



Handisub®



Apprendre à plonger, c'est apprendre à respirer

ou l'importance de la maîtrise de la ventilation en plongée bouteille,
en particulier pour les Personnes En Situation de Handicap



Photo extraite de la série télévisée « Vestiaires »

Mémoire pour accession à la qualification MFEH1

Moniteur Formateur d'Enseignants pour plongeurs en situation de Handicap 1er degré

Anne GLAUD

septembre 2015

REMERCIEMENTS

Un grand merci !



Aux plongeurs qui en toute confiance se sont jetés à l'eau, partageant généreusement de jolies tranches de vie, qui ont accepté de servir de modèles pour les photos, et qui, de par leurs différences, ont permis que chaque jour j'en apprenne toujours un peu plus.



A Jean-Marie Ducassy qui m'a accueillie et permis de faire ces belles rencontres au centre de rééducation de Bouffard-Vercelli.



A Rafael Gonzáles, instigateur infatigable de remises en question, toujours disponible pour des débats pédagogiques fructueux et des mises en pratiques efficaces.



A Emmanuel Serval et Florent Lalanne, qui m'ont fait entrer dans le monde de la plongée pour tous, m'ont initiée, munie d'outils solides, lancée à l'eau (avec bouées), et continuent de me tenir la main.

A mes amis, à ma famille, à mes deux enfants qui m'accompagnent et me soutiennent.



INTRO

MENGZI (372-289 av J-C) « ***L'homme doit sans cesse veiller à lui-même, pour ne pas perdre la bonté innée. Grâce au contrôle de sa respiration, il doit inspirer et expirer le souffle de l'univers*** »

Taraudée par de perpétuels questionnements, je me suis laissée entraînée il y a un an de cela, par Rafael, sur la piste de la maîtrise ventilatoire.

Des prises d'information, des essais sur-moi-même, des essais avec les plongeurs que j'ai encadrés depuis ont étoffé mon expérience, et permis que je synthétise tout cela en un joli mémoire. Histoire de structurer, de partager, de transmettre !

Axer la formation et l'encadrement sur la maîtrise de la ventilation perturbe certes l'organisation classique de nos séquences d'apprentissage, mais permet de remettre les choses en ordre. De comprendre que si la respiration est maîtrisée, l'état émotionnel sera moins fragile, et l'apprentissage de tous les gestes techniques extrêmement facilité.

Si l'on s'intéresse au cas de Personnes en Situation de Handicap, la maîtrise de la ventilation est garante tout d'abord de sécurité, puis de confort, et enfin : de plaisir ! Les adaptations matérielles, techniques, relationnelles qui s'imposent à eux pour la pratique de la plongée deviennent beaucoup plus aisées lorsqu'elles ont épaulées par une respiration contrôlée.

Le corps du texte propose des pistes pour répondre aux questions :

Quels ont les enjeux d'une maîtrise ventilatoire ?

Quels éléments viennent perturber la ventilation en plongée ?

Quelles conduites tenir pour accéder à une meilleure ventilation ?

Bonne lecture !

SOMMAIRE

| | |
|---|----|
| Remerciements | 2 |
| Intro | 3 |
| Sommaire | 4 |
| Partie 1 - Enjeux de la maîtrise ventilatoire..... | 5 |
| 1 - 1 Conséquences d'une mauvaise ventilation | 5 |
| 1 - 2 Bénéfices d'une ventilation contrôlée | 8 |
| Partie 2 - Eléments perturbateurs de la ventilation | 9 |
| 2 – 1 Le passage d'un milieu aérien à un milieu aquatique..... | 9 |
| 2 – 1 . 1 Conséquences mécaniques, physiologiques | 10 |
| 2 – 1 . 2 Conséquences psychiques, psychologiques - Signification et représentation symbolique de l'eau | 12 |
| 2 – 1 . 3 Difficultés liées aux réflexes terriens : La respiration : un acte automatique . | 14 |
| 2 – 2 Conséquences respiratoires liées à l'activité de plongée..... | 15 |
| 2 – 2 . 1 Influence du matériel | 16 |
| 2 – 2 . 2 Influence du positionnement du corps | 16 |
| 2 – 2 . 3 Influence de la propulsion par les bras | 18 |
| 2 – 2 . 4 Effets de l'effort | 19 |
| 2 – 2 . 5 Génération de situations de stress | 20 |
| Partie 3 - Conduites à tenir et Repères pour une meilleure ventilation..... | 24 |
| 3 – 1 Dans l'organisation matérielle de l'activité | 25 |
| 3 – 1 . 1 Les personnes..... | 25 |
| 3 – 1 . 2 Le lieu | 25 |
| 3 – 1 . 3 Le matériel | 25 |
| 3 – 1 . 4 Les conditions du jour | 26 |
| 3 – 2 Techniques gestuelles..... | 26 |
| 3 – 2 . 1 Stabilisation..... | 27 |
| 3 – 2 . 2 Propulsion | 29 |
| 3 – 2 . 3 Ventilation | 30 |
| 3 – 3 Techniques mentales | 32 |
| 3 – 3 . 1 Relaxation | 32 |
| 3 – 3 . 2 Préparation mentale | 34 |
| 3 – 3 . 3 Pleine conscience | 35 |
| Conclusion | 39 |
| Bibliographie | 40 |

PARTIE 1 - ENJEUX DE LA MAITRISE VENTILATOIRE

Pourquoi est-ce important de maîtriser sa ventilation ?

En quoi une mauvaise ventilation peut-elle nuire ?

Quels bénéfices procure une ventilation adaptée ?

Pour tous ? Pour les plongeurs en situation de handicap ?



1 - 1 CONSEQUENCES D'UNE MAUVAISE VENTILATION

Source : Napoléon 1^{er} « Un bon croquis vaut mieux qu'un bon discours »

Page suivante vous est proposée une carte mentale, tentant d'établir les **réactions en chaîne** dans l'activité de plongée **induites par une mauvaise ventilation**.

