



REVUE FRANCAISE DE PLONGEE

Revue d'information du Groupement National de Plongée Universitaire

FEVRIER 2004

Numéro 4

Président : Vianney MASCRET

Université de Lille 2

06-83-82-90-18.

gnpu@mailsc.univ-lille2.fr

Responsable de la publication :

Frédéric LEMAITRE -

UFR STAPS - Université de Rouen

frederic.lemaitre@univ-rouen.fr

SOMMAIRE

EDITORIAL (F. LEMAITRE)	3
<u>ARTICLE ORIGINAL</u> : ETUDE COMPARATIVE DE LA FREQUENCE CARDIAQUE CHEZ DES APNEISTES FEMMES ET HOMMES PRATIQUANT LE HOCKEY SUBAQUATIQUE (E. FLEURY, F. LEMAITRE, M.C. LEMOUTON, P. DELAPILLE) .	3
<u>ARTICLE ORIGINAL</u> : ETUDE COMPARATIVE DE LA FREQUENCE CARDIAQUE CHEZ LES BALLERINES EN POSITION VERTICALE IMMERGEE (V. JOURDREN, F. LEMAITRE, D. LEROY, P. DELAPILLE)	14
<u>ARTICLE ORIGINAL</u> : TOXCITE DES RADICAUX LIBRES EN PLONGEE (H. HOURDEAU)	22
<u>ARTICLE ORIGINAL</u> : TEMPERATURE CORPORELLE ET PLONGEE LOISIR (F. BERNIER, F. THIESSARD)	27
<u>ARTICLE ORIGINAL</u> : REFLEXE DE PLONGEE ET APNEES DYNAMIQUES REPETITIVES (J. DELAHOCHÉ, F. LEMAITRE)	32
<u>ARTICLE ORIGINAL</u> : PORTRAITS DE PLONGEUR. REPRESENTATIONS SOCIALES ET NIVEAUX DE PLONGEE..... (V. MASCRET)	40
<u>ARTICLE ORIGINAL</u> : UNE GEOGRAPHIE SOCIALE DE LA PLONGEE (R. KEERLE)	47
<u>ABSTRACTS</u> : Bulletin de Medecine Subaquatique et Hyperbare 12, 1, 2002	63
<u>PRECEDENT SOMMAIRES</u> :	68
RUBRIQUE QU'EN AVEZ-VOUS PENSE?	69
THESES SOUTENUES	70
RECHERCHES EN COURS	72
INSTRUCTIONS AUX AUTEURS	73

EDITORIAL

Enfin, voici le numéro 4 de la Revue Française de Plongée, revue dont l'objectif est plus que jamais de regrouper différentes recherches universitaires portant sur la plongée, mais aussi l'apnée ainsi que toutes les autres thématiques susceptibles d'intéresser le milieu universitaire mais aussi le plus grand nombre. La revue semble désormais prendre son rythme de croisière avec un numéro par an. L'idéal serait à long terme d'arriver à produire au moins trois numéros dans l'année avec pourquoi pas à chaque numéro une thématique bien précise. Toutes vos propositions d'articles sont les bienvenues et ce, quelle que soit la thématique (physiologie, enseignement, entraînement, biologie, archéologie, juridique, histoire, etc....). Cette année le numéro 4 vous propose plusieurs articles originaux sur la plongée en apnée et la plongée avec scaphandre, avec également des articles orientés sciences humaines. Ce numéro 4 voit aussi l'apparition d'une nouvelle rubrique sur les thèses qui viennent tout juste d'être soutenues.

J'espère que ce numéro vous donnera non seulement envie de le lire mais également d'y participer en proposant vos travaux de recherche ou des observations et réflexions fruits de votre expérience sur le terrain ou encore en donnant votre avis sur un article publié. Nous sommes également intéressés pour connaître les travaux en cours ou à venir (par exemple mémoire de maîtrise, DEA ou thèse). N'hésitez pas à nous envoyer vos propositions de manuscrits et faites connaître la revue autour de vous (amis, collègues, plongeurs). En attendant et en espérant vous lire prochainement, bonnes plongées et apnées à tous.

Frédéric Lemaître

Responsable de la publication
frederic.lemaitre@univ-rouen.fr

Etude comparative de la fréquence cardiaque chez des apnéistes femmes et hommes pratiquant le hockey subaquatique

E. Fleury¹, F. Lemaître², M.C. Lemouton³, P. Delapille²

¹ Faculté des Sciences du Sport et de l'Education Physique de Rouen, Université de Rouen, France. ² Centre d'Etudes des Transformations des Activités Physiques et Sportives, Jeune équipe UPRES N°2318, Université de Rouen, France. ³ CHU de Rouen, Commission médicale du CD76 FFESSM. Tel : 02.32.10.77.84. E-Mail : frederic.lemaitre@univ-rouen.fr

Résumé – L'objectif de cette étude est de comparer les variations de fréquences cardiaques entre les hommes et les femmes en apnées statiques et dynamiques. Chez 17 sujets (9 femmes et 8 hommes), joueurs de hockey subaquatique de l'équipe de France, les variations de fréquences cardiaques ont été mesurées pendant des apnées statiques (30 secondes) et dynamiques (25 secondes) à une vitesse de nage subaquatique de 1m.s^{-1} . Pour les apnées statiques, la comparaison de la fréquence cardiaque et des temps d'apparition de la bradycardie ne montre aucune différence significative (ns). Pour les apnées dynamiques, la comparaison de la fréquence cardiaque entre les hommes et les femmes ne montre pas de différence significative (ns), contrairement à ceux obtenus pour les temps d'apparition de la bradycardie ($p<0,001$). La comparaison des variations de fréquences cardiaques entre une apnée statique et dynamique chez les femmes et les hommes est significative ($p<0,001$). Ces différents temps d'apparition de la bradycardie pourraient être liés à l'activation des systèmes sympathique et/ou parasympathique et à une sécrétion différente des catécholamines entre les hommes et les femmes.

Mots clés : Différence sexuelle, réponses cardiaques, apnée statique, apnées dynamiques.

Abstract - The aim of this study is to compare the variation of heart rate responses between women and men during static and dynamic breath hold diving (BHD). In seventeen subjects (9 women and 8 men), hockey subaquatic players of the French team, variations of heart rate responses studied during static breath hold diving (30 sec) and dynamic breath hold diving (25 sec) performed with a underwater swimming velocities of 1m.s^{-1} . In static breath hold, the comparison of heart rate responses and delay of the onset of bradycardia, between two populations, is not significant (ns). In dynamic BHD, heart rate responses between women and men are not significant (ns). Inversely, results obtained from the delay of the onset of bradycardia are significant ($p<0,001$). The comparison of variation of heart rate responses between static and dynamic BHD for women and men are significant ($p<0,001$). This different delay of the onset of bradycardia could be explained by sympathetic and/or parasympathetic system and to a different secretion of catecholamines between women and men.

Key words: sex difference, cardiac responses, static breath-hold diving, dynamic breath-hold diving.

INTRODUCTION

L'activité "hockey subaquatique" se développe énormément depuis quelques années; mais reste encore un sport peu connu dont les écrits scientifiques sont rares. Des études ont cependant été faites sur les hommes afin d'améliorer leurs séances d'entraînements. Or, actuellement le nombre de femmes jouant au hockey subaquatique augmente et ces femmes suivent bien souvent les mêmes entraînements que les hommes. Mais ces entraînements sont-ils vraiment adaptés? Hommes et femmes ont-ils des réponses cardiovasculaires identiques au cours d'apnées de type "hockey subaquatique"?

Le hockey subaquatique est une activité qui requiert une bonne condition physique avec au fond du bassin un jeu actif, des efforts en apnée brefs, intenses et répétés et à la surface des efforts modérés. Les exigences physiques portent sur le palmage, l'apnée et le jeu de palet.

1. L'apnée et les adaptations cardiaques

L'apnée est la suspension temporaire, volontaire ou involontaire des mouvements ventilatoires. Les adaptations physiologiques induites par l'apnée ont des retentissements sur les fonctions respiratoires et cardiovasculaires (Corriol, 1996). L'apnée volontaire du plongeur provoque ainsi le "réflexe de plongée" caractérisé entre autre par une baisse de la fréquence cardiaque (bradycardie) ainsi qu'une vasoconstriction périphérique (Corriol, 1996). Ce "diving reflex" dépend de la posture du plongeur et de la température de l'eau.

1. La bradycardie

La bradycardie est un ralentissement réflexe de la fréquence cardiaque. La

bradycardie est due à l'action cardio modératrice du nerf vague (Delapille et coll., 2001; Corriol, 1996; Broussolle 1992). Elle est influencée par plusieurs facteurs comme l'immersion, l'âge du plongeur, la température, l'entraînement, le sexe...(Corriol 1996; Broussolle 1992).

Les caractéristiques de la bradycardie (Corriol, 1996) :

- elle commence dès les premières secondes, elle atteint son maximum après 20 secondes d'immersion.
- pendant tout le séjour au fond de l'eau, la bradycardie persiste.
- elle se termine à l'émersion.
- la bradycardie est indépendante de la profondeur.
- Il y a une tachycardie transitoire avant l'immersion due à l'hyperventilation et le stress.
- la tachycardie d'émersion est compensatoire.

2. La vasoconstriction

Pour compenser la baisse de la fréquence cardiaque, une vasoconstriction périphérique va s'installer. La vasoconstriction du plongeur a été mise en évidence en mesurant la lactatémie avant, pendant et après l'apnée (Corriol, 1996). Pendant l'apnée, la lactatémie reste proche de la valeur de repos, elle augmente peu si le nageur nage vigoureusement mais à l'émersion, la lactatémie augmente fortement. Ces phénomènes témoignent d'une vasoconstriction musculaire plus ou moins intense, qui varient selon l'expertise du plongeur.

3. La pression artérielle

La pression artérielle est maintenue grâce à des ajustements circulatoires. On observe ainsi simultanément une

Supprimé : malgré ce développement, il

Supprimé : et

Supprimé : La bradycardie d'immersion est attribuée à une mise en jeu intensifiée du parasymphatique cardiaque, constitué par la branche cardiaque du nerf vague.

Supprimé : pour pouvoir établir des

Supprimé : Elle n'entraîne pas chez le plongeur l'effondrement de la pression artérielle. Il existe des mécanismes compensateurs. Afin de compenser la baisse de la fréquence cardiaque, le sang va principalement circuler vers les organes "nobles" (cœur, poumons, cerveau). Il va donc y avoir une vasoconstriction périphérique (Broussolle, 1992).

Supprimé : se développe

Supprimé : elles

Supprimé :

Mise en forme : Puces et numéros

Supprimé :

Supprimé :

Mise en forme : Puces et numéros

Supprimé : LA FREQUENCE CARDIAQUE

Supprimé : respira

Supprimé : perturbations

Supprimé :

Supprimé : s

Supprimé : perturbations sont provoquées par la pression hydrostatique selon la profondeur,

Supprimé : L'apnée volontaire du plongeur provoque le "réflexe de plongée" et l'on va observer une baisse de la fréquence cardiaque (bradycardie) ainsi qu'une vasoconstriction (Corriol, 1996).

augmentation progressive de 20 % de la pression artérielle (systolique et diastolique) et une diminution de 50 % du débit sanguin, principalement au niveau des membres (Corriol, 1996; Broussolle, 1992), mais excepté au niveau du cœur, des poumons et du cerveau où la circulation est préservée. Lors d'une apnée, le nerf trijumeau va déclencher la bradycardie qui, associée à une vasoconstriction périphérique, va éviter l'effondrement de cette pression artérielle (Delapille et coll. 2001; Corriol 1996; Broussolle, 1992).

4. Différents facteurs agissant sur le réflexe de plongée

a) L'immersion, la température

- Le contact avec l'eau provoque des modifications cardio-vasculaires. Le fait de rentrer dans l'eau entraîne un afflux de sang dans le thorax qui va augmenter la pression intra-thoracique (Corriol, 1996). On constate, chez des sujets immergés dans une eau à 35°C jusqu'au cou, un maintien de la fréquence cardiaque à sa valeur de pré-immersion; une augmentation de 10 à 26% du débit cardiaque et une élévation de 12 à 30% de l'ondée systolique. L'immersion de la face sans apnée entraîne une bradycardie (Broussolle, 1992).

- La température de l'eau et de l'air sont également des facteurs qui influencent la bradycardie (Corriol, 1996; Broussolle, 1992; Sterba et Lundgren 1988; 1985; Schagatay et Holm 1996). Corriol (1996) a montré une proportionnalité entre la température de l'eau et la bradycardie. Plus l'eau est froide, plus la bradycardie est intense (Craig, 1963). Cette bradycardie semble inversement proportionnelle à la température de l'eau (Schagatay et Holm 1996).

b) L'entraînement

L'entraînement est le moyen par lequel l'athlète conditionne son organisme, à un type d'efforts en augmentant les capacités de chaque système (respiratoire, cardio-vasculaire, musculaire) dans le but d'améliorer la performance. Le cœur est sensible à l'entraînement et en fonction des types d'efforts qui lui seront imposés, il réagit en modifiant sa fréquence, sa taille, son volume d'éjection systolique, son débit cardiaque (Corriol, 2002).

La différence entre un sujet entraîné et un sujet non entraîné se situe à 3 niveaux:

- fréquence cardiaque au repos des sujets entraînés est plus basse,
- pour un exercice de même intensité et de même durée, le sportif entraîné présentera un rythme cardiaque plus bas que le sujet sédentaire,
- à l'arrêt de l'exercice, la décélération cardiaque est plus rapide chez le sujet entraîné.

En plongée l'entraînement permet à l'apnéiste d'avoir une réponse bradycardique plus intense (Irving, 1963; Delapille et coll., 2001). Les apnées les plus longues et les ajustements cardio-vasculaires les plus prononcés sont observées chez des sujets plongeurs et entraînés. De plus, une bradycardie est plus prononcée chez des sujets plongeurs que chez des non plongeurs (Schagatay et Andersson 1998).

Au cours d'apnées dynamiques, l'augmentation de la pression partielle en CO₂ va limiter la durée de l'apnée. Un entraînement adapté va augmenter la tolérance de l'organisme aux lactates et au CO₂, ce qui va permettre des apnées plus longues et des vitesses de nage subaquatique plus rapides (Delapille et coll., 1999).

c) L'exercice musculaire

Au cours d'un exercice musculaire en apnée, il existe un conflit entre la tachycardie résultant de la vasodilatation

Supprimé : La vasoconstriction et la pression artérielle sont liées.

Supprimé : la

Supprimé : usteau

Supprimé : , 1997

Supprimé : La pression artérielle est maintenue grâce à des ajustements circulatoires. On observe ainsi simultanément une augmentation progressive de 20 % de la pression artérielle (systolique et diastolique) et une diminution de 50 % du débit sanguin et principalement au niveau des membres (Corriol, 1996, Broussolle, 1992) sauf au niveau du cœur, des poumons et du cerveau où la circulation est préservée.

Supprimé : et l'âge

Mise en forme : Puces et numéros

Supprimé : au plongeur

Supprimé : ,

Supprimé : augmentation

Supprimé : mais qui est ne peut pas se travailler

Mise en forme : Puces et numéros

Supprimé : En apnée, la lactatémie va augmenter. Pendant les apnées avec l'effort

Supprimé : ainsi

Supprimé : La

Supprimé : est

Supprimé : ¶
<#>La fréquence cardiaque maximum varie avec l'âge selon une relation statistiquement définie par :
<sp> Fc max = 220 - âge
¶

Supprimé : Avec l'

musculaire intense et la bradycardie du réflexe de plongée. Irving (1963) constate que la vitesse d'établissement et l'intensité de la bradycardie ne sont pas modifiées par l'exercice musculaire sous l'eau. Selon Butler et coll. (1987), durant les dix/quinze premières secondes de l'exercice en apnée, la réponse cardio-vasculaire (fréquence cardiaque) est la même que durant un exercice en plein air, à intensité identique. Puis progressivement, avec la durée de l'apnée, la bradycardie est intensifiée; ce qui est probablement dû à la réponse de conservation d'oxygène (Butler et coll. 1987). Cette réponse va être influencée par l'intensité de l'exercice en apnée. Selon Sanchez et Sébert (1983), un exercice dynamique augmente la systole pendant que la diastole s'élève légèrement.

d) Le sexe

Très peu d'études comparatives de la fréquence cardiaque chez des hommes et chez des femmes en apnée ont été réalisées. Watenpugh et coll. (2000), ont montré que l'immersion augmentait le diamètre de l'oreillette gauche chez les deux sexes et que les résultats étaient non significatifs chez une population de neuf hommes et de dix femmes âgées de vingt à vingt sept ans. Dans leur étude, ces sujets participent à deux tests : un premier dans lequel les sujets sont assis sur une chaise, non immergés pendant 5 heures. Ce test servira situation de référence. Dans le deuxième test, les sujets sont immergés jusqu'au nez. Les résultats obtenus sont les suivants : la fréquence cardiaque diminue significativement durant l'immersion (21 % chez les femmes et 16 % chez les hommes) mais la différence entre les deux sexes est non significative. Par contre, lors de la première immersion, la fréquence cardiaque des femmes diminue de façon significative ($p < 0,05$) alors que celle des hommes non. Selon ces auteurs, la baisse de la fréquence cardiaque chez les hommes est similaire à ce qui est observé dans d'autres études.

Watenpugh et coll. (2000) concluent que les femmes et les hommes ont des réponses similaires lors d'une immersion jusqu'au nez à neutralité thermique.

Sanchez et Sébert (1983) ont observé une différence entre les réponses cardiaques (fréquence cardiaque, temps d'apparition de la bradycardie) des femmes et des hommes lors des apnées statiques au cours d'exercices isométriques et dynamiques. Leur population était composée de six femmes et de six hommes, âgés de 22 ans. Tous les sujets étaient sédentaires et non plongeurs. Durant les exercices statiques isométriques (force de la flexion de l'avant bras volontaire maximale), les hommes ont une bradycardie dès le début de l'apnée avec une chute de la fréquence cardiaque plus importante à la fin de l'apnée. Les femmes elles, ont une chute de la fréquence cardiaque uniquement à la fin de l'apnée. Durant les exercices dynamiques (les sujets pédalent pendant 12 minutes à 30 % puis 50 % de la $VO_2\text{max}$), la variation de la fréquence cardiaque en apnée dynamique est plus importante chez les hommes que chez les femmes (apnée faite à 50 % de la $VO_2\text{max}$). Les femmes ont un temps d'apnée plus court que celui des hommes cependant, cette différence est significative seulement pour la 4^{ème} apnée réalisée. Il existe également des différences au niveau de la ventilation. Avant l'apnée les femmes et les hommes ont les mêmes données ventilatoires alors que celles-ci changent après les premières trente secondes de récupération : les hommes montrent une plus grande hyperventilation (Sébert et Sanchez 1981).

L'objectif de cette étude est donc de comparer l'évolution des fréquences cardiaques au cours d'apnées statiques et dynamiques chez les hommes et les femmes.

Supprimé : aux études déjà menées.

Supprimé : trouvent les mêmes résultats pour les hommes et pour les femmes. Ils en

Supprimé : donc

Supprimé : se crée

Supprimé :

Supprimé : la

Supprimé :

Supprimé : une différence entre les fréquences cardiaques des femmes et celles des hommes apparaît

Supprimé : La variation de la fréquence cardiaque en apnée dynamique est plus importante chez les hommes que chez les femmes

Supprimé : l

Supprimé : mais

Supprimé : de test contrôle

Supprimé : Les données sur la ventilation sont similaires avant l'apnée chez les hommes et chez les femmes. Par contre, les données sont différentes pendant la récupération : les hommes ont une ventilation plus lente

Supprimé :

Supprimé : eux

Supprimé : , leurs résultats concernant

Supprimé : son

Supprimé : s

MATERIELS ET METHODES

Sujets

La population était constituée de neuf femmes hockeyeuses subaquatiques et de huit hommes hockeyeurs subaquatiques ; âge : $22,67 \pm 4,72$ vs $25,88 \pm 6,58$ années non significatif (ns) ; taille : 168 ± 8 vs 185 ± 6 cm ($p < 0,05$) ; poids : $60,33 \pm 10,65$ vs $73,19 \pm 7,43$ kg (ns)

Critères d'inclusion :

Les sujets ont tous une expérience minimum de 2 ans dans la pratique et s'entraînaient au minimum 5 heures par semaine. Sur les 17 personnes qui ont participé aux tests, 16 étaient en équipe de France et 1 jouait à un niveau régional.

Les personnes étaient équipées de palmes, d'un masque et d'un tuba lors des apnées. Les apnées étaient réalisées sans hyperventilation.

Supprimé : .

Supprimé : afin d'éviter toute perte de connaissance par contre ils effectuaient une inspiration forcée libre

Supprimé : Caractéristiques des sujets ?

Protocole d'étude

Dans un premier temps, les apnées étaient statiques. Chaque personne était munie du cardiofréquencemètre et elles déclenchaient toutes ensemble le chronomètre. Après 30 secondes dans l'eau, les sujets faisaient une apnée de 30 secondes, en se tenant au bord du bassin, en position horizontale, à la surface de l'eau, mais totalement immergée. Après les 30 secondes d'apnées, les personnes avaient 2 minutes de repos (dans l'eau) avant de repartir pour une apnée de 30 secondes. Le test s'est effectué une troisième fois de la même façon.

Dans un deuxième temps, les apnées étaient dynamiques. Chaque personne était munie d'un cardiofréquencemètre et toutes ont déclenché le chronomètre ensemble. Après 1 minute dans l'eau, tout le monde

est parti pour une apnée de 25 secondes durant laquelle ils devaient parcourir une distance de 25 mètres soit une vitesse de 1m.s^{-1} , la profondeur n'étant pas prise en compte. A la fin de cette apnée, les personnes sortaient de l'eau puis avaient 10 minutes de repos (maximum). Une minute avant la nouvelle apnée, tout le monde retournait dans l'eau. Les personnes effectuaient une deuxième apnée de 25 secondes dans les mêmes conditions que précédemment. La manipulation s'est effectuée une troisième fois de la même façon. A la fin de cette troisième apnée, tous les chronomètres ont été arrêtés après une minute de repos.

Supprimé :

Supprimé : La manipulation

Supprimé : e

Mesures

Pour chaque plongeur, deux fréquences cardiaques ont été relevées : au repos (FC_0) et à la fin de l'apnée statique ou dynamiques (FC_1). La FC a été enregistrée de façon continue par un cardiofréquencemètre de type Sport Tester PE-4000 (Polar) étanche échantillonnant et mémorisant la fréquence cardiaque tout au long du test. A partir des fréquences cardiaques mesurées lors des apnées statiques et dynamiques, nous avons calculé et comparé les variations relatives des fréquences cardiaques (ΔFC) entre les

femmes et les hommes en utilisant la formule : $\Delta FC = (FC_1 - FC_0) / FC_0$.

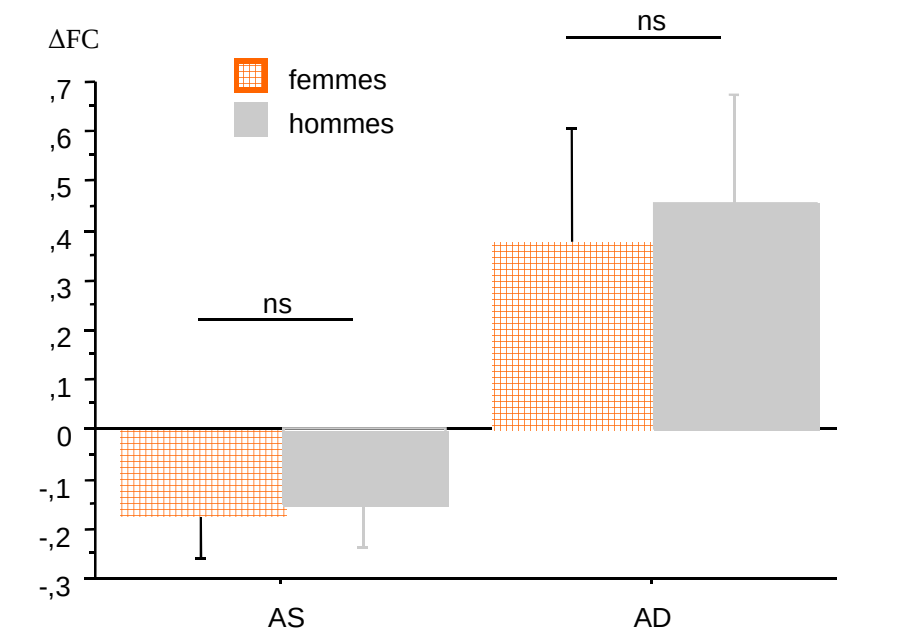
ANALYSE STATISTIQUE

Les données ont fait l'objet d'une analyse statistique à l'aide du logiciel STATVIEW® (Abacus concept INC, Berkeley CA.). Un test non paramétrique de Mann Whitney a été utilisé pour la comparaison des résultats moyens. Le seuil de signification retenu est $p < 0,05$.

RESULTATS

La Fréquence Cardiaque

Quel que soit le type d'apnée, il n'existe pas de différence significative entre les femmes et pour les hommes, concernant les variations moyennes de Fc (figure 1).



Supprimé : Les résultats sont significatifs ($p = 0,0001$) entre

Supprimé : de quoi FC temps d'apnée???? obtenues lors des

Supprimé : apnées statiques et lors des apnées dynamiques

Supprimé : cf.

Figure n°1: Comparaison de la variation de la FC (batts.min^{-1}) entre les hommes et les femmes pour chaque type d'apnée: statique (AS) et dynamique (AD) (ns : non significatif).

Quel que soit le sexe, les variations moyennes de Fc sont systématiquement plus basses aux cours d'apnée statiques par rapport aux apnées dynamiques ($p < 0,001$).

hommes ($p < 0,001$), mais uniquement au cours d'apnées dynamiques (figure 2).

Supprimé : il existe

Chez les femmes la bradycardie semble s'installer plus rapidement que chez les

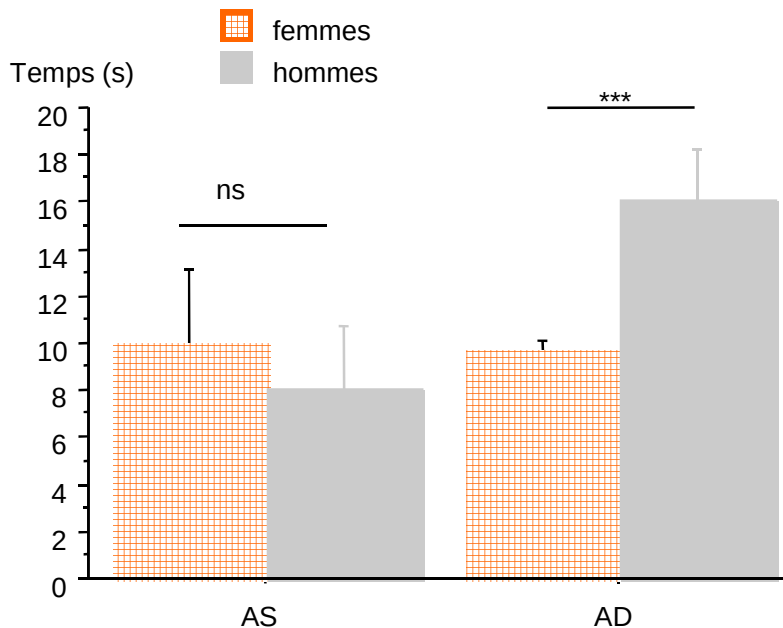


Figure n°2: Comparaison des temps d'apparition de la bradycardie (s) entre les hommes et les femmes pour chaque type d'apnée: statique (AS) et dynamique (AD). *** : $p < 0,001$.

