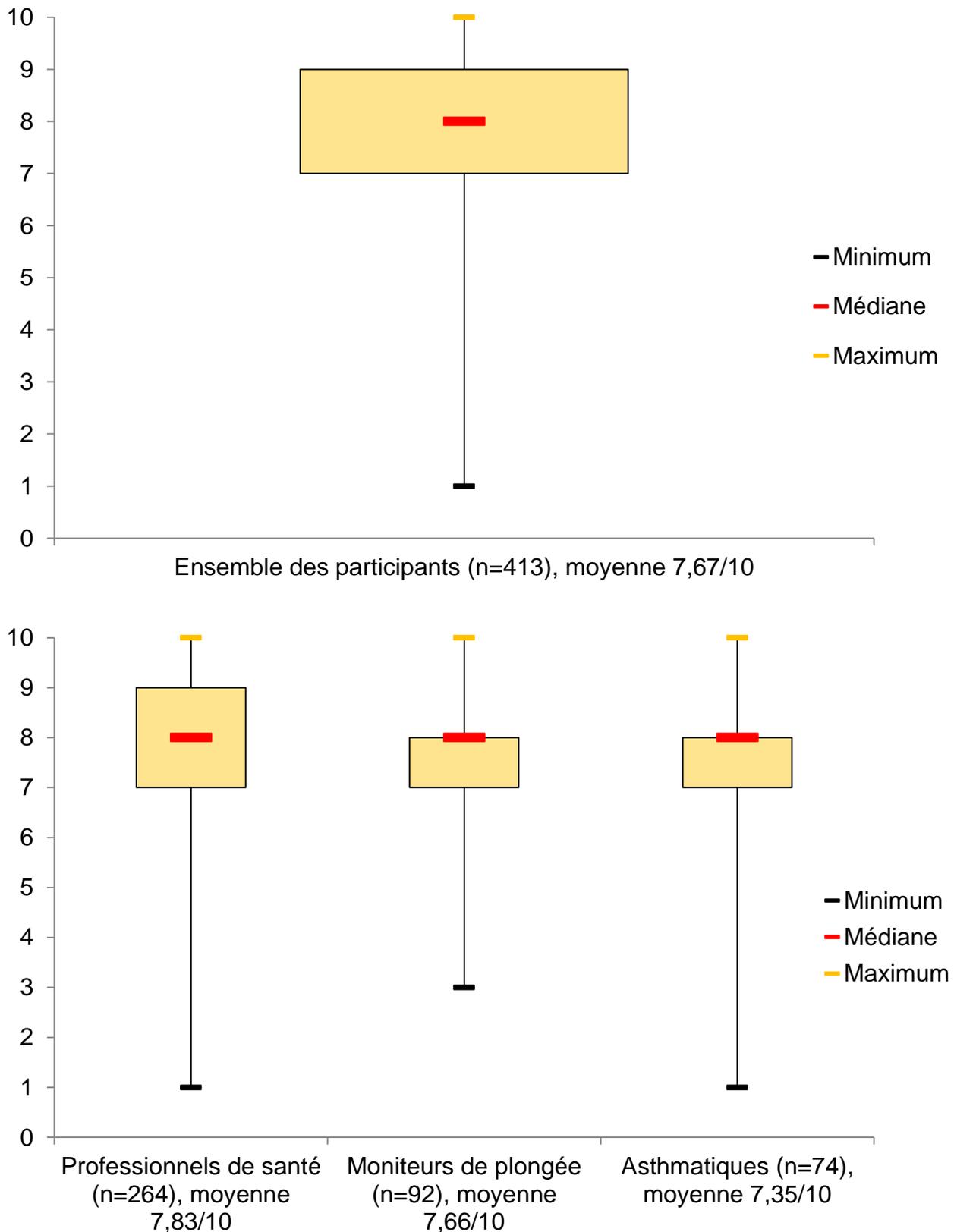


Figure 9. Évaluation de la structure du site

Concernant l'évaluation de la clarté de l'information rédigée, la note médiane était à 8/10, pour une moyenne à 8,03/10 (**Figure 10**).

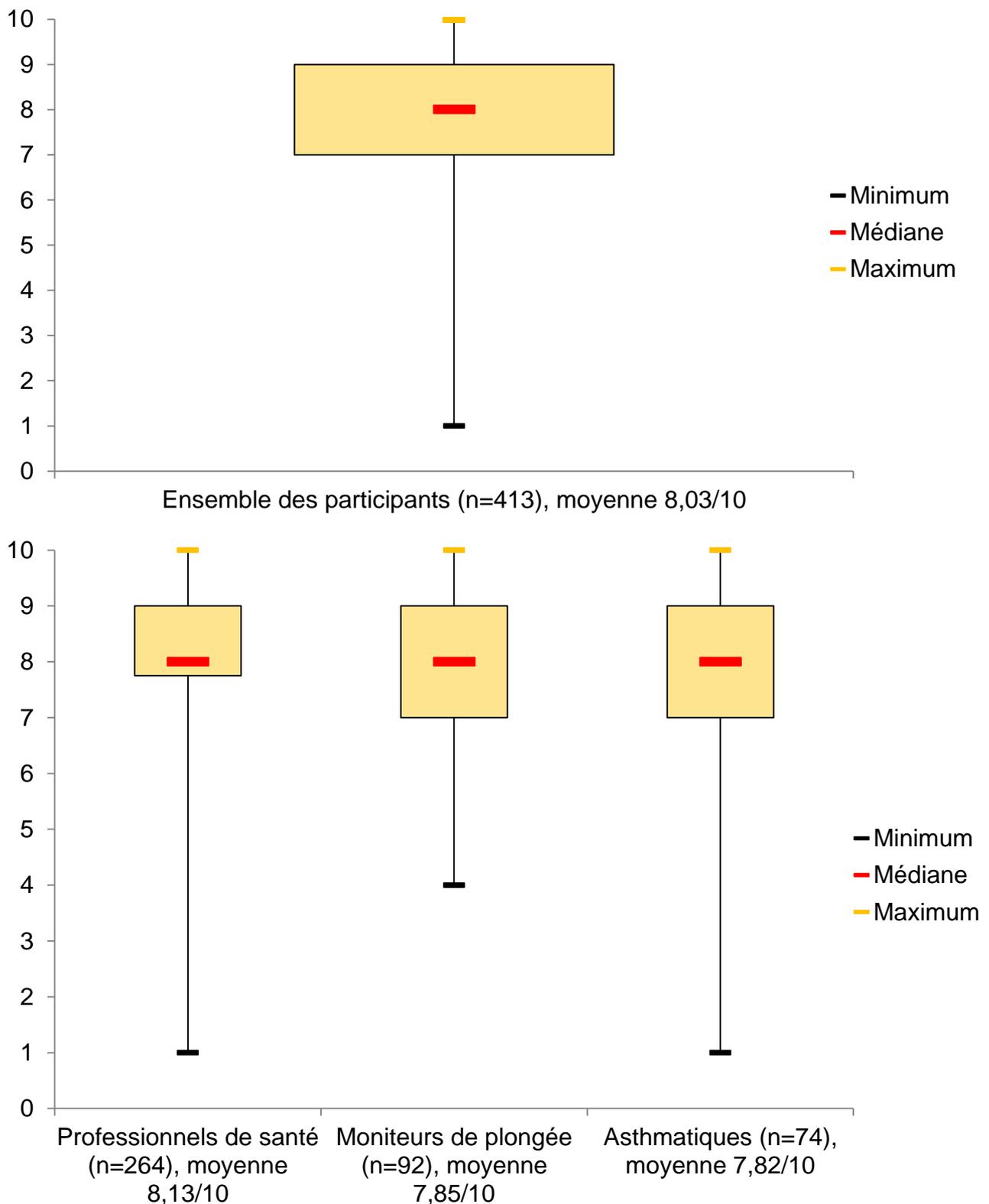
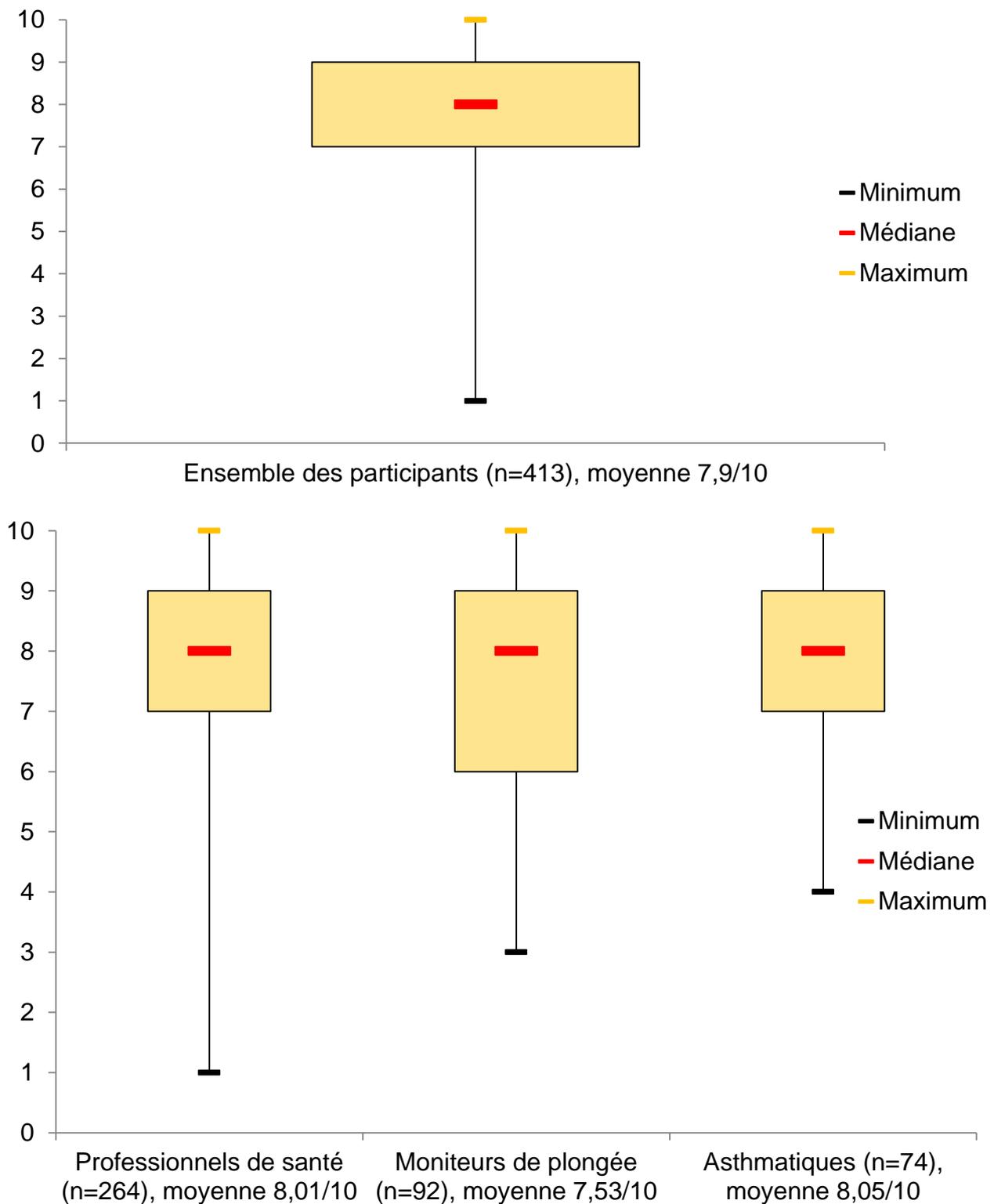


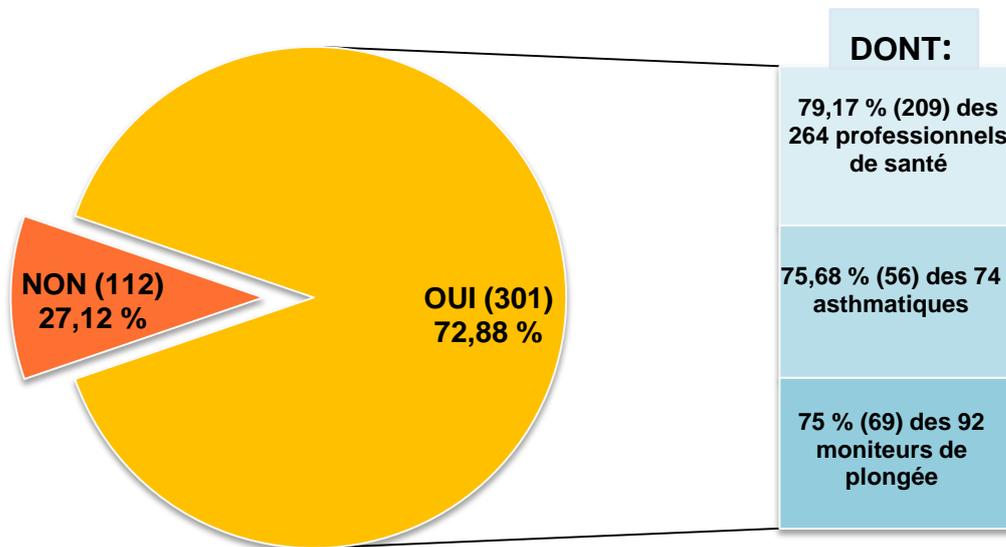
Figure 10. Évaluation de la clarté de l'information

Concernant l'évaluation de la pertinence de l'information par rapport aux besoins des utilisateurs potentiels, la note médiane était de 8/10, pour une moyenne à 7,9/10 (Figure 11).



**Figure 11. Évaluation sur la pertinence des informations par rapport aux besoins des utilisateurs.**

Enfin, à la question « pensez-vous utiliser ce site à l'avenir ? », 301 (72,88 %) participants ont répondu « oui » (**Figure 12**).



**Figure 12. Pensez-vous utiliser ce site à l'avenir ?**

Parmi les 264 professionnels de santé répondeurs, 209 (79,17 %) pensaient utiliser notre site à l'avenir :

- 77,46 % des 71 médecins généralistes,
- 92 % des 50 internes de médecine générale,
- 72,22 % des 18 pneumologues,
- 100 % des 14 internes en pneumologie,
- 76,47 % des externes en médecine
- 68 % des 50 médecins spécialisés (médecins du sport, médecins fédéraux, diplômés en médecine subaquatique et hyperbare).

Parmi les 112 personnes ayant répondu « non » (27,12 %), la majorité étaient non asthmatiques avec 94 (83,93 %) individus et 57 (50,89 %) non professionnels de santé (dont 48 (42,86 %) non asthmatiques non professionnels de santé).

### C. Évaluation qualitative et évolution du site

En plus de l'évaluation quantitative, l'évaluation qualitative a permis d'améliorer notre site sur le fond avec des informations complémentaires portant sur des sujets manquant initialement, tels que la plongée chez les mineurs (asthmatiques et non asthmatiques) (**Annexe 9**), la création de fiches de synthèse en format PDF imprimables et différentes selon l'utilisateur (médecin, moniteur ou asthmatique) (**Annexe 10**), l'ajout d'un modèle de certificat médical d'absence de contre-indication à la plongée sous-marine, la création d'une page avec des liens utiles aux utilisateurs, etc.

Cette évaluation a également permis des améliorations sur la forme, notamment sur le plan visuel avec plus de schémas colorés, une interface simplifiée pour une meilleure navigation, une réorganisation complète de la page « conclusion », personnalisée selon l'utilisateur (médecin, moniteur de plongée ou asthmatique) (**Annexe 11**).

L'ensemble des remarques et actions menées sont résumées dans la **Table 5** (celles sur fond vert ont été réalisées, celles sur fond orange n'ont pas été réalisées, avec les motivations).

**Table 5. Synthèse des remarques faites et des actions menées en fonction**

	n (%)	Remarques faites	Actions menées
<b>FOND</b>	16 (3,87 %)	« Ajouter un répertoire ou un lien pour trouver les médecins fédéraux de sa région »	Création d'une page avec les liens utiles (dont celui pour retrouver un médecin fédéral)
	11 (2,66 %)	« Ajouter une fiche PDF simple, didactique et synthétique pour les médecins, les moniteurs ou les patients à donner en fin de consultation »	Création d'une fiche PDF de synthèse imprimable (différente selon asthmatique / médecin / moniteur de plongée)
	8 (1,93 %)	« Quelles recommandations pour les mineurs ? »	Détails apportés sur ce point.
	6 (1,45 %)	« Ajouter un lexique des termes médicaux / abréviations pour les non professionnels de la santé »	Réalisation d'une page « lexique »
	4 (0,97 %)	« Limite de profondeur / pression / température ? »	Ce point est détaillé davantage en conclusion
		« Conseils et conduite à tenir pour les moniteurs (lors de signes d'une crise d'asthme, que faire, autoriser la plongée ? médication préventive ?) »	Paragraphe rajouté à ce sujet dans la conclusion (et sur la fiche pdf) destinée aux moniteurs de plongée
3 (0,73 %)	« La place du médecin généraliste lambda dans la rédaction du certificat de non contre-indication ? Par rapport au pneumologue ou médecin agréé ? »	Déjà précisé dans la page « recommandations générales », mais amélioration de la clarté	

			de cette information
		« Message trop rassurant »	Modification des messages importants pour rester fidèle aux données de la littérature sans être trop rassurant.
		« Renvoi vers des sites officiels (FFESSM) »	Création d'une page avec les liens utiles (dont celui du site de la FFESSM)
		« Asthme et plongée en apnée, chasse sous-marine »	A réfléchir par la suite
2 (0,48 %)		« Sources des recommandations sur le premier algorithme en page d'accueil »	Sources du schéma de synthèse précisées sur le site
		« Plus de détails sur les EFR et sur les épreuves de provocations bronchiques »	Ajout de détails concernant les EFR
		« Fréquence des EFR nécessaires pour le plongeur asthmatique »	Ce point est détaillé dans les recommandations ainsi que dans la conclusion
		« Aide à la réalisation du certificat de non contre-indication par un médecin »	Ajout d'un lien vers un modèle de CACI de la FFESSM et téléchargeable
		« Site également en anglais »	A réfléchir par la suite
		« Retour d'expériences personnelles »	Création d'une page d'expériences personnelles
1 (0,24 %)		« Utilisation de bronchodilatateur en préventif ? »	Information déjà présente en conclusion mais détaillée davantage
		« Intérêt d'une synthèse des principales études/recommandations »	Réalisation d'un tableau de synthèse des différentes recommandations dans le monde
		« Traitement envisageable en cours de remontée d'urgence (sous l'eau) »	Point déjà précisé dans la partie « risques théoriques chez les asthmatiques »
		« Ajouter un onglet "photothèque" de fonds marins »	A réfléchir par la suite, mais pas réellement sur le sujet
		« Rubrique sur les personnes allergiques »	Déjà présente dans la page « concernant les sujets atopiques » et « en savoir plus concernant les plongeurs atopiques »
		« Délai avant de pouvoir plonger suite à une crise d'asthme ? »	Réponse déjà présente dans « les recommandations » et en « conclusion » mais rendu plus visible

		« Informations sur les gaz utilisés dans les bouteilles »	Précisions apportées sur ce point
		« Les informations de prévention sont intéressantes mais pas suffisamment mises en avant »	Informations mises en évidence
		« Concernant les anciens asthmatiques. Rentrent-ils alors dans la case atopique non asthmatique ou toujours asthmatique mais intermittent ? »	Précisions apportées sur ce point
		« Extension aux autres pathologies respiratoires chroniques »	Non car hors sujet
		« J'ajouterai un formulaire "quel type d'asthmatique êtes-vous" et les réponses relatives à la plongée en conséquence »	Impossible de juger sur internet par un simple questionnaire, une évaluation avec un pneumologue est nécessaire
		« Avis de la SSI (Scuba Schools International) »	Point précisé dans les « recommandations générales »
		« Date de dernière mise à jour à préciser »	Date de dernière mise à jour précisée en bas de page
		« Peut-on étendre le problème à l'alpinisme ? »	Il y a de nombreux points similaires entre la plongée et l'alpinisme, notamment l'effort et la respiration d'un air froid et sec, mais le site ici est sur l'asthme et la plongée.
		« Utilisation du Nitrox ou du recycleur (air chaud) contre-indiquée ? »	Informations précisées dans la partie « physiologie de la plongée »
<b>FORME</b>	28 (6,78 %)	« Le rendre plus attractif et ludique à travers des photos, schémas, tableaux (et éventuellement des vidéos explicatives avec un professionnel de santé et un moniteur de plongée) »	- Amélioration du site avec ajout de schémas et photographies - A réfléchir par la suite pour l'ajout de vidéo éventuellement
	17 (4,12 %)	« Design et mise en page plus moderne »	Amélioration de l'interface
	12 (2,91 %)	« Titres peu visibles »	- Création d'un plugin « Dynamic to Top », - Agrandissement de la partie centrale du site afin de rendre le menu plus visible
		« Moins de texte pour une meilleure lisibilité »	Remplacement de certains textes par des schémas
	9 (2,17 %)	« Menu et contenu sur smartphone lourd	Amélioration de l'interface

		et peu visible »	smartphone réalisée, à approfondir
	8 (1,93 %)	« Faire apparaître la conclusion de façon plus marquée pour plus de clarté »	Réorganisation de la page conclusion (différente pour les médecins, les asthmatiques et les moniteurs de plongée)
	4 (0,97 %)	« Liens cliquables vers les références bibliographiques »	Ajout de liens cliquables vers la page « sources »
	1 (0,24 %)	« Titres dans le menu déroulant trop long »	Amélioration des titres pour une meilleure lisibilité

## DISCUSSION

Nous avons interrogé 413 utilisateurs potentiels du site, notamment des professionnels de santé, asthmatiques, plongeurs et moniteurs de plongée. Ils ont été impliqués directement dans l'évaluation du site et nous ont permis de l'améliorer en fonction de leurs besoins.

### I. Résultats principaux

Cette méthode ergonomique de conception centrée sur l'utilisateur a permis d'obtenir un site jugé utile : 73 % des 413 utilisateurs potentiels interrogés pensaient le consulter par la suite, dont 79 % des professionnels de santé (y compris 68 % des médecins spécialisés : médecins fédéraux de la FFESSM, médecins du sport et médecins diplômés en médecine subaquatique et hyperbare), 76 % des asthmatiques et 75 % des moniteurs de plongée.

La structure du site internet, la clarté de l'information rédigée et sa pertinence ont été globalement appréciées par l'ensemble de l'échantillon avec une note médiane de 8/10.

Les remarques faites par les utilisateurs ont permis d'apporter des améliorations sur le fond et sur la forme, dans le but de le rendre plus utile au quotidien, notamment avec l'ajout de schémas et de tableaux, la création de fiches de synthèse PDF personnalisées selon l'utilisateur (médecin, moniteur de plongée ou asthmatique) ou l'ajout de liens utiles tels que celui pour trouver plus facilement des médecins fédéraux dans sa région.

### II. Comparaison à la littérature

Les recommandations sont présentes sur le site de la FFESSM, mais il n'existe aucune source francophone, facilement accessible, compréhensible par tous et détaillée, dédiée entièrement sur le sujet de l'asthme et de la plongée.

L'objectif de la création de ce site n'est pas de créer des nouvelles recommandations mais de créer un nouvel outil d'aide et d'information facilement accessible et utilisable pour les plongeurs, les asthmatiques mais aussi les médecins (en consultation par exemple).

Depuis quelques années, un nombre croissant de sites internet dédiés aux patients et aux professionnels de santé ont vu le jour, mais il existe peu d'évaluation de ces derniers dans la littérature médicale française.

