

UNIVERSITE DE RENNES I
FACULTE DE MEDECINE

Année 2005-2006

N°

THESE
EN VUE DU DIPLOME D'ETAT
DE DOCTEUR EN MEDECINE

DEMATTEO Anouk

Née le 05 décembre 1975 à Caen

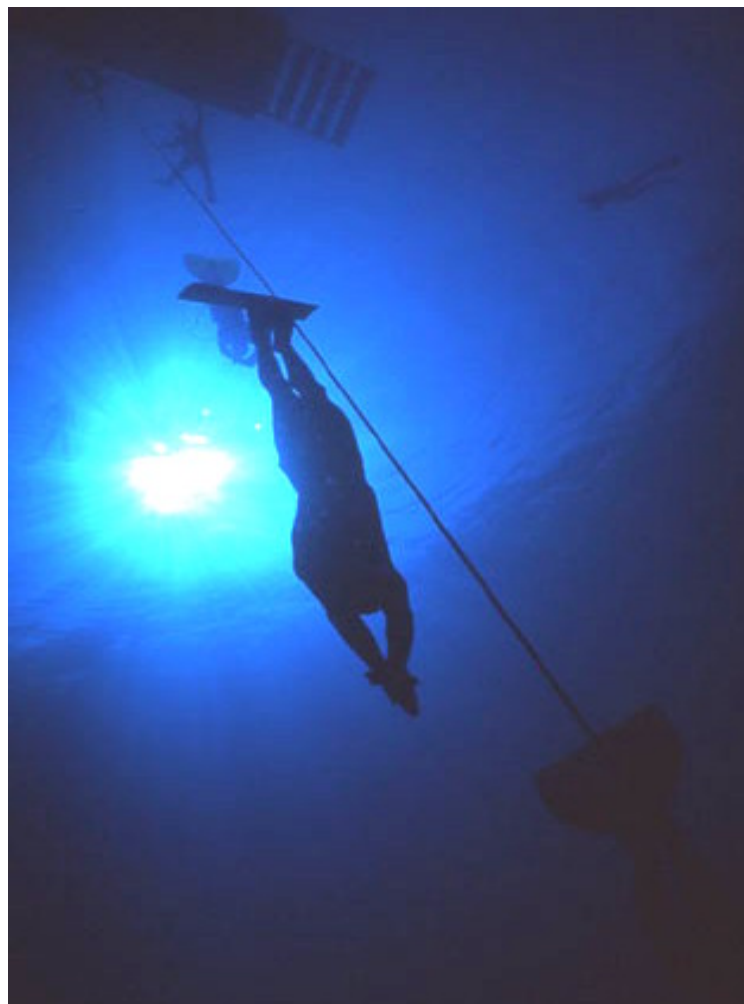
Présentée et soutenue publiquement le 22 juin 2006

LA SYNCOPE HYPOXIQUE EN APNEE SPORTIVE :
DESCRIPTION, FACTEURS FAVORISANTS.

PRESIDENT	Monsieur le Professeur CARRE François
Directeur de thèse	Monsieur le Docteur HARMS Jan Dirk
Membres du Jury	Monsieur le Professeur ARVIEUX Charles Monsieur le Professeur ROCHCONGAR Pierre Madame le Docteur DELAMARE Bénédicte Monsieur le Docteur GUILLERY Xavier

UNIVERSITE DE RENNES I
FACULTE DE MEDECINE
Année 2006

LA SYNCOPE HYPOXIQUE EN APNEE SPORTIVE :
DESCRIPTION ET FACTEURS FAVORISANTS



PROFESSEURS DES UNIVERSITES

Nom et Prénom	Discipline universitaire
ALLAIN Hervé	Pharmacologie fondamentale – Pharmacologie clinique
ALMANGE Claude	Cardiologie
AVRIL Jean-Loup	Bactériologie–Virologie–Hygiène hospitalière
BEAUCOURNU Jean-Claude	Parasitologie et Mycologie
BELLISSANT Eric	Pharmacologie fondamentale – Pharmacologie clinique
BOUDJEMA Karim	Chirurgie générale
BOUGET Jacques	Thérapeutique
BOURDINIÈRE Julien	Oto-Rhino-Laryngologie
BOURGUET Patrick	Biophysique et Médecin nucléaire
BRACQ Henri	Chirurgie infantile
BRASSIER Gilles	Neurochirurgie
BRETAGNE Jean-François	Hépatologie-Gastro-Entérologie
BRISSOT Pierre	Hépatologie-Gastro-Entérologie
BRISSOT Régine	Médecin Physique et de Réadaptation
CAMPION Jean-Pierre	Chirurgie générale
CARRE François	Physiologie
CARSIN Michel	Radiologie et imagerie médicale
CATROS-QUEMENER Véronique	Biologie cellulaire
CHALES Gérard	Rhumatologie
CHAPERON Jacques	Epidémiologie, économie de la santé et prévention
CHARLIN Jean-François	Ophthalmologie
CHENAL Christian	Cancérologie-radiothérapie
CHEVRANT-BRETON Jacqueline	Dermato-Vénérologie
COLIMON Ronald	Bactériologie-Virologie-Hygiène hospitalière
CORBINEAU Hervé	Chirurgie thoracique et cardio-vasculaire
DARDENNE Philippe	Pédo-Psychiatrie
DARNAULT Pierre	Anatomie
DAUBERT Jean-Claude	Cardiologie
DAVID Véronique	Biochimie et Biologie Moléculaire
DELAVAL Philippe	Pneumologie
DENIS Marc	Biochimie et Biologie Moléculaire
DESRUES Benoît	Pneumologie
DEUGNIER Yves	Hépatologie-Gastro-Entérologie
DUVAUFERRIER Régis	Radiologie
ECOFFEY Claude	Anesthésiologie et Réanimation chirurgicale
EDAN Gilles	Neurologie
FAUCHET Renée	Hématologie-Transfusion
FEST Thierry	Hématologie-Transfusion
FREMOND Benjamin	Chirurgie infantile
GALIBERT Francis	Biochimie et Biologie Moléculaire
GANDON Yves	Radiologie et Imagerie médicale
GANGNEUX Jean-Pierre	Parasitologie et Mycologie
GODEY Benoît	Oto-Rhino-Laryngologie
GRALL Jean-Yves	Gynécologie-Obstétrique ; Gynécologie médicale
GROSBOIS Bernard	Médecine interne ; Gériatrie et Biologie du Vieillissement

GUEGAN Yvon	Neurochirurgie
GUIGUEN Claude	Parasitologie et Mycologie
GUILLE François	Urologie
GUYADER Dominique	Hépatologie-Gastro-Entérologie
HERESBACH Denis	Hépatologie-Gastro-Entérologie
HERRY Jean-Yves	Biophysique et Médecine nucléaire
HESPEL Jean-Pierre	Médecine interne ; Gériatrie et Biologie du Vieillissement
HONNORAT Charles (associé)	Département de Médecine générale
HUSSON Jean-Louis	Chirurgie orthopédique et traumatologie
JEGO Patrick	Médecine interne ; Gériatrie et Biologie du Vieillissement
JOUANNY Pierre	Médecine interne ; Gériatrie et Biologie du Vieillissement
KERBRAT Pierre	Cancérologie-Radiothérapie
KERDILES Yvon	Chirurgie Vasculaire ; Médecine vasculaire
KERISIT Jacques	Anatomie et Cytologie pathologique
LAMY de la CHAPELLE Thierry	Hématologie-Transfusion
LANCIEN Gérard	Anatomie et Cytologie pathologiques
LANGLAIS Frantz	Chirurgie orthopédique et traumatologique
LE BEUX Pierre	Biostatistiques, Informatique médicale et Technologie de communication
LE BRETON Hervé	Cardiologie
LE CLECH Guy	Oto-Rhino-Laryngologie
LE GALL Edouard	Pédiatrie
LE GALL Jean-Yves	Biochimie et Biologie Moléculaire
LE GUEUT Maryannick	Médecine légale et Droit de la santé
LE LANNOU Dominique	Biologie et Médecine du développement et de la reproduction
LE POGAMP Patrick	Néphrologie
LE TREUT André	Biochimie et Biologie Moléculaire
LE TULZO Yves	Réanimation médicale
LECLERCQ Christophe	Cardiologie
LEGUERRIER Alain	Chirurgie thoracique et cardio-vasculaire
LEVASSEUR Gwénola (associée)	Département de Médecine générale
LEVEQUE Jean	Gynécologie-Obstétrique ; Gynécologie médicale
LOBEL Bernard	Urologie
MABO Philippe	Cardiologie
MALLEDANT Yannick	Anesthésiologie et Réanimation chirurgicale
MELKI Gérard	Biophysique et Médecin nucléaire
MEUNIER Bernard	Cancérologie-Radiothérapie
MICHELET Christian	Maladies infectieuses – Maladies tropicales
MILLET Bruno	Psychiatrie d'Adultes
MORANDI Xavier	Anatomie
MOSSER Jean	Biochimie et Biologie Moléculaire
MOULINOX Jacques	Biologie cellulaire
ODENT Sylvie	Génétique
PATARD Jean-Jacques	Urologie
PERDRIGER Aleth	Rhumatologie
POULAIN Patrice	Gynécologie et Obstétrique
RAOUL Jean-Luc	Cancérologie-Radiothérapie
ROCHCONGAR Pierre	Physiologie
ROUSSEY Michel	Pédiatrie
SCARABIN Jean-Marie	Anatomie

SEMANA Gilbert
SIPROUDHIS Laurent
THOMAS Rémy
THOMAZEAU Hervé
TORDJMAN Sylvie
TOULOUSE Pierre
VERGER Christian
VERIN Marc
WATIER Eric

WODEY Eric

Immunologie
Hépatologie Gastro-Entérologie
Réanimation médicale
Chirurgie orthopédique et traumatologique
Pédopsychiatrie
Physiologie
Médecine et Santé au Travail
Neurologie
Chirurgie plastique reconstructrice et esthétique ;
Brulologie
Anesthésiologie et Réanimation chirurgicale

MAITRES DE CONFERENCES DES UNIVERSITES

Nom et Prénom	Discipline universitaire
AMOT Laurence	Hématologie ; Transfusion
ANNE Marie Dominique	Biochimie et Biologie moléculaire
BEGUE Jean-Marc	Physiologie
BEGUE-SIMON Anne-Marie	Département de Santé Publique
BENTUE-FERRIER Danielle	Pharmacologie fondamentale – Pharmacologie clinique
BERNARD Anne-Marie	Biophysique et Médecine nucléaire
BURGUN Anita	Biostatistiques, Informatique médicale et Technologies de communication
CATHELIN Michel	Biochimie et Biologie moléculaire
CAUBET Alain	Médecine et Santé au travail
DAMERON Olivier	L.I.M. Biostatistiques
DASSONVILLE Josette	Physiologie
DE CERTAINES Jacques	Biophysique et Médecine nucléaire
DEGEILH Brigitte	Parasitologie et Mycologie
DELAMARE Bénédicte (associée)	Département de Médecine générale
DUBOURG Christèle	Biochimie et Biologie moléculaire
FERGELOT Patricia	Biochimie et Biologie moléculaire
GAILLOT Olivier	Bactériologie – Virologie ; Hygiène hospitalière
GARIN Etienne	Biophysique et Médecine nucléaire
GOASGUEN Jean	Hématologie ; Transfusion
GUENET Lucienne	Biochimie et Biologie moléculaire
JOUAN Hélène	Anatomie et Cytologie pathologiques
LE CALVE Michèle	Cytologie et Histologie
LE GALL François	Anatomie et Cytologie pathologiques
LE RUMEUR Elisabeth	Physiologie
LECLERCQ Nathalie	Anatomie et Cytologie pathologiques
LEMEE Franceza	Génétique
LESCOAT Denise	Cytologie et Histologie
LESSARD Yvon	Physiologie
MASSART Catherine	Biochimie et Biologie moléculaire
MAUGENDRE Sylvie	Anatomie et Cytologie pathologiques
MILON Joëlle	Anatomie
MOTTA Claude	Biochimie et Biologie moléculaire
MOUSSOUNI Fouzia	Inserm U 522
PAPE Danielle	Pharmacologie fondamentale – Pharmacologie clinique
PAYSANT François	Médecine légale et Droit de la santé
REYMANN Jean-Michel	Pharmacologie fondamentale – Pharmacologie clinique
RIOU Françoise	Epidémiologie, Economie de la santé et Prévention
RUPELLAND Annie	Biochimie et Biologie moléculaire
RUFFAULT Annick	Bactériologie – Virologie – Hygiène hospitalière
SEGALEN Jacqueline	Cytologie et Histologie
TARTE Karin	Immunologie
TURLIN Bruno	Anatomie et Cytologie pathologiques

Remerciements

A Monsieur le Professeur François CARRE

Pour m'avoir fait l'honneur d'accepter la présidence de ce jury de thèse.
Je vous exprime ma gratitude et mon plus profond respect.

A Monsieur le Docteur Jan-Dirk HARMS

Pour m'avoir encadrée et soutenue dans la réalisation de ce travail.
Sincères remerciements

A Messieurs les Professeurs Charles ARVIEUX, Pierre ROCHCONGAR et à Madame le Docteur DELAMARE Bénédicte

Pour m'avoir fait l'honneur de participer à ce jury de thèse.
Sincères remerciements

A Monsieur le Docteur GUILLERY

Que je tiens particulièrement à remercier pour m'avoir apporté son soutien, son expérience et ses conseils.
Merci également pour ce stage à vos côtés qui m'a beaucoup appris sur le plan humain.

A mes parents, merci d'avoir toujours été présents, de tout votre amour.

A mon frère, que j'ai appris à aimer bien au delà des liens du sang.

A Matthieu, mon ami, ma famille. J'espère que l'on continuera longtemps à clore nos discussions par notre fameux « c'est bizarre la vie », même si au fond, elle n'est peut être pas si bizarre que ça ...

*A Sophie, je te dédie ce travail pour lequel ton aide a été précieuse.
La vie est ta passion, te connaître est un cadeau...immortel.*

A voi, i miei amici italiani a chi voglio tanto bene. Un pensiero speciale per Angelo.

A vous, Jacqueline, papi et mamie...A votre regard rempli d'amour, que j'ai gardé tout au fond.

A Fabienne, pour le cœur, l'efficacité et le perfectionnisme que tu as mis dans ce travail. Sincères remerciements.

Merci à Diane, pour ses corrections attentives et judicieuses.

Merci à Elé de m'avoir tirée d'un mauvais pas !

A Katy, Chloé et Sweety, ma famille réunionnaise.


A Nathalie, merci pour ton aide, et surtout merci pour tout le reste....

A Muriel et Xavier, à votre séjour à La Réunion qui vous a fait découvrir l'apnée et qui m'a beaucoup apporté pour ce travail.

A ceux et celles qui ont partagé avec moi un moment spécial, un bout de chemin ou même plus. A Anne-so, Willy (et viniame !!), Coco et Marine, Muriel, Maguy, Christian, Guillaume, Sylvain, aux déchaînées de Cuba (la vida es un carnaval !!!), Raf, Roland, Florence (et les dégentés du Service MPA !), Lucile, Catherine, Kiki, Eric, le petit groupe de Belle-Ile. A toi Marion ...

A tous les membres de Sport océan, à cette passion qui nous unit...Merci à toi Eric d'avoir été à l'initiative de ce projet.

Merci aux apnéistes qui ont répondu à mes questions et qui m'ont permis ainsi de mieux comprendre ce monde passionnant...



« De zéro à cent mètres et même encore plus profond, les abysses m'absorbent, les pulsations ralentissent, le corps flotte et disparaît, les sensations prennent de nouvelles formes. Il reste seulement l'âme ; un long plongeon dans l'âme qui semble absorber tout l'univers.

Chaque fois, remonter est un choix : mètre après mètre, je me réapproprie ma dimension humaine, pour venir de nouveau à la lumière.

Souvent on me demande ce qu'il y a à voir en bas ; ma réponse est qu'on ne descend pas en apnée pour voir, mais pour regarder à l'intérieur de soi. Dans les abysses je cherche mon moi profond. C'est une expérience mystique, à la limite du divin. Je suis immensément seul avec moi-même, mais c'est comme si je portais à l'intérieur de moi toute l'essence de l'humanité. C'est mon être profond qui dépasse les limites, qui se cherche en se fondant dans la mer, qui plonge en lui-même et qui se retrouve. »

Umberto Pelizzari

TABLE DES MATIERES

INTRODUCTION	8
POSITION DU PROBLEME	10
<u>I – PRESENTATION DE L’APNEE SPORTIVE</u>	11
1 - <u>Historique.</u>	11
2 - <u>Organisation de l’apnée sportive.</u>	12
2.1. Les différentes disciplines.	12
2.2. Le règlement de l’AIDA.	17
3 - <u>L’apnéiste, son monde, son rapport à l’apnée.</u>	20
3.1. Le rapport à la mer.	20
3.2. Le rapport de l’apnéiste avec l’apnée.	21
<u>II – PHYSIOLOGIE DE L’APNEE</u>	24
1 - <u>Notions de physiologie respiratoire.</u>	24
1.1. La ventilation.	25
1.1.1. Voies aériennes et volumes pulmonaires.	25
1.1.2. Mécanique ventilatoire.	28
1.1.3. Contrôle de la ventilation pulmonaire.	32
1.1.3.a. – <u>Les récepteurs.</u>	33
1.1.3.b. – <u>Les centres de contrôle.</u>	34
1.1.3.c. – <u>Les effecteurs.</u>	35
1.2. La diffusion.	35
1.3. Transport des gaz par le sang.	36
1.3.1. L’oxygène.	36
1.3.2. Le dioxyde de carbone.	37
2 - <u>Respiration et apnée.</u>	38
2.1. Apnée en surface.	38
2.2. Apnée en immersion.	40
2.3. Les mécanismes de rupture de l’apnée.	43
2.3.1. Facteurs chimiques.	43

2.3.2. Facteurs mécaniques.	44
2.4. Les effets de l'entraînement.	45
2.4.1. Les volumes pulmonaires.	45
2.4.2. Les gaz du sang.	46
2.4.3. Tolérance aux stimuli mécaniques.	46
2.4.4. Le travail mental.	47
2.5. Les techniques de respiration.	48
2.5.1. La respiration diaphragmatique.	48
2.5.2. La technique de la carpe.	48
2.5.3. L'hyperventilation.	49
2.5.3.a. <u>Effets respiratoires.</u>	49
2.5.3.b. <u>Effets nerveux.</u>	51
2.5.3.c. <u>Effets vasomoteurs.</u>	52
3 - <u>Effets cardiovasculaires de l'apnée.</u>	52
3.1. Transferts sanguins ou Blood Shift.	52
3.2. La bradycardie.	53
3.2.1. Les mécanismes de la bradycardie.	53
3.2.1.a. <u>Effets de l'immersion.</u>	54
3.2.1.b. <u>Effets de l'apnée.</u>	55
3.2.2. Facteurs influençant la bradycardie.	55
3.2.3. Intérêt de la bradycardie.	56
3.3. La vasoconstriction périphérique.	56
3.4. Anomalies électro-cardiographiques.	57
III – <u>LA SYNCOPE HYPOXIQUE EN APNEE SPORTIVE</u>	58
1 - <u>Définition de la syncope.</u>	58
2 - <u>Mécanisme de survenue de la syncope hypoxique.</u>	58
3 - <u>Description de la syncope hypoxique.</u>	60
4 - <u>Diagnostic différentiel de la syncope hypoxique en apnée.</u>	63
4.1. La syncope vasovagale.	63
4.2. La syncope sino-carotidienne.	63
4.3. La syncope d'origine cardiaque.	64
4.4. L'hypercapnie.	64

4.5. Accidents de décompression en apnée.	65
4.6. L'hypoglycémie.	65
5 - <u>Facteurs favorisant de la syncope hypoxique retrouvés dans la littérature.</u>	65
5.1. L'hyperventilation.	65
5.2. L'effort soutenu.	66
5.3. La volonté de performance.	66
5.4. La vitesse de remontée rapide.	66
5.5. La perte de notion de temps.	67
5.6. Age, sexe.	67
5.7. Le nombre d'apnées.	67
5.8. L'entraînement.	67

IV – PROBLEMATIQUE

68

METHODOLOGIE	70
I - <u>PRESENTATION DU CHOIX DE LA METHODE</u>	71
II - <u>LES ENTRETIENS</u>	71
1 - <u>Choix de l'échantillonnage.</u>	71
1.1. Sa composition.	71
1.2. Sa taille.	72
2 - <u>La réalité de l'entretien.</u>	72
2.1. Présentation de l'entretien aux athlètes.	72
2.2. La grille d'entretien.	73
2.2.1. Première partie : connaissance de l'apnéiste.	73
2.2.2. Deuxième partie : le récit de la syncope.	74
2.2.2.a. Avant l'apnée.	74
2.2.2.b. Pendant l'apnée.	74
2.2.2.c. Après l'apnée.	75
2.3. Transcription des données.	75
2.4. Analyse du contenu.	76

RESULTATS	77
------------------	-----------

I -	<u>CARACTERISTIQUES DES APNEISTES INTERROGES</u>	78
1 -	<u>Sexe.</u>	78
2 -	<u>Age.</u>	78
3 -	<u>Nationalité.</u>	79
4 -	<u>Autres sports pratiqués.</u>	79
5 -	<u>Techniques de relaxation.</u>	79
6 -	<u>Alimentation.</u>	79
7 -	<u>Consommation de toxiques.</u>	80
	7.1. Tabac.	80
	7.2. Alcool.	80
	7.3. Drogues.	80
8 -	<u>Suivi médical.</u>	80
	8.1. Antécédents.	80
	8.2. Certificat médical de non contre-indication à la pratique de l'apnée.	81
	8.3. Examens complémentaires.	81
II -	<u>LEUR PRATIQUE DE L'APNEE</u>	81
1 -	<u>Temps de pratique de l'apnée.</u>	81
2 -	<u>Discipline favorite.</u>	82
3 -	<u>Rapport aux sensations et à la performance.</u>	83
	3.1. Apnée yeux ouverts ou yeux fermés.	83
	3.2. Leurs raisons de pratiquer l'apnée.	83
	3.3. Leur réaction en cas de non atteinte de l'objectif.	85
	3.4. Prédominance du mental ou des sensations pendant l'apnée.	85
4 -	<u>Perception du danger.</u>	85
III -	<u>L'EXPERIENCE DE LA SYNCOPE</u>	87
1 -	<u>Contexte de la syncope.</u>	87
2 -	<u>Avant l'apnée.</u>	88
	2.1. Forme physique.	88

2.2. Forme psychologique.	88
2.3. Nombre d'apnées d'échauffement.	89
2.4. Météo.	89
2.5. Matériel.	89
2.6. Hyperventilation.	89
3 - <u>Pendant l'apnée, avant la syncope.</u>	90
3.1. Sensation de lutte pendant l'apnée.	90
3.2. Hyperextension de la tête.	90
3.3. Prodromes.	91
3.4. Ventilation avant la syncope.	92
4 - <u>Après la syncope.</u>	92
4.1. A court terme.	92
4.2. A moyen terme.	93

DISCUSSION

97

I – VALIDITE DE L'ETUDE

98

1 - <u>Le choix de la méthode.</u>	98
2 - <u>Les forces de la méthode.</u>	98
3 - <u>Les faiblesses de la méthode.</u>	99
3.1. D'une façon générale.	99
3.2. Concernant ce travail.	99

II – LECTURE CRITIQUE DES RESULTATS

100

1 - <u>Les apnéistes étudiés.</u>	100
1.1. Leur statut de compétiteurs.	100
1.2. Le sexe ratio.	100
2 - <u>Description de la syncope.</u>	100
3 - <u>Recherche de facteurs favorisants.</u>	101
3.1. Le sexe.	101
3.2. L'âge.	102
3.3. L'expérience.	102
3.4. La compétition.	102
3.5. Discipline de l'apnée.	103
3.6. Facteurs extérieurs.	104

3.7. Nombre d'apnées d'échauffement.	104
3.8. Hyperventilation.	104
3.9. Forme physique.	105
3.10. Forme psychologique.	105
3.11. Hyperextension de la tête.	105
3.12. Mauvaise ventilation à l'émergence.	105
3.13. Mémoire du corps.	106
4 - <u>Diagnostic différentiel de la syncope hypoxique.</u>	107

III – PREVENTION DE LA SYNCOPE **107**

IV – LA PRISE DE RISQUE **109**

1 - <u>Définition et étymologie du risque.</u>	109
2 - <u>L'apnée : un sport à risque ?</u>	110
3 - <u>Facteurs intervenant dans la prise de risque.</u>	111
3.1 La perception du risque.	111
3.1.1. Seuil de risque préférentiel.	111
3.1.2. Influence de l'âge et du sexe.	111
3.1.3. La mémoire.	111
3.1.4. Le niveau de familiarité avec l'activité.	112
3.1.5. L'information.	112
3.1.6. Sentiment d'invulnérabilité.	112
3.1.7. Le rapport à la mort.	112
3.2 La perception des bénéfices.	113
3.3 Prise de risque et régulation émotionnelle.	113
3.4 Recherche de sensations.	114
3.5 Répétition des accidents.	115

V - PROPOSITION DE TRAVAUX COMPLEMENTAIRES **115**

CONCLUSION	117
-------------------	------------

BIBLIOGRAPHIE	119
----------------------	------------

ANNEXES

Liste des abréviations.

INTRODUCTION

En l'espace de quelques dizaines d'années, la plongée en apnée s'est développée de manière importante. D'une part, le nombre de pratiquants ne cesse d'augmenter, d'autre part, les performances s'améliorent à une vitesse considérable, repoussant sans cesse les limites physiologiques établies par la science. Le record du monde en profondeur se situait à 50 mètres en 1961, à 100 mètres en 1976, à 150 mètres en 1999 ; aujourd'hui, la barre des 200 mètres vient d'être franchie, même si ce record n'a pas été homologué.

En plongeant en apnée, nous avons accès à un autre monde : celui de l'eau et des perceptions nouvelles. Aussi séduisant que cela puisse paraître, il ne faut pas perdre de vue que le dépassement de limites peut-être sanctionné par des accidents, notamment la syncope hypoxique. En apnée sportive, cet accident est fréquent et potentiellement mortel. La syncope, jouant le rôle de « trouble-fête » dans ce monde de sensations extraordinaires que procure l'apnée est souvent banalisée, voire occultée par les apnéistes.

Pratiquant nous-même l'apnée, nous avons pu observer plusieurs fois cet accident, aussi bien chez les débutants que chez les apnéistes confirmés.

Dans la littérature, l'explication de la syncope est avant tout physiologique et repose principalement sur la pratique de l'hyperventilation avant l'immersion.

Or, dans notre expérience la personnalité, l'état d'esprit, le comportement de l'apnéiste ne semblaient pas étrangers à la survenue de la syncope.

Donc, afin de comprendre le phénomène de la syncope dans sa globalité, il nous a semblé indispensable d'en approfondir la dimension psychologique. Ainsi, une approche personnelle du monde des apnéistes nous a paru nécessaire.

La première partie de ce travail présente la discipline de l'apnée sportive : son organisation, sa physiologie, mais aussi la personnalité de l'apnéiste et le rapport qu'il entretient avec la mer et l'apnée. Nous étudierons également le mécanisme, la description et les facteurs favorisants de la syncope hypoxique retrouvés dans la littérature.

La deuxième partie expose l'enquête, ses résultats et leur analyse. L'étude réalisée est qualitative ; les entretiens sont effectués auprès d'apnéistes de haut niveau afin de mieux cerner leur façon d'appréhender leur discipline et la syncope. L'objectif est de déplacer notre regard scientifique sur la syncope vers le point de vue et le ressenti des apnéistes afin de confronter ces deux aspects pour une compréhension plus globale de ce phénomène.

Nous concluons par des hypothèses de travail qui pourront permettre de parfaire encore les connaissances sur cet accident, encore finalement mal connu.

POSITION DU PROBLEME

I – PRESENTATION DE L'APNEE SPORTIVE

1 - Historique

Aussi loin que l'on puisse remonter dans le temps, il est possible de trouver les traces de l'existence de plongeurs : des rondelles de nacre, des coquillages vivant bien au-dessous de la surface témoignent que les hommes, avant l'ère historique plongeaient en apnée et ramenaient à la surface le fruit de leur récolte : des ornements pour leurs compagnes et surtout de la nourriture. L'activité très ancienne des amas coréennes et japonaises a persisté jusqu'à nos jours ; ces femmes, dont le travail est déjà décrit au III^e siècle avant Jésus Christ, plongent en eaux peu profondes (moins de 20 mètres) pour récolter des algues et des invertébrés comestibles.

L'hyperventilation préalable à l'apnée était pratiquée par de très nombreuses ethnies. Certaines en avaient remarqué les dangers (risque de syncope) ; c'est ainsi que naguère, sur les pourtours de la péninsule arabe, les plongeurs de perles et de troques pratiquaient l'hyperventilation en récitant la profession de foi islamique : outre ses vertus religieuses, cette récitation d'une prose rythmée limitait la durée et l'intensité de l'hyperventilation. [19]. Les amas japonaises bornaient leur hyperventilation à quelques

secondes. Certains plongeurs, polynésiens ou arabes du Golfe persique, et la plupart des amas coréennes accompagnent leurs expirations forcées de sifflements, auxquels ils prêtent parfois une signification religieuse, mais dont l'intérêt physiologique serait de limiter l'abaissement de la Pression Partielle de CO₂, et par la même préviendraient des accidents hypoxiques à la remontée. Au cours du 20^e siècle, la plongée en apnée s'est modifiée avec l'apparition de la pratique sportive de l'apnée, au détriment de la pratique purement traditionnelle.

La chasse sous-marine, telle que la pratiquent les sportifs est récente, imaginée entre les deux guerres, elle a été rendue possible par l'usage simultané du masque et du tuba (inventés en 1927). Après la guerre, en 1949, dans la lignée des hommes grenouilles entraînés pour aller déposer des mines sous les navires ennemis, le commandant Bucher (Italie), établit le premier record du monde de plongée sportive en apnée à moins 30 mètres. Le pêcheur sicilien, Enzo Maiorca s'affranchit des avis scientifiques en atteignant la barre des 50 mètres en 1961. Les années 60 ont été marquées par le duel Jacques Mayol/Enzo Maiorca ; de records en records, ces deux hommes ont été les ambassadeurs de l'apnée pour le public pendant des années. Cette course poursuite se clôturera en 1976 lorsque Jacques Mayol franchira pour la première fois la barre des 100 mètres.

C'est à cette période que la physiologie de l'apnée intéresse le plus le milieu médical : les publications les plus nombreuses se situent entre 1961 et 1970. [19]

En 1988, le film « *Le Grand Bleu* » de Luc Besson, met en scène l'affrontement entre Jacques Mayol et Enzo Maiorca, dont aucun des deux ne ressortira vivant. Ce film est devenu un véritable événement socio culturel, entraînant un extraordinaire engouement pour l'apnée. Il a sacralisé un sport qui n'existait pas encore. Il a donc fallu très rapidement structurer cette pratique afin d'éviter un grand nombre d'accidents et de bannir cette image "d'homme-dauphin" un peu suicidaire véhiculée par "Le Grand Bleu".