Références appelées dans la carte mentale :

(1) Exemples de mauvais choix d'actions :

- Evolution à contre-courant
- Accrochage à une bouée dans la houle, non utilisation de ligne de vie
- Evolution en surface par vent avec un gilet trop gonflé

(2) Exemples de gestes techniques mal exécutés :

- Vidage du gilet
- Technique d'immersion
- Palmage
- Maîtrise de la vitesse de remontée
- Contrôle de la profondeur, de la stabilisation, de la compensation



(3) Exemples de focalisations sur le matériel ou l'action

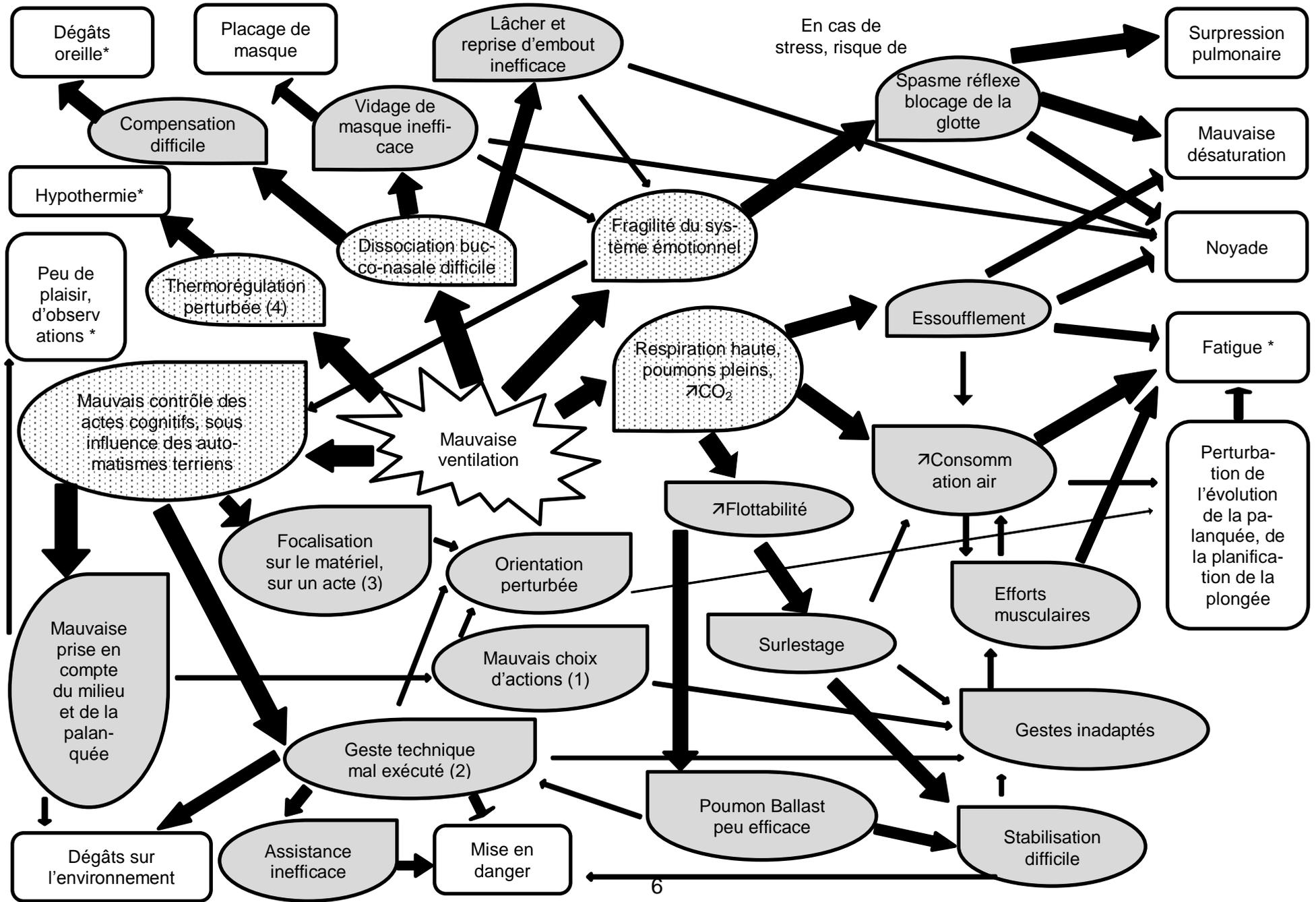
- En surface focalisation rinçage de masque ou réglage gilet / dérive
- Focalisation descente sans se préoccuper de la zone d'évolution (courant ? relief ?) et des copains de la palanquée

(4) Thermorégulation : source : « Plongée et handicap » - Dr Christian Calabuig – Présentation formation EH1 2012