En 2006, une étude avait été réalisée sur la création et l'évaluation d'un site Internet pédagogique d'anesthésie-réanimation destiné aux étudiants et évalué par ces derniers, ce qui avait permis d'obtenir un site jugé satisfaisant (30). En 2011, une nouvelle évaluation centrée sur l'utilisateur était réalisée afin d'améliorer un site internet sur l'éducation thérapeutique des patients diabétiques créé initialement en 2005 (31). Cette même année, le site Antibioclic est créé afin de faciliter la prescription d'antibiotiques en médecine générale : celui-ci a bénéficié lors de sa conception d'une étude pilote avec un échantillon de médecins généralistes dans le but de valider et d'améliorer le projet (32). En 2016, une étude sur l'évaluation du site internet du centre régional de pharmacovigilance du Nord-Pas-de-Calais était également basée sur la notion de conception centrée sur l'utilisateur. Cette façon de procéder avait permis de créer un site jugé utile à 98 % dans le but de simplifier les démarches de déclaration d'évènement indésirable avec une bonne satisfaction globale (27). La conception centrée sur l'utilisateur présente un intérêt non négligeable dans la conception de site internet dans les domaines de la santé. De nombreux sites ont vu le jour par la suite, en incluant souvent l'expérience d'utilisateurs : AllergoClic, Aporse, GestaClic, PediaDoc, ThromboClic, etc. Certains sont issus de travaux de thèse de médecine, d'autres sont les sites de centres de référence, comme Pas-à-Pas en pédiatrie ou celui sur les Agents Tératogènes (CRAT) mis en ligne en 2006 (33). Cette nouvelle façon de communiquer sur des sujets médicaux accompagne le mouvement de modernisation de notre société qui est de plus en plus « connectée », avec de nombreux supports numériques avec lesquels nous devons nous habituer.

### **III. Forces et limites**

#### **A. Forces**

D'une part, il s'agit d'un sujet d'intérêt. En effet, la plongée sous-marine avec scaphandre autonome est une activité qui passionne de plus en plus de monde, les médecins et les moniteurs de plongée vont donc être de plus en plus confrontés à l'évaluation ou à l'encadrement de plongeurs asthmatiques. De plus, les asthmatiques représentant une partie non négligeable de la population (5 à 7 % en France et jusqu'à 18 % dans certains pays), il paraît évident de penser que de plus en plus d'asthmatiques souhaiteront s'initier à la plongée. Dans notre échantillon, 45 % des médecins généralistes, 56 % des

pneumologues et 47 % des moniteurs de plongée déclaraient avoir déjà été confrontés à la problématique de la plongée sous-marine chez les asthmatiques.

Par ailleurs, notre évaluation des connaissances préalables à la consultation du site montrait que près de 10 % des professionnels de santé et 13,5 % des asthmatiques ne voyaient pas l'asthme comme une contre-indication stricte ou relative pour la plongée sous-marine. Notre site présente également une utilité à long terme en représentant un outil d'aide à la pratique des médecins, probablement insuffisamment renseignés sur cette question très spécifique, mais également des moniteurs de plongée pouvant y être confronté.

D'autre part, il s'agit d'un sujet original, avec une absence de site internet similaire permettant de diffuser rapidement et clairement des informations sur l'asthme et la plongée sous-marine en langue francophone.

Enfin, nous avons utilisé une méthode ergonomique de conception centrée sur les utilisateurs nous permettant de créer un outil adapté à leurs besoins. La revue de littérature réalisée au préalable, servant de base scientifique au contenu du site, a fait l'objet d'une publication validée par les pairs dans la Revue de Pneumologie Clinique (à comité de lecture).

Nous avons obtenu l'avis d'un échantillon important de 413 participants répartis sur l'ensemble de la France métropolitaine et des DOM-TOM, dont 264 (63,92 %) professionnels de santé, 74 (17,92 %) asthmatiques et 92 (22,28 %) moniteurs de plongée, soit essentiellement des utilisateurs potentiels de notre site (seulement 8 % n'étaient ni plongeurs, ni asthmatiques, ni professionnels de santé, donc hors public cible). Cette diffusion large nous a également permis d'éviter une évaluation globale faussement favorable, par sympathie, en raison de liens directs que nous pouvions éventuellement avoir avec certains participants (professionnels de santé notamment).

La parité homme – femme était respectée ; de nombreux modes de navigation (smartphone, tablette, ordinateur, différents navigateurs) ont été testés.

Les questions étaient simples, et il est peu probable qu'il existe des erreurs de compréhension.

Nous avons choisi de mettre le site en ligne au début de l'été pour une meilleure utilité clinique. En effet, de nombreux asthmatiques cherchent probablement plus à se renseigner sur le sujet pendant l'été, période des grandes vacances, où ces derniers pourraient éventuellement avoir envie de pratiquer la plongée.

## B. Limites

Plusieurs biais de sélection sont possibles. Premièrement, 56 % des répondeurs ont découvert le site via les réseaux sociaux, ce qui a pu entraîner une sur-notation par sympathie. Ce taux est à tempérer car l'accès via les réseaux sociaux n'est pas forcément le seul fait des investigateurs, et a pu être partagé en juillet par des utilisateurs ou des clubs de plongée à leurs adhérents. Deuxièmement, le questionnaire a largement été diffusé et les 413 répondeurs sont probablement les personnes les plus intéressées par le sujet ; néanmoins, notre évaluation portait justement sur les utilisateurs potentiels du site, donc ces personnes intéressées. Troisièmement, la population interrogée était globalement assez jeune avec un âge moyen de 38,25 ans ( $\pm 13,53$ ) ; ce résultat était attendu compte tenu de notre thématique (plongée sous-marine) et du support (site web). Enfin, notre échantillon était constitué majoritairement de professionnels de santé (63,92 %), qui auraient pu avoir des attentes plus précises quant au contenu du site (physiologie, physiopathologie, réglementation, etc.) ; néanmoins le contenu a été évalué de façon globalement positive, y compris dans le sous-groupe des professionnels de santé.

L'évaluation du contenu par les utilisateurs est probablement approximative, compte tenu du délai de visite avant évaluation estimé en moyenne à 6 minutes et 49 secondes.

Concernant la question 15 du questionnaire : « Avant d'avoir consulté le site *asthme-plongee.com*, pensiez-vous que l'asthme représentait pour la pratique de la plongée sous-marine (...) ? », la réponse « contre-indication relative », retenue à 68 %, a probablement été surévaluée. En effet, nous pouvons penser qu'une personne ne sachant pas la réponse à la question, ait répondu dans le doute « contre-indication relative » éliminant ainsi les deux extrêmes : « aucune contre-indication » et « contre-indication stricte ».

Nous n'avons pas réalisé d'analyses bivariées car notre travail n'avait pas pour objet de comparer les différents sous-groupes, mais d'obtenir des évaluations et d'améliorer le site en conséquence.

## IV. Perspectives

La démarche de « conception centrée sur l'utilisateur » implique également d'évaluer à nouveau le site, après les modifications apportées ; cela pourra être fait à l'occasion de la prochaine saison estivale.

Il sera intéressant d'évaluer à cette occasion l'impact du site afin de déterminer si celui-ci participe à une modification des pratiques en matière d'évaluation et d'accompagnement des plongeurs asthmatiques.

D'autres améliorations du site seront à apporter à l'avenir, dont certaines ont été demandées par certains utilisateurs, telles que : l'amélioration du design pour un rendu plus moderne (4,12 %), le rendre plus attractif avec l'ajout de vidéo avec des moniteurs ou des professionnels de santé (6,78 %), le traduire en anglais pour un public élargi (0,48 %) et éventuellement étendre le site à la plongée en apnée (0,73 %), qui n'est pas soumise aux mêmes règles et contraintes que la plongée en scaphandre autonome.

Il nous a semblé également important d'ajouter un logo du site, afin de mieux communiquer à travers les affiches pour les clubs de plongée ; cela a été effectué en janvier 2019 (logo personnel, libre de droit) (**Figure 13**).



**Figure 13. Logo du site (janvier 2019)**

Il serait intéressant d'établir une collaboration avec la FFESSM ainsi qu'avec le Groupement National de Plongée Universitaire (GNPU) afin que notre site devienne un complément d'informations pour ceux qui aimeraient se renseigner davantage sur le sujet de la plongée chez les asthmatiques ; il n'a aucun but lucratif et n'a évidemment pas vocation à être un site concurrent de la FFESSM sur le sujet.

Il pourrait être également utile de prendre contact avec le Collège des Enseignants de Pneumologie concernant l'enseignement fait aux externes sur la notion de contre-indication à la plongée sous-marine avec scaphandre autonome pour les asthmatiques. En effet, dans notre étude, plus de la moitié des externes en médecine (59 %) pensaient que l'asthme représentait une contre-indication stricte pour cette activité. Il s'agit peut-être d'un choix du Collège des Enseignants de Pneumologie en cherchant à être plus prudent en attendant l'apparition de nouvelles études complémentaires.

L'une des difficultés principales de notre étude était de ne pas donner un message trop rassurant tout en restant fidèle aux données de la littérature. Notre objectif concernant les asthmatiques n'est pas de les encourager à plonger mais bien d'accompagner, d'informer et de conseiller ceux qui s'y intéressent et ceux qui, malgré leur maladie, ne renonceront pas à pratiquer cette activité.

## CONCLUSION

La plongée sous-marine avec scaphandre autonome est une activité qui passionne de plus en plus de monde ; elle représente un sport « à contraintes particulières » de par l'exigence technique qu'elle demande et les dangers auxquels les plongeurs s'exposent. Les asthmatiques représentant une partie non négligeable de la population (5 à 7 % en France et jusqu'à 18 % dans certains pays), les médecins et les moniteurs de plongée vont être de plus en plus confrontés à l'évaluation ou à l'encadrement de plongeurs asthmatiques.

Il est donc important de mieux faire connaître les recommandations actuelles et les bonnes pratiques de plongée auprès des plongeurs asthmatiques, des moniteurs de plongée et des médecins.

Nous avons donc créé un site internet sur l'asthme et la plongée sous-marine, destiné à cette population afin de les informer et de les aider dans leurs pratiques. Le contenu du site a fait l'objet d'une publication préalable, et le site a été évalué par les utilisateurs ce qui a permis de l'améliorer pour le rendre plus utile au quotidien.

Parmi les participants à notre étude, 73 % pensaient utiliser notre site à l'avenir, dont 79 % des professionnels de santé, 76 % des asthmatiques et 75 % des moniteurs de plongée. La structure du site internet, la clarté de l'information rédigée et sa pertinence ont été globalement appréciées par l'ensemble de la population avec une note médiane similaire de 8/10. Des améliorations ont été proposées au décours de l'évaluation par ses potentiels utilisateurs.

Il conviendra par la suite d'évaluer l'impact du site à long terme afin de déterminer si celui-ci participe à une modification des pratiques en matière d'évaluation et d'accompagnement des plongeurs asthmatiques.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

1. Legifrance. 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. Disponible sur : <https://www.legifrance.gouv.fr/eli/arrete/2017/7/24/SPOV1722815A/jo/texte>
2. British Thoracic Society Fitness to Dive Groupe, Subgroup of the British Society Standards of Care Committee. British Thoracic Society guidelines on respiratory aspects of fitness for diving. *Thorax*. 2003;58(1):3–13.
3. Tetzlaff K, Muth CM, Waldhauser LK. A Review of Asthma and Scuba Diving. *J Asthma*. 2002;39(7):557–66.
4. Strauss RH. Diving Medicine. *Am Rev Respir Dis*. 1979;119(6):1001–23.
5. Géraut C, Tripodi D, Géraut L. Risques de la plongée sous-marine et du travail en milieu hyperbare. *EMC - Pathol Prof Environ*. 2008;3(1):1–13.
6. Ustrup AS, Ulrik CS. Are recreational SCUBA divers with asthma at increased risk? *J Asthma Off J Assoc Care Asthma*. 2017;54(8):784–91.
7. Benton PJ, Glover MA. Diving medicine. *Travel Med Infect Dis*. 2006;4(3):238–54.
8. Tillie-Lebond I, Charpin D, Chanez P, Marquette C, Godard P, Didier A. Asthme de l'adulte. *Collège Enseign Pneumol*. 2011;255–73.
9. Committee HKRG science, Soren Pedersen GB of directors. Global initiative for asthma (GINA). *Global Strategy for Asthma Management and Prevention*. 2018.
10. Raheison C, Bourdin A, Bonniaud P, Deslée G, Garcia G, Leroyer C, et al. Updated guidelines (2015) for management and monitoring of adult and adolescent asthmatic patients (from 12 years and older) of the Société de Pneumologie de Langue Française (SPLF). *Rev Mal Respir*. 2016;33(4):279–325.
11. Héritier F, Leuenberger P. Asthme et plongée subaquatique. *Rev Médicale Suisse Romande*. 2003;123(2):135–7.
12. Glen S, White S, Douglas J. Medical supervision of sport diving in Scotland: reassessing the need for routine medical examinations. *Br J Sports Med*. 2000;34(5):375–8.
13. Comité de rédaction. Asthme et plongée : suivi. *Rev Mal Respir*. 2003;20:147–8.
14. Bove AA, Neuman TS, Kelsen S, Gleason W. Observations on asthma in the recreational diving. *SPUMS J*. 1992;22:236–7.

15. Taylor DM, O'Toole KS, Ryan CM. Experienced, Recreational Scuba Divers in Australia Continue to Dive Despite Medical Contraindications. *Wilderness Environ Med.* 2002;13(3):187–93.
16. Tetzlaff K, Muth CM. Demographics and respiratory illness prevalence of sport scuba divers. *Int J Sports Med.* 2005;26(7):607–10.
17. Lemmens, B, Bervar, J, Coetmeur, D, Nasr, M, Zaegel M. Recommandation pour la plongée chez les asthmatiques. 2014;
18. Koehle M, Lloyd-Smith R, McKenzie D, Taunton J. Asthma and Recreational SCUBA Diving: A Systematic Review. *Sports Med.* 2003;33(2):109–16.
19. Davies MJ, Fisher LH, Chegini S, Craig TJ. Asthma and the Diver. *Clin Rev Allergy Immunol.* 2005;29(2):131–8.
20. Bove AA. Annual scientific meeting. *SPUMS J.* 1996;26:7.
21. Neuman TS, Bove AA, O'Connor RD, Kelsen SG. Asthma and diving. *Ann Allergy.* 1994;73(4):344–50.
22. Farrell PJ, Glanvill P. Diving practices of scuba divers with asthma. *BMJ.* 1990;300(6718):166.
23. Elliott DH. Are Asthmatics fit to Dive? Undersea Hyperbaric Medical Society. Kensington MD. 1996;
24. Fédération française d'études et de sports sous-marins. Commission médical et de prévention. Règlement médical. 2018. Disponible sur : <http://medical.ffessm.fr/>
25. Bouterfas A, Touraine F, Dusselier M, Melloni B. Asthme et plongée subaquatique. *Rev Mal Respir.* 2017;34:A26.
26. Haute autorité de santé, Service qualité de l'information médicale. Évaluation de la qualité des sites e-santé et de la qualité de l'information de santé diffusée sur Internet. Mai 2017. Disponible sur : [https://www.has-sante.fr/portail/upload/docs/application/pdf/evaluation\\_qualite\\_site\\_sante\\_internet.pdf](https://www.has-sante.fr/portail/upload/docs/application/pdf/evaluation_qualite_site_sante_internet.pdf)
27. Rochoy M, Béné J, Messaadi N, Auffret M, Gautier S. Évaluation du site internet du centre régional de pharmacovigilance du Nord-Pas-de-Calais. *Thérapie.* 2016;71(3):329–33.
28. Ergolab. La conception centrée utilisateur. 2004. Disponible sur : <http://www.ergolab.net/articles/conception-centree-utilisateur.php>
29. Muller A, Rochoy M. Plongée sous-marine et asthme : revue de littérature. *Rev Pneumol Clin.* 2018;74(6):416-426.
30. Souza Neto EP, Batier C, Yahiaoui C, Bernard A, Bonavitacola G, Lehot J-J, et al. De la création à l'évaluation d'un site Internet pédagogique en anesthésie-réanimation. *Ann Fr Anesth Réanimation.* 2006 Apr 1;25(4):375–81.
31. Sallée F-X, Famechon C, Safraou M-F, Ducloux R, Altman J-J. Évaluation qualitative d'un

- site internet dédié à l'éducation thérapeutique des patients diabétiques. *Diabetes Metab.* 2011;37(1, Supplement 1):A49–A49.
32. Jeanmougin P, Aubert JP, Le Bel J, Nougairède M. Antibioclic : outil pour une antibiothérapie rationnelle en soins primaires. *Rev Prat.* 2012;62(7):978
33. Elefant E, Vauzelle C, Beghin D. Le Centre de référence sur les agents tératogènes (CRAT) : une structure pionnière. *Thérapie.* 2014 Jan 6;69(1):39–45.
34. Tetzlaff K, Thorsen E. Breathing at Depth: Physiologic and Clinical Aspects of Diving while Breathing Compressed Gas. *Clin Chest Med.* 2005;26(3):355–80.
35. Skogstad M, Thorsen E, Haldorsen T. Lung function over the first 3 years of a professional diving career. *Occup Environ Med.* 2000;57(6):390–5.
36. Tetzlaff K, Thomas PS. Short and long term effects of diving on pulmonary function. *Eur Respir Rev.* 2017;26(143):160097.
37. Regnard J, Méliet JL. Asthme : plonger ou ne pas plonger ? *Rev Mal Respir.* 2001;18:375–7.
38. British Medical Journal. Scuba divers with asthma. *BMJ.* 1990;300(6724):609–10.
39. Leddy JJ, Roberts A, Moalem J, Curry T, Lundgren CEG. Effects of water immersion on pulmonary function in asthmatics. *Undersea Hyperb Med Soc.* 2001;
40. D'Amato G, Noschese P, Russo M, Gilder J, Liccardi G. Pollen asthma in the deep. *J Allergy Clin Immunol.* 1999 Sep;104(3):710.
41. Bourdin A, Godard P, Charpin D, Tillie-Lebond I, Raheison C, Marquette C. Allergie et hypersensibilités - Allergie respiratoire. *Collège Enseign Pneumol.* 2011;97–111.
42. Lemmens B. L'asthme et la plongée. Nov 2017. Disponible sur : <http://club.quomodo.com/docteur-plongee/mise-au-point/pneumologie/asthme-et-plongee.html>
43. Bateman ED, Hurd SS, Barnes PJ, Bousquet J, Drazen JM, FitzGerald M, et al. Global strategy for asthma management and prevention: GINA executive summary. *Eur Respir J.* 2008;31(1):143–78.
44. Agence Nationale d'Accréditation et d'Evaluation en Santé (ANAES). Recommandation pour la pratique clinique - Education thérapeutique du patient asthmatique, adulte et adolescent. 2001. Disponible sur : <https://www.has-sante.fr/portail/upload/docs/application/pdf/asthme.rap.pdf>
45. Haute autorité de santé. Guide affection de longue durée. La prise en charge de votre maladie, l'asthme : vivre avec un asthme. Mars 2007. Disponible sur : [https://www.has-sante.fr/portail/upload/docs/application/pdf/guide\\_patient-asthme.pdf](https://www.has-sante.fr/portail/upload/docs/application/pdf/guide_patient-asthme.pdf)
46. Charloux A. Quels sports chez l'asthmatique ? *Rev Fr Allergol.* 2014;54(3):148–51.
47. Fédération française d'études et de sports sous-marins. Commission Technique Nationale. Jeunes plongeurs, conditions de pratique et d'encadrement. 2017. Disponible sur : [http://www.ffessm67.fr/attachments/article/51/Plongee\\_jeunes\\_2011\(A.Laumonier\).pdf](http://www.ffessm67.fr/attachments/article/51/Plongee_jeunes_2011(A.Laumonier).pdf)

48. Panchard MA. Plongée chez l'enfant et l'adolescent. Mise à jour au travers de quelques cas concrets. *Paediatrica*. 2016;27(3):19-23.

## ANNEXES

### Annexe 1 : Physiopathologie de la plongée

#### Sommaire :

#### I. Physiologie de la plongée sous-marine

##### A. Effet physiologique de la plongée

1. Relation pression – volume
2. La pression partielle d'un gaz
3. Effet sur la densité d'un gaz
4. L'immersion dans l'eau
5. Utilisation d'appareil respiratoire
6. Effet à long terme sur les poumons
7. Mélanges gazeux (Nitrox, HélioX, Trimix) et recycleur

##### B. Risques de la plongée

#### II. Risques pour les plongeurs asthmatiques

#### I. Physiologie de la plongée sous-marine

##### A. Effet physiologique de la plongée

1. Relation pression – volume

Dans l'eau, la pression ambiante augmente d'une atmosphère (un bar) tous les 10 mètres.

Profondeur (en mètres)	Pression (en bar)	Volume	Densité	PpO <sub>2</sub> (en bar)	PpN <sub>2</sub> (en bar)
0 (surface)	1	1	1	0,2	0,8
10	2	1/2	x2	0,4	1,6
20	3	1/3	x3	0,6	2,4
30	4	1/4	x4	0,8	3,2
40	5	1/5	x5	1	4
50	6	1/6	x6	1,2	4,8

(PpO<sub>2</sub> : pression partielle en oxygène, PpN<sub>2</sub> : pression partielle en azote)

Le volume d'un gaz donné change de façon inversement proportionnelle à la pression : lors de la descente, la pression augmente, ainsi un gaz donné aura son volume diminué et sa densité augmentée. Et inversement si la pression diminue (lors de la montée par exemple).

Le gaz dans les cavités du corps comme les poumons, les sinus, l'oreille moyenne et l'intestin est comprimé pendant la descente et se dilate pendant la remontée. Cela peut conduire à des lésions tissulaires (barotraumatisme) d'où l'importance d'une remontée lente et contrôlée et de ne jamais arrêter de respirer afin de toujours permettre à de l'air de s'échapper.

*Par exemple : un volume de gaz intra-thoracique de 6 litres serait comprimé à 2 litres à 20 mètres de profondeur (3 bars) et 1,5 litres à 30 mètres de profondeur (4 bars). De même, un pneumothorax de 1 litre développé à 30 mètres de profondeur se dilaterait pour occuper un volume de 4 litres à la surface (1 bar), ce qui pourrait constituer une menace vitale.*

Un plongeur respirant dans une bouteille d'air (principalement de l'oxygène à environ 21 % et de l'azote 79 %, avec < 1 % d'autre gaz) à l'aide d'un détendeur sous l'eau a besoin de respirer une masse de gaz beaucoup plus grande pour un même volume sous pression (2,3).

## 2. Effet sur la densité d'un gaz

La densité des gaz inhalés augmente avec la pression, gênant la respiration. En effet, l'augmentation de la pression ambiante entraîne une augmentation de la densité du gaz qui de ce fait, entraîne une augmentation du travail respiratoire et une diminution des débits expiratoires (VEMS) et inspiratoires, proportionnelle à la profondeur à laquelle se trouve le sujet. *Par exemple, à une profondeur simulée de 30 mètres dans une chambre hyperbare, la ventilation volontaire maximale est réduite de plus de 50 % à partir des valeurs de surface (2,3).*

## 3. La pression partielle d'un gaz

La pression partielle d'un gaz augmente proportionnellement à l'augmentation de la pression ambiante. En surface, la pression partielle de l'azote (PpN<sub>2</sub>) est de 0,78 bar et l'oxygène (PpO<sub>2</sub>) est de 0,209 bar avec de petites contributions d'autres gaz. Si le plongeur descend à 10 mètres (2 bars) d'air respirable, la PpN<sub>2</sub> monte à 1,56 bar et la PpO<sub>2</sub> à 0,418 bar.