C'est ainsi que Rolland Specker et Claude Chapuis, tout deux apnéistes, créent en 1992 l'AIDA. (association internationale pour le développement de l'apnée), dont le but est de développer l'apnée en sécurité ; ainsi les premiers textes réglementaires sont écrits et les homologations de record par l'AIDA s'enchaînent.

En Octobre 1996, Claude Chapuis organise le premier championnat du monde d'apnée à Saint Jean Cap Ferrat (France).

Par la suite l'AIDA a organisé chaque année un événement important pour promouvoir l'apnée et pour aider les apnéistes du monde entier à se rencontrer.

2 - Organisation de l'apnée sportive.

2.1. Les différentes disciplines.

- ✓ L'apnée statique : l'apnéiste effectue l'apnée la plus longue possible, le corps sur ou dans l'eau (maximum 3 mètres), les voies respiratoires immergées.
Dans cette discipline, c'est l'aptitude à se relâcher aussi bien physiquement que mentalement qui dicte la performance.



Source de l'image : www.carloscoste.com

On distingue classiquement trois phases :

- La phase d'installation : le plongeur, en position ventrale, immergé, s'immobilise et vérifie la décontraction de tous ses muscles.
- La phase d'oubli de son corps, de soi-même, de son apnée : l'apnéiste échappe quelques instants à la réalité et au temps et laisse voguer son esprit.
- La phase de lutte : cette phase commence avec les contractions du diaphragme, dues à l'augmentation de la pression partielle de CO₂ ; si l'on continue à forcer, les spasmes deviennent de plus en plus fréquents et l'envie de respirer plus pressante. L'entraînement et la tolérance psychologique à la douleur vont repousser ces signaux d'alarme pour ne les enregistrer que comme des informations nociceptives. Lors de cette phase de lutte, ce sont la motivation et le lâcher-prise qui font tenir l'apnée.

Records mondiaux d'apnée statique [4]

- Le record mondial masculin est détenu par l'allemand Tom Sietas avec 8'58 (Décembre 2004).
- Le record mondial féminin est détenu par la russe Nathalia Molchanova avec 7'16 (août 2005).

- ✓ L'apnée dynamique : l'apnéiste s'immerge et se déplace à l'horizontal avec ou sans palmes. Le but est la distance maximale parcourue.

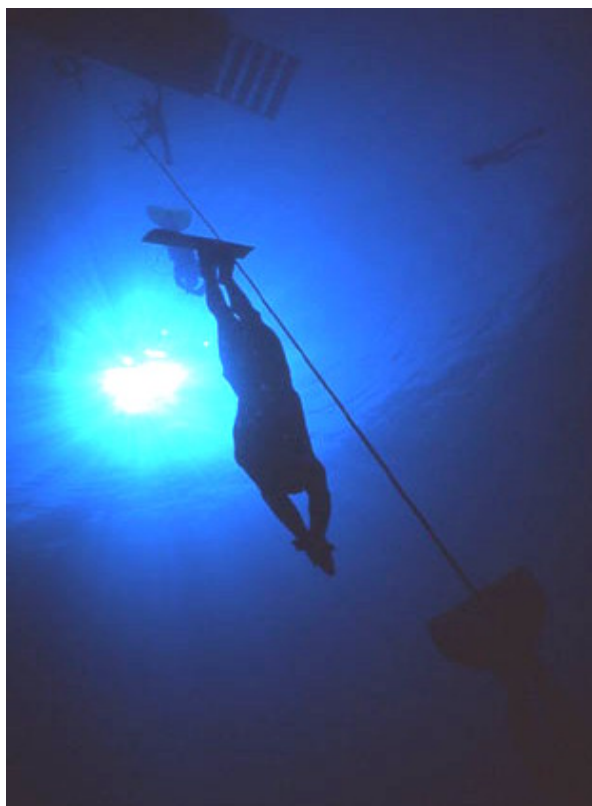


Source de l'image : www.carloscoste.com

Records mondiaux d'apnée dynamique [4] :

- Dynamique avec palme :
 - ~ Masculin : Tom Sietas avec 217 mètres en Juillet 2005.
 - ~ Féminin : Nathalia Molchanova avec 178 mètres en Août 2005.
- Dynamique sans palme :
 - ~ Masculin : Tom Sietas avec 176 mètres en mars 2006.
 - ~ Féminin : Nathalia Molchanova avec 131 mètres en décembre 2005.

- ✓ L'apnée en poids constant : l'apnéiste descend et remonte par sa seule force musculaire avec ou sans palmes, sans se tirer sur le câble et en conservant le même lestage à la descente et à la remontée. Seul le maintien du câble en une prise unique (à une ou deux mains) pour arrêter la descente et amorcer la remontée est autorisé.



Source de l'image : www.carloscoste.com

Records mondiaux en poids constant [4]:

- *Poids constant avec palmes* :
 - ~ Masculin : Martin STEPANEK (République Tchèque) avec 108 mètres en avril 2006.
 - ~ Féminin : Nathalia Molchanova (Russie) avec 86 mètres en septembre 2005.

- *Poids constant sans palmes* :
 - ~ Masculin, Martin Stepanek (République Tchèque) avec 80 mètres en avril 2005.
 - ~ Féminin, Mandy-Rea Cruickshank (Canada) en avril 2005 avec 50 mètres en avril 2005.

- ✓ L'apnée en immersion libre : elle consiste à atteindre la profondeur la plus importante en se tirant sur un câble à la seule force des bras, à la descente comme à la remontée. Les palmes ne sont pas autorisées.



Source de l'image : www.freelogy.com

Records mondiaux d'apnée en immersion libre [4] :

- ~ Masculin : Martin Stepanek avec 102 mètres en mars 2004.
- ~ Féminin : Nathalia Molchanova avec 78 mètres en novembre 2005.

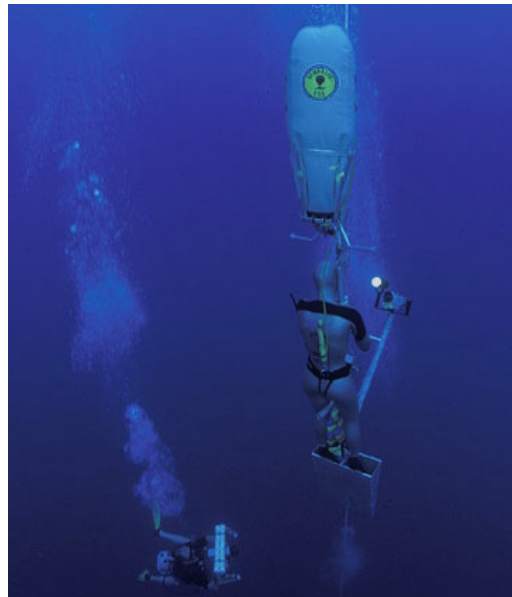
- ✓ L'apnée en poids variable : L'apnéiste descend à l'aide d'une gueuse et remonte par sa propre force musculaire, grâce aux palmes et/ou en se tirant le long du câble.



Source de l'image : www.pierrefrolla.com

Records mondiaux d'apnée en poids variable [4] :

- ~ Masculin : Martin Stepanek avec 136 mètres en avril 2005.
 - ~ Féminin : Tanya Streeter (USA) avec 122 mètres en juillet 2003.
- ✓ L'apnée en no limit : Le no limit consiste à descendre avec une gueuse et à remonter à l'aide d'un parachute ou d'une combinaison gonflable. Elle est popularisée par « le Grand Bleu » de Luc Besson. Cette discipline est celle qui permet d'atteindre les profondeurs les plus importantes. L'apnéiste ne fait aucun mouvement musculaire, il ne se consacre qu'à la compensation et à la tolérance à la pression.



Source de l'image : <http://www.tanyastreeter.com>

Records mondiaux d'apnée en no limit :

- ~ Masculin : Herbert Nitsch (Autriche) avec 172 mètres en octobre 2005.
- ~ Féminin : Tanya Streeter (USA) avec 160 mètres en septembre 2002.

L'apnée statique et dynamique se pratique en piscine. L'apnée en poids constant, en immersion libre, en poids variable et en no limit se pratique en mer ou en lac.

La statique, la dynamique et le poids constant sont des disciplines de compétition et de records alors que le poids variable, le no limit et l'immersion libre ne se pratiquent pas en compétition ; sont uniquement des disciplines de records.

2.2. Le règlement de l'AIDA [2] [3]

L'AIDA a édité deux règlements, un pour la reconnaissance des records et un pour les compétitions. Parmi les règles, nous retenons particulièrement :

✓ Conditions de participation.

◇ « L'apnéiste doit posséder un certificat médical de non contre-indication à la pratique de la plongée en apnée délivré par un Médecin autorisé par la loi. »

On peut remarquer que ne sont pas stipulés la durée de validité du certificat médical, ni la qualification spécifique du médecin en médecine du sport ou de plongée.

◇ Réalisation de pré-requis : pour les tentatives de records, l'apnéiste doit avoir effectué dans les trois mois précédents :

- Une apnée à trois mètres du record visé pour les disciplines de profondeur.
- Une apnée d'une durée inférieure à 15 secondes du record visé pour l'apnée statique.

◇ Annonce de la performance la veille.

✓ Sécurité

La présence d'un médecin, d'un matériel de réanimation à proximité des athlètes et d'un véhicule de réanimation est obligatoire.

◇ En apnée profonde sont obligatoires :

- la présence de deux apnéistes de sécurité dans l'eau capables de descendre à 15 mètres avec aisance.
- Un ou deux plongeurs en surface en plus des deux apnéistes de sécurité.
- Un nombre suffisant de plongeurs en bouteille (niveau 3 minimum) disposés par équipe de deux, le long du filin.
- Le port d'une longe de sécurité reliant l'apnéiste au câble.

Si un dispositif spécial de remontée de l'apnéiste existe et si ce dernier est relié au câble, la présence de plongeurs à la profondeur maximale atteinte n'est pas exigée.

◇ En apnée statique

Un apnéiste de sécurité est présent dans l'eau pendant la performance. Celui-ci est chargé de vérifier l'état de conscience du concurrent de la manière suivante : il touchera l'apnéiste, ce dernier répondra par un geste convenu à l'avance par le juge. Cette procédure interviendra toutes les 30 secondes à partir d'une minute avant la fin de la performance annoncée et toutes les 15 secondes au-delà de la performance annoncée.



Photo : Yann Chocloff

◇ En apnée dynamique

Un apnéiste de sécurité, restant en surface muni d'une planche de natation doit suivre le concurrent en conservant en permanence un contact visuel sur lui.



✓ Conditions d'homologation

Parmi les nombreuses règles d'homologation d'un record ou d'une performance, on retient :

◇ Jusqu'en 2005, la performance n'était pas validée si l'athlète était victime d'une perte de connaissance ou d'un contrôle moteur pendant la performance ou durant les 60 secondes suivant celle-ci. Cette perte de contrôle moteur est nommée *samba* :

L'apnéiste ne perd pas réellement connaissance mais connaît une altération de la conscience pendant l'espace de quelques secondes. La samba se reconnaît aux spasmes musculaires incontrôlables qu'elle provoque : mouvements désordonnés de la tête et/ou

des membres, yeux révoltés, etc. Ces signes peuvent disparaître en quelques secondes, ou précéder une syncope.

En 2005, ce règlement a été réactualisé : la performance peut être validée même si l'apnéiste présente une samba lors de l'émersion. Pour que la performance soit validée, l'apnéiste doit enlever son masque, faire signe au juge qu'il va bien puis dire « I am OK » dans un laps de temps de 15 secondes après sa sortie de l'eau. Le non respect de ce protocole, la réémersion des voies respiratoires et la syncope sont disqualifiantes. Le juge validera la performance au minimum trente secondes après la sortie.

Cette règle récente a été instaurée dans un souci d'objectivité, les sambas ayant souvent fait l'objet de réclamations. Ainsi, lors des derniers championnats du monde en septembre 2005, plusieurs apnéistes ont validé leur performance sans être en parfait état d'intégrité physique.

◇ *Un contrôle antidopage est systématiquement organisé par l'AIDA en cas de record mondial.*

Le 30 juin 2005, Patrick Musimu a atteint 209 Mètres en no limit (37 mètres de plus que l'actuel record du monde) mais il n'a pas souhaité faire homologuer ce record. Cette attitude a été critiquée par de nombreux apnéistes car pour eux, outrepasser la réglementation de l'AIDA, c'est ouvrir la porte à des records anarchiques, augmentant ainsi le nombre d'accidents.

3 - L'apnéiste, son monde, son rapport à l'apnée

3.1. Le rapport à la mer.

Le rapport qu'entretient l'homme avec la mer a de tout temps été très fort et ambivalent : elle est immense et sublime, mais aussi hostile et impitoyable. L'eau représente à la fois nos origines (vie fœtale) mais aussi un milieu qui nous est hostile ; comme le fœtus dans le ventre de sa mère, on baigne dans un univers bleu, fluide, berçant, enveloppant où les sons nous parviennent modifiés par le filtre de l'eau, où l'on se sent déconnecté du monde pendant quelques minutes au moins. Les repères d'espace et de temps sont modifiés. [54]

Pour Enzo Maiorca : « La première fois que tu respires quand tu émerges du fond de la mer, c'est comme la première fois que tu respires en sortant du ventre de ta mère. » [28]

L'homme n'est pas fait physiologiquement pour évoluer dans l'eau, il y a donc nécessité d'adaptation, d'acceptation réciproque entre l'élément et l'homme. On retrouve cette notion d'acceptation dans beaucoup de discours d'apnéistes :

⇒ *Pour Pierre Frola « il est nécessaire d'apprendre à être accepté par le milieu pour mieux y plonger. Plonger, c'est communier avec soi-même et avec l'élément, avoir la sensation de faire un avec l'élément, de devenir l'eau. » [25]*

- ⇒ *Pour Sophie Passalacqua* « Je me mélange avec l'eau, elle rentre à l'intérieur de moi, il n'y a plus de frontière entre moi et l'eau, je me laisse écraser par elle. Quand je parviens à cette osmose entre moi et l'eau, il n'y a plus de place à la réflexion, il n'y a que des sensations. Je ne me pose la question du manque d'air que quand je ne parviens plus à cette osmose : alors, il y a une différence entre moi et l'eau, je suis un corps bien identifié, délimité et matérialisé ; à ce moment-là, je suis un être pensant avec toutes ses angoisses, la descente devient alors une lutte et un travail du mental. » [29]
- ⇒ *Pour Loïc Leferme* « Le mensonge doit être proscrit car la mer ne l'accepte pas sous peine de graves accidents. L'esprit doit rester souple, ne plus lutter, ne pas chercher à prendre le contrôle, mais se laisser guider par l'élément et accepter toutes les contraintes imposées par les fortes pressions. » [46]
- Plus l'apnéiste est va en profondeur, plus le lien qu'il tisse avec la mer est particulier et étroit parce qu'il en a plus le temps et parce que cela devient nécessaire quand la profondeur s'accroît. [54]*

Les apnéistes explorent et conquièrent les mers avec un sentiment de totale liberté, en utilisant un minimum de matériel. Loïc Leferme parle « d'aventure de la profondeur ; aller à un endroit où personne n'a jamais été. Etre un explorateur. » [42]

3.2. Le rapport de l'apnéiste avec l'apnée.

Dans ce sport, deux choses sont importantes pour accéder à un certain niveau : la force mentale et le travail physique. Le contrôle du mental permet une gestion de la peur et une meilleure emprise sur toutes les réactions involontaires du corps. De même, le corps doit être suffisamment réceptif pour permettre une décontraction totale au moment voulu. C'est en terme d'acceptation plutôt que de lutte que l'on parle de ce travail du corps. L'apnée permet alors de s'échapper du quotidien aussi bien en apnée statique qu'en immersion. Avant de plonger, il est nécessaire de vider son esprit, d'oublier toutes ses contrariétés, d'avoir un esprit clair. On se concentre sur son corps, ses sensations en privilégiant l'instinct plutôt que la réflexion intellectuelle. On parle « d'aventure intérieure » car on est amené à aller au plus profond de soi ; c'est alors comme une découverte de soi-même. [54]

« Plonger, c'est d'abord un voyage intérieur, c'est aller le plus loin possible dans ses sensations, être au plus près du corps, sentir le moindre relâchement, accéder à une autre notion d'espace et de temps » (Loïc Leferme, [42])

L'apnée volontaire est une expérience psychomotrice extraordinaire et surhumaine : elle témoigne d'une maîtrise d'un paramètre majeur de notre condition humaine, notre dépendance vitale à l'air.

Essentiellement non verbale, elle interpelle de manière quasi-exclusive les capacités adaptatives de plongeur dans le registre du sensible (proprioceptivité, émotions, sensations). Elle introduit ce dernier au plaisir introverti de se « retrouver » dans un éprouvé corporel différent où l'état de conscience peut être modifié. [11]

On ne fait plus ici appel aux mêmes capacités que celles que l'on sollicite dans notre vie de tous les jours ; et pourtant les capacités que développe l'apnée sont extrêmement complémentaires de celles que l'on a l'habitude d'utiliser : l'exploitation de l'instinct, l'aptitude à la détente, la clarté d'esprit, la gestion du stress, le dépassement de soi sont des facultés qui trouvent naturellement leur place dans nos actes quotidiens. [54]

Cette proposition de « retour sur soi » se situe dans une sorte de secret inaccessible au langage verbal. Cette connivence d'expérience instaure une familiarité, une sorte de néo-fratrie entre les apnéistes. [11]

En effet, même si l'expérience est solitaire, la notion de groupe prend une place importante en apnée.

Pour Loïc Leferme, « mettre sa vie entre les mains de quelqu'un est un acte lourd de sens. Ce sont un peu les mêmes sensations que je retrouve en grim pant le long d'une voie d'escalade. Cette confiance des uns envers les autres ne peut s'acquérir qu'au fil du temps passé à assouvir ensemble la même passion et la même philosophie ». [40]

L'apnée, c'est aussi la compétition. Ces rencontres sont l'occasion pour les apnéistes de se mesurer aux autres, de gagner en assurance et de tester leurs limites en allant jusqu'au bout d'eux-mêmes. Ces limites sont en continuel mouvement car elles associent des facteurs physiques, physiologiques et psychologiques.

On distingue dans cette population d'apnéistes deux grands profils, même si certains sont soit un mélange des deux :

- *Les apnéistes « performance » : ils sont dans le registre de la compétition ; l'objectif à atteindre et la reconnaissance sont particulièrement importants.*
- *Les apnéistes « sensations » : ils sont dans le registre du plaisir. Pour eux, l'éprouvé est plus important que la performance.*

Dans le premier cas, ce sont les apnéistes qui mettent tout en œuvre pour arriver à leurs fins ; leur volonté d'agir va parfois à l'encontre des signaux d'alarme que leur corps leur envoie. La mer devient un lieu de performance et leur obstination les rendra hermétiques à toute sagesse. Ils s'arrêtent rarement quelques mètres avant le plomb, malgré les signaux d'alerte physiologiques et psychologiques qu'ils reçoivent. Les accidents seront alors plus fréquents (syncopes, barotraumatismes, etc.). Leurs comportements quotidiens sont tournés vers l'apnée, non pas en recherchant une philosophie ou un mode de vie, simplement en mettant tout en œuvre pour arriver à des résultats, parfois au péril de leur vie. [54]

Franck Messegué s'entraînait depuis quelques mois pour atteindre moins 70 mètres, une profondeur qu'il n'avait jamais atteinte à l'entraînement, mais il comptait sur la « pression » et sur l'envie farouche de se surpasser pour vaincre ce seuil et devenir recordman du monde. Sa tentative s'est soldée par une syncope à 30 mètres de la surface.

En mars 1994, Cyril Isoardi, un jeune apnéiste de 24 ans aux performances très prometteuses, ne remontera pas d'un entraînement en no limit à moins 120 mètres. En 1999, Umberto Pelizzari décide de tenter un record en no limit à – 150 mètres ; il ne s'exerçait plus dans cette discipline depuis trois ans (sa dernière performance était de – 131 mètres) et s'était percé le tympan la veille de sa tentative. « J'ai décidé de tenter les 150 mètres, les autres profondeurs ne m'intéressaient pas ; je voulais être celui qui franchira la barrière des 150 mètres. » [59]. Il sortira victorieux de ce record. En 2002, Audrey Mestre décède lors d'une tentative de record à 171 mètres en no limit.

En 2005, Patrick Musimu descend à 209 mètres en no limit, en se remplissant les sinus d'eau ce qui lui permet d'éviter la compensation. Suite à sa performance, il a dû être transporté au caisson hyperbare car il présentait une asthénie intense, faisant suspecter un accident de la décompression.

Pour les apnéistes « sensation », l'apnée est un mode de vie qui correspond à une recherche, de connaissance de soi ou de liberté, une manière de se sentir proche des éléments. On retrouve d'ailleurs ce genre d'esprit chez les personnes qui pratiquent la haute montagne : les deux mondes sont extrêmement proches dans leurs lois. Ils sont dans la recherche d'un contact avec la mer le plus naturel possible. L'apnée correspond à la découverte d'un monde de liberté. [54]

Jacques Mayol s'adressait à Umberto Pelizzari dans ces termes : « Tu ne comprends rien à l'apnée, tu travailles trop en force ; si tu veux plonger avec moi, enlève tout ce qui te rattache à ta réalité d'homme, ton profondimètre, ta montre. Tu ne dois avoir qu'un seul objectif : chaque fois que tu descends, tu dois essayer d'éprouver des sensations de plaisir un peu plus fortes et plus belles que celles que tu as ressenties la fois précédente. L'apnée est une découverte progressive de soi-même, une recherche intérieure qui efface complètement l'aspect douloureux lié à la rétention de sa respiration, pour laisser place à des sensations et à des émotions intenses, merveilleuses. » [28]

« Chaque fois que je plonge, j'ai un rendez-vous fixe avec l'émotion. Elle apparaît toujours vers 70 mètres. Elle est la raison même de chacune de mes descentes : l'émotion, forte, indescriptible, qui envahit tout le corps. Elle part du bas des pieds, et monte progressivement. Là où elle passe, elle fait disparaître complètement toute sensation physique : c'est comme si le corps n'existait plus, je ne sens plus rien que ma tête. Le bleu est de plus en plus intense, je le fends avec mon corps. Tout est très beau, mais je dois me préparer à affronter le silence, l'obscurité, le froid. Je sens mon visage se déformer, s'écraser sous la pression.

Je sens mes poumons devenir de plus en plus petits. Les battements de mon cœur aussi ont beaucoup diminué, mais je ne m'en soucie pas. Ici, le bleu est inexorable, agressif, presque violent. Je n'ai pas le droit à l'erreur, ce bleu là ne pardonne pas, non par cruauté ou cynisme : simplement par ce qu'il ne peut pas » (*Umberto Pelizzari, [59]*)

Loïc Leferme rapporte, à propos de sa descente à 162 mètres : « J'essaie de me détendre, j'attends avec impatience d'aller dans l'eau, je sais qu'une fois avec mon équipe d'apnéistes dans les conditions habituelles d'entraînement, je serai serein et je pourrai aller à l'essentiel : la recherche de bonnes sensations sous l'eau, le plaisir avant la performance même si aujourd'hui il s'agit d'un record du monde. » [22]

« En apnée, le chemin est plus important que l'arrivée, le chiffre ne doit pas être un but en soi. Si on a de bonnes sensations, alors on constate sa progression, presque comme une surprise. » (*Sophie Passalacqua, [53]*)

Il ressort de cet inventaire de comportements que l'apnée qui est un sport jeune est perçu, comme véhiculant des valeurs et des notions comme liberté, fluidité, tribu, passion, rencontre, sérénité, pureté, émotion, recherche intérieure. La structuration technique se développe de plus en plus, mais l'image du rêve reste très prégnante. Nous comprenons alors la difficulté d'inscrire dans ces comportements la nécessité d'une éducation visant à mieux gérer son « Capital santé ». [54]

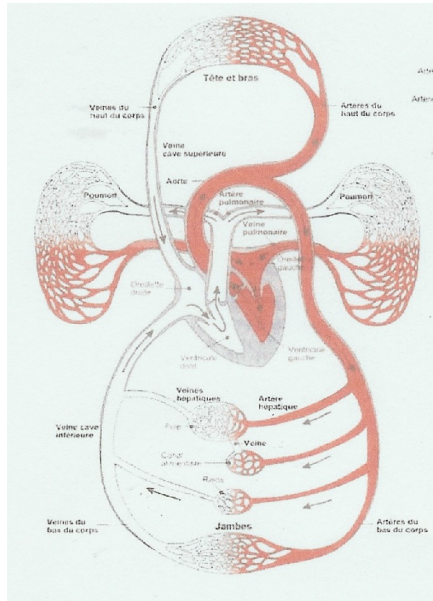
II – PHYSIOLOGIE DE L'APNEE

1 - Notions de physiologie respiratoire.

La respiration se définit comme l'ensemble des fonctions assurant l'échange oxygène – gaz carbonique entre l'atmosphère et les cellules de l'organisme. [71]

La circulation du sang s'effectue à travers deux systèmes : la circulation pulmonaire (ou petite circulation) et la circulation systémique (ou grande circulation). La petite circulation commence avec l'artère pulmonaire qui pénètre dans les poumons où elle se divise en artérioles puis en capillaires pulmonaires. Le sang, après s'être oxygéné passe dans les veines pulmonaires pour parvenir dans l'oreillette gauche, puis le ventricule gauche. De là débute la grande circulation qui achemine le sang jusqu'aux tissus où a lieu la respiration cellulaire. Le déchet produit, le CO₂, est transporté par les veines jusqu'au cœur puis passe dans la circulation pulmonaire de manière à être éliminé de l'organisme (figure 1).

Figure 1 : Circulations pulmonaire et systémique.



Les quatre temps nécessaires à l'accomplissement de la respiration sont :

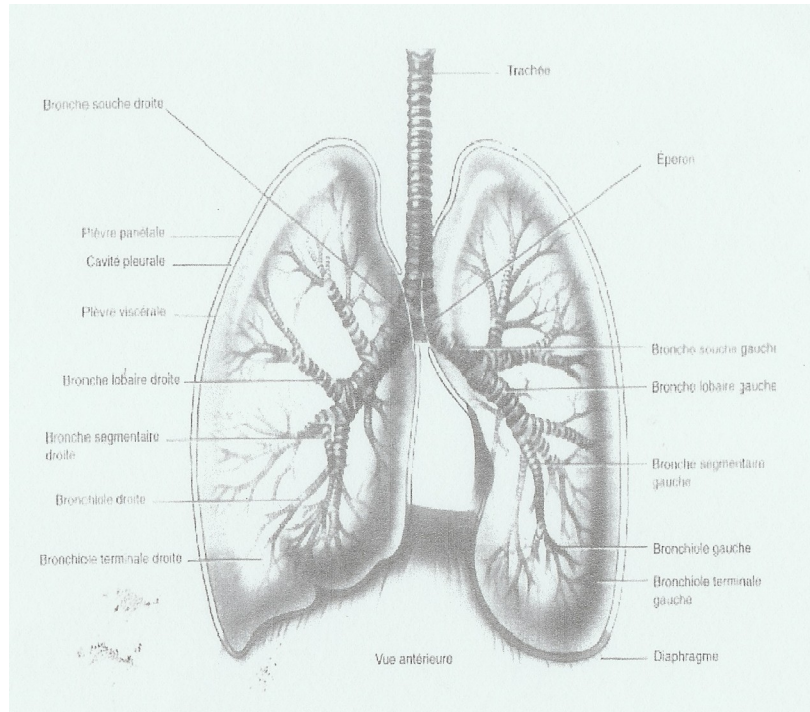
- ☞ La ventilation ou respiration pulmonaire, permettant le renouvellement de l'O₂ et le rejet du CO₂.
- ☞ Passage des gaz de l'alvéole au sang.
- ☞ Le transport des gaz par le sang.
- ☞ La respiration cellulaire pendant laquelle la cellule utilise l'oxygène et rejette le CO₂.

1.1. La ventilation.

1.1.1. Voies aériennes et volumes pulmonaires.

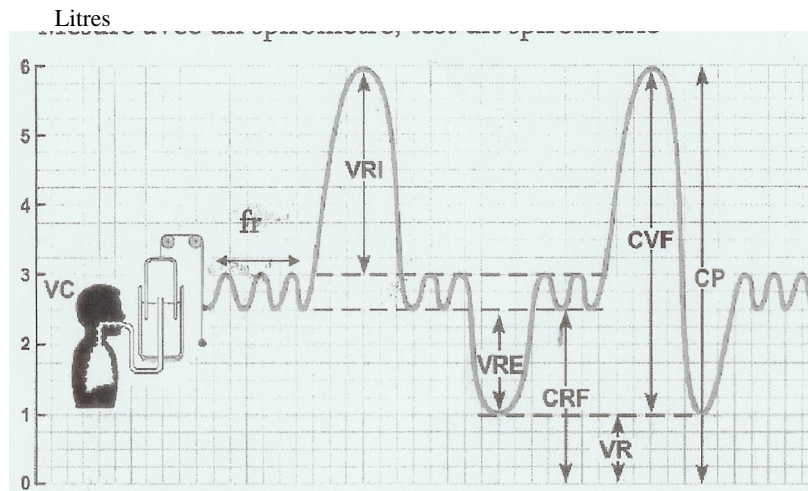
L'air capté par le nez traverse le larynx puis la trachée qui se divise en deux bronches souches, lesquelles se subdivisent en bronches lobaires puis segmentaires. Ce processus se poursuit jusqu'aux bronchioles terminales qui sont les plus petites voies aériennes dépourvues d'alvéoles. (figure 2)

Figure 2 : Les voies respiratoires.



L'ensemble forme les voies aériennes de conduction. Leur fonction est de purifier, d'humidifier, de réchauffer l'air inspiré et de l'amener jusqu'aux régions d'échanges gazeux du poumon. Les voies aériennes de conduction ne comportent pas d'alvéoles et donc ne participent pas aux échanges gazeux. Elles constituent *l'espace mort anatomique*, dont le volume est d'environ 150 ml. Les bronchioles terminales se divisent en bronchioles respiratoires présentant quelques alvéoles qui font saillie sur leurs parois. Viennent enfin les canaux alvéolaires qui débouchent sur un sac appelé acinus. Cette région alvéolisée des poumons où se produisent les échanges gazeux est appelée zone respiratoire. La surface d'échange gazeux est comprise entre 50 et 100 m². [71]. Les alvéoles sont le siège des échanges gazeux entre l'air et le sang circulant. Elles sont recouvertes à l'intérieur par un film très fin appelé le surfactant. Ce dernier évite le collapsus des alvéoles à l'expiration et facilite les échanges gazeux. La surface externe des alvéoles est tapissée par les capillaires pulmonaires, qui viennent de l'artère pulmonaire (sang non oxygéné). [71] Les volumes pulmonaires [61] peuvent être étudiés au moyen d'un spiromètre qui permet de visualiser l'amplitude et la fréquence des cycles respiratoires d'un individu. (figure 3)

Figure 3 : Volumes pulmonaires mesurés en spirométrie.



