

MÉMOIRE

Pour le

Diplôme interuniversitaire de médecine subaquatique et hyperbare

Année 2021/2022

par

CARTRON Pierre

né le 9 janvier 1987 à Orléans (45)

**Accidents de désaturation en plongée de type
cutis marmorata et recherche d'un shunt droite/gauche :
Étude descriptive de 9 cas traités au caisson hyperbare
du centre hospitalier de Papeete à Tahiti.**

Liste des abréviations

ADD : Accident De Désaturation / Accident De Décompression

CH : Centre Hospitalier

CHPF : Centre Hospitalier de la Polynésie Française

COM : Collectivité d'Outre-Mer

DPP2 : Diplôme de Plongeur Professionnel niveau 2 (40m)

EDTC : Echo Doppler Trans-Cranien

ETT : Echographie Trans-Thoracique

ETO : Echographie Trans-Oesophagienne

FOP : Foramen Ovale Perméable

OHB : Oxygénothérapie Hyper-Bare

PE40 : Plongeur Encadré à 40 mètres

Shunt D/G : Shunt Droite/Gauche

Liste des figures

Figure 1 : motif lésionnel du *livedo reticularis* et du *livedo racemosa*.

Figure 2 : exemples de *livedo racemosa* chez des patients victimes d'un ADD.

Figure 3 : diagramme en flux de l'étude

Figure 4 : répartitions des patients par âge et sexe

Figure 5 : répartitions des patients selon leur niveau de formation de plongée

Figure 6 : profils des plongées effectuées par les plongeurs

Figure 7 : symptômes associés au *livedo racemosa* en pourcentage de patients

Figure 8 : recherche d'un shunt D/G dans notre échantillon

Liste des tableaux

Tableau 1 : caractéristiques démographiques des patients inclus

Tableau 2 : profondeurs maximales et durées des plongées effectuées

Tableau 3 : types de symptômes retrouvés associés à l'ADD cutané

Tableau 4 : récapitulatif des données des 9 cas cliniques inclus dans l'étude

Table des matières

1. Introduction.....	6
1.1. <i>Le cutis marmorata, un accident de désaturation</i>	6
1.1.1. Définition de l'accident de désaturation	6
1.1.2. Cutis marmorata ou livedo racemosa ?	7
1.1.2.1. Définition	7
1.1.2.2. Physiopathologie.....	9
1.1.3. Le shunt droite-gauche (D/G)	10
1.1.3.1. Une cause d'accident de désaturation	10
1.1.3.2. Recherche d'un shunt D/G.....	10
1.2. <i>La prise en charge hospitalière d'un accident de désaturation</i>	11
1.2.1. L'oxygénothérapie hyperbare	11
1.2.2. Cas du service de médecine hyperbare du centre hospitalier de Papeete	11
1.3. <i>La Polynésie Française</i>	12
1.3.1. Histoire.....	12
1.3.2. Géographie	12
1.3.3. Un site de plongées	13
1.4. <i>Intérêts de cette étude</i>	13
2. Méthode	14
2.1. <i>Type d'étude</i>.....	14
2.2. <i>Période d'étude</i>	14
2.3. <i>Population cible</i>	14
2.4. <i>Critères d'inclusion et d'exclusion</i>	14
2.4.1. Critères d'inclusion	14
2.4.2. Critères d'exclusion	15
2.5. <i>Modalités pratiques : Recueil des données</i>	15
2.6. <i>Traitement statistique</i>	16

3. Résultats	17
3.1. Données d'ensemble sur la période d'étude	17
3.2. Caractéristiques de l'échantillon	18
3.2.1. Caractéristiques démographiques.....	18
3.2.2. Caractéristiques des plongeurs et profils de plongées.....	19
3.2.2.1. Niveaux de formation des plongeurs.....	19
3.2.2.2. Profondeurs maximales atteintes et durées des plongées	19
3.2.2.3. Erreur de procédure ou événement notable au cours de la plongée.....	20
3.2.3. Caractéristiques médicales	21
3.2.3.1. Symptômes associés	21
3.2.3.2. Recherche d'un shunt droite-gauche	23
3.2.4. Ensemble des résultats	23
4. Discussion	25
4.1. Description de la population de l'échantillon	25
4.2. Niveaux de formation des plongeurs et profils des plongées effectuées	26
4.2.1. Niveaux de formation et expérience	26
4.2.2. Profondeur et durée des plongées	26
4.2.3. Erreur de procédures et accidents immérités	27
4.3. Des symptômes associés au livedo racemosa	27
4.4. La recherche d'un shunt D/G	28
5. Conclusion	29
6. Bibliographie	30

1. INTRODUCTION

1.1. Le *cutis marmorata*, un accident de désaturation

1.1.1. *Définition de l'accident de désaturation*

Les accidents qui peuvent survenir lors d'une plongée sont décrits selon plusieurs types dans la littérature médicale, les accidents de désaturation (ADD), aussi nommés accidents de décompression, en sont un.

Au cours d'une plongée en scaphandre autonome ou à l'aide d'une bouteille à air comprimé, l'organisme est soumis à une pression hydrostatique qui augmente avec la profondeur. Les gaz inspirés se dissolvent dans le sang et les tissus (1) (2). Contrairement à l'oxygène, l'azote n'est pas utilisé par les cellules, il est stocké dans les tissus qui, lors de la remontée, vers la surface vont le libérer sous forme de microbulles, qui seront éliminées par les poumons via la circulation veineuse (2) (3) (4).

L'accident de désaturation a lieu lorsque ces bulles se bloquent au sein des capillaires des tissus cutané, osseux, nerveux ou parenchymateux pulmonaire (1). Le terme d'ADD regroupe à la fois ce phénomène d'embolie gazeuse, mais aussi la formation de bulles in situ dans les différents organes de l'organisme (la peau, les articulations, la moelle épinière...) (3) (4).

Certains facteurs favorisants ont été retrouvés pour expliquer ces accidents : remontée trop rapide, surpoids, fatigue, stress, déshydratation, plongées profondes, plongées successives (1) (2) (5). C'est le cas également de la présence d'un shunt droite/gauche (D/G), c'est-à-dire d'une communication entre les circulations veineuse et artérielle (5) (6) (7).

Selon la localisation du lieu d'obstruction par des bulles, les manifestations cliniques sont diverses en nature et en degré de sévérité, pouvant aller de symptômes légers à graves (4). Parmi ces lésions on retrouve un ADD cutané appelé « mouton » ou *cutis marmorata* (8).

1.1.2. *Cutis marmorata* ou *livedo racemosa* ?

1.1.2.1. Définition

Dans la littérature scientifique et en médecine de plongée, on utilise les termes de *cutis marmorata*, de *livedo reticularis* ou de *livedo racemosa* pour décrire un même accident cutané dont les manifestations cliniques et les mécanismes physiopathologiques sont différents (4).

C'est Ehrmann en 1907 qui décrit deux types de livedo : le *livedo reticularis* physiologique et le *livedo racemosa* pathologique. Tous deux causés par une diminution du flux sanguin et une concentration en oxygène réduite à la périphérie du tissu cutané (4).

Le *cutis marmorata* et le *livedo reticularis* sont deux termes qui décrivent le même phénomène: une marbrure cutanée cyanotique, circulaire, uniforme, en motif de filet, symétrique, réversible et bénigne (4) décrivant l'anatomie vasculaire de la peau (9) (figure n°1). Ce phénomène indolore est observé de façon physiologique principalement chez les enfants et les jeunes femmes minces. Il se produit le plus souvent sur les jambes lors de l'exposition au froid par une réponse vasospastique, avec une résolution progressive lors du réchauffement (10).