DISCUSSION

1. Comparaison de la fréquence cardiaque entre les femmes et les hommes en apnée statique et dynamique

Que les apnées soient statiques ou dynamiques, les résultats obtenus sont non significatifs (figure 1). Pour Sanchez et Sébert (1983), Les variations de fréquences cardiaques sont plus importantes chez les hommes que chez les femmes, en apnée dynamique, ce que nous ne retrouvons pas dans nos résultats. Nous pouvons expliquer cette différence de résultats par des populations et des tests différents entre les deux études. Pour l'étude de Sanchez et Sébert, la population est sédentaire et non plongeuse alors que pour notre étude, la population est expérimentée dans une activité spécifique : le hockey subaquatique

(au minimum 2 ans de pratique à raison de 5 heures d'entraînement par semaine). Irving (1963); Delapille et coll. (2001) ont montré que l'entraînement permettait au plongeur d'avoir une réponse bradycardique plus intense. De plus, Schagatay et Anderson (1998), la bradycardie est plus prononcée chez des sujets plongeurs que chez des non plongeurs. Les résultats ne peuvent donc pas être comparés. Les résultats entre les apnées statiques ne sont pas comparables car dans l'étude de Sanchez et Sébert, les apnées sont statiques mais en conditions isométriques statiques alors que dans notre étude, les sujets sont simplement en apnée statique. Selon Butler et coll. (1987), si la réponse cardio-vasculaire en apnée est la même que celle lors d'un exercice en plein air durant les dix/quinze premières secondes, progressivement la bradycardie est intensifiée. La contraction musculaire

Supprimé : Selon

Supprimé : moins

de l'avant bras dans l'étude de Sanchez et Sébert entraîne donc des modifications qui ne seront pas les mêmes que dans notre étude. Durant les apnées dynamiques, la vitesse de l'exercice est fixée par rapport à la VO_2 max alors que pour nos apnées, la vitesse a été fixée à $1m.s^{-1}$. Cette vitesse n'est pas rapide pour la spécificité de l'activité (apnée intense mais courte). Dans notre étude, les sujets ont été choisis par rapport à précision de leurs résultats. Cette vitesse permettait donc à tous les sujets volontaires de pouvoir participer aux tests. Afin d'éviter toutes ces différences, il serait intéressant peut être de comparer les résultats obtenus avec les résultats de personnes plongeurs, hommes et femmes, dans les mêmes conditions de test : même vitesse de nage subaquatique, même durée d'apnée, même données anthropométriques surtout en ce qui concerne l'âge, la taille et le poids. Cette comparaison permettrait de voir si la pratique du hockey subaquatique entraîne des modifications spécifiques ou non.

2. Comparaison de la fréquence cardiaque entre les apnées statiques et les apnées dynamiques chez les femmes et chez les hommes

Quel que soit le sexe, les variations moyennes de Fc sont systématiquement plus basses aux cours d'apnée statiques par rapport aux apnées dynamiques ($p<0,001$).

Cette différence significative est due à un conflit entre la tachycardie résultant de la vasodilatation musculaire intense et la bradycardie résultant du réflexe de plongée. Durant l'apnée statique, les sujets n'ont aucune activité musculaire contrairement à l'apnée dynamique où les sujets ont une vitesse de nage subaquatique de $1m.s^{-1}$. De plus, Butler et coll. (1987) ont montré qu'au-delà des quinze premières secondes de l'exercice en apnée, la bradycardie est intensifiée, ce qui explique cette différence significative entre les deux types d'apnée. Il est donc

important de montrer ici que l'exercice musculaire a une incidence sur la fréquence cardiaque (Delapille et coll., 1999). En effet, chez des experts, la vitesse de nage a une incidence sur l'augmentation les variations relatives de fréquences cardiaques et sur la durée des apnées. Alors qu'à $0,6 m.s^{-1}$ ces variations ne sont pas significativement différentes entre experts et débutants, à $1 m.s^{-1}$ et $1,2 m.s^{-1}$ ces variations sont plus faibles chez les experts, qui produisent moins de lactates que les débutants ($p<0,001$). Si l'on compare ces résultats avec les notre, les apnées sont statiques dans un premier temps puis à une vitesse de nage subaquatique de $1m.s^{-1}$. Dans notre étude portant sur des sujets entraînés, nous retrouvons le même type de variations. Nous pouvons tout de même constater que les écarts entre les deux types d'apnées sont quasiment similaires entre les hommes et les femmes.

3. Comparaison entre les temps d'apparition de la bradycardie chez les femmes et chez les hommes en apnée statique puis apnée en dynamique.

Dans ce test, le nombre de sujets a diminué, nous n'avons plus que 6 femmes et 5 hommes. Les autres hockeyeurs/euses n'ont pas pu faire parti de cette étude car leurs résultats n'étaient pas exploitables.

Les résultats obtenus sont différents selon le type d'apnée. Dans notre partie théorique, nous avons émis l'hypothèse que les femmes, qu'elles soient en apnée statique ou dynamique, ont une apparition de la bradycardie plus précoce que les hommes. Or, les résultats montrent que cette hypothèse ne se confirme pas pour l'apnée statique. Cependant aucune comparaison ne peut être faite avec d'autres études. Si Sanchez et Sébert ont étudié ce temps d'apparition, ils ne l'ont fait que pour des apnées statiques avec

Supprimé : ¶

Supprimé : ¶

Mise en forme : Puces et numéros

Supprimé : La comparaison entre les apnées statiques et dynamiques montre des différences significatives ($p<0,001$) chez les femmes et les hommes (dans quel sens?)

Supprimé : dix :

exercices isométriques ou pour des apnées dynamiques. Si l'on se réfère à l'étude de Sanchez et Sébert (1983), l'hypothèse de précocité d'apparition de la bradycardie chez les femmes est confirmée mais uniquement en apnée dynamique. En effet au cours de l'apnée dynamique, les femmes ont un temps d'apparition de la bradycardie inférieur à celui des hommes. La moyenne étant de 16 secondes pour les hommes et de 11 secondes pour les femmes. Ferrigno et coll. (1997); Holm et coll. (1998); Schagatay et Anderson (1998) ont montré que l'âge avait une influence sur l'intensité de la bradycardie et sur les ajustements cardio-vasculaires. Dans notre étude, l'effet de l'âge peut être exclu car il n'y a pas de différence significatives entre les hommes et les femmes. Nous pouvons également constater que pour les femmes, le temps d'apparition de la bradycardie est le même que l'on soit en apnée statique ou dynamique. Le temps moyen pour les femmes est de 10 secondes pour les apnées statiques et de 11 secondes pour les apnées dynamiques. Pour les hommes, le temps moyen d'apparition de la bradycardie varie de 7 secondes en apnée statique et de 16 secondes en apnée dynamique. Ce résultat pourrait être expliqué par un meilleur ajustement cardio-vasculaire chez les femmes. Les femmes pourraient donc avoir une meilleure capacité d'adaptation à l'apnée.

CONCLUSION

En conclusion, quel que soit le type d'apnée (statique ou dynamique), il n'existe pas de différence significative entre les hommes et les femmes concernant les variations de F_c . Quel que soit le sexe, ces variations de F_c sont toujours inférieures au cours des apnées statiques par rapport aux apnées dynamiques ($p < 0,001$). Toutefois, les femmes ont au cours des apnées dynamiques des bradycardies qui s'installent plus rapidement que chez les hommes

($p < 0,001$). Les femmes présentent donc une capacité d'adaptation plus rapide que les hommes au cours d'un effort en apnée.

REFERENCES

1. **B. BROUSSOLLE**; Physiologie et médecine de la plongée; Eds Ellipses, Paris, 1992.
2. **PJ. BUTLER, AJ. WOAKES**; Heart rate in humans during underwater swimming with and without breath hold; *Respir Physiol*, n°69 pp387-99; 1987.
3. **JH. CORRIOL**; La plongée en apnée : Physiologie et médecine; (2^e ed.) Paris, Masson, 1996.
4. **ABJ. CRAIG**; Heart rate response to apneic underwater diving and to breath holding in man; *J Appl Physiol*; n°18 pp854-62; 1963.
5. **P. DELAPILLE, E. VERIN, C. TOURNY CHOLLET, P. PASQUIS**; Heart rate variation after breath hold diving with different underwater swimming velocities; *J Sports Med Phys Fit*; T42, n°1 pp79-82; 2002.
6. **P. DELAPILLE, D. POLIN, C. TOURNY CHOLLET, E. VERIN, MF. HELLOT, P. PASQUIS**; Evaluation de la fréquence cardiaque au cours d'exercices en apnée chez des plongeurs experts et débutants; *Science & Sports*; n°16 pp100-103; 2001.
7. **P. DELAPILLE, C. TOURNY-CHOLLET, V. FOURNEYRON**; Evaluation de la lactatémie au cours d'exercices

Supprimé : Ferrigno et al. (1997), Holm et al. (1998), Schagatay et Andersson, (1998) ont montré que l'âge avait une influence sur l'intensité de la bradycardie et sur les ajustements cardio-vasculaires. Dans notre étude, les femmes sont plus jeunes que les hommes et nous pouvons donc en conclure que leur ajustements cardio-vasculaires sont mieux adaptés.

Supprimé : ¶

Supprimé : nous pouvons donc dire que les résultats obtenus pour la comparaison de la fréquence cardiaque entre les femmes et les hommes en apnées statique et dynamique sont non significatifs (ns)

Supprimé : Les résultats sont

Supprimé :

Supprimé :

Supprimé : 0

Supprimé : si l'on compare les variations de fréquence cardiaque obtenues lors des apnées statique et dynamique chez un même sexe, qu'il soit féminin ou masculin.

- en apnée : Détermination d'une vitesse maximale de nage; *Science & Sports*; n°14 pp98-100; 1999.
8. **M. FERRIGNO, G. FERRETTI, A. ELLIS, D. WARKANDER, M. COSTA, P. CERRETELLI, CE. LUNDGREN;** Cardiovascular changes during deep breath-hold dives in a pressure chamber; *J Appl Physiol*; n°83 pp1282-1290; 1997.
9. **A. GORISSE;** Hockey subaquatique. Etude médico-sportive de l'équipe championne de France; *Thèse de doctorat, Lille*; 1984.
10. **B. HOLM, E. SCHAGATAY, T. KOBAYASHI, A. MASUDA, T. OHDAIRA, Y. HONDA;** Cardiovascular change in elderly male breath-hold divers (Amas) and their socio-economical background at Chikura in Japan; *Appl Human Sci*; n°17 pp181-187; 1998.
11. **L. IRVING;** Bradycardia in humans divers; *J Appl Physiol*; n°18 pp489-491; 1963.
12. **L. MANLEY;** Apnoeic heart rate response in humans; *Sports Med*; n°9 pp286-310; 1990.
13. **NB. OLDRIDGE, GI. HEIGENHAUSER, JR. SUTTON, NL. JONES;** Resting and exercise heart rate with apnea and facial immersion in female swimmers; *J Appl Physiol*; n°45 pp875-879; 1978.
14. **J. SANCHEZ, P. SEBERT;** Sex differences in cardiac responses to breath holding during dynamic and isometric exercises; *Eur J Appl Physiol*; n°50 pp429-444; 1983.
15. **E. SCHAGATAY AND ANDERSSON J;** Diving response and apneic time in humans; *Undersea Hyperb Med*; T25 n°1 pp13-19; 1998.
16. **E. SCHAGATAY, M. VAN KAMPEN, J. ANDERSSON;** Effect of repeated apneas on apneic time and diving response in non-divers; *Undersea Hyperb Med*; n°26 pp143-149; 1999.
17. **E. SCHAGATAY, B. HOLM;** Effects of water and ambient air temperatures on human diving bradycardia; *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*; n°73 pp1-6; 1996.
18. **E. SCHAGATAY, M. VAN KAMPEN, S. EMANUELSSON, B. HOLM;** Effects of physical and apnea training on apneic time and the diving response in humans; *Eur J Appl Physiol*; T82 n°3 pp161-169; 2000.
19. **P. SEBERT, J. SANCHEZ;** Sexual and postural differences in cardioventilatory responses during and after breath holding at rest; *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*; n°47 pp209-222; 1981.
20. **J. SANCHEZ, P. SEBERT;** Sex differences in cardiac responses to breath holding during dynamic and isometric exercises; *Eur J*

- Appl Physiol*; n°50 pp429-444; 1983.
21. **JA. STERBA, CE. LUNDGREN;** Breath-hold duration in man and diving response induced by face immersion; *Undersea Biomed Res*; 15 pp361-375; 1988.
22. **JA. STERBA, CE. LUNDGREN;** Diving bradycardia and breath holding time in man; *Undersea Biomed Res*; n°12 pp139-150; 1985.
23. **DE. WATENPAUGH, B. PUMP, P. BIE, P. NORSE;** Does gender influence human cardiovascular and renal responses to water immersion?; *J Appl Physiol*; n°89 pp621-628; 2000.

Etude comparative de la fréquence cardiaque chez les ballerines en position verticale inversée immergée

V. Jourdren ¹, F. Lemaître ², D. Leroy ², P. Delapille ²

¹ Faculté des Sciences et du Sport et de l'Education Physique de Rouen, Université de Rouen, France.

² Centre d'Etudes des Transformations des Activités Physiques et Sportives, Jeune équipe UPRES N°2318. Faculté des Sciences du Sport et de l'Education Physique de Rouen, Université de Rouen, France.

Résumé – L'objectif de cette étude est de comparer les variations de fréquence cardiaque, chez les nageuses de natation synchronisée en position verticale inversée immergée, au cours de 4 apnées différentes de 30 secondes : statique (avec perche) et dynamique (avec coupe-coupe), avec et sans lunettes. La comparaison des fréquences cardiaques entre les apnées statique et dynamique montre une différence significative ($p < 0.05$), l'exercice musculaire augmente la FC en apnée dynamique. La comparaison des fréquences cardiaques entre les apnées avec lunettes et sans lunettes ne montre pas de différence significative (ns), ainsi le port des lunettes n'influe pas l'évolution de la fréquence cardiaque au niveau physiologique. Cependant les différences de temps d'apparition de la bradycardie pourraient être liées au port des lunettes (facteur psychologique).

Mots clefs : apnée statique et dynamique, natation synchronisée, fréquence cardiaque.

Abstract - The aim of this study was to compare the heart rate variations, in 6 synchronized swimmers in vertical inversed position immersed, in different breath holding tests of 30 seconds: static and dynamic, with or without glasses. The comparison of the heart rate response, between static and dynamic breath holding diving is significant ($p < 0.05$), the exercise increase the heart rate variation in breath hold dynamic. The comparison of heart rate response between breath holding diving with and without swimming glasses is not significant (ns), so the carrying of glasses haven't an effect on heart rate, at level physiological. However, the difference of delay of the onset of bradycardia could be explained by carrying of swimming glasses (psychological factor).

Key words : static dynamic breath hold diving, synchronized swimming, heart rate.

INTRODUCTION

L'apnée est la suspension temporaire, volontaire ou involontaire des mouvements respiratoires. Celle-ci perturbe certaines fonctions physiologiques dont le système cardio-vasculaire et le système respiratoire (Corriol, 1996). En natation synchronisée, l'apnée effectuée en immersion déclenche

le réflexe de plongée, nommé aussi le "*diving response*" (Lin et coll., 1983a ; Schagatay, 1996). Il se caractérise par deux phénomènes physiologiques : une réponse bradycardique, déclenchée par le nerf trijumeau (Bjurström et Schoene, 1987) et une compensation circulatoire appelée

vasoconstriction périphérique, qui a pour effet d'éviter un effondrement de la pression artérielle (Delapille et coll., 1999).

Le mécanisme de la bradycardie est complexe. Il est provoqué par des facteurs neurologiques, mécaniques et chimiques (Hong et coll., 1963 ; Moore et coll., 1973 ; Bjurström et Schoene, 1987). La bradycardie est un ralentissement de la fréquence cardiaque. Elle présente trois phases distinctes. La première étape consiste en une tachycardie, qui survient dès le début de l'apnée. La seconde se caractérise par une bradycardie, qui dépend de la durée d'apnée. La dernière étape apparaît lors de la stabilisation de la réponse bradycardique.

L'intensité de la bradycardie d'immersion permettrait de minimiser la tachycardie d'émersion et de prolonger la durée de l'apnée. Par l'action cardio modératrice du nerf vague, la bradycardie est un réflexe physiologique indépendant de la durée de l'apnée et de la profondeur de l'immersion (Delapille et coll. 1999). Cependant, elle peut être influencée par le volume pulmonaire, l'immersion, la température, la posture, l'exercice musculaire (apnée statique ou dynamique), l'entraînement, l'âge, le sexe et l'état psychologique du sujet.

Cette adaptation permet de réduire la consommation d'énergie, en canalisant la conservation d'oxygène vers les organes "nobles" (le cœur, les poumons et le

cerveau) au dépend des organes périphériques, plus résistants à l'hypoxie. D'où le déclenchement d'un mécanisme compensatoire : la vasoconstriction (Butler et Woakes, 1987 ; Broussole 1992)

Définie comme une réduction du calibre des vaisseaux sanguins, la vasoconstriction périphérique est une compensation de la diminution de la fréquence cardiaque (Song et coll., 1969). Elle implique un rétrécissement du lumen permettant le soulèvement de la tension artérielle. Ainsi la pression artérielle est constante pour préserver la logique de l'homéostasie. Elle se caractérise par une redistribution du sang, une dépression du métabolisme et une diminution des échanges respiratoires (Lin, 1982 ; Manley, 1990).

L'objectif de cette étude est de comparer les variations de fréquence cardiaque, chez les nageuses de natation synchronisée en position verticale inversée immergée, au cours de 4 apnées différentes de 30 secondes : statique (avec perche) et dynamique (avec coupe-coupe), avec et sans lunettes. L'exercice musculaire du coupe-coupe impose une modification de la fréquence cardiaque certaine, mais lors de l'exécution d'une position verticale inversée (immergée) sans le port de lunettes de piscine, la modification peut être accentuée.

MATERIELS ET METHODES

Sujets

La population étudiée est un groupe de 6 ballerines expertes (niveau Interrégional et National). Dans cette expérience, mon travail se basera sur un groupe apparié. Nageuses de bon niveau, elles pratiquent depuis 8 ans (+/-), à raison de 3

entraînements de 2h30 par semaine. Les mesures biométriques de ces ballerines ont été recueillies : âge, taille, poids, indice de masse corporelle $[P/T^2]$, volumes pulmonaires et fréquences cardiaques (tableau 1).

Age (années)	Taille (cm)	Masse (Kg)	Pratique (années)	IMC (P/T^2)	VEMS
17,2	164	54,7	7,7	20	2,29
±1,3	±7,6	±9,8	±1,4	±2	±0,72

Tableau 1 : Les données biométriques moyennes

Protocole d'étude

L'expérimentation s'est déroulée dans une piscine couverte, dont la température constante de l'eau est de 28°C. Après un échauffement de natation sportive, l'expérience consiste à exécuter une position verticale inversée immergée (4 périodes de 30 secondes), maintenue à un niveau entre les mollets et les genoux. Les ballerines ont effectué deux séries d'apnées différentes : apnée statique (à l'aide d'une perche) et apnée dynamique (à l'aide du coupe-coupe).

En position verticale inversée immergée, deux apnées statiques de 30 secondes seront effectuées par les nageuses, avec un repos de 3 minutes entre les deux : apnée statique avec lunettes (SAL) et apnée statique sans lunettes (SSL). Après un second repos de 3 minutes, deux autres apnées de 30 secondes, elles, dynamiques [à l'aide du coupe-coupe, un appui technique], seront exécutées dans la même position : apnée dynamique avec lunettes (DAL) et apnée dynamique sans lunettes (DSL) (figure 1).

SAL 30" → R 3' → **SSL 30"** → R 3' → **DAL 30"** → R 3' → **DSL 30"**

Figure 1 : Description générale des quatre apnées séparées par une période de récupération passive.

Mesures

Nous avons mesuré le volume expiré au maximum en une seconde (VEMS) à l'aide d'un spiromètre de type Kit Micro (*COSMED s.r.l.*). Ensuite, durant les quatre exécutions en position verticale inversée immergée, les fréquences cardiaques de chaque ballerine ont été enregistrées, en valeurs continues, par un cardiofréquencemètre (*Polar S 810TM*).

Ainsi, les fréquences cardiaques pour chaque sujet ont été relevées et retranscrites sur ordinateur. Cela nous a permis d'évaluer l'évolution des fréquences cardiaques lors des quatre apnées différentes en position verticale inversée immergée et d'observer le temps d'apparition de la bradycardie, dans chacune des apnées.

ANALYSE STATISTIQUE

Les données ont fait l'objet d'une série de calculs statistiques, effectués sur le logiciel *STAVIEW* ® (*Abacus concept INC, Berkeley CA.*). Quant à l'analyse statistique, le test de rang de *Wilcoxon* a été appliqué. Le seuil de signification retenu est $p < 0.05$.

dynamiques (avec et sans lunettes) (tableau 2).

RESULTATS

L'analyse des fréquences cardiaques a mis en évidence des différences significatives entre les apnées statiques et

	SAL	SSL	DAL	DSL
FC début	79 ±25	99 ±22	120 ±32	120 ±22
FC minimum	50 ±14	51 ±10	81 ±16	85 ±13
Temps pour FC min	17 ±10	21 ±5	21 ±11	24 ±7
% de variation	-33 ±23	-48 ±10	-30 ±18	-27 ±14
TAB	4 ±1	7 ±4	10 ±5	11 ±7
% TAB	14 ±4	23 ±14	32 ±15	38 ±24

Tableau 2 : SAL : apnée statique (perche) avec lunettes; SSL : apnée statique (perche) sans lunettes; DAL : apnée dynamique (coupe-coupe) avec lunettes; DSL : apnée dynamique (coupe-coupe) sans lunettes; $\leftrightarrow$: différence significative entre deux exercices ($p < 0.05$); **FC début** : première fréquence cardiaque; **FC minimum** : fréquence cardiaque la plus basse; **Temps pour FC min** : nombre de secondes pour l'obtention de la FC min; **% de variation** : variation entre la FC début et FC minimum; **TAB** : temps d'apparition de la bradycardie; **% TAB** : pourcentage du TAB par rapport à une apnée de 30 secondes.

DISCUSSION

Apnée statique

La courbe moyenne des fréquences cardiaques, en apnée statique, nous présente les trois phases du mécanisme de la bradycardie. Elle nous permet de noter une diminution progressive après une courte tachycardie. Cette évolution est une bradycardie d'immersion (Lin, 1982). Le temps d'apparition de la bradycardie est en moyenne de 4 à 7 secondes. Cette diminution de fréquence cardiaque (15 secondes) se retrouve dans l'étude de Figura et coll. (1992) et de Schagatay et Anderson (1998a). Cependant, la différence des temps d'apparition de la bradycardie peut s'expliquer par la mise en place des ballerines. Nos sujets se sont immergés en position debout, avant de basculer en position verticale inversée. Alors que les sujets de Figura et coll. se sont placés en exécutant un carpié (position immergée formant un angle droit), ce qui implique un effort plus intense.

La posture a son importance dans le dessin de la courbe. Sans exercice musculaire, la tachycardie de départ se justifie par la posture du corps des ballerines et par la manœuvre de Valsalva (Figura et coll., 1992). Effectuée dans une eau à 28°C, l'évolution des fréquences cardiaques chez nos ballerines se trouve peu influencée par la température (différence non significative entre les pourcentages de variation des FC en SAL et en SSL).

Il faut aussi prendre en compte les facteurs psychologiques et environnementaux de l'immersion. Lin et coll. (1983) et Manley (1990) pensent que l'apnée serait conditionnée par l'état psychologique et les émotions du sujet par rapport à son environnement. En comparant les apnées statiques avec et sans lunettes, toutes les ballerines ont ressenti une difficulté supplémentaire (non mesurée). Cependant, nos mesures prises par le cardiofréquencemètre ne montrent pas de différence significative entre les FC

de début [79 ± 24 vs 99 ± 22 (ns)] et les FC minimums [50 ± 14 vs 51 ± 10 (ns)], respectivement avec et sans lunettes. Ainsi, cette sensation semble être, plus d'ordre psychologique, et peut s'expliquer par le fait que les yeux s'adaptent plus difficilement au contact de l'eau.

Apnée dynamique

Tout d'abord, les courbes du cardiofréquencemètre dessinent les trois phases du mécanisme de la bradycardie, mais avec des mesures plus élevées, dues à l'effort musculaire. Nous avons obtenu des résultats semblables à Figura et coll. (1992), concernant l'évolution des fréquences cardiaques. Nous avons observé une tachycardie plus élevée et plus longue en apnée dynamique qu'en apnée statique, avec respectivement des temps d'apparition de la bradycardie plus importants [TABD 10 ± 5 vs TABS 4 ± 1 ($p < 0.05$), soit à 32% du temps de l'apnée en dynamique pour 14% en statique]. Par la suite, une bradycardie se déclenche avec une évolution des fréquences cardiaques qui tend à une augmentation due au coupe-coupe (phases propulsives).

Concernant la température et la posture, l'argumentation est similaire à celle en apnée statique. Cependant, la tachycardie de départ est accentuée par la position du corps des ballerines mais aussi par l'exercice musculaire (FCdD 120 ± 32 vs FCdS 79 ± 24 ($p < 0.05$)).

Enfin, le même exercice effectué avec et sans lunettes est ressenti différemment par les sujets. Cependant, nos résultats ne présentent pas de différences significatives. La légère différence (mais ns) entre le TABDAL (10 ± 5) et le TABDSL (11 ± 7) peut s'expliquer par une gêne pour maintenir l'équilibre du corps. En effet, l'absence des lunettes impliquerait une utilisation supplémentaire des mouvements de bras.

CONCLUSION

Cette étude a permis de confirmer l'influence de l'exercice musculaire, de l'immersion du corps et de la posture sur l'évolution de la fréquence cardiaque. Ces facteurs influent sur la FC minimum et le temps d'apparition de la bradycardie. Nous n'avons pu démontrer, par nos mesures, de

différences significatives concernant le port ou l'absence des lunettes. Peu de modifications physiologiques en ressortent. Cependant, le port des lunettes n'est pas à négliger, il doit être évoqué sur le plan psychologique (Manley, 1990).