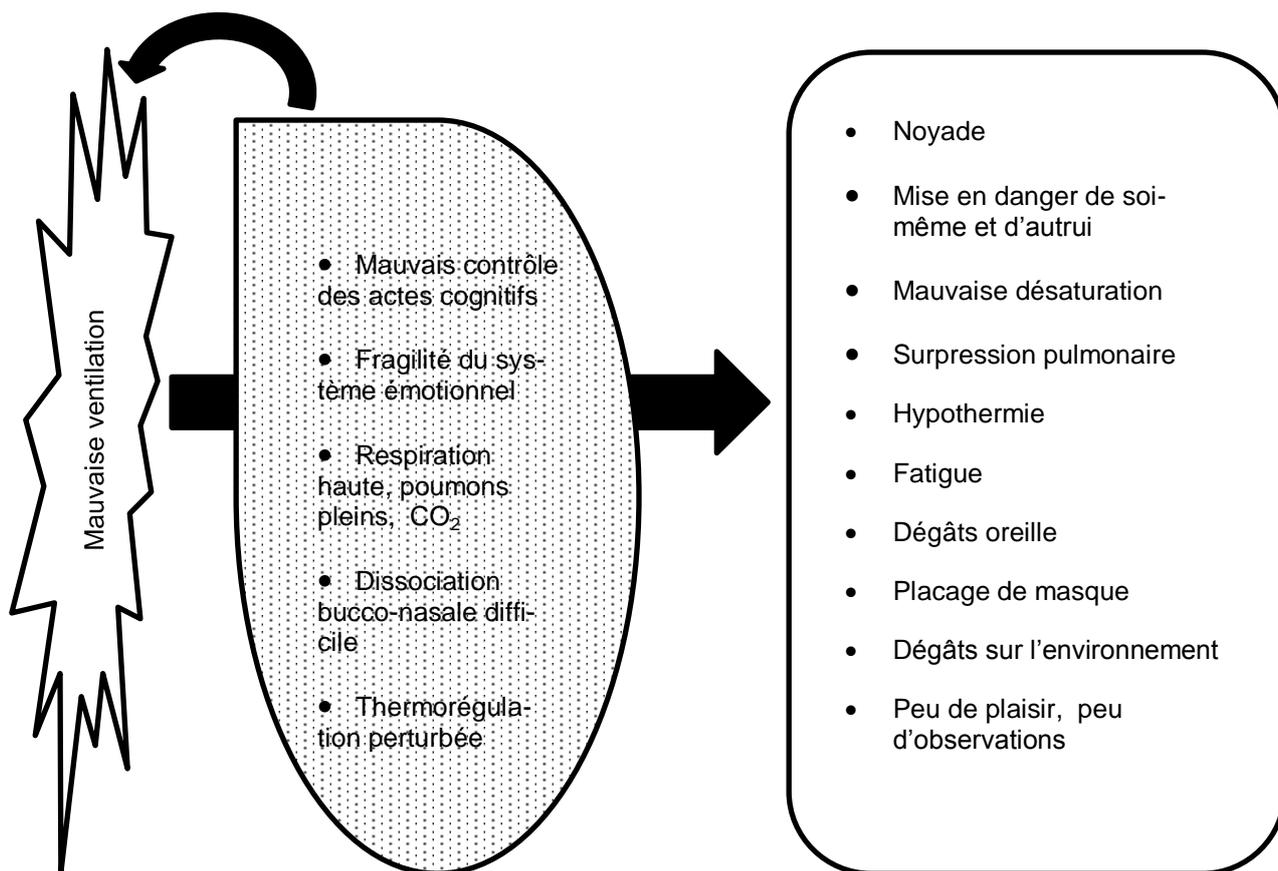
Les problèmes de thermorégulation peuvent découler d'une mauvaise ventilation. Rappelons que la neutralité thermique est de 25 ° C dans l'air, et de 34 ° C dans l'eau !

L'organisme régule sa température centrale grâce à des mécanismes thermorégulateurs qui permettent de produire ou de perdre de la chaleur. Le tout est régulé par un centre cérébral qui permet d'analyser et de déclencher les mécanismes de production ou de déperdition calorique.

Les mécanismes producteurs ou économiseurs de chaleur sont : la contraction musculaire, le frisson, la vasoconstriction. Les mécanismes entraînant une déperdition calorique sont : la vasodilatation, les phénomènes de convection, conduction, d'évaporation, ainsi que la ventilation.



On peut simplifier cette carte mentale en ne mentionnant que les effets directs d'une mauvaise ventilation, ainsi que, en bout de chaîne, les conséquences que cela implique en plongée.



Les résultats en bout de chaîne peuvent être de **gravité variée**, allant de la simple **gêne**, à la lésion, jusqu'au **danger** de mort.

Les éléments **interagissant** les uns avec les autres, **les effets s'amplifient** rapidement.

Comme vis-à-vis de tout plongeur, l'encadrant a obligation de moyens et doit absolument tout mettre en œuvre pour prévenir, et remédier à une situation de danger.

En ce qui concerne les PESH, les situations suivantes représentent des dangers réels :

- **la fatigue**
- **l'hypothermie**
- **toute lésion**. Les dégâts au niveau des oreilles étant à éviter absolument en cas de personne malentendante ou malvoyante.

L'activité de plongée constituant pour la majorité une activité thérapeutique, **elle doit représenter (et être) un moment de plaisir et de détente**.

L'importance cruciale de la maîtrise ventilatoire pour les PESH s'impose.