- Fréquence respiratoire moyenne au repos (FC) : 14/mn.
- Volume courant (VC) : Volume d'air inspiré et expiré à chaque respiration normale.
→ VC moyen = 500 ml
- VC/minute = VC x FC = 7 l / min.
- Volume de réserve inspiratoire (VRI) : Volume d'air supplémentaire inspiré après une inspiration normale.
→ VRI = 2500 à 3000 ml
- Volume de réserve expiratoire (VRE) : Volume d'air supplémentaire expiré après une expiration normale.
→ VRE = 1000 à 1200 ml
- Capacité vitale (CV) : Volume maximum d'air mobilisable.
→ CV = 4000 à 4500 ml
- Volume résiduel (VR) : Volume d'air restant après une expiration forcée.
→ VR = 1000 à 1500 ml
- Capacité pulmonaire totale (CPT) : $CPT = CV + VR = 5000 \text{ à } 6000 \text{ ml}$
- Capacité résiduelle fonctionnelle (CRF) : Volume d'air demeurant dans les poumons après une expiration normale.
→ CRF = 2000 à 2500 ml
- VEMS : Volume d'Air Maximal pouvant être expiré en une seconde.

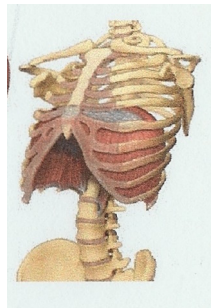
1.1.2. Mécanique ventilatoire.

La mobilisation de la cage thoracique et des poumons s'effectue grâce à la contraction des muscles respiratoires : le diaphragme, les muscles intercostaux, les muscles respiratoires accessoires, les muscles abdominaux. [39]

◆ Le diaphragme.

Le diaphragme est une cloison musculo aponévrotique, séparant la cavité thoracique de la cavité abdominale, constitué de deux hémicoupoles. (Figure 4).

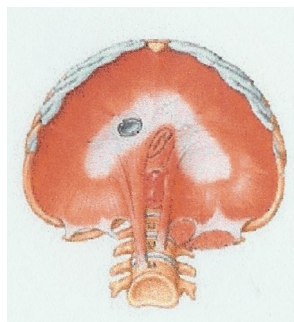
Figure 4 : le diaphragme.



Il contient deux parties : une partie musculaire périphérique et une partie tendineuse centrale qui s'insère (figure 5) :

- En avant sur la xyphoïde sternale.
- Latéralement sur les six dernières côtes.
- En arrière sur les vertèbres lombaires L1-L2-L3.

Figure 5 : Insertion du diaphragme



Il est innervé par le nerf phrénique. Sa contraction augmente le diamètre vertical de la cage thoracique (par abaissement des coupes) et le diamètre horizontal (par refoulement des côtes inférieures en haut et en dehors).

Donc, lors de l'inspiration, le volume de la cage thoracique augmentant, la pression alvéolaire diminue. (D'après la loi de Boyle - Mariotte : $\text{Pression} \times \text{Volume} = \text{Constante}$)

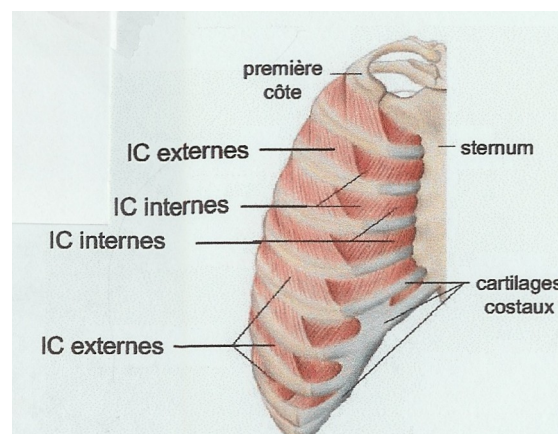
Or, les gaz s'écoulent des zones de hautes pressions, vers les plus basses pressions.

Cela crée donc un afflux d'air vers les poumons.

Lors de l'expiration, le phénomène inverse se produit. [61]

◆ Les muscles intercostaux. (figure 6)

Figure 6 : les muscles intercostaux.

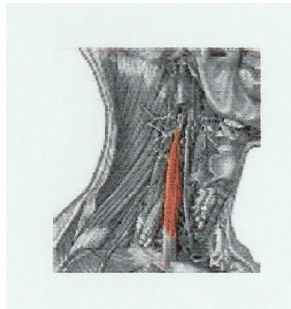


- La contraction des muscles intercostaux externes entraîne une projection des côtes vers le haut et vers l'avant et donc une augmentation des diamètres transversal et antéro-postérieur du thorax.
- La contraction des muscles intercostaux internes entraîne un abaissement des côtes et donc une diminution du diamètre latéral du thorax. Ils interviennent uniquement lors de l'inspiration forcée.

◆ Les muscles respiratoires accessoires. (figure 7a, b, c)

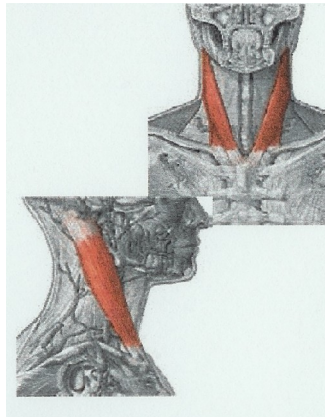
- Les scalènes.

Figure 7 a : Les scalènes.



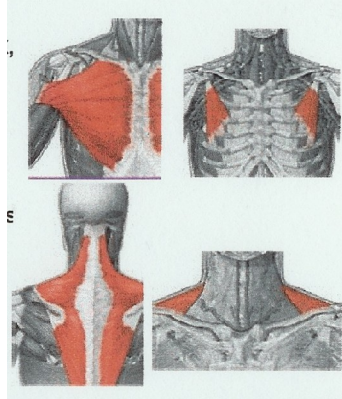
- Sterno-cleïdo-mastoïdiens.

Figure 7 b : sterno-cleïdo-mastoïdiens.



- Pectoraux, grands dentelés, trapèzes, sous claviers.

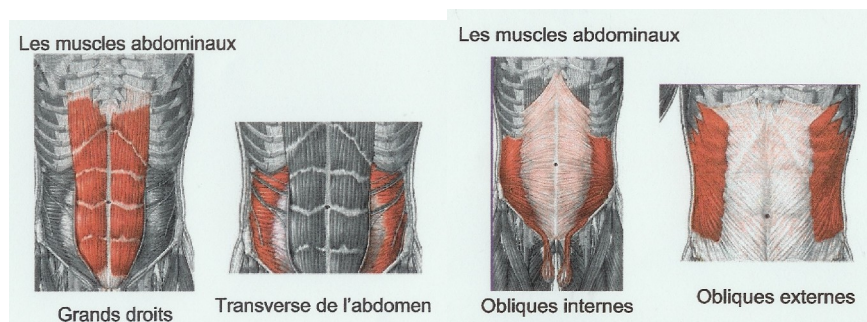
Figure 7 c : pectoraux, grands dentelés, trapèzes, sous claviers.



◆ Les muscles abdominaux. (figure 8)

- Ils sont constitués par :
 - . Les transverses de l'abdomen.
 - . Les obliques externes et internes.
 - . Les grands droits.

Figure 8 : Les muscles abdominaux



- Ce sont des muscles expiratoires mis en jeu lors d'une expiration forcée.
- Leur contraction entraîne une diminution du diamètre vertical du thorax (par compression des viscères qui refoulent le diaphragme vers le haut) et une diminution du diamètre latéral (par abaissement des côtes inférieures).

Au total,

- En respiration calme :

- . L'inspiration est active, les muscles mis en jeu sont le diaphragme (muscle principal) et les intercostaux externes des espaces intercostaux supérieurs. Le centre du diaphragme s'abaisse de 1 à 2 cm et la circonférence au niveau de la xyphoïde sternale augmente de 1 cm.
- . L'expiration résulte d'une restitution passive de l'énergie élastique emmagasinée pendant l'inspiration.
- En hyperventilation (figure 9) :
 - . Lors de l'inspiration, on observe :
 - * Une augmentation de l'amplitude et de la fréquence des muscles inspiratoires.

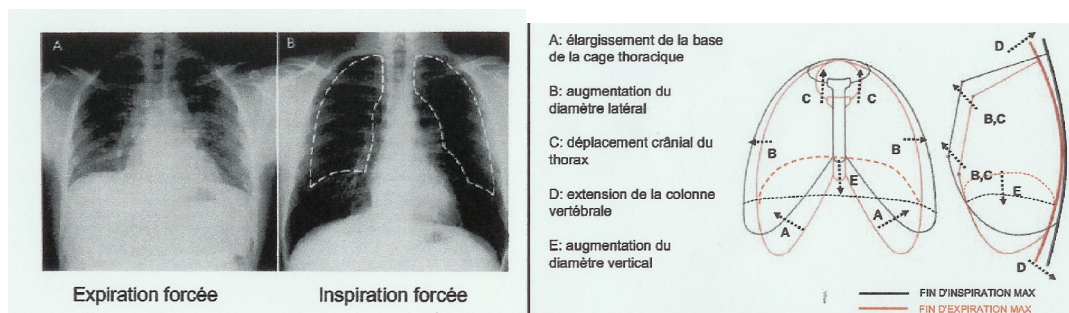
Le centre du diaphragme s'abaisse de 10 cm et tous les muscles intercostaux sont mis en jeu.

- * Un recrutement des muscles inspiratoires accessoires.

L'augmentation du diamètre antéro-postérieur est de 3,5 cm, celle du diamètre latéral de 3 cm.

- . L'expiration devient active : les muscles intercostaux externes et les abdominaux (muscles principaux) se contractent.

Figure 9 : Amplitudes maximales des mouvements respiratoires.



1.1.3. Contrôle de la ventilation pulmonaire.

Les valeurs moyennes des gaz du sang artériel sont :

- PaO₂ = 85 à 100 mmHg.
- PaCO₂ = 35 à 40 mmHg [71]

Le maintien d'une PO₂ et PCO₂ artérielle à l'intérieur de ces limites étroites est normalement possible grâce à un contrôle précis du niveau de ventilation, dont les trois éléments de base sont :

- Les récepteurs qui recueillent l'information et la fournissent aux
- Centres de contrôle situés dans le cerveau, qui coordonnent cette information et, en retour, envoient des impulsions aux
- Effecteurs (muscles respiratoires) qui assurent la ventilation.

1.1.3.a. Les récepteurs. [71]

- Les chémorécepteurs centraux.

Situés sur la face ventrale du bulbe, leur fonction est de maintenir constant le PH du LCR. Lorsque la PCO₂ du sang augmente, le CO₂ diffuse dans le LCR à partir des vaisseaux cérébraux, libérant des ions H⁺ qui stimulent les chémorécepteurs. Il en résulte une hyperventilation réactionnelle. Le CO₂ agit sur ces centres respiratoires bulbaires pour des pressions partielles supérieures à 30 mmHg. La réponse est assez lente (quelques minutes).

- Les chémorécepteurs périphériques.

Ils sont situés dans les corpuscules carotidiens, à la bifurcation des artères carotides communes, et dans les corpuscules aortiques au-dessus et en-dessous de la crosse de l'aorte. Ils répondent à la diminution de la PO₂ artérielle et dans une moindre mesure, à l'augmentation de la PCO₂. La relation entre la fréquence de décharge et la PO₂ artérielle n'est pas linéaire : la réponse est relativement faible jusqu'à ce que la PaO₂ soit abaissée au-dessous de 100 mmHg. La réponse maximale se produit pour une PaO₂ < 50 mmHg ; les chémorécepteurs périphériques sont responsables de la totalité de l'augmentation ventilatoire qui survient chez l'homme en réponse à une hypoxémie artérielle.

Le stimulus CO₂ agit sur ces récepteurs périphériques lorsque la PaCO₂ est > 40 mmHg

Cette réponse réflexe est rapide (quelques secondes) mais elle est bloquée pour une PaO₂ > 200 mmHg.

Au total, la PCO₂ du sang artériel est le facteur le plus important dans le contrôle de la ventilation. Par exemple, pour une PaO₂ normale, la ventilation augmente d'environ 2 à 3 litres pour chaque élévation de 1 mmHg de la PaCO₂. Pour des valeurs normales de capnie, la PaO₂ peut être réduite au voisinage de 50 mmHg avant qu'aucune augmentation appréciable de la ventilation ne survienne. Un abaissement de la PCO₂ artérielle est très efficace pour réduire le stimulus de ventilation ; c'est pour cette raison que l'hyperventilation est parfois pratiquée en apnée.

Les effets combinés des deux stimuli (PaO₂ et PaCO₂) dépassent la somme des effets de chacun appliqués séparément : ils se potentialisent.

➤ Les récepteurs pulmonaires à l'étirement.

Ils se situent dans les muscles lisses des parois des voies aériennes. Les impulsions transitent par le nerf vague. L'inflation des poumons tend à inhiber toute activité musculaire inspiratoire supplémentaire ; la déflation des poumons tend à déclencher l'activité inspiratoire : c'est le réflexe de Hering-Breuer.

Ainsi en apnée, il convient de ne pas réaliser une inspiration maximale avant l'immersion afin de ne pas favoriser ce réflexe de déflation.

➤ Autres récepteurs.

- ✓ Les récepteurs articulaires et musculaires : lors de l'exercice musculaire, leur stimulation contribue à l'apparition d'un polypnée et d'une hyperpnée, permettant l'adaptation de la ventilation au travail à fournir.
- ✓ Fuseaux neuro-musculaires : contenus dans les muscles intercostaux et le diaphragme, ils sont sensibles à l'élongation. Cette information est utilisée pour contrôler par voie réflexe la force de contraction.
- ✓ Récepteurs cutanés : l'excitation des nerfs sensitifs cutanés (par la douleur, les variations de température) est à l'origine de modifications de la respiration.

Ainsi, l'emploi de frictions et l'application d'eau froide sont utilisés pour activer la respiration des sujets en syncope.

1.1.3.b. Les centres de contrôle. [71]

- Le tronc cérébral : des noyaux situés dans le pont et le bulbe assurent le processus automatique de la respiration. Le système oscille de façon rythmique entre inspiration et expiration.
- Le Cortex : La respiration est certes un acte involontaire mais elle est réalisée par des muscles squelettiques, dont l'activité peut être modulée par un contrôle volontaire du cortex, sur le rythme et l'amplitude de la ventilation. Le contrôle du cortex peut surpasser, dans certaines limites, la fonction du tronc cérébral. Ainsi la PCO₂ artérielle peut être réduite de moitié par une hyperventilation.

D'autres régions du cerveau, comme l'hypothalamus ou le système limbique peuvent intervenir dans le contrôle de la respiration au cours de certains états affectifs.

1.1.3.c. Les effecteurs.

Ce sont les muscles respiratoires décrits précédemment.

1.2. La diffusion

- La pression de l'air atmosphérique est de 760 mmHg.
- Composition de l'air atmosphérique :
 - . Azote (N) = 79 %, soit 600 mmHg*
 - . O₂ = 21 %, soit 159 mmHg
 - . CO₂ = 0,03 %, soit 0,3 mmHg

Le transfert des gaz entre l'alvéole, le sang et la cellule se fait par diffusion passive dans un sens imposé par le gradient de leur pression partielle et jusqu'à ce que l'état d'équipression soit atteint. (tableau I)

Tableau I : Pressions partielles d'O₂ et de CO₂ dans les différents milieux.

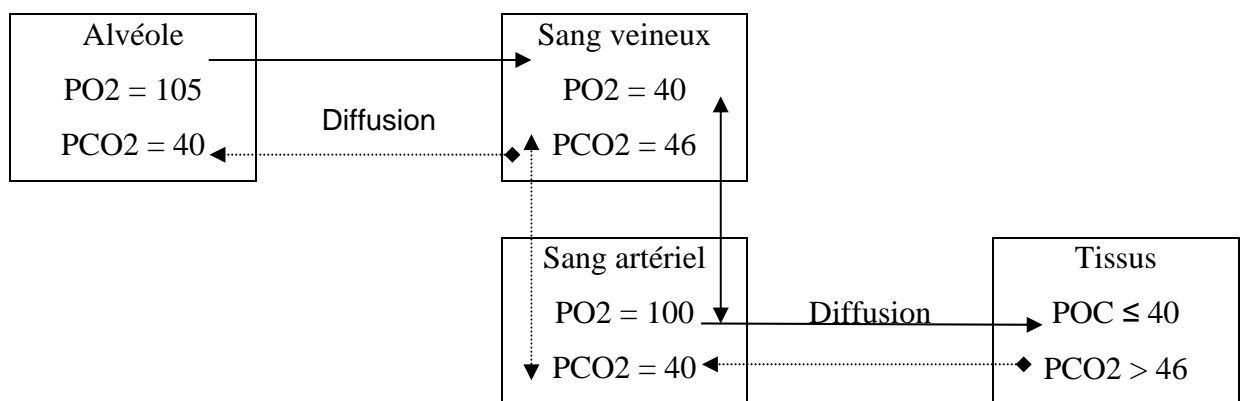
(Cours de physiologie respiratoire, Université de Grenoble, [39])

	Air sec	Voies aériennes	Gaz alvéolaire	Sang artériel	Sang veineux
PpO ₂ (mmHg)	159	149	105	100	40
PpCO ₂ (mmHg)	0,3	0,3	40	40	46

Le sang quitte le cœur gauche avec une PO₂ = 100 mmHg et une PCO₂ = 40 mmHg, puis il arrive aux tissus où il libère l'oxygène. Le sang repart des tissus avec toutes les caractéristiques d'un sang veineux, soit PO₂ = 40 mmHg et PCO₂ = 46 mmHg. (Figure 10).

* D'après la loi de Dalton : la Pression partielle est la pression exercée par ce gaz dans le mélange = % x Pression totale.

Figure 10 : Trajet de l'O₂ et du CO₂ dans l'organisme.



Les valeurs ci-dessus sont en mmHg.

O₂ —————>
CO₂ ◆.....>

1.3. Transport des gaz par le sang.

1.3.1. L'oxygène.

L'O₂ est transporté dans le sang sous deux formes : dissous et combiné à l'hémoglobine.

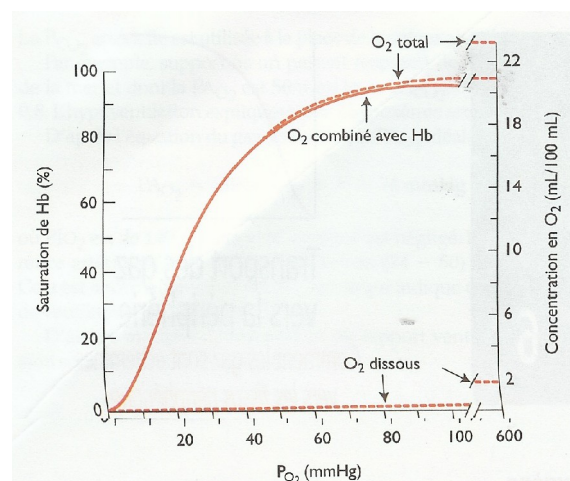
Fraction dissoute : selon la loi de Henry*, elle est proportionnelle à la pression partielle d'O₂.

Elle représente 2 à 5 % de l'O₂ sanguin. [71]

Fraction combinée : la plus grande partie de l'O₂ sanguin (95 à 98 %) forme une combinaison aisément réversible avec l'hémoglobine pour donner l'oxyhémoglobine :
 $O_2 + Hb \rightleftharpoons HbO_2$ (figure 11).

*Loi de Henry : Volume des gaz dissous = Coefficient de solubilité du gaz x P_{gaz} / Patm

Figure 11 : Courbe dissociée de l'hémoglobine



Cette courbe représente la variation de la saturation de l'hémoglobine en O₂ en fonction des différentes valeurs de la PaO₂. Nous constatons que cette courbe n'est pas

linéaire et que des variations importantes de la saturation en O₂ (SaO₂) ne sont mesurables qu'à partir de valeurs de PaO₂ inférieures à 50 mmHg. Si la PaO₂ dépasse 120 mmHg, l'hémoglobine se sature progressivement en O₂ jusqu'à une certaine limite au delà de laquelle son pouvoir oxyphorique se trouve dépassé. Le surplus d'O₂ ne pourra dès lors être stocké que sous forme dissoute.

- L'affinité de l'hémoglobine pour l'O₂ est diminuée par augmentation de :
 - * Température.
 - * H⁺ (donc diminution du PH)
 - * CO₂ (effet Bohr).
 - * 2,3 Diphosphoglycérate (métabolite de la glycolyse anaérobie intra-érythrocytaire).

Cette diminution d'affinité entraînera une augmentation de la libération d'O₂. [39]

1.3.2. Le dioxyde de carbone.

☞ Fraction dissoute : le CO₂ obéit, comme l'O₂ à la loi de Henry, mais il est 20 fois plus soluble que l'O₂. Ainsi, la fraction dissoute représente le dixième de la quantité totale de CO₂. [71]

☞ Fraction combinée :

- ◆ Sous forme de tampons (60 % du CO₂ total) : [acide carbonique – bicarbonates] selon la réaction suivante : $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \leftrightarrow \text{H}_2\text{CO}_3 \leftrightarrow [\text{H}^+] + [\text{HCO}_3^-]$
- ◆ Sous forme de carbaminohémoglobine.
Plus la saturation de l'hémoglobine en O₂ est basse, plus la fixation du CO₂ par l'hémoglobine est importante : c'est l'effet Haldane.

2 – Respiration et apnée.

L'apnée est définie comme l'arrêt temporaire des échanges gazeux entre les poumons et l'atmosphère. En effet, ce n'est ni un arrêt de la respiration au sens tissulaire du terme, ni un arrêt total de la ventilation puisque lorsque l'apnée dépasse

quelques dizaines de secondes, des mouvements ventilatoires réflexes reprennent, même s'ils sont inefficaces car la glotte est fermée. [19]

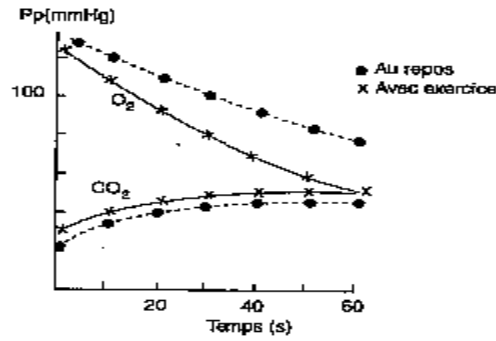
L'exemple de l'apnée volontaire est unique en physiologie du fait de la capacité de l'homme à pouvoir interrompre de manière consciente une fonction végétative accomplie au moyen d'un système neurologique appartenant à la vie de relation.

Nous allons étudier les échanges respiratoires au sein du système clos que constitue alors l'organisme. La principale difficulté provient de l'intrication des facteurs, les uns résultant de l'apnée elle-même, les autres tenant aux variations de pressions au cours de la plongée. Nous allons d'abord étudier l'apnée en immersion horizontale, à pression constante (apnée statique et dynamique) et l'apnée en immersion verticale, accompagnée de variation de pressions.

2.1. Apnée en surface.

La pression alvéolaire d'oxygène diminue (PAO_2) de manière à peu près linéaire en fonction du temps. A mesure que les réserves d' O_2 s'amenuisent, les échanges se ralentissent car le gradient de pression entre l'alvéole (PAO_2) et le sang (PaO_2) diminue jusqu'à devenir nul après 4 minutes d'apnée au repos. (figure 12)

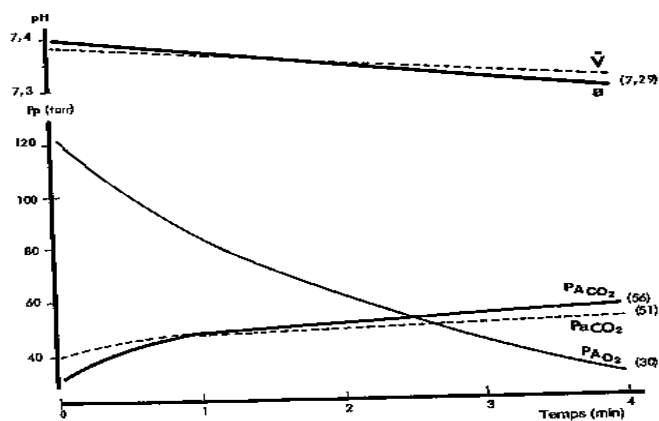
Figure 12 – Valeurs des pressions partielles alvéolaires d'oxygène et de gaz carbonique au cours de l'apnée simple, avec ou sans travail (d'après Corriol, [19]).



La pression alvéolaire de gaz carbonique croît rapidement dans les premières dizaines de secondes d'apnée puis de plus en plus lentement pour tendre vers une asymptote avoisinant 55 à 60 mmHg. Vers la 60^e seconde d'apnée, la PAO₂ rejoint la PACO₂. Cette cinétique résulte de l'intervention des substances tampons présentes dans le milieu intérieur ; elles fixent la plus grande partie du gaz carbonique produit ne pouvant pas être évacué par la voie pulmonaire au cours de l'apnée.

Le PH artériel décroît régulièrement pendant l'apnée, il peut descendre à 7,29 à la fin de la 4^{ème} minute. (figure 13)

Figure 13. – Evolution temporelle, au cours d'apnées volontaires de 4 min, du pH et des pressions partielles d'oxygène et de gaz carbonique sur 9 sujets d'âge moyen 30 ans (d'après Corriol, [19]).



Toute cause accroissant les métabolismes accélère l'augmentation de la PACO₂, la baisse de la PAO₂ et du PH.

Une étude de la pression transcutanée des gaz (Ptc O₂ et Ptc CO₂) a permis d'observer que, après la rupture de l'apnée, il existe une poursuite de la chute de la Ptc O₂ (de 6 à 68 mmHg) et de l'augmentation de la Ptc CO₂. Le délai entre la Ptc O₂ de rupture de l'apnée et la Ptc O₂ minimum était compris entre 6 et 24 secondes. [8] Ce décalage correspond au temps de circulation sanguine. [68]

Les syncopes observées après le retour du plongeur en surface, traduisent la poursuite de la chute de la PaO₂ au niveau de la circulation cérébrale malgré la reprise de la ventilation. [38].

Le retour aux valeurs de base de Ptc O₂ est observé après un délai d'en moyenne deux minutes après la fin de l'apnée. [8]

En fin d'apnée, le volume pulmonaire a diminué : en effet, le prélèvement d'O₂ atteint 70 à 75 % de l'O₂ présent dans les alvéoles, 80 % du CO₂ produit sont retenus dans le sang et les tissus.

Le rapport des échanges alvéolaires est alors voisin de 0,2. Ainsi, le volume d'O₂ prélevé dans les alvéoles est remplacé par un volume moindre de CO₂. [19].

2.2. Apnée en immersion.

Sous l'eau, le plongeur subit une pression égale au poids de la colonne de liquide située au-dessus de lui. Il s'agit de la pression hydrostatique qui augmente de 1 bar (soit 1kg/cm²) tous les 10 mètres. Ainsi à 10 mètres, la pression absolue, qui est la somme de la pression hydrostatique (1 bar à 10 mètres) et de la pression atmosphérique (1 bar), a déjà doublé.

Donc au cours d'une apnée en plongée, aux phénomènes décrits plus hauts se superposent les variations de la pression ambiante.

Les pressions partielles de chacun des gaz devraient théoriquement doubler à 10 mètres, tripler à 20 mètres, etc.

Or, des échanges se produisent en permanence entre le sang des capillaires pulmonaires et l'air alvéolaire ; les pressions partielles réelles des gaz sont donc différentes des pressions partielles ainsi calculées. (figures 14 et 15).

A la surface, le volume pulmonaire est en moyenne de 6 litres en inspiration forcée. D'après la loi de Boyle Mariotte ($\text{Pression} \times \text{Volume} = \text{Constante}$), à 30 mètres, le volume sera de 1,5 litres (soit la valeur du volume résiduel).

Si l'apnéiste ne part qu'avec 4,5 litres, c'est à 20 mètres qu'il n'aura plus que 1,5 litres.

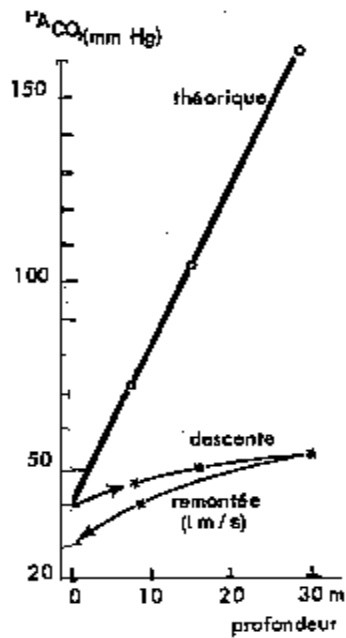
A la remontée, la baisse de la pression hydrostatique permet aux gaz alvéolaires de se détendre mais le volume initial ne sera pas récupéré du fait des modifications quantitatives dans la répartition des gaz alvéolaires durant l'apnée.

✓ **Pour le CO₂**

- ◆ A la descente, trois facteurs contribuent à l'augmentation de la PCO₂ :
 - l'apnée.
 - l'effort musculaire
 - l'accroissement de la pression ambiante et donc de la PACO₂

Cependant, comme le montre la figure 14, la PACO₂ n'augmente que faiblement car le CO₂ se fixe sur les substances tampons.

Figure 14 – Plongée fictive en apnée au repos ; évolution de la pression partielle alvéolaire de CO₂ en fonction de la profondeur (Corriol, [19]).



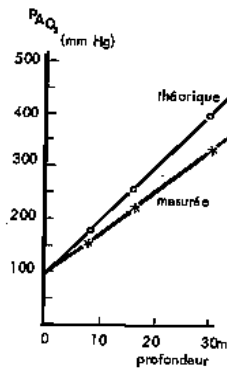
- ◆ A la remontée, le sang n'abandonne que très lentement le CO₂ qu'il a fixé. Ainsi, de retour à la surface, la PACO₂ peut être inférieure à sa valeur de base et ceci d'autant plus que la vitesse de remontée est grande et que le sujet a hyperventilé [19].

✓ Pour l'O₂

L'augmentation de la pression ambiante entraîne une augmentation de la PAO₂ malgré la consommation d'O₂ (figure 15). Au fond, cette hyperoxie procure un bien être bien connu des apnéistes, et ce d'autant plus que le stimulus CO₂ au niveau carotidien est bloqué pour des PaO₂ supérieures à 200 mmHg. (ce qui est le cas aux alentours de 15 mètres).