REFERENCES

1. **ANDERSSON J. AND SCHAGATAY E.** Arterial oxygen desaturation during apnea in humans; Undersea & Hyper Med; T25 n°1 pp21-25; 1998.
2. **BJURSTROM RL AND SCHOENE RB.** Control of ventilation in elite synchronized swimmers; Appl Physiol; T63 n°3 pp1019-1024; 1987.
3. **BRICK I.** Circulatory responses to immersing the face in water; J Appl Physiol; T21 n°1 pp33-36; 1966.
4. **BUTLER P.J. AND WOAKES A.J.** Heart rate in humans during underwater swimming with and without breath-hold; Respir Physiol; T69 n°3 pp387-399; 1987.
5. **CRAIG AB.** Heart rate responses to apneic underwater diving and to breath holding in man; J Appl Physiol; n°18 pp854-862; 1963.
6. **DELAPILLE P., POLIN D., TOURNY CHOLLET C., VERIN E., HELLOT M.F. ET PASQUIS P.** Evaluation de la fréquence cardiaque au cours d'exercices en apnée chez des plongeurs experts et débutants; Science & Sports; n°16 pp100-103; 2001.
7. **DELAPILLE P., VERIN E., TOURNY CHOLLET C. AND PASQUIS P.** Heart rate variation after breath-hold diving with different underwater swimming velocities; J Sports Med Phys Fit; n°42 pp79-82; 2002.
8. **DELAPILLE P.** Etude de l'activité respiratoire centrale en respiration normale et à l'issue d'apnées volontaires; [thèse] 2000.
9. **DONALD A. CHU, PHD, PT, ATC, CSCS.** Athletic training issues in synchronized swimming; Clinics in Sports Med; T18 n°2; 1999.
10. **EBINE N, FENG JY, HOMMA M, SAITOH S. AND JONES PJ.** Total energy expenditure of elite synchronized swimmers measured by the doubly labelled water method; Eur J Appl Physiol; T83 n°1 pp1-6; 2000.
11. **FERRIGNO M., DONALD D. HICKEY, LINÉR M.H. AND LUNDGREN C.E.** Cardiac performance in humans during breath holding; J Appl Physiol; T60 n°6 pp1871-1877; 1986
12. **FIGURA F., CAMA G. AND GUIDETTI L.** Heart rate, alveolar gases and blood lactate during synchronized

swimming; *J Sport Sci*; T11 n°2 pp103-107; 1993.

13. GIRANDOLA R.N., WISWELL R.A., MOHLER J.G., ROMERO G.T. AND BARNES W.S. Effects of water immersion on lung volumes: implications for body composition analysis; *J Appl Physiol*; T43 n°2 pp276-279; 1977.

14. HEIGENHAUSER GJ, OLDRIDGE NB AND JONES NL. The CO₂ responsiveness and ventilatory response to arm exercise in female swimmers; *Respir Physiol*; T53 n°2 pp263-272; 1983.

15. HEISTAD, DONALD D., FRANÇOIS M., ABBODD AND ECKSTEIN J.W. Vasoconstrictor response to stimulated diving in man; *J Appl Physiol*; T25 n°5 pp542-549; 1968.

16. HONG S. K., MOORE T.O., SETO G., PARK H.K., HIATT W.R. AND BERNAUER E.M. Lung volumes and apneic bradycardia in divers; *J Appl Physiol*; T29 n°2 pp172-176; 1970.

17. IRVING L. Bradycardia in human divers; *J Appl Physiol*; T18 n°3 pp489-491; 1963.

18. LIN Y., SCHIDA K.K. AND HONG S.K. Effects of hypercapnia, hypoxia, and rebreathing on heart rate response during apnea; *J Appl Physiol*; T54 n°1 pp166-171; 1983.

19. LIN Y., SCHIDA K.K. AND HONG S.K. Effects of hypercapnia, hypoxia, and rebreathing on circulatory response to apnea; *J Appl Physiol*; T54 n°1 pp172-177; 1983.

20. MANLEY L. Apnoeic heart rate responses in humans: a review; *Sports Med*; T9 n°5 pp286-310; 1990.

21. MOORE T.O., ELSNER R., LIN Y., LALLY D.A AND HONG S.K. Effects of alveolar PO₂ and PCO₂ on apneic bradycardia in man; *J Appl Physiol*; T34 n°6 pp795-798; 1973.

22. MOUNTJOY M., MD, CCFP, DIP SPORT MED. The basics of synchronized swimming and its injuries; *Clinics Sports Med*; T18 n°2 pp321-335; 1999.

23. OLDRIDGE NB, HEIGENHAUSER GJF, SUTTON JR AND JONES NL. Resting and exercise heart rate with apnea and facial immersion in female swimmers; *J Appl Physiol*; n°17 pp461-416; 1978.

24. POOLE GW., CREPIN BJ AND SEVIGNY M. Physiological characteristics of elite synchronized swimmers; *Can J Appl Sport Sci*; T5 n°3 pp156-160; 1980.

25. PAN A.W., HE J., KINOUCHE Y., YAMAGUCHI H. ET MIYAMOTO H. Blood flow in the carotid artery during breath-holding in relation to diving bradycardia; *Eur J Appl Physiol*; n°75 pp388-395; 1997.

26. POOLE GW, CRETIN BJ AND SEVIGNY M. Physiological characteristics of elite synchronized swimmers; *Can J Appl Sport Sci*; T5 n°3 pp156-160; 1980.

27. SANCHEZ J. AND SÉBERT PH. Sex differences in cardiac responses to breath holding during dynamic and isometric exercises; *Eur J Appl Physiol*; n°50 pp429-444; 1983.

28. SCHAGATAY E., HOLM B. Effects of water and ambient air temperatures on human diving bradycardia; *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*; n°73 pp1-6; 1996.

29. **SCHAGATAY E. AND ANDERSSON J.** Diving response and apneic time in humans; *Undersea & Hyper Med*; T25 n°1 pp13-19; 1998.
30. **SCHAGATAY E., VAN KAMPEN M., EMMANUELSSON S. AND HOLM B.** Effects of physical and apnea training on apneic time and the diving response in humans; *Eur J Appl Physiol*; T82 n°3 pp161-169; 2000.
31. **SONG SH., LEE WK, CHONG YA AND HONG SK.** Mechanism of apneic bradycardia in man; *J Appl Physiol*; n°27 pp323-327; 1969.
32. **STARKES JL, GABRIELE AND YOUNG L.** Performance of the vertical position in synchronized swimming as a function of skill, proprioceptive and visual feedback; *Mot Skills* T69 n°1 pp225-226; 1989.
33. **STERBA J.A. AND LUNDGREN E.G.** Breath-hold duration in man and the diving response induced by face immersion; *Undersea Biomed Res*; T15 n°5 pp361-375; 1988.
34. **TAKAMOTO M., MUTOH Y. AND MYASHITA M.** Heart rate response to routine performance in synchronized swimming; *In VIIth World FINA Medical Congress*, USSOC (red) Orlando; 1987, Fl p.71.
35. **TROUP JP.** The physiology and biomechanics of competitive swimming; *Clin Sports Med*; T18 n°2 pp267-285; 1999.
36. **YAMAMURA C, ZUSHI S, TAKATA K, ISHIKO T, MATSUI N AND KITAGAWA K.** Physiological characteristics of well-trained synchronized swimmers in relation to performance scores; *Int J Sports Med*; T20 n°4 pp246-251; 1999.
37. **YAMAMURA C, MATSUI N AND KITAGAWA K.** Physiological loads in the team technical and free routines of synchronized swimmers; *Med Sci Sports Exerc*; T32 n°6 pp1171-114; 2000.

Toxicité des radicaux libres de l'oxygène en plongée

H. Hourdeau

Faculté des sciences pharmaceutiques et biologiques, Université de Lille 2, France. E-Mail : lnhourdeau@yahoo.fr

Résumé - La pratique de la plongée expose le passionné et le professionnel à des conditions anormales parfois traumatisantes, engendrant une production accrue de radicaux libres de l'oxygène. Ces entités sont particulièrement instables et très réactives. Elles cherchent à se stabiliser et donnent lieu à une cascade d'interactions chimiques au niveau moléculaire, pouvant occasionner de graves lésions. L'organisme active alors ses systèmes anti-oxydants et augmente sa synthèse de protéines chaperons permettant une re-conformation correcte des protéines endommagées.

Mots clefs : Stress oxydatif, radicaux libres, plongée subaquatique.

Abstract - The diving practice sometimes exposes the enthusiast and the professional to the anomalous conditions traumatic, generating a production increased of oxygen free radicals. These entities are especially unsteady and very reactive. They try to stabilize and give place at the level to a chemical interaction cascade molecular, can cause serious lesions. The organism activates his anti-oxidizers systems and increases protect proteins synthesis permitting a re-conformation correct of the damaged proteins.

Key-words : Oxydatif stress, free radicals, scuba-diving.

INTRODUCTION

La plongée est une activité stressante, y compris pour les plus calme d'entre nous.

En effet, tout plongeur professionnel ou passionné est soumis à des contraintes mécaniques (la pression), thermiques (adaptation au changement de température), biochimiques (par apport massif d'oxygène tissulaire pour s'opposer à la pression s'exerçant sur l'appareil ventilatoire), psychiques... même en l'absence de manifestations clinique

d'accident de décompression. Tout ceci représente un cadre stressant pour l'organisme, engendre la production accrue de radicaux libres produits par de nombreuses molécules dont l'oxygène.

Stress, radicaux libres agissent sur un mécanisme physiologique de défense, les HSP qui s'opposent à l'effet toxique cellulaire de ce stress. En pratique comment les choses se passent-elles?

Radicaux libres de l'oxygène

Notre atmosphère est constituée de moins de 21% d'oxygène. L'atome d'oxygène comporte seize électrons gravitant autour de son noyau : deux

occupent la première orbitale, huit la deuxième et six la troisième; il en manque donc deux pour se stabiliser; sa formule s'écrit : O^{2-} .

Dans l'air ambiant, l'oxygène existe surtout sous cette forme instable d'atome libre $O^2\cdot$. Au contact de l'eau, deux atomes d'oxygène mettent en commun leurs électrons célibataires, se stabilisant ainsi sous forme moléculaire O_2 , électriquement neutre. C'est ce qui se passe notamment dans les pneumocytes lors de la respiration.

Au niveau des capillaires pulmonaires, l'oxygène passe dans le sang, saturant ainsi l'hémoglobine pour donner de l'oxyhémoglobine. Arrivé aux cellules, l'oxygène diffuse par gradient de pression, atteignant l'organe de la respiration cellulaire : la mitochondrie.

Néanmoins, une infime partie de l'oxygène consommé (environ 2%) n'entre pas dans les réactions d'oxydation métaboliques classiques, mais intègre des voies parallèles, aboutissant à l'apparition d'entités potentiellement néfastes appelées "radicaux libres de l'oxygène". Il s'agit de molécules dont un ou plusieurs électrons sont célibataires sur l'orbitale externe. Cet état est particulièrement instable, et les atomes ou molécules vont chercher à s'appareiller avec d'autres par leurs électrons célibataires, aboutissant ainsi à des réactions en chaînes et pouvant occasionner des lésions cellulaires.

Pour l'oxygène, des transferts d'électrons déstabilisent O_2 pour donner l'anion superoxyde $O_2^{\cdot-}$, peu agressif, mais aussi du peroxyde d'hydrogène H_2O_2 (eau oxygénée) et surtout des radicaux hydroxyles ($OH\cdot$) très toxiques. Enfin, l'oxygène peut réagir avec l'acide nitrique NO (exogène des gaz d'échappement ou endogène produit par le catabolisme d'acides aminés), pour donner du peroxyde d'azote $ONOO\cdot$ et des radicaux $OH\cdot$, réaction accélérée par le calcium (Ca^{2+}).

Ces molécules très réactives sont susceptibles d'entrer en réaction avec pratiquement tous les constituants cellulaires, occasionnant les lésions pouvant être néfastes pour l'organisme, si elles ne sont pas éradiquées et réparées promptement. Quel que soit le radical libre (surtout $OH\cdot$) ou la cellule en cause, elles consistent en :

- une attaque des bases azotées de l'ADN nucléaire, provoquant des erreurs de lecture dans la réplication et donc dans le renouvellement cellulaire,

- une dénaturation des acides aminés constitutifs des protéines, inactivant ainsi les enzymes nécessaires au bon fonctionnement voire à la réparation cellulaire,

- une peroxydation des Acides Gras constitutifs des lipides membranaires, produisant aussi des radicaux libres, et aboutissant à une dénaturation de la membrane cellulaire engendrant l'apoptose, c'est à dire la mort cellulaire.

Dans une cellule cérébrale, les processus sont d'autant plus graves et irréversibles que :

- les cellules nerveuses ne peuvent se reproduire,

- l'arginine (acide aminé) est très présente (produit des radicaux libres supplémentaires),

- les enzymes de détoxication actives sont peu représentées.

En effet, face à des radicaux libres de l'oxygène, notre organisme tente de contrer leur production massive grâce à des systèmes anti-oxydants (scavengers) agissant selon trois mécanismes :

- la prévention passive : inactive les molécules qui les génèrent en amont (la Frataxin est une protéine régulant l'entrée du fer (Fe^{2+}) dans la mitochondrie pouvant donner naissance à des radicaux libres de l'oxygène),

- la détoxication active : trois enzymes, la superoxyde dismutase (SOD), la catalase (CAT) et la glutathion peroxydase (GPx), arrêtent les réactions en chaîne à partir de l'anion superoxyde, grâce à de nombreux cofacteurs (figure 1).

- la détoxication passive : des "piégeurs stœchiométriques" re-généralbles sont capables de neutraliser des radicaux libres (l'Acide Urique, la vitamine C, E, P).

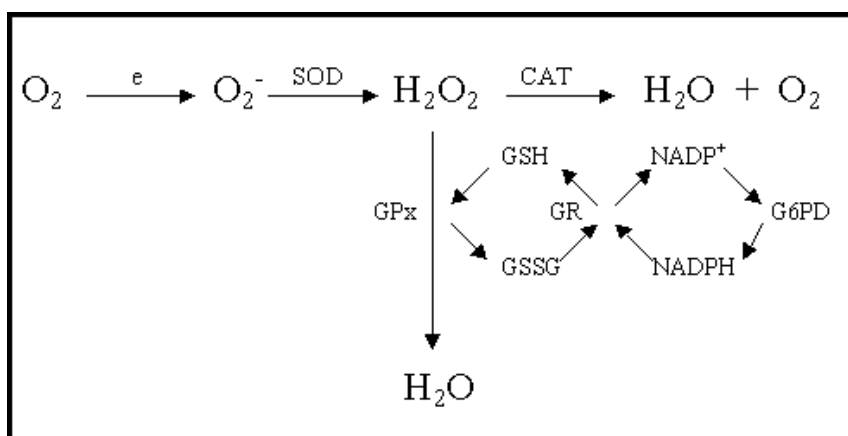


Figure n°1 : Réactions chimiques liées aux antioxydants HSP (Heat Shock Proteïns)

Le fonctionnement normal de la cellule implique une élimination ou une réparation des molécules altérées par l'oxydation. Cette réparation est assurée par des protéines appelées protéines de stress, "Heat Shock Proteïns" (HSP), ou encore protéines chaperonnes, car en dehors de tout stress, elles jouent un rôle tout à fait altruiste en aidant d'autres protéines de l'organisme à se structurer correctement après leur synthèse.

Des études chromatographiques et immunologiques ont permis de différencier plusieurs types d'HSP selon leur poids moléculaire exprimé en KiloDalton, en particulier HSP 90, HSP 70 ou 72. Ces techniques confirment la présence constante (en dehors de tout stress) des HSP 90, de certaines HSP 70 et des HSF (protéines intervenant dans la synthèse des HSP).

Lors d'un stress, les "Heat Shock Factors" (HSF) se trimérisent, se lient à d'autres éléments (HSEs) déclenchant ainsi la transcription de l'ADN et la synthèse de HSP. Cette production de HSP est donc un phénomène complexe, faisant intervenir plusieurs mécanismes d'action et de régulation : la présence accrue de HSP 90 exerce un rétrocontrôle négatif sur l'activation des HSF. La vitesse et l'importance de la synthèse des HSP sont aussi sous la dépendance de certaines

molécules : l'excès de radicaux libres, en particulier de l'oxygène est un puissant stimulateur de synthèse de HSP via la réplication de l'ADN.

Les HSP exercent des rôles majeurs dans le maintien de l'intégrité de l'organisme. HSP 90 joue en effet le rôle de chaperon en protégeant les protéines nouvellement traduites et non encore repliées sous leur forme active, de leur dégradation enzymatique. Il empêche ou stimule avec d'autres facteurs l'expression de certains gènes, rôle majeur dans la prévention des mutations génétiques et donc de l'apparition de certains cancers. Enfin, il permet enfin l'expression de certaines hormones par action directe sur la séquence génétique de l'ADN.

Dans des situations de stress chronique, HSP 90 va être détournée de son rôle de chaperon prévenant les mutations spontanées de l'ADN, pour aider HSP 70/72 dans la lutte contre les méfaits des radicaux libres. Ils réparent les protéines endommagées (dépliées) par un stress, oxydatif par exemple, en les repliant afin de leur redonner leur structure tridimensionnelle originelle qui leur confère leur activité. Ils stimulent aussi la synthèse des enzymes de détoxification active des radicaux libres.

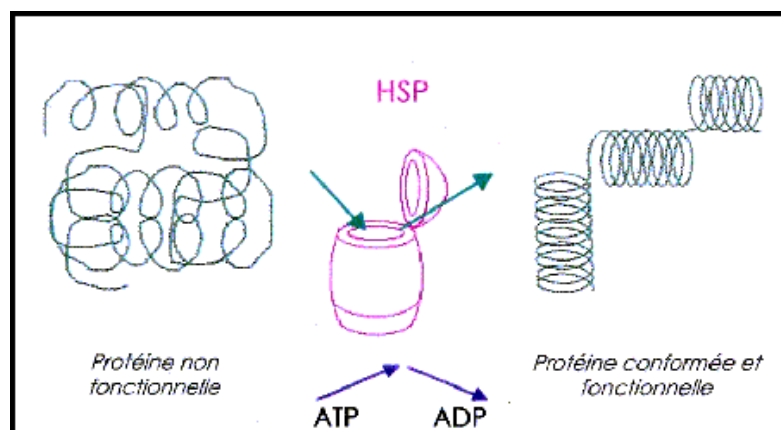


Figure n°2 : HSP répare les protéines dépliées par un stress

CONCLUSION

Le stress induit donc la synthèse des HSP mais il faut en moyenne deux heures pour que ce système de défense atteigne son niveau maximal d'efficacité. Or pendant ce délai, les cellules cérébrales particulièrement sensibles, comme nous l'avons vu précédemment peuvent présenter des lésions irréversibles perturbant entre autre, la transmission de l'influx nerveux. Lorsque les stress sont répétés, l'accumulation de dommages cellulaires conduit peu à peu à un vieillissement prématuré de l'organisme qui réduit ses capacités de résistance et de récupération.

L'expression clinique minimale est la fatigue ressentie en fin de plongée, liée sans doute au processus de réparation du stress oxydatif de stress brutal (accident de plongée, choc thermique), les séquelles peuvent être infiniment plus invalidantes. Les plongeurs sont exposés à des facteurs de stress oxydatif même en respectant les différents paramètres de sécurité (paliers, vitesse de remontée...). En effet, plus la pression augmente, plus l'apport tissulaire en oxygène est important et plus il y a production de radicaux libres. Dans ces conditions, l'oxygène, indispensable à la

vie, est un véritable poison pour l'organisme.

En cas d'accidents de décompression, l'oxygénothérapie Hyperbare (OHB) joue un rôle bénéfique de médicament en limitant la souffrance anoxique cellulaire par sa diffusion tissulaire sous forme dissoute. Mais l'aggravation secondaire après la mise sous OHB peut être aussi expliquée par l'effet toxique des radicaux libres de l'oxygène massivement produits par l'excès prolongé d'exposition à ce "médicament".

Les radicaux libres de l'oxygène et leur toxicité cellulaire constituent un sujet de plus en plus étudié par les laboratoires biochimiques.

Parviendra-t-on à détecter les sujets potentiellement trop sensibles au stress occasionné par la pratique de la plongée par dosage systématique de leur taux d'HSP, afin de modérer leur activité subaquatique ou de leur administrer de nouvelles substances stimulant leur système antioxydant ou réduisant le délai de production des HSP?

Ne pourrait-on pas diminuer l'apport massif d'oxygène, en délivrant ce gaz à une pression la plus proche de la valeur physiologique de 0,2 Bar, quelle que soit la profondeur?

Administrer des substances antioxydantes lors de la mise sous OHB ne permettrait-il pas de diminuer les effets toxiques des radicaux libres de l'oxygène massivement produits?

REFERENCES

MASSOL, C. Activité physique et statut anti-oxydant; Thèse pour le doctorat en médecine, Université Toulouse III.

RICHE, D. L'oxygène : la meilleur et la pire des choses; *Sport et vie*; 26; 2003.

ROLAND, J.M. Toxicité de l'oxygène dans les accidents de décompression; *Compte Rendu du 24^{ème} congrès de Médecine Hyperbare de Stockholm*, 2000.

SIMPERE, F. Stress : la molécule qui répare les cellules; *Octopus*; 26; 1998.

TEMPERATURE CORPORELLE ET PLONGEE LOISIR

F. Bernier¹, F. Thiessard²

¹Médecin généraliste, médecin du sport, médecin Hyperbare 1 rue Brizeux 44600 Saint-Nazaire. ²Praticien Hospitalier ISPED Université Victor Segalen Bordeaux 2.

Résumé - Le but de cette étude est double. Elle essaie de savoir si dans un premier temps des hypothermies vraies peuvent survenir en plongée loisir. Dans un second temps nous avons comparé deux types de protection (combinaison sèche et humide) contre le froid. Nous avons pris 19 plongeurs qui ont effectué deux plongées une en combinaison humide et l'autre en combinaison sèche. Nous avons mesuré la température rectale avant et après la plongée. Les résultats montrent l'absence d'hypothermie sévère malgré des conditions de température basse de l'eau pour de la plongée loisir. On observe par contre une diminution significative de la température corporelle avant et après plongée. Cette différence existe qu'elle que soit le mode de protection (combinaison humide ou étanche).

Mots clefs : froid, combinaison de plongée.

Abstract – There is a dual-purpose to this study. Firstly, we have determined whether hypothermia can arise during a recreational diving session in cold water. Secondly, we have determined whether the type of protection used (wet versus dry diving suit) has any impact on the body temperature. The study was based on 19 divers, diving once on a wet suit and once on a dry suit, their body temperature (rectal) being taken, for each dive, before and after diving in cold water. The results show that no severe hypothermia arose during a recreational diving session in cold water. It nevertheless reveals a significant decrease of the body temperature whatever the type of diving suit used is.

Keywords: cold, scuba-diving suit.

INTRODUCTION

L'homme étant un animal homéotherme, sa température centrale doit rester stable autour des 37°C. Pour cela il doit combattre les pertes de chaleur liées à la conduction, convection, radiation et évaporation. En plongée sous-marine loisir seules la conduction et la convection interviennent.

Lors de l'enseignement de la plongée sous-marine, il y a généralement un cours sur l'hypothermie abordant les différents

signes cliniques des baisses de la température centrale.

L'eau possède une conductibilité 25 fois supérieurs à l'air (52 kcal.cm.m⁻².h pour l'eau contre 2 pour l'air). Les pertes thermiques dues à la convection peuvent être très importantes ; l'eau même sans courant, peut occasionner des pertes de 100 Watt.m⁻².°C.

L'organisme met en place des moyens de défense contre les pertes caloriques.

Dans un premier temps, l'organisme diminue les pertes de chaleur. Il peut diminuer les pertes en vasoconstrictant les vaisseaux périphériques afin de diminuer les échanges avec l'extérieur en réduisant la différence de température entre la peau et la température ambiante. Ceci entraîne donc une baisse de la température locale (principalement mains et pieds). Ce mécanisme permet d'économiser de la chaleur, mais présente un inconvénient. S'il se prolonge, il finit par provoquer des gelures (appelées froidures dans l'eau) par défaut d'apport d'oxygène dans les tissus.

Ensuite, l'organisme va produire de la chaleur. La seule façon pour l'organisme de produire de la chaleur consiste à contracter les muscles car cette contraction produit de la chaleur. Le problème est que ce mécanisme s'épuise assez rapidement et ne produit pas énormément de chaleur. Ce sont les classiques frissons.

Le troisième moyen de lutte consiste à adopter un comportement adapté. En plongée sous-marine, il s'agit surtout de se protéger contre le froid par des vêtements. On peut mesurer physiquement la quantité de chaleur qui passe à travers les vêtements. De nombreux progrès ont été

réalisés pour diminuer cette quantité de chaleur qui "s'échappe".

Deux types de vêtements sont utilisés.

a) La combinaison "classique" ou humide. L'eau pénètre dans ce vêtement, cette eau se réchauffe au contact de la peau et est très peu renouvelée. Elle crée donc une couche limite qui diminue les échanges thermiques.

b) La combinaison isolante ou "sèche". Dans ce type de vêtement, il existe une isolation totale de l'eau par le vêtement lui-même et une couche d'air, insérée dans les parois de la combinaison, assure le confort thermique.

Cependant on n'a retrouvé dans la littérature, peu d'étude ayant mesuré les températures centrales de plongeurs loisirs.

Les deux études retrouvées (1, 2) ont été réalisées avec des thermomètres tympaniques. Les résultats sont donc très contestables du fait de la vasoconstriction des vaisseaux tympaniques lors du contact avec l'eau. Ainsi lors de l'étude de Brehm et coll. (1998), les températures à la sortie de plongée sont étonnamment basses et varient de façon importante selon que l'oreille a été protégée par une cagoule ou non.

METHODE

Sujets

19 plongeurs amateurs et professionnels (pompiers plongeurs), tous volontaires, ont participé à ces mesures. Leurs caractéristiques d'âge, de poids, de taille

sont mentionnées dans le tableau suivant (à noter que deux femmes ont réalisé cette étude)

	Age	taille	Poids
Moyenne	34,26	176,37	77,16
Ecart-type	7,87	8,18	14,96

Tous sont des plongeurs confirmés (150 à 1000 plongées).

Matériels et protocole

Notre étude a été réalisée avec un thermomètre rectal à affichage digital. Les températures étaient prises avant et après plongée. La température à la fin de la plongée était prise dans les dix minutes après la sortie de l'eau (le temps nécessaire aux plongeurs pour se déséquiper). Les plongées ont eu lieu dans une eau comprise entre 7 et 10 degrés Celsius ($8,33 \pm 1,38$).

STATISTIQUES

En raison du faible nombre de plongeurs, et de leur répartition, nous n'avons pu utiliser des tests comme le Student ou l'Anova. Il a fallu utiliser des tests non

Les profils de plongée étaient de 35 mètres 20 minutes avec un palier de 7 minutes à trois mètres selon les tables du ministère du travail (3).