Alors que les manifestations cutanées associées à l'accident de désaturation correspondent à ce qu'on appelle : le *livedo racemosa*. De nature pathologique, il a un aspect marbré, livédoïde, violacé, plus irrégulier et en motif de filet brisé (4). Il peut être accompagné de prurit, de douleur ou de brûlure (11). Contrairement au *livedo reticularis*, il s'intensifie avec la température ambiante et diffère par son emplacement (12). On le retrouve dans les régions où des quantités importantes de graisse sous-cutanée sont présentes : le torse, le dos, l'abdomen, les seins, les fesses, le haut des bras et les cuisses (11) (13).

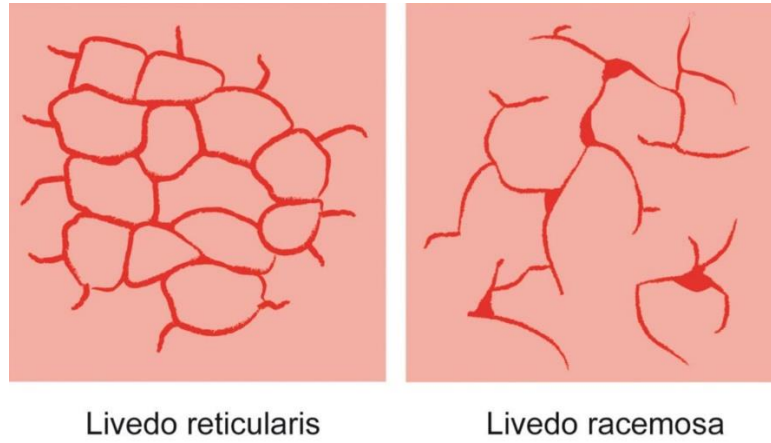


Figure 1 : motif lésionnel du *livedo reticularis* et du *livedo racemosa*.



Figure 2 : exemples de *livedo racemosa* chez des patients victimes d'un ADD.

(Source des figures 1 et 2 : Hartig F, Reider N, Sojer M, Hammer A, Ploner T, Muth CM, et al. *Livedo Racemosa – The Pathophysiology of Decompression-Associated Cutis Marmorata and Right/Left Shunt. Front Physiol.* 3 sept 2020;11:994.)

1.1.2.2. Physiopathologie

Les mécanismes physiopathologiques du *livedo racemosa* sont discutés. Plusieurs causes ont été avancées (11) :

- 1^{ère} hypothèse : des bulles se formeraient localement, directement dans la peau, soit dans le tissu extravasculaire, soit dans la micro-vascularisation sous-cutanée (14). Cette occlusion vasculaire des artérioles entrainerait un déficit local de perfusion du tissu cutané (4) ;
- 2^e hypothèse : son association avec un shunt droite/gauche (D/G) impliquerait un passage de bulles de gaz de la circulation veineuse vers la circulation artérielle jusqu'au tissu cutané (15) ;
- 3^e hypothèse : son association avec un shunt D/G engendrerait une embolie gazeuse vers la circulation cérébrale artérielle (16) touchant le système nerveux autonome impliqué dans la vasodilatation et la vasoconstriction des vaisseaux sanguins cutanés (9).

L'hypothèse d'une embolisation de bulles de gaz est renforcée par de nombreuses études qui ont montré une forte corrélation entre la présence d'un *livedo racemosa* et d'un shunt D/G, notamment d'un *foramen ovale* perméable (FOP) (17) plus particulièrement chez les plongeurs ayant eu des ADD sans faute de procédure au cours de la plongée ou dits ADD immérités (4) (18) (19) (20).

Les ADD cutanés sont classés parmi les accidents bénins en l'absence de symptômes graves associés (11) (21). Cependant le *livedo racemosa* est suivi fréquemment de signes neurologiques (troubles visuels, vertiges, asthénie, maladresse ou difficultés de concentration) (11) pouvant faire évoquer un passage de bulles dans la circulation artérielle cérébrale. Ces symptômes cérébraux et vestibulocochléaires sont associés à la présence d'un FOP (14) si bien qu'il faut veiller à rechercher celui-ci lorsqu'un plongeur présente un *cutis marmorata* (11).

1.1.3. *Le shunt droite-gauche (D/G)*

1.1.3.1. *Une cause d'accident de désaturation*

Lors de la phase de décompression, les bulles formées sont emportées dans la circulation veineuse. Le diamètre des vaisseaux s'accroît en aval ce qui ne provoque pas de blocage. Après être passées dans le cœur droit, les bulles atteignent la circulation pulmonaire pour être éliminées au sein des alvéoles pulmonaires (22) il arrive cependant que certaines bulles empruntent la circulation artérielle par le shunt D/G (4) (5).

Deux origines de ce shunt D/G :

- Soit cardiaque : les bulles arrivent de la circulation veineuse (dite droite) et passent dans la circulation artérielle (dite gauche), créant un embolie artériel cérébral ou labyrinthique (6). C'est le cas d'une communication inter-auriculaire, appelée *foramen ovale* perméable (FOP) dont la prévalence de sa persistance est de 30% à l'âge adulte (23). Les plongeurs porteurs de cette malformation cardiaque auraient un risque relatif d'ADD 4 fois plus élevé que les autres (6) (7), la taille de ce FOP apparaît, cependant, être un élément prédictif plus probant (5) (15) ;
- Soit d'origine pulmonaire : lors de la filtration incomplète des bulles d'azote de la circulation veineuse. Ce phénomène non mesurable pourrait expliquer une part des accidents de plongée immérités (5).

1.1.3.2. *Recherche d'un shunt D/G*

Trois examens permettent de détecter ces shunts : l'écho-doppler transcranien (EDTC), l'échographie trans-thoracique (ETT) et l'échographie trans-oesophagienne (ETO).

Le diagnostic de FOP est considéré établi lorsque l'EDTC et l'ETT ou l'ETO sont positifs, alors que lorsque l'EDTC est seule positive il est considéré comme pulmonaire (5).

1.2. La prise en charge hospitalière d'un accident de désaturation

1.2.1. *L'oxygénothérapie hyperbare*

Le principe de l'oxygénothérapie hyperbare (OHB) est de faire inhaler à un patient de l'oxygène à une pression partielle supérieure à celle de la pression atmosphérique (24) (25) au sein d'une enceinte étanche appelée chambre hyperbarique ou caisson hyperbare (26).

Lors d'accidents de désaturation, cette méthode permet un apport d'oxygène aux tissus hypoxiques par une élévation de sa pression partielle (18), mais également une recompression du volume des bulles gazeuses pathogènes (27) en cas d'aéro-embolisme (18) (26).

Selon leur état de santé, les patients sont assis ou couchés et respirent l'oxygène dans un masque ou par une sonde d'intubation ou de trachéotomie. Ils sont accompagnés dans le caisson hyperbare d'un professionnel de santé (28).

Il existent de nombreuses autres indications de l'OHB qui sont régulièrement réévaluées dans le cadre de conférences de consensus (24).

1.2.2. *Cas du service de médecine hyperbare du centre hospitalier de Papeete*

En 1966 un premier caisson civil (COMEX RD 15) est implanté au sein du Centre Hospitalier de Papeete sous fonctionnement militaire (29).

L'unité de médecine hyperbare démarre son activité en 1998 et l'ancien caisson de l'hôpital est remplacé en juin 2001 par l'actuel caisson COMEX 2500. Ce caisson est composé de 2 chambres thérapeutiques hyperbares de 6 places assises chacune avec un sas central. L'une des deux chambres est réservée aux urgences (29).