Les valeurs mesurées sont très voisines des valeurs théoriques ; le léger écart résulte de la consommation au cours de la compression.

Figure 15. —évolution de la PaO₂ en fonction de la profondeur. (Corriol, [19]).

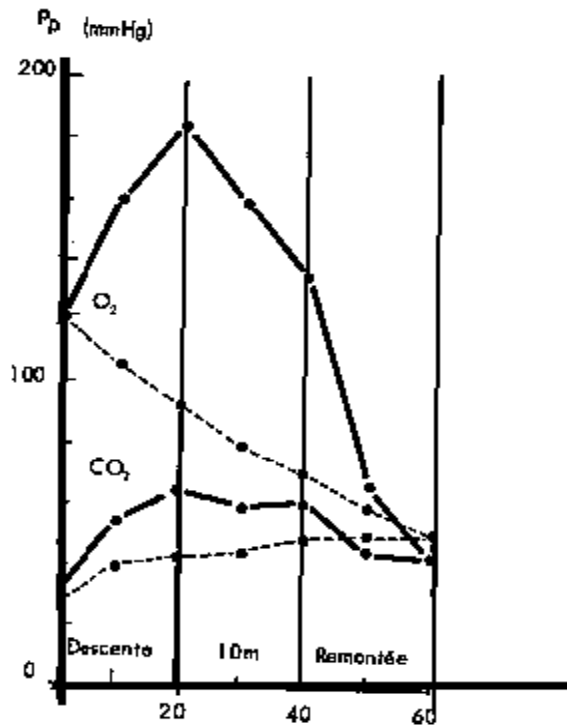


A la remontée, la chute de PaO₂ est brutale (figure 16) car alors les deux facteurs de décompression et de consommation jouent dans le même sens pour diminuer les pressions partielles d'oxygène.

C'est là la principale cause de perte de connaissance chez la apnéistes. [19].

Cette baisse de PaO₂ à la remontée expliquerait également la prédominance de la sensation de soif d'air en phase ascendante puisque le stimulus CO₂ n'est plus inhibé.

Figure 16 – Evolution de PaCO₂ et PaO₂ au cours d'une apnée de 60 s comportant une descente à 10 m, un palier à 10 m et la remontée (Corriol, [19]).



Chaque étape dure 20 s. Les courbes en pointillés rappellent les valeurs correspondant à une apnée en surface avec un travail léger.

2.3. Les mécanismes de rupture de l'apnée.

Le besoin de respirer ou « soif d'air » ressenti après un certain temps d'apnée est de double origine : chimique et mécanique.

2.3.1. Facteurs chimiques.

Un des facteurs de rupture de l'apnée est l'action combinée d'un seuil d'hypercapnie et d'un seuil d'hypoxie, même si le stimulus CO₂ est le plus efficace [16].

Rappelons que le stimulus O₂ agit de façon maximale sur les chémorécepteurs périphériques pour une PaO₂ < 50 mmHg.

Le stimulus CO₂ agit sur les chémorécepteurs périphériques à partir de 40 mmHg (sauf si PO₂ ≥ 200 mmHg) et sur les récepteurs centraux, mais de façon plus lente, à partir de 30 mmHg. [16].

2.3.2. Facteurs mécaniques.

Des expériences ont montré que les facteurs chimiques ne sont pas les seuls à intervenir dans la rupture de l'apnée. En effet, si, en fin d'apnée, on fait expirer le sujet dans un sac étanche puis réinhale immédiatement son contenu, l'apnée est prolongée de plusieurs dizaines de secondes [30]. Cette expérience montre que la mobilisation de la cage thoracique permet de réaliser une nouvelle apnée. La PaCO₂ n'est pas le seul facteur limitant l'apnée puisque la deuxième apnée est faite avec une PaCO₂ proche du seuil de rupture de la première apnée.

Ainsi, la diminution du volume pulmonaire et l'absence d'alternance expansion-rétraction de la cage thoracique sont deux signaux intervenant dans l'envie de respirer.

En cours d'apnée, apparaissent des contractions diaphragmatiques. Cette activité motrice croissante est bientôt accompagnée de contractions rythmées des muscles intercostaux.

Lin [43] a ainsi décrit deux phases à l'apnée :

- La « Phase facile » : entre le début de l'apnée et les premières contractions diaphragmatiques, le sujet ne ressent aucune contraction pénible.
- La « phase de lutte » où les secousses diaphragmatiques puis pariétales à glotte fermée entraînent une sensation de striction thoracique, à l'origine d'une « soif d'air » au contenu affectif très intense.

Ces contractions diaphragmatiques apparaissent pour une PaCO₂ remarquablement constante (47 mmHg) [44]. L'hyperventilation préalable, qui abaisse la pression partielle initiale de CO₂ retarde dans le temps cette activité sans la modifier. En pratique, le délai d'apparition de ces contractions varie d'un apnéiste à l'autre et pour un même apnéiste d'un moment à l'autre (selon notamment l'état de tension intérieure).

Au total, l'intervention de facteurs pariétaux d'origine nerveuse, agissant par voie réflexe, semble indispensable pour expliquer la fin de l'apnée, qui se produit presque toujours avant que ne puisse intervenir la limitation temporelle imposée par les facteurs humoraux. Les sensations interprétées comme « soif d'air » ont une double origine ; elles font intervenir :

- Des mécanismes réflexes, à point de départ neuromusculaire, au contenu affectif intense (mise en jeu de circuits neuronaux appartenant à la vie de relation).
- Des mécanismes réflexes ou centraux, à point de départ humoral (PaO₂ et PaCO₂) faiblement perçus par la conscience, sans net contenu affectif (sans doute parce qu'ils font partie du système de la vie végétative). [16].

2.4. Les effets de l'entraînement.

2.4.1. Les volumes pulmonaires.

L'entraînement augmente tous les volumes pulmonaires de 5 à 10 %, à l'exception du volume résiduel qui décroît de 10 % environ (figure 17).

Figure 17. – Effets de l’entraînement sur les différents volumes pulmonaires (Corriol, [19]).



Cette adaptation est obtenue grâce à des exercices d’assouplissement et de renforcement musculaire des muscles inspiratoires et expiratoires (abdominaux, muscles intercostaux, diaphragme) [12].

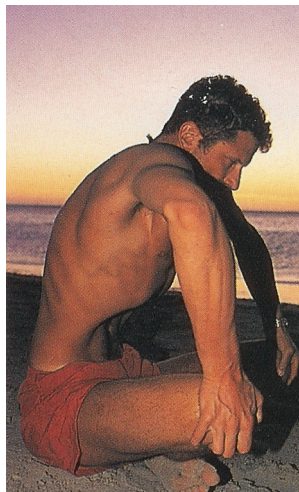


Photo : Cottalorda. Apnée août 2005.

2.4.2. Les gaz du sang.

Au cours de l’apnée, la baisse de la PaO₂ et l’augmentation de la PaCO₂ sont plus lentes chez les sujets entraînés que chez les sujets novices.[19] Cela est dû à une meilleure utilisation de l’oxygène (taux d’extraction dans l’alvéole plus élevé, pente de la courbe de dissociation de l’hémoglobine plus grande), à une meilleure efficacité des systèmes tampons et à un meilleur relâchement musculaire.

De plus, la tolérance à l’hypercapnie est majorée.

Pour une même PaCO₂, les plongeurs entraînés ventilent moins que les sujets non entraînés. [62]

Mais si la tolérance respiratoire au CO₂ est majorée par l'entraînement, la tolérance du système nerveux au CO₂ demeure mauvaise ; en effet, l'hypercapnie détériore l'activité mentale ; l'acidose respiratoire induite par des taux élevés de CO₂ provoque une période transitoire d'excitation suivie d'une dépression des systèmes nerveux central et autonome.

Avec l'entraînement, la tolérance à l'hypoxie est également meilleure : l'exposition à un mélange respiratoire hypoxique est mieux tolérée par des sujets entraînés que par des non plongeurs.[19]. Par exemple, Jacques Mayol, après 225 secondes d'apnée, ne présentait pas d'ondes lentes d'hypoxie à l'EEG alors que sa PaO₂ était à 52,4 mmHg (saturation à 53 %).[19].

Lors de l'entraînement, on peut améliorer la tolérance à l'hypoxie en alternant des apnées poussées avec de longues récupérations. La tolérance à l'hypercapnie se travaille en effectuant des séries d'apnées plus brèves, avec de courtes récupérations. La tolérance à l'hypercapnie diminuerait en trois mois lorsque l'on ne s'entraîne pas [12].

2.4.3. Tolérance aux stimuli mécaniques.

Il a été montré que l'absence de mouvements respiratoires était mieux tolérée suite à un entraînement spécifique à l'apnée. [21]. L'envie de respirer est alors retardée.

2.4.4. Le travail mental.

La durée de l'apnée est très variable, d'un individu à l'autre et chez un même individu, d'un instant à l'autre. Plus que les facteurs gazeux et mécaniques, les facteurs psychologiques (motivation, attention, relaxation, lâcher prise) jouent un rôle déterminant. Dans cette activité qui n'est pas un comportement physiologique spontané, le relâchement physique et mental, le « lâcher-prise » est fondamental et se travaille.

Notamment grâce à des techniques de relaxation inspirées du yoga, de contrôle de la respiration appelé Pranayama * ou d'imageries mentales.

Pour Guillaume Nery : « *Une descente parfaite se décide dans les quelques minutes précédant la plongée, j'arrive à me projeter sur le plomb, le mental est déjà au fond, il suffit juste que le corps l'y rejoigne. La fin d'une apnée, c'est comme la fin d'une méditation.* » [29].

L'augmentation de la durée de l'apnée se fera essentiellement par l'allongement de la phase de lutte. C'est à ce moment que l'acceptation des réactions « non physiologiques » du corps est primordiale.

Pour Loïc Leferme : « *il est important de ne pas lutter, ne pas chercher à prendre le contrôle mais se laisser guider.* » [40].

Ainsi, lorsque les premières contractions du diaphragme apparaissent, l'apnéiste cherche au maximum à se relâcher, à les accepter, à les observer, à les accompagner. Il arrive alors à se détacher mentalement du stress provoqué par le manque d'air, qui par ailleurs est un grand consommateur d'O₂.

Pour allonger cette phase de lutte, certains apnéistes ont recours à des pensées ou des images mentales positives afin de distraire leur esprit, d'autres s'étirent les muscles intercostaux et le diaphragme, d'autres encore font des mouvements respiratoires à glotte fermée. Le travail d'assouplissement du diaphragme à l'entraînement permet également de rendre ses contractions moins désagréables.



Photo : Isabelle Vayron. Apnée mai 2004.

Ainsi en apnée statique, certains apnéistes prolongent leur apnée plus de 3 minutes après les premières contractions.

Le facteur psychologique est capital en apnée. Ainsi, il est important de progresser lentement, de bien maîtriser une profondeur, une distance ou une durée avant d'en atteindre de supérieures. En effet, de mauvaises sensations (oppression, manque d'air)

peuvent créer un blocage empêchant toute progression ultérieure, voire même entraînant une régression ou la survenue d'accident comme la syncope.

2.5. Les techniques de respiration.

2.5.1. La respiration diaphragmatique.

La respiration diaphragmatique avant de débiter l'apnée est la plus avantageuse, aussi bien d'un point de vue économique (plus grande quantité d'air pour un effort moindre) que d'un point de vue mental, parce qu'elle entraîne plus facilement le relâchement. [58]. En inspiration, le diaphragme se mobilise d'abord en s'abaissant vers l'estomac, la partie sus ombilicale de l'abdomen se gonfle, l'air remplit d'abord la partie basse des poumons, puis petit à petit la partie médiane puis haute. Cette inspiration doit se faire de façon homogène et uniforme, avec la plus grande souplesse, en évitant toute contraction ou rigidité (tout particulièrement lors du remplissage de la partie supérieure des poumons). Afin de favoriser ce relâchement et de sentir chaque partie des poumons se remplir, on peut diminuer le flux respiratoire en inspirant comme dans une paille.

2.5.2. La technique de la carpe.

Cette appellation vient de la ressemblance entre la bouche du poisson et les mouvements de lèvres qu'effectue l'apnéiste. Cette technique consiste à « aspirer » un surplus d'air après avoir effectué une inspiration forcée par un mouvement de pompage des lèvres (glotte bloquée) qui comprime une petite quantité d'air avant de la faire passer dans les poumons. Il est ainsi possible d'avoir de l'air sous pression dans les poumons. Cette technique présente au moins deux avantages : premièrement, on parvient à mettre plus d'air, donc plus d'oxygène dans les poumons (des études spirométriques ont montré qu'il était possible d'emmagasiner 25 % d'air supplémentaire après une inspiration complète) ; deuxièmement, l'air contenu dans les poumons est sous pression : la PAO₂ augmente et le passage de l'oxygène vers le sang sera facilité [13].

En revanche, cette surpression au niveau thoracique provoque une sensation désagréable de distension pulmonaire stimulant un réflexe de déflation gênant la détente et le relâchement corporel.

D. Marleux [47] a montré qu'en apnée statique, la technique de la carpe n'augmente pas le temps de l'apnée, ni le moment d'apparition du premier spasme pour deux raisons :

- Le remplissage maximum des poumons incite le sujet à rejeter de l'air (réflexe de Hering Breuer) ; l'apnée statique est en pratique mieux tenue à 95 % plutôt qu'à 100 % de la capacité vitale.
- Cette technique gêne la détente et le relâchement corporel, qui sont les bases de l'apnée statique.

2.5.3. L'hyperventilation.

L'hyperventilation est une augmentation du débit ventilatoire obtenue par une fréquence ventilatoire et/ou un volume courant supérieur à la normale.

Il existe deux types d'hyperventilation :

- ⇒ L'hyperventilation spontanée est la réaction normale d'un organisme respirant de l'air appauvri en O₂ ou riche en CO₂ ou encore accroissant son métabolisme (effort musculaire, lutte contre le froid, stress) de façon à conserver des valeurs normales d'O₂ et CO₂.
- ⇒ L'hyperventilation volontaire est une hyperventilation non imposée par des valeurs d'O₂ et de CO₂. Souvent pratiquée autrefois par les apnéistes, elle est aujourd'hui largement décriée car elle a été à l'origine de nombreuses syncopes.

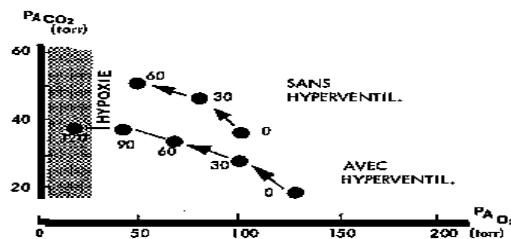
2.5.3.a. Effets respiratoires.

- Sur l'oxygène : elle augmente la teneur des gaz alvéolaires en O₂. Après une hyperventilation, la PAO₂ passe ainsi de 100 à 120 mmHg, ce qui peut augmenter la réserve alvéolaire de 150 ml environ [18]. Au niveau du sang artérialisé, comme la saturation de l'hémoglobine par l'O₂ avoisine déjà 97 %, l'hyperventilation ne peut accroître que faiblement cette saturation, qui atteint 98 % sans beaucoup dépasser cette valeur. Il en résulte une augmentation insignifiante du volume d'O₂ transporté.

Norfleet et Bradley ont montré que l'hyperventilation eucapnique ne prolonge pas la durée de l'apnée volontaire [50].

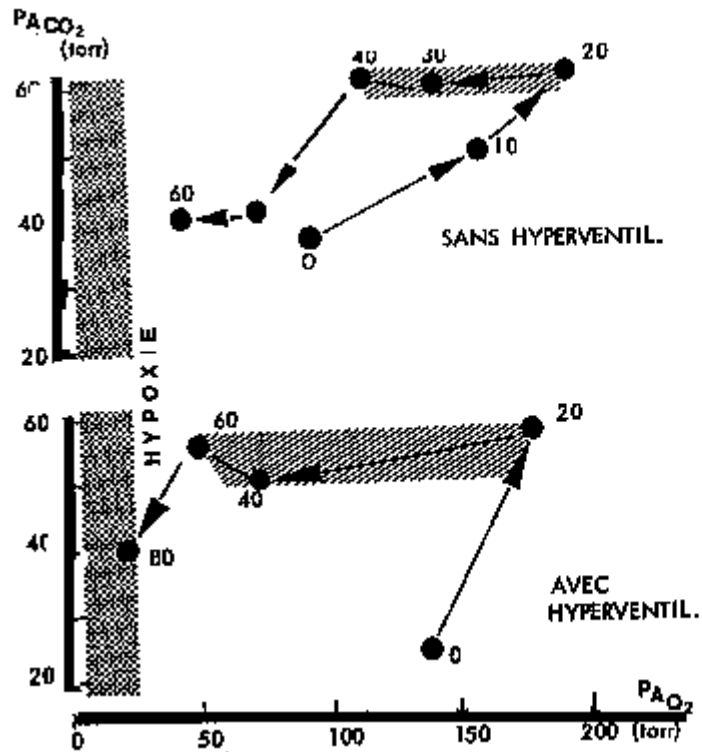
- Sur le CO₂ : l'hyperventilation entraîne une diminution du stock de CO₂. (figure 18 et 19). Cette hypocapnie entraîne une suppression du stimulus CO₂ sur les chémorécepteurs centraux (à partir de 40 mmHg) et sur les récepteurs périphériques (à partir de 30 mmHg). Cette disparition de l'envie de respirer explique le confort ressenti par les apnéistes après une hyperventilation, mais aussi le risque de syncope. En effet, à mesure que l'apnée se poursuit, les stimuli CO₂ et PH restent faibles longtemps, alors que le stimulus O₂ croît lentement, mais de façon insuffisante pour constituer à lui seul un signe d'alarme si bien que l'hypoxie s'installe progressivement jusqu'à la perte de connaissance. [18]. De plus, la faible valeur de PCO₂ au cours de l'apnée ne permet que très tardivement l'établissement des contractions diaphragmatiques (apparaissant pour des PCO₂ supérieures à 47 mmHg), qui sont un signal d'alarme indiquant le commencement de la phase de lutte.

Figure 18 : Evolution des pressions partielles alvéolaires au cours d'apnées en inspiration forcée avec nage à la surface (Corriol, [18]).



Les chiffres points aux points indiquent le temps écoulé (en secondes). On remarque l'hypoxie importante en fin d'apnée chez les sujets ayant hyperventilé. Noter l'hypoxie en fin d'apnée chez les sujets ayant hyperventilé. Les chiffres joints aux points indiquent le temps écoulé (en secondes) depuis le début de l'apnée.

Figure 19 – Evolution des pressions partielles alvéolaires au cours d'apnées en inspiration forcée avec plongée fictive à 10 m. (Corriol, [18]).



Le palier au fond est indiqué par la zone hachurée. La zone d'hypoxie dangereuse est pointillée.

2.5.3.b. Effets nerveux.

L'alcalose entraînée par l'hypocapnie exerce une action destabilisatrice sur le nerf et le muscle.[19]. Ainsi, on peut voir apparaître successivement :

- Des sensations d'étourdissement.
- Des paresthésies des extrémités.
- Un spasme carpo-pédal
- Des myoclonies faciales, surtout labiales, prémices d'une éventuelle crise comitiale partielle ou généralisée.

L'intensité de ses effets est très variable selon les individus et chez un même sujet d'un jour à l'autre. En d'autres termes, il est impossible d'établir une proportionnalité entre les valeurs de la $PaCO_2$ et les manifestations cliniques.

2.5.3.c. Effets vasomoteurs.

L'hypocapnie provoque une vasodilatation musculaire, une vasoconstriction cutanée et surtout cérébrale. Cette vasoconstriction cérébrale provoque une moins bonne tolérance à l'hypoxie [19].

Cette constatation explique que les pertes de connaissance en apnée puissent survenir pour des PaO₂ relativement modérées, qui seraient bien tolérées par l'organisme en l'absence de cette vasoconstriction.

3 – Effets cardiovasculaires de l'apnée.

3.1. Transferts sanguins ou Blood Shift

Lors d'une plongée en apnée, on observe un transfert sanguin à deux reprises :

✓ Lors de l'immersion.

- La poussée d'Archimède, antiagoniste de la pesanteur, supprime les effets de cette dernière et facilite donc le retour veineux des parties déclives vers la partie céphalique du corps.
- La pression hydrostatique dont la valeur augmente au fur et à mesure qu'on s'éloigne de la surface (donc plus importante au niveau des pieds que du thorax), crée un gradient de pression du bas vers le haut du corps.

Ces deux forces s'additionnent donc et créent un transfert du sang vers la partie supérieure du corps, et en particulier le thorax. On estime ce transfert de sang dû à l'immersion, compris entre 500 ml et 1 litre. [19]

Ce transfert sanguin est interprété par l'organisme comme un accroissement de la masse sanguine (une partie des volorécepteurs est située au niveau de la petite circulation). Des mécanismes correcteurs sont alors mis en jeu entraînant une diurèse d'immersion.

✓ A partir d'une certaine profondeur.

Au cours de la descente, la pression hydrostatique augmente et le volume pulmonaire diminue (loi de Boyle-Mariotte), jusqu'à ce que la rigidité relative du thorax ne permette plus de réduire son volume : le volume pulmonaire est alors égal au volume résiduel. Au delà de cette profondeur (qui dépend du volume pulmonaire initial et du transfert sanguin à l'immersion), la pression intrathoracique devient négative par rapport à l'ambiance aquatique. Ce vide relatif attire alors vers le thorax une partie des viscères abdominaux mais l'élasticité du diaphragme est limitée ; le sang présent dans les gros vaisseaux et les capillaires pulmonaires est alors aspiré puis retenu dans la circulation pulmonaire, remplissant ainsi le vide thoracique naissant. Ce phénomène contribue à rigidifier le poumon (on parle « de poumon en érection »), ce qui va lui permettre de supporter des pressions encore plus importantes.

Ce second Blood Shift est également estimé entre 500 ml et 1 litre. [19]

Ces Blood Shift peuvent entraîner des troubles du rythme ou de conduction cardiaques par distension des cavités cardiaques due à l'augmentation du retour veineux [19].

3.2. La bradycardie

L'immersion en apnée entraîne une bradycardie intense par mise en jeu accrue de l'action cardio modératrice des nerfs vagues. Elle débute dès les premières secondes de l'immersion en apnée et atteint son intensité maximale à partir de la 20^{ème} seconde d'immersion. Puis, elle reste stable ou peut même légèrement diminuer en fin d'apnée à cause des secousses respiratoires à glotte fermée lors de la phase de lutte [14].

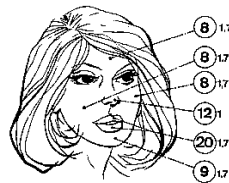
3.2.1. Les mécanismes de la bradycardie.

La bradycardie est le résultat de l'action combinée de l'immersion et de l'apnée elle-même.

3.2.1.a. Les effets de l'immersion.

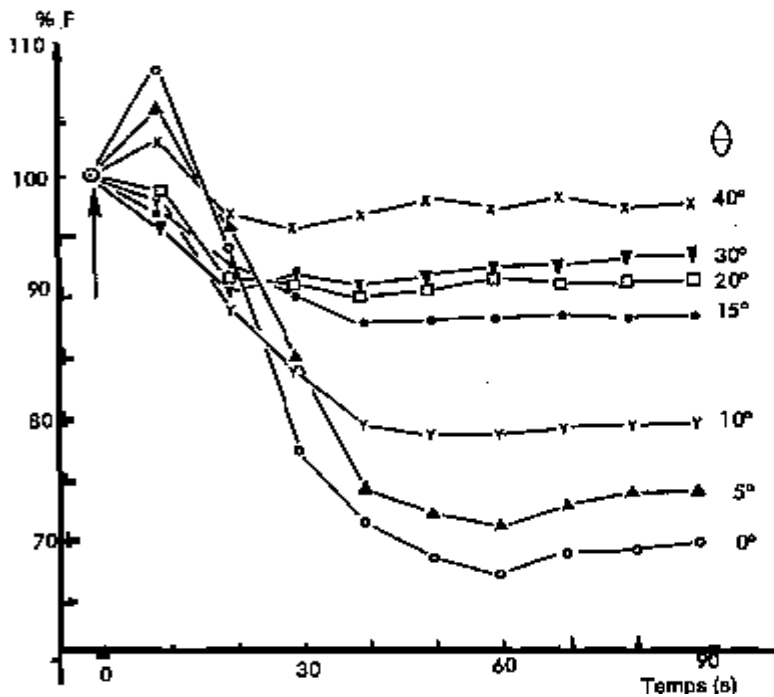
Des récepteurs thermiques cutanés sont disséminés sur l'ensemble de la peau, ils sont particulièrement abondants au niveau de la face (figure 20). Ils entraînent une bradycardie réflexe.

Figure 20 – Localisation sur la face des récepteurs cutanés thermosensibles (au froid, entourés d'un cercle ; au chaud, non cerclés) ; les chiffres indiquent leur nombre par cm² de peau (Corriol, [19]).



La zone péribuccale est plus sensible que le pourtour des narines, ce réflexe persiste donc chez le porteur de masque ; pourtant de nombreux apnéistes ne portent pas de masque entre autres pour conserver la sensibilité des narines à l'eau et au froid dans le but d'accroître leur bradycardie réflexe. Cette bradycardie d'immersion est surtout liée à la température de l'eau, elle est d'autant plus importante que l'eau est froide (figure 21), mais le contact avec l'eau joue également un rôle : en effet, même avec de l'eau à neutralité thermique, l'immersion de la face produit une bradycardie.

Figure 21 – Immersion de la face dans un bain d'eau à diverses températures (Corriol,[15]).



Les courbes montrent, pour chaque température, l'évolution temporelle de la fréquence cardiaque en pourcentage de la fréquence de repos.

3.2.1.b. Les effets de l'apnée.

A l'air libre, l'apnée provoque une faible bradycardie. Cette bradycardie lors de l'apnée serait davantage dûe aux modifications de volume et de pressions pulmonaires qu'à l'hypercapnie dont l'effet bradycardisant est tardif [14]. Lors de l'apnée en immersion, les deux effets s'additionnent.

3.2.2. Facteurs influençant la bradycardie.

- Elle est augmentée par :
 - ◇ Le jeune âge. La bradycardie par immersion de la face est plus intense chez les sujets jeunes [33].
 - ◇ Le froid [15].
 - ◇ Un remplissage pulmonaire important en fin d'apnée. Ce phénomène serait dû à l'intervention de récepteurs d'étirements situés dans la plèvre [19].
 - ◇ L'entraînement. Les sujets pratiquant régulièrement la plongée en apnée présentent une bradycardie plus intense que les autres sportifs [35]. En particulier, Corriol et coll. [14] ont montré que l'entraînement augmente la

réponse bradycardique à l'apnée alors que la réponse à l'immersion de la face n'est pas améliorée.

- ◇ La profondeur. En ce qui concerne l'intervention de ce facteur, les résultats diffèrent. Pour Liner [45], la bradycardie est accentuée avec la profondeur comparativement à une apnée réalisée en surface. En effet, l'augmentation de la pression hydrostatique engendre une diminution du volume pulmonaire et une augmentation du retour veineux. Cette diminution va engendrer une baisse de la fréquence cardiaque afin de limiter l'hypertension artérielle. Au contraire, pour Corriol [19], la bradycardie est indépendante de la profondeur.

➤ Elle est diminuée par :

- ◇ L'exercice : il diminue la bradycardie sans l'annuler [66]. Cela signifie que, au cours de la plongée en apnée, les impératifs de l'apnée l'emportent sur la nécessité du travail musculaire.
- ◇ La manœuvre de Valsalva (technique de compensation consistant à envoyer de l'air dans les trompes d'Eustache de façon à rétablir une pression équivalente de part et d'autre du tympan).

La bradycardie disparaît au profit d'une tachycardie si le sujet pratique une épreuve de Valsalva (Corriol, [19]). En effet, cette manœuvre crée une pression positive intrapulmonaire qui sollicite les récepteurs d'étirement parenchymateux (tachycardisants) mais relâche les récepteurs pleuraux (bradycardisants).

- ◇ L'hyperventilation. Elle serait une des causes de la tachycardie précédant l'apnée et retarderait ainsi de quelques secondes la bradycardie due à l'apnée en immersion (Corriol, [19]).

3.2.3. Intérêt de la bradycardie.

La bradycardie est une adaptation de l'organisme à la plongée en apnée dans un but d'économie d'oxygène. On a pu observer chez les sujets présentant une bradycardie importante, une réduction de la consommation d'O₂ [23], ainsi qu'une désaturation moins rapide de l'hémoglobine [73]. Par contre, les auteurs ne sont pas unanimes en ce qui concerne la relation entre l'intensité de la bradycardie et la durée de l'apnée.

3.3. La vasoconstriction périphérique

La vasoconstriction musculaire et cutanée [31] observée au cours de l'apnée a un triple intérêt :

- Le maintien de la pression artérielle, qui augmente même progressivement au cours de l'apnée (jusqu'à 20 % de sa valeur initiale). La vasoconstriction compense donc la bradycardie [10].
- Privilégier les organes « nobles ».
- La restriction de la circulation du sang dans les organes périphériques résistant bien et longtemps à l'asphyxie (muscles, peau, rate), permet de réserver les bénéfices d'une circulation normale aux organes nobles (cerveau, cœur, poumons) [24].
- Au cours de l'apnée, la vasoconstriction musculaire permet de conserver sur le lieu de production les déchets acides résultant des métabolismes oxydatifs (CO₂, lactates), retardant ainsi l'acidose métabolique jusqu'à la reprise respiratoire. Le muscle travaille en anaérobiose presque totalement pendant la plongée [56].

Au total, la bradycardie et la vasoconstriction sont regroupées sous le terme de « Diving response », dont le principal but est de protéger les organes nobles de l'hypoxie [24].

3.4. Anomalies électro-cardiographiques.

L'excitation vagale ralentit ou suspend le rythme sinusal (effet chronotrope négatif) mais augmente l'excitabilité ventriculaire (effet bathmotrope). [19]. Les anomalies ECG sont fréquentes lors de la plongée en apnée.

Une expérience menée par Olsen et Coll a retrouvé vingt trois fois des modifications ECG notables sur 30 périodes de plongée en apnée à 2,4 mètres de profondeur. Les arythmies les plus importantes survenaient alors en fin d'apnée [52].

- L'anomalie la plus fréquente est la diminution de l'amplitude de l'onde P [19].
- L'amplitude de l'onde T augmente souvent progressivement au cours de l'apnée. Cette modification de l'onde T disparaît lentement après la fin de l'apnée [19].
- Un allongement de l'espace PQ (bloc auriculo-ventriculaire au premier degré) a pu être observé [74].

- Une étude des arythmies survenant pendant la plongée en apnée a mis en évidence parmi les anomalies enregistrées :
 - ◇ Des extrasystoles supraventriculaires (auriculaires et nodales).
 - ◇ Des extrasystoles ventriculaires.
 - ◇ Des arythmies ventriculaires complexes.