Pour des raisons techniques, deux types de mesures ont été effectués. La première série de mesures concerne 25 plongées réalisées en combinaison humide. La deuxième série compare sur 12 plongeurs, la température avant et après plongée, en combinaison à volume variable et combinaison humide.

paramétriques comme le test de Wilcoxon, Spearman et Kruskal Wallis (seuil de significativité fixé à $p < 0,05$).

RESULTATS

Le tableau 1 rapporte les températures avant et après plongée ainsi que la température de l'eau. Ce tableau correspond à la première série de mesure en combinaison humide. Certains plongeurs ayant effectué deux plongées on obtient 25 mesures pour 19 plongeurs. Dans une deuxième série de mesures, nous avons comparé la variation de température entre combinaison humide et combinaison "sèche". Les résultats sont consignés dans le tableau 2.

Dans la première série de mesure, nous avons regardé si la température corporelle est significativement différente avant et après la plongée. La température après plongée est significativement plus basse qu'avant plongée (test de Wilcoxon pour séries appariées; $p < 0,05$). Cette différence de température n'est pas expliquée par la température de l'eau ($p = 0,66$; Spearman correlation).

Dans la deuxième série nous avons recherché si la température sur

l'échantillon considéré est significativement différente avant et après plongée ?

a) En combinaison humide

La température est significativement inférieure après plongée en combinaison humide, par rapport à avant la plongée ($p < 0,05$).

b) En combinaison à volume variable

La température est significativement inférieure après plongée en combinaison à volume variable, par rapport à avant la plongée ($p < 0,05$).

Puis nous avons recherché s'il existait une corrélation entre la différence de température en combinaison humide et combinaison à volume variable ?

La différence de température après et avant plongée en combinaison à volume variable semble corrélée à la différence de température en combinaison humide.

Numéro	Temp. avant plongée	Temp. après plongée	Température eau	DATE
1	37,8	37,1	7	06/12/99
2	37,8	37,8	8	15/02/00
3	37,4	36,8	8	02/11/99
4	37,4	37,5	7	17/11/99
5	37,5	36,9	7	10/11/99
6	37,4	37,5	7	16/11/99
7	37,4	36,8	7	30/11/99
8	37,5	37,6	7	12/01/00
9	37,3	37,3	7	19/01/00
10	37,8	37,1	7	21/12/99
11	37,4	35,7	7	07/12/99
12	37	36,5	7	07/12/99
13	37,2	36,5	9	28/02/99
13	37,2	37,3	9	28/02/99
14	37,5	37	8	07/03/00
15	37,5	36,2	10	11/04/99
15	37,5	37	10	11/04/99
16	37,3	37	11	11/04/99
16	37,3	36,5	10	11/04/99
17	37,3	37,9	10	28/03/99
17	37,3	37,2	10	28/03/99
18	37,8	37,4	10	28/03/99
18	37,8	37,5	10	28/03/99
19	37,3	37,4	9	28/02/99
19	37,3	37,5	9	28/02/99

Tableau 1 : Températures mesurée avant et après la plongée (combinaison humide).

Numéro	Combinaison Humide Temp. avant plongée	Combinaison humide Temp. après plongée	Température eau combi. humide	Combinaison sèche Temp. avant plongée	Combinaison sèche Temp. après plongée	Température eau combi. sèche
1	37,8	37,1	7	37,6	37,9	5
3	37,4	36,8	8	37,3	36,9	8
4	37,4	37,5	7	37,4	37,5	8
5	37,5	36,9	7	37,5	36,9	7
6	37,4	37,5	7	37,5	37,3	7
7	37,4	36,8	7	37,3	36,7	7
8	37,5	37,6	7	37,5	37,5	10
9	37,3	37,3	7	37,3	37,5	9
10	37,8	37,1	7	37,5	36,9	8
11	37,4	35,7	7	37,7	37,1	7
12	37	36,5	7	37,3	36,9	10
14	37,5	37	8	37,7	37,5	10
Moyenne	37,45±0,21	36,98±0,52	7,16±0,39	37,46±0,15	37,22±0,37	8±1,54

Tableau 2 : température rectales mesurée avant et après la plongée en combinaison sèche et humide.

DISCUSSION

Bien qu'il soit difficile de tirer des conclusions générales vu le biais de sélection, plusieurs remarques s'imposent.

Les plongeurs se refroidissent de façon significative lors d'une plongée de type loisir en combinaison humide. Bien que les conditions soient relativement sévères (température de l'eau entre 7 et 11 degrés Celsius), aucun plongeur n'est ressorti en hypothermie importante (température la plus basse 36,5°C).

Ce résultat, bien que non surprenant, doit inciter les plongeurs à se méfier d'une hypothermie après la plongée. N'oublions pas les pertes dues au vent qui peuvent amplifier de façon importante un début d'hypothermie.

La comparaison entre combinaison humide et combinaison à volume variable est plus inattendue. En effet les plongeurs sembleraient se refroidir aussi en combinaison "étanche".

Bien que cela soit moins significatif ($p = 0,02$ en humide et $p = 0,037$ en volume variable), la combinaison à volume

variable pourrait ralentir le refroidissement sans l'empêcher.

Cette variation de température semble de plus non expliquée par la température de l'eau. Par contre, la différence de température avant et après plongée en combinaison à volume variable semble corrélée à la différence de température en combinaison humide. On peut penser que les variations de la température corporelle sont donc plongeurs-dépendantes. Il y aurait des plongeurs qui se refroidiraient, d'autres moins et ce, quel que soit leur moyen de protection. Il serait utile de chercher une éventuelle relation entre ce refroidissement et des paramètres tels que le poids, le pourcentage de masse grasse, l'épaisseur du pli cutané...

Il serait intéressant d'augmenter l'échantillon de plongeurs afin de confirmer cette hypothèse, ce qui permettrait éventuellement de définir des profil de plongeurs à "risque de refroidissement".

REFERENCES

1. **P. ATTHAR;** Etude des variations de température après plongée en scaphandre chez des enfants de 8 à 14 ans; VI^{ème} séminaire de Médecine de plongée, Santa Eulalia Del Rio Octobre, 1998.
2. **S. BREHM; R. FUZIER; J.J. PESSEY; J.P. CHARLET;. B. CATHALA; J.L. DUCASSE;** Etude des variations de température tympanique au cours de plongées sportives en méditerranée; VI^{ème} séminaire de Médecine de plongée, Santa Eulalia Del Rio, Octobre 1998.
3. **JOURNAL OFFICIEL DE LA REPUBLIQUE FRANÇAISE;** Travaux en milieu Hyperbare; Edition mise à jour le 4/08/1995 page 48.

Réflexe de plongée et apnées dynamiques répétitives

J. DELAHOCHÉ¹, F. LEMAITRE²

¹ Faculté Des Sciences du Sport et de l'Education Physique de Rouen, Université de Rouen, France. ² Centre d'Etudes des Transformations des Activités Physiques et Sportives, Jeune équipe UPRES N° 2318. Faculté des Sciences du Sport et de l'Education Physique de Rouen, Université de Rouen, France. E-Mail : delahoche@wanadoo.fr

Résumé – L'objectif de cette étude était de déterminer quel pouvait être l'influence des apnées dynamiques répétitives sur le réflexe de plongée selon le niveau d'expertise. Nous avons mesuré la fréquence cardiaque, la saturation artérielle en oxygène et le taux d'hématocrite chez des apnéistes et des témoins lors de cinq apnées dynamiques successives de 45 secondes séparées par cinq minutes de récupération. Les résultats ont permis de conforter une partie des travaux entrepris par Schagatay et coll. (2001) en montrant une atténuation du réflexe de plongée avec la répétition des apnées. De plus, la comparaison des populations nous permis de mettre en évidence une meilleure récupération chez les experts.

Mots clés : Apnées dynamiques, saturation artérielle en oxygène, exercice, entraînement.

Abstract – The aim of this study was to determine what could be the repetitive dynamic apneas influence on the diving reflex according to the diving training. We measured the cardiac frequency, the arterial saturation in oxygen and the hematocrit with breath-hold divers and controls at five successive dynamic apneas of 45 seconds separated by five minutes of recuperation. Results permitted to reinforce a part of works undertaken by Schagatay and coll. (2001) while showing an attenuation of the diving reflex with breath-holding repetition. Moreover, the comparison of populations permitted us to put in evidence a better recuperation with experts.

Key words : dynamic apneas, arterial oxygen saturation, exercise, training.

INTRODUCTION

Des études ont montré que le réflexe de plongée observé chez les mammifères marins était présent chez l'homme, mais de manière moins prononcée (Irving 1963). Ce réflexe se caractérise par une bradycardie, une vasoconstriction périphérique et une élévation graduelle de la pression artérielle. La bradycardie, qui constitue l'élément central de ce réflexe de plongée, est déclenché par des facteurs d'ordres chimiques, mécaniques et neuronaux (Moore et coll., 1973).

D'autres études ont mis en évidence qu'il existait des différences interindividuelles entre plongeurs et non plongeurs. Les apnéistes auraient une réponse bradycardique plus prononcée que les individus sédentaires (Irving 1963 ; Corriol et coll., 1966), une diminution de la réponse ventilatoire au gaz carbonique (Courteix et coll. 1992), des volumes pulmonaires plus importants (Schaefer 1955 ; Song et coll., 1963) et des temps d'apnées plus élevés (Schagatay et Andersson 1998).

D'autre part, le fait de pratiquer une série d'apnée permettrait d'augmenter la durée d'apnée globale indépendamment du niveau d'expertise (Vasar et Kingisepp 1980, Schagatay et coll., 2000). Cependant, les experts préserveraient un temps d'apnée supérieur aux non plongeurs. Suites à ces études préliminaires deux axes de recherches ont été entrepris.

Le premier axe a consisté à déterminer l'impact d'un entraînement physique général et/ou spécifique sur le temps d'apnée lors de la réalisation d'apnées statiques successives (Schagatay et coll., 2000). Ces auteurs ont mis en évidence que l'entraînement spécifique permettait une amélioration de la bradycardie et un retard dans l'apparition du point de rupture physiologique (ce point décrivant la période comprise entre le début de l'apnée et le début des contractions musculaires involontaires; Lin et coll., 1974).

L'entraînement physique général permettrait ainsi de supporter plus longtemps ces secousses diaphragmatiques (amélioration de la phase de lutte). Le délai acquis dans chacune des phases permettrait un prolongement du temps d'apnée général.

Le second axe de recherche a tenté de déterminer quel pouvait être l'élément extérieur au réflexe de plongée qui serait en mesure d'accroître la durée d'apnée indépendamment du niveau d'entraînement. Schagatay et coll. (2001), ont repris les travaux préliminaires d'Hurford et coll. (1990) qui mettaient en évidence une contraction de la rate chez des Amas coréennes. Ce phénomène a également été observé chez des sujets sains non plongeurs par rapport à des individus ayant subi une ablation de la rate. Ces auteurs observent alors une augmentation de l'hémoglobine et de l'hématocrite de l'ordre de 3,3% et 6,4% respectivement chez les sujets sains non plongeurs. Ces changements d'hémoconcentrations ont lieu principalement après la première apnée, mais nécessite plusieurs apnées pour être complets.

Cependant toutes ces données concernent l'apnée statique et sont difficilement transposable à l'exercice. Des auteurs ont, par le passé, tenté de mettre à jour les modifications qu'engendre une apnée dynamique sur les capacités d'adaptations de l'homme. Les résultats obtenus furent assez hétérogènes. Toutefois, l'étude de Delapille et coll. (1999) a permis de déterminer des vitesses de nages subaquatiques (pour les experts et débutants) afin d'éviter toute rupture prématurée de l'apnée. Suites aux travaux concernant l'apnée statique et à l'étude de Delapille et coll. (1999), nous sommes en mesure de nous interroger sur l'influence des apnées dynamiques répétitives sur le réflexe de plongée selon le niveau d'expertise.

MATERIELS ET METHODES

Sujets

Elle est composée de 10 sujets de sexe masculin reparté en deux groupes en fonction de leur niveau d'expertise. Un groupe de 5 sujets faisant parti de l'équipe de France de hockey subaquatique. Un second échantillon de 5 individus pratiquant une activité physique, autre que l'apnée, de manière occasionnelle (<3 heures / semaine).

Protocole d'étude

Le protocole présenté ci dessous a reçu l'aval du comité d'éthique régional de Normandie.

Quelques jours avant le début de l'étude, les sujets ont réalisé un test de $VO_2\text{max}$ sur ergocycle. Le jour de l'expérimentation, les sujets volontaires ont procédé de la manière suivante :

- Une série de cinq apnées dynamiques de 45 secondes, en pédalant sur un ergocycle, la face immergée dans une bassine d'eau à une température constante de 30°C. Elles sont réalisées à une intensité de 75 Watts. Les apnées sont séparées par cinq minutes de récupération passive.

Toutes les apnées sont réalisées avec une inspiration profonde mais non maximale. Toutes les manœuvres d'hyperventilation et de Valsalva sont interdites. Les sujets sont autorisés à se sécher le visage entre chaque apnée.

Mesures

La $VO_2\text{max}$ de chaque sujet est obtenue de manière directe en laboratoire. Après six minutes d'échauffement à une puissance de 25 Watts sur l'ergocycle, les sujets réalisent un test triangulaire (augmentation de 50 watts toutes les deux minutes) jusqu'à leur $VO_2\text{max}$. La chaîne de mesure (CPX Médical Graphics) permet

les mesures des fractions expiratoires et inspiratoires en oxygène et en gaz carbonique. Le logiciel de traitement calcule la $VO_2\text{max}$. Un enregistrement ECG est effectué en continu tout au long du test de $VO_2\text{max}$ à l'aide d'un appareil de type Cardiotronic à multidérivations. La saturation artérielle en oxygène est mesurée de manière continue et non invasive tout au long de l'épreuve à l'aide d'un oxymètre (Ohmeda Biox 3700 Pulse Oxymeter) et d'un capteur placé sur l'index gauche du sujet. De plus, au palier 75 Watts nous procédons à un prélèvement de quelques μl de sang capillaire artérialisé pour déterminer le taux d'hématocrite des sujets.

Lors du test apnée, un enregistrement ECG est effectué en continu. Les données enregistrées au moyen de cet appareil sont arrêtées 10 minutes après la dernière apnée. La saturation artérielle en oxygène est mesurée de manière continue et non invasive tout au long de l'expérimentation à l'aide d'un oxymètre (Ohmeda Biox 3700 Pulse Oxymeter) et d'un capteur placé sur l'index gauche des sujets. La prise de mesure s'arrête cinq minutes après la dernière apnée. Des prélèvements de quelques μl de sang capillaires artérialisés sont prélevés sur l'index droit des sujets. Ces ponctions au nombre de cinq, sont réalisées au repos avant la première apnée dynamique, deux minutes après la troisième et la cinquième apnée dynamique, puis cinq et dix minutes après la dernière apnée dynamique. Les taux d'hématocrites sont calculés à l'aide d'un appareil de type Radiometer ABL 725.

ANALYSE STATISTIQUE

Les tests statistiques effectués sont des tests non-paramétriques en raison du faible effectif. Pour la comparaison entre les diverses prises de mesures issues des deux populations nous utilisons le test non-paramétrique de Mann et Whitney.

L'analyse de l'évolution de ces paramètres dans le temps est effectuée à l'aide d'un test non-paramétrique de Friedman. Le résultat est considéré comme significatif à $p < 0,05$. Le traitement des résultats est effectué à partir du logiciel Statview (Abacus concepts, inc., Berkeley, CA, 1992).

RESULTATS

Exercice à l'air libre

La lecture du tableau nous indique que les experts possèdent une $VO_2\text{max}$ significativement supérieure à celle des témoins. Les mesures de la fréquence cardiaque (FC), de la saturation artérielle en oxygène (SaO_2) et de l'hématocrite (Ht) ne nous ont pas permis de déceler des différences significatives entre les deux populations.

*

*

	VO ₂ max (ml.kg.min ⁻¹)	FC (batt.min ⁻¹) 75 Watts	SaO ₂ (en %) 75 Watts	Ht (en %) 75 Watts
Experts	49,42±3,17	101,3±10	95,8±1.4	48,6±3,8
	*	ns	ns	ns
Témoins	42,06±4,01	100,4±18	96,2±1,8	47,5±1,6

Tableau 1: Comparaison entre les experts et les témoins pour les différentes mesures réalisées durant le test de VO₂max et le palier à 75 Watts. VO₂max : consommation maximale d'oxygène; FC : fréquence cardiaque; SaO₂ : saturation artérielle en oxygène; Ht : hématoците. ns : non significatif; * : $p < 0.05$.

Les apnées Dynamiques

L'enregistrement de la fréquence cardiaque chez les témoins au cours des cinq apnées dynamiques nous a permis de mettre en évidence une diminution significative du rythme cardiaque durant l'apnée dynamique une, deux et trois par rapport au rythme de repos. En revanche, une élévation significative de la fréquence cardiaque a été observée après les apnées dynamiques une, deux, quatre et cinq par rapport au rythme cardiaque obtenu au cours de l'apnée. Aucune différence significative n'a été observée entre les fréquences cardiaques enregistrées avant et après les diverses apnées dynamiques.

Chez les experts, aucune différence significative n'a été observée entre le rythme cardiaque de repos et celui obtenu durant chaque exercice en apnée. En revanche, nous observons une élévation significative de la fréquence cardiaque entre les mesures effectuées durant chaque apnée dynamiques et celles obtenues à l'issue des diverses apnées.

La comparaison des différents rythmes cardiaques avant, pendant et après chaque apnée dynamiques, entre les deux populations, a permis de mettre en évidence aucune différence significative.

La répétition de cinq apnées dynamiques a permis de mettre en évidence aucune différence significative sur l'évolution du rythme cardiaque avant, pendant ou après les apnées associées à un exercice musculaire. Seule la fréquence cardiaque au palier 75W

(exercice à l'air libre) est significativement supérieure aux mesures obtenues lors de la réalisation de chaque apnées dynamiques pour les deux populations.

La saturation artérielle en oxygène

Chez les témoins, nous observons une chute significative entre la saturation artérielle en oxygène de repos est celle obtenue après l'apnée dynamique une. En revanche, nous observons une élévation significative de cette saturation artérielle en oxygène entre les valeurs obtenues après toutes les apnées dynamiques et celles mesurées lors de la récupération (figure 1).

Chez les experts, en dépit du fait que la chute de la saturation artérielle soit de moins en moins importante avec les répétitions, il n'en demeure pas moins une diminution significative pour les cinq apnées dynamiques entre les valeurs obtenues avant les apnées et celles mesurées après ces dernières. En revanche, seule l'apnée dynamique n°1 comporte une hausse significative entre les mesures enregistrées après l'apnée et celle obtenue à la récupération (figure 1).

La comparaison des mesures enregistrées avant, après et lors de la récupération, entre les deux populations, a permis de mettre en évidence aucune différence significative. De même aucun effet significatif de la répétition de cinq apnées dynamiques n'a été observé pour les deux populations (figure 1).

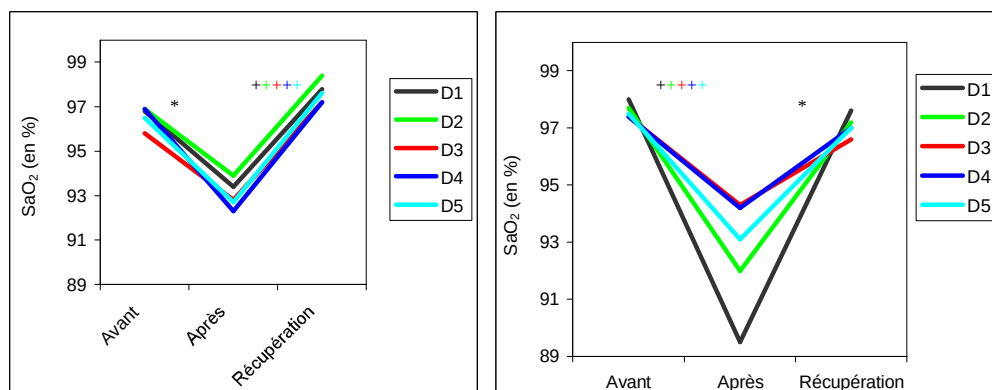


Figure 1 : Evolution de la saturation artérielle en oxygène (SaO₂ en %) avant, après et lors de la récupération au cours des cinq apnées dynamiques (D1, D2, D3, D4, D5) chez les témoins (à gauche) et les experts (à droite). +, * : $p < 0.05$

Le taux d'hématocrite

La répétition de cinq apnées dynamiques n'a produit aucune augmentation significative sur le taux d'hématocrite pour les deux populations respectives. De même,

aucune différence significative n'a été observée entre les deux populations suite aux apnées associées à un exercice musculaire.

DISCUSSION

Schagatay et coll. (1999) ont montré que le réflexe de plongée s'estompait avec la répétition d'apnées statiques successives alors que le temps d'apnée total augmentait. Cette réflexion a conduit l'auteur à émettre l'hypothèse de l'intervention d'un facteur supplémentaire. Ils ont montré que la rate pouvait constituer un réservoir de globule rouge qui pourrait être relargué dans le sang lors de la répétition d'apnées statiques. Notre étude tendrait à confirmer les propos des recherches antérieures concernant l'affaiblissement du réflexe de plongée. En effet, nous avons mis en évidence que les témoins avaient une chute significative de la fréquence cardiaque qu'au cours des trois premières apnées. Deux hypothèses peuvent expliquer ce phénomène. En premier lieu on pourrait supposer qu'il s'agit d'une adaptation du réflexe de plongée liée à la répétition comme l'ont montré Schagatay et coll. (1999). Nous pouvons également

penser qu'il s'agit d'une réponse cardiaque plus prononcée pour faire face aux impératifs de l'exercice. En effet, des études antérieures ont montré que la bradycardie liée à l'apnée statique classique s'amenuisait ou s'estompait lors d'une apnée associée à un exercice musculaire (Delapille et coll., 2001), bien que ce schéma ne se retrouve pas dans notre population experte. Celle-ci marque également une réduction de la fréquence cardiaque au cours de chaque apnée, mais cette chute n'est pas significative. Cette atténuation de la bradycardie peut s'expliquer par la dualité qu'il existe entre la tachycardie due à l'exercice et la bradycardie causée par l'apnée. D'autre part, Wolf (1978) a montré que des populations nageuses et plongeuses étaient capable de provoquer une bradycardie avant même de commencer l'exercice aquatique. Ce conditionnement marqué par l'expertise pourrait également expliquer cette absence de chute significative de la fréquence cardiaque. En

revanche, la répétition d'apnées dynamiques successives n'a pas permis de mettre en évidence une réduction significative de la désaturation artérielle en oxygène pour nos deux populations. Toutefois, l'analyse concernant l'évolution de la saturation artérielle en oxygène avant, après et lors de la récupération de chaque apnée laisse apparaître un schéma directeur inversé entre les témoins et les experts. En effet, les témoins présentent une seule désaturation artérielle en oxygène significative entre avant et après l'apnée. En revanche, les mesures enregistrées après chaque apnée et lors de la récupération sont toutes significatives. Les experts présentent le schéma inverse. Deux hypothèses sont en mesure d'expliquer ce phénomène. La première serait liée à la spécificité même de l'activité subaquatique. Les experts étant soumis à une hypoxie intermittente quasi quotidienne liée à l'entraînement seraient en mesure de développer une affinité plus grande pour l'oxygène. Ainsi, ils commenceraient chaque apnée avec une saturation artérielle en oxygène supérieure aux témoins qui serait suffisante pour expliquer cette différence entre les deux populations concernant la saturation artérielle en oxygène entre avant et après chaque apnée. De plus, cette affinité accrue pour l'oxygène, associée à une $VO_2\text{max}$ significativement supérieure rencontrée chez les experts par rapport aux témoins, expliquerait la meilleure récupération que laissent apparaître les mesures enregistrées juste après les apnées et lors de la récupération. Les résultats concernant le taux d'hématocrite ne permettent pas de confirmer les propos de Schagatay et coll. (2001). Au vu des quelques études s'intéressant à ce phénomène, nos données conforteraient les travaux d'Espersen et coll. (2002). En effet ces chercheurs ont montré que deux minutes suffisaient pour restaurer et rétablir les taux d'hématocrite et d'hémoglobine normaux à l'inverse de Schagatay et coll. (2001) qui annonçaient un temps de 10 minutes. Au vu du faible nombre d'étude entreprise actuellement et du déroulement de notre protocole, nous ne

pouvons qu'émettre l'hypothèse que le délai de contraction de la rate était court avec une restauration rapide de cette dernière (Espersen et coll., 2002). Cependant, ces conclusions sont à prendre au conditionnel. Seulement deux études font état d'une possible contraction de la rate suite à une apnée statique. Ces deux études utilisant des protocoles totalement différents. Par conséquent, ce phénomène nécessitera encore des recherches supplémentaires afin d'obtenir un recul scientifique nécessaire pour émettre des hypothèses généralisables.

CONCLUSION

Cette étude semble aller dans le sens d'une atténuation du réflexe de plongée avec la répétition des apnées. Cela semble conforter les propos de Schagatay et coll. (1999) sur l'intervention d'un facteur extérieur au réflexe de plongée tel qu'on le conçoit actuellement. Cependant, nous n'avons pu confirmer l'intervention de la contraction de la rate comme nouvel élément de ce réflexe de plongée. Toutefois nos résultats sont à nuancer pour deux raisons. D'une part, notre étude repose sur un échantillon restreint qui ne nous a peut-être pas permis de faire ressortir tous les résultats. D'autre part, le faible nombre d'étude (trois actuellement donc seule la notre porte sur l'exercice) ne nous permet pas de pouvoir généraliser nos résultats. Par conséquent, d'autres études s'imposent pour permettre d'harmoniser les résultats et d'obtenir le recul scientifique indispensable à l'élaboration d'hypothèses valides.

REFERENCES.