De ce fait, avec la pression en profondeur, des quantités plus grandes de gaz, principalement l'azote, se dissolvent dans les tissus et se solubilisent lors de la remontée.

Ainsi, si le plongeur monte à une vitesse qui dépasse la capacité du corps à éliminer cet excès de gaz, des bulles de gaz peuvent se former (dans les tissus, les articulations, les vaisseaux) et provoquer une maladie de décompression (2,3).

#### 4. Utilisation d'appareil respiratoire

Les appareils (le détendeur principalement) permettant la respiration sous l'eau entraînent une augmentation de l'espace mort (espace compris dans les voies aériennes qui ne participent pas aux échanges respiratoires : bouche, trachée, bronches, bronchioles) et une augmentation de la résistance inspiratoire et expiratoire.

L'équipement provoque donc une augmentation du travail respiratoire, une diminution des débits expiratoires (VEMS) et inspiratoire, ainsi qu'une diminution de la fréquence ventilatoire (2).

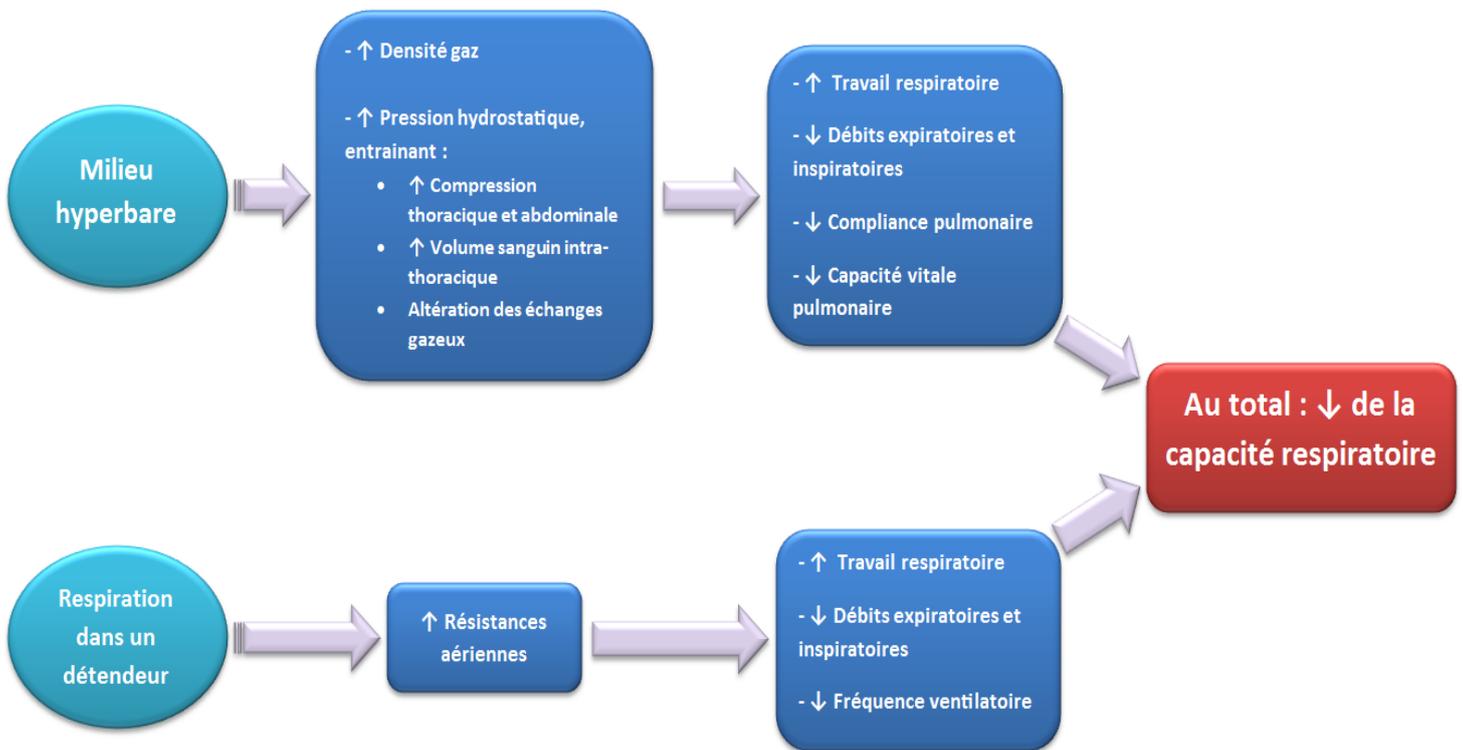
#### 5. L'immersion dans l'eau

L'immersion dans l'eau entraîne une augmentation de la pression hydrostatique, ce qui a plusieurs conséquences :

- Compression thoracique et abdominale à l'origine d'une augmentation du travail respiratoire et d'une diminution de la compliance pulmonaire.
- La pression hydrostatique supplémentaire sur les membres (principalement en position verticale) déplace le sang de la périphérie vers le thorax augmentant le volume sanguin intra-thoracique (d'environ 700ml chez l'adulte), diminuant également la compliance pulmonaire ainsi que la capacité vitale pulmonaire (l'exposition au froid produit un effet similaire).
- L'augmentation consécutive de la pression cardiaque droite provoque une augmentation réflexe de la diurèse et une perte de volume de plasma.
- La relation perfusion – ventilation pulmonaire peut être affectée ainsi qu'une altération des échanges gazeux suite aux contraintes mécaniques.

Le travail respiratoire augmente du fait d'une combinaison entre l'augmentation de la densité des gaz, l'augmentation de la pression hydrostatique et l'altération de la mécanique respiratoire (augmentation des résistances aériennes par le fait de respirer dans un détendeur) (2).

**Ainsi, l'augmentation du travail respiratoire, la diminution des débits (inspiratoires et expiratoires), la diminution de la fréquence ventilatoire, la diminution de la compliance et de la capacité vitale pulmonaire, sont à l'origine chez le plongeur, d'une diminution de sa capacité respiratoire.**



*Conséquences d'un milieu hyperbare et de l'utilisation d'un détendeur sur la fonction respiratoire*

## 6. Effets à long terme sur les poumons

Il a été montré que les plongeurs avaient des volumes pulmonaires plus importants que les populations de référence standard, avec une augmentation plus importante de la CVF que du VEMS, entraînant ainsi une réduction du rapport VEMS / CVF. Cela peut être attribué, partiellement, aux effets de la respiration répétée de gaz denses à travers des résistances augmentées (34).

Les plongeurs peuvent avoir des débits expiratoires réduits à bas volume pulmonaire.

La capacité vitale des plongeurs pourrait donc diminuer à un rythme plus rapide avec l'âge (2).

Une étude norvégienne publiée en 2000 de 87 plongeurs suivis au cours des trois premières années de leur carrière de plongée commerciale, a montré que le VEMS moyen a diminué de 1,8 % (35).

L'exposition à la plongée (respiration répétée de gaz dense, froid et sec) peut contribuer à des changements de la fonction pulmonaire, affectant principalement la conductance des petites voies respiratoires (3,35). Cependant, d'autres études plus récentes ont montré des résultats différents. D'autres études sont nécessaires à ce sujet (36).

## 7. Mélanges gazeux (Nitrox, HélioX, Trimix) et recycleur

- **La plongée aux mélanges gazeux, Nitrox, HélioX et Trimix:**

Ces dernières années, des mélanges gazeux contenant des concentrations variables d'oxygène et d'azote (plongée Nitrox) et, dans certains cas, de l'hélium (plongée HélioX, Trimix) ont été introduits dans la plongée.

L'intérêt est de pouvoir effectuer des plongées plus longues à une profondeur donnée en repoussant la limite de décompression (limite à partir de laquelle le risque d'accident de décompression devient élevé) et de réduire certains effets néfastes comme la toxicité à l'azote (narcoX) ou la toxicité à l'oxygène en fonction du mélange utilisé.

- **La plongée au recycleur :**

Le recycleur est un équipement permettant de réutiliser l'oxygène que nous n'utilisons pas et que nous rejetons à chaque expiration (environ 16 % d'O<sub>2</sub> contre 21 % à l'inspiration).

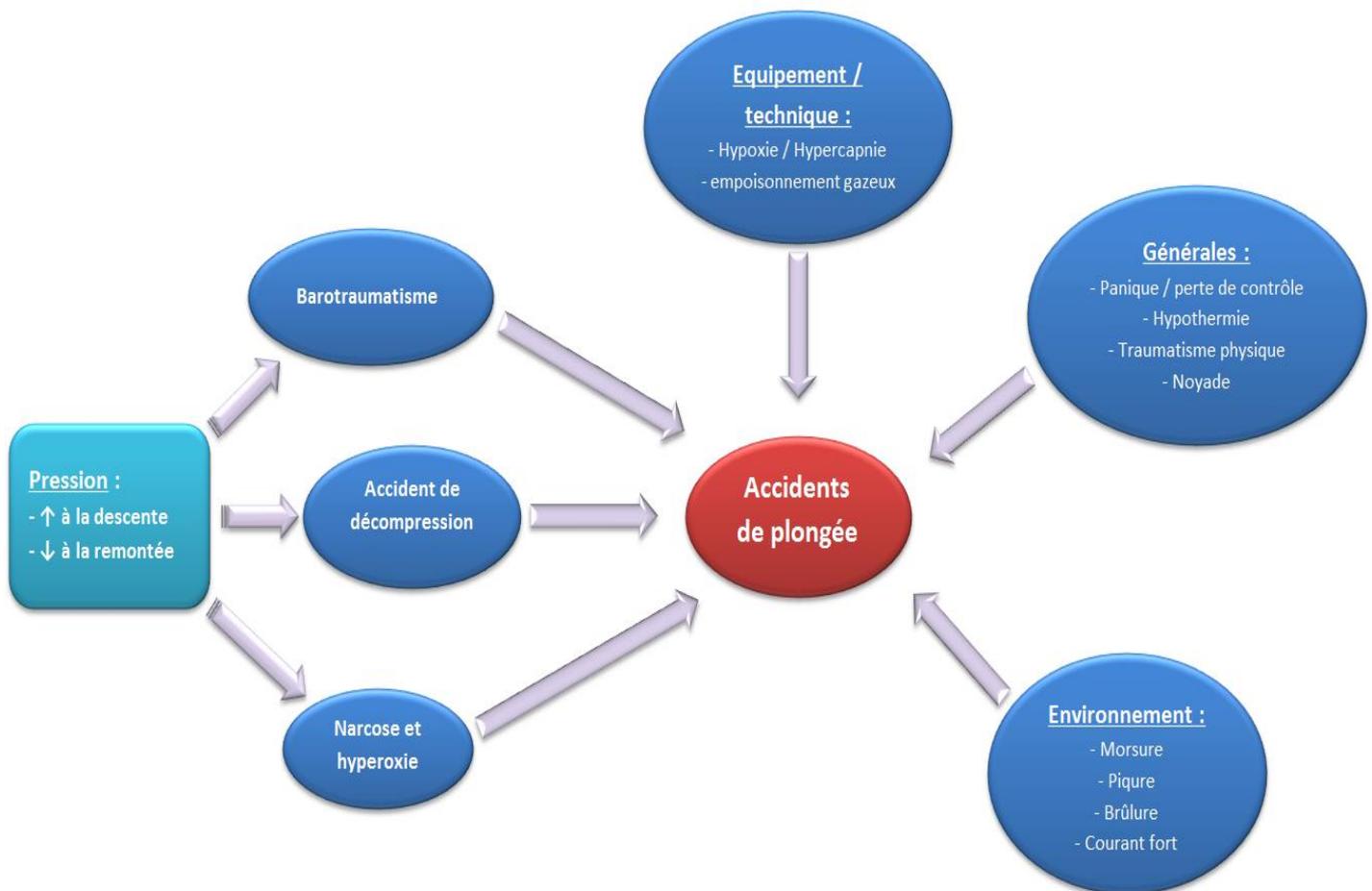
## **B. Risques de la plongée sous-marine**

La plongée sous-marine n'est pas une activité sans risque et il est primordial que chaque plongeur connaisse les risques auxquels il s'expose (2–5) :

- Risques généraux : panique, hypothermie, traumatismes physiques, noyade.
- Problèmes liés à l'équipement ou la technique : hypoxie, hypercapnie, empoisonnement lié à des mélanges de gaz inappropriés ou des contaminants gazeux résultant du mauvais fonctionnement de l'équipement ou d'une mauvaise planification de la plongée.

- Barotraumatisme : provoqué par la compression ou l'expansion des gaz remplissant les espaces (poumons, sinus, oreille moyenne, intestins, plombage dentaire, masque) pendant la descente ou la remontée respectivement. La compression des poumons pendant la descente peut conduire à une exsudation alvéolaire et à des hémorragies. L'expansion des poumons pendant la remontée (surtout lorsqu'elle est rapide et non contrôlée) peut créer des lésions alvéolaires à l'origine d'un pneumothorax, pneumomédiastin ou d'une embolie gazeuse artérielle.
- Accident de décompression : peuvent survenir quand le gaz qui s'est dissout dans les tissus à la descente se solubilise en bulles lors de la remontée (avec parfois l'apparition d'une embolie gazeuse veineuse, et, si présence d'un foramen ovale perméable, passage dans la circulation artérielle). Les manifestations cliniques varient, allant de la douleur articulaire à des manifestations plus sévères comme des atteintes cardio-respiratoires ou neurologiques.
- La narcose, « l'ivresse des profondeurs » : due à un excès d'azote dans le corps (sa pression partielle est augmentée en profondeur, devenant toxique à partir d'une certaine limite de temps passé à une profondeur donnée), avec une possible atteinte du système nerveux centrale.
- Hyperoxie (toxicité neurologique à l'oxygène) : survient à partir d'une pression partielle en oxygène (PpO<sub>2</sub>) > 1,6 bar, et se manifeste par une crise convulsive avec perte de connaissance.
- Autres risques lié à l'environnement marin : morsure, pique, brûlure ou courant fort.

Il est aussi essentiel de prendre en compte les co-morbidités (épilepsie, cardiopathie etc...).



*Principales causes responsable d'accidents de plongée*

## II. Quels sont les risques en tant qu'asthmatique

Les risques théoriques en tant qu'asthmatique :

### **La crise d'asthme :**

Théoriquement, on peut s'attendre à ce que l'environnement de la plongée (air froid et sec inhalé par le détendeur, effort ventilatoire augmenté, profondeur, stress éventuel...) provoque un bronchospasme à l'origine d'une crise d'asthme, et sous l'eau, l'utilisation d'un traitement de crise est impossible (6,37,38).

### **Le barotraumatisme :**

Une des raisons principales pour laquelle l'asthme représentait une contre-indication à la plongée était le risque accru de barotraumatisme. En effet, si un bronchospasme se produit en profondeur, celui-ci va piéger l'air au niveau des bronchioles et alvéoles pulmonaires. En remontant, l'air va se dilater et ne va pas bien s'échapper en expirant ce qui peut conduire à des lésions pulmonaires (barotraumatismes) plus ou moins graves :

pneumothorax, emphysème sous-cutané, emphysème médiastinal, embolies gazeuses artérielles (3,6,37,39).

### **Capacité physique réduite :**

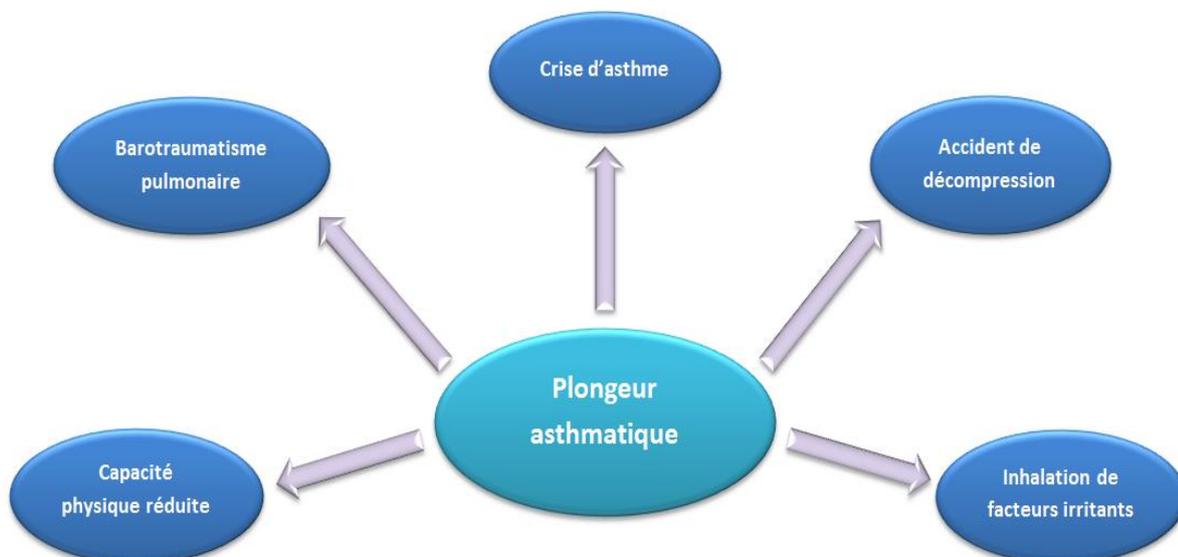
L'asthme peut réduire la capacité d'exercice. Cela est un problème potentiellement dangereux pour un plongeur qui peut avoir besoin de nager fortement contre les courants ou d'échapper au danger et éviter ainsi la noyade (6,37).

### **Accident de décompressions :**

Il est possible que les asthmatiques soient plus exposés à des risques d'accidents de décompressions sévères. En effet, les médiateurs pro-inflammatoires (cytokines, histamines...) présents en grand nombre chez l'asthmatique, sont également impliqués dans les réactions de l'organisme face à la présence de bulle dans le compartiment vasculaire lors de la remontée (37).

### **Inhalation de facteurs irritants :**

Des études ont également indiqué que le pollen pouvait être piégé dans les bouteilles d'air de plongée et donc mettre en danger le plongeur asthmatique en cas de sensibilité à cet allergène (40).



*Risques théoriques supplémentaires chez le plongeur asthmatique*

## **Annexe 2 : Généralités sur l'asthme**

**L'asthme est une maladie inflammatoire chronique des voies aériennes à l'origine d'une hyperréactivité bronchique (8) associant :**

- **des symptômes respiratoires paroxystiques (dyspnée, sifflements, oppression thoracique, toux)**
- **ET une obstruction bronchique réversible spontanément ou après un traitement.**

Cette maladie touche entre 1 et 18 % de la population en fonction des pays (9). En France, la prévalence de l'asthme chez l'adulte est de 5 à 7 % (10).

Les symptômes et l'obstruction des voies aériennes varient au cours du temps, ils peuvent être présents ou absents (parfois pendant plusieurs mois) et se manifester avec une intensité variable.

L'hyperréactivité bronchique est favorisée lors de l'exposition à des facteurs déclenchants :

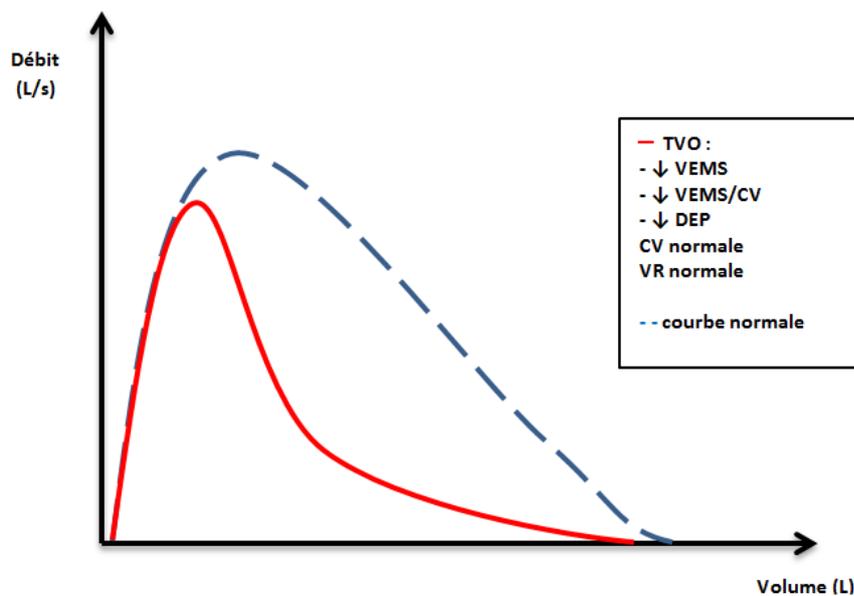
- pharmacologiques comme l'aspirine et les AINS (anti-inflammatoire non stéroïdiens), la métaboline (activation des récepteurs muscariniques),
- allergènes (pollens, acariens...)
- irritants inhalés (particules de diesel et autres polluants, tabagisme actif ou passif, irritants professionnels)
- infections
- l'air froid et sec
- effort physique

Il existe donc différents types d'asthme : asthme allergique, au froid, à l'effort...

Les patients à terrain atopique (susceptibilité génétique à développer des allergies face à de nombreux allergènes) sont plus susceptibles d'être asthmatique (41).

Sur le plan fonctionnel : les explorations fonctionnelles respiratoires (EFR), montrent (8) :

- Un trouble ventilatoire obstructif (TVO), défini par un rapport VEMS/CVF < 0,7 (ou < à 70 %) avec VEMS : volume expiratoire maximale par seconde, et CVF : capacité vitale forcée.



*Courbe débit-volume normale et avec TVO*

(VEMS : volume expiratoire maximale par seconde, DEP : débit expiratoire de pointe, CV : capacité vitale, VR : volume résiduel, CPT : capacité pulmonaire totale)

- Une réversibilité du TVO, le VEMS augmente après inhalation d'un broncho-dilatateur à courte durée d'action ou après une corticothérapie systémique de 2 semaines :
  - de plus de 200 ml par rapport à la valeur initiale
  - ET de plus de 12 % par rapport à la valeur théorique
- Une hyperréactivité bronchique, définie par une diminution du VEMS de 20 % après inhalation d'une substance bronchoconstrictrice (par exemple la métacholine). Le test à la métacholine est réservé aux cas de suspicion forte d'asthme à l'interrogatoire alors qu'il n'y a pas de TVO retrouvé.

Il existe également des tests indirects afin de rechercher une hyperréactivité bronchique (42) :

- test à l'effort
- test d'hyperpnée volontaire isocapnique (hyperventilation à l'air froid et sec pendant 6 min)
- test au sérum salé hypertonique (reproduit les conditions physiopathologiques d'un asthme d'effort)
- test au mannitol (produit retiré du marché en France depuis 2014)

- Débit expiratoire de pointe (DEP), débit maximal instantané mesuré lors d'une expiration forcée, peut être utile dans certaines situations comme les situations d'urgence et l'auto-surveillance de l'obstruction bronchique par le patient.

Une fois que l'asthme a été diagnostiqué, les EFR sont très utiles dans la surveillance de la maladie. Elles doivent être effectuées au moment du diagnostic, 3-6 mois après le début du traitement et régulièrement ensuite (9).