Ces anomalies ont pu être observées au sec, mais elles sont vingt fois plus fréquentes en immersion [48]. Ces auteurs suggèrent que l'immersion (même en l'absence d'apnée ou de stimulus froid) joue le principal rôle, par le remplissage accru de la petite circulation et des cavités cardiaques qu'elle provoque ; il en résulte un étirement des fibres myocardiques des cavités droites, surtout au niveau de l'oreillette, siège de réflexes complexes.

Ces arythmies pourraient rendre compte de certaines morts soudaines en immersion attribuées à des noyades.

En médecine de plongée, le test de Flack rend compte de l'adaptation cardiaque à une hyperpression thoracique [70] : Après une inspiration profonde, le sujet souffle dans un tube et maintient une pression de 90 mmHg ; en même temps, on pratique un E.C.G., l'augmentation de la pression intrathoracique entraîne une stase veineuse au niveau du cœur droit pouvant être à l'origine de trouble du rythme cardiaque.

Ce test est apprécié sur la durée de l'inspiration et les variations du rythme cardiaque.

III – LA SYNCOPÉ HYPOXIQUE EN APNÉE SPORTIVE

1 – Définition de la syncope.

La syncope est une perte de connaissance brutale et transitoire, spontanément résolutive avec un retour rapide à un état de conscience normal, s'accompagnant d'une perte du tonus postural. Elle est la conséquence d'une ischémie cérébrale globale et passagère [6].

2 – Mécanisme de survenue de la syncope hypoxique.

L'hypoxie, dont les effets néfastes commencent à se manifester pour une PaO₂ < 50 mmHg (mémoire à court terme perturbée), provoque au dessous de 40 mmHg une

disparition du jugement critique et en dessous de 30 mmHg une perte de connaissance [67]. Normalement, la sensation d'inconfort provoquée par l'augmentation du taux de CO₂ nous oblige à respirer avant d'arriver à ces taux d'O₂. On peut alors se demander, pourquoi en apnée, il est possible d'atteindre ce seuil critique de PaO₂ sans que le signal PCO₂ n'intervienne. Cela s'explique par trois phénomènes qui se superposent :

➤ En immersion verticale, les variations rapides des pressions partielles alvéolaires d'O₂ en fonction des variations de la pression hydrostatique jouent un rôle capital.

Ainsi, l'augmentation de la PAO₂ permet :

- ◆ Une utilisation de la réserve alvéolaire d'O₂ plus poussée qu'elle ne le serait à la pression atmosphérique, permettant de prolonger l'apnée en hypothéquant la réserve d'O₂.
- ◆ De ressentir un état d'euphorie : l'apnéiste se sent bien au fond et peut être tenté d'y rester trop longtemps.
- ◆ Une inhibition du stimulus CO₂, donc l'apnéiste ne ressent pas l'envie de respirer au fond.

A la remontée, la consommation d'O₂ et la baisse de la pression hydrostatique jouent dans le même sens pour faire chuter la PaO₂, créant une hypoxie très rapidement croissante, d'autant plus importante que la surface est proche.

➤ Avec l'entraînement, les apnéistes développent une plus grande tolérance au CO₂ et surtout un plus grand lâcher prise sur les sensations d'inconfort.

L'apnéiste entraîné pourra donc accepter ces signaux de soif d'air jusqu'à ce que l'O₂ parvienne au seuil critique de la syncope.

➤ L'hyperventilation réduit la PaCO₂ qui reste basse tout au long de l'apnée ; l'apnéiste peut ainsi prolonger son apnée sans sensation désagréable de soif d'air.

Pendant ce temps, le corps continue à consommer de l'oxygène. Or le stimulus PaO₂, en l'absence d'autre stimulus, semble insuffisant pour interrompre l'apnée.

De plus l'hypocapnie provoque une vasoconstriction cérébrale provoquant une moins bonne tolérance à l'hypoxie [19].

La syncope hypoxique peut se produire sous l'eau (le plus souvent à quelques mètres de la surface) ou en surface, même quelques secondes après la reprise ventilatoire.

En effet, l'hypoxie dangereuse peut survenir dans les quelques secondes suivant la rupture de l'apnée. Nous avons vu précédemment que la pression transcutanée d'O₂ peut atteindre son minimum jusqu'à 24 secondes après la rupture de l'apnée. [8]. Le même phénomène se produit au niveau cérébral : il faut plusieurs secondes pour que l'oxygène de l'air inspiré ne parvienne au cerveau. Il est donc important de bien surveiller l'apnéiste même après l'émersion.

Si la syncope survient dans l'eau, le principal risque est la noyade. Mais dans un premier temps, plusieurs mécanismes reculent ce risque [72] :

- Si le sujet a hyperventilé avant l'apnée, la PCO₂ lors de la perte de connaissance est insuffisante pour exciter les centres bulbaires qui restent alors inactifs malgré la cessation de l'effet inhibiteur cortical.
- Le fait d'être inconscient protège : le cerveau « endormi » est moins sensible à toute stimulation dont celle du CO₂ élevé.
- La perte de connaissance volontaire relâche les muscles inspiratoires et les poumons se vident partiellement de leur air, puis surviennent les premières secousses respiratoires lors de la reprise ventilatoire. Si de l'eau pénètre dans le larynx, ce dernier se ferme hermétiquement. Au plus, quelques millilitres d'eau entreront dans les poumons si le retour à la surface a lieu rapidement après la survenue de la syncope.

Bien sûr, ces mécanismes trouvent vite leur limite et si le syncopé n'est pas secouru, ses poumons se rempliront rapidement d'eau.

Le nombre de cas de morts par syncope n'a pas été recensé. En chasse sous-marine, nous savons qu'il s'est produit de nombreux accidents mortels ; on peut supposer qu'il s'agissait de syncopes. Ces décès sont survenus le plus souvent lorsque les chasseurs ou les apnéistes plongeaient seuls.

En structure (club, compétition, record), nous n'avons pas connaissance de décès ayant comme cause directe la syncope.

3 – Description de la syncope hypoxique.

Pour Corriol [19], « la perte de connaissance hypoxique est brutale, sans prodrome ; elle n'est qu'exceptionnellement précédée de signes annonciateurs, et souvent niée par l'apnéiste ». A titre d'exemple, Enzo Maiorca signalait qu'au cours de tentatives de records de profondeur, il avait subi au moins sept pertes de connaissance hypoxiques sans jamais en avoir eu conscience ; mais ces accidents avaient été constatés par des accompagnateurs. Les films enregistrés pendant la préparation aux records de J. Mayol dans les années 70-80 montrent qu'à l'émersion, il présentait souvent des troubles importants de la conscience, disparaissant en quelques secondes après la reprise ventilatoire ; il n'en gardait aucun souvenir [19]. Rappelons qu'en dessous d'un certain seuil d'oxygène, on observe un trouble de la mémoire ou du jugement critique. Il est donc possible que les victimes aient ressenti des signes annonciateurs mais qu'elles ne s'en souviennent pas. Cela explique également que l'apnéiste, dans un premier temps a tendance à nier la syncope [41].

Grâce à des témoignages d'apnéistes ou plus souvent de l'équipe de sécurité, il a pu être décrit des signes annonciateurs de syncope, ressentis par la victime ou vus par les témoins (Tableau II).

Tableau II : signes annonciateurs et description de la syncope hypoxique en apnée (d'après Oliveras, [51]).

	Le ressenti personnel	Signes extérieurs
Avant l'apnée	<ul style="list-style-type: none">- Picotement des extrémités- Sensation de flottement- Excitation importante	
	<ul style="list-style-type: none">- Sensation de confort inhabituel- Disparition de l'envie de respirer	<ul style="list-style-type: none">- Durée excessive

Au fond	<ul style="list-style-type: none"> ou de remonter - Sentiment que la remontée va être longue - Sentiment de panique 	<ul style="list-style-type: none"> - Agitation ou relâchement anormaux
A la remontée	<ul style="list-style-type: none"> - Lourdeur ou chaleur dans les muscles des cuisses - Scotomes ou rétrécissement du champ visuel - Confort prolongé ou au contraire pénibilité anormale 	<p><u>Avant la syncope :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Largage de ceinture - Mouvements rapides et désordonnés, non raisonnés, traduisant l'angoisse de l'apnéiste - Recherche anxieuse d'une aide visuelle, (surface, regard d'un apnéiste de sécurité) <p><u>Pendant la syncope :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Lâcher de bulles +++ - Mouvements réflexe d'oscillation - Arrêt de palmage, apnéiste immobile, peut couler ou remonter suivant la flottabilité
En surface	<p><u>Après la syncope :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Amnésie - Négation de l'épisode 	<p><u>Avant la syncope :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Pâleur du visage - Cyanose - Hypotonie ou hypertonie - Regard vide, ne captant pas l'extérieur, panique dans le regard - Secousses musculaires, gestes saccadés - Difficulté à saisir le câble <p><u>Pendant la syncope :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Ralentissement ou arrêt ventilatoire (reprise respiratoire spontanée ou après stimulation cutanée et/ou bouche à bouche) - Pas d'arrêt cardiovasculaire initial - Troubles du tonus (hypo ou hypertonie) pouvant précéder des mouvements tonico-cloniques brefs

- En apnée statique, si la syncope a lieu dans l'eau, le sujet étant déjà complètement immobile durant son apnée, le seul moyen de comprendre qu'il est en syncope est le lâcher de bulle. C'est pour raison que l'apnéiste et la personne effectuant sa sécurité doivent mettre en place un protocole de sécurité de leur choix avant le début de l'apnée. En pratique, la personne en surface stimule l'apnéiste qui doit effectuer une

réponse par un mouvement (lever, serrer la main) sinon il doit être sorti immédiatement de l'eau.

- En apnée dynamique : Peu avant la syncope, on peut observer l'apnéiste palmer soit anormalement vite ou lentement, il peut lâcher quelques bulles puis il s'immobilise.
- En immersion verticale : l'accident ne se produit qu'exceptionnellement au fond. Il a lieu à la remontée, le plus souvent dans les derniers mètres ou à la surface [17]. Si le sujet syncope à la remontée, suivant sa flottabilité (dépendant de la profondeur et du lestage) il peut soit couler, soit remonter. Il est immobile ou présente pendant quelques secondes des mouvements d'oscillation réflexes pouvant être trompeurs. Le lâcher de bulles est là encore un signe important à observer. Le syncopé est alors ramené à la surface par un plongeur bouteille ou un apnéiste de sécurité qui veillera à lui occlure les voies respiratoires à l'aide de sa main.



Source de l'image : Apnée, novembre 2005



Source de l'image : Apnée, mars 2001

Dans la majorité des cas, les apnéistes de sécurité peuvent pressentir la syncope par de petits signes extérieurs (Tableau II).

La syncope a souvent lieu après l'émersion ; de cette constatation découlent deux règles de sécurité :

- Prendre un point d'appui dès le retour à la surface. Ainsi la personne en surface pourra plus facilement observer et secourir si besoin l'apnéiste.
- Surveiller étroitement l'apnéiste dans les trente secondes suivant la remontée à la surface : rester très proche de lui de manière à lui maintenir les voies respiratoires hors de l'eau en cas de syncope, lui dire de bien se ventiler (ce que l'apnéiste n'a pas toujours le réflexe de faire), observer les éventuels petits signes annonciateurs de syncope.

4 – Diagnostic différentiel de la syncope en apnée.

4.1. La syncope vaso-vagale.

Elle est due à une activation du réflexe neuro-cardiogénique faisant relais dans le tronc cérébral, entraînant une inhibition sympathique (responsable d'une chute de la tension artérielle) et une hyperactivité vagale (à l'origine de la bradycardie). Il existe alors une phase prodromique, présyncopale, de durée variable : sensation de tête vide, sueurs, nausées, vertiges, palpitations, vue brouillée, acouphènes, jambes « flageolantes ». La chute de la tension artérielle et la bradycardie entraînent une chute du débit sanguin cérébral. En apnée, ces syncopes vaso-vagales peuvent être la conséquence de douleurs vives lors d'otite ou sinusite barotraumatiques, de piqûres par des animaux marins, d'une émotion intense, etc.

4.2. La syncope sino-carotidienne.

Elle est due à une hypersensibilité du sinus carotidien, entraînant une bradycardie. Pour certains auteurs, l'étirement des sinus carotidiens et leur excitation par voie externe lors des changements de position de la tête pourraient entraîner une bradycardie et une chute de la tension artérielle à l'origine de la syncope. [63] Cette hypothèse a été avancée en apnée car de nombreux apnéistes effectuent une hyperextension de la tête à l'arrivée en surface.

4.3. La syncope d'origine cardiaque.

Au cours de la plongée en apnée, les syncopes d'origine cardiaque peuvent résulter d'une extrême bradycardie, de troubles de conduction ou de troubles du rythme. [9], [56]. Chez le sujet sain, les extrasystoles ventriculaires en apnée sont banales.

Le risque de syncope voire de mort d'origine cardiaque existe chez les sujets présentant une atteinte myocardique préexistante. [73]. Donc, il est utile de réaliser un ECG de repos pouvant mettre en évidence une dysplasie arythmogène du ventricule droit, un syndrome de Brugada, un syndrome de Wolf-Parkinson-Wight, un QT long ou court, un bloc de branche ou un bloc auriculo-ventriculaire, etc.

4.4. L'hypercapnie.

Après un épisode de palmage intense ou au cours d'apnées répétitives rapprochées, sans récupération suffisante, PaCO₂ peut atteindre 50 à 70 mmHg, zone de narcose au gaz carbonique, d'où risque de trouble de la conscience. [62]

Les signes de carbonarcose sont inconstants [19] :

- hypersécrétion salivaire et bronchique.
- nausées et/ou vomissements.
- céphalées en étau.
- crampes
- un sentiment vague d'angoisse, d'anxiété, de malaise, une baisse de la vigilance et du jugement.
- l'érythrose du visage et l'hypersudation, qui font classiquement partie du tableau clinique sont masquées par le séjour dans l'eau.
- essoufflement important entre les apnées.

Dans la majorité des cas, l'accumulation de CO₂ due à des apnées successives ou à un effort très poussé force l'apnéiste à arrêter son effort bien avant la survenue de la diminution de la conscience. Les signes engendrés par l'hypercapnie se distinguent donc de la syncope hypoxique.

4.5. Accidents de décompression en apnée.

Ces accidents (appelés en apnée, accidents de Taravana*) sont dûs à la libération de bulles gazeuses dans le sang. Ils peuvent survenir ou après des plongées répétitives (même à des profondeurs de 20 mètres) [55], ou pour une plongée en apnée à très grande profondeur d'autant plus que la vitesse de descente et de remontée sont rapides (par exemple en no limit). Il faut donc s'attendre à observer de plus en plus souvent cet accident, les profondeurs atteintes ne cessant d'augmenter. La sémiologie de ces accidents de Taravana est faite de vertiges, troubles visuels, nausées, angoisse, déficit neurologique (moteur ou sensitif) ou encore de perte de connaissance. [27]

4.6. L'hypoglycémie.

Il est possible d'observer des malaises hypoglycémiques en apnée, car de nombreux apnéistes plongent à jeun. Cependant l'hypoglycémie n'est jamais responsable de syncope. [6]

5 – Facteurs favorisant de la syncope hypoxique retrouvés dans la littérature.

5.1. L'hyperventilation.

Pour de très nombreux auteurs, l'hyperventilation excessive joue un rôle déterminant dans la genèse de la syncope hypoxique. Pour Corriol, « Sans hyperventilation, l'accident hypoxique est improbable. » [17]

Dans l'étude de Craig [20], tous les survivants victimes de syncope ont rapporté qu'ils s'étaient hyperventilés avant leur apnée.

Comme nous l'avons vu précédemment, l'hyperventilation, dont le principal effet est la baisse du CO₂, peut entraîner une syncope hypoxique car :

- Le stimulus CO₂ n'agit plus sur les chémorécepteurs alors que l'O₂ continue d'augmenter. la tenue de l'apnée, sans le signal d'alarme dû à l'augmentation de la PCO₂, est alors facile et les mécanismes de rupture de l'apnée n'interviennent pas en temps utile avant la perte de connaissance.
- L'hypocapnie provoque une vasoconstriction cérébrale intense qui aggrave l'hypoxémie cérébrale. [18]

* Taravana, mot d'origine polynésienne : de « tara » : tomber, et « vana » : fou.

5.2. L'effort soutenu.

Grand consommateur d'oxygène, l'effort soutenu est d'autant plus pourvoyeur de syncope qu'il a lieu en fin d'apnée où le taux d'O₂ est déjà bas. [32]. Le palmage intensif en poids constant ou en apnée dynamique doit être évité. Il arrive que l'apnéiste majore son effort en fin d'apnée lorsqu'il veut atteindre son but à tout prix malgré les signaux d'alarme ou s'il est pris de panique. Devant ce constat, les apnéistes de sécurité doivent être particulièrement vigilants.

Un lestage trop important peut également favoriser la syncope : la descente sera facilitée car l'apnéiste coulera d'autant plus rapidement que sa flottabilité sera négative. Il sera alors tenté de descendre plus profond. Mais à la remontée, il devra réaliser un effort plus important pour s'opposer à ce phénomène de flottabilité négative.

Le stress peut être considéré comme un équivalent d'effort soutenu de part la consommation accrue d'oxygène qu'il engendre.

5.3. La volonté de performance.

Craig rapporte que parmi les 58 cas de syncopes qu'il a étudiés [20], la plupart des victimes étaient en compétition avec elles-mêmes ou avec les autres. « Elles voulaient battre soit une autre personne, soit leur propre performance ». La motivation est effectivement primordiale afin de parvenir à surmonter la sensation de soif d'air.

5.4. La vitesse de remontée rapide.

Plus la vitesse de remontée est rapide, plus la chute de la PaO₂ est importante (tableau III), le risque de syncope hypoxique au voisinage de la surface est alors majoré.

Tableau III. – Valeurs des pressions partielles alvéolaires à l'arrivée en surface après plongée en apnée de 90 s à 27,4 m, en fonction de la vitesse de remontée (Corriol, [19]).

Vitesse	PaCO₂ (torr)	PaO₂ (torr)
0,58 m / s	45,7 ± 4,1	34,8 ± 5,7
0,70 m / s	37,5 ± 1,2	34,7 ± 4,2
1,07 m / s	31,5 ± 1,3	27,3 ± 3,1
0 (apnée en surface)	52,4 ± 2,4	64,8 ± 13,4

5.5. La perte de notion de temps.

La durée de l'apnée est souvent sous-estimée par l'apnéiste. Plusieurs facteurs peuvent expliquer cette sous-estimation : la bradycardie (ayant pour conséquence une altération passagère du fonctionnement de l'horloge interne), l'hypoxie, la stimulation visuelle, la distraction attentionnelle (pensée, imagerie mentale, etc.). [36] Pour le Docteur Sciarli, [65], le danger principal représenté par cette perte de notion du temps est la syncope hypoxique.

5.6. Age, sexe.

D'après Craig [20], les syncopes hypoxiques surviennent préférentiellement chez les sujets masculins dont l'âge est compris entre 16 et 20 ans. Une des raisons est que les sujets jeunes sont plus vagotoniques.

Par ailleurs, Corriol [17] avance l'hypothèse que les jeunes garçons sont plus téméraires, moins réfléchis, plus attirés par les performances en apnée, que les filles du même âge. Il est probable qu'interviennent chez les garçons des facteurs psychologiques, tels que la motivation de surmonter la « soif d'air ». Une autre explication pourrait résider dans une meilleure tolérance du sexe féminin à la fois à l'hypoxie et à l'hypercapnie modérée [34], mais cette hypothèse n'a pas été démontrée.

5.7. Le nombre d'apnées.

D'après Craig [20], la syncope semble plus fréquente après des apnées successives enchaînées.

5.8. L'entraînement.

A force d'exercices, les apnéistes développent une plus grande tolérance au CO₂ et un meilleur contrôle sur les sensations d'inconfort. Ces

premiers signaux pourront donc être outrepassés alors que la PO2 continue à baisser, jusqu'au seuil de syncope. [72]

IV - PROBLEMATIQUE

La grande majorité des articles sur la syncope hypoxique en apnée retrouvés dans la littérature s'accordent à dire que l'hyperventilation est le facteur principal de survenue de cet accident.

Dans la pratique, il nous a semblé que le déterminisme de ce phénomène était plus complexe. Au fur et à mesure de notre expérience, plusieurs remarques et questions se sont imposées à nous :

- Nous avons assisté à des syncopes survenues à une profondeur réalisée de nombreuses fois auparavant sans incident. Le jour de la syncope, les apnéistes se sentaient en forme et n'avaient pas hyperventilé. Pourquoi, alors, l'accident s'est-il produit ?
- Certains apnéistes multiplient les syncopes alors que d'autres n'en n'ont jamais faites. Certains autres ont fait une seule syncope et cela a amené des remises en question et une réflexion sur la façon d'aborder ce sport et leur propre mise en danger. Il semblerait alors qu'ils aient trouvé là une limite à ne plus franchir.

Cette constatation amène à se poser la question de l'existence de personnalités plus à risque de faire des syncopes.

- A quel point la volonté de performance, la perception du risque, la recherche de sensations, le rapport à son propre corps, le besoin de reconnaissance de soi-même ou des autres jouent-ils un rôle dans la survenue des syncopes ?
- Dans quelle mesure le vécu de la première syncope conditionne-t-il les suivantes ?

Outre le fait de rechercher des facteurs favorisants simples à repérer, nous avons également souhaité aborder le thème de la syncope sous un angle psychologique de manière à comprendre ce phénomène dans sa globalité. Il paraissait important alors

d'interroger les apnéistes sur leur vécu, leur état d'esprit, leurs sensations. Nous avons donc, au travers de cette étude cherché à repérer des comportements à risque de syncope de manière à améliorer la prévention de cet accident. Le vécu de la syncope est lui aussi très différent d'un apnéiste à l'autre. Afin de mieux comprendre la syncope, nous souhaitons approfondir la dimension humaine de ce phénomène, en s'intéressant au ressenti personnel, aux sensations de l'apnéiste lors de la syncope ou plus généralement lors de la pratique de l'apnée, car l'état d'esprit dans lequel on pratique cette discipline conditionne probablement la survenue de la syncope.

Nous avons recherché des comportements à risque de syncope en explorant le vécu de l'apnéiste :

- Que recherche t-il dans la pratique de l'apnée ?
- Accorde t-il plus d'importance à ses sensations ou à la performance ?
- Comment a t-il vécu la syncope ?
- Parvient-il à dégager des facteurs favorisant de cet accident ?

METHODOLOGIE

I – PRESENTATION DU CHOIX DE LA METHODE

La méthode choisie est une enquête qualitative, sous forme d'entretiens semi-dirigés, afin de préserver la liberté d'expression des apnéistes. C'est une technique d'enquête récente, reconnue et utilisée comme telle depuis un peu moins d'un siècle. [7] Il s'agit d'explorer ce que l'autre pense en repérant les tendances, les diversités qui se dégagent de l'entrevue. Les entretiens visent un but spécifique : celui d'en arriver à la compréhension d'une certaine réalité, d'un certain phénomène. [26] Cette méthode se rapproche du mode de la conversation et permet ainsi aux répondants de livrer et d'approfondir les idées qui leur tiennent à cœur sur le sujet abordé.

II – LES ENTRETIENS

1 – Choix de l'échantillonnage.

1.1. Sa composition.

Nous avons souhaité interroger des personnes présentant une certaine expérience de l'apnée et possédant par là même un certain recul sur les événements, la possibilité

de comparer les différentes expériences et donc d'analyser de manière plus fine et plus approfondie des situations et du ressenti personnel.

La sélection de l'échantillonnage a répondu à trois critères d'inclusion :

- Le premier concernait la pratique de l'apnée en compétition (ce qui sous entendait une plus grande expérience de cette discipline).
- Le deuxième était d'avoir déjà fait l'expérience d'au moins une syncope.
- Le troisième concernait la représentation des deux sexes parmi les personnes interrogées.

En pratique, les entretiens ont eu lieu au cours du championnat du monde d'apnée qui s'est déroulé les 3 et 4 septembre 2005, à Villefranche sur Mer (Alpes Maritimes). Organisé par l'AIDA, il rassemblait 71 athlètes (29 femmes et 42 hommes) de 28 nationalités différentes.

Les apnéistes interrogés participaient aux épreuves ou assuraient la sécurité des participants ou encore étaient présents pour les soutenir. Dans tous les cas, ils pratiquaient encore actuellement l'apnée sportive en compétition.

1.2. Sa taille.

L'enquête étant exploratrice à visée compréhensive, la taille de l'échantillon a été volontairement limitée. C'est la qualité de l'échange qui prime sur la quantité. Une seule information donnée par l'entretien peut avoir un poids équivalent à une information répétée de nombreuses fois. Ainsi, le nombre de personnes à inclure dans cette étude peut se situer entre 10 et 15 [26].

Le critère repris pour établir ce nombre est celui de la « saturation théorique », c'est-à-dire que les entretiens peuvent s'arrêter lorsque l'ajout de nouvelles données issues d'entretiens supplémentaires ne sert plus à améliorer la compréhension du phénomène étudié.

Pour cette étude, dix neuf apnéistes ont été sollicités (six femmes et treize hommes), parmi lesquels cinq n'avaient jamais fait de syncope (trois femmes et deux hommes) et un ne souhaitait pas participer. Ce sont donc finalement treize apnéistes qui ont été interviewés.

2 – La réalité de l'entretien.

2.1. Présentation de l'entretien aux athlètes.

Les apnéistes n'ont pas été contactés avant le championnat du monde, de manière à ne pas influencer leur futur discours et d'en préserver le caractère spontané. Ils ont été sollicités sur place. Le premier contact présentait le statut de l'enquêteur (étudiante en 3^e cycle de Médecine Générale) et leur exposait le souhait de les interroger sur leur expérience de la syncope en soulignant l'importance de recueil de tous les éléments subjectifs (ressenti, perception, etc.) La volonté de dégager des facteurs favorisants n'était volontairement pas énoncée de crainte que les apnéistes se sentent jugés, la syncope demeurant souvent un sujet tabou...

Les entretiens ont été réalisés en français (12/13) ou en anglais (1/13).

Chaque entretien a été enregistré grâce à un lecteur MP3, après obtention de l'accord de l'apnéiste, assuré en début de rencontre de l'anonymat.

2.2. Grille d'entretien.

Nous avons établi la grille d'entretien avec l'aide d'apnéistes de haut niveau, en s'appuyant sur leur expérience et leurs interrogations.

Afin de nous assurer que toutes les questions aient bien été posées au cours de l'entretien, nous avons établi préalablement une grille d'entretien.

Le questionnaire est divisé en deux parties :

2.2.1. Première partie : connaissance de l'apnéiste.

Elle comprenait plusieurs objectifs :

- ◆ Etablir une fiche signalétique de l'apnéiste : âge, sexe, nationalité, temps de pratique de l'apnée, profondeur maximale atteinte, antécédents et suivi médicaux,

alimentation, consommation de toxiques, autres sports ou techniques de relaxation pratiqués.

- ◆ Définir une tendance : est-ce plutôt un «apnéiste sensation » ou un «apnéiste performance » ?

Plusieurs questions sont sous-tendues par cet objectif :

- Avez-vous les yeux fermés ou ouverts lors de l'apnée ? (descendre les yeux fermés permet de mieux percevoir les sensations internes, sans s'occuper de l'objectif à atteindre).
- Que recherchez-vous dans la pratique de l'apnée ? Qu'est-ce que cette discipline vous apporte ?
- Comment vivez-vous le fait de terminer l'apnée avant l'objectif que vous vous étiez fixé ?
- Lors de l'apnée, vous laissez-vous guider par vos sensations ou votre mental ?

- ◆ Connaître sa perception du danger.

- Pour vous, l'apnée est-elle une discipline potentiellement dangereuse ?
- Avez-vous déjà pensé à la mort en pratiquant cette discipline ?
- La syncope vous fait-elle peur ?
- Combien de syncopes avez-vous fait en tout ?

2.2.2. Deuxième partie : le récit de la syncope.

Elle est introduite par une phrase identique d'un entretien à l'autre :

« Racontez-moi une de vos syncopes, celle de votre choix, en insistant particulièrement sur vos sensations, avant, pendant et après. »

Les items ci-dessous, indispensables à notre étude étaient soit abordés spontanément par l'apnéiste, soit recherchés dans un second temps.

Ensuite, nous avons choisi de préciser le récit de l'apnéiste en dégagant trois thèmes :

2.2.2.a. Avant l'apnée

- Forme physique (sommeil, alimentation, maladie, surentraînement)
- Forme psychologique (confiance en soi, pression, tension intérieure).
- Nombre d'apnées d'échauffement ? – Récupération suffisante entre les apnées ?
- Conditions météorologiques.
- Matériel (en particulier de lestage).
- Hyperventilation préalable ou non.

2.2.2.b. Pendant l'apnée

- Cette apnée a-t-elle été vécue comme une lutte ?
- Avez-vous réalisé une hyperextension de la tête en fin d'apnée ?
- Avez-vous ressenti des signes annonciateurs de la syncope ? (paresthésies, sensation d'échauffement, vertiges, céphalées, troubles visuels, sentiment que vous alliez faire une syncope).
- Si la syncope a eu lieu en surface, vous étiez-vous bien ventilé avant ?

2.2.2.c. Après la syncope

➤ A court terme :

- Quelle a été la durée de la récupération, selon vous ou les personnes présentes ?
- Avez-vous bénéficié d'une consultation médicale dans les suites de cet évènement ?

➤ A moyen terme :

- Cette syncope vous a-t-elle marqué(e) physiquement ou psychologiquement ?
- A-t-elle modifié votre comportement par la suite ? Vous a-t-elle donné confiance en vous ou fait peur ?

- Avez-vous consulté un médecin ? Y a-t-il eu un bilan médical ?

En dehors de la première question qui introduit de façon très large le thème abordé, les autres questions sont posées dans un ordre variable, ceci pour conserver à l'entretien son caractère spontané. Les questions sont formulées sur l'instant pour guider l'entretien mais en laissant la possibilité d'ajouter d'autres questions qui pourraient surgir dans la discussion, de façon à obtenir la description la plus riche et la plus libre possible de la part des apnéistes.

La durée des entretiens était comprise entre une heure et une heure et demie.

2.3. Transcription des données.

Les entretiens ont été retranscrits de façon « verbatim », c'est-à-dire mot à mot sur support informatique. Cette méthode permet de rassembler tout le matériel verbal et non verbal (intonations, hésitations, sourires et rires, ...) sans faire aucun tri. Cette retranscription (comprise entre 5 et 8 heures) s'est faite immédiatement après chaque entretien. Les données ont pu ainsi être analysées plus finement car les informations retranscrites ressemblent le plus à la réalité de l'entrevue.