1. **JH. CORRIOL, JJ. ROHNER AND J. FONDARAI;** Origine et signification de la bradycardie chez le plongeur en apnée; Extrait Pathol Biol; n°4 pp1185-1191; 1966.
2. **D. COURTEIX, H. LAMENDIN;** Facteurs déterminants de la rupture de l'apnée volontaire (évolution des modèles); Science & Sports; n°7 pp235-244 ; 1992.
3. **P. DELAPILLE, D. POLIN, C. TOURNY CHOLLET, E. VERIN, MF. HELLOT, P. PASQUIS;** Evaluation de la fréquence cardiaque au cours d'exercices en apnée chez des plongeurs experts et débutants; Science & Sports; n°16 pp100-103; 2001.
4. **P. DELAPILLE, C. TOURNY CHOLLET, V. FOURNEYRON;** Evaluation de la lactatémie au cours d'exercices en apnée : Détermination d'une vitesse maximale de nage; Science & sports; n°14 pp98-100; 1999.
5. **K. ESPERSEN, H. FRANDSEN, T. LORENTZEN, IL KANSTRUP, NJ. CHRISTENSEN;** The human spleen as an erythrocyte reservoir in diving-related interventions; J Appl Physiol; n°92 pp2071-209; 2002.
6. **WE. HURFORD, SK. HONG, YS. PARK, DW. AHN, K. SHIRAKI, M. MOHRI, WM. ZAPOL;** Splenic contraction during breath hold diving in the Korean Ama; J Appl Physiol; n°69 pp932-936; 1990.
7. **L. IRVING;** Bradycardia in human divers; J Appl Physiol; n°18 pp489-491; 1963.
8. **YC. LIN, DA. LALLY, TO. MOORE, SK. HONG;** Physiological and conventional breath hold breaking points; J Appl Physiol; n°37 pp291-296; 1974.
9. **TO. MOORE, R. ELSNER, YC. LIN, DA. LALLY, SK. HONG;** Effects of alveolar PO₂ and PCO₂ on apneic bradycardia in man; J Appl Physiol; n°34 : 795-798; 1973.
10. **KE. SCHAEFER;** The role of carbon dioxide in the physiology of human diving; Underwater physiology Symposium, National Acad. Sc. / N.R.C. Public 377, Washington D.C. pp131-139; 1955.
11. **E. SCHAGATAY, J. ANDERSSON, M. HALLEN, B. PALSSON;** Selected Contribution : Role of spleen emptying in prolonging apneas in humans; J Appl Physiol; n°90 pp1623-169; 2001.
12. **E. SCHAGATAY, J. ANDERSSON;** Diving response and apneic time in humans; Undersea Hyper Med; n°25 pp13-19; 1998.
13. **E. SCHAGATAY, M. VAN KAMPEN, J. ANDERSSON;** Effects of repeated apneas on apneic time and diving response in non-divers; Undersea Hyper Med; n°26 pp143-149; 1999.

14. **E. SCHAGATAY, M. VAN KAMPEN, S. EMANUELSSON, B. HOLM;** Effects of physical and apnea training on apneic time and the diving response in humans; *Eur J Appl Physiol*; n°82 pp161-169; 2000.
15. **SH. SONG, DH. KANG, BS. KANG, SK. HONG;** Lung volumes and ventilatory responses to high CO₂ and low O₂ in the Ama; *J Appl Physiol*; n°18 pp466-470; 1963.
16. **E. VASAR, PH. KINGISEPP;** Physiological characteristics of repeated breath holding; *Adv Physiol Sci*; n°10 pp639-646; 1984.
17. **S. WOLF;** Psycho physiological influences on the dive reflex in man; In : *Neural Mechanisms in Cardiac Arrhythmias*. New York : Raven Press; 1978.

Portraits de plongeurs. Représentations sociales et niveaux de plongée.....

V. MASCRET

Vianney Mascret. Laboratoire Sport, Identité, Culture. Université de Lille 2. vmascret@hp-sc.univ-lille2.fr Salle des sports Châtelet, rue Frédéric Combemale, 59000 Lille

Résumé – Cette étude présente une analyse des représentations sociales de trois niveaux de plongeur loisir. Elle montre que ces représentations diffèrent en fonction du niveau de pratique : débutant, confirmé et spécialiste. Les débutants se caractérisent par une double distribution : "sportif" et "plaisir", les confirmés mettent en avant l'axe découverte-plaisir, alors que les spécialistes, quant à eux, semblent focaliser ces aspects découverte-plaisir autour du voyage plongée.

Mots clés : représentation, représentation sociale, psychosociologie, plongée, hiérarchisation.

Abstract – This study presents an analysis of the social representations of three levels of recreational divers. It shows that these different representations according to levels of practice: starting, confirmed and specialist. Beginners characterize themselves by a double distribution: "sporty" and "pleasure", confirmed divers put the axis discovery-pleasure forward, whereas specialists, seem to focus these aspects discovery-pleasure around the travel diving.

Key words: representation, social representation, psychosociology, diving, hierarchization.

INTRODUCTION

Si les variétés de modalité de plongée ne nous sont pas étrangères, du plongeur tek au plongeur de piscine en passant par le biologiste, l'archéologue ou simplement le plongeur promeneur, les soubresauts de l'actualité de la plongée nous incitent à mieux appréhender le plongeur de l'hexagone. Nous avons développé une enquête sur les plongeurs fédéraux de la Communauté Urbaine de Lille en nous efforçant d'identifier les représentations qu'ils se faisaient de leur activité favorite. Parle-t-on de la même plongée à Lille et ailleurs ? Mais au fait, à quoi pensent les plongeurs cht'i quand ils s'immergent dans leurs eaux chlorées ou dans celles plus sombres et plus froides des carrières ?

Nous nous situons, ici au niveau des "éléments centraux" relevés par Abric (1989, 1994) : *"Toute représentation est organisée autour d'un noyau central. Ce noyau est l'élément fondamental de la représentation, car c'est lui qui détermine à la fois la signification et l'organisation de la représentation.(...) Il est par ailleurs l'élément le plus stable de la représentation, celui qui résiste le plus au changement."* (Abric, 1989, 1997)

Peut-on révéler un noyau central, et peut-on mettre en évidence un "système périphérique de représentation" évoluant au fur et à mesure du développement de la pratique sportive ? Cet aspect dynamique des représentations est indispensable à intégrer car, comme le soulignent Nicolas Roussiau et Christine Bonardi : *"(...) les conceptions les plus actuelles établissent bien que ce n'est pas le contenu mais l'organisation de ce contenu – donc un système cohérent – qui caractérise une représentation sociale"*. (Roussiau et Bonardi, 2001, 138).

Nous espérons illustrer ainsi que les représentations, organisées en système cohérent, évoluent et se transforment en

variant le niveau d'activation de certains de leurs éléments.

MÉTHODOLOGIE

Un questionnaire, distribué à plus de 170 plongeurs, à des moments et sur des lieux de pratiques différents (France et Belgique) nous a permis d'une part, de dresser une fiche d'identité de nos plongeurs et d'autre part, de s'inquiéter de leur raison de plongée ou pour le moins de l'image qu'ils attachaient à la pratique de leur activité favorite. Au sein de ce questionnaire, plusieurs techniques ont été utilisées : a propos de la détermination du noyau central de la représentation, nous avons choisi de présenter une technique de recueil des données très classique : la question d'évocation : *"Quels sont pour vous les mots ou expressions auxquels vous fait penser la plongée ?"*. Puis de l'analyser suivant la démarche mise en œuvre par Pierre Verges (Verges, 1992) qui demande de classer par ordre de 1 à 5 l'évocation d'un thème de recherche, en l'occurrence l'évocation de l'argent. Les premières informations traitées sont à la fois la fréquence d'apparition des termes et également le numéro d'ordre ou rang d'apparition.

Comme le propose Doise, Clémence et Lorenzi-Cioldi, *"Pour mieux cerner l'univers sémantique d'une RS, il peut être utile d'obtenir de l'information, par une technique d'association de mots, sur des termes dont on sait qu'ils sont utilisés pour imager l'objet de la représentation"*. (Doise, Clémence, Lorenzi-Cioldi, 1992, 26). Nous avons donc construit un champ en partant des co-occurrences des réponses individuelles, c'est-à-dire du nombre d'individus qui ont cité deux items en même temps. Nous avons choisi de restreindre cette analyse aux sept termes les plus cités et de déterminer un indice de similarité simple

(ou de Jaccard) pour traduire la relation entre ces termes par une représentation sous forme d'un graphe connexe et sans cycle suivant la méthodologie retenue par Reynier et Chifflet dans une étude de 1999 sur les représentations sociales de la station en tant qu'élément explicatif des "tensions" entre skieurs alpins et surfeurs (Revue STAPS n°48, 1999).

Rapidement, il nous a semblé nécessaire de regrouper les différents niveaux de plongeurs en catégories. Nous en avons retenu trois : débutant, confirmé et spécialiste. Voici comment ils se caractérisent.

QUELS NIVEAUX ?

La hiérarchisation très stricte des niveaux de plongée nous à amener à utiliser un découpage par catégorie. Après avoir mis en évidence que le niveau de plongée était corrélé au nombre de plongées (Mascret, 2001), nous avons rassemblé dans la première catégorie (débutant), les débutants et les niveaux 1 puisque ces plongeurs sont systématiquement encadrés sous l'eau.

La seconde catégorie (confirmé) associe les niveaux 2 et 3. Ces deux niveaux autorisant une autonomie relative (niveau 2 dans l'espace médian) où complète (niveau 3 jusqu'à 60 mètres).

Enfin, la troisième et dernière catégorie rassemble les niveaux 4 et plus, en cela que l'obtention du niveau 4 autorise à des prérogatives d'encadrement et nécessite un investissement conséquent de part les contenus de formation à maîtriser.

Ces trois catégories traduisent une hiérarchisation effective entre d'une part, ceux qui encadrent sous l'eau (niveau 4 et plus...) par rapport à ceux "dont on doit s'occuper..." (débutants, niveau 1 et parfois niveau 2) et d'autre part entre "ceux qui

descendent" (sous-entendu profond) à partir du niveau 3 et ceux qui sont limités en profondeur (débutants, niveaux 1 et 2). Comme on le pressent au travers de ces remarques, le niveau de plongeur peut sûrement révéler autre chose que l'obtention de prérogatives supplémentaires et traduire par exemple l'acquisition d'un capital social au sein de l'activité. ("Etre moniteur, c'est mon bâton de maréchal !..."- Réflexion d'un candidat au monitorat fédéral du premier degré lors d'un entretien préalable à notre enquête...). Pour pondérer les effets du diplôme, nous avons également questionné les sujets sur le nombre de plongées effectuées, mais les différences entre niveau obtenu et nombre de plongées déclarées ne s'avèrent pas significatives.

La plongée, c'est du sport ! ...Les débutants.

Nos plongeurs débutants sont âgés d'environ 29 ans, autant d'homme que de femme, majoritairement célibataires (61% des cas), ils pratiquent la plongée d'abord pour se détendre mais également pour se dépenser physiquement. Cet aspect "sportif" de l'activité se retrouvera d'ailleurs dans l'étude des représentations sociales de la plongée des débutants. La traduction des résultats statistiques (indice de similitude de Jaccard) est transcrite sur les figures 1 à 4. Pour nos débutants, nous avons relevé une double distribution très intéressante. D'un côté un plongeur qui découvre la spécialité sportive, peut être un ancien pratiquant d'une autre discipline, qui plonge pour découvrir des choses, des techniques,... D'un autre côté, un plongeur plus individualiste dans ses aspirations, plus axé sur les sensations et les plaisirs de l'apesanteur et du silence.

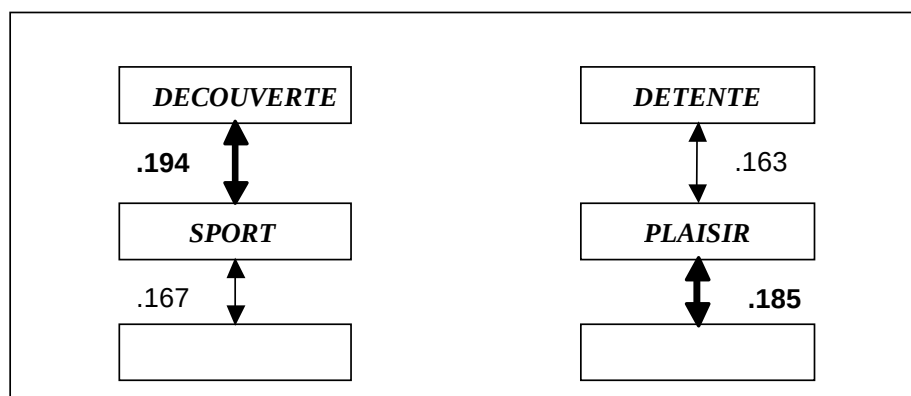


Figure 1 : Représentation graphique des arbres maximum des systèmes de similitudes caractérisant les principaux éléments des représentations sociales des plongeurs **débutants**. Plus les chiffres sont élevés plus la relation entre les deux termes est importante.

Est-ce déjà dire que deux espèces de plongeurs débutants vont se côtoyer dans la même structure ? N'avez vous jamais été confronté à ces plongeurs qui apprécient plus la manière de faire de votre collègue moniteur militaire dans l'âme, ou au contraire, de votre autre collègue monitrice poétesse de la mer avant tout ? Et vous-même, enseignez-vous de la même manière à celui qui vient écouter le silence de l'eau qu'à celui qui veut aligner des kilomètres d'exploration ou des mètres de descente ?

Mais que c'est bon ! ...Les confirmés.

Le plongeur confirmé type est un homme dans près de 80% des cas (N2 ou N3), il approche des 37 ans et vient pratiquer la plongée pour se détendre, se dépenser physiquement mais aussi pour rencontrer d'autres personnes. Nous verrons plus loin

que cette relation au groupe prend encore plus d'importance avec l'augmentation de niveau. Il comptabilise environ 130 plongées (contre une quinzaine pour les débutants). 50% des interrogés sont mariés ou vivent maritalement, soit 15% de plus que nos débutants. On note que près de 60% d'entre eux sont des "cadres ou professions intellectuelles supérieures" contre seulement 26% pour la première catégorie.

Quant à l'image qu'il se fait de la plongée, les aspects plongée-liberté ont disparu (devant les contraintes d'organisation ou de matériel ?). Cette fois, l'axe découverte-plaisir apparaît clairement. Ceux qui poursuivent l'activité découvrent et prennent plaisir. La dimension loisir prend de l'importance ; nos niveaux 2 et 3 s'engagent de plein pied (pleine palme...) dans le monde subaquatique.

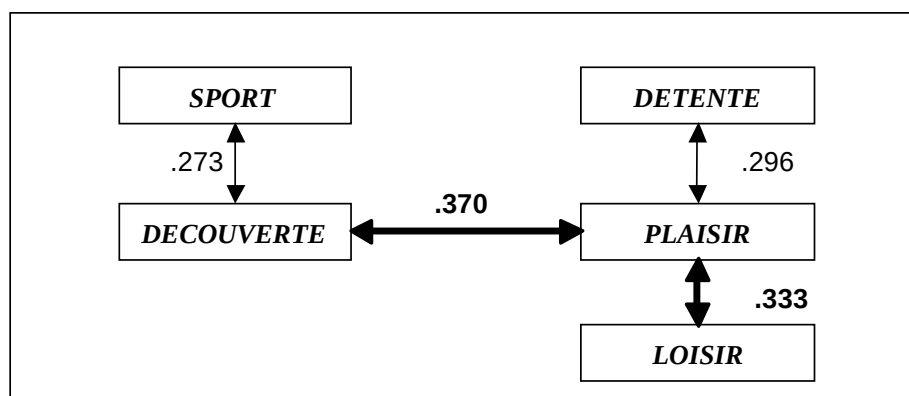


Figure 2 : Représentation graphique des arbres maximum des systèmes de similitudes caractérisant les principaux éléments des représentations sociales des plongeurs **confirmés**. Plus les chiffres sont élevés plus la relation entre les deux termes est importante.

Voyage, voyage ! ...Les spécialistes.

Pour nos spécialistes, la donne change. Même si la plongée est aussi l'association découverte-plaisir, cette fois le voyage devient central ! Ce n'est guère surprenant si on conçoit que pour devenir encadrant, il faille une bonne dose de passion (entre autre) et que ceci peut se traduire par des voyages plus ou moins lointains. La dimension sportive de l'activité est évacuée, ce qui peut sembler paradoxal puisque les examens du niveau 4 ou des diverses formations de cadre contiennent des

épreuves physiques réputées ardues. Ceci traduit-il un décalage entre les exigences de diplômes d'encadrement et l'image qu'ont ces mêmes encadrants de l'activité qu'ils animent ?

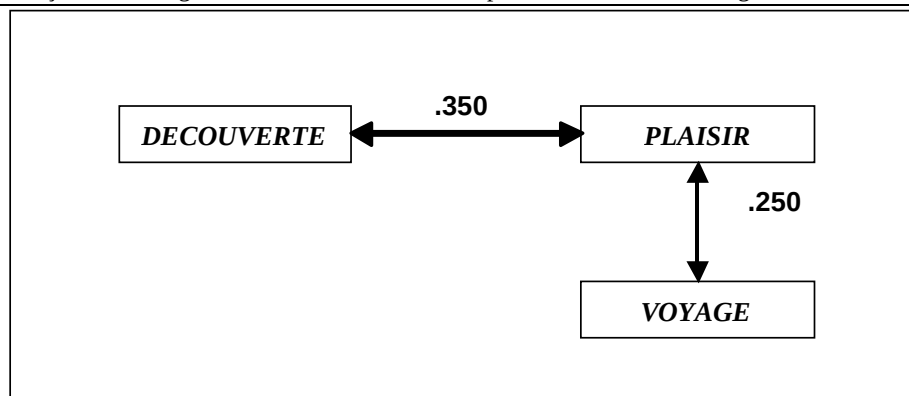


Figure 3 : Représentation graphique des arbres maximum des systèmes de similitudes caractérisant les principaux éléments des représentations sociales des plongeurs **spécialistes**. Plus les chiffres sont élevés plus la relation entre les deux termes est importante.

De manière moins surprenante, les spécialistes sont majoritairement des hommes (82%); ils lisent globalement plus de magazines spécialisés que les autres plongeurs (Mascret, Wille, 2002), approchent la quarantaine (39 ans de moyenne), sont à 75% mariés ou vivant maritalement, et déclarent venir plonger pour se détendre et pour rencontrer d'autres personnes. C'est dans cette troisième catégorie que les "cadres ou professions intellectuelles supérieures" sont le plus représentés (73%).

CONCLUSION

C'est sans surprise que la synthèse de nos trois niveaux de plongeurs nous permet de conforter la place centrale des aspects plongée-découverte et plongée-plaisir. Par contre, on doit relativiser les dimensions détente, liberté et voyage qui semblent plus caractéristiques d'un niveau d'appropriation de l'activité. Dire que la plongée n'est pas un sport est en contradiction avec l'image que ses pratiquants en ont. L'engagement complet de l'individu lorsqu'il évolue sous

l'eau, les contraintes physiques des niveaux de plongée, les pratiques actuellement proposées, font que les plongeurs confirment une dimension sportive (mais non compétitive) à cette activité.

Si une telle enquête à des limites, elle participe à une meilleure connaissance de l'ensemble des plongeurs de la FFESSM (Fédération Française d'Etudes et de Sports Sous-Marins). Elle permet sûrement d'élargir le point de vue sur ce que sont ces plongeurs fédéraux. Si la population étudiée, concerne celle très particulière des clubs de plongée de l'intérieur, entre les plongeurs de carrelages et les "extrémistes" des carrières, cette population exprime des tendances dont nous pouvons percevoir le caractère révélateur. Ainsi, l'augmentation de niveau semble plutôt masculine, et s'accompagne d'une avancée en âge, d'une vie plutôt en couple, d'un désir de partager une activité en groupe tout en relativisant les dimensions sportives de l'activité.

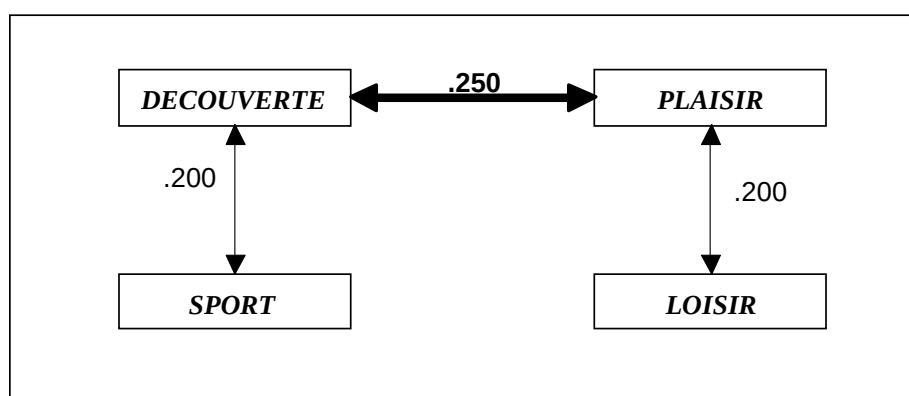


Figure 4 : Représentation graphique des arbres maximum des systèmes de similitudes caractérisant les principaux éléments des représentations sociales de **l'ensemble des plongeurs**. Plus les chiffres sont élevés plus la relation entre les deux termes est importante.

Les différences essentielles entre les plongeurs débutants et les spécialistes semblent plutôt se situer dans l'image qu'ils se font de l'activité. Avec en toile de fond la question de l'évolution de ces représentations. C'est à dire, est-ce les même personnes qui transforment leurs représentations en s'appropriant l'activité ou n'est-ce pas plutôt celles qui étaient déjà porteuses de ces représentations qui persistent dans la pratique ? Cette question pose directement le problème d'adaptabilité d'une structure associative à la demande de ses propres adhérents. Ainsi quand le Président de la FFESSM s'interroge dans la presse spécialisée sur la perte de 30% par an des licenciés fédéraux (Blanc, 2001), on ne peut que lui emboîter le pas en se demandant si la plongée proposée dans le cadre associatif est suffisamment variée pour satisfaire les plongeurs accueillis ?....

REFERENCES.

1. **JC. ABRIC**; Pratiques et représentations sociales; Paris : PUF; 1989.
2. **JC. ABRIC**; L'étude expérimentale des représentations sociales; In D. JODELET (Coord), *Les représentations sociales*; Paris : PUF; 1994.
3. **R. BLANC**; FFESSM : Le nouveau Président est pour l'ouverture; *Octopus*; n°31 pp55-56; 2001.
4. **DOISE, CLEMENCE, LORENZI-CIOLDI**; Représentations sociales et analyses de données; Grenoble : PUG; 1992.
5. **V. REYNIER, P. CHIFFLET**; Les représentations sociales de la station en tant qu'élément explicatif des "tensions" entre skieurs alpins et surfeurs; *STAPS*; n°48 pp67-80; 1999.
6. **N. ROUSSIAU, C. BONARDI**; Les représentations sociales. Etat des lieux et perspectives; Liège : Editions Mardaga; 2001.
7. **V. MASCRET**; Les représentations sociales du plongeur, du débutant au confirmé, dans les clubs fédéraux de la communauté urbaine de Lille; Lille, FSSEP Lille 2, non publié; 2001.
8. **V. MASCRET, F. WILLE**; La presse spécialisée et les représentations sociales en plongée sous-marine; *Revue Française de Plongée* Edition : GNPU; Lille n°2 pp21-28; 2002.
9. **P. VERGES**; L'évocation de l'argent : une méthode pour la définition du noyau central d'une représentation; In : *Bulletin de psychologie : Nouvelles voies en psychologie sociale*; T XLV, n°405 pp203-209; 1992.

UNE GÉOGRAPHIE SOCIALE DE LA PLONGÉE

Régis Keerle,

Docteur en géographie; U.M.R. 5045 Mutation des territoires en Europe, Université Paul Valéry, Montpellier III, France. E-Mail : Regis.Keerle@univ-montp3.fr

Résumé - La plongée est une activité dont l'étude en géographie est récente. Après une présentation des problèmes analytiques qu'implique cet objet de recherche, un premier modèle de prise en compte du plongeur en géographie est proposé. Les résultats d'une étude statistique des licences de plongeurs délivrées par la Fédération Française d'Etudes et Sports Sous-Marins (F.F.E.S.S.M.) sont ensuite discutés et comparés avec des données concernant les structures commerciales de plongée. L'approfondissement de cette discussion conduit à proposer un second modèle, concernant cette fois l'étude de la plongée. L'usage dialectique de ces deux modèles permet d'illustrer les apports d'une géographie sociale de la plongée ouverte au dialogue interdisciplinaire.

Mots clés : *Plongée subaquatique, Géographie, Géographie sociale, Epistémologie, Sport*

Abstract - Geographical studies of diving are recent in France. After an introduction to analytical problems this research object implies, a first model is proposed for the analysis of the diver in geography. Results from a statistical study of the diving licences delivered by the "Fédération Française d'Etudes et Sports Sous-Marins" are then discussed and compared with data concerning commercial structures of diving. Deeper discussion of these analysis leads to propose a second model, concerning the diving study. A dialectical use of these two models display the contributions of a social geography of the diving, opened for an interdisciplinary dialogue.

Key words: *Diving, Geography, Social geography, Epistemology, Sport*

INTRODUCTION

La plongée est une activité dont la dimension géographique semble évidente, tant est particulier son milieu d'exercice. Certains plongeurs peuvent même être considérés comme des géographes explorant des espaces parfois encore inconnus. Mais cette première forme de pratique de la géographie s'est estompée au profit d'une recherche de scientificité qui requiert l'explicitation de ses modèles d'analyse.

Après avoir montré comment se construit l'intérêt du géographe pour la plongée, on

exposera quelques résultats d'une exploitation statistique de données relatives à l'activité. Leur discussion permettra d'esquisser un modèle d'analyse géographique de la plongée, que l'on espère partageable par d'autres chercheurs.

DE L'INTÉRÊT DU GÉOGRAPHE POUR LA PLONGÉE

En s'intéressant à la plongée, le géographe est très vite confronté à la nécessité de se positionner à la fois par rapport aux diverses branches de sa

discipline et aux différents programmes de recherche (Berthelot, 2001) qui y sont appliqués. Par ailleurs, la géographie étant communément définie comme la science de l'espace des hommes, on comprend immédiatement que le regard géographique se portera soit sur les espaces concernés par le phénomène choisi comme objet d'étude, soit sur la localisation des hommes ayant un rapport avec ce phénomène, soit sur les deux à la fois¹. C'est ainsi que l'espace d'étude ou le type d'activité qui y est pratiquée pourront justifier de l'unité de l'objet (Musard, 2000).

La démarche adoptée dans une thèse de géographie dont il s'agit ici d'illustrer la pertinence, mais où la plongée ne constituait pas un objet d'étude isolé (Keerle, 2002), a consisté à mettre l'accent en priorité sur l'explicitation d'un programme de recherche dont la visée principale est la fécondité interdisciplinaire.

Un exemple permet à cet égard de comprendre à la fois les limites d'une approche strictement localisée et surtout celles d'un positionnement flou sur le plan épistémologique (Keerle, 2001). Dans la page de l'Atlas des pratiques sportives consacrée à la plongée, les auteurs émettent une hypothèse explicative de la diminution globale du nombre de licenciés de la Fédération Française d'Etudes et Sports Sous-Marins (F.F.E.S.S.M.) dans les départements de l'est du littoral méditerranéen entre 1978 et 1984. Les causes de cette diminution seraient : *"l'épuisement des sites archéologiques, la raréfaction de la faune piscicole et, plus généralement, l'augmentation de la pollution des eaux"* (Mathieu, Praïcheux, 86, 1987).