**Classification de la sévérité de la maladie selon le collège des enseignants de pneumologie française (8) (similaire à la classification GINA : Global Initiative for Asthma (9,43)) :**

Stades :	Symptômes :	EFR :
<b>Intermittent</b>	< 1 fois par semaine, exacerbations brèves	VEMS ou DEP > 80 % Variabilité du DEP < 20 %
<b>Persistant léger</b>	< 1 fois par jour, exacerbations affectant le sommeil > 2 fois/mois	VEMS ou DEP > 80 % Variabilité du DEP <20-30 %
<b>Persistant modéré</b>	Quotidiens, exacerbations affectant l'activité ou le sommeil > 1 fois/semaine	VEMS ou DEP entre 60 et 80 % Variabilité du DEP > 30 %
<b>Persistant sévère</b>	Quotidiens, exacerbations fréquentes, symptômes nocturnes fréquents, activités physiques limitées	VEMS ou DEP < 60 % Variabilité du DEP > 30 %

**Conseils généraux pour tout patient asthmatique (44–46) :**

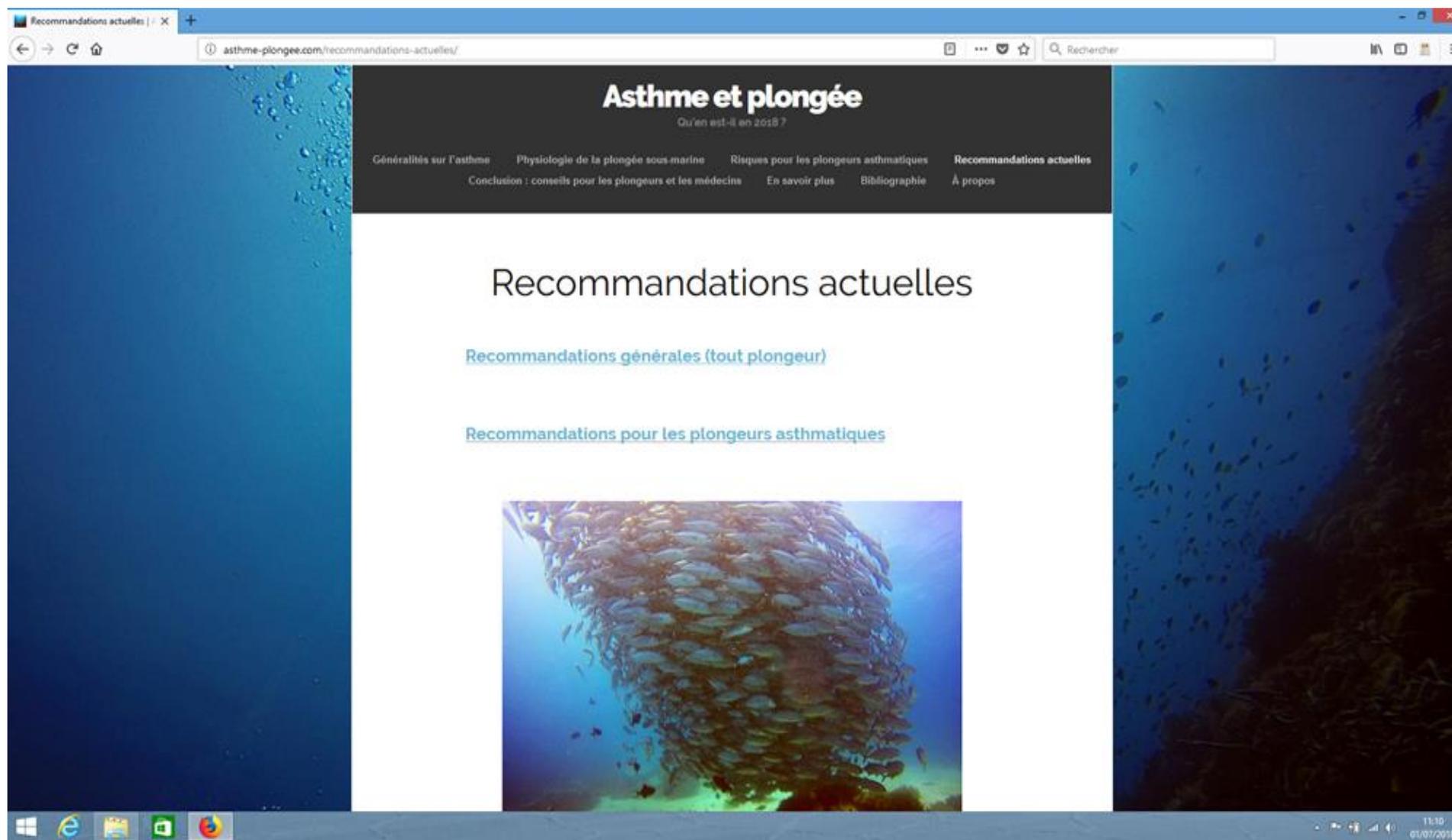
- Le tabagisme, actif ou passif, aggrave les symptômes mais rend aussi plus difficile le contrôle de la maladie.
- Il est important que les asthmatiques aient une bonne condition physique et qu'ils pratiquent un sport régulier afin de développer sa capacité pulmonaire et renforcer ses muscles respiratoires.
- Les activités sportives en piscine étaient conseillés comme la natation ou le water-polo, car l'atmosphère chaude et humide aide les bronches à se détendre et occasionne ainsi peu de réaction bronchique. Mais le sujet fait actuellement débat, certaines études belges et italiennes ont eu des résultats

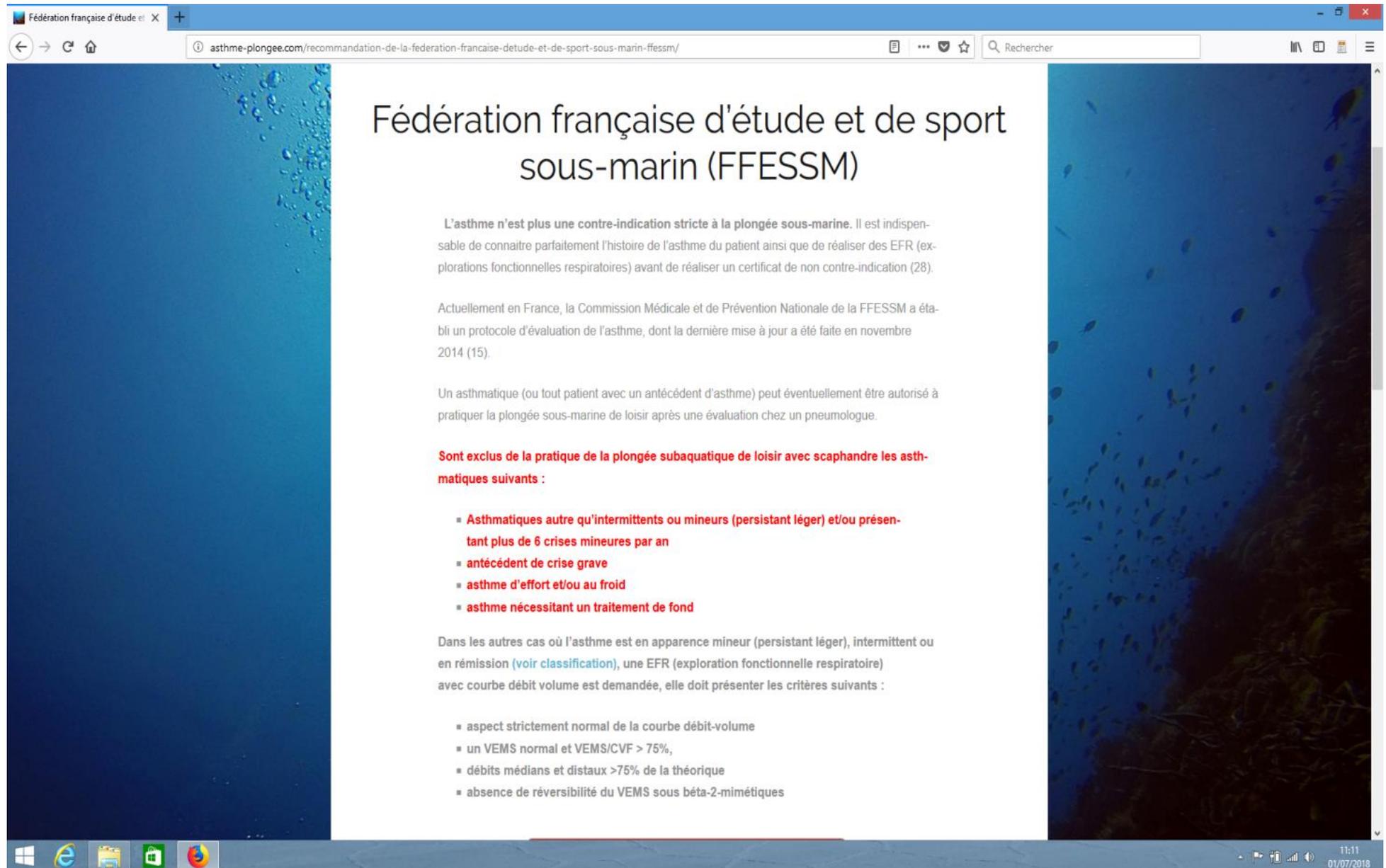
contradictoires et ont conclu que la natation avait un rôle néfaste pour les asthmatiques, en revanche des études anglaises, espagnoles et allemandes n'ont montré aucune augmentation du risque.

- Toujours avoir un traitement d'urgence rapide d'accès en cas de crise d'asthme (aérosol bêta2-mimétique), dans le bateau en cas de plongée sous-marine.
- Dès qu'apparaissent les premiers symptômes respiratoires, arrêtez l'exercice et prenez rapidement un bronchodilatateur.

## Annexe 3 : Site internet avant améliorations

Version PC :





Fédération française d'étude et de sport sous-marin (FFESSM)

L'asthme n'est plus une contre-indication stricte à la plongée sous-marine. Il est indispensable de connaître parfaitement l'histoire de l'asthme du patient ainsi que de réaliser des EFR (explorations fonctionnelles respiratoires) avant de réaliser un certificat de non contre-indication (28).

Actuellement en France, la Commission Médicale et de Prévention Nationale de la FFESSM a établi un protocole d'évaluation de l'asthme, dont la dernière mise à jour a été faite en novembre 2014 (15).

Un asthmatique (ou tout patient avec un antécédent d'asthme) peut éventuellement être autorisé à pratiquer la plongée sous-marine de loisir après une évaluation chez un pneumologue.

**Sont exclus de la pratique de la plongée subaquatique de loisir avec scaphandre les asthmatiques suivants :**

- Asthmatiques autre qu'intermittents ou mineurs (persistant léger) et/ou présentant plus de 6 crises mineures par an
- antécédent de crise grave
- asthme d'effort et/ou au froid
- asthme nécessitant un traitement de fond

Dans les autres cas où l'asthme est en apparence mineur (persistant léger), intermittent ou en rémission (voir classification), une EFR (exploration fonctionnelle respiratoire) avec courbe débit volume est demandée, elle doit présenter les critères suivants :

- aspect strictement normal de la courbe débit-volume
- un VEMS normal et VEMS/CVF > 75%,
- débits médians et distaux >75% de la théorique
- absence de réversibilité du VEMS sous bêta-2-mimétiques

Asthme et plongée Personnaliser 9 1 Créer Modifier la page Bonjour, Alexandre Muller

qu'en est-il aujourd'hui concernant les personnes asthmatiques souhaitant pratiquer cette activité ? Y a-t-il un risque réel en comparaison des plongeurs non asthmatiques ? Quelles sont les recommandations ?

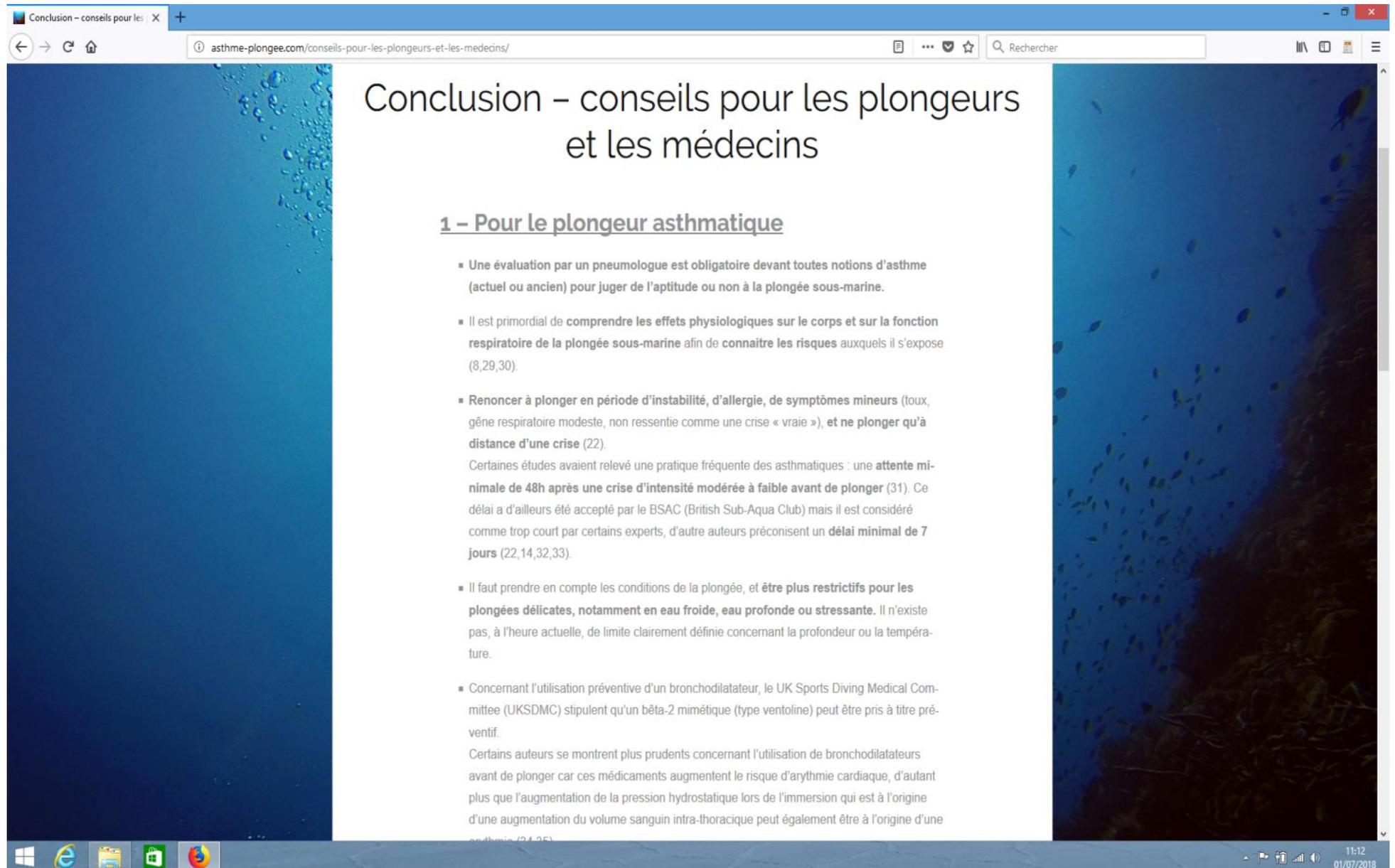
**A l'heure actuelle, pas assez de preuve pour parler d'un risque accru d'accident chez les plongeurs asthmatiques remplissant les critères d'aptitudes.**

```

graph TD
    A([Asthmatique (ou antécédent d'asthme) souhaitant faire de la plongée sous-marine]) --> B([Evaluation par un pneumologue + EFR])
    B --> C([Plongée envisageable, mais il faut :])
    B --- D([CONTRE-INDICATION])
    E([Comprendre les effets physiologiques de la plongée sous-marine et connaître les risques auxquels il s'expose]) --> C
    F([Etre plus restrictif pour les plongées délicates (eau froide, eau profonde ou stressante)]) --> C
    C --> G([Renoncer à plonger en période d'instabilité, d'allergie, de symptômes mineurs et ne plonger qu'à distance d'une crise])
    
```

**Conseils généraux pour tout patient asthmatique :**

- Eviter le tabagisme actif et passif
- Avoir une bonne condition physique (pratiquer un sport régulier)
- Toujours avoir un traitement d'urgence rapide d'accès en cas de crise d'asthme (aérosol bêta2-mimétique, par exemple la Ventoline), dans le bateau si plongée



Conclusion – conseils pour les plongeurs et les médecins

### 1 – Pour le plongeur asthmatique

- Une évaluation par un pneumologue est obligatoire devant toutes notions d'asthme (actuel ou ancien) pour juger de l'aptitude ou non à la plongée sous-marine.
- Il est primordial de comprendre les effets physiologiques sur le corps et sur la fonction respiratoire de la plongée sous-marine afin de connaître les risques auxquels il s'expose (8,29,30).
- Renoncer à plonger en période d'instabilité, d'allergie, de symptômes mineurs (toux, gêne respiratoire modeste, non ressentie comme une crise « vraie »), et ne plonger qu'à distance d'une crise (22).  
Certaines études avaient relevé une pratique fréquente des asthmatiques : une attente minimale de 48h après une crise d'intensité modérée à faible avant de plonger (31). Ce délai a d'ailleurs été accepté par le BSAC (British Sub-Aqua Club) mais il est considéré comme trop court par certains experts, d'autres auteurs préconisent un délai minimal de 7 jours (22,14,32,33).
- Il faut prendre en compte les conditions de la plongée, et être plus restrictifs pour les plongées délicates, notamment en eau froide, eau profonde ou stressante. Il n'existe pas, à l'heure actuelle, de limite clairement définie concernant la profondeur ou la température.
- Concernant l'utilisation préventive d'un bronchodilatateur, le UK Sports Diving Medical Committee (UKSDMC) stipulent qu'un bêta-2 mimétique (type ventoline) peut être pris à titre préventif.  
Certains auteurs se montrent plus prudents concernant l'utilisation de bronchodilatateurs avant de plonger car ces médicaments augmentent le risque d'arythmie cardiaque, d'autant plus que l'augmentation de la pression hydrostatique lors de l'immersion qui est à l'origine d'une augmentation du volume sanguin intra-thoracique peut également être à l'origine d'une arythmie (24,25).

Version smartphone :

Asthme et plongée | Qu'...  
asthme-plongee.com

Menu Recherche

## Asthme et plongée

Qu'en est-il en 2018 ?

**Ce site dédié aux plongeurs asthmatiques, aux moniteurs et aux médecins, fait l'objet d'un travail de thèse en médecine générale. Merci de répondre à ce court questionnaire anonyme (5 minutes maximum) ayant pour but de l'améliorer et de le rendre plus utile au quotidien.**

La plongée sous-marine est une activité exigeante dans laquelle les conditions environnementales affectent les structures et les fonctions corporelles. Longtemps réalisée à des fins commerciales et militaires, sa popularité a augmenté en tant qu'activité de loisir au cours des 30 dernières années. Les médecins sont donc de plus en plus susceptibles d'être confrontés à des questions sur l'aptitude à pratiquer la plongée.

Le nombre exact de plongeurs dans le monde n'est pas connu, mais le PADI (Professional Association of Diving Instructors), l'une des plus grandes associations de

Qu'en est-il aujourd'hui concernant les personnes asthmatiques souhaitant pratiquer cette activité ? Y a-t-il un risque réel en comparaison des plongeurs non asthmatiques ? Quelles sont les recommandations ?

**A l'heure actuelle, pas assez de preuve pour parler d'un risque accru d'accident chez les plongeurs asthmatiques remplissant les critères d'aptitudes.**

**Conseils généraux pour tout patient asthmatique :**

- Eviter le tabagisme actif et passif
- Avoir une bonne condition physique (pratiquer un sport régulier)
- Toujours avoir un traitement d'urgence rapide d'accès en cas de crise d'asthme (aérosol bêta2-mimétique, par exemple la Ventoline), dans le bateau si plongée sous-marine.
- Dès l'apparition de symptômes respiratoires, arrêter l'exercice (commencer une

Physiologie de la plong...  
asthme-plongee.com

## Asthme et plongée

Qu'en est-il en 2018 ?

### Physiologie de la plongée sous-marine

**Effet physiologique de la plongée**

**Risques de la plongée sous-marine**

Effet physiologique de l...  
asthme-plongee.com

### Effet physiologique de la plongée

#### 1 – Relation pression – volume

Dans l'eau, la pression ambiante augmente d'une atmosphère (un bar) tous les 10 mètres.

Profondeur (en mètres)	Pression (en bar)	Volume	Densité	PpO2 (en bar)	PpN2 (en bar)
0 (surface)	1	1	1	0,2	0,8
10	2	1/2	x2	0,4	1,6
20	3	1/3	x3	0,6	2,4
30	4	1/4	x4	0,8	3,2
40	5	1/5	x5	1	4
50	6	1/6	x6	1,2	4,8

(PpO2 : pression partielle en oxygène, PpN2 : pression partielle en azote)

Le volume d'un gaz donné change de façon inversement proportionnel à la pression :

- lors de la descente, la pression augmente, ainsi un gaz donné aura son volume diminué et sa densité augmentée.
- lors de la montée, la pression diminue, ainsi un gaz donné aura son volume augmenté et sa densité diminuée.

Le gaz dans les cavités du corps comme les poumons, les sinus, l'oreille moyenne et l'intestin est comprimé pendant la descente et se dilate pendant la remontée. Cela peut conduire à des lésions tissulaires (d'où

## **Annexe 4 : Questionnaire**

Bonjour.

Nous vous remercions pour le temps que vous acceptez de nous accorder. Nous vous proposons d'évaluer et commenter le site [www.asthme-plongee.com](http://www.asthme-plongee.com), au service des plongeurs asthmatiques, des médecins et des moniteurs de plongée.

Vos réponses anonymes permettront de l'améliorer et de le rendre plus utile pour ses utilisateurs.

Les résultats du questionnaire seront disponibles sur le site en fin d'année 2018.

Si vous souhaitez supprimer ou modifier vos données personnelles, vous pouvez envoyer un mail à Alexandre Muller : [alexandre.muller08@hotmail.fr](mailto:alexandre.muller08@hotmail.fr)

### **Partie 1 - Vos caractéristiques (réponses facultatives).**

Les réponses ont un intérêt pour essayer de mieux comprendre les évaluations du site en fonction des utilisateurs.

**1) Vous êtes :**

- Homme
- Femme
- Sans réponse

**2) Quel est votre âge (nombre entier) ?**

**3) Quel est votre numéro de département (si France métropolitaine ou DOM), TOM ou pays ?**

**4) Comment êtes-vous arrivé sur ce sondage ? (Twitter, mail, Facebook, lien direct...)**

- Twitter
- Facebook
- Mail
- Depuis le site découvert par hasard
- Depuis le site découvert grâce au bouche à oreille
- Autre : préciser

**5) Êtes-vous un professionnel de santé (étudiant compris ; médecin,**

**pharmacien, IDE, kinésithérapeute, etc.) ?**

- Oui
- non (dans ce cas, passez directement à la question 9)

**6) Si oui, vous êtes (ne pas répondre si vous n'êtes pas concernés) :**

- Externe en médecine
- Externe en pharmacie
- Interne en médecine générale
- Interne en pneumologie
- Interne en pharmacie
- Médecin généraliste
- Pneumologue
- Pharmacien
- Elève IDE
- IDE
- Elève kinésithérapeute
- Kinésithérapeute
- Autre : préciser

**7) Êtes-vous un professionnel avec un exercice particulier ? Préciser.**

- Chef de clinique / assistant universitaire
- Universitaire ou associé (Maître de conférence / professeur)
- Attaché / chargé d'enseignement
- Maître de stage des universités
- DIU / capacité de médecine du sport
- Médecin fédéral de la FFESSM / DIU de médecine hyperbare et subaquatique
- Non

**8) En tant que professionnel de santé, avez-vous déjà été confronté à des questions concernant la plongée chez des patients asthmatiques ?**

- Oui, à la demande spontanée du patient
- Oui, en interrogeant mes patients asthmatiques
- Non, mais je n'interroge pas mes patients asthmatiques sur la plongée
- Non, j'interroge mes patients et aucun ne projetait de faire de la plongée
- Non concerné(e) (par exemple, pas de patient asthmatique)
- Autre : préciser

**9) Etes-vous plongeur / avez-vous déjà plongé ?**

- Plongeur professionnel
- Plongeur amateur : niveau 1 (ou équivalent), ou plus
- Baptême de plongée effectuée
- Aucune expérience en plongée (dans ce cas, passez à la question 13)

**10) Etes-vous moniteur de plongée ?**

- Oui
- Non (si non, passez à la question 13)

**11) Si oui, avez-vous déjà été confronté à l'encadrement de plongeurs asthmatiques ?**

- Oui
- Non

**12) Si oui, avez-vous pris des mesures particulières ? Préciser**

Réponse libre.