En 1998, seule la prise en charge des urgences relevant de l'OHB était pratiquée (accident de décompression, intoxication au monoxyde de carbone, gangrène gazeuse, embolie gazeuse et surdité brusque). Depuis 2018 le service a élargi ses indications à d'autres pathologies pouvant bénéficier de l'OHB (cicatrisation de plaie du pied diabétique, retard de cicatrisation, lésions post radiques, calciphylaxie, ...) (29) (30).

1.3. La Polynésie Française

1.3.1. *Histoire*

Il y a environ 2000 ans avant J-C, des populations venues du sud-est de l'Asie commencent à peupler les îles de la Polynésie (31). C'est à partir du XVI^e siècle que les navigateurs Européens découvrent ce territoire (31).

En 1843, un traité de protectorat sur certaines îles est signé entre le représentant du roi de France, Louis Philippe, et la reine Pomare IV. Puis en 1880, Pomare V acte l'annexion par la France de tous les territoires sous l'autorité de la couronne de Tahiti (31) (32).

La Polynésie Française est aujourd'hui une Collectivité d'Outre-Mer (33) dirigée par un Président qui nomme son propre gouvernement. Elle bénéficie d'une certaine autonomie, notamment dans les domaines de l'économique, de l'agriculture, de l'éducation et de la recherche, de la santé, du tourisme et du travail. Les fonctions régaliennes sont, en revanche, assumées par l'État Français. Tahiti est le centre économique et administratif du territoire (31).

1.3.2. *Géographie*

La Polynésie française est un territoire Français située dans le Pacifique Sud, à près de 17 000 km de Paris. Sa surface émergée est de 3 500 km², dispersée sur 5,5 millions de km² (34), ce qui équivaut à la superficie de l'Europe (31).

Elle est composée de 118 îles (dont 76 sont habitées de façon permanente par 281 674 habitants (35) (36)). Ces îles sont réparties en 5 archipels : la Société (avec les îles du Vent et les îles Sous-le-Vent), les Tuamotu, les Gambier, les Marquises, et les Australes (34).

1.3.3. *Un site de plongées*

La plongée en Polynésie française représente un secteur d'activité important. Sur les 118 îles qui la composent, 11 disposent de centres de plongée dans le cadre du tourisme et du loisir (37).

Une activité professionnelle est également bien développée notamment dans le cadre de la culture perlière.

Le nombre de plongées annuelles en Polynésie est difficile à évaluer car aucun recensement du nombre de plongées et de plongeurs actifs n'est disponible. L'incidence des accidents est par conséquent difficile à évaluer.

1.4. Intérêts de cette étude

L'objectif principal de cette étude est de déterminer le taux de shunt D/G parmi les accidents de plongée du type *cutis marmorata*.

Les objectifs secondaires sont :

- d'identifier la présence de symptômes associés à cet accident cutané,
- d'identifier la présence de facteurs de risque d'ADD associés.

2. METHODE

2.1. Type d'étude

Cette étude est observationnelle, rétrospective, uni-centrique menée au sein du service de médecine hyperbare du centre hospitalier (CH) de Papeete à Tahiti.

2.2. Période d'étude

Du 1^{er} janvier 2017 au 12 juin 2022 inclus.

2.3. Population cible

L'étude porte sur une population de patients hospitalisés au CH de PAPEETE pour un accident de plongée avec désaturation cutanée et *cutis marmorata*.

2.4. Critères d'inclusion et d'exclusion

2.4.1. Critères d'inclusion

- Patients hospitalisés au CH de Papeete, pris en charge dans le service de médecine hyperbare dans le cadre d'un accident de plongée type *cutis marmorata*.
- Patients ayant bénéficié de la recherche d'un shunt D/G.

2.4.2. Critères d'exclusion

- Patients pris en charge pour un autre motif qu'un accident de désaturation.
- Patients dont l'accident de désaturation n'a pas révélé de symptôme cutané.
- Patients dont l'accident de désaturation cutané n'a pas été étiqueté comme étant un mouton ou un *cutis marmorata*.
- Patients dont la recherche d'un shunt D/G n'a pas été réalisée.

2.5. Modalités pratiques : Recueil des données

Les données suivantes sont collectées par interrogation de la base de données du service de médecine hyperbare du CH de Papeete :

- identité,
- date de l'accident,
- sexe du patient,
- date de naissance du patient,
- niveau de formation du plongeur,
- diagnostics,

De plus, les données suivantes ont été collectées à partir des dossiers médicaux de chaque patient:

- symptômes associés au *cutis marmorata*
- profil de plongée effectuée
- profondeurs maximales des plongées effectuées
- présence d'une erreur de procédure ou non
- durées des plongées effectuées
- gaz utilisé dans la bouteille de plongée
- nombre de plongées effectuées dans la journée
- résultat d'une recherche de shunt D/G par ETDC et/ou ETT et/ou ETO

2.6. Traitement statistique

Le recueil des données, ainsi que leurs statistiques descriptives ont été effectués grâce au tableur Excel™ version 2013 de la société Microsoft.

3. RESULTATS

3.1. Données d'ensemble sur la période d'étude

Le nombre de patients pris en charge pour un accident de plongée dans le service de médecine hyperbare du centre hospitalier de la Polynésie Française (CHPF) de Papeete était de 186 pendant la période d'étude. Parmi ceux-ci 21 (11,3%) ont concerné des patients atteints d'un accident cutané dont 19 (10,2%) plus spécifiquement d'un *cutis marmorata* (ou moutons) (figure 3).

De ces 19 patients, 9 (47,3%) ont bénéficié d'une recherche d'un shunt D/G au cours de leur hospitalisation au CHPF (figure 3).

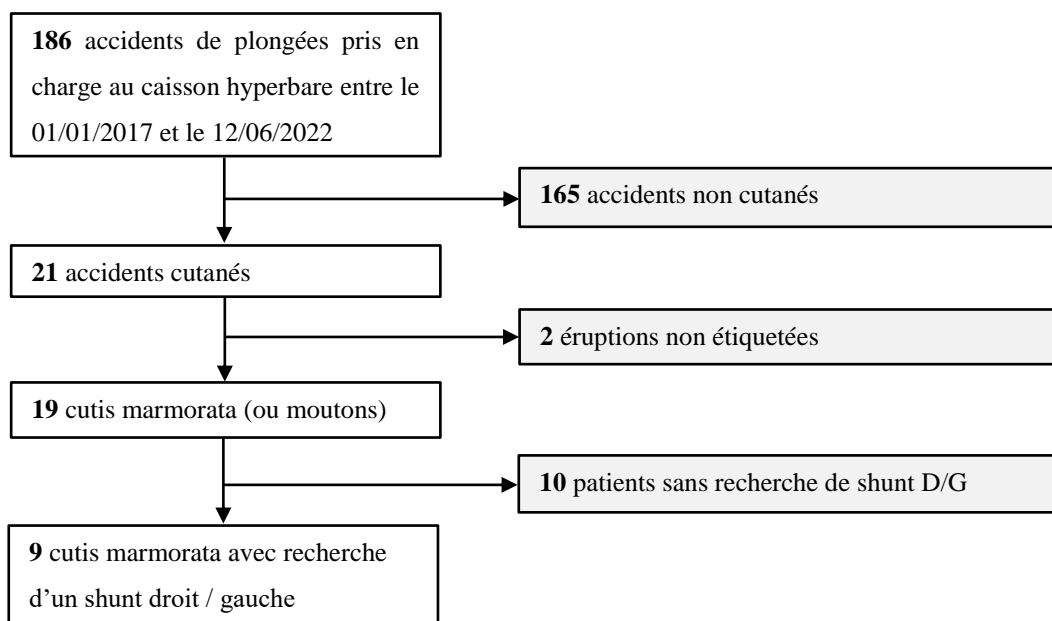


Figure 3 : diagramme en flux de l'étude

3.2. Caractéristiques de l'échantillon

3.2.1. Caractéristiques démographiques

Sur les 9 patients inclus, on retrouvait 4 hommes et 5 femmes, soit un *sex ratio* de 80 hommes pour 100 femmes.