1 - 2 Bénéfices d'une ventilation contrôlée

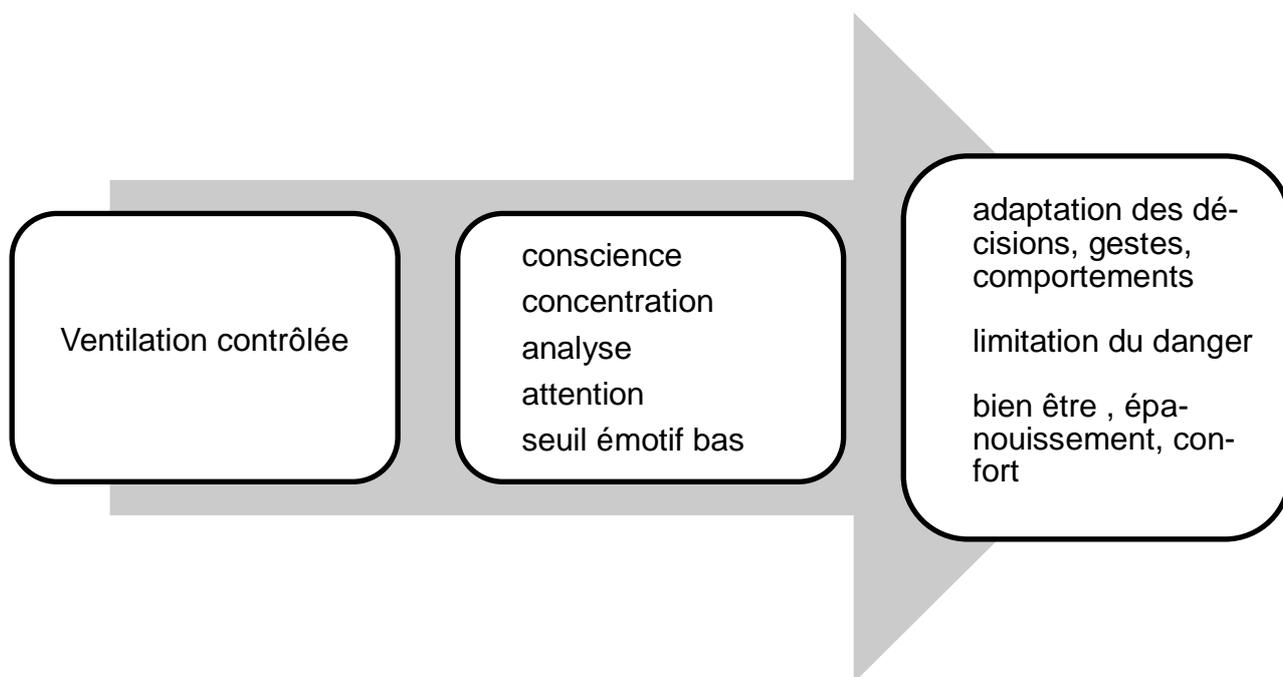
Le contrôle de la ventilation va permettre, en toute logique, de **limiter les situations de danger ou d'inconfort** citées dans le paragraphe suivant.

Meilleures : flottabilité, **optimisation** du lestage, **stabilisation** au poumon-ballast, **gestion** de l'équilibre, dissociation bucco-nasale, gestion de la compensation au niveau des tympans, **meilleure réalisation des gestes techniques**, diminution consciente des gestes « parasites », inadaptés, ainsi que des **efforts** inutiles.

De plus, la disponibilité du cerveau et du système nerveux pour les actes cognitifs va rendre les plongeurs extrêmement plus **adaptables**. Moins sensibles émotionnellement, ils seront en mesure de réagir de façon plus appropriée aux situations. Les facultés **d'analyse** et de **concentration** plus élevées vont rendre le plongeur plus **disponible** pour l'observation, la prise en compte de la palanquée, du milieu, lui permettre **d'anticiper** sur des situations délicates, d'éviter les focalisations, et autoriser un **contrôle** sur les automatismes terriens.



Cette « **tranquillité** » d'esprit l'autorise ainsi à se détacher des **paysages** dans lesquels il évolue, à attiser sa curiosité à la recherche d'éléments de **faune** et de **flore** inédits, à se poser pour **l'observation** des mœurs de certains habitants sous-marins, de prendre conscience du bien-être de son corps **enveloppé** par l'eau et libéré, en partie, de **l'apesanteur**, et pour beaucoup, de leur appareillage obligatoire sur terre.



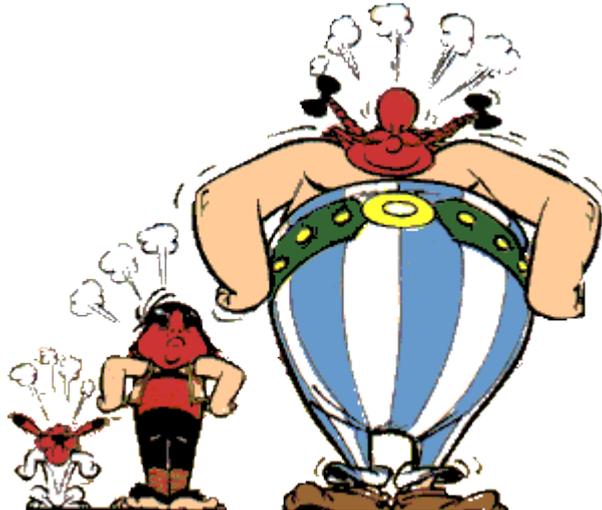
On saisit l'importance et l'enjeu d'une ventilation contrôlée, adaptée à l'activité et à la situation. Il s'agit, pour l'encadrant, de tout mettre en œuvre pour garantir un confort respiratoire ; et, dans un premier temps de s'intéresser aux éléments susceptible de le perturber ce dernier.

PARTIE 2 - ELEMENTS PERTURBATEURS DE LA VENTILATION

Quels facteurs perturbent le système respiratoire ?

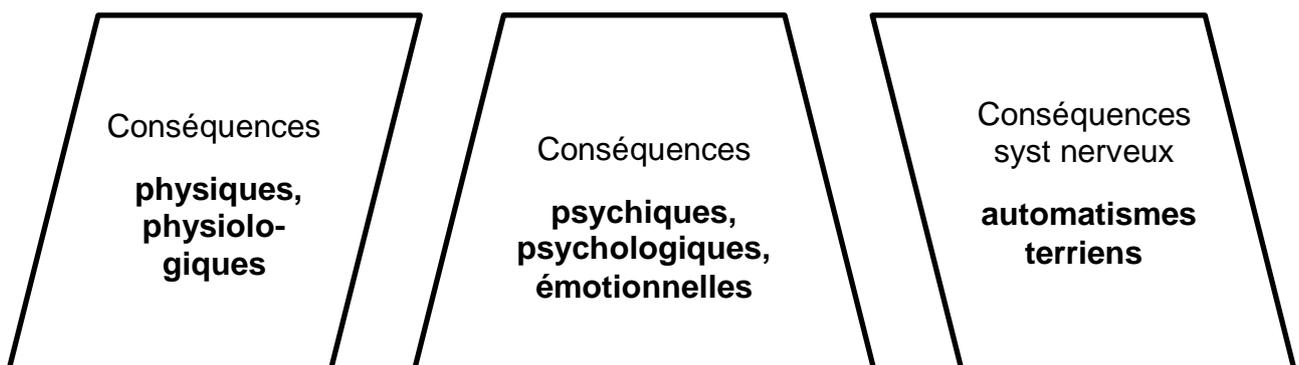
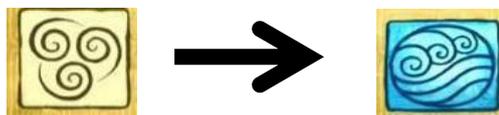
Quand ? Pourquoi ? Dans quelles situations ?