**13) Etes-vous asthmatique ?**

- Oui
- Non (dans ce cas, passez à la question 15)

**14) Si vous êtes asthmatique plongeur ou souhaitant plonger, vous étiez vous déjà posé la question de la contre-indication ?**

- Oui
- Non

**15) Avant d'avoir consulté le site [www.asthme-plongee.com](http://www.asthme-plongee.com), pensiez-vous que l'asthme :**

- représentait une contre-indication stricte à la plongée sous-marine
- représentait une contre-indication relative à la plongée sous-marine
- ne représentait aucune contre-indication à la plongée sous-marine
- ne se prononce pas
- autre : préciser

**Nous vous remercions maintenant de consulter le site [www.asthme-plongee.com](http://www.asthme-plongee.com) si ce n'est pas déjà fait et passer à la suite sur l'évaluation.**

**Partie 2 – évaluation du site.**

**16) Sur quel outil avez-vous consulté le site ?**

- Smartphone
- Tablette
- Ordinateur (fixe, portable)
- Autre : préciser

**17) Avec quel(s) navigateur(s) ?**

- Google Chrome
- Mozilla Firefox
- Internet Explorer
- Safari
- Opera
- Autre : préciser

**18) Combien de temps avez-vous passé sur le site environ avant d'en faire l'évaluation (en minutes) ?**

**19) Diriez-vous que le site est bien structuré ?**

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

---

Pas du tout  
d'accord

Tout à fait  
d'accord

---

**20) Diriez-vous que l'information est rédigée clairement ?**

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

---

Pas du tout  
d'accord

Tout à fait  
d'accord

---

**21) Diriez-vous que l'information correspond à ce dont vous pourriez avoir besoin ?**

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Pas du tout  
d'accord

Tout à fait  
d'accord

**22) Pensez-vous utiliser ce site à l'avenir ?**

-Oui

-Non

**23) Quelles informations vous ont manqué ?**

**24) Quelles informations vous ont semblé inutiles ?**

**25) Que changeriez-vous à ce site ?**

**Remarques libres** (NB. Si vous le souhaitez, vous pouvez nous signaler ici si vous avez un déficit visuel, moteur, si vous êtes daltonien ou si vous utilisez des outils adaptés pour naviguer.) :

Si vous souhaitez être recontacté pour une évaluation ultérieure, vous pouvez laisser votre adresse mail ci-dessous :

**Nous vous remercions pour le temps consacré. N'oubliez pas d'appuyer sur "ENVOYER" ou "SUBMIT" à la fin du questionnaire !**

## Annexe 5 : Affiche

[www.asthme-plongee.com](http://www.asthme-plongee.com)



Qu'en est-il aujourd'hui concernant les personnes asthmatiques souhaitant pratiquer cette activité ?  
Existe-t-il un risque réel en comparaison des plongeurs non asthmatiques ?  
Quelles sont les recommandations et les conseils actuels ?

Ce site dédié aux plongeurs asthmatiques, aux moniteurs et aux médecins, fait l'objet d'un travail de thèse en médecine générale

Merci de répondre à ce court questionnaire (5 minutes maximum) disponible sur le site ou avec le lien ci-dessous, ayant pour but d'améliorer le site afin de nous aider à le rendre plus utile au quotidien :



Questionnaire : [www.tiny.cc/q-asthme-plongee](http://www.tiny.cc/q-asthme-plongee)

Alexandre Muller : interne en médecine générale, faculté de médecine de Lille  
Michaël Rochey : ancien chef de clinique des universités en médecine générale à Lille

**Annexe 6 : Déclaration à la CNIL****CNIL.**3 Place de Fontenoy - 75334 PARIS Cedex 07  
T. 01 53 73 22 22 - F. 01 53 73 22 00  
www.cnil.fr

RÉCÉPISSÉ

**DÉCLARATION DE CONFORMITÉ À  
UNE MÉTHODOLOGIE DE  
RÉFÉRENCE**

Numéro de déclaration

**2210813 v 0**

du 02 janvier 2019

Monsieur MULLER ALEXANDRE  
MULLER39 BIS RUE DELERUE, APPARTEMENT B13  
59290 WASQUEHAL**A LIRE IMPÉRATIVEMENT**

La délivrance de ce récépissé atteste que vous avez transmis à la CNIL un dossier de déclaration formellement complet. Vous pouvez désormais mettre en oeuvre votre traitement de données à caractère personnel.

La CNIL peut à tout moment vérifier, par courrier, par la voie d'un contrôle sur place ou en ligne, que ce traitement respecte l'ensemble des dispositions de la loi du 6 janvier 1978 modifiée en 2004. Afin d'être conforme à la loi, vous êtes tenu de respecter tout au long de votre traitement les obligations prévues et notamment :

- 1) La définition et le respect de la finalité du traitement,
- 2) La pertinence des données traitées,
- 3) La conservation pendant une durée limitée des données,
- 4) La sécurité et la confidentialité des données,
- 5) Le respect des droits des intéressés : information sur leur droit d'accès, de rectification et d'opposition.

Pour plus de détails sur les obligations prévues par la loi « informatique et libertés », consultez le site internet de la CNIL : [www.cnil.fr](http://www.cnil.fr).

**Organisme déclarant****Nom** : MULLER**Service** :**Adresse** : 39 BIS RUE DELERUE, APPARTEMENT B13**Code postal** : 59290**Ville** : WASQUEHAL**N° SIREN ou SIRET** :

830544979 00016

**Code NAF ou APE** :

8541Z

**Tél.** : 0624521682**Fax.** :**Traitement déclaré****Finalité** : MR3 - Recherches dans le domaine de la santé sans recueil du consentement**Transferts d'informations hors de l'Union européenne** : NonFait à Paris, le 02 janvier 2019  
Par délégation de la commissionIsabelle FALQUE PIERROTIN  
Présidente

## Annexe 7 : Publication de la revue de littérature dans la Revue de Pneumologie Clinique

Modele +  
PNEUMO-711; No. of Pages 11

ARTICLE IN PRESS

Revue de Pneumologie clinique (2018) xxx, xxx–xxx



ELSEVIER

Disponible en ligne sur

ScienceDirect  
www.sciencedirect.com

Elsevier Masson France

EM|consulte  
www.em-consulte.com



REVUE GÉNÉRALE

### Plongée sous-marine et asthme : revue de littérature

*Diving and asthma: Literature review*

A. Muller, M. Rochoy\*

Université de Lille, 59000 Lille, France

#### MOTS CLÉS

Asthme ;  
Plongée ;  
Revue de la  
littérature ;  
Bronchospasme ;  
Mal de  
décompression ;  
Embolie gazeuse

#### Résumé

**Introduction.** – La plongée sous-marine a longtemps été contre-indiquée chez les asthmatiques. Les recommandations évoluent vers une autorisation sous certaines conditions. Notre objectif était de faire une revue de littérature des risques liés à la plongée sous-marine chez les asthmatiques et des recommandations sur ce sujet.

**Matériels et méthodes.** – Nous avons effectué une recherche sur les bases MEDLINE et LiSSa, jusqu'en juin 2018, en langue française, anglaise ou espagnole, avec les mots clés « asthma AND diving » et « asthme plongée » respectivement. Les références au premier degré ont été analysées.

**Résultats.** – Nous avons inclus 65 articles. Le risque de bronchospasme est bien documenté, notamment en eaux froides et/ou profondes ou en cas d'exposition à des allergènes (compresseur sans filtre). Les plongeurs atopiques non asthmatiques peuvent être plus à risque de développer une hyperréactivité bronchique. Bien que le risque théorique existe, les études épidémiologiques ne semblent pas montrer de sur-risque de barotraumatisme, d'accident de décompression ou d'embolie gazeuse artérielle chez les asthmatiques. Les sociétés savantes françaises, britanniques, américaines, espagnoles et australiennes s'accordent sur certains points, tels que l'exclusion de patients ayant un asthme persistant modéré ou sévère, un VEMS < 80 %, un asthme actif dans les 48 dernières heures, un asthme à l'effort ou au froid et une mauvaise condition physique.

\* Auteur correspondant. 20, rue André-Pantigny, 62230 Outreau, France.  
Adresse e-mail : michael.rochoy@gmail.com (M. Rochoy).

<https://doi.org/10.1016/j.pneumo.2018.10.002>

0761-8417/© 2018 Elsevier Masson SAS. Tous droits réservés.

Pour citer cet article : Muller A, Rochoy M. Plongée sous-marine et asthme : revue de littérature. Rev Pneumol Clin (2018), <https://doi.org/10.1016/j.pneumo.2018.10.002>

*Conclusion.* – L'examen d'un plongeur doit comporter une triple évaluation : contrôle de l'asthme, nombre d'exacerbations et observance du traitement. Homogénéiser les recommandations permettrait de mieux encadrer la pratique de la plongée chez les asthmatiques, de réaliser des études de plus grande envergure dans cette population. Communiquer sur les recommandations actuelles reste important auprès des plongeurs, moniteurs et médecins devant le développement de la plongée sous-marine.

© 2018 Elsevier Masson SAS. Tous droits réservés.

## KEYWORDS

asthma;  
Diving;  
Review;  
Bronchial spasm;  
decompression  
sickness;  
Embolism;  
Air

## Summary

*Introduction.* – Scuba diving has long been contraindicated for asthmatics. Recommendations are evolving towards authorisation under certain conditions. Our objective was to review the literature on the risks associated with scuba diving among asthmatics and about recommendations on this subject.

*Materials and methods.* – We used the MEDLINE and LiSSa databases, until June 2018, in French, English or Spanish language, with the keywords "asthma AND diving" and "asthme plongée" respectively. References to the first degree were analyzed.

*Results.* – We have included 65 articles. Risk of bronchospasm is well documented, particularly in cold and/or deep water, or in the event of exposure to allergens (compressor without filter). Nonasthmatic atopic divers may be at greater risk of developing bronchial hyper-reactivity. Although the theoretical risk exists, epidemiological studies do not seem to show an over-risk of barotrauma, decompression sickness or arterial gas embolism in asthmatics. French, British, American, Spanish and Australian societies agreed on the exclusion of patients with moderate to severe persistent asthma, FEV1 < 80%, active asthma in the last 48 hours, exercise/cold asthma and poor physical fitness.

*Conclusion.* – A diver's examination should include a triple assessment: asthma control, number of exacerbations and treatment compliance. Homogenizing the recommendations would improve the framework for the practice of diving among asthmatics and allow larger studies in this population. Communicating the current recommendations remains important to divers, dive instructors and doctors in the context of the development of scuba diving.

© 2018 Elsevier Masson SAS. All rights reserved.

## Introduction

L'asthme affecte entre 1 et 18 % de la population en fonction des pays [1]. En France, la prévalence de l'asthme chez l'adulte est de 5 à 7 % [2].

La plongée sous-marine est une activité exigeante dans laquelle les conditions environnementales affectent les structures et les fonctions corporelles [3]. En effet, dans l'eau, la pression ambiante augmente d'une atmosphère (un bar) tous les 10 m ; le gaz dans les cavités du corps comme les poumons, les sinus, l'oreille moyenne et l'intestin est comprimé pendant la descente et se dilate pendant la remontée. Un plongeur respirant dans une bouteille d'air à l'aide d'un détendeur sous l'eau conserve relativement des volumes pulmonaires normaux, mais a besoin de respirer une masse de gaz beaucoup plus grande pour un même volume sous pression [3,4].

Dans les années 1930, des cas mortels de surpression pulmonaire ont été rapportés par la marine américaine, lors d'exercices de remontée de sauvetage en eau libre à partir de sous-marins. Suite à cela, les patients ayant un problème pulmonaire, y compris l'asthme, furent déclarés inaptes [5].

Les troubles respiratoires ont été responsables de 30 % des renvois, la majorité étant pour l'évaluation de l'asthme [6].

Dans le civil, la plongée sous-marine a longtemps été strictement contre-indiquée pour les asthmatiques [7].

Malgré cela, la prévalence de l'asthme chez les plongeurs est similaire à celle de l'asthme dans la population générale (7 à 10 %) [8–11]. La contre-indication stricte à la plongée sous-marine ne paraît donc ni respectée ni pertinente, quel que soit le pays [12–14].

Longtemps réalisée à des fins commerciales et militaires, la popularité de la plongée sous-marine a augmenté en tant qu'activité de loisir au cours des 30 dernières années. Le nombre exact de plongeurs dans le monde n'est pas connu, mais le Professional Association of Diving Instructors (PADI), l'une des plus grandes associations de plongée au monde, a depuis 1967 délivré plus de 24 millions de certifications de plongée dans le monde [3,15]. Les médecins sont de plus en plus susceptibles d'être confrontés à des questions sur l'aptitude à pratiquer la plongée [16].

L'objectif de cette revue systématique de la littérature était d'analyser les risques de la plongée sous-marine

chez les patients asthmatiques, et les recommandations actuelles.

## Matériels et méthodes

Nous avons effectué une recherche dans la base MEDLINE, sans limite de date initiale et jusque fin juin 2018, avec l'équation suivante : « asthma AND diving ». Une recherche complémentaire a été effectuée à la même période dans la littérature française et la littérature grise en utilisant le moteur de recherche littérature scientifique en santé (LISSA), avec les mots clés « asthme plongé ». Les références au premier degré des articles retenus par la revue de littérature ont également été analysées.

Ont été exclus les doublons, les articles rédigés en langue autre que l'anglais, le français ou l'espagnol, les articles inaccessibles, les articles ne traitant pas des risques ou des recommandations concernant la plongée par les patients asthmatiques.

## Résultats

L'extraction des données a permis d'identifier 110 articles, dont 65 ont été analysés (Fig. 1). Un seul article a été exclu sur la langue (allemande) et ne concernait ni les risques ni les recommandations.

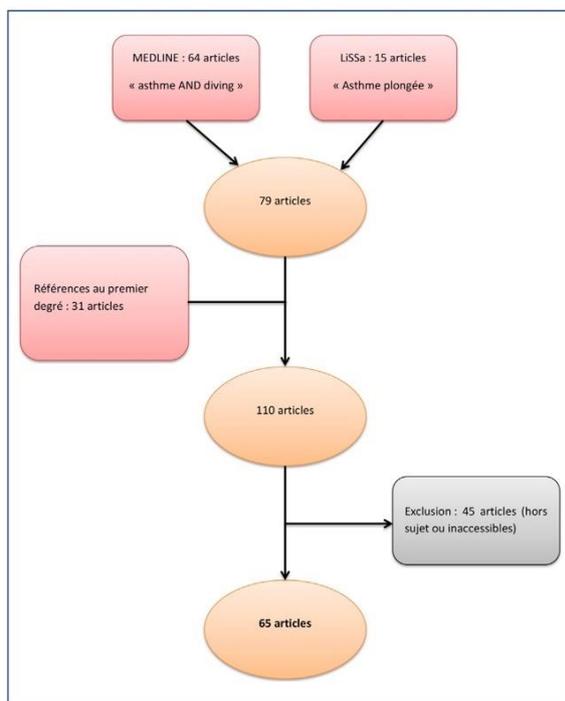


Figure 1. Diagramme de flux.

## Risques généraux de la plongée sous-marine

Il est primordial que chaque plongeur connaisse les risques auxquels il s'expose [3,4,17,18] :

- risques généraux : panique, hypothermie, traumatismes physiques, noyade ;
- problèmes liés à l'équipement ou la technique : hypoxie, hypercapnie, empoisonnement lié à des mélanges de gaz inappropriés ou des contaminants gazeux résultant du mauvais fonctionnement de l'équipement ou d'une mauvaise planification de la plongée ;
- barotraumatisme : provoqué par la compression ou l'expansion des gaz remplissant les espaces pendant la descente ou la remontée respectivement. La compression des poumons pendant la descente peut conduire à une exsudation alvéolaire et à des hémorragies. L'expansion des poumons pendant la remontée peut créer des lésions alvéolaires à l'origine d'un pneumothorax, pneumomédiastin ou d'une embolie gazeuse artérielle ;
- accident de décompression : peut survenir quand le gaz qui s'est dissout dans les tissus à la descente se solubilise en bulles lors de la remontée. Les manifestations cliniques varient, les plus sévères étant cardiorespiratoires et neurologiques ;
- narcose ou « ivresse des profondeurs » : due à un excès d'azote dans le corps (sa pression partielle est augmentée en profondeur, devenant toxique à partir d'une certaine limite de temps passé à une profondeur donnée), avec une possible atteinte du système nerveux central ;
- hyperoxie (toxicité neurologique à l'oxygène) : survient à partir d'une pression partielle en oxygène (PpO<sub>2</sub>) supérieure à 1,6 bar, et se manifeste par une crise convulsive avec perte de connaissance ;
- perte de contrôle : la cause de nombreux accidents, le plus souvent quand elle amène à une remontée rapide et non contrôlée ;
- autres risques liés à l'environnement marin : morsure, piqûre, brûlure, plaie...

Il est aussi essentiel de prendre en compte les comorbidités (épilepsie, cardiopathie, etc).

## Risques supplémentaires de la plongée sous-marine pour les patients asthmatiques

### Risques théoriques

Les risques théoriques de la plongée sous-marine pour les patients asthmatiques sont les suivants :

- hyperréactivité bronchique et crise d'asthme : l'environnement de la plongée (gaz froid et sec inhalé par le détenteur, effort ventilatoire augmenté, profondeur, stress éventuel...) peut provoquer un bronchospasme à l'origine d'une crise d'asthme, et sous l'eau, l'utilisation d'un traitement de crise est impossible [15,19,20] ;
- capacité physique réduite : l'asthme peut réduire la capacité d'exercice. Cela est un problème potentiellement dangereux pour un plongeur qui peut avoir besoin de nager fortement contre les courants ou d'échapper au danger pour éviter la noyade [15,19] ;
- barotraumatisme : une des raisons principales pour laquelle l'asthme représentait une contre-indication à

la plongée était le risque accru de barotraumatisme. En effet, si un bronchospasme se produit en profondeur, celui-ci va piéger l'air au niveau des bronchioles et alvéoles pulmonaires. En remontant, l'air va se dilater et ne va pas bien s'échapper en expirant ce qui peut conduire à des lésions pulmonaires (barotraumatismes) plus ou moins graves : pneumothorax, emphysème sous-cutané, emphysème médiastinal [4,15,19,21] ;

- accident de décompression : il est possible que les asthmatiques soient plus exposés à des risques d'accidents de décompressions sévères. En effet, les médiateurs pro-inflammatoires (cytokines, histamines...) présents en grand nombre chez l'asthmatique, sont également impliqués dans les réactions de l'organisme face à la présence de bulle de gaz dans le compartiment vasculaire lors de la remontée, à l'origine d'embolies artérielles gazeuses [19]. Le risque annuel d'embolie artérielle gazeuse chez un plongeur est estimé à 0,02 à 0,2 % [9] ;
- inhalation de facteurs irritants : des études ont également indiqué que le pollen pouvait être piégé dans les bouteilles d'air de plongée et donc mettre en danger le plongeur asthmatique en cas de sensibilité à cet allergène [22].

### Existe-t-il des preuves épidémiologiques de ces risques théoriques chez les plongeurs asthmatiques ?

#### Concernant l'hyperréactivité bronchique

En 1995, une étude chez 180 plongeurs ayant des antécédents d'asthme trouvait que la 90 d'entre eux avait des épreuves fonctionnelles respiratoires normales sans hyper-réactivité bronchique ; 30 avaient une baisse de VEMS de plus de 15 % après inhalation de solution saline hypertonique (hyperréactivité bronchique). Les auteurs recommandaient l'exclusion de ces 30 patients [3,23].

Dans la même année, une étude a été menée chez 50 plongeurs expérimentés en Australie dont 5 asthmatiques : ils passaient des tests de provocation hypertonique avec du sérum physiologique et de l'histamine, ainsi qu'une spirométrie de routine avant et après test. Vingt-trois d'entre eux (46 %) ont eu une baisse de VEMS de plus de 10 % après test ; mais les incidents de plongée n'étant pas plus fréquents chez les plongeurs expérimentés ayant des résultats anormaux par rapport à ceux ayant des résultats normaux, les auteurs suggéraient que les tests fonctionnels sont de mauvais prédicteurs des incidents de plongée [24]. Une autre étude transversale rapportait un taux important d'hyperréactivité bronchique à l'histamine plus élevé chez les plongeurs que chez des témoins non plongeurs appariés (12/28 versus 5/31) ; il n'y avait pas d'association significative avec le nombre de plongées à l'air comprimé (sous réserve d'une faible puissance). Les auteurs ne recommandaient pas non plus l'utilisation systématique des tests de provocation bronchique dans l'évaluation de l'aptitude à plonger [25].

En 2001, une étude évaluait les effets respiratoires sub-aigus de la plongée chez les plongeurs en bonne santé, en essayant de séparer les effets de la température ambiante de ceux en profondeur. Des changements significatifs de la fonction respiratoire ont été observés 1 heure après des plongées jusqu'à 50 m de profondeur, uniquement en

eau froide (pas à température ambiante). Les changements étaient de plus grande ampleur après les plongées profondes (50 m) en comparaison avec celles en eaux peu profondes (10 m). Ainsi, le froid et la profondeur semblaient contribuer aux effets néfastes d'une seule plongée à l'air comprimé sur la fonction respiratoire [26].

En 2004, une étude a rapporté que respirer de l'air comprimé par l'intermédiaire d'un détendeur sur terre dans des conditions de laboratoire, augmentait la sévérité du bronchospasme induit par l'exercice de manière significative chez les patients sensibles (souffrant de bronchoconstriction induite par l'exercice), probablement lié au fait de respirer de l'air froid et sec [27].

En 2012, une étude cherchait à évaluer l'effet d'une seule plongée en eau peu profonde (effectué en piscine pour l'étude) sur la fonction pulmonaire chez des plongeurs souffrant d'asthme par rapport aux témoins. Elle trouvait chez les patients asthmatiques une réduction significativement plus importante du VEMS ( $p < 0,01$ ) et du rapport VEMS/CVF ( $p < 0,05$ ), sans modification significative du débit expiratoire de pointe (DEP) dans les 2 groupes. Les auteurs signalaient qu'en situation réelle, contrairement aux plongées réalisées en piscine, un certain nombre de facteurs non-inclus pouvaient éventuellement augmenter le risque de crise d'asthme : les facteurs environnementaux comme la vie marine, un fort courant, l'eau froide et/ou salée et la profondeur [28].