L'âge moyen de ces patients était de $40,0 \pm 13,6$ ans, la médiane était de 35 ans [31 ; 40], le patient le plus jeune avait 29 ans et le patient le plus âgé 71 ans (tableau 1).

La figure 4 représente la répartition des patients selon leur âge et leur sexe.

Tableau 1 : caractéristiques démographiques des patients inclus

Sexe	Patients (%)
Hommes (H)	4 (44,4)
Femmes (F)	5 (55,6)
Sex Ratio (H/F)	0,8

Age	Patients (%)
Moyenne \pm ET	$40,0 \pm 13,6$
Médiane [Q1 ; Q3]	35 [31 ; 40]
Maximum	71

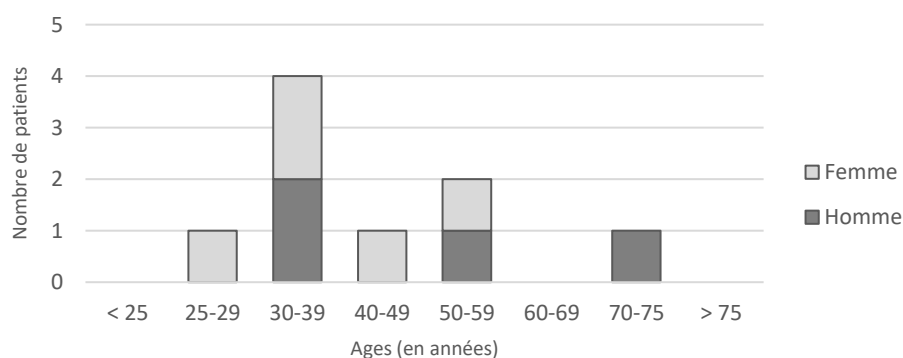


Figure 4 : répartitions des patients par âge et sexe

3.2.2. *Caractéristiques des plongeurs et profils de plongées*

3.2.2.1. *Niveaux de formation des plongeurs*

On retrouvait une grande disparité de niveaux de formation chez les patients, avec un nombre plus important de niveau 2 (33,3%), et deux patients plongeurs professionnels (22,2%).

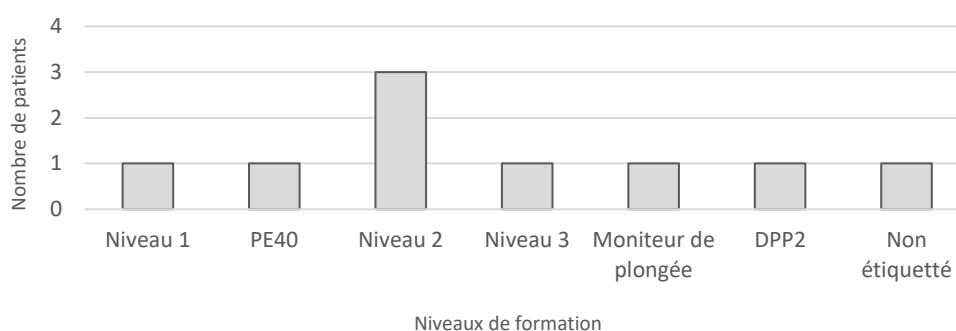


Figure 5 : répartitions des patients selon leur niveau de formation de plongée

3.2.2.2. *Profondeurs maximales atteintes et durées des plongées*

Parmi les 9 patients de notre étude, nous avons à disposition 8 profils de plongée. Nous avons donc volontairement exclu de nos statistiques le profil manquant.

Cinq (62,5%) patients ont ressenti leurs premiers symptômes d'ADD après 2 plongées successives, et 3 (37,3%) dès la première plongée.

Les 3 plongeurs qui ont effectué une plongée unique ont plongé au-delà de 30m de profondeur, dont 2 (66,7%) au-delà de 40m.

La totalité des plongées a duré de 41 à 60 minutes. La moyenne était de 50,2 minutes,

Tableau 2 : profondeurs maximales et durées des plongées effectuées

Profondeurs maximales des plongées	en mètre
Moyenne \pm ET	30,8 \pm 6,0
Médiane [Q1 ; Q3]	28 [25 ; 36]
Minimum	21
Maximum	52
Durées des plongées	en minute
Moyenne \pm ET	50,2 \pm 10,1
Médiane [Q1 ; Q3]	50 [45 ; 53]
Minimum	41
Maximum	60

3.2.2.3. Erreur de procédure ou événement notable au cours de la plongée

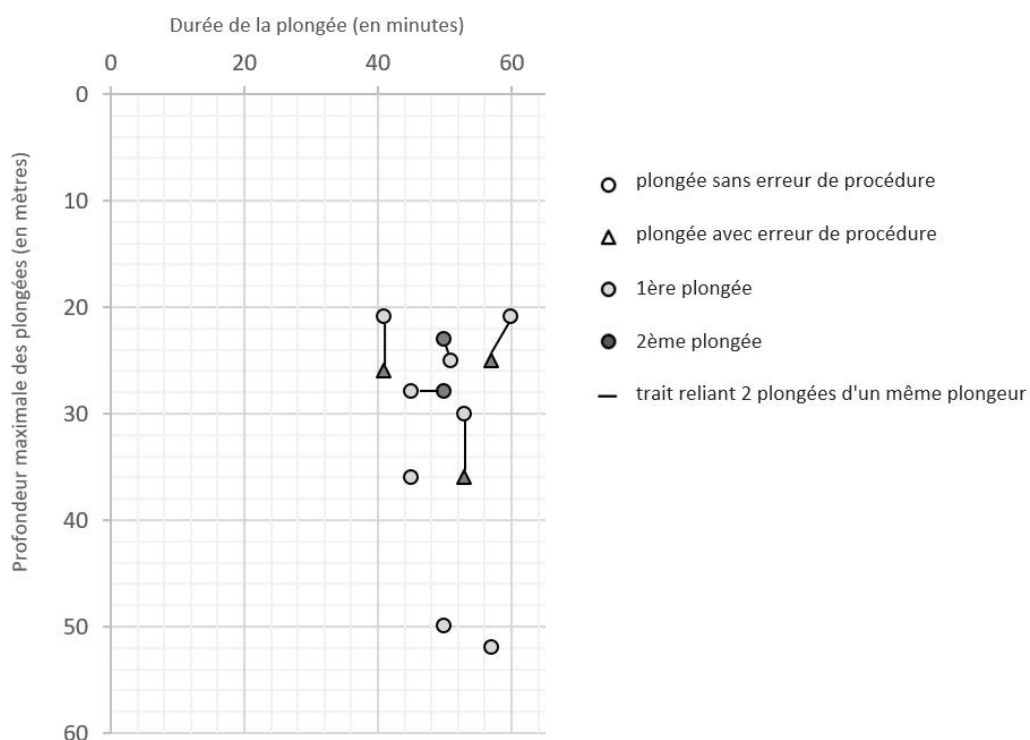


Figure 6 : profils des plongées effectuées par les plongeurs

Parmi les 8 patients dont nous possédions les profils de plongée, 5 (62,5%) n'ont pas présenté d'erreur de procédure au cours de leurs plongées.

En revanche, 3 (37,5%) plongeurs ont effectué des profils de plongées inversés (une deuxième plongée plus profonde que la première), dont 2 patients ont évoqué des événements notables : l'un a effectué un effort de poussée au pallier de sécurité et un autre est remonté trop rapidement en suivant des dauphins.