Pour tous ? Pour les personnes en situation de handicap ?



- Effets du changement de milieu d'évolution
- Conséquences respiratoires liées à l'activité de plongée / au matériel
- La respiration : en conduite automatique ! Fonctionnement et limites
- Situations particulières liées aux handicaps

2 – 1 LE PASSAGE D'UN MILIEU AERIEN A UN MILIEU AQUATIQUE



2 – 1 . 1 CONSEQUENCES MECANQUES, PHYSIOLOGIQUES

Le changement de milieu d'évolution, d'un milieu aérien et terrien vers un milieu aquatique induit une adaptation physiologique de notre système respiratoire.

2 – 1 . 1. 1 ADAPTATION CARDIO-VASCULAIRE

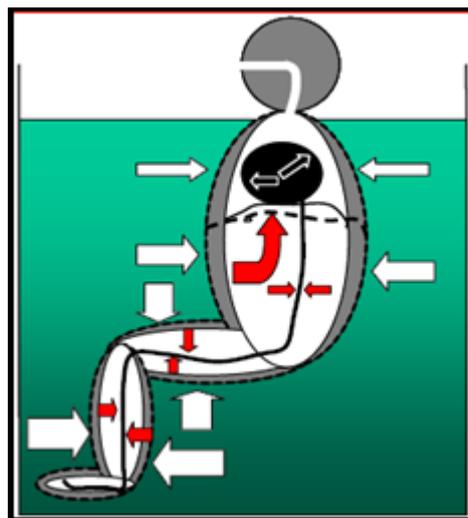
Source : « Proposition d'une démarche pédagogique visant à limiter le nombre de remontées dans les ateliers verticaux » - F. Orsini – mémoire d'IR - 2010

Dès l'instant où un plongeur est immergé, en position verticale, tête hors de l'eau, à la surface, il se produit un afflux sanguin (blood shift) vers la cavité thoracique, dû à la **compression par l'eau des veines périphériques**. Cet afflux entraîne une augmentation du travail du muscle cardiaque, par augmentation de la quantité de sang en retour -précharge-, mais aussi pour chasser le sang et l'amener vers des zones où les vaisseaux comprimés -postcharge-. Cette **augmentation du travail cardiaque** est également «contrariée » par une **diminution de la fréquence cardiaque** -bradycardie-, elle-même réflexe à l'immersion. De plus, l'afflux de sang dans la cavité thoracique va gêner sur le plan mécanique l'expansion pulmonaire et perturber les échanges gazeux.

Source : « Plongée et handicap » - Dr Christian Calabuig – Présentation formation EH1 2012

Modification du système hémodynamique : rôle de la pression (donc de la profondeur) sur les fluides

- Pression intra-thoracique négative
- Ascension du diaphragme
- Redistribution de la masse sanguine
- Augmentation de 10 à 25% du débit cardiaque.
- Vasoconstriction périphérique
- Diurèse d'immersion (X4)



2 – 1 . 1. 2 ADAPTATION RESPIRATOIRE

Source : « Le certificat de non contre-indication à la plongée en scaphandre autonome » - Dr Pierre TRAPE médecin fédéral MFEH1 - Mémoire DIU Hyperbarie et Plongée, Handicap et Plongée 2010

Syndrome restrictif lié à l'immersion, chez tous les plongeurs :

- Immersion : perte de 30% du VRE (Volume de réserve expiratoire)
- Capacité Vitale = diminution de 300 ml
- **Augmentation du travail respiratoire de 60%** par augmentation des résistances

2 – 1 . 1. 3 CONSEQUENCES SUR LE PLONGEUR EN SITUATION DE HANDICAP MOTEUR

Au-delà des impacts physiologiques de l'immersion chez tous les plongeurs, certaines pathologies perturbent davantage la ventilation.

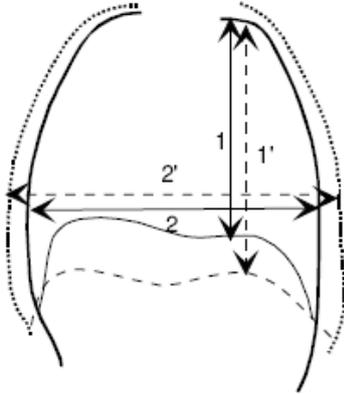
Source : « Plongée et handicap » - Dr Christian Calabuig – Présentation formation EH1 2012

Cas des modifications et risques liés aux troubles moteurs (paralysies, IMC, amputation, ankylose) : un dénominateur commun : la **fonte musculaire** (ou perte musculaire / amputation)

En découlent des conséquences :

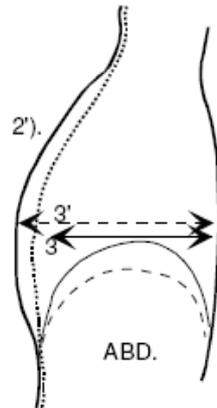
- trophiques : escarres, rétractations, problèmes urinaires
- thermiques : hypothermie
- hémodynamiques : troubles tensionnels, défaut de régulation de la vasomotricité, fréquence cardiaque, contractilité du myocarde
- ventilatoires, les atteintes paralytiques entraînent un **défait de fonctionnement mécanique**.