Or nos recherches ont permis d'aboutir aux chiffres suivants :

Nombre de licences délivrées par la FFESSM dans les départements de la Côte d'Azur			
Départements	1979	1985	1995
Alpes-maritimes	4065	3726	5093
Bouches-du-Rhône	8635	7321	11032
Var	1943	2886	9093

On constate alors que la baisse enregistrée entre 1979 et 1985 correspond à un "accident" puisqu'en 1995 le niveau de 1979 est largement dépassé. Dans la mesure où, en dix ans, les facteurs d'explication retenus peuvent difficilement s'être inversés, l'explication avancée est, sinon invalidée, du moins sérieusement affaiblie par ces données (ce qui ne signifie évidemment pas que les faits invoqués soient inexacts).

Il est possible de formuler au moins deux hypothèses permettant un gain en termes de validité empirique (Berthelot, 1990) quant à l'explication du phénomène invoqué par les auteurs de l'Atlas des sports :

- une partie des individus qui n'ont pas "repris" ou pris leur licence dans les clubs des départements concernés ont cependant continué à plonger dans cette partie de la Méditerranée, dans le cadre de structures commerciales

- une partie des individus qui ont continué à plonger dans cette zone ont acquis leur licence ailleurs en France

La première proposition explicative peut s'appuyer sur le développement de structures commerciales sur ce littoral, la seconde sur le développement de la plongée dans les autres départements de la métropole (voir cartes n° 1, 2, 3 et 4). Dans ce dernier cas, on peut supposer qu'après avoir goûté à la plongée lors de leurs vacances, des individus se soient inscrits dans les clubs de leurs régions d'origine.

Il peut donc être utile d'axer la réflexion d'abord sur les plongeurs, avant l'espace de plongée, et sur des plongeurs considérés comme des individus, certes concernés par des faits sociétaux, mais néanmoins capables

¹ On retiendra comme définition de la géographie la " . . . connaissance de la connaissance et de la pratique que les hommes ont de cette réalité qui est dénommée espace" (Raffestin, 2, 1980).

d'actions individuelles non réductibles à une explication behavioriste (Werlen, 1993).

Qui est le plongeur, pour le géographe ? C'est d'abord celui qui pratique un espace particulier, mais dont la qualification est déjà problématique. En effet, l'adjectif sous-marin est réducteur (à cause des plongées en lacs, carrières...) et l'épithète subaquatique est ambigu (à cause des piscines, car il se réfère à un milieu naturel). Cette question de langage est loin d'être anodine, comme en témoignent les problèmes posés à la F.F.E.S.S.M. par la volonté de la Confédération Mondiale des Activités Subaquatiques d'imposer quatre plongées en milieu naturel pour la délivrance d'un brevet de plongeur (CMAS 1 *) permettant l'accès accompagné à une profondeur maximale de 20 mètres².

Quoi qu'il en soit, le géographe considère la plongée comme une activité universelle, mais il doit reconnaître qu'elle s'exerce dans des contextes sociaux différenciés. Il peut ainsi s'agir d'un travail, mais dont les fins peuvent être différentes (du corailleur au moniteur de plongée professionnel) et dont les conditions sont variables, par exemple sur le plan de la sécurité, ce qui renverra au thème disciplinaire de l'inégal développement du monde (pour un exemple au Vietnam, voir Phung, 2002).

Même en l'absence de chiffres, on pourra affirmer que la plongée est, par contraste avec le thème du travail, surtout une activité de loisir qui requiert des espaces spécifiques pour sa réalisation. Dès lors, la question du déplacement nécessaire pour accéder à ces espaces, et le changement de contexte spatial qu'il provoque, peut devenir le filtre à travers lequel l'activité sera analysée. On aura compris qu'il s'agit alors de développer un aspect de la géographie du tourisme. Sans affaiblir l'intérêt de cette voie d'analyse du phénomène "plongée" en géographie, il paraît nécessaire d'en proposer une grille de lecture moins partielle. En effet, la définition du tourisme peut dans certains cas se révéler

ici mal adaptée à la réalité du phénomène puisqu'elle suppose une durée minimale de séjour après le déplacement. Celle du loisir, qui lui est parfois accolée pour tenter de surmonter cette difficulté, ne fait que renforcer l'impression du caractère négligeable d'une pratique qui ne serait digne d'intérêt que par ses retombées économiques ou écologiques localisées. Ces dernières dimensions, dont la pertinence n'est pas à prouver, de l'analyse de la plongée, n'épuisent pas pour autant la connaissance de sa signification géographique.

Le plongeur ne serait donc pas seulement, le plus souvent, ce zappeur qui, au hasard d'une rencontre ou témoignant d'une réussite éphémère du marketing, peut être ausculté avec son équipement, mais plutôt un individu à la recherche d'un sens dans les diverses activités dans lesquelles il est étudié. Il peut être amené à s'y investir, ce qui est le plus souvent le cas dans la sphère du travail, mais il peut aussi choisir de le faire, surtout dans la sphère du loisir. La plongée n'est alors qu'une activité parmi d'autres possibles. On peut y goûter lors d'un baptême ou d'un voyage sans éprouver le besoin d'en renouveler régulièrement l'expérience. On peut même simplement en rêver sans passer à l'acte ou, à l'inverse, connaître à un moment donné des difficultés d'ordre psychologique pour renouveler une immersion que l'on croyait devenue routinière. On peut aussi, bien sûr, connaître des difficultés, ou même des contre-indications d'ordre physiologique qui freinent ou interdisent l'accès à l'activité. En bref, il est possible de concevoir le rapport de chaque individu à la plongée comme un parcours qui peut osciller entre les deux pôles extrêmes de l'indifférence et de l'investissement primordial³ (figure 1).

² Pour les derniers développements de cette question, voir le procès verbal de la réunion de la Commission Technique Nationale de la F.F.E.S.S.M., daté du 24 mai 2003 à Marseille.

³ On remarquera que la seule F.F.E.S.S.M. délivre chaque année, au moins depuis 1998 (première date de recensement), plus de trois mille brevets de plongeurs de niveau 3, ce qui révèle une aspiration au renforcement des compétences chez leurs détenteurs, peu compatible avec un rapport de négligence envers le monde de la plongée.

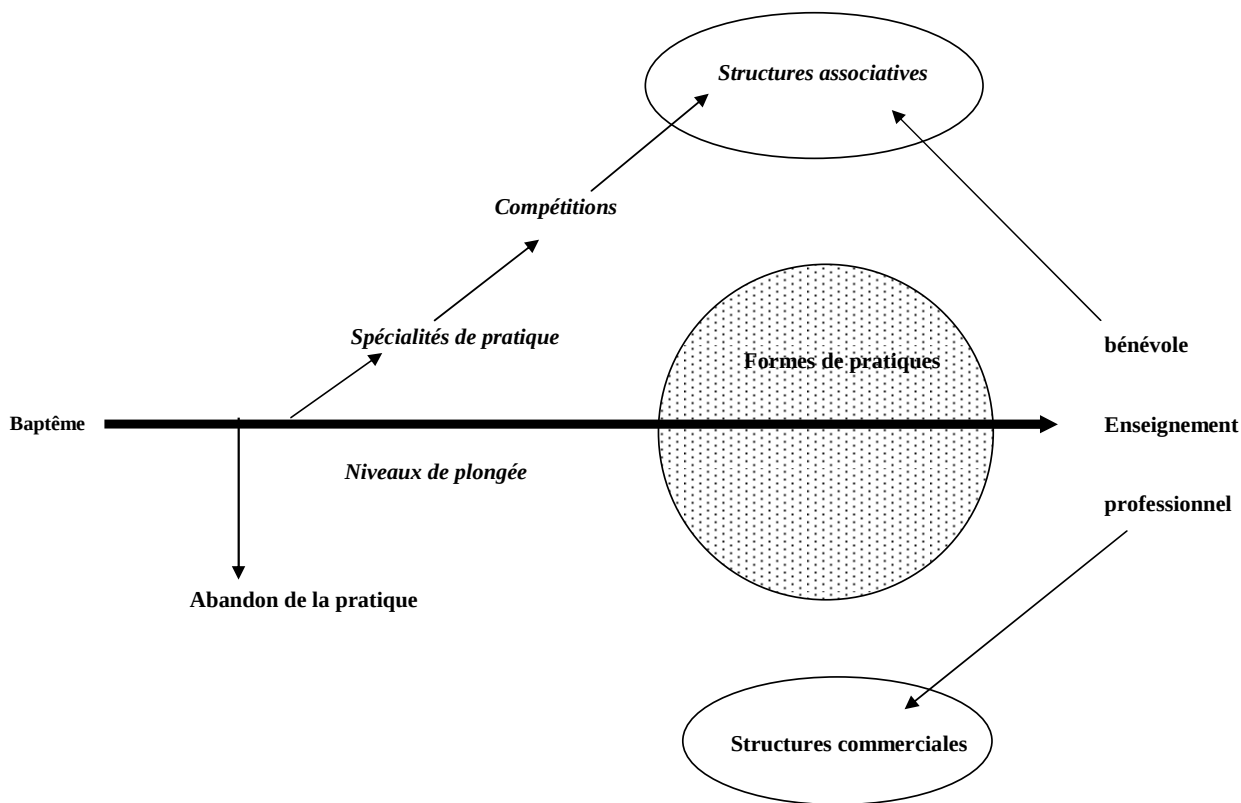


Figure 1 : Le parcours des plongeurs comme passage dans le champ de la plongée

Géographie humaniste ? L'épithète pourrait convenir s'il s'agit aussi d'entendre ici la manière dont l'individu doit s'organiser pour, par exemple, pratiquer l'activité de plonger. On lui préférera le qualificatif de "sociale" qui évoque le nécessaire cadre collectif dans lequel cette action se déploie.

La référence à cette branche de la discipline géographie conduit à préciser les rapports que cette posture entend entretenir avec la sociologie et ses divers domaines. La perspective choisie est ici celle d'un structurisme qui conçoit "la société comme un ensemble relativement autonome de structures causales émergentes qui limitent de façon significative l'autonomie des acteurs, mais ne déterminent pas leurs actions, car le pouvoir causal des structures est toujours médiatisé par les acteurs qui, la plupart du temps sans le savoir,

l'actualisent dans des situations données" (Vandenberghe, 299, 1998). Parmi les "situations données" que rencontre le plongeur, le géographe relèvera évidemment les caractéristiques de l'espace concret dans lequel l'activité se déroule, mais aussi celles de son espace abstrait. Ce qui signifie que le plongeur doit toujours évoluer dans le cadre du contexte juridique relatif au territoire de l'Etat dans lequel la plongée se déroule... et se heurte parfois aux différences de formation qui peuvent exister entre les membres d'un groupe de plongeurs en action. Il est alors possible, parmi d'autres approches, d'ériger en objet de recherche un contexte national de la plongée, en l'occurrence le contexte français, ou, dans une formulation plus géographique, d'étudier la plongée à l'échelle nationale en France. Le géographe peut cartographier la surface de cet objet, l'espace produit des

lieux de pratique et des pratiquants, mais pour comprendre ce résultat, il lui faut analyser la production de ces espaces dans une perspective plus “globalisée” de sa discipline (Berthelot, 1996), c’est-à-dire plus ouverte à l’interdisciplinarité.

A PROPOS DE LA RÉPARTITION DES PLONGEURS EN FRANCE

C’est dans le cadre de notre thèse de géographie s’appuyant sur l’exemple du sport qu’a été menée une analyse de la plongée en France, hors de toute visée exhaustive. L’étude avait pour but de comprendre l’organisation de la plongée à l’échelle mondiale et nationale, en tentant d’utiliser au mieux, parmi d’autres informations, les sources disponibles à la F.F.E.S.S.M. Celles-ci ont permis, en particulier, de réaliser des cartes qui illustrent le caractère différencié de l’activité sur le territoire français.

L’analyse de la carte qui représente le taux de pénétration de la plongée par département⁴ en 1999 (carte n° 1) est à mener avec précaution, surtout si l’on entend conserver à la notion de plongée sa référence au milieu naturel. En effet, le champ de compétences de la fédération aboutit ici à délimiter l’espace d’un sport pour lequel la licence fédérale ouvre le droit à plusieurs formes de pratiques, dont certaines n’ont qu’un lien relativement lâche avec l’idée d’immersion en milieu naturel. Divers indices⁵ permettent cependant d’affirmer que la formation à la plongée en milieu naturel est représentée dans la grande majorité des clubs de la fédération. Le fait que des départements côtiers se placent en tête du classement revêt plusieurs significations. On y retrouve la traduction

spatiale du fait, révélé par l’enquête de l’I.N.S.E.P. (Irlinger, Louveau, Metoudi, 1987), que la plongée sous-marine est pour beaucoup de français un “sport de vacances”. Dans cette logique, il n’est pas surprenant que les départements méditerranéens occupent les premières places. Mais le rôle du milieu naturel⁶ se précise lorsque l’on constate que ce sont, en métropole⁷, les départements baignés par les eaux les plus chaudes, mais aussi les mieux pourvus en côtes rocheuses et donc les plus riches *a priori* en flore et en faune sous-marine, qui occupent les premiers rangs : Corse⁸, Var, Bouches-du-Rhône, Pyrénées orientales, Alpes maritimes. Tandis que parmi les autres départements de la façade méditerranéenne, aux côtes plutôt sableuses, l’Hérault est devancé par trois départements océaniques (dont le Finistère et le Morbihan, aux eaux plus froides, mais à côtes plus rocheuses), l’Aude et le Gard se classant loin derrière.

Les autres départements côtiers reproduisent globalement ce modèle qui avantage eaux chaudes et côtes rocheuses (faiblesse des taux dans les Landes, la Vendée et au Nord du littoral de la Manche), mais dans certains cas se fait sentir ce que nous qualifierons comme un effet “métropole” (Gironde : Bordeaux, Loire-Atlantique : Nantes). En effet, les départements de l’intérieur présentant les taux les plus élevés correspondent à des départements comptant de grandes villes

⁶ On peut envisager cet “effet de lieu” comme un “facteur” explicatif à titre provisoire même si l’on récuse avec G. Gurvitch la théorie du “*facteur prédominant*” (Gurvitch, 50, 1968). Dans la géographie sociale d’A. Frémont, “l’effet de lieu” est un des “(...) *facteurs explicatifs*” à retenir pour l’étude du “(...) *concept central retenu par l’école géographique française (...), celui de “combinaison régionale”*” (Frémont, Chevalier, Hérin, Renard, 159 et 158, 1984). Le concept central de notre thèse étant la production de l’espace, l’effet de lieu est ici envisagé comme la résultante des diverses caractéristiques des lieux envisagés avant l’action qui les reproduit ou les produit.

⁷ Le cas des territoires situés outre-mer est évidemment plus complexe.

⁸ Les deux départements corses ont été regroupés pour simplifier l’analyse.

⁴ Ces chiffres ont été obtenus à partir d’un recueil manuel (nombre de licenciés par clubs) auprès de la F.F.E.S.S.M. On peut en imaginer des exploitations cartographiques plus précises.

⁵ Par exemple, dans la nomenclature des activités des clubs publiée par la F.F.E.S.S.M. la catégorie “plongée scaphandre” figure dans 82 % des clubs (F.F.E.S.S.M., 1998).

(région parisienne, Haute-Garonne : Toulouse, Rhône : Lyon, Isère : Grenoble) où la présence d'équipements spécifiques (fosses de plongée) et de structures commerciales laissent supposer une plus grande prégnance de la pratique dans la population. Rappelons à cet égard que la plongée de loisir est une pratique relativement récente et en progression, témoignant d'une forme de modernité, ce qui induit une familiarité plus grande avec l'activité dans les lieux qui sont des vitrines du progrès, soit les métropoles.

A contrario, les départements les moins urbanisés présentent les taux les plus faibles, ce qui met particulièrement en valeur le cas du Pas-de-Calais où le taux de pénétration est étonnamment bas. Faut-il y voir un effet d'un relatif sous-équipement⁹, notoire pour l'ancien bassin minier ?

La comparaison avec la carte représentant la répartition des structures commerciales à la même date (carte n° 2) est éclairante du fonctionnement du champ de la plongée. On constate en effet que la localisation de ces centres reflète de manière particulièrement marquée les facteurs d'explication que nous avons relevés précédemment. Ainsi, à l'intérieur des terres, rares sont les départements comptant un centre, voire plusieurs. Outre les métropoles, on aura noté le rôle probable des sites de plongée des lacs savoyards (lac du Bourget, lac Léman).

Puisqu'il est impossible de conclure de manière simpliste à l'existence d'un gradient côte/intérieur qui révélerait, dans une perspective behavioriste, le rôle prépondérant de la distance au lieu de plongée dans la répartition des plongeurs en France, on comprend que celle-ci est le résultat d'une somme d'actions à envisager dans une perspective historique pour en comprendre, sinon en anticiper les évolutions.

On mesure par exemple le chemin parcouru depuis 1962, quand la plongée n'était représentée que dans 34 départements

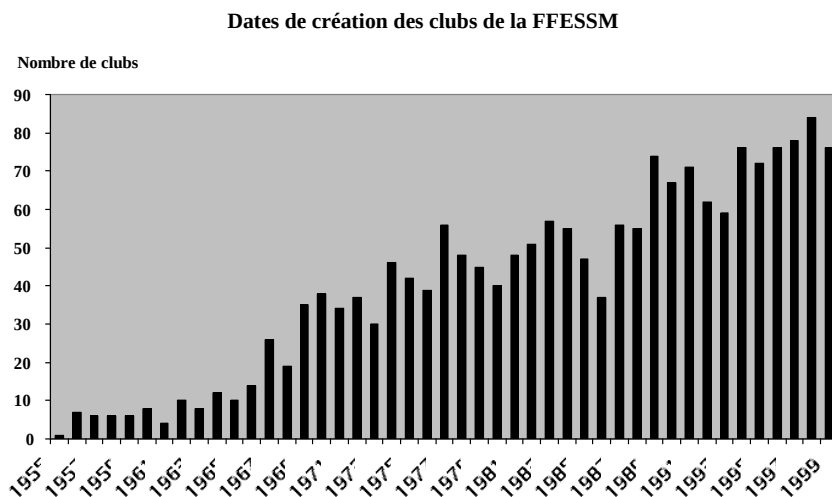
de la métropole et à la Réunion (carte n° 3). Là aussi, la localisation des clubs dans l'intérieur des terres recoupe en partie celle des grandes villes (Haut-Rhin : Strasbourg, Haute-Garonne : Toulouse, Isère : Grenoble, Moselle : Metz, Nord : Lille, Rhône : Lyon et Villeurbanne, auxquelles il faut ajouter la région parisienne). De même, en 1979, les trois départements métropolitains qui ne présentaient encore aucun club, donc aucun licencié (Aveyron, Creuse et Lozère) figuraient parmi les moins urbanisés (carte n° 4).

L'étude historique de cette diffusion de la plongée en France, qui rappelle que *“la diffusion spatiale des innovations est en particulier très dépendante des canaux de la hiérarchie urbaine”* (Saint-Julien, 566, 1995), commence à peine, mais les données empiriques que nous avons recueillies témoignent aussi du fait qu'elle ne s'est pas opérée sur un espace homogène sur le plan régional. C'est ainsi que l'analyse de la date de création des clubs de la F.F.E.S.S.M. ouvre des perspectives de recherche intéressantes, mais difficiles à explorer par un chercheur isolé. Sur ce thème, une petite précision méthodologique est nécessaire.

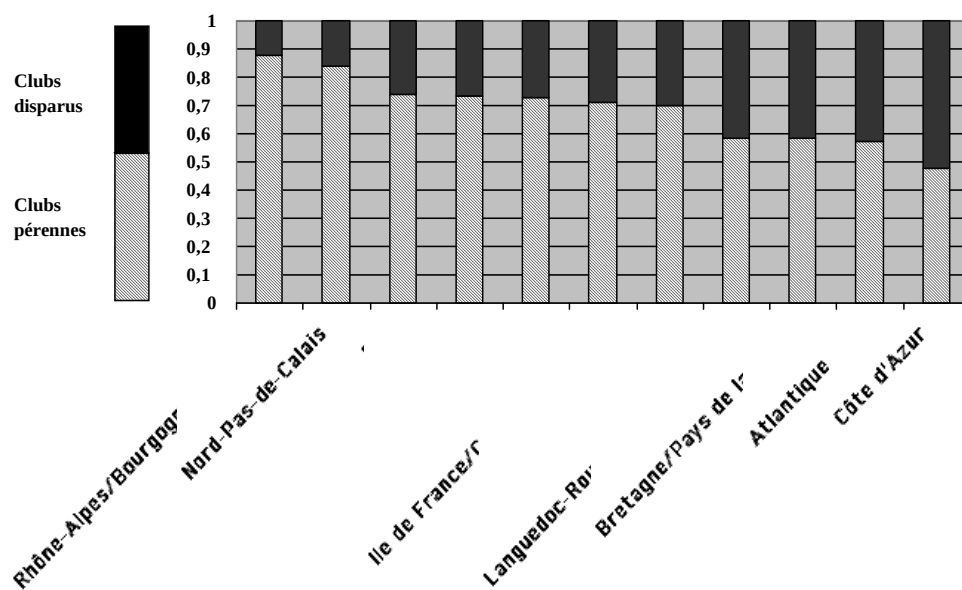
A partir de 1974, chaque nouveau club s'affiliant à la F.F.E.S.S.M. a été recensé sous un code spécifique (auparavant, les numéros des clubs dissous étaient réutilisés). On connaît donc de manière globale le nombre des clubs qui ont été créés et celui des clubs qui ont disparu depuis 1974, au moins dans le cadre de leurs comités régionaux (pour connaître plus précisément les localisations des clubs disparus, il faudrait étudier toutes les années).

La situation nationale est celle d'une prépondérance des clubs récemment créés (graphique 1) mais là aussi on observe des différences de caractère géographique. C'est ainsi que le degré de pérennité des clubs varie selon les comités régionaux (graphique 2).

⁹ On pense en particulier au problème de la diffusion, différenciée dans le temps, de l'équipement en piscines, qui se traduit nécessairement par des différenciations régionales des cultures sportives.

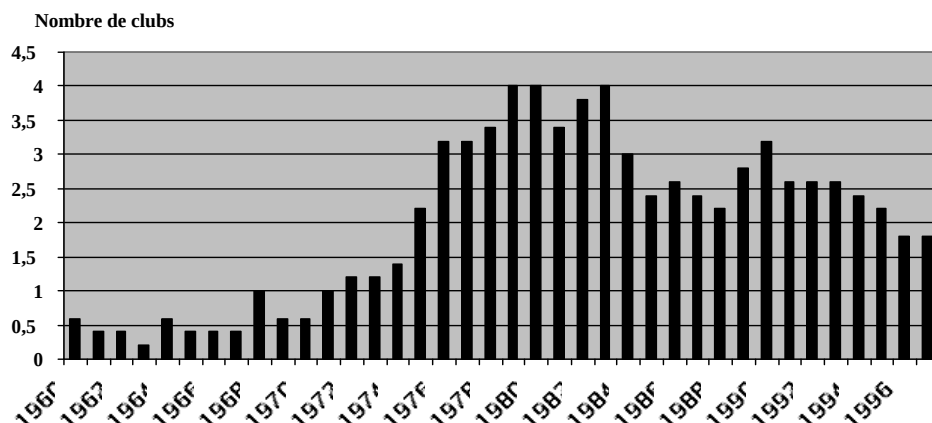


Graphique 1 : Dates de création des clubs de la FFESSM



Graphique 2 : Proportion de clubs pérennes et disparus par comités régionaux de la FFESSM en métropole (1974-1999).

**Dates de création des clubs du comité Normandie de la
FFESSM
(moyennes mobiles quinquennales)**



Graphique 3 : Date de création des clubs du comité Normandie.

On remarquera à cet égard le degré élevé de stabilité des clubs dans les comités de l'intérieur des terres, opposé à une tendance à la reconstitution plus fréquente dans les régions plus littorales. On peut y voir, parmi d'autres facteurs d'explication dont les rôles respectifs restent à élucider, l'effet des migrations vers les régions ensoleillées ou l'Ile-de-France, qui recomposent les populations régionales et, peut-être, dans certains cas (Côte d'Azur) l'effet indirect des ajustements successifs entre formes fédérales et commerciales de l'accueil des plongeurs.

Par ailleurs, dans certains comités, le profil des dates de création des clubs révèle un fléchissement précoce qui ne peut s'expliquer par un effet de stabilisation dû à un taux de pénétration élevé. Ainsi, dans le comité Normandie (regroupant les départements des régions Basse et Haute-Normandie¹⁰), il semble que l'âge d'or de la création des clubs soit passé depuis longtemps (graphique 3). En conséquence, le taux de pénétration de la plongée dans ces régions, pourtant composées de trois

départements côtiers sur cinq, semble devoir rester nettement inférieur à celui de l'Ile-de-France où les structures commerciales sont pourtant mieux représentées.

Il existe donc des variations territoriales au sein du monde de la plongée, monde que nous analysons comme un champ selon le modèle qui en a été proposé par une orientation de la sociologie du sport (Defrance, Pociello, 1993). Sans nous engager ici dans une description complète de la structure de ce champ, il est utile de préciser les conséquences méthodologiques de cette posture pour l'étude de la plongée dans la perspective d'une géographie sociale "globalisée".

VERS UN MODÈLE D'ANALYSE GÉOGRAPHIQUE "GLOBALISÉE" DE LA PLONGÉE

Revenons d'abord aux individus plongeurs que nous avons évoqués précédemment. Ceux-ci, pour choisir la fréquence et la nature de leurs pratiques, sont confrontés à une offre d'organisations (clubs de la F.F.E.S.S.M., structures commerciales, moniteurs indépendants, voyagistes...) différenciée selon leur lieu de

¹⁰ Le comité regroupait encore les deux régions en 1974

résidence. Précisons d'emblée que ces individus ne sont pas sans passé (Lahire, 1998), mais porteurs de dispositions, ce sont des "individus-en-société" (Fossaert, 1977-1983). C'est ainsi que, confirmant les travaux de sociologie du sport évoqués ci-dessus, les rares analyses du public des plongeurs indiquent une sur représentation des populations jeunes, des professions intermédiaires, cadres, cadres supérieurs et professions libérales (Cahiers de l'A.F.I.T., 1997; Galinier, 2001; Bretin, 2002). Certains d'entre eux acquièrent peu à peu un niveau de compétences qui leur permet de contribuer au développement de l'activité par leur capacité de transmission des connaissances nécessaires à une pratique sécurisée de la plongée (figure 1). Qu'ils se situent dans un cadre associatif comme celui de la F.F.E.S.S.M., ou dans la sphère marchande, ces individus et leurs organisations construisent des normes de pratique, en interaction avec les attentes de leurs adhérents ou de leurs clients. Ces actions conjuguées aboutissent à une sélection de lieux de pratique, influencée par la caisse de résonance des médias spécialisés

(Mascret, Wille, 2002) et à une répartition des pratiquants dans lesquels le caractère attractif ou répulsif du milieu naturel varie dans l'histoire et selon les cultures régionales. Quant à la dimension temporelle, on rappellera le développement récent de certaines formes de pratique (plongée sous glace) parfois liées à l'émergence d'un marché de la plongée dont la construction en France est récente. Et sans insister ici sur les conflits qui divisent ces divers acteurs, on remarquera qu'ils peuvent se cristalliser autour de constructions culturelles qui traversent parfois les cadres nationaux, un des aspects les plus discriminants parmi les formes de pratique étant les questions relatives à la profondeur de la plongée.