3.2.3. *Caractéristiques médicales*

3.2.3.1. *Symptômes associés*

La totalité (100%) des patients avaient des symptômes extra-cutanés associés au *cutis marmorata*.

La plupart (77,8%) avaient des manifestations neurologiques, 5 (55,6%) présentaient des vertiges, 4 (44,4%) des paresthésies diverses et 3 (33,3%) des céphalées.

Des troubles visuels étaient retrouvés chez 6 (66,7%) plongeurs. Parmi lesquels 2 diplopies, 2 patients signalaient des phosphènes, 2 des flous visuels et 1 des troubles visuels non étiquetés.

On retrouvait également des manifestations diverses ; 4 (44,4%) patients présentaient une asthénie, 3 (33%) souffraient de douleur thoracique, 2 (22,2%) se plaignaient de nausées et/ou vomissements, et 2 (22,2%) présentaient une toux sèche (tableau 3).

Tableau 3 : types de symptômes retrouvés associés à l'ADD cutané

Symptomatologie	Nombre de patients (%)*
Manifestations visuelles	6 (66,7)
<i>Diplopie</i>	2 (22,2)
<i>Flou visuel</i>	2 (22,2)
<i>Phosphènes</i>	2 (22,2)
<i>Trouble visuel non étiqueté</i>	1 (11,1)
Manifestations neurologiques	7 (77,8)
<i>Vertiges</i>	5 (55,6)
<i>Céphalées</i>	3 (33,3)
<i>Hypoesthésie palmaire main gauche</i>	1 (11,1)
<i>Paresthésies main droite</i>	1 (11,1)
<i>Paresthésies dans les deux mains</i>	1 (11,1)
<i>Paresthésie linguale</i>	1 (11,1)
Manifestations diverses	6 (66,7)
<i>Asthénie</i>	4 (44,4)
<i>Douleur thoracique</i>	3 (33,3)
<i>Toux sèche</i>	2 (22,2)
<i>Nausées et/ou vomissements</i>	2 (22,2)
Manifestations cutanées isolées	0 (0,00)

* certains patients associés plusieurs symptômes différents.

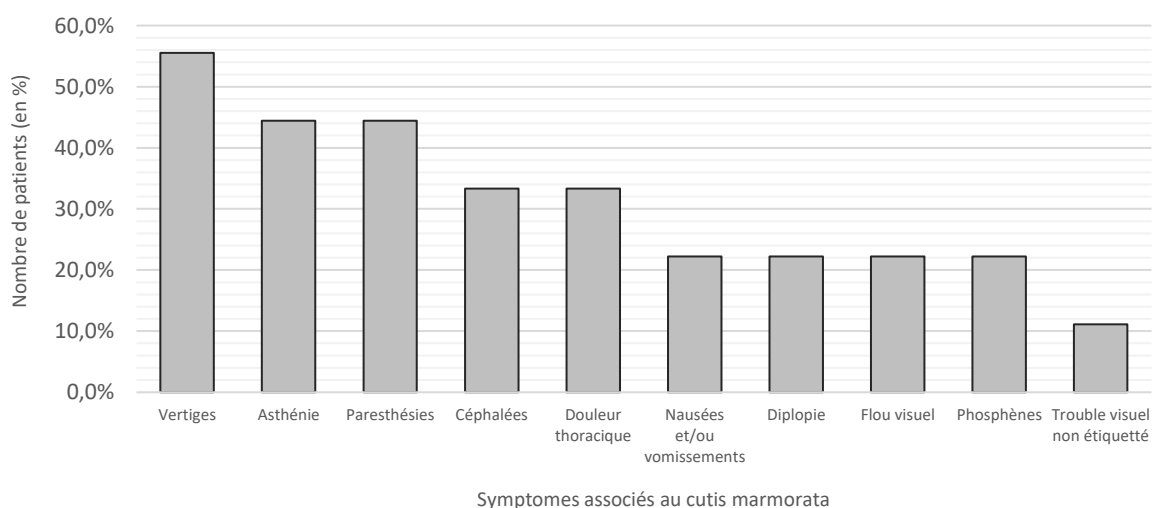


Figure 7 : symptômes associés au *livedo racemosa* en pourcentage de patients

3.2.3.2. Recherche d'un shunt droite-gauche

Pour 8 (88,9%) des patients, un shunt D/G pulmonaire ou cardiaque a été retrouvé, dont 2 (22,2%) FOP recherchés et retrouvés (figure n°8).

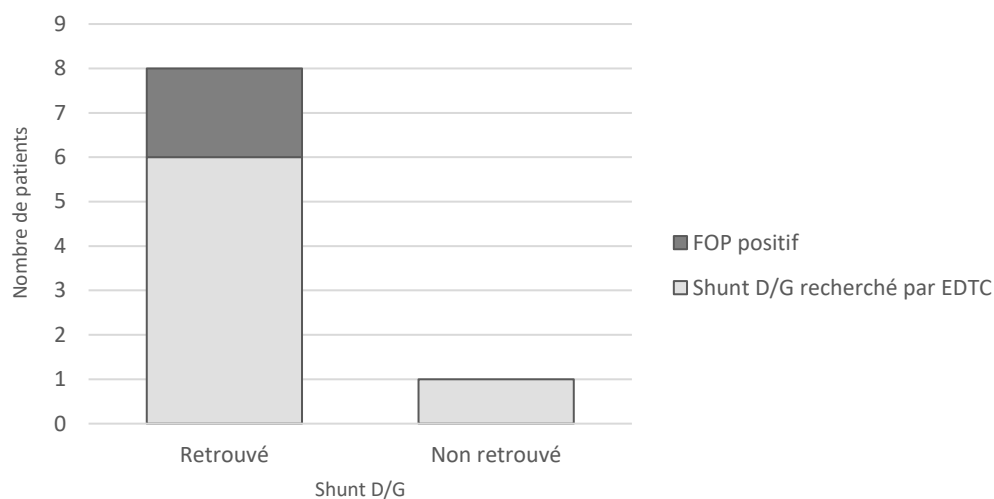


Figure 8 : recherche d'un shunt D/G dans notre échantillon

3.2.4. Ensemble des résultats

Le tableau n°4 rassemble la totalité des données recueillies des 9 cas cliniques inclus dans notre étude.

Tableau 4 : récapitulatif des données des 9 cas cliniques inclus dans l'étude (F=femme, H=homme, N/R=non recherché).

Cas	Age (en années)	Sexe	Formation	Symptomatologie associée au <i>cutis marmorata</i>	Shunt D/G	Gaz	Nombre de plongées	Profondeur de la 1 ^e plongée (en mètres)	Profondeur de la 2 ^e plongée (en mètres)	Erreur de procédure ou événement notable
1	40	F	Monitrice de plongée	diplopie	EDTC négatif FOP N/R	Air	2	28	28	Non
2	30	F	Niveau 2	phosphènes, céphalées frontales, hypoesthésie palmaire gauche, douleur thoracique	EDTC positif FOP N/R	Air	2	21	26	Profil inversé
3	33	F	Niveau 1	phosphènes, diplopie, asthénie, vertiges	EDTC positif FOP N/R	Air	2	21	25	Profil inversé Effort de poussée au pallier
4	71	H	Niveau 2	vertiges, asthénie, vomissements	EDTC positif FOP N/R	Air	2	25	23	Non
5	52	H	Niveau 2	vertiges, douleur thoracique, toux sèche, paresthésies main droite	EDTC positif FOP N/R	Nitrox 32%	2	30	36	Profil inversé Remontée rapide avec des dauphins
6	29	F	PE 40	asthénie, vertiges, flou visuel, céphalées, nausées, dyspnée, douleur thoracique, toux sèche	ETCD positif FOP positif	Air	1	36	-	Non
7	35	H	Niveau 3	céphalée, paresthésies digitales bilatérales et linguale	EDTC positif FOP N/R	Air	1	50	-	Non
8	31	F	DPP2	asthénie, vertiges, flou visuel	EDTC positif FOP positif	Air	1	52	-	Non
9	39	H	Inconnu	troubles visuels	EDTC positif FOP N/R	Inconnu	Inconnu	Inconnu	Inconnu	Inconnu