2.4. Analyse du contenu.

Les données recueillies sont précisées par une analyse de contenu. Cette analyse facilite le classement des principales idées qui ressortent des entretiens en précisant de façon rigoureuse les différents thèmes. Il s'agit d'une analyse thématique dont les catégories se basent sur le guide de l'entretien. La première étape consiste à découper chaque entretien (retranscrit et rendu anonyme) en thèmes correspondant aux questions ouvertes. Un dossier par thème est réalisé. Ensuite pour chaque dossier, nous tentons de dénombrer et regrouper des sous-thèmes pour aboutir à une représentation significative du contenu. Chaque thème découpé en sous-thèmes présente ainsi plus clairement les résultats et permet une lecture plus facile. Nous avons dans le même temps relevé toutes

les citations importantes des apnéistes interrogés pour souligner avec la plus grande objectivité les pensées et les messages. Ainsi des extraits de paroles des apnéistes sont repris entre guillemets pour leur représentativité ou leur originalité. Ils sont référencés par un numéro inscrit entre parenthèses (ordre chronologique de rencontre) correspondant à l'apnéiste concerné.

RESULTATS

I – CARACTERISTIQUES DES APNEISTES INTERROGES

1 – Sexe.

Sur les 13 apnéistes interrogés, 10 sont des hommes, 3 sont des femmes. L'équilibre homme/femme recherché initialement n'a malheureusement pas pu être réalisé pour trois raisons :

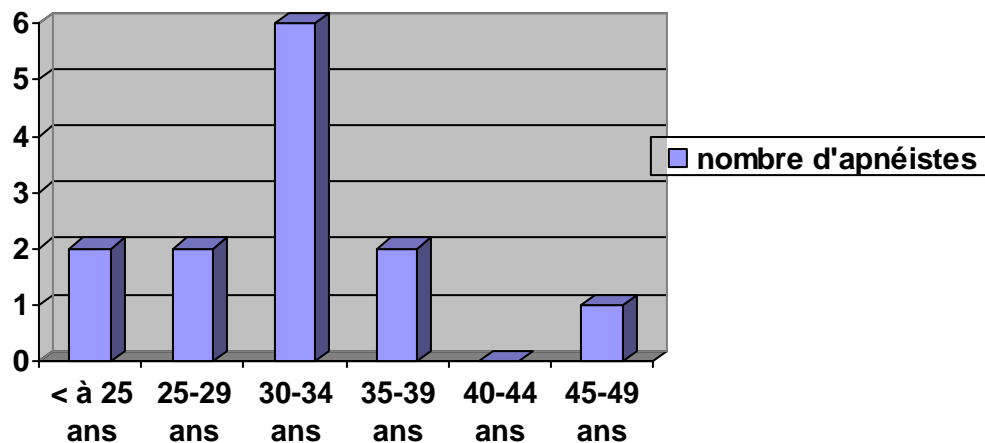
- Lors de ces championnats du monde, les participantes étaient moins nombreuses que leurs homologues masculins (29 contre 42).

- Le championnat du monde s'étalait sur deux journées, les femmes concouraient lors de la première journée, les hommes lors de la deuxième journée. Par respect pour leur concentration, nous n'avons pas souhaité interroger les apnéistes avant les épreuves. Suite aux épreuves, beaucoup de concurrentes ont quitté le site, il n'a donc pas été possible de les interroger.
- Parmi les femmes contactées (6), trois ont répondu qu'elles n'avaient jamais fait de syncope (soit 50 %), contre deux hommes sur les 13 contactés (soit 15,38 %). La personne n'ayant pas souhaité participer à l'entretien avait déjà fait des syncopes.

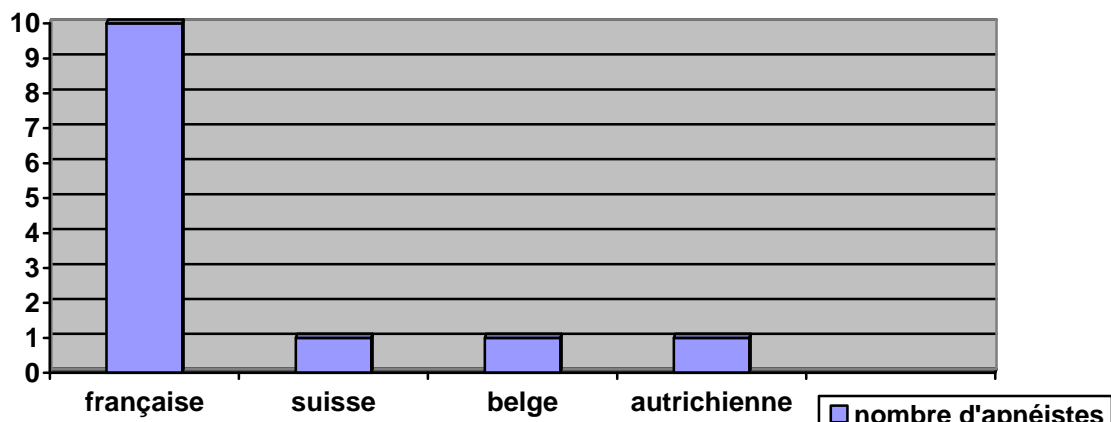
On peut cependant regretter de n'avoir pas pu recueillir plus de témoignages de femmes de manière à obtenir plus de points de comparaison homme/femme dans leur regard sur l'apnée et ses risques.

2 – Age.

Il est compris entre 23 et 46 ans.



3 – Nationalité.



4 – Autres sports pratiqués.

1 apnéiste ne pratique aucun autre sport.

3 pratiquent ou ont pratiqué un autre sport en compétition [natation (3), boxe (4), athlétisme (5)]*.

12 pratiquent un autre sport en loisir, soit dans le but d'améliorer leur condition physique pour l'apnée (course à pied, vélo, natation, musculation), soit parfois pour le sport en lui-même [ski (8, 12), surf (7, 13), chute libre (12), rugby (2), rollerblade (10), boxe (4), snowboard (7)].

5 – Techniques de relaxation.

Aucun n'utilise régulièrement de technique de relaxation à proprement parler. Par contre, la plupart font des étirements régulièrement. Trois pratiquent le yoga (notamment le Pranayama). Occasionnellement, quatre ont recours à des techniques de visualisation d'imageries mentales soit avant, soit pendant la descente en apnée.

6 – Alimentation.

10 apnéistes estiment ne porter aucune attention particulière à leur alimentation.

3 disent « manger sain » plus par goût que dans un souci de performance.

1 seul consomme des compléments alimentaires (complexes multivitaminés) en période d'entraînement intensif.

* Les chiffres entre parenthèses correspondent aux apnéistes concernés.

8/13 plongent à jeun pour éviter que la digestion ne consomme trop d'énergie et/ou pour permettre au diaphragme de se mouvoir plus facilement.

7 – Consommation de toxiques.

7.1. Tabac.

1 apnéiste fume quotidiennement cinq cigarettes par jour.

1 apnéiste fume occasionnellement.

11 ne fument pas.

7.2. Alcool.

Tous consomment de l'alcool très occasionnellement.

7.3. Drogue.

Aucun des apnéistes interrogés ne consomme de drogue.

8 – Suivi médical.

8.1. Antécédents.

10 apnéistes n'ont aucun antécédent médical particulier.

1 a présenté une dépression traitée en milieu hospitalier.

2 femmes ont présenté une anémie ferriprive, non traitée actuellement.

Une femme présente une fuite mitrale explorée.

3 apnéistes sur 13 (toutes des femmes) ont fait des syncopes en dehors de l'apnée.

- Une des femmes a présenté une syncope à 20 ans suite à une insolation.
- Une a fait une syncope étiquetée vaso-vagale, à trois reprises, à la période de l'adolescence.
- Une en a fait plusieurs vers l'âge de 8 ans. il s'agissait d'un « jeu » entre camarades : l'enfant pratiquait une hyperventilation dans le but de faire une syncope.

8.2. Le certificat médical de non contre-indication à la pratique de l'apnée.

Il est délivré :

- Par un médecin généraliste pour 7 apnéistes.
- Par un médecin du sport pour les 6 autres.

8.3. Examens complémentaires.

5 apnéistes n'ont jamais bénéficié d'examens complémentaires.

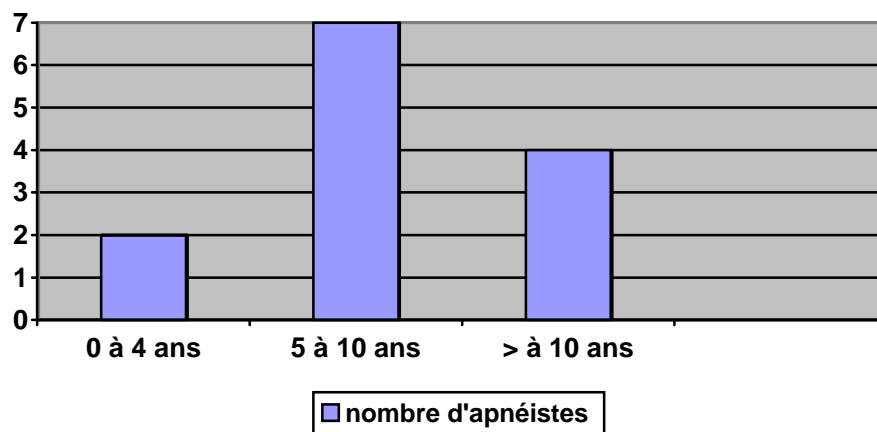
Parmi les examens complémentaires, ont été réalisés :

- ⇒ Un E.C.G. pour 7 apnéistes sur 13.
- ⇒ Une spirométrie pour 7 apnéistes sur 13.
- ⇒ Une échographie cardiaque pour 2 apnéistes sur 13.
- ⇒ Une tympanométrie pour 1 apnéiste sur 13.

II – LEUR PRATIQUE DE L'APNEE

1 – Temps de pratique de l'apnée.

Les apnéistes interrogés ont un temps de pratique de l'apnée compris entre 3 et 23 ans.



Le temps de pratique de l'apnée en compétition s'étale entre 2 et 9 ans. 4 apnéistes pratiquent la compétition depuis moins de 5 ans. 9 apnéistes la pratiquent depuis 5 ans ou plus.

2 – **Discipline favorite.**

✓ **Le poids constant : 6/13.**

Plusieurs arguments ont été avancés pour justifier de cette préférence :

« C'est la discipline la plus complète où l'on est le plus actif, il n'y a pas d'aide extérieure » (4,13).

« Pour la sensation de glisse » (3, 11, 13).

« Parce que j'aime le mouvement d'ondulation en monopalme, j'ai la sensation d'être en harmonie avec l'eau, de faire partie de ce milieu. » (1).

« Parce que c'est la seule discipline qui soit vraiment de l'apnée » (8).

« Quand j'ai commencé l'apnée, je ne me suis pas posé de question concernant la discipline, pour moi, l'apnée c'était ça. » (13).

« Parce que c'est la discipline où je prends le plus de plaisir. » (9).

✓ **Immersion libre : 2/13.**

« Parce que c'est en immersion libre que je me sens le plus confortable et que mes oreilles passent mieux. » (2).

« Parce que je suis plus fort du haut du corps. » (12).

✓ **Poids variable : 1/13.**

« Pour atteindre des profondeurs plus importantes et parce que ça allie la technicité et la finesse. » (7).

✓ **Apnée statique : 2/13.**

« Parce qu'elle permet une relaxation maximale. » (5).

« Parce que je suis quelqu'un de très tendu et stressé et l'apnée statique a été ma solution pour me détendre. » (6).

✓ **Apnée dynamique : 1/13.**

« Parce que c'est celle où je suis le meilleur. » (9).

✓ **Toutes : 1/13 (10).**

3 – Rapport aux sensations et à la performance.

3.1. Apnée les yeux fermés ou ouverts.

- 3 ont les yeux ouverts pendant toute l'apnée.

« Pour observer, parce que la distraction visuelle permet un oubli de l'apnée » (8).

« Parce que quand l'apnée devient difficile, c'est plus facile de regarder à l'extérieur qu'en moi. » (6).

« Parce que je manque de confiance dans le dispositif de sécurité. » (4).

- Les autres alternent yeux fermés et ouverts.

Le fait de fermer les yeux et donc de supprimer un sens, améliore pour la plupart la perception des sensations internes, (« Tu te mets à l'intérieur de toi. » (13)) et permet une meilleure relaxation.

Ils n'ouvrent les yeux que brièvement ou pour contrôler leur trajectoire, pour savoir où se situe le plomb ou la surface, ou pour l'un d'entre eux pour « percevoir un des signes annonciateurs de la syncope : le rétrécissement du champ visuel. » (3).

7 utilisent le pince nez pour éviter d'utiliser les mains pour la compensation et/ou pour la sensation de l'eau sur le visage.

3.2. Leurs raisons de pratiquer l'apnée.

➤ Que recherchez-vous dans la pratique de l'apnée ?

A cette question, tous ont donné plusieurs réponses (en moyenne 2) mais en prenant soin de souligner à chaque fois quelle motivation prévalait.

✓ La performance : citée par dix apnéistes :

- Pour 4 d'entre eux, il s'agit de la motivation principale (9, 10, 12, 13) :
 - « *Je pratique l'apnée pour dépasser les autres* » (9).
 - « *Je fais de l'apnée pour être le meilleur.* » (12).
 - « *Je veux progresser à chaque fois.* » (10).
 - « *La notion de record est importante d'une part pour battre les autres, mais avant tout pour aller là où personne n'a jamais été, pour être un explorateur.* » (13).
- Pour les 6 autres (2, 3, 4, 5, 6, 8), la volonté de performance est présente mais elle ne constitue pas l'objectif principal.
 - « *La performance comme prolongation du plaisir.* » (6).

✓ Les sensations agréables

- 6 personnes (3, 5, 6, 7, 8, 11) ont répondu qu'elles pratiqueraient l'apnée avant tout pour le « plaisir », « la sensation de glisse », « le contact du corps avec l'eau », « la relaxation que cette discipline procure ».
- Pour 5 autres apnéistes (1, 2, 9, 10, 13), cette recherche de sensation apparaît comme objectif secondaire.

✓ La connaissance, la maîtrise et le dépassement de soi.

Ces notions sont citées par sept apnéistes dont trois les considèrent comme motivations principales (1, 2, 4) :

- Connaissance de soi (1) :
 - « *L'apnée me permet de palper le lien entre le corps et le mental et donc d'accéder à une meilleure connaissance de moi.* » (1)
- Maîtrise de soi. (4)
- Dépassement de soi. (2)

➤ Qu'allez-vous chercher au fond ?

- 7 apnéistes ont répondu « la performance », ou « le chiffre » (2, 4, 9, 10, 11, 12, 13).
- 3 autres évoquent le rapport à soi (1, 3, 8).

« Aller au fond, c'est aller vers l'inconnu de moi-même, descendre dans ma profondeur à moi. C'est aussi être déconnectée du mental et donc avoir accès à l'essence de moi-même » (1).

« Ce que je vais chercher au fond ? ... Moi-même ! Qui je suis ... » (3).

« Au fond, je vais me regarder en face. » (8)

- 3 n'ont pas répondu.

3.3. Leur réaction en cas de non atteinte de l'objectif

- 7 apnéistes vivent cette situation comme une déception ou un échec (2, 5, 6, 9, 10, 12, 13). Un d'entre eux va même plus loin : *« Je le vis très mal, c'est un échec. J'ai l'impression d'exister avec l'apnée, si ça ne marche plus, je n'existe plus » (9).*

- Pour les 6 autres, le fait de terminer l'apnée avant l'objectif fixé ne pose pas de problème.

Parmi eux, 3 (3, 7, 11) ont précisé que cette situation ne s'était jamais présentée en compétition.

« J'annonce toujours une performance que je suis capable de réaliser » (3)

« Ce n'est jamais arrivé en compétition car soit je le sens et j'y vais, soit je ne le sens pas et je ne descends pas. » (7)

3.4. Prédominance du mental ou des sensations lors de l'apnée

La question posée pour cet item était : *« Lors de l'apnée, vous laissez-vous guider par votre mental ou vos sensations ? »*

- 10 ont répondu qu'ils se laissaient guider par leurs sensations.

Parmi eux, deux ont précisé que les seules fois où ils avaient occulté les sensations pour se laisser guider par l'objectif, cela s'était soldé par une syncope.

« Lorsque la profondeur est devenue la chose à atteindre, lorsqu'elle a pris plus d'importance que tout le reste, alors je suis descendue avec mon mental, et à chaque fois, j'ai fait une syncope ». (1).

« Je me laisse guider par mes sensations, sauf le jour des syncopes où j'ai occulté les mauvaises sensations » (13).

- 3 ont répondu que leur mental les guidait. (2, 9, 10)

4 – Perception du danger

➤ « Pour vous, l'apnée est-elle une discipline potentiellement dangereuse ? »

- Pour 8 personnes (2, 5, 6, 8, 9, 10, 12, 13), l'apnée ne représente pas de danger en soi.

Un apnéiste précise : « Si elle est pratiquée en sécurité » (6) ; un autre : « Si on est à l'écoute de soi » (8) ; un autre : « L'apnée ne me fait pas peur, ce qui me fait peur, c'est l'échec » (9).

- 5 (1, 3, 4, 7, 11) au contraire, estiment que c'est une discipline potentiellement dangereuse. 2 n'ont pas totalement confiance dans le dispositif de sécurité et craignent un problème matériel (3, 4).
- 1 apnéiste précise que cette notion de danger est apparue avec sa première syncope : « Pendant longtemps, je ne me suis absolument jamais sentie en danger sous l'eau : mon corps et mon instinct me protégeaient. Le jour où je ne les ai plus écoutés, où le mental a pris le dessus avec un objectif à atteindre, alors j'ai enlevé ma ceinture de sécurité et je me suis sentie pour la première fois en danger. » (1).

➤ « Avez-vous déjà pensé à la mort en pratiquant cette discipline ? »

- oui : 6/13 (1, 3, 4, 6, 7, 11).
- non : 7/13 (2, 5, 8, 9, 10, 12, 13).

➤ « La syncope vous fait-elle peur ? »

- oui : 7/13 (3, 4, 5, 7, 8, 11, 13).

« oui, ça me fait peur dans l'absolu, mais je ne pense pas que cela puisse se produire de nouveau car maintenant je me connais bien et j'ai appris à m'écouter »

(3)

« oui, j'ai toujours ça à l'intérieur de la tête, je ne veux pas que ça m'arrive » (8)

« oui, ça me fait peur, au niveau de ma fierté » (11)

« oui, d'une part parce que ce n'est pas agréable, avant on souffre, et d'autre part à cause de la perte de contrôle, ce n'est plus toi qui gère. Mais on s'en remet très vite et on oublie rapidement. » (13).

- non : 6/13 (1, 2, 6, 9, 10, 12).

« non, pas peur mais elle m'inspire un profond dégoût. Ça anéantit tout ce pourquoi l'apnée est belle. Si la syncope a lieu, c'est que tu n'as pas su saisir la magie ; tu as fait un acte d'irrespect de toi, de ton corps, de qui tu es ; tu t'es coupé de quelque chose de fondamental » (1).

« Je ne crains pas la syncope, je crains de ne pas apprécier la plongée : ce n'est plus de " l'apnée plaisir ", mais de " l'apnée lutte " » (6).

III – L'EXPERIENCE DE LA SYNCOPE

1 – Contexte de la syncope

Le tableau III resitue la syncope racontée par rapport à son temps de pratique de l'apnée et à son nombre total de syncopes.

Il est également précisé dans quelle discipline la syncope s'est produite (est-ce la discipline de prédilection de l'apnéiste ?), et si elle est survenue en surface ou dans l'eau.

Tableau III : contexte de la syncope racontée.

Apnéiste	Nombre de syncopes	Sexe	Age	Début apnée/ début compétition	Année 1 ^{ère} syncope	N°/Année syncope racontée (a)	Discipline favorite / Discipline syncope (b)	Eau / surface (c)	E ou C
1	3	F	31	1999/2001	2004	N°1/2004	PC/PC	Eau (5 m)	C
2	5	M	29	1986/1996	1994	N°1/1994	IL/AS	Eau	E

3	4	F	25	1999/2000	2001	N°3/2004	PC/PC	Surf.	C
4	1	M	46	1990/1996	2000	N°1/2000	PC/AS	Eau	C
5	2	M	30	2002/2003	2004	N°2/2005	AS/AS	Eau	C
6	1	M	35	2001/2001	2003	N°1/2003	AS/AS	Eau	C
7	2	M	30	1998/2000	2000	N°1/2000	PV/PC	Surf.	E
8	3	M	33	1982/1994	2001	N°1/2001	PC/AD	Eau	C
9	1	M	33	1995/2001	2001	N°1/2001	AD/PC	Eau (10 m)	C
10	8	M	35	1999/1999	1999	N°1/1999	Toutes/AD	Surf.	C
11	1	F	27	1999/2004	2000	N°1/2000	PC/AD	Surf.	E
12	> 200	M	30	1985/1997	1990	?/2004	IL/PC	Surf.	E
13	6	M	23	1997/2000	2004	N° 5/2004	PC/PC	Surf.	C

(a) Place de la syncope racontée par rapport aux autres syncopes.

(b) PC = Poids Constant ; IL = Immersion Libre ; AS = Apnée Statique ; PV = Poids Variable.

(c) Pour les disciplines en immersion verticale, le chiffre entre parenthèse indique la profondeur à laquelle la syncope s'est produite.

E = Entraînement.

C = Compétition.

2 – Avant l'apnée.

2.1. – **Forme physique.**

- 10/13 se sont estimés en bonne forme physique ce jour là. (1, 2, 4, 5, 7, 9, 10, 11, 12, 13).
- 3/13 ne se considéraient pas en bonne forme physique (3, 6, 8).

Le manque de sommeil apparaît dans les trois réponses, auquel s'ajoutaient :

- Pour une personne, un sous entraînement et une maladie quelques mois auparavant (Mononucléose Infectieuse) (3).
- Pour une autre, un surentraînement dans les semaines précédentes (8).

2.2. – **Forme psychologique.**

- 7/13 ont répondu être en forme psychologique (2, 4, 7, 8, 9,10, 12).

Parmi eux, la majorité (5/13) se sentait même particulièrement confiants.

« Je me sentais très confiant, j'étais centré sur mon objectif. C'est d'ailleurs le point commun de toutes mes syncopes : c'était une profondeur ou un temps qui

comptaient et uniquement ça. J'ai pensé : "Je ne sortirai pas la tête de l'eau avant d'avoir fait 5 minutes" ; le seul objectif était le chiffre. Je n'avais pas peur de la syncope car je n'en n'avais jamais fait. Je ne pensais pas à la syncope, je pensais simplement aux cinq minutes » (2)

- 6/13 ne se sentaient pas en forme psychologique (1, 3, 5, 6, 11, 13). Ils ont tous employé l'adjectif « tendu » pour caractériser leur état psychologique.

« Je sentais que je bloquais autour de 67 mètres et ce jour là, je devais réaliser 70 mètres. C'est là où l'objectif de la profondeur, le chiffre sur le cadran du profondimètre est devenu quelque chose qui a pris plus d'importance que tout le reste. Alors je me suis dit : "Allez, il faut débloquer tout ça, il faut foncer !" ... et donc je me suis armée comme une guerrière. Je descendais dans l'eau pour aller combattre ; combattre contre mes démons, combattre contre mes peurs qui apparaissaient pour la première fois, mais qui étaient justifiées. Je ressentais une tension, mais une tension qui fait que tu te sens fort. Mais finalement, si j'ai eu la nécessité de devenir une guerrière, c'est que je me sentais attaquée par quelque chose, je me sentais affaiblie » (1).

« Je savais que ça allait mal se passer et que j'allais sortir au moins en samba. Je me sentais tendu et n'arrivais pas à gérer mon stress. Je me suis renfermé sur moi-même mais j'avais toujours cette impression d'avoir du monde au-dessus de moi. Je me sentais agacé par tout » (13).

« Je me sentais agacée. Maintenant j'ai compris que quand je me sens agacée, c'est que je suis susceptible de faire une syncope car je ne suis plus dans le plaisir » (11).

« J'étais tendue et je n'avais pas confiance en moi. J'ai annoncé cette performance par orgueil et je ne me suis pas écoutée. C'est uniquement mon orgueil qui voulait aller à cette profondeur » (3).

2.3. – Nombre d'apnées d'échauffement.

Tous ont répondu qu'ils avaient fait le même nombre d'apnées d'échauffement (entre deux et cinq suivant les personnes) et les mêmes récupérations que d'habitude entre les apnées.

2.4. – Météo.

Pour les 6 apnéistes dont la syncope a eu lieu en mer, la météo était clémente ce jour là : pas de courant, ni de houle, bonne visibilité.

2.5. – Matériel.

Tous avaient exactement le même matériel que d'habitude (combinaison, lestage, masque ou pince nez, palmes).

Deux d'entre eux ont connu au fond un problème technique lié au matériel (3, 9) : le mousqueton de la longe s'est accroché avec le mousqueton de la plaquette attaché au plomb. Ils sont tous les deux parvenus à les extraire, l'un en quelques secondes, l'autre en trente secondes environ. Selon eux, cet évènement a favorisé la survenue de la syncope.

2.6. – Hyperventilation.

A la question : « Avez-vous hyperventilé avant cette apnée ? »

- 5 ont répondu négativement (1, 7, 8, 11, 13).
- 8 ont répondu qu'ils avaient hyperventilé, parmi eux :
 - 4 ont hyperventilé de la même manière que d'habitude (2, 9, 10, 12).
 - 2 ont répondu avoir hyperventilé volontairement plus qu'à l'habitude (4, 5).
 - L'un d'entre eux a présenté, après une hyperventilation de dix minutes « *des mains en pince de crabe et les lèvres qui tremblaient* » (5).

On peut souligner qu'il ne savait pas que ses symptômes étaient la conséquence de l'hypocapnie engendrée par l'hyperventilation.

- 2 pensent avoir hyperventilé non pas volontairement mais à cause du stress (3, 6).

3 – Pendant l'apnée, avant la syncope.

3.1. Sensation de lutte pendant l'apnée.

- 6 ont répondu oui (1, 3, 6, 9, 10, 11).

« Tout était une lutte : avant la mise à l'eau, la descente et la remontée »
(1).

« La lutte a débuté arrivé au plomb : à ce moment-là je n'avais qu'une envie : fuir le fond : voilà le point commun de toutes mes syncopes ; vouloir fuir le fond et ne penser qu'à une seule chose : arriver à la surface » (9).

- 7 ont répondu qu'ils n'ont pas particulièrement lutté ce jour-là (2, 4, 5, 7, 8, 12, 13).

« J'ai moins lutté que d'autres fois où je n'ai pas fait de syncopes. Par contre, je me souviens qu'à 20 mètres j'ai regardé à la surface, donc je n'étais pas dans l'instant présent, je me suis projeté dans l'idée d'être à la surface et ça, ce n'est pas bon signe. Ce jour là tout était réfléchi alors que normalement tout se fait naturellement » (13).

« Comme à chaque fois, après 2 minutes les contractions du diaphragme sont apparues, puis une chaleur dans tout le corps. Vers 3 minutes, la soif d'air s'est manifestée sous forme d'une "montée" vers la tête. Il n'y avait aucune différence par rapport à d'habitude. Après je ne me souviens plus »
(2).

3.2. Hyperextension de la tête.

« Vous souvenez-vous avoir réalisé une hyper extension de la tête dans les secondes précédant la syncope ? »

- oui : 3/13 (3, 9, 13).

« oui, j'ai regardé la surface parce que je voulais déjà y être. Selon moi, la syncope était déjà déterminée avant » (9).

« oui, puisqu'à partir de 20 mètres, je regardais régulièrement à la surface, cela montre bien que je n'avais pas une bonne qualité de présence. De toute façon dès de début de la descente, j'avais une moins bonne qualité de présence qu'à l'habitude, c'est plutôt ça qui a fait que la syncope a eu lieu, selon moi, le fait que j'ai levé la tête n'a rien changé » (13).

- non : 10/13 (1, 2, 4, 5, 6, 7, 8, 10, 11, 12).

3.3. Prodromes.

Parmi les prodromes, nous avons distingué :

◆ La présence de signes physiques

Nous n'avons volontairement pas cité ces symptômes dans la question de manière à ne pas influencer la personne interrogée.

- 6/13 ont répondu n'avoir ressenti aucun prodrome. (1,2, 5, 8, 12, 13).
«A chacune de mes syncopes, j'ai fait d'abord le signe "OK" et à ce moment là je suis convaincu que je ne vais pas perdre connaissance » (13) - « non, je n'ai pas senti que j'allais faire une syncope : c'était ma première donc je n'avais pas de points de repères, ça ne faisait pas partie de mes paramètres » (1).
- 7/13 ont ressenti des signes physiques (3, 4, 6, 7, 9, 10, 11).
 - paresthésies des membres : 2/13 (4, 6).
 - rétrécissement du champ visuel : 1/13 (3).
 - contraction des doigts : 1/13 (6).
 - sensation de "poignets serrés" : 1/13 (6).
 - lâché de bulles : 1/13 (6).
 - samba : 1/13 (11).
 - malaise physique général, mal défini : 1/13 (9).
 - échauffement des 4 membres : 1/13 (7).
 - sentiment d'être "comme du coton" : 1/13 (7).
 - douleur puis anesthésie des membres inférieurs : 1/13 (10).

Une apnéiste remarque :

« J'ai peut-être ressenti d'autres signes que le rétrécissement du champ visuel, mais j'étais tellement concentrée sur ma peur que je n'ai sûrement pas su les reconnaître » (5).

◆ L'intuition que la syncope allait survenir

- 6/13 ont eu le sentiment qu'ils allaient faire une syncope. Ce sont les mêmes que ci-dessus sauf 1 (6)
- « *Durant toute la remontée, je me répétais que j'allais faire une syncope* » (3).

3.4. Ventilation avant la syncope.

Dans l'hypothèse où la syncope avait eu lieu en surface, l'apnéiste estime-t-il s'être ventilé correctement juste avant de perdre connaissance ?

6 syncopes sur 13 relatées ont eu lieu en surface.

- 3/6 se rappellent ne pas avoir ventilé correctement. (3, 7, 11).
« *Je me rappelle avoir retiré mon masque, mais je n'ai pas respiré* » (3).
- 2/6 pensent s'être ventilé correctement (12, 13).
- 1/6 ne se souvient pas (10).

4 – Après la syncope.

4.1. A court terme.

Pour tous, d'après l'entourage, la syncope n'a duré que quelques secondes.

Seulement deux apnéistes se souviennent des quelques secondes avant la syncope (11, 13).

Tous les apnéistes interrogés disent avoir récupéré très rapidement et ne pas s'être sentis particulièrement fatigués dans les minutes ou les heures suivantes.

« *Après, je me sentais super bien, je n'avais qu'une envie, c'était de me retourner dans l'eau.* » (2).

1 seul des apnéistes interrogés a consulté un médecin dans les jours suivant la syncope.

Il a été pratiqué un examen clinique, mais pas d'examen complémentaires.