On peut considérer que ces diverses dimensions sont incluses dans l'ensemble de la Société Civile (figure 2).

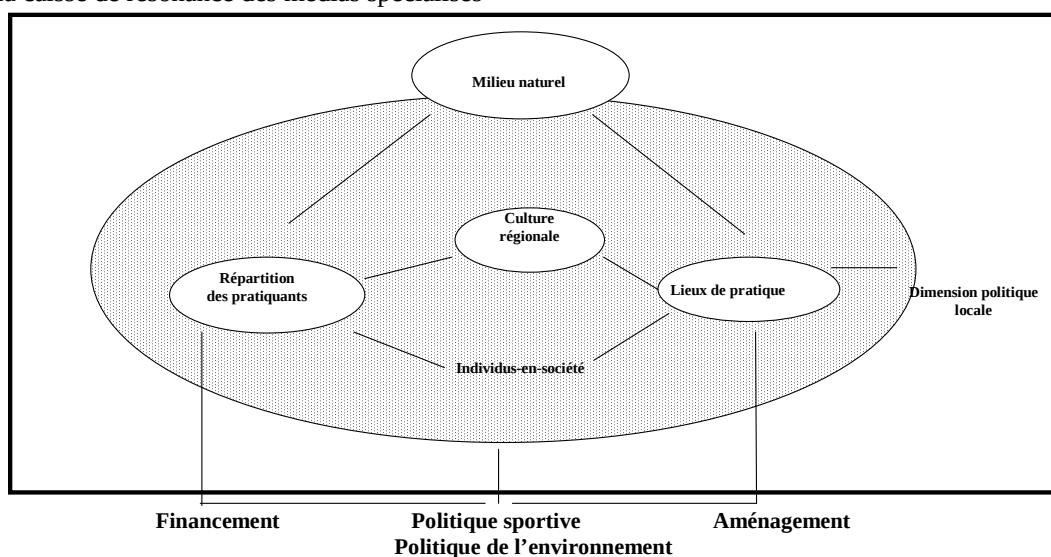


Figure 2 : Esquisse analytique d'une géographie de la plongée subaquatique en milieu naturel. : Etat; : Objet d'étude en géographie; : Société civile.

Mais le rôle de l'Etat ne peut être exclu de l'analyse. C'est ainsi qu'il influence de manière indirecte la répartition des

pratiquants par la délégation de service public des activités subaquatiques accordée à la F.F.E.S.S.M. et le versement d'une

subvention annuelle qui, redistribuée auprès de ses clubs et de ses commissions, permet la prise en charge d'une partie des frais de formation et de déplacement des plongeurs, et a contribué au développement des centres fédéraux de formation qu'ils peuvent fréquenter. Par ailleurs les clubs et les structures départementales ou régionales de la fédération peuvent aussi bénéficier de subventions de l'Etat ou des collectivités territoriales, ainsi que d'aides logistiques (place au port, local administratif...), surtout de la part des mairies de leurs communes, en particulier l'accès gratuit à la piscine municipale pour les entraînements. Au total les financements publics accordés aux organismes de la fédération permettent donc de réduire les coûts occasionnés par cette pratique et participent donc à sa démocratisation, au moins économique, sur le plan social¹¹... mais aussi géographique comme en témoigne la comparaison entre répartition des structures commerciales et des plongeurs fédérés en France (cartes n° 1 et 2).

Si la configuration des lieux de pratique est ainsi également influencée par la politique sportive de l'Etat, elle est surtout déterminée par sa politique de l'environnement, laquelle se traduit par la mise en place de divers types d'espaces marins protégés. C'est sur la côte méditerranéenne, la plus fréquentée par les plongeurs, que se situent la plupart de ces espaces, les initiatives de la protection relevant parfois des collectivités locales. La figure 2 doit à cet égard être lu d'une manière dialectique car les individus plongeurs, loin d'être ici de simples spectateurs, sont acteurs dans la démarche de protection, et ceci, qu'ils en soient les demandeurs ou les victimes de leur propre affluence sur certains sites.

Ainsi s'élargit le champ de la plongée au point que des collectivités territoriales la prennent comme un des emblèmes de leur

communication, qu'il s'agisse de petites communes littorales ou de métropoles comme Marseille. La plongée se présente ainsi pour le géographe comme un médiateur territorial, une activité à partir de laquelle les individus et les groupes sociaux peuvent construire leur rapport au monde. Développer ses capacités motrices en milieu subaquatique, se déplacer pour pratiquer l'activité, voire s'installer à proximité de lieux de pratique privilégiés sont autant de formes individuelles de l'appropriation de l'espace. Construire les normes de la pratique légitime, contrôler l'accès aux espaces de la pratique, légiférer quant aux conditions de son déroulement sont autant de formes collectives de gestion de l'espace pour lesquelles l'Etat reste l'acteur dominant, même si la mondialisation modifie les règles du jeu.

Le modèle proposé est particulièrement adapté à la situation française. Il n'est pas difficile d'envisager son adaptation, pour ce qui concerne le rôle de l'Etat, dans d'autres contextes. Ce modèle vise à permettre un dialogue entre la géographie et les autres disciplines anthroposociales par-delà les différences d'interprétation du phénomène. On comprend dès lors qu'il faille éviter d'enfermer la recherche géographique sur la plongée dans une branche de la discipline (le tourisme ou le sport).

CONCLUSION

En résumant ici quelques apports d'une thèse de géographie, l'objectif était de montrer que cette discipline est susceptible d'entrer en dialogue avec d'autres, plus familiarisées avec l'idée d'interdisciplinarité. La géographie n'a pas le monopole des recherches sur l'espace. De même que le géographe doit s'intéresser aux mécanismes de production de l'espace, les objets d'étude de la géographie ne sont pas des espaces réservés, comme l'indique la figure 2 : il est donc utile d'interroger la vision qu'en ont d'autres disciplines. Parmi les rares mentions de la géographie à l'extérieur, nous retenons celle qui classe la

¹¹ Le rôle des associations dans cette démocratisation est attestée dans le cas d'une étude localisée (Bretin, 39, 2002).

plupart des travaux de géographie sur le sport dans “le *paradigme fonctionnaliste, structurel et déterministe*” (Corneloup, 2002). Il est exact que la géographie, sensible aux permanences et aux répétitions qui facilitent son travail de description, pêche souvent par excès de réification du rôle de l'espace concret dans l'explication de la localisation des phénomènes. On

espère, par l'approche structuriste du social ici proposée, avoir progressé dans le sens d'une meilleure prise en compte du caractère construit de la géographie des pratiques sportives.

RÉFÉRENCES

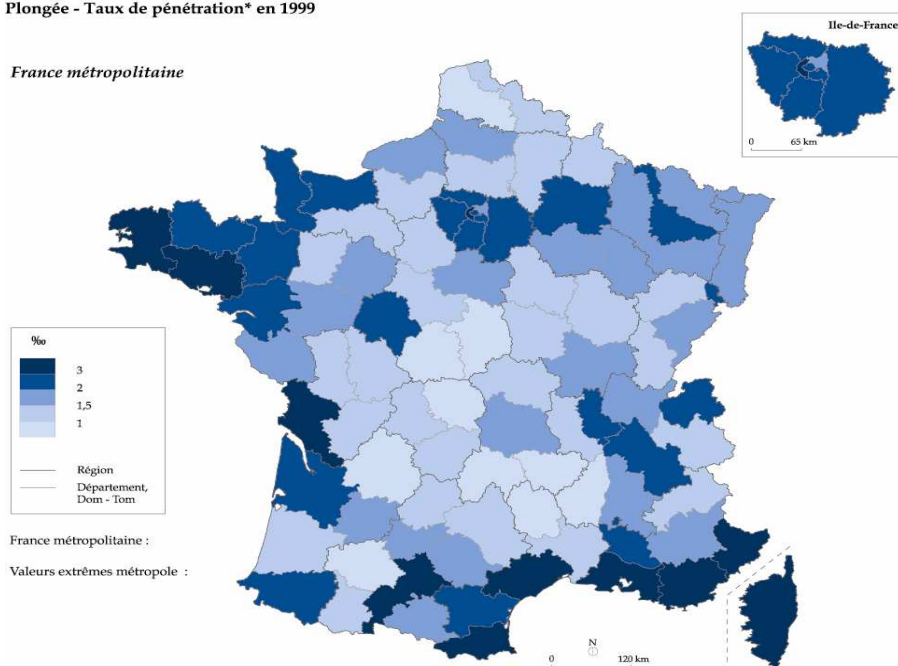
1. **A. BAILLY, R. FERRAS, D. PUMAIN;** Encyclopédie de la géographie (2è ed.) ; Paris ; *Economica*; 1995.
2. **J.-M. BERTHELOT;** L'intelligence du social; Paris ; *P.U.F.*; 1990.
3. **J.-M. BERTHELOT;** Les vertus de l'incertitude. Le travail de l'analyse dans les sciences sociales; Paris ; *P.U.F.*; 1996.
4. **J.-M. BERTHELOT;** Epistémologie des sciences sociales; Paris; *P.U.F.*; 2001.
5. **S. BRE TIN;** Les plongeurs dans les eaux du Parc National de Port-Cros. Rapport d'enquête. Commande du Parc National de Port-Cros; *Université Paris X Nanterre*; 2002.
6. **CAHIERS DE L'A.F.I.T. (LES);** Analyse des clientèles de la plongée en France; Paris; *A.F.I.T.*; 1997.
7. **J. CORNELOUP;** Les théories sociologiques de la pratique sportive; Paris ; *P.U.F.*; 2002.
8. **J. DEFRANCE, C. POCIELLO;** Structure and evolution of the field of sport in France (1960-1990); *International Review for the Sociology of Sport* ; vol 28 pp1-21; 1993.
9. **FEDERATION FRANÇAISE D'ÉTUDES ET DE SPORTS SOUS-MARINS;** Annuaire officiel 1999/2001; Marseille ; *F.F.E.S.S.M.*; 1998.
10. **FEDERATION FRANÇAISE D'ÉTUDES ET DE SPORTS SOUS-MARINS;** <http://www.ffessm.fr>.
11. **R. FOSSAERT;** La société. 6 volumes; Paris; *Seuil*; 1977-1983.
12. **F. GALINIER;** Approche géographique des activités de loisirs subaquatiques sur les côtes du Languedoc-Roussillon et de Provence-Alpes-Côte d'Azur; *Université Montpellier III : Thèse de géographie*; 2001.
13. **G. GURVITCH;** La vocation actuelle de la sociologie. (tome 1). Vers la sociologie différentielle (4è ed.); Paris ; *P.U.F.*; 1968.
14. **P. IRLINGER, C. LOUVEAU, M. METOUDI;** Les pratiques sportives des français; Paris ; *I.N.S.E.P.*; 1987.
15. **R. KEERLE;** L'exploitation statistique des licences sportives : l'exemple de la plongée sous-marine. Une question d'épistémologie analytique; Communication au colloque “L'observation des pratiques sportives de pleine nature”, Valence, 29-30 novembre 2001.
16. **R. KEERLE;** Sports et territoires. Contribution à une géographie du pouvoir : une géographie sociale du champ sportif ; *Université Montpellier III, Thèse de géographie*; 2002.

17. **B. LAHIRE;** L'homme pluriel. Les ressorts de l'action; Paris ; Nathan; 1998.
18. **V. Mascret, F. Wille;** La presse spécialisée et les représentations sociales en plongée sous marine; *Revue française de Plongée*, n° 2 pp21-28; 2002.
19. **D. MATHIEU, J. PRAICHEUX;** Sports en France: atlas de l'atlas de France; Paris ; Fayard/Reclus; 1987.
20. **O. MUSARD;** La plongée sous-marine de loisir et les aires marines protégées en Méditerranée française : enjeux et problématiques; *Actes du colloque Les aires marines protégées en Méditerranée à Porticcio*, pp153-158 2000.
21. **T. PHUNG;** Accidents de plongée chez les plongeurs du centre Vietnam ; à propos de 539 plongeurs; *Revue française de Plongée*; n° 2 pp15-20; 2002.
22. **C. RAFFESTIN;** Pour une géographie du pouvoir; Paris ; Librairies techniques; 1980.
23. **G. RICHEZ;** Quelques aspects sociaux et économiques de la plongée sous-marine de loisir (apnée exclue) en Corse; Méditerranée; n° 3 pp49-52; 1996.
24. **SEMINAIRE REGIONAL AQUITAIN;** La plongée professionnelle de loisir. Aspects juridiques, institutionnels et fiscaux; Blanquefort; *Plongée passion*; 4 mars 1995.
25. **F. VANDENBERGHE;** Une histoire critique de la sociologie allemande. Aliénation et réification. Tome II : Horkheimer, Adorno, Marcuse, Habermas; Paris; *La Découverte et Syros*; 1998.
26. **B. WERLEN;** Society, action and space : an alternative human geography; Translation of: *Gesellschaft, Handlung und Raum* ; Londres; *Routledge*; 1993.

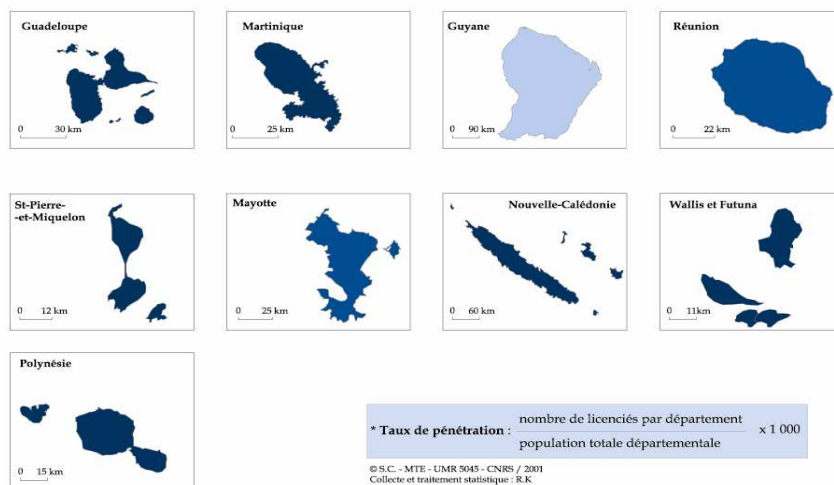
Carte 1 : Plongée - Taux de pénétration en 1999

Plongée - Taux de pénétration* en 1999

France métropolitaine

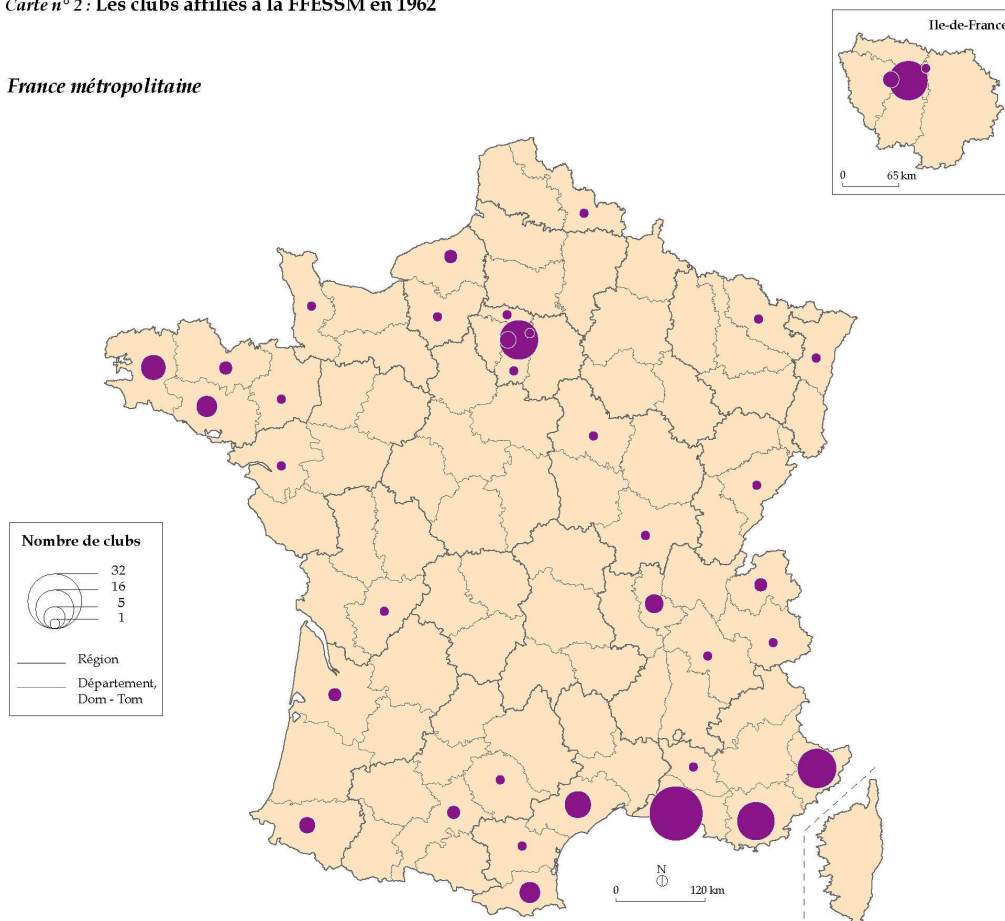


DOM - TOM

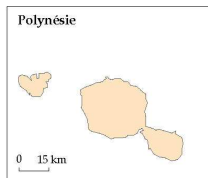
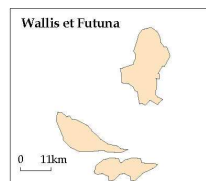
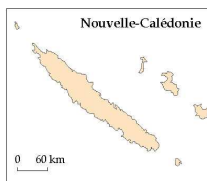
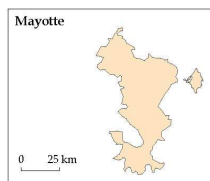
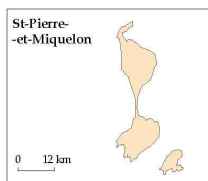
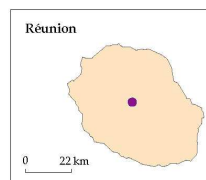
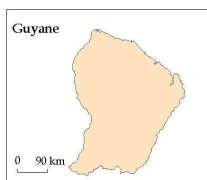
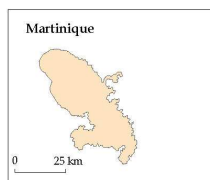
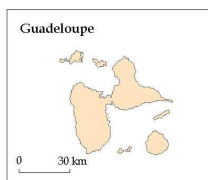


Carte n° 2 : Les clubs affiliés à la FFESSM en 1962

France métropolitaine



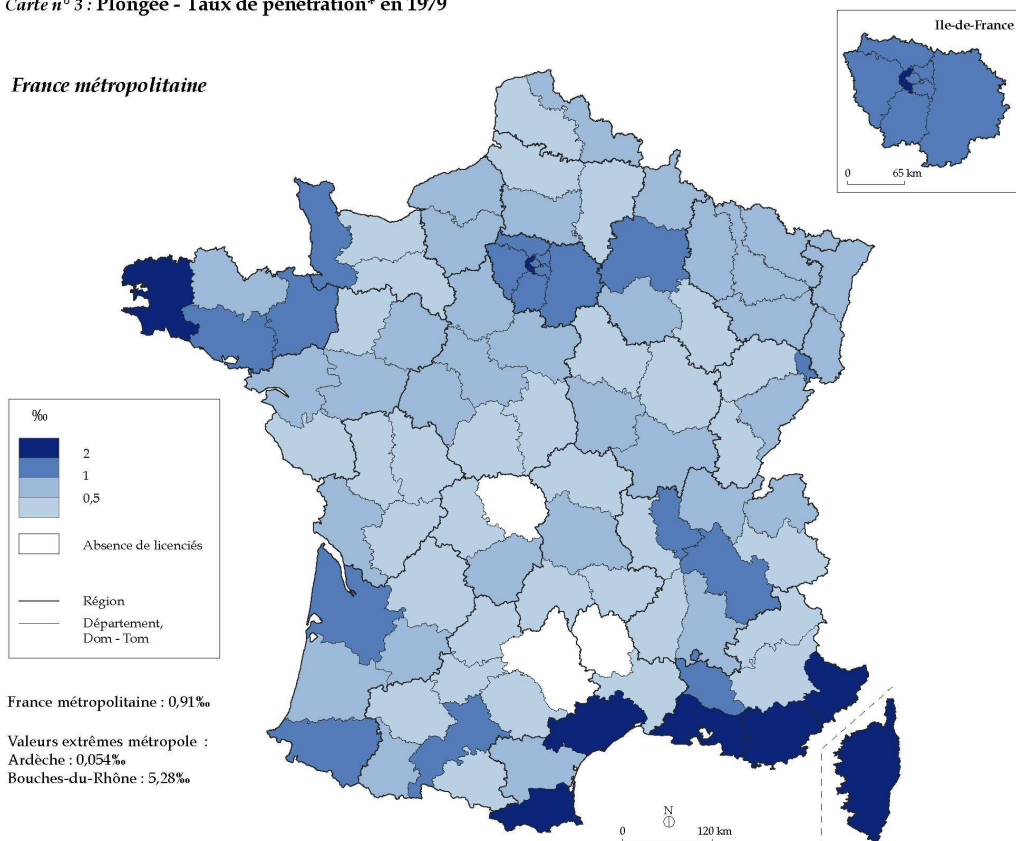
Outre-Mers



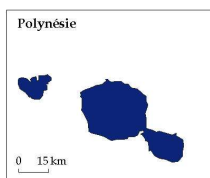
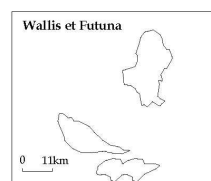
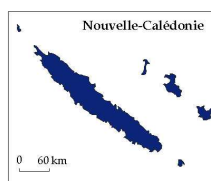
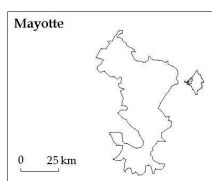
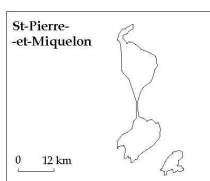
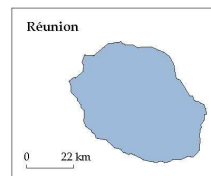
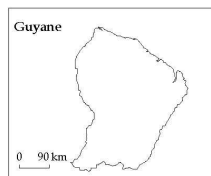
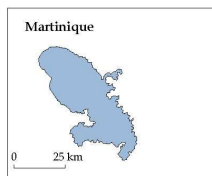
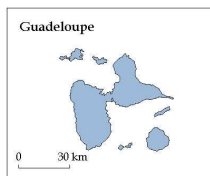
© S.C. - MTE - UMR 5045 - CNRS / 2001
Collecte et traitement statistique : R.K.
Source : Annuaire officiel de la FFESSM - 1999 / IGN

Carte n° 3 : Plongée - Taux de pénétration* en 1979

France métropolitaine



Outre-Mers

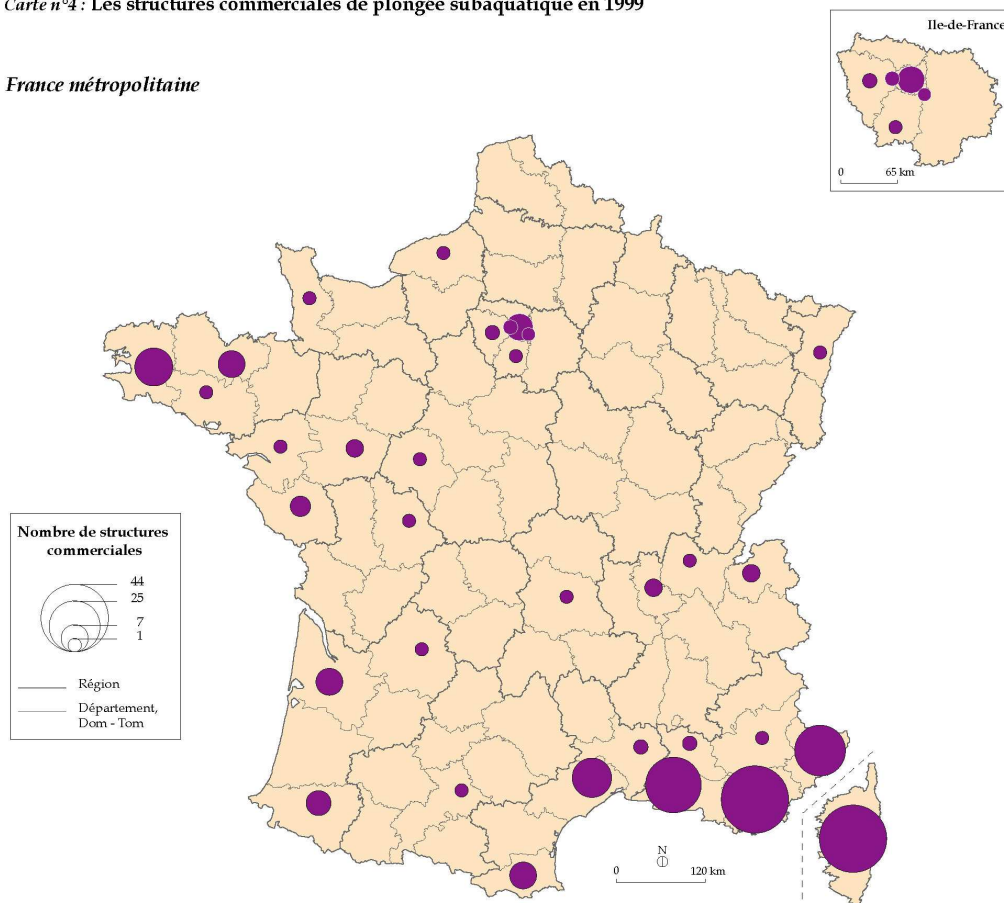


$$* \text{ Taux de pénétration : } \frac{\text{nombre de licenciés par département}}{\text{population totale départementale}} \times 1\,000$$

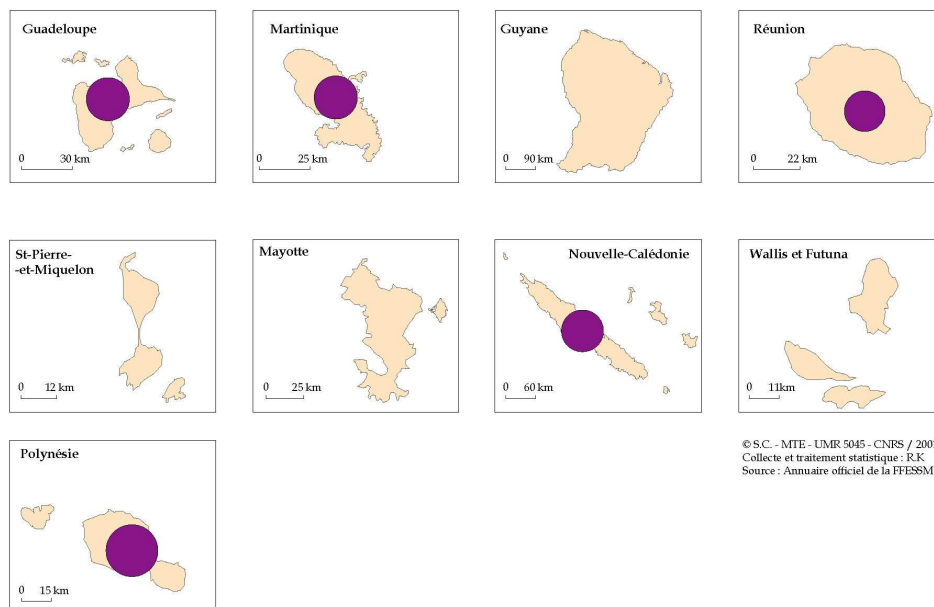
© S.C. - MTE - UMR 5045 - CNRS / 2001
 Collecte et traitement statistique : R.K.
 Source : FFISSM / IGN

Carte n°4 : Les structures commerciales de plongée subaquatique en 1999

France métropolitaine



Outre-Mers



© S.C. - MTE - UMR 5045 - CNRS / 2001
Collecte et traitement statistique : R.K.
Source : Annuaire officiel de la FFESSM - 1999/ IGN

Bulletin de médecine subaquatique et hyperbare.
2002, 12, 1

SOMMAIRE

LA PLONGEE CHEZ QUELQUES INSECTES ET ARACHNIDES. COMPARAISON AVEC LES METHODES DE PLONGEE IMAGINEES PAR L'HOMME. L BARTHELEMY	1 - 6
A PROPOS D'UN CAS DE DETECTION DE BULLES CIRCULANTES LORS DE REMONTEES EN SURFACE PENDANT UNE PLONGEE A SATURATION A L'AIR EN CAISSON HYPERBARE A 1,650 ATA. D CARTURAN, P LONGOBARDI, B GARDETTE. .	7 - 10
MALaise, PERTE DE CONNAISSANCE EN PLONGEE ; RECHERCHER L'INTOXICATION AU MONOXYDE DE CARBONE. G COCHARD, JM LACOUR, P PHILIPPE, G MADOUAS.	11 - 14
EVALUATION DES EFFETS BIOLOGIQUES DE L'HYDROGENE GAZEUX SUR DES LIGNEES DE CELLULES CANCEREUSES (ETUDE DE FAISABILITE). H BENSALÉM, J SAMPOL, F BLADOU, B GARDETTE.	15 - 24
HEMOCONCENTRATION ET ACCIDENTS DE DECOMPRESSION DE TYPE II. E. RITTER, E. BERGMANN, A. BARTHELEMY, JM SAINTY.	25 – 34
LA RECHERCHE EN MEDECINE HYPERBARE ETAT ACTUEL ET PERSPECTIVES. D MATHIEU, J SCHMUTZ, F WATTEL.	39 - 44
RESUMES DE LA LITTERATURE	45 - 47
EVOLUTION DES PARAMETRES CARDIO-VASCULAIRES AU COURS D'APNEES REPETEES. M BOURC'HIS, Y PAPELIER.	51 - 58
PRISE EN CHARGE PRE-HOSPITALIERE DES ACCIDENTS DE PLONGEE DANS LES BOUCHES DU RHONE (ETUDE RETROSPECTIVE DE 1991 A 1999) V JONIO, E BERGMANN, A BARTHELEMY, JM SAINTY .	59 - 69

La plongée chez quelques insectes et arachnides. Comparaison avec les méthodes de plongée imaginées par l'homme. L. Barthélémy. Bull. Medsubhyp. 2002, 12 (1): 1-6.