4. DISCUSSION

4.1. Description de la population de l'échantillon

Sur la période du 1^{er} janvier 2017 au 12 juin 2022, 186 accidents de plongée ont été pris en charge au caisson hyperbare du CH de Papeete. Parmi eux 21 (11,3%) ont concerné des ADD cutanés, et plus spécifiquement 19 (10,2%) étaient des *cutis marmorata*. En France les accidents cutanés représentent 1% des ADD reçus par les centres hyperbares (38) mais ce chiffre ne précise pas s'il s'agit d'accidents cutanés isolés. Dans un travail réalisé au centre hyperbare de l'hôpital d'instruction des armées de Sainte-Anne à Toulon, 4% des accidents cutanés étaient isolés et 5,5% étaient associés à d'autres symptômes (39), soit un total de 9,5% comparable à notre échantillon.

Sur les 9 patients inclus, on retrouvait 4 hommes et 5 femmes, soit un *sex ratio* de 80 hommes pour 100 femmes. Des études confirment cette absence de différence significative liée au sexe (40). Cependant les résultats des recherches qui concernent un éventuel facteur de risque entre sexe et ADD sont contradictoires (41). Il semble que l'homme soit plus à risque d'ADD par le fait d'un comportement souvent plus à risque (42) et par un taux de bulles résiduelles plus important que chez la femme (41). D'autres auteurs pensent en revanche que le cycle menstruel lors de sa phase lutéale et la plus grande proportion de masse grasse chez la femme la rendraient plus sensible aux ADD, ce qui n'a pas été démontré pour le moment (43). Un travail réalisé sur la côte méditerranéenne de 2011 à 2018 conforte notre absence de différence significative entre homme et femme, puisque selon leurs résultats les ADD sont plus fréquemment retrouvés dans une population de plongeurs masculins (*sex ratio* de 5,25), à l'exception des formes à manifestation cutanée (*sex ratio* de 1,1) (39).

L'âge moyen était de $40,0 \pm 13,6$ ans pour les 9 patients inclus dans notre étude. Cette valeur est comparable à celle obtenue dans des études publiées sur l'apparition d'un *cutis marmorata* suite à un accident de plongée (11) (44). Et de façon plus générale, cela correspond à la moyenne d'âge des plongeurs victimes d'ADD, et des plongeurs les plus actifs (43) (45).

4.2. Niveaux de formation des plongeurs et profils des plongées effectuées

4.2.1. Niveaux de formation et expérience

La grande disparité de niveaux de formation chez nos patients ne permet pas de mettre en évidence de façon significative que le manque d'expérience serait un facteur de risque d'ADD de type *cutis marmorata*. D'autant plus que notre étude comprend 2 plongeurs professionnels (22,2%). Trente-trois pourcents de nos plongeurs étaient de niveau 2. Cependant cette grande proportion est à nuancer si nous devons parler d'expérience, car ils peuvent avoir un nombre très différent de plongées effectuées au cours de leur vie malgré un niveau de formation similaire. Il semble donc que le seul critère de niveau de formation ne suffise pas à déterminer l'expérience d'un plongeur.

4.2.2. Profondeur et durée des plongées

Trois plongeurs ont effectué une plongée unique, et 2 d'entre eux ont plongé au-delà de 40m. D'après certaines études épidémiologiques rapportant la fréquence des accidents de plongées en fonction de la profondeur atteinte, 54% d'ADD surviennent au-delà de 40 mètres alors qu'uniquement 10% des plongées s'effectuent à ces profondeurs (5). Sur l'ensemble de nos chiffres, cela n'a concerné que 25% de nos patients. Ce faible taux peut s'expliquer par un second facteur de risque pour les autres plongeurs. En effet, 5 (62,5%) patients ont effectué 2 plongées successives. Hors il est établi que des plongées répétitives sont un facteur de risque supplémentaires d'ADD (2) (5).

Dans notre échantillon la totalité des plongées a duré de 41 à 60 minutes, et la moyenne était de 50,2 minutes. Une étude analysant 1014 accidents de plongée retrouvait une durée moyenne d'immersion de 36,7 minutes (39). Ce chiffre inférieur au notre est probablement dû au fait qu'aucune distinction entre les différents accidents de plongées n'était prise en compte. Une analyse plus détaillée rapporte que les plongeurs souffrant d'un ADD avaient effectué des plongées plus longues que ceux atteints de barotraumatismes, de noyades ou d'œdème pulmonaire d'immersion (39). De plus, il est établi que les plongées longues favorisent les ADD (39) (46), et d'autant plus dans les ADD cutanés (39).

4.2.3. *Erreur de procédures et accidents immérités*

Aucune faute évidente dans la procédure de décompression au cours de la plongée n'a eu lieu pour 5 patients dont nous possédions les profils de plongée. Soit 62,5% d'accidents immérités, ce qui est comparable aux 60% à 67% décrits dans la littérature (38) (47).

Trois plongeurs (37,5%) ont signalé une erreur de procédure ou un événement notable au cours de leur plongée, ce qui correspond aux 33% à 40% retrouvés dans les études (38) (47). Pour ces derniers, il s'agissait de 3 profils de plongées inversés (une deuxième plongée effectuée à une profondeur maximale supérieure à la première). Ce type de plongée semble être un facteur favorisant d'ADD (48) (49) et donc déconseillé (49). Parmi eux, 2 patients ont signalé des événements notables pourvoyeurs d'ADD : l'un a effectué un effort de poussée (5) (38) au pallier de sécurité et un autre est remonté très rapidement (38) en suivant des dauphins.

4.3. Des symptômes associés au *livedo racemosa*

Dans notre étude, tous les patients avaient des symptômes associés au *livedo racemosa*. Cependant, il est à noter qu'une résolution spontanée des accidents de désaturation à manifestation cutanée s'effectue le plus souvent en quelques heures (50). Un biais de recrutement est par conséquent probable. Il est possible qu'un certain nombre de patients déclarant ce type d'accident, considéré comme bénin (11) (21) (38), ne bénéficie pas d'une prise en charge médicale au caisson hyperbare (18), et ce d'autant plus s'il s'agit d'une manifestation cutanée isolée.

La plupart des plongeurs (77,8%) avaient des manifestations neurologiques dont 55,6% de vertiges, 44,4% de paresthésies diverses et 33,3% de céphalées. Une grande proportion de troubles visuels chez 66,7% des patients et autre résultat notable : 44,4% patients présentaient une asthénie. Ces chiffres confirment une étude publiée en 2015 qui montre que le *livedo racemosa* lorsqu'il n'est pas isolé, s'accompagne souvent de troubles visuels, de vertiges ou de dysfonctionnements cérébraux légers, vagues mais généralisés comme une fatigue anormale (18).

Ces résultats confirment que l'ADD cutanée de type *cutis marmorata* ne doit plus être considéré comme une forme bénigne et anodine mais plutôt comme une forme neurologique potentiellement associée et traitée en conséquence (18), et imposant une surveillance justifiée par son potentiel caractère évolutif grave (52).