4.2. A moyen terme.

- « *Cette syncope vous a-t-elle marqué physiquement ou psychologiquement ?* »

✓ oui :

- Psychologiquement : 7/13 (3, 4, 5, 7, 8, 9, 11).

« Cette syncope a entamé ma confiance, j'avais l'impression de ne plus me connaître. Je me suis mise en danger par ma faute car j'ai surestimé l'objectif. Je l'ai mal vécu car je me suis sentie coupable. La syncope va à l'encontre de l'image de ce sport où il ne faut pas aller au delà de ses limites mais les approcher subtilement en étant à l'écoute de nos perceptions, et cela s'éduque avec l'entraînement. » (3).

« Dans les semaines qui ont suivi la syncope, j'ai pensé à chaque plongée : "je vais m'en coller une" » (7).

« Suite à cette syncope, à chaque compétition je suis sorti soit en samba, soit en syncope. » (8)

« Pendant les semaines suivantes, j'étais stressé à chaque fois que je remontais sur le bateau. » (9).

« Je trouve ça idiot de se mettre dans un état de souffrance. Après la syncope, j'ai mis deux ans à refaire 100 mètres. » (11).

- Physiquement et psychologiquement : 1/13 (1).

« Ça m'a marquée psychologiquement car je n'avais plus confiance en moi : le lien entre le corps et le mental s'est brisé, il y a eu trahison, rupture du pacte entre les deux. Ça m'a également marquée physiquement car lors des descentes ultérieures, tout mon corps était tendu et je ne suis plus jamais descendue à ces profondeurs. » (1).

✓ non : 5/13 (2, 6, 10, 12, 13).

« non ça ne m'a pas marqué plus que ça, par contre suite à la syncope, j'ai stagné pendant un certain temps. » (6)

« C'est là, quelque part dans un coin de ma tête, mais ça ne m'a pas marqué plus que ça. » (13).

➤ « Cette syncope a-t-elle modifié votre comportement par la suite ? »

✓ oui : 9/13 (1, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 11).

« Il faut que je réapprivoise progressivement le lien entre le corps et l'esprit. »

(1).

« J'ai changé la définition de mes objectifs, je cherche à mieux les analyser en fonction de mes sensations. » (3)

« J'hyperventile moins. » (4)

« Je prends plus de marge. » (5).

« Maintenant, s'il y a quelque chose que je ne sens pas, même sans savoir ce que c'est, je ne plonge pas. Je suis plus à l'écoute de moi. » (6)

« Je prends plus de marge. Je progresse plus progressivement. » (7)

« Je ne fais pratiquement plus de compétition. » (8)

« Je progresse dorénavant doucement mais sûrement. Je veille à ce que l'envie de la performance vienne de moi et non des autres. » (11).

✓ non : 4/13 (2, 10, 12, 13).

« S'il n'en tenait qu'à moi, j'aurais fait plus de syncopes, non pas comme une fin en soi, mais pour dépasser mes limites et progresser. Je ne le fais pas car il y a une équipe autour. Ce qui m'ennuie aussi dans la syncope, c'est que c'est disqualifiant en compétition. » (2).

« non, ça n'a pas modifié mon comportement, je ne suis pas plus précautionneux, au contraire car les syncopes arrivent en situation de stress donc j'essaie de lâcher prise au maximum ; j'enlève tout protocole, je ne me renferme pas sur moi-même, je discute avec les autres. » (13).

	<i>Forme Physique</i>	<i>Forme psychologique</i>	<i>Problème Matériel</i>	<i>Hyper Ventilation</i>	<i>Sentiment De Lutte importante</i>	<i>Hyper Extension De la tête</i>	<i>Prodromes</i>	<i>Bonne ventilation avant syncope *</i>
1	+	-	-	-	+	-	-	
2	+	+	-	+	-	-	-	
3	-	-	+	+ (stress)	+	+	+	-
4	+	+	-	++	-	-	+	
5	+	-	-	++	-	-	-	
6	-	-	-	+ (stress)	+	-	+	
7	+	+	-	-	-	-	+	-
8	-	+	-	-	-	-	-	
9	+	+	+	+	+	+	+	
10	+	+	-	+	+	-	+	?
11	+	-	-	-	+	-	+	-
12	+	+	-	+	-	-	-	+
13	+	-	-	-	-	+	-	+

* Pour ceux dont la syncope est survenue en surface (3, 7, 10, 11, 12, 13).

Nous remarquons que, parmi quatre apnéistes ayant fait cinq syncopes ou plus (2, 10, 12, 13) (tableau V) :

- 3 ont répondu que leur objectif principal en apnée était la performance (10, 12, 13) ; 1 a répondu que sa motivation principale était le dépassement de soi (2).
- Tous ont répondu que ce qu'ils allaient chercher au fond était le chiffre, la performance.
- Tous ont reconnu être déçu lorsque leur objectif n'était pas atteint.
- Aucun d'entre eux n'estiment l'apnée comme un sport dangereux. Ils ont répondu ne jamais avoir pensé à la mort en apnée.
- 3 d'entre eux (2, 10, 12) ont répondu ne pas avoir peur de la syncope.
Un apnéiste (13) a répondu en avoir peur, non pour les conséquences, mais parce que cela signifiait qu'il avait perdu le contrôle de lui-même.
- Cet accident n'a marqué aucun d'entre eux.
- Aucun n'a modifié son comportement à la suite de leurs syncopes.

Tableau V : Approche psychologique de la syncope hypoxique.

	Nombre de syncopes	A	B	C	D	E	F	G
1	3	C	C	B	O	N	O	O
2	5	D	P	M	N	N	N	N
3	4	S	C	B	O	O	O	O
4	1	M	P	B	O	O	O	O
5	2	S	/	M	N	O	O	O
6	1	S	/	M	N	N	N	O
7	2	S	/	B	O	O	O	O
8	3	S	C	B	N	O	O	O
9	1	P	P	M	N	N	O	O
10	8	P	P	M	N	N	N	N
11	1	S	P	B	O	O	O	O
12	> 200	P	P	M	N	N	N	N
13	6	P	P	M	N	O	N	N

A : Raison principale de pratiquer l'apnée ; **C** : connaissance de soi ; **D** : dépassement de soi ; **M** : maîtrise de soi ; **P** : performance ; **S** : sensations.

B : Qu'allez-vous chercher au fond ? – **C** : connaissance de soi ; **P** performance ; / : pas de réponse.

C : Vécu en cas de non atteinte de l'objectif ; **M** : mauvais ; **B** : bon.

D : Pour vous, l'apnée est-elle une discipline potentiellement dangereuse ? **O** : oui ; Non : non.

E : La syncope vous fait-elle peur ? **O** : oui ; **N** : non.

F : Cette syncope vous a-t-elle marqué (e) ? **O** : oui ; **N** : non.

G : Cette syncope a-t-elle modifié votre comportement ? **O** : oui ; **N** : non.

DISCUSSION

I – VALIDITE DE L’ETUDE

1 – Le choix de la méthode.

L’objectif de ce travail était d’obtenir le point de vue des apnéistes sur le déroulement et les facteurs favorisant de la syncope. Ainsi, nous avons souhaité explorer leur vision de l’apnée, leur façon d’appréhender la performance, leur perception de la syncope, leur état d’esprit le jour J qui, de notre point de vue, peuvent jouer un rôle dans la survenue de cet accident.

Afin d’approcher cette dimension « humaine » de l’apnéiste, il nous a semblé qu’une approche exploratoire s’imposait sous la forme d’entretiens semi-directifs. Les apnéistes se sont exprimés librement, ce qui nous a permis de connaître en détail leurs fonctionnements, leurs difficultés, leurs vécus de l’apnée et de la syncope, leurs expériences.

Cette étude porte sur un petit nombre de cas. Les résultats ne sont pas généralisables à l’ensemble de la population des apnéistes. Le but de ce travail n’est pas épidémiologique, ni quantitatif, mais c’est une approche pour tenter de comprendre d’une manière globale pourquoi et comment a lieu une syncope en apnée.

2 – Les forces de la méthode.

Il s’agit d’une méthode favorisant au sein d’une relation humaine l’échange et la discussion. Elle donne « un accès direct à l’expérience des individus. » [7] La conversation ainsi produite permet de partager et d’explorer des données riches en détails et en descriptions. L’apnéiste est alors en mesure de décrire le plus richement possible son expérience, son attitude, son point de vue sur sa pratique de l’apnée et son analyse de la syncope. La situation de l’entretien permet en outre de révéler ce que l’apnéiste pense et qui ne peut être objectivé dans des études quantitatives (ses sentiments, ses réflexions). Elle révèle aussi ses comportements antérieurs, l’évolution de sa pratique ou encore sa propre expérience personnelle. Le schéma de l’entretien est un outil de recherche souple et flexible permettant de s’assurer que tous les points

importants prévus antérieurement ont été abordés. Il s'adapte au discours produit, gardant ainsi sa spontanéité.

3 – Les faiblesses de la méthode.

3.1. D'une façon générale.

Tout discours produit par un entretien est co-construit par les partenaires du dialogue.

De l'interaction entre les deux personnes, du moment choisi dépend la qualité de l'entretien.

Cette méthode fait intervenir la subjectivité de l'enquêteur. De par sa documentation, ses connaissances, sa personnalité et sa sensibilité, celui-ci a des opinions, des sentiments et des présuppositions sur le sujet abordé. De plus, il peut exister une attitude de calcul de l'enquêteur dans le but d'établir un rapport de confiance avec le répondant.

Par ailleurs, elle ne permet pas de s'assurer de la fiabilité des réponses des personnes interrogées. Le répondant peut répondre ce que l'enquêteur attend de lui, ou ce qu'il a envie de répondre pour ne pas être jugé. Ce qui est dit et entendu au cours de l'entretien dépend de l'état d'esprit du répondant au moment où les questions sont posées.

Enfin, il peut exister des blocages de communication. La production du discours est fonction de l'aptitude et du goût pour la communication tant du répondant que de l'enquêteur.

3.2. Concernant ce travail.

Les entretiens ont été réalisés aux championnats du monde qui ont eu lieu sur deux jours. Les apnéistes présents, qu'ils participent ou non à la compétition étaient très occupés. Il leur a donc été parfois difficile de consacrer le temps nécessaire à l'entretien. Pour détourner cette difficulté, ils étaient préalablement informés de l'entretien, puis nous fixions une heure précise de rendez-vous dans la journée. Cette organisation

nécessaire pouvait réduire la spontanéité de leur discours. Un entretien a du être accéléré car l'apnéiste était sollicité ailleurs, ce qui a pu diminuer la liberté et la richesse du discours. Trois autres entretiens ont été interrompus quelques minutes, perturbés par des facteurs extérieurs, puis repris. Des informations ont pu alors être oubliées faute de fil conducteur dans leurs pensées et leurs paroles.

II – LECTURE CRITIQUE DES RESULTATS

1 – Les apnéistes étudiés.

1.1. Leur statut de compétiteurs.

Il a été choisi de n'interroger que des compétiteurs, pour des raisons pratiques (présence des apnéistes sur un même lieu à une date donnée), et pour recueillir des informations chez des personnes ayant une plus grande expérience de l'apnée et donc pouvant décrire et analyser de manière plus riche et plus précise leurs sensations, leur vécu. Cependant, cela représente un biais car le fait d'être compétiteur peut être soutenu par un certain état d'esprit où la réussite et l'objectif sont particulièrement importants.

1.2. Le sexe ratio.

Nous ne sommes parvenus à recueillir que trois témoignages de femmes contre 10 d'hommes, pour des raisons évoquées précédemment (cf p. 82).

On peut cependant regretter de n'avoir pas pu recueillir plus de témoignages de femmes de manière à obtenir plus de points de comparaison homme/femme dans leur regard sur l'apnée et ses risques.

2 – Description de la syncope.

Sur la description de la syncope, nous n'avons recueilli que les sensations décrites par l'apnéiste. Il aurait été intéressant de réaliser l'entretien en présence d'un témoin de la syncope afin qu'il nous décrive les signes extérieurs qu'il aurait observés. De plus, il est possible que certains prodromes de la syncope rapportés dans le discours soient

modifiés ou omis par rapport à la réalité car rappelons qu'en deçà d'un certain seuil de PO₂, il existe une altération du jugement critique et de la mémoire à court terme, voire une diminution insidieuse de la conscience [41].

Les résultats nous montrent que la syncope n'est pas nécessairement précédée d'un sentiment de lutte. Il convient donc d'être vigilant à d'autres signes annonciateurs que celui-ci.

Par contre, si l'apnéiste ressent son apnée comme particulièrement difficile, cela peut se solder par une syncope. La prévention consiste soit à terminer l'apnée si cette dernière a lieu en piscine, soit à se relâcher au maximum tout en regagnant la surface, si l'apnéiste est à une certaine profondeur en mer.

Une erreur courante est de vouloir regagner le plus rapidement la surface, cela crée une consommation accrue d'oxygène, ce qui va augmenter le risque de syncope.

Pour Corriol, « L'accident se produit exceptionnellement au fond ; presque toujours il a lieu à la remontée, au voisinage immédiat de la surface ou même à la surface » [17].

Les résultats de notre étude sont cohérents avec cette hypothèse puisque la syncope la plus profonde a eu lieu à 10 mètres et que six se sont produites en surface.

Selon le même auteur, « la perte de connaissance hypoxique n'est qu'exceptionnellement précédée de signes annonciateurs » [17], ce qui n'a pas été retrouvé dans notre étude où la majorité des apnéistes ont ressenti des signes physiques. Ces derniers sont très différents d'une personne à l'autre puisque chaque signe n'a été cité qu'une fois excepté les paresthésies des membres décrites à deux reprises. Il semble donc difficile d'établir une liste de signes annonciateurs ressentis.

En somme, toute sensation inhabituelle doit alerter et conduire à finir son apnée tout en étant le plus détendu possible.

3 – Recherche de facteurs favorisants.

3.1. Le sexe.

Afin d'obtenir un résultat significatif, il aurait été nécessaire d'interroger tous les participants masculins et féminins et de leur demander s'ils avaient déjà fait une syncope et si oui, combien. Dans notre étude, nous avons été confrontés à plus de réponses négatives de la part des femmes que des hommes puisque 50 % d'entre elles n'ont jamais fait de syncopes contre 15 % des hommes contactés.

Par ailleurs, les femmes interrogées ont fait en moyenne 2,67 syncopes contre 3,22 chez les hommes. (l'apnéiste ayant fait 200 syncopes a été exclu de ce calcul).

Sans être significatif, ce résultat peut laisser présupposer que cet accident surviendrait moins fréquemment chez les femmes. Sans le démontrer, Corriol pressent également ce phénomène et émet l'hypothèse que les « hommes sont plus téméraires et moins réfléchis que les femmes. Il est probable aussi qu'interviennent chez les garçons des facteurs psychologiques tels que la motivation et la volonté de surmonter la soif d'air ». [19] Il note à juste titre que « seule une étude épidémiologique extensive des accidents pourrait peut-être justifier cette hypothèse ». Il avance comme autre hypothèse une meilleure tolérance du sexe féminin à la fois à l'hypoxie et à l'hypercapnie modérée. [19]

3.2. L'âge.

Il résulte d'une étude menée par Craig [20] que les victimes de perte de connaissance étaient le plus souvent des sujets jeunes, de 13 à 33 ans avec une médiane de 18 ans. Notre travail n'est pas cohérent avec cette étude puisque la première syncope est survenue à l'âge de 27 ans en moyenne. Ici le jeune âge ne semble donc pas être un facteur favorisant de syncope.

3.3. L'expérience.

Dans notre étude, les apnéistes ont connu leur première syncope en moyenne 6 ans après leur début en apnée. Dix ont syncopé pour la première fois après leur début dans la compétition (en moyenne 2,2 ans après) ; pour les trois autres, la première syncope était antérieure. Il ne semble donc pas que les novices soient plus prédisposés à cet accident. Au contraire, comme le souligne Wiss [72], l'entraînement, en retardant certains signaux d'alarme, pourrait favoriser la survenue de syncope.

3.4. La compétition.

La plupart des syncopes rapportées ont eu lieu en compétition (9/13), où l'objectif à atteindre est inévitablement présent et important.

Mais les quatre apnéistes dont la syncope est survenue à l'entraînement ont tous souligné que ce jour là, le but à atteindre (chronomètre ou profondeur) avait pris le pas sur le reste (notamment l'écoute de leurs sensations).

Au-delà du fait d'être en compétition, dans toutes les syncopes rapportées dans cette étude, l'objectif prévalait sur les sensations.

D'ailleurs un des apnéistes le résume très bien : « *Il y a un point commun à toutes mes syncopes ; c'était une profondeur ou un temps qui comptaient et uniquement ça* » (2).

Cela se conçoit facilement puisque ce sont des sensations désagréables qui commandent de respirer. Si l'apnéiste parvient jusqu'à la syncope c'est soit qu'il ne les a pas écoutées, l'objectif et la motivation les surpassant, soit qu'il était coupé de ses sensations, il a laissé alors uniquement son mental guider son apnée.

« *Ce n'était pas douloureux, je ne ressentais rien* » (1).

Ces résultats sont en accord avec l'étude de Craig [20] pour qui la plupart du temps les victimes étaient en compétition avec eux-mêmes ou avec les autres, ils voulaient battre soit un autre, soit leur propre performance.

On peut donc conclure que la volonté farouche d'atteindre un certain objectif est indéniablement un facteur favorisant de syncope.

3.5. Discipline de l'apnée.

7 apnéistes sur 13 ont raconté une syncope survenue dans une discipline qui n'était pas leur discipline de prédilection. En apnée, chaque discipline requiert une habitude, des aptitudes et certaines sensations sont propres à chacune d'elles. On peut imaginer que réaliser son apnée dans une discipline dans laquelle on est moins performant où l'on connaît moins ses réactions puisse entraîner une moins bonne écoute et gestions des sensations, au pire une syncope. Par ailleurs, pour la plupart des

apnéistes (9/13), la discipline dans laquelle s'est produite la syncope racontée nécessitait un palmage (Poids constant ou apnée dynamique), donc un effort musculaire particulièrement important. Cette constatation rejoint l'étude de Craig qui retrouve comme points communs aux victimes l'effort musculaire important au cours de l'apnée. [20] Notons quand même que parmi ces neuf personnes, sept étaient habituées à palmer en apnée puisque leur discipline de prédilection requièrait cet effort. Les deux autres préféraient le poids variable ou l'immersion libre où l'effort physique est moins important. Cependant aucun n'a souligné le fait qu'il avait palmé de façon plus soutenue qu'à l'habitude ce jour là.

3.6. Facteurs extérieurs.

Nous n'avons pas retrouvé dans la littérature de données concernant l'intervention d'un facteur extérieur dans l'intervention de l'accident hypoxique.

Dans notre étude, deux apnéistes ont connu un problème technique au fond ; le stress engendré par cet incident ainsi que l'effort supplémentaire fourni ont pu contribuer à la survenue de la syncope.

Il semble logique que tout facteur extérieur entraînant une réaction de peur, de surprise ou la nécessité d'un effort puisse favoriser une syncope hypoxique.

3.7. Nombre d'apnées d'échauffement.

Dans notre travail, le lien entre le nombre d'apnée d'échauffement et la syncope ne peut être fait puisque tous les sportifs interrogés avaient réalisé le même nombre d'apnées d'échauffement qu'à l'habitude, avec la même récupération.

Pour Corriol : « Les accidents semblent plus fréquents après des apnées successives enchaînées. » [17] Cette constatation concerne a priori plus les chasseurs sous-marins qui multiplient leurs apnées en limitant la récupération.

C'est aussi le cas lors de certains entraînements d'apnée en piscine où l'on pratique une répétition d'apnées rapprochées de façon à travailler la tolérance à l'hypercapnie. (La distance réalisée en apnée est alors bien inférieure à celle de l'apnée maximale que peut réaliser l'individu). Cet enchaînement d'apnées entraîne une hypercapnie lente dont les signes, comme nous l'avons vu précédemment, apparaissent

insidieusement. La baisse de la vigilance n'est observée que pour des hypercapnies importantes.

La sémiologie de cette hypercapnie est donc très différente de celle de l'hypoxie dont les signes surviennent plus brutalement.

3.8. Hyperventilation.

Contrairement aux données de la littérature, notre travail ne retrouve pas l'hyperventilation comme le facteur principal de survenue de la syncope puisque 5 n'ont pas hyperventilé du tout et que seulement deux ont admis s'être particulièrement hyperventilés avant cette apnée. Il y a quelques années, l'hyperventilation était très pratiquée en apnée, mais aujourd'hui, tous les apnéistes en connaissent les dangers et limitent la plupart du temps leur préparation à quelques mouvements respiratoires plus amples mais plus lents que la normale sans hyperventilation vraie.

3.9. Forme physique.

Se sentir en mauvaise forme physique doit conduire à être particulièrement prudent et à réduire ses objectifs car cela peut contribuer à la syncope, comme nous le rapportent trois apnéistes.

A l'inverse, être en une bonne forme physique, comme l'estimaient une large majorité des personnes de notre étude, ne protège pas de cet accident.

3.10. Forme psychologique.

Un état de tension ou de stress convient d'être repéré par l'apnéiste de façon à insister particulièrement sur le relâchement ou revoir la performance annoncée à la baisse voire à remettre l'apnée à un autre jour. En effet, cet état provoque une surconsommation d'oxygène potentiellement génératrice d'accident hypoxique.

Parmi les apnéistes ayant répondu s'être sentis en bonne forme psychologique, cinq ont précisé qu'ils étaient particulièrement en confiance et forts. Ils présentaient donc un état psychologique modifié par rapport à leur état de base.

On peut donc en déduire que tout état psychologique perçu comme inhabituel est à repérer de manière à accentuer sa vigilance.

3.11. Hyperextension de la tête.

Quelques apnéistes se souviennent avoir effectué cette hyperextension de la tête dans les derniers mètres de la remontée. Cependant, ils expriment cette attitude plus comme une conséquence d'un certain stress ; pour eux la syncope serait plus liée à cette anxiété qu'à l'hyperextension de la tête, simple manifestation d'une envie de rejoindre la surface parce que l'on se sent déjà en difficulté. Il semble alors difficile de faire le lien entre l'hyperextension de la tête et la survenue de la syncope (qui d'ailleurs ne serait pas hypoxique mais vaso-vagale).

3.12. Mauvaise ventilation à l'émersion.

Il est probable qu'une mauvaise ventilation dès le retour en surface contribue à la perte de connaissance hypoxique. Mais cet état de fait est probablement dû à une altération préalable de la conscience et l'on peut supposer que la syncope se serait produite de toute manière.

Même si la ventilation est correcte, rappelons que la reprise respiratoire ne fait pas disparaître immédiatement l'hypoxie, à cause du temps de circulation sanguine [68]. L'accident hypoxique est déjà probablement déterminé avant l'émersion.

3.13. Mémoire du corps.

Certains apnéistes rapportent un enchaînement dans la survenue de leurs syncopes. Quelques uns, suite à une syncope, en ont réalisé d'autres peu de temps après, à des profondeurs qu'ils atteignaient auparavant facilement. On peut alors se demander s'il n'existe pas une certaine mémoire du corps, qui a emmagasiné de mauvaises sensations sans que l'esprit en soit nécessairement conscient. Une des apnéistes l'illustre bien lorsqu'elle nous fait part de sa « tension musculaire dès l'immersion dans l'eau » suite à sa première syncope. C'est pour cette raison que dans les suites de cet accident il est important de réappivoiser progressivement son corps et de lui faire connaître de nouveau des sensations agréables.

Deux facteurs favorisant de la syncope hypoxique retrouvés dans la littérature n'ont pas été mis en évidence dans cette étude :

- ✓ La perte de notion de temps.

Elle n'a été abordée par aucun apnéiste. Cela s'explique peut-être par le fait que dans la seule discipline où le chronomètre importe (l'apnée statique), l'apnéiste est tenu régulièrement informé du temps qui est écoulé par l'apnéiste de sécurité.

✓ La vitesse de remontée.

Aucun n'a précisé que sa vitesse de remontée à proprement parler était plus importante qu'à l'habitude.

Cependant, certains nous ont confié qu'ils se sentaient particulièrement stressés lors de leur remontée et qu'ils étaient pressés d'arriver à la surface. On peut supposer que leur remontée pouvait être plus rapide qu'à l'accoutumée même s'ils n'en n'ont pas eu conscience. Un témoignage extérieur aurait été intéressant afin de préciser ce fait.

4 – Diagnostic différentiel de la syncope hypoxique.

Sur ce point, la visite médicale préalable à la pratique de l'apnée prend toute sa place. En ce qui concerne la syncope hypoxique, le médecin ne pourra avoir qu'un rôle d'information (non négligeable cependant), car cet accident dépend avant tout du contexte dans lequel est réalisé l'apnée le jour J.

Par contre, il pourra déceler d'autres causes de syncopes :

➤ **Troubles du rythme ou de conduction cardiaque :**

Il nous semble indispensable de réaliser un ECG à tous les apnéistes pratiquant la compétition (ce qui n'est pas le cas en pratique). En cas d'anomalie, des investigations complémentaires devront être réalisées.

Cependant, l'ECG au repos ou pendant l'effort ne permet que rarement de prévoir une arythmie se développant au cours de l'immersion en eau froide.

Ainsi, un ECG en apnée avec immersion, voire un holter pendant 24 heures avec plongée d'essai en eau froide constitueraient la meilleure méthode de détection de ces arythmies. [48]

➤ Syncope vasovagale.

On peut proposer la réalisation d'un Tilt Test chez les apnéistes rapportant comme antécédents des syncopes d'allure vagale survenues en dehors de l'apnée. Il s'agit d'un test de provocation (le stimulus est orthostatique) utilisé pour déterminer la susceptibilité d'une personne à une syncope vasovagale.

III – PREVENTION DE LA SYNCOPE

De l'étude de la description et des facteurs favorisant de la syncope découlent des règles de sécurité pour prévenir la syncope hypoxique. Nous avons rédigé les consignes de sécurité ci-dessous avec l'aide d'apnéistes expérimentés.

✓ Pour l'apnéiste réalisant une performance :

- Savoir revoir son objectif à la baisse voire remettre la plongée à un autre jour si les conditions ne sont pas favorables à la réalisation d'une performance (ne se sent pas en forme, mauvaises conditions météo, etc.).
- Limiter au maximum son lestage.
- Ne pas hyperventiler avant l'apnée.
- Ne pas se focaliser sur l'objectif à atteindre, mais rechercher le plaisir et être à l'écoute de ses sensations. Se relâcher au maximum avant et pendant la plongée.
- Port d'une longe de sécurité attachée au câble.
- Annonce de la profondeur avant l'immersion, et ne pas la dépasser.
- Toujours rester près du câble.
- Ne pas rester au fond.

- Savoir repérer les signes précurseurs de syncopes qui doivent conduire à terminer son apnée en étant le plus détendu possible. Faire signe « ça ne va pas » à l'apnéiste de sécurité.
- Tenir le câble à l'émersion.
- Bien se ventiler après l'émersion.
- Ne pas majorer son effort en fin d'apnée.

✓ Pour les apnéistes de sécurité :

- Présence d'une personne en surface et d'un apnéiste de sécurité capable de descendre à 20 mètres au moins et de secourir une personne en cas de problème.
- Port de palmes obligatoires pour ces deux apnéistes.
- Connaître la profondeur annoncée.
- Savoir reconnaître les signes précurseurs de syncope sous l'eau et en surface.
- A l'émersion, la personne s'occupant de la sécurité de surface doit être proche de l'apnéiste, bien le regarder pendant les trente secondes suivant la sortie, lui dire de bien se ventiler.
- En cas de syncope :
 - . Si la syncope a lieu dans l'eau : occlusion des voies respiratoires et remonter l'apnéiste.
 - . Si elle a lieu en surface : maintien des voies respiratoires hors de l'eau et prévenir le moniteur.

✓ Pour le moniteur responsable de la séance :

- Vérification du matériel de secours (bouteille d'oxygène, etc.).
- Enoncer les règles de sécurité avant la plongée.
- Mettre le plomb à la profondeur annoncée par l'apnéiste.
- Connaître les performances maximales des apnéistes et donner son accord ou non pour la performance annoncée en fonction du contexte.
- Dans la mesure du possible, tenter de cerner les comportements et personnalités à risque, de façon à adapter son discours et à redoubler de vigilance.

Si le règlement pour les championnats et les records est bien défini ([3], [4]), l'AIDA n'a pas rédigé de règles de sécurité communes pour la pratique quotidienne de l'apnée, au sein des clubs. Les consignes énumérées ci-dessus pourraient constituer une base pour cette rédaction.

IV – LA PRISE DE RISQUE

Au delà des facteurs favorisant de syncopes évoqués précédemment, il nous a semblé indispensable de nous intéresser à la question de la prise de risque.

En effet, pourquoi certains apnéistes n'ont-ils jamais fait de syncopes, alors que d'autres les multiplient ?

Existerait-il alors des personnalités plus susceptibles de renouveler l'expérience de la syncope ?

Quels facteurs influencent cette prise de risque et poussent à dépasser certaines limites ?

1 – Définition et étymologie du risque.

➤ Définition : danger éventuel plus ou moins prévisible (dictionnaire Le Robert).

Pour G. Michel [49], la prise de risque peut se définir comme une décision impliquant un choix qui se caractérise par un certain degré d'incertitude quant aux probabilités d'échec ou de réussite.

➤ Le mot "risque" contient deux étymologies :

- La première, latine (Resecare : séparer) se réfère à ce qui coupe, qui sanctionne en cas d'erreur. C'est également se séparer du connu, de ce que nous avons l'habitude de vivre, des limites.
- La seconde, grecque (Rhiza : racine) renvoie au rapport à soi, à la sollicitation de ses ressources, au retour à sa propre origine.

➤ Risque à court terme et risque à long terme. [49]

- Le risque à court terme est immédiatement sanctionné soit par une victoire, soit par un échec (défaite, accident ou mort).
- Le risque à long terme ou différé rend compte du danger potentiel qui ne survient généralement que dans la répétition d'une activité.

2 – L'apnée : un sport à risque ?

En sport, le risque est tout d'abord rattaché à la dangerosité de l'activité et aux conséquences négatives sur le sujet (risque d'accident, morbidité, mortalité) [49]. Si l'on se réfère aux étymologies du mot « risquer », il est indéniable que l'apnée est une activité à risque. Elle fait intervenir deux paramètres non physiologiques pour l'homme : l'arrêt des échanges gazeux entre les poumons et l'atmosphère et l'immersion dans l'eau, avec augmentation de la pression ambiante pour les disciplines de profondeur.

Cependant, pour certains auteurs [1], [12], ce n'est pas l'apnée qui présente un risque en soi mais la façon dont on la pratique. Pour le docteur Afriat : « L'apnée n'est pas dangereuse, c'est une adaptation. » [29]

« Les accidents sont le fait d'imprudents qui ne respectent pas les règles élémentaires de sécurité, s'aventurent dans des profondeurs qu'ils ne maîtrisent pas, seuls ou avec une assistance précaire. » (C. chapuis, [12])

3 – Facteurs intervenant dans la prise de risque.