Une autre étude de 2013 ne montrait pas de diminution du VEMS après plongée chez les patients fumeurs ou les patients asthmatiques. Elle montrait, par contre une diminution du DEP non significative dans le groupe asthmatique (113 % à 107 % après plongée,  $p = 0,06$ ), et une diminution significative dans le groupe fumeur (115 % à 104 % après plongée,  $p = 0,023$ ) [29].

En 2016, pour une étude réalisée au Honduras en eau de mer tropicale jusqu'à 18 m de profondeur, la diminution du DEP était plus importante après la plongée chez les asthmatiques utilisant un traitement préventif de manière régulière (salbutamol) par rapport au groupe témoin [30].

Enfin, certains auteurs pensent également qu'il faut être prudent concernant l'utilisation de bronchodilatateurs avant de plonger, car ces médicaments augmentent le risque d'une arythmie cardiaque, ainsi que l'augmentation de la pression hydrostatique lors de l'immersion (augmentation du volume sanguin intrathoracique) [31,32].

#### Concernant le barotraumatisme (pneumothorax, emphysème)

Dans une étude de 1994, le risque de barotraumatisme pulmonaire était semblable entre les non asthmatiques et les patients asthmatiques avec une fonction respiratoire normale au repos et avec une faible réactivité bronchique à l'effort ou à l'inhalation d'air froid [33].

Dans une étude de 2005 sur 322 plongeurs (dont 28 asthmatiques et 5 ayant un antécédent d'asthme), aucun barotraumatisme ou accident de plongée sérieux n'a été signalé sur un total de 17 386 plongées [11].

#### Concernant l'accident de décompression et l'embolie artérielle gazeuse

Des cas cliniques ont été rapportés d'accidents chez des patients asthmatiques. Par exemple, 2 accidents d'embolie

gazeuse cérébrale ont été rapportés au cours de séances d'entraînement en piscine entre 3,5 et 5,5 m de profondeur chez des asthmatiques qui avaient obtenu un certificat d'aptitude sans informer de leur maladie et de leur traitement [34].

Une série de 100 décès en plongée en Australie et en Nouvelle-Zélande a été publiée en 1991 : 9 cas d'asthme ont été retrouvés, bien que 1 % des plongeurs avaient rapporté spontanément cet antécédent d'asthme [3]. À noter que le taux de prévalence de l'asthme est classiquement de 7 à 8 % chez les plongeurs, comme en population générale [8,9].

En 1991, un questionnaire envoyé à 75 000 lecteurs du magazine *Alert Diver* a été retourné par 279 d'entre eux (représentant 56 334 plongées) et a permis de trouver un risque de 1 accident de décompression pour 5100 plongées, soit un risque 4,2 fois plus élevé chez les asthmatiques que dans une population de plongeurs non sélectionnée ; un biais de sélection important est toutefois possible compte tenu du mode de recrutement [35].

Un an plus tôt, parmi 104 plongeurs asthmatiques ayant répondu spontanément au questionnaire d'un magazine, 96 % avaient rapporté avoir pris un agoniste  $\beta_2$  prophylactique avant de plonger. Plus de 12 000 plongées ont été réalisées par ce groupe : aucun cas de pneumothorax ou d'embolie gazeuse n'a été signalé ; un a présenté une maladie de décompression [36].

Par ailleurs, les études plus larges sont rassurantes.

En 1991, une étude de cohorte rétrospective a analysé 1213 accidents de décompression, dont 196 épisodes d'embolie gazeuse artérielle. Elle ne montrait pas d'augmentation significative du risque d'embolie gazeuse artérielle chez les plongeurs asthmatiques (OR = 1,58 ; IC 95 % [0,8–2,99]) ou d'accident de décompression de type 2 (OR = 0,74 ; IC 95 % [0,43–1,24]) [37].

Au cours de la période 1988–1994, 369 cas d'embolie gazeuse artérielle (dont 23 chez des asthmatiques) et 2720 cas de maladie de décompression (dont 123 chez des asthmatiques) ont été signalés au Divers Alert Network aux États-Unis. La prévalence de l'asthme chez les personnes développant une embolie gazeuse artérielle et une maladie de décompression était similaire à celle de la population générale [38].

### Concernant l'inhalation de facteurs irritants

En 1999, un plongeur asthmatique avait rempli son réservoir de plongée dans une nouvelle zone et le compresseur n'était pas équipé d'un filtre à air. Le plongeur a souffert d'une crise d'asthme mortelle lors d'une plongée causée par un allergène de pollen (*Parietaria*), bien qu'il bénéficiait d'un traitement de fond par budésonide 400  $\mu\text{g}$  deux fois par jour [22].

### Existe-t-il des preuves épidémiologiques que les plongeurs atopiques non asthmatiques sont à risque ?

L'atopie est une susceptibilité génétique à développer des allergies face à de nombreux allergènes. Elle est considérée comme un facteur de risque d'asthme. En 2000, une étude portant sur 9 plongeurs concluait que les non-asthmatiques avec un terrain atopique sont théoriquement plus à risque d'accident pulmonaire en plongée que les patients non

atopiques (avec une diminution significative de 15 % de la conductance des voies respiratoires à 24 h d'une plongée à 50 m) [39].

Entre 1992 et 1998, 112 plongeurs professionnels ont été suivis en Italie : parmi les 11 patients atopiques non asthmatiques, 5 ont développé une hyperréactivité bronchique et un asthme par la suite, en moyenne 3 ans après le début d'activité de la plongée sous-marine. Cette étude suggérait qu'à la visite de dépistage pour les plongeurs professionnels, les patients devraient bénéficier de tests afin de vérifier la présence d'atopie, ainsi qu'une évaluation à la recherche d'hyperréactivité bronchique avant et après la plongée sous-marine pour les patients atopiques [40].

### Recommandations générales pour la pratique de la plongée sous-marine

La réalisation d'un certificat médical d'absence de contre-indication (CACI) n'est pas systématique en fonction de l'organisme dont dépend le club de plongée.

Pour la Fédération française d'études et de sports sous-marins (FFESSM), la réalisation d'un CACI est obligatoire pour toute personne souhaitant pratiquer la plongée sous-marine en France (licence, niveau 1,2...). Il est réalisable par tout médecin, sauf dans les cas particuliers (dont l'asthme) où celui-ci doit être réalisé par un médecin fédéral, un médecin du sport ou un médecin spécialisé en médecine subaquatique (c'est-à-dire, ayant un diplôme interuniversitaire de médecine subaquatique et hyperbare, un diplôme universitaire (DU) de médecine subaquatique, un DU de médecine de plongée professionnelle ou un DU de médecine de plongée).

Le certificat perd sa validité en cas d'accident de plongée ou d'apparition d'une affection médicale grave pendant l'année. Ce certificat n'est pas nécessaire pour un baptême.

Pour la Professional Association of Diving Instructors (PADI) ou la Scuba Schools International (SSI), seule une déclaration sur l'honneur est nécessaire, et le certificat n'est obligatoire qu'en cas d'existence d'une ou plusieurs conditions pouvant affecter la sécurité de la personne, dont la liste est fournie dans le formulaire d'inscription.

Le médecin devra s'intéresser particulièrement :

- aux antécédents : une attention particulière doit être portée aux symptômes respiratoires habituels, signes d'hyperréactivité bronchiques, des antécédents de maladies pulmonaires incluant les antécédents de l'enfance, un traumatisme antérieur du thorax et des épisodes antérieurs de pneumothorax ;
- éliminer toutes les contre-indications éventuelles (Tableau 1) ;
- réaliser un examen clinique complet.

En population générale, il n'est pas recommandé de manière systématique en France d'adresser à un pneumologue pour une évaluation spécialisée et la réalisation d'une épreuve fonctionnelle respiratoire (EFR), qui ne se réalisent qu'en cas de point d'appel respiratoire (antécédent, symptômes respiratoires) [12,41,42].

Une radiographie thoracique n'est pas nécessaire chez les patients asymptomatiques n'ayant aucun antécédent respiratoire et un examen clinique normal. Cependant, tous les plongeurs professionnels, y compris les plongeurs amateurs

**Tableau 1** Contre-indications à la plongée sous-marine selon la FFESSM.

	Contre-indications	État ou pathologie
Pneumologiques	Absolue	Insuffisance respiratoire Pneumopathie fibrosante Vascularite pulmonaire Pneumothorax spontané ou maladie bulleuse (à évaluer) Chirurgie pulmonaire
	Relative	Asthme Infection pulmonaire Pleurésie Traumatisme thoracique
Cardiologiques	Absolue	Cardiopathie congénitale Insuffisance cardiaque symptomatique Cardiomyopathie obstructive Risque de syncope Tachycardie paroxystique Bloc atrio-ventriculaire de type II ou III non appareillés Maladie de Rendu-Osler Valvulopathie (à évaluer)
	Relative	Hypertension artérielle non contrôlée Shunt droit-gauche Coronaropathies Péricardite Traitement par anti-arythmique Traitement par bêta-bloquants
Oto-rhino-laryngologiques	Absolue	Cophose unilatérale
	Relative	Évidement pétro-mastoidien Ossiculoplastie Trachéostomie Laryngocèle Hypoacousie bilatérale (à évaluer) Otospongiose opérée Fracture du rocher Destruction labyrinthique (uni- ou bilatérale) Fistule périlymphatique Déficit vestibulaire non compensé Chirurgie otologique Épisode infectieux Polypose nasosinusienne Difficultés tubo-tympaniques pouvant engendrer un vertige alterno-barique Tout vertige non étiqueté Asymétrie vestibulaire supérieur ou égale à 50 % Perforation tympanique (et aérateurs trans-tympaniques) Barotraumatismes de l'oreille interne (à évaluer)
Neurologique	Absolue	Épilepsie Syndrome déficitaire sévère Pertes de connaissance itératives Effraction méningée (neurochirurgicale, ORL ou traumatique)
	Relative	Incapacité motrice cérébrale Traumatisme crânien grave (à évaluer)

Pour citer cet article : Muller A, Rochoy M. Plongée sous-marine et asthme : revue de littérature. Rev Pneumol Clin (2018), <https://doi.org/10.1016/j.pneumo.2018.10.002>

	Contre-indications	État ou pathologie
Ophtalmologiques	Absolue	Pathologie vasculaire de la rétine, de la choroïde ou de la papille, non stabilisée ou susceptible de saigner Kératocône au-delà du stade 2 Prothèse oculaire ou implant creux Pour les niveaux 3, 4 ou encadrants : vision binoculaire avec correction <5/10 (ou si un œil <1/10, l'autre <6/10)
	Relative	Affections aiguës du globe ou de ses annexes jusqu'à guérison : 1 mois après photokératectomie réfractive et LASIK; 2 mois après phacoémulsification-trabéculéctomie et chirurgie vitro-rétinienne; 8 mois après greffe de cornée; traitement par collyres bêta-bloquants (à évaluer)
Hématologiques	Absolue	Thrombopénie périphérique Thrombopathie congénitale Phlébites à répétition Hémophilie (à évaluer)
	Relative	Phlébite non explorée
Métabolique	Absolue	Diabète traité par insuline ou antidiabétique oral à risque d'hypoglycémie (hors metformine)
	Relative	Lésion à retentissement général (prurit) (à évaluer)
Dermatologiques	Relative	Manchon antireflux
	Absolue	Hernie hiatale (à évaluer)
Gastro-entérologiques	Absolue	Reflux gastro-œsophagien (à évaluer)
	Relative	Grossesse
Gynécologiques	Absolue	Affection psychiatrique sévère Alcoolisation aiguë
	Relative	Psychotrope (antidépresseur, anxiolytique, antipsychotique, hypnotique) Éthylisme chronique Tétanie et spasmophilie (à évaluer) Tout médicament ou substances pouvant modifier le comportement

Recommandations	FFESSM	BTS/UKSDMC	SPUMS	UHMS	SEPAR
Pays	France	Royaume-Uni	Australie	États-Unis	Espagne
Asthme intermittent				Autorisé	Autorisé
Asthme persistant léger				Autorisé	Autorisé
Asthme persistant modéré	Exclus	Exclus	Exclus	Exclus	Exclus
Asthme persistant sévère	Exclus	Exclus	Exclus	Exclus	Exclus
VEMS <80 % ou VEMS/CVF <75 %	Exclus				
VEMS <80 % ou VEMS/CVF <70 %		Exclus			
Spirométrie anormale au repos			Exclus	Exclus	
DEM 25–75 <70 % de la théorique	Exclus				
Test à l'effort positif (chute de 15 % du VEMS après exercice)		Exclus	Exclus	Exclus	
Asthme actif dans les 48 heures	Exclus	Exclus	Exclus		Exclus
Diminution du DEP de 10 % ou variabilité >20 %		Exclus	Exclus		
Plus de 6 crises mineures par an	Exclus				
Antécédent de crises modérées à graves	Exclus				
Asthme au froid ou à l'effort	Exclus	Exclus	Exclus	Exclus	Exclus
Mauvaise forme physique			Exclus		Exclus
Nécessité d'un traitement de secours				Exclus	
Nécessité d'un traitement de fond	Autorisé	Autorisé	Autorisé		Autorisé

Pour citer cet article : Muller A, Rochoy M. Plongée sous-marine et asthme : revue de littérature. Rev Pneumol Clin (2018), <https://doi.org/10.1016/j.pneumo.2018.10.002>

qui envisagent de travailler comme instructeur, devraient avoir une radiographie thoracique [3].

Les preuves actuelles ne préconisent pas l'utilisation systématique des tests de provocation bronchique dans l'évaluation de l'aptitude à plonger [43].

Les principes d'évaluation de l'aptitude à plonger ne sont généralement pas affectés par le type d'appareil ou de mélange gazeux à utiliser (par exemple les plongées au Nitrox ou avec hélium) [3].

## Recommandations spécifiques chez les patients asthmatiques

### Anciennes recommandations

En 1979, Strauss RH suggérait que les contre-indications à la plongée incluent [3] :

- une maladie pulmonaire obstructive importante avec des valeurs minimales pour le VEMS et la CVF ;
- toute crise d'asthme survenant dans les deux ans ;
- la nécessité d'une médication ;
- tout épisode de bronchospasme associé à l'effort ou à l'inhalation d'air froid.

En 1993, Jenkins et al. recommandaient aux asthmatiques ayant eu des symptômes lors des 5 dernières années de ne pas plonger [44].

Autour des années 2000, d'autres auteurs recommandaient aux asthmatiques de ne pas plonger s'ils éprouvaient une respiration sifflante par l'exercice, le froid ou les émotions [3,45–47].

Les recommandations ont donc évolué et l'asthme n'est plus une contre-indication absolue à la plongée sous-marine (Tableau 2).

### Recommandations de la Fédération française d'étude et de sport sous-marin (FFESSM)

La Commission médicale et de prévention nationale de la FFESSM a établi un protocole d'évaluation de l'asthme, dont la dernière mise à jour a été faite en février 2018 [41]. Par rapport à la précédente recommandation de 2014, la plongée est possible chez les patients ayant un traitement de fond.

Un asthmatique (ou tout patient avec un antécédent d'asthme) peut être autorisé à pratiquer la plongée sous-marine de loisir après une évaluation chez un pneumologue : il est indispensable de connaître parfaitement l'histoire de l'asthme du patient ainsi que de réaliser des EFR (explorations fonctionnelles respiratoires) avant de réaliser un certificat médical d'absence de contre-indication [48].

Sont autorisés à la pratique de la plongée subaquatique de loisir avec scaphandre les asthmatiques suivants :

- asthme léger ou parfaitement contrôlé sous traitement de fond ;
- pas d'antécédent de crises modérées à graves et/ou brusques ;
- absence d'asthme d'effort et/ou au froid.

Dans les cas où l'asthme est en apparence mineur ou en rémission, une EFR avec courbe débit-volume est demandée, elle doit présenter les critères suivants :

- aspect strictement normal de la courbe débit-volume ;
- un VEMS et une CVF > 80 % des valeurs théoriques, un VEMS/CVF > 75 % ;
- un DEM (débit expiratoire maximal) 25–75 > 70 % de la théorique.

Si les EFR sont limites ou douteuses, un test de réversibilité peut être effectué : une réversibilité du VEMS sous béta-2-mimétiques est alors une contre-indication à plonger.

Il est recommandé de renoncer à plonger en période d'instabilité, d'allergie, de symptômes mineurs (toux, gêne respiratoire modeste, non ressentie comme une crise « vraie »), avec une attente minimale de 48 h, voire jusqu'à 7 jours après une crise d'asthme d'intensité modérée.

### Recommandations de la British Thoracic Society (BTS)

Pour la société savante britannique, les patients asthmatiques doivent être encouragés à ne pas plonger s'ils ont des sifflements à l'exercice, au froid ou à l'émotion [3]. Ils devraient être autorisés à plonger si, avec ou sans prise régulière de corticostéroïdes inhalés, ils :

- n'ont aucun symptôme d'asthme ;
- ont une spirométrie normale (VEMS > 80 % de la valeur théorique et rapport VEMS/CVF > 70 % de la valeur théorique) ;
- ont un test à l'exercice négatif (positif si chute < 15 % du VEMS après exercice).

Ils devraient gérer leur asthme avec une mesure biquotidienne régulière de leur débit expiratoire de pointe. Ils devraient se retenir de plonger s'ils ont :

- un asthme actif, c'est-à-dire, des symptômes nécessitant une médication de secours dans les 48 heures précédant la plongée ;
- un DEP réduit (plus de 10 % de chute par rapport aux meilleures valeurs) ;
- une augmentation de la variabilité du débit expiratoire de pointe (plus de 20 % de variation, soit un asthme persistant).

### Recommandations du UK Sports Diving Medical Committee (UKSDMC)

Pour l'UKSDMC, les asthmatiques peuvent plonger s'ils souffrent d'asthme allergique, mais pas s'ils souffrent d'asthme dû au froid, à l'exercice ou aux émotions. Un bronchodilatateur bêta-2 peut être pris à titre préventif (mais non pour soulager le bronchospasme au moment de la plongée). Tous les asthmatiques sont gérés conformément aux directives de la British Thoracic Society [49].

### Recommandation de la South Pacific Underwater Medicine Society (SPUMS)

Selon la société savante australienne, les asthmatiques modérés à sévères ne devraient pas plonger en raison de l'imprévisibilité de leur maladie, du risque potentiel d'un barotraumatisme pulmonaire et d'une exacerbation d'asthme, que ce soit sous l'eau ou à la surface [49].

Sont autorisés à plonger les asthmatiques :

- avec une fonction pulmonaire normale au repos (y compris sous traitement) ou une réponse négative à l'exercice ou à la provocation bronchique indirecte ;
- asymptomatiques ;
- aptes à plonger ;
- n'ayant pas eu besoin de bronchodilatateur à courte durée d'action dans les 48 heures.

Le DEP doit être bien contrôlé ; les patients doivent pouvoir présenter une spirométrie normale et passer avec succès les tests de provocation bronchique à l'exercice, l'air sec (hyperpnée) ou avec solution saline hypertonique (pas plus de 15 % de réduction du VEMS).

Tous les plongeurs potentiels doivent être informés des risques de la plongée et du risque supplémentaire que l'asthme actif peut poser. Des directives écrites devraient être fournies et l'individu devrait accepter la responsabilité de suivre ces directives.

### Recommandations de l'Undersea and Hyperbaric Medical Society (UHMS)

La Société américaine recommande d'exclure de la plongée [49] :

- les asthmatiques induits par l'exercice et le froid ;
- les asthmatiques nécessitant un traitement de secours ;
- les asthmatiques modérés, sévères ou n'ayant pas une spirométrie normale ;
- les asthmatiques n'ayant pas retrouvé une fonction respiratoire normale après une crise d'asthme (un test d'effort peut être effectué).

### Recommandations de la Société espagnole de pneumologie et de chirurgie thoracique (SEPAR)

La SEPAR a également publié ses recommandations et ils contre-indiquent la plongée aux personnes asthmatiques ayant [50] :

- un asthme grave et persistant ;
- des symptômes non contrôlés par un traitement de fond ;
- nécessitant un traitement de secours à l'effort physique ou à l'exposition au froid ;
- avec une mauvaise forme physique quel que soit le stade de la maladie.

## Discussion

### Synthèse des risques de la plongée sous-marine

La plongée sous-marine comporte des risques généraux liés au plongeur, à l'équipement, la technique ou l'environnement. Longtemps contre-indiquée chez les asthmatiques, elle était tout de même pratiquée, avec un taux de prévalence de l'asthme similaire chez les plongeurs et chez les non-plongeurs. Elle peut être autorisée dans certaines conditions chez les asthmatiques, après évaluation clinique et par spirométrie.

Chez les personnes asthmatiques, la plongée est susceptible de majorer un bronchospasme, notamment dans les

eaux froides et/ou profondes ou en cas d'exposition à des allergènes (utilisation d'un compresseur sans filtre).

Les plongeurs atopiques non asthmatiques peuvent être plus à risque de développer une hyperréactivité bronchique ; l'exposition à une pression environnementale élevée pourrait avoir un effet aggravant précoce sur la réactivité bronchique et être responsable de l'apparition d'un asthme.

Bien que le risque théorique existe, les études épidémiologiques ne semblent pas montrer de sur-risque de barotraumatisme, d'accident de décompression ou d'embolie gazeuse artérielle chez les asthmatiques remplissant les critères d'aptitudes. La précaution reste de mise, car ces études ont été réalisées sur des questionnaires anonymes avec faible taux de réponses (et donc fort risque de biais de sélection) ou sur des cohortes rétrospectives, avec de possibles biais de mémorisation (voire de méconnaissance d'antécédent d'asthme à propos de patients décédés). D'autres études, prospectives, sont nécessaires dans ce contexte, en particulier dans les conditions réelles de plongée en ajoutant les paramètres de profondeur et de température, avec des échantillons beaucoup plus grands de patients souffrant d'asthme [14,15,51,52].

### Synthèse des recommandations

Il n'y a, à l'heure actuelle, pas assez de preuves pour tirer des conclusions valables concernant les patients asthmatiques qui remplissent les critères actuels d'aptitude à la plongée [15,43]. Les différentes sociétés savantes s'accordent sur certains points. La plongée sous-marine doit être contre-indiquée chez les patients ayant :

- un asthme persistant modéré ou sévère ;
- une anomalie des EFR (VEMS <80 %, VEMS/CVF <70 %, DEM 25–75 <70 %) ;
- un test à l'effort positif (chute de 15 % du VEMS après exercice) ;
- un asthme actif (utilisation de bêta-2-mimétiques dans les 48 dernières heures) ;
- un asthme à l'effort ou au froid ;
- une mauvaise condition physique.

D'autres points sont plus controversés. En France, les patients ayant un antécédent de crise grave ou plus de 6 crises mineures par an sont exclus ; aux États-Unis, l'utilisation d'un traitement de crise est un motif d'exclusion. La FFESSM introduit dans ses recommandations de 2018 la notion « d'asthme léger ou parfaitement contrôlé sous traitement de fond ».

Enfin, les recommandations des différentes fédérations ou sociétés savantes s'appuient sur des critères d'évaluation de l'asthme qui ne sont plus ceux de la Global Initiative for Asthma (GINA) en 2018.

## Conclusion

La plongée sous-marine est à risque chez les patients asthmatiques en raison du bronchospasme induit, bien documenté. Bien qu'il ne semble pas y avoir de sur-risque de barotraumatisme, d'accident de décompression et d'embolie gazeuse artérielle chez les patients asthmatiques, la prudence reste de mise devant une littérature encore peu détaillée sur le sujet.