4.4. La recherche d'un shunt D/G

Dans notre étude, seulement 1 patient n'avait pas de shunt D/G contrairement aux 8 autres soit 88,9%. Cela correspond aux chiffres de l'étude de Hartig F et al. réalisée en 2020 qui retrouvait 100% de shunt D/G chez des patients atteints de *cutis marmorata* après la plongée dont 83 % avec un shunt cardiaque (un FOP ou un défaut du septum de l'oreillette) et 17 % avec un shunt non cardiaque (4). La faible proportion de FOP que nous avons mis en évidence (22,2%) est due à un défaut de recherche de celui-ci durant l'hospitalisation. En effet au sein de leur séjour hospitalier, les patients ont bénéficié d'une recherche de shunt D/G par EDTC. Si un shunt était retrouvé, une recherche de FOP par ETT ou ETO leur était proposée avec un cardiologue en consultation externe. Raison pour laquelle nous n'avons pas ces résultats à disposition. Des études ont observé que l'apparition d'un *cutis marmorata* et la présence d'un FOP étaient corrélées dans près de 80 à 100 % des cas (4) (8) (18) (45). Nous pouvons donc supposer qu'il existe un plus grand nombre de patients atteints d'un FOP dans notre étude.

Parmi les patients dont nous possédons les profils de plongée, 62,5% n'ont pas présenté d'erreur de procédure au cours de leurs plongées. Et 80% d'entre eux avaient une recherche de shunt D/G positive. Ceci confirme la forte corrélation entre le *livedo racemoso* et les shunts D/G chez les plongeurs souffrants d'ADD immérités (4).

5. CONCLUSION

Cette étude retrouvait un taux de shunt D/G de 88,9% d'origine cardiaque ou extracardiaque pour les patients pris en charge au caisson hyperbare de Papeete entre le 1^{er} janvier 2017 et le 12 juin 2022 pour un accident de désaturation de type cutané étiqueté *cutis marmorata*. Par faute de données disponibles, uniquement 22,2% ont bénéficié de la recherche d'un FOP par ETT ou ETO dont le résultat s'est avéré positif.

Pour les facteurs de risques d'ADD associées retrouvés dans notre étude, il semblerait que le niveau de formation ne soit pas un critère fiable pour évaluer l'expérience d'un plongeur si nous ne prenons pas en compte également son nombre de plongées effectuées au cours de sa vie. Il en est de même pour l'âge et le sexe. En moyenne les plongées étaient de 50,2 minutes. Concernant le nombre de plongées effectuées, 62,5% des patients dont nous connaissions le profil de plongée avaient effectué 2 plongées successives contre 37,5% une plongée unique, dont 66,7% d'entre eux avaient plongé au-delà de 40m de profondeur.

La totalité des patients avaient des symptômes associés au *livedo racemosa*. La plupart (77,8%) rapportaient des manifestations neurologiques et des troubles visuels (66,7%), et un nombre important (44,4%) signalaient une asthénie.

Parmi les patients dont nous possédions les profils de plongée, 62,5% n'ont pas présenté d'erreur de procédure au cours de leurs plongées. Et 80% d'entre eux avaient une recherche de shunt D/G positive. Ceci confirme la forte corrélation entre le *livedo racemosa* et les shunts D/G notamment chez les plongeurs victimes d'ADD immérités.

Ces résultats confirment que l'ADD cutanée de type *cutis marmorata* ne doit plus être considéré comme une forme bénigne et anodine mais plutôt comme une forme neurologique potentiellement associée et traitée en conséquence dans un service de médecine hyperbare.

6. BIBLIOGRAPHIE

1. Direction générale de la sécurité civile et de la gestion des crises - Ministère français de l'intérieur - Recommandations relatives aux premiers secours en équipe (décembre 2021) - Accidents liés à la plongée [Internet]. [cité 2 juill 2022]. Disponible sur: <https://enasis.univ-lyon1.fr/clarolinepdfplayerbundle/pdf/300147>
2. Plongée et activités subaquatiques – Accidents de plongée [Internet]. La médecine du sport. [cité 2 juill 2022]. Disponible sur: <https://www.lamedecinedusport.com/dossiers/plongee-activites-subaquatiques-accidents-de-plongee/>
3. Vann RD, Butler FK, Mitchell SJ, Moon RE. Decompression illness. *Lancet Lond Engl.* 8 janv 2011;377(9760):153-64.
4. Hartig F, Reider N, Sojer M, Hammer A, Ploner T, Muth CM, et al. Livedo Racemosa – The Pathophysiology of Decompression-Associated Cutis Marmorata and Right/Left Shunt. *Front Physiol.* 3 sept 2020;11:994.
5. J-P. Bonnin, C. Grimaud, J-C. Happey, J-M. Strub, P. Cart- Accident de décompression dans la plongée à l'air - Plongée sous-marine et milieu subaquatique. *Accidents - Aspects médicaux - 2003.* In. (Masson).
6. J-P. Bonnin, C. Grimaud, J-C. Happey, J-M. Strub, P. Cart. Le coeur du plongeur. In: *Plongée sous-marine et milieu subaquatique Accidents - Aspects médicaux. 2003.* (Masson).
7. Réunion CMPR du 3 Décembre 2016 - Accidents de décompression et foramen ovale perméable. Etat de la question en 2016 - Pr Denis Angoulvant Cardiologue au CHRU de Tours et médecin FFESSM.
8. J.-L. Méliet. Accidents de la plongée subaquatique et suivi médical des pratiquants. In: *Médecine du sport pour le praticien.* Elsevier Masson. 2020. (Pour le praticien).
9. Germonpre P, Balestra C, Obeid G, Caers D. Cutis Marmorata skin decompression sickness is a manifestation of brainstem bubble embolization, not of local skin bubbles. *Med Hypotheses.* 1 déc 2015;85(6):863-9.
10. Gibbs MB, English JC, Zirwas MJ. Livedo reticularis: An update. *J Am Acad Dermatol.* 1 juin 2005;52(6):1009-19.
11. García E, Mitchell SJ. Bubbles in the skin microcirculation underlying cutis marmorata in decompression sickness: Preliminary observations. *Diving Hyperb Med.* 30 juin 2020;50(2):173-7.
12. Sajjan VV, Lunge S, Swamy MB, Pandit AM. Livedo reticularis: A review of the literature. *Indian Dermatol Online J.* 2015;6(5):315-21.
13. Wilmshurst PT. Cutis marmorata and cerebral arterial gas embolism. *Diving Hyperb Med.* déc 2015;45(4):261.
14. Wilmshurst PT. The role of persistent foramen ovale and other shunts in decompression illness. *Diving Hyperb Med.* juin 2015;45(2):98-104.