En ce qui concerne les muscles de la respiration :



La contraction du diaphragme entraîne :

- 1 - Une augmentation du diamètre vertical (1 1')
- 2 - Une augmentation du diamètre antéro-postérieure (2 2')
- 3 - Une augmentation du diamètre transverse (3 3')

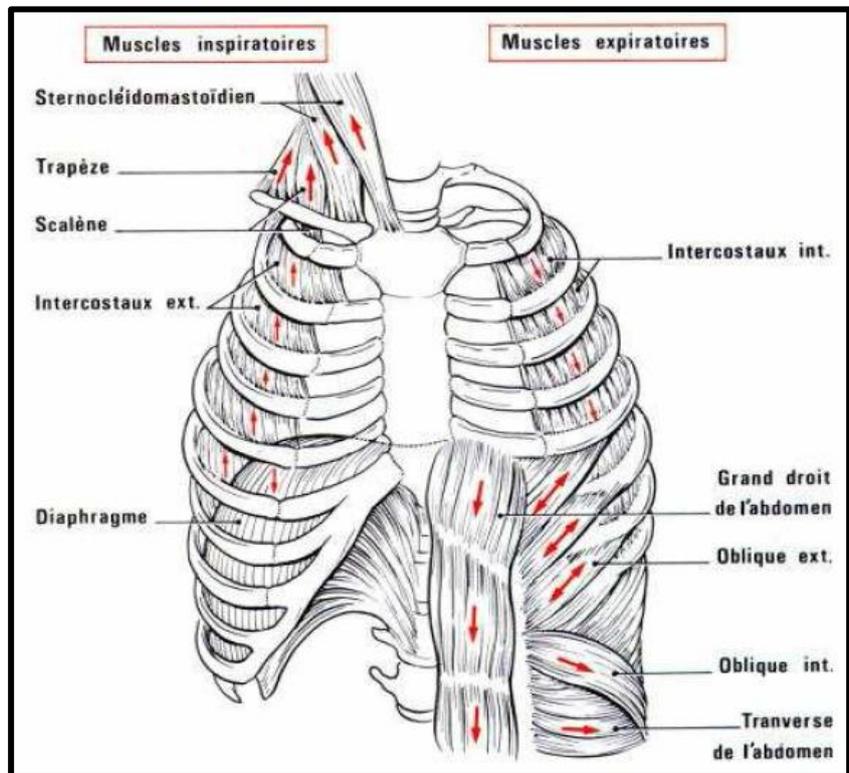


Atteinte des muscles en fonction de la lésion médullaire :

- C3 – C4 – C5 : diaphragme.
- C5 : grand dentelé, scalènes.
- C6: grand dorsal, grand droit de l'abdomen.
- T1 à T8 : intercostaux, obliques
- T6 à T12 : abdominaux.

Conséquences sur la ventilation, à l'inspiration :

- lésion supérieure à C5 : **atteinte des inspireurs et des expirateurs.**
- lésion inférieure à C5: **L'inspiration est active.** Elle ne pose pas de réel problème car réalisée à 70% par le diaphragme (C3-C5) et accessoirement : sternocléidomastoïdiens (C2), scalènes (C4)



Conséquences sur la ventilation, à l'expiration :

- **l'expiration reste la plus part du temps insuffisante**, la toux inefficace, les efforts impossibles avec un risque d'encombrement (fausses routes), les intercostaux (T1) sont non fonctionnels.
- Or, en plongée, l'expiration doit déjà se faire contre une résistance accrue liée à la pression

hydrostatique, la résistance mécanique du détendeur, l'augmentation de densité de l'air, la turbulence des flux dans les voies respiratoires.

- L'expiration active forcée est impossible selon le niveau lésionnel : absence des muscles intercostaux et abdominaux (C4 C5 C6)
- Dans les paraplégies hautes et cervicales basses la toux peut garder une certaine efficacité grâce aux muscles accessoires (Intercostaux, Gd pectoral, Gd dorsal, Gd dentelé)

2 – 1 . 1. 4 CAS PARTICULIER DU PLONGEUR TETRAPLEGIQUE

Source : « Tétraplégie et plongée » - Dr Bernard WUYAM, pneumologue - Colloque 2005.

Le plongeur tétraplégique aurait contre toute attente une **fonction des muscles expirateurs très importante**, Ce qui a un impact sur les capacités d'expiration actives lors de la remontée (prévention de la surpression pulmonaire).

L'origine de cette pression expiratoire résiduelle pourrait être liée au **muscle pectoral**. Pour étayer cette hypothèse le Docteur WUYAM observe un sujet tétraplégique lors d'une toux active. Il ne constate aucun signe sur le muscle abdominal, mais une activité importante sur le pectoral. Cette contraction musculaire va par antagonisme être favorable à l'expiration.

Ceci pourrait être l'explication de l'absence d'accident de surpression pulmonaire à la remontée avec le recul de nombreuses années de pratique même chez certains tétraplégiques qui avouent des plongées largement au-delà des 6 mètres recommandés.

2 – 1 . 1. 5 CAS PARTICULIER DU PLONGEUR MYOPATHE

Source : « Plongée et myopathie » - Dr Christian Calabuig - Mémoire Médecin Hyperbare 2008

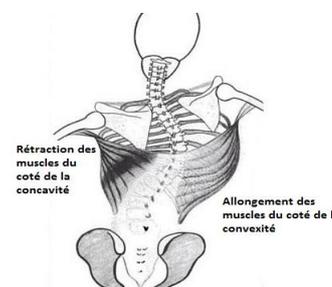
L'altération de la force musculaire **diminue les capacités respiratoires**, cardiaques, et de thermorégulation. La fatigue physique est un facteur aggravant de la myopathie. Mais l'absence totale d'exercice favorise les complications. La pratique sportive est donc recommandée, à condition de se contraindre à des exercices physiques non fatigants.