De nombreux insectes et arachnides à respiration aérienne plongent comme des plongeurs en apnée ou des scaphandriers par exemple quelques inventions de ces animaux : le tuba (larve de *Dytiscus*, et la curieuse larve "fouette queue", *Eristalis tenax* dont le tube s'étend télescopiquement pour atteindre la surface de l'eau le schnorkel (*Hydrous piceus*); le narghilé, (*Haemonia*); le scaphandre autonome: *Dytiscus marginalis*, *Notonecta glauca* (imagos) par exemple qui emportent une bulle d'air et savent utiliser une branchie physique ; enfin la cloche à plongeur : l'araignée *Argyroneta aquatica* vit en effet dans une cloche qu'elle construit sous l'eau avec sa propre soie. *Homo sapiens* croit inventer, en fait il ne fait que redécouvrir ce que la nature a réalisé au cours de l'évolution.

A propos d'un cas de détection de bulles circulantes lors de remontées en surface pendant une plongée a saturation a l'air en caisson hyperbare a 1,650 ata. D Carturan, P Longobardi, B Gardette. Bull. Medsubhyp. 2002, 12 (1): 7-10.

Il est rapporté le cas d'un plongeur ayant effectué une plongée à saturation de 5 jours en caisson hyperbare à 1,650 ATA. Cette plongée était entrecoupée les trois premiers jours d'une remontée quotidienne à la surface et les deux derniers jours, de deux remontées quotidiennes. La présence de bulles circulantes a été recherchée au Doppler continu pendant la durée du séjour en surface. Des niveaux II et III de bulles selon l'échelle de Spencer ont été relevés lors des sorties bi-quotidiennes. Des expositions prolongées même à une faible pression peuvent générer des degrés élevés de bulles circulantes, surtout en cas de décompressions successives, ce qui peut présenter un risque d'accident de décompression en raison du rapport connu entre degrés de bulles et probabilité d'ADD.

Malaise, perte de connaissance en plongée ; rechercher l'intoxication au monoxyde de carbone. G Cochard, JM Lacour, P Philippe, G Madouas. Bull. Medsubhyp. 2002, 12 (1) : 11-14.

La perte de connaissance en plongée est un événement très dangereux, de toute façon extrêmement anxiogène. Il est important d'en faire le diagnostic étiologique. La pollution de la bouteille de plongée par du CO est une cause classique bien que peu décrite. Le diagnostic est facile par un dosage d'Hbco, même retardé, chez l'accidenté, à condition d'y penser..

Mots clefs : plongée sous-marine, perte de connaissance, intoxication au monoxyde de carbone,

Evaluation des effets biologiques de l'hydrogène gazeux sur des lignées de cellules cancéreuses (Etude de faisabilité). H. Bensalem, J Sampol, F Bladou, B Gardette. Bull. Medsubhyp. 2002, 12 (1): 15 - 24.

En plongée expérimentale, l'hydrogène (H_2) est préféré à d'autres gaz en raison de sa faible densité, sa propriété à atténuer les effets de la pression et de l'absence d'effet narcotique de ce gaz en dessous de 1 MPa. L'innocuité de l'hydrogène a été clairement démontrée en conditions physiologiques. Cependant, en conditions pathologiques, inflammation et cancer, l'hydrogène moléculaire a des propriétés thérapeutiques potentielles car il réagit avec les radicaux libres oxygène, en neutralisant le plus dangereux : Le radical hydroxyl ($\bullet OH$), espèce hautement cytotoxique qui peut se comporter en médiateur de la carcinogenèse. Notre étude de faisabilité, avait pour but de tester les effets de l'hydrogène moléculaire à 0,8 MPa sur la viabilité et le pouvoir de division de deux lignées de cancer prostatique DU-145 et PC-3, une lignée de cancer du sein MDAMB-231 et une primoculture HUVEC en référence. L'hydrogène est comparé à l'hélium dans les mêmes conditions. Nous démontrons que l'hydrogène hyperbare a des effets opposés

sur les deux lignées prostatiques. La prolifération cellulaire et l'index mitotique varient de manière opposée. Ceci est du à l'effet apoptotique de l'hydrogène sur les cellules à fort index mitotique. Le traitement hyperbare n'a ni d'effet sur les cellules de cancer du sein ni sur les cellules contrôle. Notre travail démontre l'intérêt thérapeutique potentiel de l'hydrogène par son effet anti-radicalaire sur certaines cellules cancéreuses et ouvre donc des perspectives très intéressantes.

Mots clés : hydrogène, anti-oxydant, radicaux libres oxygène, radical hydroxyl, cellules cancéreuses.

Hémoconcentration et accidents de décompression de type II. E. Ritter, E. Bergmann, A. Barthélémy, JM Sainty. Bull. Medsubhyp. 2002, 12, (1): 25 - 34.

La sévérité d'un accident de décompression de type II est difficile à apprécier par l'examen clinique initial car des aggravations secondaires peuvent être observées. Nous avons évalué à partir de l'analyse rétrospective de 76 plongeurs victimes d'un tel accident, la fréquence de l'hémoconcentration et l'intérêt pronostique d'une mesure de l'hématocrite dès leur admission au centre hyperbare. Pour les 76 patients victimes d'un accident de type II, un taux d'hématocrite élevé, supérieur à 52 %, doit faire redouter un accident sévère avec risque de séquelles ($p < 0,01$). Il existe une corrélation entre valeur d'hématocrite et durée de régression des troubles ($p = 0,035$). Pour les patients victimes d'un accident neurologique de décompression, un taux d'hématocrite supérieur ou égal à 51 % est corrélé de façon significative avec le risque de séquelles à un mois de l'accident ($p = 0,004$). Notre étude confirme l'existence d'une corrélation entre gravité de l'état neurologique et valeur de l'hématocrite. Une valeur supérieure ou égale à 51 % doit faire redouter un accident neurologique grave même si l'examen clinique est rassurant, tandis qu'une valeur normale n'a pas de valeur pronostique fiable. La sensibilité moyenne du dosage de l'hématocrite est

probablement liée à l'expansion volémique instaurée lors des premiers secours, qui masque une éventuelle élévation. Des prélèvements précoces de l'hématocrite avant instauration de tout traitement d'urgence, devraient permettre de mieux dépister les sujets à fort potentiel de gravité.

Mots clés : Maladie de la décompression, accident neurologique, hématocrite, hémoconcentration, expansion volémique, pronostic.

La recherche en médecine hyperbare : état actuel et perspectives. D Mathieu, J Schmutz, F Wattel. Bull. Medsubhyp. 2002, 12 (1): 39-44.

Une recherche de qualité est nécessaire pour asseoir la crédibilité de l'oxygénothérapie hyperbare. Ceci passe par une formation approfondie des Médecins des Centres Hyperbares à la recherche fondamentale et clinique, par l'association des Médecins Hyperbaristes au sein d'équipes de recherche pluridisciplinaire et par le développement de réseaux d'échanges d'informations et de chercheurs entre les Centres Hyperbares. Ces étapes constituent le pré-requis permettant le développement futur de réseaux de recherches multicentriques et multidisciplinaires. Dans cette perspective, la participation de tous les Médecins Hyperbaristes dans des organisations visant à améliorer l'échange d'informations et la coordination des recherches doit être encouragée.

Evolution des paramètres cardio-vasculaires au cours d'apnées répétées. M Bourc'his, Y Papelier. Bull. Medsubhyp. 2002, 12 (1) : 51-58.

L'apnée est un arrêt momentané des échanges gazeux externes avec l'atmosphère. Lorsque l'homme effectue une plongée, il subit les effets cumulés de l'arrêt de la ventilation, de l'augmentation de la pression hydrostatique et de la température de l'eau. Son organisme tente de s'adapter et son homéostasie est bouleversée. Les principaux effets cardio-vasculaires de la plongée en

apnée se traduisent par une bradycardie, une vasoconstriction périphérique et un refoulement du sang et des viscères abdominaux vers le thorax. La rupture de l'apnée proviendrait de facteurs biochimiques, nerveux et dynamiques qui agissent conjointement. Cependant, on peut supposer qu'à ce point critique, l'activité cardio-vasculaire est modifiée. Nous avons

Prise en charge pré-hospitalière des accidents de plongée dans les Bouches du Rhône.(étude rétrospective de 1991 à 1999). V Jonio, E Bergmann, A Barthélemy, JM Sainty. Bull. Medsubhyp. 2002, 12 (1): 59-69.

Les auteurs rapportent dans cette étude rétrospective une série de 546 accidents de plongée traités au centre hyperbare de l'hôpital Salvator de Marseille entre 1991 et 1999. L'âge moyen des accidentés augmente régulièrement chaque année et les accidents de décompression de type II concernent une population d'âge plus élevé (40-50 ans). Tous les niveaux de compétence sont impliqués y

réalisé une première expérience avec un protocole visant à reproduire une séance d'entraînement. Nous remarquons notamment une forte augmentation de la pression artérielle, qui s'atténue avec les répétitions.

Mots clés: apnée, point de rupture, effets cardio-vasculaires, hypertension.

compris les plus avancés (moniteurs, ...). En dehors de la classification habituelle, (Barotraumatismes, ADD de type I et II), 43 % des accidentés sont soit de symptomatologie atypique (15%), soit des préventions (21 %) soit s'avèrent être un diagnostic différentiel (7 %). Si l'encadrement ou l'entourage des plongeurs administre de moins en moins le traitement recommandé par le Comité Européen pour la Médecine Hyperbare (1996), la prise en charge par l'Aide Médicale d'Urgence est conforme. De même les délais de médicalisation et d'admission au centre hyperbare ont nettement diminué. Enfin le cas particulier des accidents en apnée est évoqué.

Sommaires de la Revue Française de Plongée, n°1 à 3

N°1 – Mars 2001

Influence de l'entraînement sur la cinétique de la lactatémie lors d'apnées courtes et dynamiques en piscine chez des plongeurs experts et débutants.

P. DELAPILLE, C. TOURNY CHOLLET. UFR STAPS - Rouen

Des cailloux et des bulles : L'archéologie Sous-Marine à l'université

D. DEGEZ. Paris I - Panthéon Sorbonne

Plongée et arthrogrypose

C. BRACHET. UFR STAPS - Bordeaux

Le palmage en plongée sous-marine

E. CHAUDURIE. UFR STAPS - Bordeaux

La notion de stress rencontrée chez le débutant en Plongée Sous-marine.

T. MARCUCCI. UFR STAPS - Bordeaux

N°2 – Janvier 2002

Influence du gilet de stabilisation sur l'efficacité du palmage du plongeur lors d'une formation de niveau 1.

S. LEBLOAS, P. DELAPILLE. UFRSTAPS Rouen.

Accidents de plongée chez les pêcheurs du centre Vietnam ; à propos de 539 plongeurs.

Docteur PHUNG Thi Thanh Tu. Institut Pasteur, Nha trang, Vietnam.

La presse spécialisée et les représentations sociales en plongée sous marine.

V. MASCRET, F WILLE. Université Lille 2.

L'autonomie en plongée, une définition difficile.

M. MOUTON. UFRSTAPS Bordeaux.

Limites physiologiques de la plongée sous-marine chez l'enfant.

F. LEMAÎTRE, P. DELAPILLE. Toulon, Rouen.

N°3 –Février 2003

Influence du réflexe de plongée sur la saturation artérielle en oxygène selon la vitesse de nage subaquatique et l'expertise des plongeurs.

J. DELAHOUCHE, F. LEMAITRE, P. DELAPILLE

La fréquence cardiaque en apnée peut elle être un facteur prédictif de la syncope ?

F. LEMAITRE, F. BERNIER, I. PETIT, N. RENARD, B. GARDETTE

Effets de l'apnée statique ou dynamique sur l'estimation du temps.

T. JAMIN, F. JOULIA, P. FONTANARI, C. ULMER, J. CREMIEUX

Effets d'un entraînement spécifique à l'apnée sur les variables métaboliques et l'activité musculaire.

F. JOULIA, C. ULMER, T. JAMIN, P. FONTANARI, Y. JAMMES

Spleen function related to apneic diving in humans.

E. SCHAGATAY

Débits circulatoires en apnée - effets d'un entraînement spécifique.

P. FONTANARI, F. JOULIA, P. BARTHELEMY

Aptitudes et contre-indications cardio-vasculaires à la plongée en apnée.

P. AFRIAT.

Records d'apnée : entraînements et sécurité - Le grand débat.

C. CHAPUIS.

La plongée en apnée -Pathologie syncopale et prévention.

Dr SCIARLI.

La syncope hypoxique.

B. GARDETTE

RUBRIQUE QU'EN AVEZ-VOUS PENSE ?...
--

Cette rubrique vous est destinée. Utilisez celle-ci pour donner votre avis, votre opinion ou encore des informations supplémentaires et complémentaires sur les articles originaux ou les communications brèves parues dans les différents numéros de la Revue Française de Plongée.

N'oubliez pas que certains de ces travaux universitaires sont réalisés par nos étudiants dans le cadre de leurs formations (licence, maîtrise, etc.). Il n'est donc pas illogique que certaines imperfections puissent se glisser dans leurs contenus.

Nous attendons avec impatience vos remarques (judicieuses). Ensemble, nous pourrons construire de nouveaux projets de recherche afin d'améliorer la pratique de notre activité favorite.

THESES SOUTENUES ...

**LES PRATIQUES SUBAQUATIQUES AU SEIN DES AIRES MARINES PROTEGEES
DE MEDITERRANEE FRANÇAISE : ENTRE PAYSAGES SOUS-MARINS,
REPRESENTATIONS ET IMPACTS.**

Contribution au développement d'une géographie relative aux territoires sous-marins.

OLIVIER MUSARD

**Doctorat de Géographie – Université de Provence – Aix-Marseille I
Soutenue publiquement le 6 décembre 2003 –**

Formation doctorale : Géographie physique, et humaine, aménagement, urbanisme, Maison Méditerranéenne des Sciences de l'Homme; U.M.R TELEMME – Temps Espaces Langages Europe Méridionale Méditerranée; 5 rue du Château de l'Horloge – B.P 647 – 13 094 Aix-en-Provence Cedex 2. (La thèse est composée de deux tomes pour un total de 450 pages).

La dimension sous-marine du littoral n'a jamais vraiment représenté d'intérêt pour la géographie humaine et sociale. Cette frange sous-marine est pourtant investie d'une fonction récréative et touristique croissante, les pratiques subaquatiques se distinguant nettement dans ce processus d'appropriation territoriale. Par ailleurs, au sein des aires marines protégées de Méditerranée française à statut de protection de la nature, ces pratiques subaquatiques se développent au point d'être trop souvent considérées de façon négative par les gestionnaires. Ce constat est un des fondements de cette recherche géographique, appliquée et impliquée, qui apporte sa contribution à la gestion des "territoires sous-marins". Etudiant les rapports que les pratiquants des activités subaquatiques entretiennent avec l'environnement sous-marin et ses composantes naturelles, cette thèse s'interroge sur la pertinence et la validité scientifiques du concept de "territoire sous-marin" au sein du corpus géographique. Pour répondre à cette problématique, la plongée sous-marine en scaphandre autonome et la randonnée palmée au sein des sentiers sous-marins, ainsi que les acteurs en lien avec ces pratiques subaquatiques, sont étudiés à partir de trois thèmes de recherche :

- le paysage sous-marin comme clé de lecture et notion constitutive du concept de territoire sous-marin ;
- les modes de fréquentations et de représentations des territoires sous-marins, des pratiques subaquatiques et de l'environnement naturel sous-marin protégé ;
- les impacts des pratiques subaquatiques, en termes environnementaux et socio-économiques.

Par ses résultats théoriques et concrets, cette thèse contribue à défendre la nécessaire transdisciplinarité des sciences et des politiques de gestion de l'environnement sous-marin.

Mots clés : *plongée sous-marine, paysage sous-marin, territoire, Aires Marines Protégées françaises, capacité de charge, mérou brun *Epinephelus marginatus*, écosystème, patrimoine, éducation relative à l'environnement, touristification.*

Le jury était composé de :

M. Jean-Pierre Augustin, Professeur des Universités, Université de Bordeaux, Rapporteur

M. Jacques Collina-Girard, Maître de Conférences, Université de Provence

M. Jérôme Fournier, Chargé de recherche C.N.R.S, E.P.H.E de Dinard, Rapporteur

M. Patrice Francour, Professeur des Universités, Université de Nice

M. Guy-François Frisoni, Docteur, Conservateur de la Réserve Naturelle des Bouches de Bonifacio

M. Gérard Richez, Professeur des Universités, Université de Provence

Mention obtenue : Très Honorable avec félicitations

**SPORTS ET TERRITOIRES. CONTRIBUTION A UNE GEOGRAPHIE DU POUVOIR :
UNE GEOGRAPHIE SOCIALE DU CHAMP SPORTIF**

REGIS KEERLE

**Doctorat de Géographie, Université Paul Valéry, Montpellier III
Soutenue publiquement le 16 décembre 2002
sous la direction de Jean-Paul Volle**

Une approche globalisée de la géographie permet de mieux comprendre le rôle de l'espace concret dans l'élaboration des territoires. Appliquée au phénomène sportif, cette conception permet d'éviter la chosification de l'espace, ce concept se référant à la fois à un système d'objets et à un système d'actions. Cette somme d'actions est ici conçue dans une perspective structuriste, dans laquelle les structures sociales sont une condition de l'action tout en étant également leurs conséquences, ces deux éléments de la théorie sociale travaillant à des échelles de temps différentes. Le recours aux approches de la sociologie permet de définir l'objet sport comme un champ possédant une autonomie relative, ce qui justifie l'étude géographique de sa contribution à la production des territoires. Nous proposons d'illustrer la spécificité de l'approche géographique dans ce domaine de recherche par l'emploi d'une typologie géographique des sports basée sur trois catégories, la nature, l'aire culturelle et la ville. Trois exemples privilégiés, la plongée sous-marine, la course camarguaise et la politique sportive de Montpellier sont employés, hors de toute perspective monographique, pour montrer comment cette différence géographique des contextes de réalisation des actions influe sur les formes de territorialisation qu'elles autorisent. L'étude de ces exemples est donc menée de manière à mettre en valeur la diversité des échelles de référence que peuvent choisir les acteurs (échelle nationale-mondiale pour la plongée, échelle régionale pour la course camarguaise, échelle locale pour Montpellier). Elle s'inscrit également dans le cadre de la distinction acteurs politiques (livre 2) / acteurs de la société civile (livre 3) qui permet de traiter séparément de ces dimensions de l'autonomie relative du champ sportif. Au-delà d'une géographie du sport (livre 1), cette thèse contribue à une géographie du pouvoir tout en proposant le renouvellement des méthodes de la géographie sociale.

Mots-clés : *course camarguaise, épistémologie, géographie, Montpellier, plongée subaquatique, société, sport, territoire.*

Le jury était composé de :

M. Jacques Gleyse, I.U.F.M. de Montpellier

M. Jean Praïcheux, Université de Besançon, Président

M. Claude Raffestin, Université de Genève, Rapporteur

M. Michel Raspaud, Université de Grenoble, Rapporteur

RECHERCHES en COURS ...

Cette liste n'est évidemment pas exhaustive, et ne demande qu'à être complétée...

Rouen

- ✓ Mesures spirométriques chez des plongeurs âgés pratiquant la plongée scaphandre et la plongée libre depuis plus de 10 années. J. Fournier, F. Lemaître, M.C. Lemouton, Faculté des Sciences du Sport et de l'EP, Université de Rouen.
- ✓ Adaptation ventilatoire du jeune plongeur après une seule plongée. V. Hamidouche, F. Lemaître, M.C. Lemouton, Faculté des Sciences du Sport et de l'EP, Université de Rouen.
- ✓ Effets de la répétition d'un exercice en apnée : comparaison expert – non experts J. Delahoche, D. Polin, F. Lemaître, C. Tourny-Chollet, Faculté des Sciences du Sport et de l'EP, Université de Rouen, Service de Physiologie respiratoire et sportive, CHR de Bois Guillaume, Service des Maladies professionnelles et environnementales, CHU Toulouse.

Lille

- ✓ Cardiologie et plongée. Barbotin Anne-Laure, Faculté de Médecine 2^{ème} année.
- ✓ La narcose à l'azote. Isaert Olivier, Faculté de Médecine 5^{ème} année.
- ✓ Asthme et plongée sous-marine. Darques Jean-François, Faculté de Médecine, 3^{ème} année.
- ✓ Processus de récupération lors de la plongée en apnée. Vanagt Simon, Faculté de Médecine 5^{ème} année.
- ✓ La narcose à l'azote. Werquin Claire, Faculté de Médecine, 5^{ème} année.
- ✓ Médecine de la plongée. Drici Amel, Faculté de médecine, 2^{ème} année.

Instructions aux auteurs

Le manuscrit soumis pour publication sera adressé au responsable de la publication du G.N.P.U. Il est demandé aux auteurs d'utiliser les instructions suivantes afin de faciliter la mise en page de la revue. Compte tenu du temps nécessaire pour la réalisation de la revue, aucun article ne sera publié si celui-ci n'est pas mis en forme dans une version Word et selon les instructions décrites ci-dessous.

Il est souhaitable que le nom de l'auteur soit accompagné de son adresse institutionnelle.

Manuscrit

- Titre 1 :

Police : Arial, 18 pt, gras, ombré, centré

Crénage : 14 pt

Retrait gauche : 1,5 cm

Espace avant 12 pt, après 3 pt

Bordure : simple ombrée, 1 pt épaisseur du trait

- Titre 2

Police : Time new roman, 12 pt, Grande majuscule, aligné à gauche

Espace après : 3 pt

- Corps de texte

Police : Time new roman, 12 pt, justifié, deux colonnes

Retrait : premier 0,5 cm

Interligne simple

- Notes de bas de pages

Police : time new roman, 10 pt, aligné à gauche

Référence

Elle doit figurer de la façon suivante : Les noms d'auteurs, le titre d'ouvrage ou d'article, le titre des revues (numéro compris) d'où ils sont tirés le cas échéant, la date de parution et le lieu d'édition.

Les références citées dans le texte doivent être systématiquement accompagnées d'une date et figurer dans la bibliographie.

La forme de présentation retenue est la suivante :

X. (initiale du prénom de l'auteur) NOM ; Titre de l'article ou de l'ouvrage ; *titre de la revue* ; n° ; ppX-X; ANNEE de parution.

Résumé

Par ailleurs, il est vivement souhaité que vos articles soient précédés d'un bref descriptif en français et en anglais.

La Revue Française de Plongée est une revue interne au Groupement National de Plongée Universitaire (GNPU).

Elle est accessible sur le site Internet du GNPU (<http://gnpu.free.fr>), environ 6 mois après sa diffusion aux membres du Groupement.

On peut néanmoins l'obtenir par souscription auprès du GNPU [gnpu@mailsc.univ-lille2.fr]

Particulier.....10 Euro

Organisme.....40 Euro.

Directeur de la publication : Vianney Mascaret, Président du GNPU, Salle des sports châtelets, 59000 Lille.

Rédacteur en Chef : Frédéric Lemaître, CETAPS, FSSEP, Rouen.