15. Wilmshurst PT, Pearson MJ, Walsh KP, Morrison WL, Bryson P. Relationship between right-to-left shunts and cutaneous decompression illness. *Clin Sci Lond Engl* 1979. mai 2001;100(5):539-42.
16. Kemper TC, Rienks R, van Ooij PJ, van Hulst RA. Cutis marmorata in decompression illness may be cerebrally mediated: a novel hypothesis on the aetiology of cutis marmorata. *Diving Hyperb Med.* juin 2015;45(2):84-8.
17. Germonpre P, P. Dendale, P. Unger, and C. Balestra. Patent foramen ovale and decompression sickness in sports divers [Internet]. 1998 [cité 8 juill 2022]. Disponible sur: <https://journals.physiology.org/doi/epdf/10.1152/jappl.1998.84.5.1622>
18. Germonpre P, Balestra C, Obeid G, Caers D. Cutis Marmorata skin decompression sickness is a manifestation of brainstem bubble embolization, not of local skin bubbles. *Med Hypotheses.* 1 déc 2015;85(6):863-9.
19. Wilmshurst PT, Morrison WL, Walsh KP. Comparison of the size of persistent foramen ovale and atrial septal defects in divers with shunt-related decompression illness and in the general population. *Diving Hyperb Med.* juin 2015;45(2):89-93.
20. Gempp E, Lyard M, Louge P. Reliability of right-to-left shunt screening in the prevention of scuba diving related-decompression sickness. *Int J Cardiol.* 1 déc 2017;248:155-8.
21. Mitchell S, Bennett M, Bryson P, Butler F, Doolette D, Holm J, et al. Pre-hospital management of decompression illness: expert review of key principles and controversies. *Diving Hyperb Med.* 31 mars 2018;48(1):45-55.
22. Giry P. BB Méliet JL. Formation des bulles. In: *Physiologie et médecine de la plongée.* 2e édition. 2006. p. 62. (ellipses).
23. Libert C. Adapter sa circulation en plongée - Incidents/accidents : FOP, froid, OAP - Cours FFESSM - Saison 2016/2017. :11.
24. Girier JM, Pasinato H, Martinez JG, Joffre T, Reghis S, Delafosse B. Girier et al. - Le caisson hyperbare pas uniquement pour les intoxications au CO - SFMU 2015. :14.
25. Masson E. Oxygénothérapie hyperbare. Principes et indications [Internet]. EM-Consulte. [cité 5 juill 2022]. Disponible sur: <https://www.em-consulte.com/article/198690/oxygenotherapie-hyperbare-principes-et-indications>
26. Rouquette-Vincenti I, Brinquin L. L'oxygénothérapie hyperbare : mise au point. *Médecine Thérapeutique.* 16 févr 2001;7(1):33-40.
27. Rapport sur l'oxygénothérapie - Haute Autorité de santé/Service évaluation des actes professionnels - janvier 2007 [Internet]. [cité 5 juill 2022]. Disponible sur: https://www.has-sante.fr/upload/docs/application/pdf/rapport_oxygenotherapie.pdf
28. Maquette de présentation du service de médecine hyperbare du CHU de Bordeaux - Direction de la communication et de la culture - Hélène Balensi - Juin 2017.
29. Raby F-X., - Analyse de l'activité du service d'oxygénothérapie hyperbare du Centre Hospitalier de la Polynésie Française après 1 an d'activité - Mémoire pour le diplôme universitaire de médecine subaquatique et hyperbare - Septembre 2019.

30. Bilan d'Activité du SAU (Service d'Accueil des Urgences), du SAMU (Service d'Aide Médicale Urgente), du CESU (Centre d'Enseignement des Soins d'Urgences) - Rapport de l'année 2020 - Centre Hospitalier de la Polynésie Française.
31. Ministère de l'Intérieur et des Outre-Mer. Polynésie Française [Internet]. 2022 [cité 29 juin 2022]. Disponible sur: <https://www.outre-mer.gouv.fr/territoires/polynesie-francaise>
32. Autonomie et répartition des compétences / Partenariat État / Polynésie française / Politiques publiques / Accueil - Les services de l'État en Polynésie française [Internet]. [cité 29 juin 2022]. Disponible sur: <http://www.polynesie-francaise.pref.gouv.fr/Politiques-publiques/Partenariat-Etat-Polynesie-francaise/Autonomie-et-repartition-des-competences>
33. Wardi SA. L'autonomie polynésienne vue de l'administration. *Pyramides Rev Cent Détudes Rech En Adm Publique*. 1 janv 2010;(19):87-104.
34. Guide 2021/2022 des Services de l'État et des institutions de la Polynésie française [Internet]. calameo.com. [cité 29 juin 2022]. Disponible sur: <https://www.calameo.com/read/00150855717a112c08f19>
35. Populations légales des subdivisions administratives de Polynésie française en 2017 – Les populations légales de Polynésie française en 2017 | Insee [Internet]. [cité 29 juin 2022]. Disponible sur: <https://www.insee.fr/fr/statistiques/3294359?sommaire=2122700>
36. INSEE. Polynésie française - Insee : Institut nationale de la statistique et des études économique [Internet]. 2018 [cité 29 juin 2022]. Disponible sur: <https://www.insee.fr/fr/statistiques/3651609>
37. Plongée en Polynésie française | PADI : professional association of diving instructors [Internet]. PADI Travel. [cité 29 juin 2022]. Disponible sur: <https://travel.padi.com/fr/plonger-en-polynasie-franaaise/>
38. Grandjean B., Bergmann E., Barthélémy A. Chapitre IV : Médecine de plongée - Les accident de décompression : clinique. In: *Physiologie et médecine de la plongée*. 2e édition. 2006. (ellipses).
39. Meusnier B. Contribution à l'analyse séméiologique et diagnostique des accidents de plongée survenant sur la côte méditerranéenne française: à propos de 1014 cas admis au centre hyperbare de l'HIA Sainte-Anne à Toulon de 2011 à 2018. :95.
40. Hagberg M, Ornhagen H. Incidence and risk factors for symptoms of decompression sickness among male and female dive masters and instructors--a retrospective cohort study. *Undersea Hyperb Med J Undersea Hyperb Med Soc Inc*. 2003;30(2):93-102.
41. Melin M. - La sécurité chez la femme en plongée sous-marine : étude prospective par la détection des bulles circulantes et l'évaluation des apports nutritionnels - Thèse soutenue à la faculté de médecine de Marseille - avril 2006 [Internet]. [cité 25 sept 2022]. Disponible sur: https://e-lactancia.org/media/papers/Securite_femme_plongee_Divers-2006_These_M_BODORE.pdf
42. St Leger Dowse M, Bryson P, Gunby A, Fife W. Comparative data from 2250 male and female sports divers: diving patterns and decompression sickness. *Aviat Space Environ Med*. août 2002;73(8):743-9.
43. Hugon M., Grandjean B., Blatteau J.E. Epidémiologie des accidents de plongée. In: *Physiologie et médecine de la plongée*. 2e édition. 2006. p. 227. (ellipses).

44. Conkin J, Pilmanis AA, Webb JT. Case Descriptions and Observations About Cutis Marmorata From Hypobaric Decompressions. 2002;37.
45. Vargas F - Les accidents de désaturation - Unité de Médecine Hyperbare du CHU de Bordeaux - Cours du DIU de médecine subaquatique et hyperbare 2022.
46. Richard E. Moon , MD, Duke University Medical Center - Maladie de décompression - L'étiologie, la physiopathologie, les symptômes, les signes, les diagnostics et les pronostics à partir des Manuels MSD, version pour professionnels de la santé - juin 2021. Édition professionnelle du Manuel MSD.
47. Plongée sous-marine et médecine hyperbare [Internet]. Revue Medicale Suisse. [cité 25 sept 2022]. Disponible sur: <https://www.revmed.ch/revue-medicale-suisse/2009/revue-medicale-suisse-213/plongee-sous-marine-et-medecine-hyperbare>
48. De Maistre S. - Implication d'un shunt circulatoire droite-gauche dans les lésions cérébrales latentes chez les plongeurs - Thèse d'exercice - Faculté de médecine de Lyon - 2004 [Internet]. [cité 25 sept 2022]. Disponible sur: <http://deepdive.free.fr/aeges/IMG/pdf/tel-00008893.pdf>
49. Edmonds C, McInnes S, Bennett M. Reverse dive profiles: The making of a myth. S Pac Underw Med Soc J. 1 sept 2005;35:139-43.
50. Bergmann E., Barthélémy A., Grandjean B. Thérapeutique hyperbare des accidents de désaturation. In: Physiologie et médecine de la plongée. 2e édition-2006. p. 427. (ellipses).