On peut noter que **l'activité de plongée semble être bénéfique sur la fonction respiratoire des jeunes myopathes**. Le principal danger : perte inopinée de l'embout buccal.

2 – 1 . 1. 5 CAS PARTICULIER DE LA SCOLIOSE

On note une diminution de la capacité respiratoire importante avec insuffisance respiratoire et répercussion cardiaque (surtout pour des scolioses dorsales supérieures à 80°-100°) ;

Les inspirations forcées se révèlent difficiles et déconseillées, de fait, il est fréquent que les personnes scoliotiques se voient refuser l'accès à l'activité.



2 – 1 . 2 CONSEQUENCES PSYCHIQUES, PSYCHOLOGIQUES - SIGNIFICATION ET REPRESENTATION SYMBOLIQUE DE L'EAU

Parallèlement aux impacts physiologiques évidents de l'immersion, l'eau s'impose à notre être par sa **symbolique**, et notre rapport à elle. Deux impacts contradictoires : un sentiment de bien-être et une crainte, une inquiétude. Deux influences qui selon leurs intensités, seront bénéfiques ou néfastes pour le mental, et donc la gestion de la respiration.

2 – 1 . 2 . 1 SYMBOLIQUE DE L'EAU

Source : « L'eau et les soins avec les malades psychotiques chroniques » - Dr Henry Brosseau – article paru dans Vie sociale et traitements - 2002

L'eau nous attire et nous inquiète ; souvent nous sommes inconscients du lien qui nous unit à elle.

Malgré les mutations culturelles, la notion d'eau **sacrée** reste inscrite au plus profond de l'être humain. Eau, symbole de **vie**... Evoquer l'eau c'est aussi rappeler des déluges, des tempêtes, des raz-de-marées, des naufrages, des noyades. Elle apporte également la **mort**. Mais dans le **duellisme** de l'eau, le symbolisme de vie l'emporte sur le symbolisme de mort. Sans eau, la vie ne serait pas apparue sur Terre.

Les premiers instants de la vie se passent dans l'eau, dans le ventre de la mère ; pendant neuf mois, le fœtus se développe dans l'apesanteur du liquide amniotique, sa première demeure. De cette appartenance originelle de **l'eau maternelle** naîtra le sentiment océanique (S. Freud, 1929) de la vie qui constitue notre archaïque mémoire.

Source : « A propos de l'eau » – Dr Gérard Desplos, psychologue clinicien plongeur – 2012

Le fait d'être dans l'eau permet de prendre conscience de son **enveloppe corporelle** : qui définit un dedans et un dehors, qui définit une **pesanteur** qui n'est plus ici évidente et doit donc être expérimentée, d'un **équilibre** à maintenir et donc d'une **motricité** toute nouvelle aussi à expérimenter en développant une **sensibilité** nouvelle, d'une **respiration** qui, pour n'être plus inconsciente et automatique, retrouve sa place première de **fonction vitale**, que l'on ne peut plus oublier.

L'eau agit également à travers sa symbolique pour l'être humain, et son analogie **au rôle de mère**. Le besoin de la mère et la peur de la perdre chez le jeune enfant sont réactivés dans l'eau sous une forme généralement positive, c'est-à-dire **apaisante**. Par son **portage**, par son **toucher**, l'eau joue généralement pour nous le rôle de cette mère toujours là quand on a besoin d'elle, qui n'exige rien en échange. L'eau nous fait régresser à des stades antérieurs du développement qui s'origine au stade d'un « moi » non encore différencié. L'hypothèse que nous avons tous est celle de la réminiscence de l'existence intra-utérine pendant laquelle nous ne faisons qu'un avec notre univers et nous flottions réellement dans le liquide amniotique sans avoir de poids. L'enfant in utero est confondu avec la mère, ensemble ils ne font qu'un dans cette origine.

Cela provoque un état de **détente**, par abaissement tonus musculaire, relâchement des contractions défensives, mais aussi permet **l'émergence de nos peurs et conflits internes**. Un état de **stress**, une conséquence du vécu. L'eau peut constituer une source **d'angoisse**.

2 – 1 . 2 . 2 CAS PARTICULIER DES PSYCHOTIQUES

Source : « L'eau et les soins avec les malades psychotiques chroniques » - Dr Henry Brosseau – article paru dans Vie sociale et traitements - 2002

L'espace sous-marin joue un rôle de filtre pour le patient très vulnérable au stress lié à l'environnement ; c'est l'effet antihyperdopaminergique qui **agit comme un neuroleptique** ; en effet, bruit, lumière, couleurs, rapidité des gestes sont atténués, le patient étant lui-même enveloppé dans une sorte de coussin qui le porte. D'ailleurs, en milieu terrestre, il cherche à fuir ce stress de l'environnement qui favorise délire, dépersonnalisation, en s'isolant, en figeant son corps dans une sorte de « glaciation » (Resnik).

On observe très rapidement sous l'eau une détente, une joie, un apaisement, couplés à la mobilisation corporelle et psychique inconsciente que provoquent les effets physiques du milieu. **Paradoxe d'un milieu extrêmement mobilisateur et à la fois apaisant** qui redonne vie à ce « corps mort » que le patient enfin habite.