La plongée sous-marine est contre-indiquée chez les patients ayant un asthme persistant modéré ou sévère, actif dans les 48 heures précédant la plongée, ayant un retentissement sur la fonction respiratoire ou déclenché par l'effort ou le froid. Elle est possible sous certaines conditions, en cas d'asthme parfaitement contrôlé sous traitement de fond, pour un patient connaissant bien sa maladie, capable de contrôler son débit expiratoire de pointe et avec une bonne condition physique. Il est donc primordial d'évaluer 3 éléments chez le patient asthmatique souhaitant pratiquer la plongée sous-marine avec scaphandre : le contrôle de la maladie, le nombre d'exacerbations et l'observance du traitement.

Une meilleure homogénéisation des recommandations au niveau international autour des critères de la GINA permettrait de mieux encadrer la pratique de la plongée chez les patients asthmatiques, et de réaliser des études épidémiologiques de plus grande envergure. Il est important de mieux faire connaître les recommandations actuelles et les bonnes pratiques de plongée auprès des plongeurs asthmatiques, des moniteurs de plongée, des médecins généralistes et pneumologues. La création d'un site internet pourrait permettre de mieux sensibiliser sur ce sujet et prévenir les accidents de plongée par méconnaissance de la problématique.

## Déclaration de liens d'intérêts

Les auteurs déclarent ne pas avoir de liens d'intérêts.

## Références

- [1] National Heart Lung Blood Institute. Global Initiative for Asthma (GINA). Global strategy for asthma management and prevention. Revised 2018; 2018 [Disponible sur : <http://www.ginasthma.org>].
- [2] Raheison C, Bourdin A, Bonniaud P, Deslée G, Garcia G, Leroyer C, et al. Updated guidelines (2015) for management and monitoring of adult and adolescent asthmatic patients (from 12 years and older) of the Société de pneumologie de langue française (SPLF). *Rev Mal Respir* 2016;33:279–325.
- [3] Society BPG and BT. British Thoracic Society guidelines on respiratory aspects of fitness for diving. *Thorax* 2003;58:3–13.
- [4] Tetzlaff K, Muth CM, Waldhauser LK. A review of asthma and scuba diving. *J Asthma* 2002;39:557–66.
- [5] Héritier F, Leuenberger P. Asthme et plongée subaquatique. *Rev Med Suisse* 2003;123:135–7.
- [6] Glen S, White S, Douglas J. Medical supervision of sport diving in Scotland: reassessing the need for routine medical examinations. *Br J Sports Med* 2000;34:375–8.
- [7] Saint-Briec G, Saint-Briec F. Asthme et plongée : suivi. *Rev Mal Respir* 2003;20:147–8.
- [8] Bove AA, Neuman TS, Kelsen S, Gleason W. Observations on asthma in the recreational diving. *Undersea Biomed Res* 1992;19:18 [Disponible sur : <http://archive.rubicon-foundation.org/xmlui/handle/123456789/5751>].
- [9] Wolf SL, Twarog F, Weiler JM, Barron RJ, Lang DM, Wells JH, et al. Discussion of risk of scuba diving in individuals with allergic and respiratory diseases: SCUBA Subcommittee. *J Allergy Clin Immunol* 1995;96:871–3.
- [10] Taylor DM, O'Toole KS, Ryan CM. Experienced recreational scuba divers in Australia continue to dive despite medical contraindications. *Wilderness Environ Med* 2002;13:187–93.
- [11] Tetzlaff K, Muth CM. Demographics and respiratory illness prevalence of sport scuba divers. *Int J Sports Med* 2005;26:607–10.
- [12] Lemmens B, Bervar J, Coetmeur D, Nasr M, Zaegel M. Recommandation pour la plongée chez les asthmatiques 2014. Rapport de la FFESSM; 2014 [Disponible sur : <http://medical.ffessm.fr/wp-content/uploads/argumentaire-asthme-2014.pdf>].
- [13] Koehle M, Lloyd-Smith R, McKenzie D, Taunton J. Asthma and recreational SCUBA diving. *Sports Med* 2003;33:109–16.
- [14] Davies MJ, Fisher LH, Chegini S, Craig TJ. Asthma and the diver. *Clin Rev Allergy Immunol* 2005;29:131–8.
- [15] Ustrup AS, Ulrik CS. Are recreational SCUBA divers with asthma at increased risk? *J Asthma* 2017;54:784–91.
- [16] Benton PJ, Glover MA. Diving medicine. *Travel Med Infect Dis* 2006;4:238–54.
- [17] Strauss RH. Diving medicine. *Am Rev Respir Dis* 1979;119:1001–23.
- [18] Géraut C, Tripodi D, Géraut L. Risques de la plongée sous-marine et du travail en milieu hyperbare, 3. EMC — Pathologie professionnelle et de l'environnement; 2008. p. 1–13.
- [19] Regnard J, Méliet JL. Asthme : plonger ou ne pas plonger ? *Rev Mal Respir* 2001;18:375–7.
- [20] Martindale JJ. Scuba divers with asthma. *BMJ* 1990;300:609–10 [Disponible sur : <https://www.bmj.com/content/300/6724/609.3/related>].
- [21] Leddy JJ, Roberts A, Moalem J, Curry T, Lundgren CEG. Effects of water immersion on pulmonary function in asthmatics. *Undersea Hyperbaric Med* 2001;28:75.
- [22] D'Amato G, Noschese P, Russo M, Gilder J, Liccardi G. Pollen asthma in the deep. *J Allergy and Clin Immunol* 1999;104:710.
- [23] Meehan C. Bronchial provocation testing for intending divers with a history of asthma or wheezing. *SPUMS J* 1995;25:256–8.
- [24] Simpson G, Meehan C. Prevalence of bronchial hyperresponsiveness in a group of experienced scuba divers. *SPUMS J* 1995;25:249–53.
- [25] Tetzlaff K, Neubauer B, Reuter M, Friege L. Atopy, airway reactivity and compressed air diving in males. *Respiration* 1998;65:270–4.
- [26] Tetzlaff K, Friege L, Koch A, Heine L, Neubauer B, Struck N, et al. Effects of ambient cold and depth on lung function in humans after a single scuba dive. *Eur J Appl Physiol* 2001;85:125–9.
- [27] Gotshall RW, Fedorcak LJ, Rasmussen JJ. Severity of exercise-induced bronchoconstriction during compressed-air breathing via scuba. *SPUMS J* 2004;34:178–82 [Disponible ici : <http://www.gtuem.praesentiert-ihnen.de/tools/literaturdb/project2/pdf/SPU03010.pdf>].
- [28] Ivkovic D, Markovic M, Todorovic BS, Balestra C, Marroni A, Zarkovic M. Effect of a single pool dive on pulmonary function in asthmatic and non-asthmatic divers. *Diving Hyperb Med* 2012;42:72–7.
- [29] Jeulin JC, Fausser C. Évaluation de l'asthme sur la fonction respiratoire lors de la plongée en scaphandre. *Kinesithérapie Rev* 2013;134:25–6.
- [30] Lawrence CHD, Chen IYD. The effect of scuba diving on airflow obstruction in divers with asthma. *Diving Hyperb Med* 2016;46:11–4.
- [31] Mc Donough, Barutt J, Saffron J. The medical problems of underwater diving. *N Engl J Med* 1992;326:1498.
- [32] Martin L. The medical problems of underwater diving. *N Engl J Med* 1992;326:1497.
- [33] Neuman TS, Bove AA, O'Connor RD, Kelsen SG. Asthma and diving. *Allergy* 1994;73:344–50.
- [34] Weiss LD, Van Meter KW. Cerebral air embolism in asthmatic scuba divers in a swimming pool. *Chest* 1995;107:1653–4.

- [35] Corson KS, Moon RE, Nealen ML, Dovenbarger JA, Bennett PB. A survey of diving asthmatics. *SPUMS J* 1992;22:237.
- [36] Farrell PJ, Glanvill P. Diving practices of scuba divers with asthma. *BMJ* 1990;300:166.
- [37] Corson KS, Dovenbarger JA, Moon RE, Hodder S, Bennett PB. Risk assessment of asthma for decompression illness, 18. San Diego Princess Resort, San Diego, CA: Undersea and Hyperbaric Medical Society; 1991. p. 16–7 [Abstract of the Undersea and Hyperbaric Medical Society Annual Scientific Meeting held June 19–23, 1991 at San Diego Princess Resort, San Diego, CA 1991].
- [38] Elliott DH. Are asthmatics fit to dive? *Undersea Hyperbaric Medical Society*; 1996 [Disponible sur : <http://archive.rubiconfoundation.org/xmliui/handle/123456789/10038>].
- [39] Tetzlaff K, Staschen CM, Struck N, Mutzbauer TS. Respiratory effects of a single dive to 50 meters in sport divers with asymptomatic respiratory atopy. *Int J Sports Med* 2001;22:85–9.
- [40] Cirillo I, Vizzaccaro A, Crimi E. Airway reactivity and diving in healthy and atopic subjects. *Med Sci Sports Exerc* 2003;35:1493–8.
- [41] Fédération française d'étude et de sports sous-marins. Fédération française d'étude et de sport sous-marin règlement médical; 2018 [Disponible sur : <http://medical.ffessm.fr/wp-content/uploads/R%C3%A8glement-M%C3%A9dical-2018-chapitres-I-II-et-III.pdf>].
- [42] Friemel F. Certificat d'aptitude à la plongée et asthme. *Bull Med Subaquatique Hyperbare* 1993;3:41–7.
- [43] Adir Y, Bove AA. Can asthmatic subjects dive? *Eur Respir Rev* 2016;25:214–20.
- [44] Jenkins C, Anderson SD, Wong R, Veale A. Compressed air diving and respiratory disease. A discussion document of the Thoracic Society of Australia and New Zealand. *Med J Austr* 1993;158:275–9.
- [45] Hoesen KBV, Neuman TS. Asthma and scuba diving. *Immunol Allergy Clin North Am* 1996;16:917–28, [http://dx.doi.org/10.1016/s0889-8561\(05\)70278-2](http://dx.doi.org/10.1016/s0889-8561(05)70278-2).
- [46] Russi EW. Diving and the risk of barotrauma. *Thorax* 1998;53:S20–4.
- [47] Krieger BP. Diving: what to tell the patient with asthma and why. *Curr Opin Pulm Med* 2001;7:32–8.
- [48] Bouterfas A, Touraine F, Dusselier M, Melloni B. Asthme et plongée subaquatique. *Rev Mal Respir* 2017;34:A26.
- [49] Coop CA, Adams KE, Webb CN. Scuba diving and asthma: clinical recommendations and safety. *Clin Rev Allergy Immunol* 2015;50:18–22.
- [50] Drobic F, Borderías Clau L. Guía del asma en condiciones ambientales extremas. *Arch Bronconeumol* 2009;45:48–56.
- [51] Weaver LK, Churchill SK, Hegewald MJ, Jensen RL, Crapo RO. Prevalence of airway obstruction in recreational SCUBA divers. *Wilderness Environ Med* 2009;20:125–8.
- [52] Bove AA. Pulmonary barotrauma in divers. *Chest* 1997;112:576–8.

## **Annexe 8 : Mesures prises par les 43 moniteurs ayant déjà encadré des asthmatiques (question 12)**

<b>Parmi les 43 moniteurs ayant encadré des asthmatiques,</b>	<b>n</b>	<b>%</b>
<b>Pas de mesure particulière :</b>	<b>16</b>	<b>37,21 %</b>
Dont professionnel de santé :	12	75 %
Médecin généraliste	5	41,67 %
Dont spécialisé (médecine subaquatique et Hyperbare / Sport / FFESSM)	5	
Pneumologue	1	8,33 %
Dont spécialisé (médecine subaquatique et Hyperbare / Sport / FFESSM)	1	
Autre :	6	50 %
Dont spécialisé (médecine subaquatique et Hyperbare / Sport / FFESSM)	4	
<b>Ventoline accessible rapidement / sur le bateau</b>	<b>4</b>	<b>9,30 %</b>
Dont professionnel de santé :	1	
Dont médecin généraliste	1	
Dont spécialisé (médecine subaquatique et Hyperbare / sport / FFESSM)	1	
<b>Ventoline avant chaque plongée :</b>	<b>3</b>	<b>6,98 %</b>
Dont professionnel de santé :	2	
Dont médecin hyperbare	1	
<b>Kit d'aérosolthérapie disponible rapidement</b>	<b>1</b>	<b>2,33 %</b>
Dont professionnel de santé :	1	
Dont médecin hyperbare	1	
<b>Limite de profondeur :</b>	<b>11</b>	<b>25,58 %</b>
Dont :		
Limitation de la plongée à 30m si asthme sévère	1	9,09 %
Dont professionnel de santé :	1	
Dont médecin hyperbare	1	
Limitation de la plongée à 20m	1	9,09 %
Dont professionnel de santé :	0	
Profondeur limitée (non précisée)	9	81,82 %
Dont professionnel de santé :	0	
<b>Pas de crise récente (durée non précisée)</b>	<b>5</b>	<b>11,63 %</b>
Dont professionnel de santé :	2	
Dont médecin généraliste	2	
Dont spécialisé (médecine subaquatique et Hyperbare / sport / FFESSM)	2	
<b>Plongée peu stressante (nécessitant peu d'effort, peu de courant / proche de la côte)</b>	<b>6</b>	<b>13,96 %</b>
Dont professionnel de santé :	1	
Dont médecin hyperbare	1	
<b>Éviter de plonger en eau froide (température non précisée)</b>	<b>3</b>	<b>6,98 %</b>
Dont professionnel de santé :	1	
Dont médecin hyperbare	1	
<b>Détendeur avec échangeur thermique</b>	<b>1</b>	<b>2,33 %</b>
Dont professionnel de santé :	1	
Dont médecin hyperbare	1	
<b>Surveillance accrue</b>	<b>2</b>	<b>4,65 %</b>
Dont professionnel de santé :	0	

## **Annexe 9 : Recommandations pour les jeunes plongeurs (asthmatiques et non asthmatiques)**

### Concernant les jeunes plongeurs en général :

La plongée sous-marine avec scaphandre est autorisée à partir de 8 ans et nécessite, après le baptême, la réalisation d'un CACI. La profondeur et la durée sont limitées en fonction de l'âge, du niveau de pratique et des conditions environnementales (47).

Lorsque la température de l'eau est inférieure à 23°C, la durée de la plongée ne doit pas excéder 25 minutes. Elle est interdite lorsque la température de l'eau est inférieure à 12 degrés.

Niveau de pratique	Profondeur maximal (mètres)	Age (années)
<b>Baptême</b>	2	8-10
	3	10-14
<b>Plongeur bronze</b>	6	8-14
<b>Plongeur argent</b>		
<b>Plongeur or</b>	12	10-12
	20	12-14

*(Recommandations de la FFESSM concernant la profondeur de plongée pour les enfants en fonction de l'âge et du niveau de pratique)*

La Swiss Underwater and Hyperbaric Medicine Society (SUHMS) propose également pour les enfants de limiter la profondeur et la durée en fonction de l'âge (48) :

Age (années)	Profondeur maximal (mètres)	Durée (minutes)
<b>&lt; 8</b>	non	non
<b>8-9</b>	5	15
<b>10-11</b>	8	20
<b>12-14</b>	12	25

*(Recommandations de la SUHMS concernant la profondeur et la durée de plongée pour les enfants)*

### Concernant les jeunes plongeurs asthmatiques :

A l'heure actuelle, aucune étude étant disponible chez l'enfant asthmatique, il n'y a pas de recommandation spécifique. Les règles sont donc les mêmes que pour les plongeurs asthmatiques adultes, en ajoutant les limites de profondeur et de durée en fonction de l'âge comme pour tout jeune plongeur (47).

## Annexe 10 : Fiches de synthèse

Destinée aux médecins :



**INFORMATIONS DESTINEES AUX MEDECINS CONCERNANT L'ASTHME ET LA PLONGEE  
SUBAQUATIQUE DE LOISIR AVEC SCAPHANDRE**

**Un patient asthmatique (ou avec un antécédent d'asthme) souhaite pratiquer la plongée en scaphandre, que faire ?**

- Interrogatoire + examen clinique général à la recherche de contre-indication absolue ou temporaire/relative (en plus de l'asthme) à la pratique de cette activité.
- L'informer sur les effets (inhalation d'un gaz froid et sec, effet de la pression...) et les risques théoriques de cette activité (hyperréactivité bronchique et crise d'asthme, barotraumatisme, accident de décompression, possibilité de courants forts...).
- Orienter vers un pneumologue pour une évaluation avec des EFR (explorations fonctionnelles respiratoire).

**Une fois avoir vu le pneumologue qui a donné son avis (favorable ou non), qui peut réaliser le certificat médical d'absence de contre-indication (CACI) ?**

Pour un patient asthmatique, le CACI n'est réalisable que par :

- un médecin fédéral principalement,
- un médecin spécialisé en médecine subaquatique (diplôme inter-universitaire (DIU) de médecine subaquatique et hyperbare, diplôme universitaire (DU) de médecine subaquatique, DU de médecine de plongée professionnelle et DU de médecine de plongée),
- éventuellement un médecin du sport si celui dispose des compétences nécessaires.

**Concernant le CACI :**

- Il est valable 1 an et doit être renouvelé tous les ans

Pour plus d'informations : [www.asthme-plongee.com](http://www.asthme-plongee.com)

- Il perd sa validité en cas d'accident de plongée ou d'apparition d'une affection médicale grave pendant l'année

**Concernant la fréquence des EFR :**

Elles doivent également être réalisées tous les ans (voir plus si besoin) pour chaque réalisation d'un CACI.

**Si la plongée est jugée envisageable, voici quelques conseils à donner au patient :**

- En cas de début de crise ressentie lors d'une plongée : commencer une remontée lente et contrôlée en forçant sur l'expiration à chaque respiration, puis prendre un bronchodilatateur dès que possible.
- Il est important de renoncer à plonger en période d'instabilité, d'allergie, de symptômes mineurs (toux, gêne respiratoire modeste, non ressentie comme une crise « vraie »), avec une attente minimale de 48h, voire jusqu'à 7 jours après une crise d'asthme d'intensité modérée.
- Il faut limiter les plongées délicates, notamment en eau froide, eau profonde ou stressante (fort courant par exemple).  
Il n'y a pas de limite officielle de profondeur ou de température pour les asthmatiques.
- Il faut toujours avoir un traitement d'urgence rapide d'accès (dans le bateau).
- Il est important que les plongeurs asthmatiques aient une bonne condition physique.
- Le tabagisme, actif ou passif, aggrave les symptômes et rend plus difficile le contrôle de l'asthme.

**Cas particuliers :**

- Patient mineur : mêmes règles que les plongeurs asthmatiques adultes, en ajoutant les limites de profondeur et de durée en fonction de l'âge comme pour tout jeune plongeur
- Pour un baptême : CACI non requis
- Utilisation d'un bronchodilatateur en préventif (avant de plonger) : pas de recommandation (fait débat)

**Recommandations 2018 de la FFESSM :**

**Sont autorisés à la pratique de la plongée subaquatique de loisir avec scaphandre les asthmatiques suivants :**

- Asthme léger ou parfaitement contrôlé sous traitement de fond
- Pas d'antécédent de crises modérées à graves et/ou brusques
- Absence d'asthme d'effort et/ou au froid

**Dans les cas où l'asthme est en apparence mineur ou en rémission, une EFR avec courbe débit-volume est demandée, elle doit présenter les critères suivants :**

- aspect strictement normal de la courbe débit-volume
- un VEMS et une CVF > 80 % des valeurs théoriques, un VEMS/CVF > 75 %
- un débit expiratoire maximal 25-75 > 70 % de la théorique

**Si EFR limite ou douteuse (selon le contexte) : un test de réversibilité peut être effectué, il doit retrouver une absence de réversibilité du VEMS sous béta-2-mimétique.**

Pour plus d'informations : [www.asthme-plongee.com](http://www.asthme-plongee.com)

Destinée aux asthmatiques :



**ASTHME-PLONGEE**  
COM

**INFORMATIONS DESTINEES AUX ASTHMATIQUES SOUHAITANT PRATIQUER LA PLONGEE SUBAQUATIQUE DE LOISIR AVEC SCAPHANDRE**

**Je suis asthmatique (ou avec un antécédent d'asthme) et souhaite pratiquer la plongée en scaphandre, qui dois-je consulter ?**

Il est nécessaire de consulter :

- un médecin généraliste afin de réaliser un interrogatoire et un examen clinique général à la recherche de contre-indication absolue ou temporaire/relative (en plus de l'asthme) à la pratique de cette activité.
- OU directement consulter un médecin fédéral ou spécialisé en médecine subaquatique.

Le médecin consulté pourra ensuite orienter vers un pneumologue pour une évaluation avec des explorations fonctionnelles respiratoires (EFR). La consultation avec le pneumologue est OBLIGATOIRE.

**Une fois avoir vu le pneumologue qui a donné son avis (favorable ou non), qui peut réaliser le certificat médical d'absence de contre-indication (CACI) ?**

Pour un patient asthmatique, le CACI n'est réalisable que par un :

- un médecin fédéral principalement,
- un médecin spécialisé en médecine subaquatique (diplôme inter-universitaire (DIU) de médecine subaquatique et hyperbare, diplôme universitaire (DU) de médecine subaquatique, DU de médecine de plongée professionnelle et DU de médecine de plongée),
- éventuellement un médecin du sport si celui dispose des compétences nécessaires.

**Concernant le CACI :**

- Il est valable 1 an et doit être renouvelé tous les ans

Pour plus d'informations : [www.asthme-plongee.com](http://www.asthme-plongee.com)

- Il perd sa validité en cas d'accident de plongée ou d'apparition d'une affection médicale grave pendant l'année

**Concernant la fréquence des EFR :**

Elles doivent également être réalisées tous les ans (voire plus si besoin) pour chaque réalisation d'un CACI.

**Si la plongée est jugée envisageable, voici quelques conseils :**

- En cas de début de crise ressentie lors d'une plongée : commencer une remontée lente et contrôlée en forçant sur l'expiration à chaque respiration, puis prendre un bronchodilatateur dès que possible.
- Il est important de renoncer à plonger en période d'instabilité, d'allergie, de symptômes mineurs (toux, gêne respiratoire modeste, non ressentie comme une crise « vraie »), avec une attente minimale de 48h, voire jusqu'à 7 jours après une crise d'asthme d'intensité modérée.
- Il faut limiter les plongées délicates, notamment en eau froide, eau profonde ou stressante (fort courant par exemple).  
Il n'y a pas de limite officielle de profondeur ou de température pour les asthmatiques.
- Il faut toujours avoir un traitement d'urgence rapide d'accès (dans le bateau).
- Il est important que les plongeurs asthmatiques aient une bonne condition physique.
- Le tabagisme, actif ou passif, aggrave les symptômes et rend plus difficile le contrôle de l'asthme.