3.1. La perception du risque.

3.1.1. Seuil de risque préférentiel.

Le risque préférentiel est dépendant du sujet lui-même, à la différence du seuil de risque objectif défini en terme de probabilité d'accident et de mortalité. Certains

individus auront tendance à adopter des comportements dangereux s'ils perçoivent un risque objectif inférieur à leur niveau de risque préférentiel. Cette différence a une influence sur la pratique d'une activité à risque. [49]

Notre travail rejoint cette étude puisque les apnéistes ayant fait le plus de syncopes (≥ 5), ne considèrent pas l'apnée comme dangereuse et n'ont jamais pensé à la mort dans leur pratique.

3.1.2. Influence de l'âge et du sexe.

Certaines études ont montré que la perception du risque augmente avec l'âge.

D'autres ont mis en évidence une différence de perception du risque suivant le sexe : les femmes estiment plus fortement les risques que les hommes. [77]

Dans l'étude exposée, nous n'avons pas mis en évidence le jeune âge comme facteur favorisant de la syncope.

Par contre, dans notre étude les femmes font moins de syncope que les hommes. Ce résultat n'est pas significatif, une étude quantitative serait à réaliser pour le confirmer. Notons que seuls des hommes ont fait cinq syncopes ou plus.

3.1.3. La mémoire.

La perception du risque peut aussi être influencée par l'imagination et la mémoire. [49]

Un souvenir peut en effet donner une connotation affective à une activité et ainsi modifier la perception des risques associés. On comprend alors que si un apnéiste a été touché affectivement par l'épisode de la syncope, il sera plus attentif à ne pas reproduire les conditions de survenue de cet accident. Cette hypothèse rejoint notre étude, où les apnéistes ayant fait le plus de syncopes ont répondu ne pas avoir été marqués par cet accident et ne pas avoir modifié leur comportement suite à la syncope.

3.1.4. Le niveau de familiarité avec l'activité.

G. Michel émet l'hypothèse que plus un individu est habitué à pratiquer une activité, moins il en perçoit les risques.

Cette constatation est en accord avec nos résultats dans lesquels la première syncope survenait plusieurs années après le début de la pratique de l'apnée. Une

explication serait que l'entraînement et l'expérience permettent l'accès à des profondeurs ou à des durées de plus en plus importantes ; le risque sera alors de banaliser celles-ci.

3.1.5. L'information.

Sur ce point, les différentes études sont contradictoires. Certains auteurs pensent que la connaissance des risques est un facteur de protection. D'autres estiment que l'information inciterait même paradoxalement certains sujets à rechercher des risques [49]. Notre entretien ne comprenait pas de question quant à l'information qu'avaient reçu les apnéistes sur la syncope. Cette notion serait donc à introduire dans un travail ultérieur.

Notons qu'aucun apnéiste ne s'est interrogé sur les conséquences à long terme de la syncope, que d'ailleurs on ne connaît pas précisément.

3.1.6. Sentiment d'invulnérabilité.

La surconfiance en soi et le sentiment d'invulnérabilité étaient des facteurs favorisant des conduites à risques [49]. Au cours de nos entretiens, plusieurs apnéistes (5/13) ont reconnu s'être sentis particulièrement en confiance le jour de la syncope.

3.1.7. Le rapport à la mort.

Pour M. Thomère [69], « l'homme interroge souvent consciemment ou inconsciemment la mort en la sollicitant comme un oracle, par l'intermédiaire de la prise de risque, pour savoir si vivre a encore une signification. »

Pour A. Phillips [60], le sens de la vie réside dans sa limite. C'est parce que la vie est limitée par l'horizon de la mort que nous l'aimons. « Ce qui nous rend la vie si difficile, désormais, c'est qu'il est devenu très difficile de mourir. » En effet, aujourd'hui, l'homme exerce des activités, qui contrairement à autrefois ne font plus l'objet d'occupations indispensables à la survie. Ce fait pourrait expliquer l'engouement de nos jours pour les activités à risque.

Ce rapport à la mort est bien illustré par S. Mifsud : « à partir de sept minutes trente d'apnée, ce ne sont même pas les notions de je vais réussir ou rater qui m'animent, ce sont des notions de vie ou de mort, comme une petite bougie qui va s'éteindre, on ne sait pas quand réellement elle va s'éteindre. On est dans l'inconnu, au-delà des limites ». [64]

Pour Loïc Leferme : « *L'inconnu de la profondeur est un moyen de s'en approcher, comme une expérience de vie ; se confronter à la mort pour mieux vivre. Moi, je suis au bout du câble, je le tiens à deux doigts, la mort, j'y vais symboliquement.* » [42]

D'ailleurs, être en état de syncope, n'est-ce pas se rapprocher de la mort, l'espace de quelques secondes ? Dans notre étude cependant la notion de mort est absente pour la majorité des apnéistes (consciemment du moins).

3.2. La perception des bénéfices.

Plus le sujet attend des bénéfices d'une activité, moins il en percevrait les risques [49]. Il serait donc plus enclin à adopter des comportements dangereux. Cela peut particulièrement être le cas en apnée où les bénéfices attendus s'expriment en terme de sensations agréables, de recherche intérieure, de faire l'expérience d'être soi dans la nature en faisant partie d'elle.

Sur cette sous-estimation du risque, G. Michel [49] fait un parallèle entre les pratiquants de sport à risque et les usagers de toxiques ; dans les deux cas, un déni du risque est mis en place de manière à jouir des bénéfices attendus.

En apnée pour accéder à une certaine profondeur ou à un certain temps et éprouver de belles sensations, il est nécessaire de « lâcher-prise » face à un danger potentiel et d'en faire abstraction.

3.3. Prise de risque et régulation émotionnelle.

Une émotionnalité négative (affects négatifs, dépressifs, etc.) peut être reliée à des comportements à risques. La prise de risque serait alors un moyen de lutte permettant de mettre à distance des affects négatifs [49].

Dans notre étude, deux apnéistes nous ont fait part d'affects négatifs (symptômes dépressifs, anxiété). Ils ont tout deux souligné les bienfaits de l'apnée sur ces affects. Ces deux apnéistes n'ont fait qu'une seule syncope. Nous ne pouvons donc établir de lien entre cette émotionnalité négative et la prise de risque. Cependant, il n'existait pas dans notre entretien de question directe sur ce sujet ; or on peut imaginer qu'il serait difficile d'aborder spontanément ce thème, particulièrement intime.

3.4. Recherche de sensations.

C'est en 1964 que Zuckerman a conceptualisé pour la première fois la théorie de recherche de sensations. Pour cet auteur, l'amateur de sensations aurait tendance à fonctionner de manière à maintenir un « niveau optimum de stimulations élevé. » [75]

Pour lui, ce besoin de stimulations est une dimension de la personnalité. Ces sujets auraient, dans un état de non stimulation, une activité catécholaminergique faible et seraient à la recherche de substances ou de comportements qui augmenteraient cette activité. [77]

Ils auraient alors le besoin d'expériences et de sensations variées pouvant les conduire à des activités risquées.

Zuckerman a créé une échelle de recherche de sensation (Sensation Seeking Scale : SSS), composée de quatre items : la recherche de danger et d'aventures, la recherche d'expériences, la déshinibition et la susceptibilité à l'ennui. [76]

La comparaison des scores à l'échelle de recherche de sensations entre les sexes souligne des scores significativement plus élevés pour les hommes que pour les femmes. De plus, la recherche de sensations décroît avec l'âge.

On retrouve un score global plus élevé chez les personnes pratiquant des activités sportives dangereuses en comparaison avec des témoins [77]. Une hypothèse est que le besoin de se ressentir dans son propre corps, dans sa propre chair par la recherche de fortes sensations pourrait être sous-tendu par une certaine indifférence affective. La pratique de sports dangereux serait alors une solution pour ressentir des sensations positives voire négatives qui ne sont pas éprouvées dans la vie quotidienne. On parle alors d'anhédonie qui est l'incapacité à éprouver du plaisir avec les activités habituelles de l'existence.

Certains individus seraient alors « risquo-résistants » : ils se trouvent obligés de monter sans cesse la barre du risque pour ressentir des émotions. [5]

Remarquons que dans notre étude, 6 sujets pratiquent ou ont pratiqué des sports dits « à risque » (boxe, ski, snowboard, surf, roller blade, chute libre). Parmi les quatre apnéistes ayant fait cinq syncopes ou plus, nous soulignons la présence de ces activités à risque pour trois d'entre-eux.

Pour G. Michel, certains sujets ayant une personnalité caractérisée par une recherche de stimulations seraient prédisposés à une pratique addictive des sports à risque.

En effet, les sensations éprouvées dans ces sports rappellent des états modifiés de conscience qui peuvent conduire à l'installation d'une dépendance. Cet état mental peut s'apparenter à celui retrouvé dans la toxicomanie. Ainsi, le toxicomane et le pratiquant de sports à risque pourraient avoir le même tempérament (biologiquement déterminé), mais sous l'influence de facteurs environnementaux, chacun a pu acquérir une spécificité comportementale. [37]

La pratique de ce type d'activité pourrait alors protéger l'individu de la consommation de toxiques. Remarquons que, dans notre étude, aucun apnéiste ne consomme de drogue ou d'alcool. Un seul fume régulièrement, mais modérément.

3.5. Répétition des accidents.

Pour les quatre apnéistes ayant fait au moins cinq syncopes, nous retenons :

- ils sont tous de sexe masculin.
- l'importance de la performance. Elle est ici le principal bénéfice attendu.
- la faible perception du risque puisqu'aucun d'entre eux ne considère l'apnée comme dangereuse.
- un souvenir non négatif de l'accident : la syncope ne les a pas marqué et aucun n'a modifié son comportement.
- la pratique d'un autre sport dit « à risque ».

Même si aucun de ces critères n'est spécifique en soi puisqu'ils ont pu être observés individuellement chez les autres apnéistes de l'étude, leur concomitance s'inscrit dans un comportement à risque de syncopes.

V – PROPOSITION DE TRAVAUX COMPLEMENTAIRES

- Notre étude, qualitative, avait pour objectif de cerner et de décrire des comportements et des facteurs favorisant la survenue de syncope hypoxique. Il serait intéressant de réaliser une étude quantitative, à partir des éléments retrouvés dans ce travail, afin d'obtenir des résultats significatifs.

- On pourrait envisager de poursuivre ce travail avec un questionnaire dont le but serait de cerner une personnalité plus susceptible de prendre des risques, et de rechercher des sensations, en utilisant par exemple l'échelle de recherche de sensations de Zuckerman. [76]
- L'intérêt de repérer des facteurs favorisant ainsi que des comportements à risque de syncope réside dans l'amélioration de la prévention de cet accident. Cependant, pour appuyer l'importance de la prévention, il convient de bien comprendre les conséquences et les risques (à court, moyen et long terme) de la syncope hypoxique. Or ces dangers ne sont pas bien connus. Une des hypothèses est l'apparition de troubles mnésiques. Afin de la confirmer ou l'infirmer, on pourrait réaliser des tests neuropsychologiques explorant ces troubles mnésiques, et les proposer dans les suites d'une syncope à plusieurs reprises (par exemple tous les deux jours) afin de connaître le temps de récupération de la fonction mnésique et d'établir un intervalle de temps durant lequel il ne serait pas conseillé de réaliser une apnée dans les suites d'une syncope. En ce qui concerne les troubles mnésiques à long terme, on pourrait imaginer de réaliser ces tests neuropsychologiques chez des sujets pratiquant l'apnée depuis de nombreuses années, régulièrement à un bon niveau, ayant fait plusieurs syncopes et les comparer à ceux obtenus dans une population témoin de non apnéistes.

CONCLUSION

Le monde de la plongée en apnée est actuellement en plein essor, tant sur le plan démographique que des performances réalisées. L'apnée reste une discipline nouvelle, et si le règlement des championnats et des records est bien défini par l'AIDA, les règles de sécurité en pratique quotidienne ne sont pas consensuelles. Chaque club établit ses propres règles de façon empirique, selon la personnalité, les connaissances et l'expérience des dirigeants. Il nous semble donc nécessaire de mettre en place des consignes de sécurité communes à tous les clubs de manière à éviter les accidents notamment la syncope hypoxique dont les conséquences peuvent être mortelles à court terme (risque de noyade) et sont mal connues à long terme. Pour cela, il convient de réfléchir en amont aux facteurs favorisant cet accident et d'en connaître les signes précurseurs.

Si nous ne pouvons pas nier la participation de facteurs comme l'hyperventilation, un problème technique, un effort soutenu, une méforme physique dans la survenue de la syncope, ils ne constituent pas l'explication principale de la perte de connaissance hypoxique. En effet, cet accident se produit avant tout lorsque la performance, l'objectif à atteindre sont devenus les plus importants, au détriment du plaisir et des sensations. L'apnéiste occultera les signaux d'alarme lui commandant de respirer, poussant alors son apnée jusqu'à une éventuelle syncope.

Nous distinguons les apnéistes qui ont réalisé peu de syncopes de ceux qui les multiplient. Dans le premier cas, l'accident est contextuel. Cette atteinte de limites remettra alors volontiers l'apnéiste en question, ce qui pourra l'amener à modifier son comportement par la suite. Dans le deuxième cas, la volonté de performance s'inscrira davantage dans une personnalité et l'apnéiste sera alors plus susceptible de renouveler l'expérience de la syncope.

Pour expliquer la répétition de cet accident, une autre hypothèse est l'existence de conduites à risque pouvant s'interpréter comme une recherche de limites ou de sensations et se rapprochant alors des modèles de l'addiction. Afin de confirmer ou d'infirmer cette hypothèse, il conviendrait de réaliser une étude spécifique en utilisant par exemple l'échelle de recherche de sensations établie par Zuckerman.

L'objectif de ce travail était de contribuer à la compréhension de la syncope hypoxique de manière à élaborer des règles de sécurité simples, logiques, appliquées de façon identique par tous, aussi bien en apnée de compétition que de loisir. Loin de

diminuer le plaisir, elles permettront une pratique cadrée de cette discipline. L'apnéiste pourra alors se consacrer et s'abandonner aux sensations merveilleuses que ce sport procure.

BIBLIOGRAPHIE

1. AFRIAT P. – L'apnéiste n'est pas un demi-dieu mais un sportif à part entière. Octopus, juin 2000, n° 26.
2. AIDA. – Règlement pour la reconnaissance des records. Novembre 2002. www.aida-international.org.
3. AIDA. – Règlement pour les rencontres et démonstrations d'apnée individuelles. Février 2003. www.aida-international.org.
4. AIDA. – Records mondiaux. www.aida-international.org. 13 mars 2006.
5. ASSAILLY J.J. – Les jeunes et le risque : une approche psychologique de l'accident. Vigot, paris, 1992, 255 p.
6. BLANC J.J. – Syncope : prise en charge diagnostique. [http://cours.univ.brest.fr/UFR-Medecine/Dcem2/Cardio-vasc/CM//SYNCOPE% 20.pdf](http://cours.univ.brest.fr/UFR-Medecine/Dcem2/Cardio-vasc/CM//SYNCOPE%20.pdf). 10 mars 2006.
7. BLANCHET A., GOTMAN A. – L'enquête et ses méthodes : L'entretien Nathan Université, coll 128, Paris, 1998, 125 p.
8. BOUSSUGES A., LAMBERT G., SAINTY J.M., GARDETTE B. – Transcutaneous gas tension monitoring during breath-hold diving. Bull. Medsubhypia, 1996, 6 (Suppl.), 61-65.
9. BOVE A.A., PIERCE A.L., BARRERA F., AMSBAUGH G.A., LYNCH P.R. – Diving bradycardia as a factor in underwater blackout. Aerospace Media, 1973, 44, 245 – 248.
10. CAMPBELL L.B., GOODEN B.A., HOROWITS J.D. – Cardiovascular responses to partial and total immersion in man. J. Physiol (London), 1969, 202, 239-250.
11. CARRIER C. – Apnoea and sensation : who asks for which risks ? Bull. Medsubhyp, 1996, 6 (suppl.), 71-73.
12. CHAPUIS C., FROLLA P., LEFERME L. – L'entraînement à la loupe. Apnea Hors série, été 1997.
13. CHAPUIS C. – La carpe revient. Apnea, mars 2001, n° 126.
14. CORRIOL J.H., ROHNER J.J., FONDARAI J. – Origine et signification de la bradycardie du plongeur en apnée. Path et Biol, 1966, 14, 1185 – 1191.

15. CORRIOL J.H. ROHNER J.J. – Rôle de la température de l'eau dans la bradycardie d'immersion de la face. Arch. Sci. Physiol. CNRS, 1968, 22, 265 – 274.
16. CORRIOL J.H. – Données actuelles sur les mécanismes de rupture de l'apnée. Bull. Medsubhyp, 1990, 9, 45 – 52.
17. CORRIOL J.H. – Les accidents aquatiques par perte de connaissance en apnée. Revue générale Méd. du sport, 1991, 65, 128 – 131.
18. CORRIOL J.H., DUFLOT J.C. – Plongée en apnée et hyperventilation : mise au point. Bull. Medsubhyp, 1992, 2, 179 – 187.
19. CORRIOL J.H. – La plongée en apnée, physiologie et médecine, 3^{me} édition, Masson, Paris, 2002, 163 p.
20. CRAIG A.B. Jr. – Summary of 58 cases of loss of consciousness during underwater swimming and diving. Med. and sci. in sports, 1976, 8, 171 – 175.
21. DELAPILLE P. VERIN E., TOURNY-CHOLLET C. – Réponses ventilatoires chez les apnéistes : adaptation provoquées par un entraînement spécifique à l'apnée. Rev. Mal. Respir., 2002, 19, 217 – 228.
22. DERY Y. – Loïc Leferme, roi des abysses. Apnée, décembre 2002, n° 144.
23. ELSNER R. GOODEN B.A., ROBINSON S.M. – Arterial blood gaz changes and the diving response in man. Austr. J. Exp. Biol. Med. Sci., 1971, 49, 435 – 444.
24. FOSTER G.E., SHEEL A.W. – The human diving response, its function, and its control. Med. and Sci. in sports, 2005, 15, 1 – 3.
25. FROLLA P. – Biographie. www.pierrefrolla.com 10 mars 2006.
26. GAUTHIER B. – Recherche sociale, de la problématique à la collecte des données. Presse de l'Université de Québec, Québec, 2000.
27. GRANDJEAN B., FANTON Y. – Neurologie decompression sickness during free diving : responsibility of « diving scooter ». Bull. Medsubhyp, 1996, 6 (suppl), 93 – 97.
28. GRANGERAY E. – L'homme au coffre fort. Le monde 2, novembre 2005, n° 90.
29. GRANGETTE F., LAURANS B. – L'apnée, un art de vie. FMC, RFO, Azur Océan Indien, Prodom. Juin 2004.
30. GRIMAUD C., VANUXEM P., FONDARAI J., COUTANT P. – Le point de rupture de l'apnée volontaire ; ses relations avec les sensations proprioceptives thoraciques. C.R. Soc. Biol. Paris, 1968, 162, 1542 – 1547.

31. HEISTAD D.D., ABBOUD F., ECKSTEIN J.W. – Vasoconstrictor response to simulated diving in man. *J. Appl. Physiol.*, 1968, 25, 542 – 549.
32. HERAN N. – Les risques de l'apnée. *Apnea hors série*, été 1997.
33. HONG S.K., MOORE T.O., SETO G., PARK H.K., HIATT W.R., BERNAUER E.M. – Lung volumes and apneic bradycardia in divers. *J. Appl. Physiol.*, 1970, 29, 172 – 176.
34. IRSIGLER G.B. – Carbon dioxide response lines in young adults. *Am. Rev. Resp. Dis.*, 1976, 114, 529 – 536.
35. IRVING L. – Bradycardia in human divers. *J. Appl. Physiol.*, 1963, 18 (3), 489 – 491.
36. JAMIN T. – Apnée volontaire et estimations temporelles. Thèse de doctorat en sciences et techniques des activités physiques et sportives, Toulon, 2004.
37. JOUVENT R., MICHEL G. PIERSON A. – La psychobiologie et la psychopathologie des personnalités addictives. Cahiers des IV^e entretiens du Centre national de prévention d'études et de recherches en toxicomanie, CNPERT, 1995, 7, 24 – 29.
38. LANPHIER. – Breath hold and ascent blackout. In : the physiology of breath hold diving, U.H. B.M.S. workshop, Maryland, 1987, 72, 32 – 43.
39. LAUNOIS – ROLLINAT S. – Physiologie du système respiratoire. Laboratoire du sommeil, CHU Grenoble. Janvier 2006.
[http://www-sante.ujf-grenoble.fr/SANTE/alpesmed/physiorespi./](http://www-sante.ujf-grenoble.fr/SANTE/alpesmed/physiorespi/)
40. LEFERME L. – 152 mètres en No limits ! Loïc Leferme raconte son record. *Apnée*, septembre 2000, n° 121.
41. LEPIEMME R. – La syncope en apnée. *Hippocampe*, décembre 2001, n° 182.
42. L'HERMITTE S. – On plonge pour aller chercher le plus profond en soi. *L'équipe magazine*, août 2005, n° 1210.
43. LIN Y.C., DALLY D.A., MOORE T.A., HONG S.K. – Physiological and conventional breath – hold breaking points. *J. Appl. Physiol.*, 1974, 37, 291 – 296.
44. LIN Y.C. – Effects of O₂ and CO₂ on breath-hold breaking point. In : the physiology of breath – hold diving, U.H.B.M.S. work shop, Maryland, 1987, 72, 75 – 87.
45. LINER M.H. – Tissue gas stores of the body and head out immersion in humans. *J. Appl. Physiol.*, 1993, 75 (3), 1285 – 1293.

46. MARGAILLAN R. – 154 m pour Leferme en No limit. *Apnée*, Octobre 2001, n° 132.
47. MARLEUX D. – Apnée statique : la technique de la carpe et performance. Mémoire pour l'obtention de la licence en sciences et techniques des activités physiques et sportives, Nice, 2000, 50 p.
48. MC DONOUGH J.R., BARUT J.P., SAFFRON J.C. – Cardiac arrhythmias as a precursor to drowning accidents, In : *The Physiology of breath – hold diving*, U.H.B.M.S. workshop, Maryland, 1987, 72, 212 –226.
49. MICHEL G. – La prise de risque à l'adolescence; pratique sportive et usage de substances psycho-actives. Masson, Paris, 2001, 217 p.
50. NORFLEET W., BRADLEY C. – Can eupneic voluntary hyperventilation prolong a subsequent breath-hold ? *Undersea Biomed. Res.*, 1987, 14, 31.
51. OLIVERAS G. – Les signes pré-syncopaux. *Bull. Medsubhyp*, 1996, 6 (Suppl.), 133.
52. OLSEN C.R., FANESTIL D.D., SCHOLANDER P.F. – Some effects of breath – holding and apneic underwater diving on cardiac rythm in man. *J. Appl. Physiol.*, 1962, 17, 461 - 466.
53. PASSALACQUA S. – Communication personnelle, août 2005.
54. PASSALACQUA S. – Techniques de compensation chez l'apnéiste, Projet orthophonique. Mémoire pour la capacité d'orthophonie, Nice, 2001.
55. PAULEV P. – decompression sickness following repeated breath – hold dives. *J. Appl. Physiol.*, 1965, 20, 1028 – 1031.
56. PAULEV P. – Impaired consciousness during breath – hold diving and breath holding in air. *Rev. Physiol. Subaquat. Hyperbare*, 1968,1, 16 - 20.
57. PAULEV P., WETT ERQVIST H. – Cardiac output during breath – holding in man. *Scand. J. Clin. Lab. Invest.*, 1968, 22, 115 – 123.
58. PELIZZARI U., TOVAGLIERI S. – Corso di apnea. Mursia, Milano, 2001, 413 p.
59. PELIZZARI U. – L'homme et la mer. Arthaud, Paris, 2004, 186 p.
60. PHILLIPS A. – La mort qui fait aimer la vie, Darwin et Freud. Payot et Rivages, Paris, 2002, 185 p.
61. RAMONATXO C. – Déterminants cardio-respiratoires de la performance sportive. UFR STAPS, Université Montpellier 1, année 2005-2006. <http://www.staps.univ-montp1.fr/LMD/2005-2006/L/LICOS.06.S5.pdf>.

62. SCHAEFER K.E. – The role of carbon dioxide in the physiology of human diving. Underwater physiology symposium, 1955, 377, 131 – 139.
63. SCIARLI R. – Le rendez-vous syncopal des 7 mètres au cours de la plongée libre. Rev. Méd., 1968, 9, 1207 – 1208.
64. SCIARLI R. – Les moteurs psychologiques du plongeur profond. Subaqua, janvier-février 2005, n° 198.
65. SCIARLI R. – Apnée et perception temporelle : à propos d'une thèse. Subaqua, mars-avril 2005, n° 199.
66. SMIT P.J. – Heart rate of exercising divers. In : C.R. III^e journées Int. Hyperbarie et physiologie. Subaqua, 1972, 113 – 117.
67. SMIT P.J. – Alveolar O₂ content of apnoeic divers. In : proceedings of the 3rd South African symposium for underwater sciences, Barologia, University of Pretoria, 1974.
68. SMIT P.J. – Maximal breath-hold apnoeic diving : oxygen uptake and carbon dioxide release. South African J. Scienc, 1995, 91, 605 – 609.
69. THOMERE M. – Les liaisons dangereuses avec la mer/e. Hommes et perspectives, Marseille, 1995, 187 p.
70. TIBIKA B. – Test de Flack. In : Médecine de la plongée. Masson, Paris, 1982, 41 - 42.
71. WEST J.B. – La physiologie respiratoire, 6^e édition, Maloine, Paris, 2003, 221 p.
72. WISS R. – La syncope en plongée en apnée. www.freedivequebec.com/formations/ 13 mars 2006.
73. WOLF S. – The bradycardia of the dive reflex ; a possible mechanism of sudden death. Trans. Am. Clin. Climatol. Ass., 1965, 192 – 200.
74. WYSS V. – Nuoto subaqueo in apnea e caratteri dell'elettrocardiogramma. Bol. Soc. Ital. Biol. Sper. 1956, 32, 506 – 509.
75. ZUCKERMAN M., LINK K. – Construct validity of the sensation seeking scale. J. Consult. Clinic. Psychol., 1964, 32, 420 - 426.
76. ZUCKERMAN M. – Dimensions of sensation seeking. J. Consult. Clinic. Psychol., 1971, 39, 45 – 52.
77. ZUCKERMAN M. – Sensation seeking : a comparative approach to a human trait. Behavioral and Brain Sciences, 1984, 7, 413 – 471.

ANNEXES

QUESTIONNAIRE

I - CONNAISSANCE DE L' APNEISTE

- Age.
- Année de début de l'apnée / année de début en compétition.
- Discipline favorite. Pourquoi ?
- Profondeur maximale atteinte dans cette discipline.
- Autres sports pratiqués (en loisir ou en compétition).
- Techniques de relaxation.
- Alimentation spécifique ? prise de compléments alimentaires ? plongées à jeun ?
- Consommation de toxiques : tabac, alcool, drogues ?
- Sur le plan médical :
 - . Antécédents médicaux (dont syncopes en dehors de l'apnée ?)
 - . Certificat médical : médecin généraliste, médecin du sport ou médecin spécialiste de plongée.
- Que recherchez-vous dans la pratique de l'apnée, que vous apporte cette discipline ?
- Qu'allez-vous chercher au fond ? Que recherchez vous dans ce dépassement de vos limites ?
- Comment vivez-vous le fait de tourner avant le plomb ou de ne pas atteindre l'objectif que vous vous étiez fixé ?
- Lors de votre apnée, vous laissez-vous guider par vos sensations ou votre mental ?
- Pour vous, l'apnée est – elle une discipline potentiellement dangereuse ? Avez-vous déjà pensé à la mort en pratiquant cette discipline ?
- La syncope vous fait-elle peur ?

II - RECIT D'UNE SYNCOPE

Racontez une de vos syncopes, celle de votre choix, en insistant particulièrement sur vos sensations et sur votre état d'esprit avant, pendant et après l'apnée.

- Caractéristiques de cette syncope : année, en compétition ou à l'entraînement, discipline, dans l'eau (si oui : à quelle profondeur ?) ou en surface.
- Avant l'apnée, vous sentiez – vous en forme physiquement ? Si non, pourquoi ?
- Vous sentiez – vous en forme psychologiquement ? Si non, pourquoi ?
- Nombre d'apnées d'échauffement ? Récupération suffisante entre les apnées ?
- Météo.
- Matériel (en particulier le lestage).
- Avez-vous pratiqué l'hyperventilation avant l'apnée ?
- L'apnée a-t-elle été vécue comme une lutte ?
- Avez-vous ressenti des signes physiques annonciateurs de la syncope ?
- Avez-vous eu le sentiment que vous alliez faire une syncope ?
- Si elle s'est produite en surface, vous étiez vous bien ventilé avant la syncope ?
- Cette syncope vous a-t-elle marqué(e) physiquement ou psychologiquement ?
- A-t-elle modifié votre comportement par la suite ?
- Avez-vous consulté un médecin après la syncope ?
- Combien de syncopes avez-vous fait en tout ? La première s'est produite après combien d'année de pratique ?

ABREVIATIONS

AIDA :	Association internationale pour le développement de l'apnée.
CO₂ :	Dioxyde de carbone.
LCR :	Liquide céphalo rachidien.
O₂ :	Oxygène.
PaCO₂ :	Pression artérielle de dioxyde de carbone.
PACO₂ :	Pression alvéolaire de dioxyde de carbone.
PaO₂ :	Pression artérielle d'oxygène.
PAO₂ :	Pression alvéolaire d'oxygène.
PCO₂ :	Pression partielle de dioxyde de carbone.
PO₂ :	Pression partielle d'oxygène.

LA SYNCOPE HYPOXIQUE EN APNEE SPORTIVE :

DESCRIPTION ET FACTEURS FAVORISANTS

Résumé

L'apnée sportive connaît depuis une dizaine d'années un essor important, tant au niveau du nombre de pratiquants que des performances réalisées.

Dans cette discipline, un accident fréquent et potentiellement mortel est la syncope hypoxique.

L'étude qualitative auprès d'apnéistes de haut niveau exposée dans ce travail a pour but de mieux comprendre ce phénomène dans sa globalité, d'en dégager les éléments descriptifs et les facteurs favorisants.

Il résulte de l'analyse des entretiens que la majorité des syncopes surviennent lorsque seul l'objectif (une profondeur, une distance ou un temps) compte.

Ainsi, c'est le comportement de l'apnéiste, s'inscrivant dans un contexte ou une personnalité, qui est le principal facteur favorisant de la syncope hypoxique en apnée sportive.

Mots clés

- apnée sportive
- syncope
- facteurs favorisants
- description
- comportements à risque