**Cas particuliers :**

- Patient mineur : mêmes règles que les plongeurs asthmatiques adultes, en ajoutant les limites de profondeur et de durée en fonction de l'âge comme pour tout jeune plongeur
- Pour un baptême : CACI non requis
- Utilisation d'un bronchodilatateur en préventif (avant de plonger) : pas de recommandation (fait débat)

**Recommandations 2018 de la FFESSM :**

**Sont autorisés à la pratique de la plongée subaquatique de loisir avec scaphandre les asthmatiques suivants :**

- Asthme léger ou parfaitement contrôlé sous traitement de fond
- Pas d'antécédent de crises modérées à graves et/ou brusques
- Absence d'asthme d'effort et/ou au froid

**Dans les cas où l'asthme est en apparence mineur ou en rémission, une EFR avec courbe débit-volume est demandée, elle doit présenter les critères suivants :**

- aspect strictement normal de la courbe débit-volume
- un VEMS et une CVF > 80 % des valeurs théoriques, un VEMS/CVF > 75 %
- un débit expiratoire maximal 25-75 > 70 % de la théorique

**Si EFR limite ou douteuse (selon le contexte) : un test de réversibilité peut être effectué, il doit retrouver une absence de réversibilité du VEMS sous bêta-2-mimétique.**

Pour plus d'informations : [www.asthme-plongee.com](http://www.asthme-plongee.com)

## Destinée aux moniteurs de plongée :



# ASTHME-PLONGEE

.COM

**INFORMATIONS DESTINEES AUX MONITEURS DE PLONGEE ENCADRANT DES PLONGEURS ASTHMATIQUES**

**Un asthmatique (ou avec un antécédent d'asthme) souhaite pratiquer la plongée en scaphandre, que dois-je faire ?**

Demander un certificat médical d'absence de contre-indication (CACI) avant toute pratique de l'activité.

**Qui peut réaliser le CACI pour un patient asthmatique ?**

Pour un patient asthmatique, le CACI n'est réalisable que par :

- un médecin fédéral principalement,
- un médecin spécialisé en médecine subaquatique (diplôme inter-universitaire (DIU) de médecine subaquatique et hyperbare, diplôme universitaire (DU) de médecine subaquatique, DU de médecine de plongée professionnelle et DU de médecine de plongée),
- éventuellement un médecin du sport si celui dispose des compétences nécessaires.

**Concernant le CACI :**

- Il est valable 1 an et doit être renouvelé tous les ans
- Il perd sa validité en cas d'accident de plongée ou d'apparition d'une affection médicale grave pendant l'année

Pour plus d'informations : [www.asthme-plongee.com](http://www.asthme-plongee.com)

**Si la plongée est jugée envisageable, voici quelques conseils à donner aux plongeurs asthmatiques :**

- En cas de début de crise ressentie lors d'une plongée : commencer une remontée lente et contrôlée en forçant sur l'expiration à chaque respiration, puis prendre un bronchodilatateur dès que possible.
- Il est important de renoncer à plonger en période d'instabilité, d'allergie, de symptômes mineurs (toux, gêne respiratoire modeste, non ressentie comme une crise « vraie »), avec une attente minimale de 48h, voire jusqu'à 7 jours après une crise d'asthme d'intensité modérée.
- Il faut limiter les plongées délicates, notamment en eau froide, eau profonde ou stressante (fort courant par exemple).  
Il n'y a pas de limite officielle de profondeur ou de température pour les asthmatiques.
- Il faut toujours avoir un traitement d'urgence rapide d'accès (dans le bateau).
- Il est important que les plongeurs asthmatiques aient une bonne condition physique
- Le tabagisme, actif ou passif, aggrave les symptômes et rend plus difficile le contrôle de l'asthme.

**Cas particuliers :**

- Patient mineur : mêmes règles que les plongeurs asthmatiques adultes, en ajoutant les limites de profondeur et de durée en fonction de l'âge comme pour tout jeune plongeur
- Pour un baptême : CACI non requis
- Utilisation d'un bronchodilatateur en préventif (avant de plonger) : pas de recommandation (fait débat)

**Conduite à tenir si un plongeur présente un début de crise d'asthme sous l'eau :**

Dès la gêne respiratoire confirmée (éventuellement par un signe clair établi au préalable entre le plongeur et le moniteur) :

- **commencer une remontée aussi lente que possible en forçant sur l'expiration à chaque respiration.** Le risque est l'apparition d'une surpression pulmonaire (par piégeage d'air dans les alvéoles et bronchioles) lors de la remontée, et donc d'un barotraumatisme.
- **prendre un bronchodilatateur (bêta-2-mimétique, type salbutamol) dès que possible à la surface** (ce qui implique de toujours avoir un traitement d'urgences dans le bateau).

**Prise en charge de la crise selon les recommandations de la GINA (*Global Initiative for Asthma, Management and Prevention 2018*) :**

- **4 à 10 bouffées, à renouveler toutes les 20 minutes jusqu'à amélioration de la crise.**
- **Si oxygène disponible dans le bateau avec saturomètre fiable : oxygénothérapie pour une saturation cible entre 93-95 % (94-98 % si enfant de moins de 11 ans)**
- **Si crise sévère d'emblée ou absence d'amélioration au bout d'une heure : transférer au service d'urgence le plus proche.**

Pour plus d'informations : [www.asthme-plongee.com](http://www.asthme-plongee.com)

## Annexe 11 : Site internet après améliorations

The screenshot shows a web browser window with the URL 'asthme-plongee.com'. The page content is as follows:

**EN RÉSUMÉ :**

A l'heure actuelle, bien que le risque théorique existe, il n'y a pas assez de preuve pour parler d'un risque accru d'accident pour les plongeurs asthmatiques remplissant les critères d'aptitudes.

La prudence reste de mise devant une littérature encore peu détaillée sur le sujet.

The flowchart below details the process:

```
graph TD; A([Asthmatique (ou antécédent d'asthme) souhaitant faire de la plongée sous-marine]) --> B([Evaluation par un pneumologue + EFR]); B --> C([CONTRE-INDICATION]); B --> D([Plongée envisageable, mais il faut :]); D --> E([Comprendre les effets physiologiques de la plongée sous-marine et connaître les risques auxquels il s'expose]); D --> F([Etre plus restrictif pour les plongées délicates (eau froide, eau profonde ou stressante)]); D --> G([Renoncer à plonger en période d'instabilité, d'allergie, de symptômes mineurs et ne plonger qu'à distance d'une crise]);
```

The flowchart starts with a blue oval: "Asthmatique (ou antécédent d'asthme) souhaitant faire de la plongée sous-marine". An arrow points down to a red oval: "Evaluation par un pneumologue + EFR". From this red oval, an arrow points right to another red oval: "CONTRE-INDICATION". Another arrow points down from the red oval to a blue oval: "Plongée envisageable, mais il faut :". From this central blue oval, three arrows point outwards to other blue ovals: "Comprendre les effets physiologiques de la plongée sous-marine et connaître les risques auxquels il s'expose" (left), "Etre plus restrictif pour les plongées délicates (eau froide, eau profonde ou stressante)" (right), and "Renoncer à plonger en période d'instabilité, d'allergie, de symptômes mineurs et ne plonger qu'à distance d'une crise" (bottom).

Physiopathologie de la plongée X +

asthme-plongee.com/effets-physiologiques/

asthme et plongée

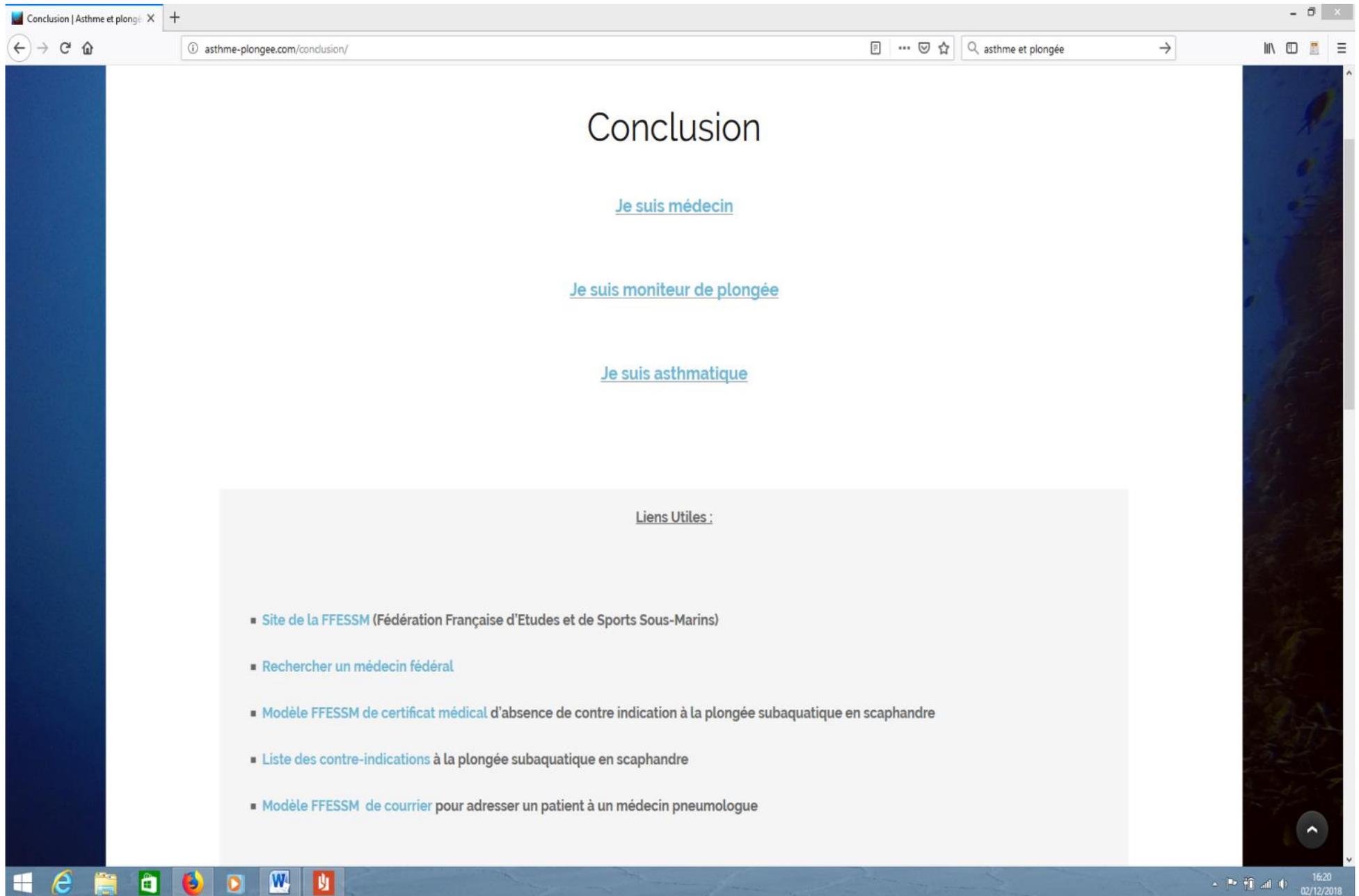
Le travail respiratoire augmente du fait d'une combinaison entre l'augmentation de la densité des gaz, l'augmentation de la pression hydrostatique et l'altération de la mécanique respiratoire (augmentation des résistances aériennes par le fait de respirer dans un détendeur) (5).

Ainsi, l'augmentation du travail respiratoire, la diminution des débits (inspiratoires et expiratoires), la diminution de la fréquence ventilatoire, la diminution de la compliance et de la capacité vitale pulmonaire, sont à l'origine chez le plongeur, d'une diminution de sa capacité respiratoire.

```

    graph LR
      A((Milieu hyperbare)) --> B[↑ Densité gaz  
↑ Pression hydrostatique, entraînant :  
• ↑ Compression thoracique et abdominale  
• ↑ Volume sanguin intrathoracique  
• Altération des échanges gazeux]
      B --> C[↑ Travail respiratoire  
↓ Débits expiratoires et inspiratoires  
↓ Compliance pulmonaire  
↓ Capacité vitale pulmonaire]
      D((Respiration dans un détendeur)) --> E[↑ Résistances aériennes]
      E --> F[↑ Travail respiratoire  
↓ Débits expiratoires et inspiratoires  
↓ Fréquence ventilatoire]
      C --> G[Au total : ↓ de la capacité respiratoire]
      F --> G
  
```

The diagram is a flowchart with two main starting points on the left. The top path starts with a blue circle labeled 'Milieu hyperbare', which points to a blue rounded rectangle containing a list of physiological effects: increased gas density, increased hydrostatic pressure (leading to increased thoracic and abdominal compression, increased intrathoracic blood volume, and altered gas exchange). This leads to another blue rounded rectangle listing: increased respiratory work, decreased expiratory and inspiratory flows, decreased pulmonary compliance, and decreased vital capacity. The bottom path starts with a blue circle labeled 'Respiration dans un détendeur', which points to a blue rounded rectangle labeled '↑ Résistances aériennes'. This leads to a blue rounded rectangle listing: increased respiratory work, decreased expiratory and inspiratory flows, and decreased ventilatory frequency. Both paths converge into a final red rounded rectangle on the right labeled 'Au total : ↓ de la capacité respiratoire'.



Conclusion | Asthme et plongée X +

asthme-plongee.com/conclusion/

# Conclusion

[Je suis médecin](#)

[Je suis moniteur de plongée](#)

[Je suis asthmatique](#)

**Liens Utiles :**

- [Site de la FFESSM](#) (Fédération Française d'Etudes et de Sports Sous-Marins)
- [Rechercher un médecin fédéral](#)
- [Modèle FFESSM de certificat médical](#) d'absence de contre indication à la plongée subaquatique en scaphandre
- [Liste des contre-indications](#) à la plongée subaquatique en scaphandre
- [Modèle FFESSM de courrier](#) pour adresser un patient à un médecin pneumologue

16:20  
02/12/2018

Je suis médecin | Asthme et pl... X

asthme-plongee.com/je-suis-medecin/

asthme et plongée

# ASTHME-PLONGEE

.COM

Généralités sur l'asthme   Physiologie de la plongée   Risques en cas d'asthme ou d'atopie   Recommandations actuelles   Conclusion   En savoir plus   Sources

## Je suis médecin

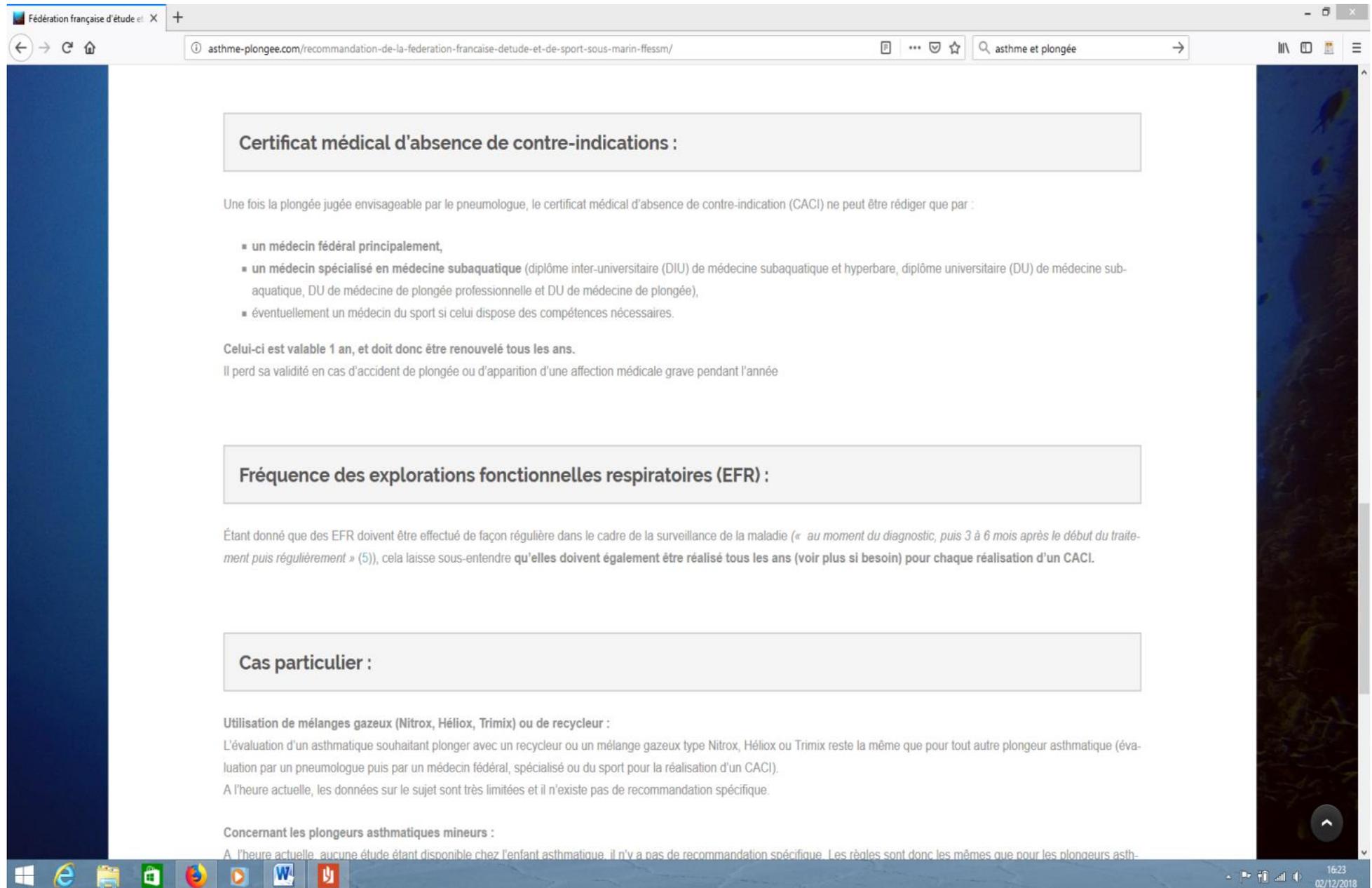
([Fiche de synthèse imprimable](#))

**Un patient asthmatique (ou avec un antécédent d'asthme) souhaite pratiquer la plongée en scaphandre, que faire ?**

- Interrogatoire + examen clinique général à la recherche de **contre-indication absolue** ou **temporaire/relative** (en plus de l'asthme) à la pratique de cette activité.
- Si mes connaissances le permettent, l'informer sur les effets (inhalation d'un gaz froid et sec, effet de la pression...) et les risques théoriques de cette activité (hyperréactivité bronchique et crise d'asthme, barotraumatisme, accident de décompression, possibilité de courants forts...).
- Orienter vers un pneumologue pour une **évaluation avec des EFR** (explorations fonctionnelles respiratoire) et avis.

(Modèle FFESSM de courrier à adresser au médecin pneumologue)

18:56  
01/03/2019



Fédération française d'étude et X +

asthme-plongee.com/recommandation-de-la-federation-francaise-detude-et-de-sport-sous-marin-ffesm/

asthme et plongée

### Certificat médical d'absence de contre-indications :

Une fois la plongée jugée envisageable par le pneumologue, le certificat médical d'absence de contre-indication (CACI) ne peut être rédigé que par :

- un médecin fédéral principalement,
- un médecin spécialisé en médecine subaquatique (diplôme inter-universitaire (DIU) de médecine subaquatique et hyperbare, diplôme universitaire (DU) de médecine subaquatique, DU de médecine de plongée professionnelle et DU de médecine de plongée),
- éventuellement un médecin du sport si celui dispose des compétences nécessaires.

Celui-ci est valable 1 an, et doit donc être renouvelé tous les ans.

Il perd sa validité en cas d'accident de plongée ou d'apparition d'une affection médicale grave pendant l'année

### Fréquence des explorations fonctionnelles respiratoires (EFR) :

Étant donné que des EFR doivent être effectués de façon régulière dans le cadre de la surveillance de la maladie (« au moment du diagnostic, puis 3 à 6 mois après le début du traitement puis régulièrement » (5)), cela laisse sous-entendre **qu'elles doivent également être réalisées tous les ans (voir plus si besoin) pour chaque réalisation d'un CACI.**

### Cas particulier :

#### Utilisation de mélanges gazeux (Nitrox, HélioX, Trimix) ou de recycleur :

L'évaluation d'un asthmatique souhaitant plonger avec un recycleur ou un mélange gazeux type Nitrox, HélioX ou Trimix reste la même que pour tout autre plongeur asthmatique (évaluation par un pneumologue puis par un médecin fédéral, spécialisé ou du sport pour la réalisation d'un CACI).

À l'heure actuelle, les données sur le sujet sont très limitées et il n'existe pas de recommandation spécifique.

#### Concernant les plongeurs asthmatiques mineurs :

À l'heure actuelle, aucune étude étant disponible chez l'enfant asthmatique, il n'y a pas de recommandation spécifique. Les règles sont donc les mêmes que pour les plongeurs asth-

16:23  
02/12/2018

Expériences personnelles | Asth X +

asthme-plongee.com/experience-personnelles/

asthme et plongée

Généralités sur l'asthme Physiologie de la plongée Risques en cas d'asthme ou d'atopie Recommandations actuelles Conclusion En savoir plus Sources



## Expériences personnelles

© 23 juin 2018 Actualités

N'hésitez pas à nous partager vos expériences personnelles sur le sujet ici !

18:55  
01/03/2019

**AUTEUR : Nom :** MULLER**Prénom :** Alexandre**Date de soutenance :** 2 avril 2019**Titre de la thèse :** Asthme et plongée sous-marine : création et évaluation d'un site internet destiné aux médecins, aux asthmatiques et aux moniteurs de plongée**Thèse - Médecine - Lille 2019****Cadre de classement :** DES de Médecine Générale**Mots-clés :** asthme, plongée, médecine sous-marine, internet, diffusion de l'information**Résumé :**

**Introduction :** La plongée sous-marine avec scaphandre autonome fait partie des sports dits « à contraintes particulières » en raison des conditions environnementales qui affectent les structures et les fonctions corporelles. Cette activité a longtemps été strictement contre-indiquée aux asthmatiques ; cette contre-indication est remise en question depuis quelques années. Les médecins sont de plus en plus susceptibles d'être confrontés à des questions sur l'aptitude à pratiquer la plongée, tout comme les moniteurs de plongée. Notre objectif était de mettre à disposition un site internet, évalué par ses utilisateurs, entièrement sur le sujet, destiné aux médecins et aux moniteurs de plongée afin de les aider dans leur pratique quotidienne, mais également aux asthmatiques qui souhaiteraient se renseigner.

**Matériel et méthodes :** Nous avons dans un premier temps réalisé une revue de littérature sur le sujet, qui a fait l'objet d'une publication dans la Revue de Pneumologie Clinique. Nous avons ensuite créé le site, puis l'avons fait évaluer par ses utilisateurs potentiels, à travers un questionnaire diffusé en 2018 auprès de clubs de plongée, groupes de médecins généralistes, pneumologues et fédéraux de la FFESSM, et via les réseaux sociaux.

**Résultats :** Notre échantillon était composé de 413 évaluateurs, dont 264 professionnels de santé (63,9 %), 74 asthmatiques (17,9 %) et 92 moniteurs de plongée (22,3 %), répartis sur l'ensemble du territoire français. Les remarques faites par les utilisateurs ont permis d'apporter des améliorations concrètes sur le fond et sur la forme. La structure du site internet, la clarté de l'information rédigée et sa pertinence ont été globalement appréciées par l'ensemble de la population avec une note médiane de 8/10. Le site a été jugé utile : 73 % des utilisateurs potentiels interrogés pensaient le consulter par la suite.

**Conclusion :** Devant un nombre croissant de plongeur amateur, et donc potentiellement de plongeurs asthmatiques, il paraît primordial de mieux faire connaître les recommandations actuelles et les bonnes pratiques de plongée. Nous avons donc créé un outil d'information et d'aide utile pour les médecins, les moniteurs de plongée et les asthmatiques.

**Composition du Jury :****Président :** Monsieur le Professeur Valéry HEDOUIN**Asseseurs :** Monsieur le Professeur Julien GIRARD

Madame le Docteur Sylvia PELAYO

Monsieur le Docteur Bernard BAILLEUX

**Directeur de thèse :** Monsieur le Docteur Michaël ROCHOY