Conclusions de l'expérience menée : le travail montre que **le patient psychotique vit mieux sous**

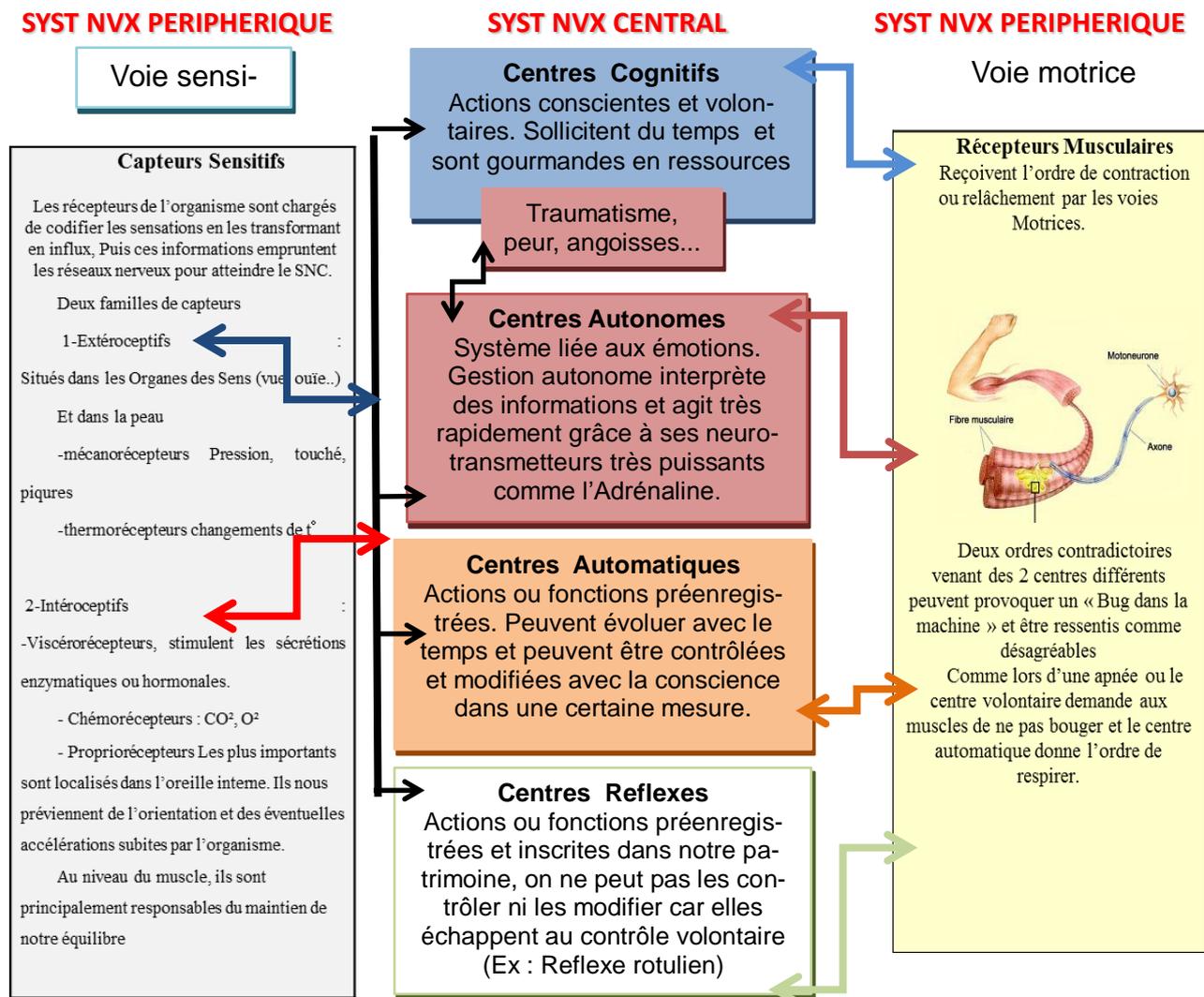
l'eau que sur terre ; il y est moins anxieux, s'y déplace plus facilement, exprime sa joie de vivre, pense et apprend plus facilement que sur terre. Mode de vie et pathologie paradoxale font bon ménage. L'équipement psychique et neurologique défaillant dans notre monde terrestre n'apparaît plus sous l'eau comme une inadaptation, mais parfois, bien au contraire ! – comme si le psychotique avait gardé en lui cette dimension océanique primitive que nous avons le plus souvent « perdue ».

Le patient va puiser dans l'immersion **une force, un élan vital, une régénérescence** durables, comme l'indiquent les mythologies.

2 – 1 . 3 Difficultés liées aux réflexes terriens : La respiration : un acte automatique

La respiration est, comme l'équilibre et le rythme cardiaque, **un acte automatique** de notre corps. C'est-à-dire : le système nerveux a construit un vécu, une adaptation afin que le traitement des informations concernant ces actes l'accaparent au minimum ; afin d'être le plus disponible possible pour l'exécution d'autres tâches, de s'adapter au plus vite à des situations nouvelles.

Source : « Prise de conscience et contrôle des automatismes terriens » – Rafael Gonzáles BEES 2 Plongée- IR FFESSM Midi Pyrénées - 2008



Lorsque l'être humain perce la surface de l'eau, il déclenche, sans s'en apercevoir, un nombre incalculable de réactions nerveuses. Ces réactions sont le **fruit des tentatives d'adaptation de notre système nerveux « terrien » face aux nombreuses stimulations provoquées par le changement de milieu**, de température, d'équilibre, de déplacement, de ventilation...

Les **automatismes terriens** sont définis comme l'ensemble des mécanismes d'adaptation basés sur une architecture de neurones aux interconnexions rigidement câblées, inscrites dans le programme génétique du développement du Système Nerveux. Programme construit pour permettre l'adaptation de l'être humain à une vie essentiellement terrienne et donc **inadaptée au monde sous-marin**.

Cette conduite automatique n'est possible et efficace que dans des conditions favorables, et **peut s'avérer inadaptée dans certaines circonstances**.

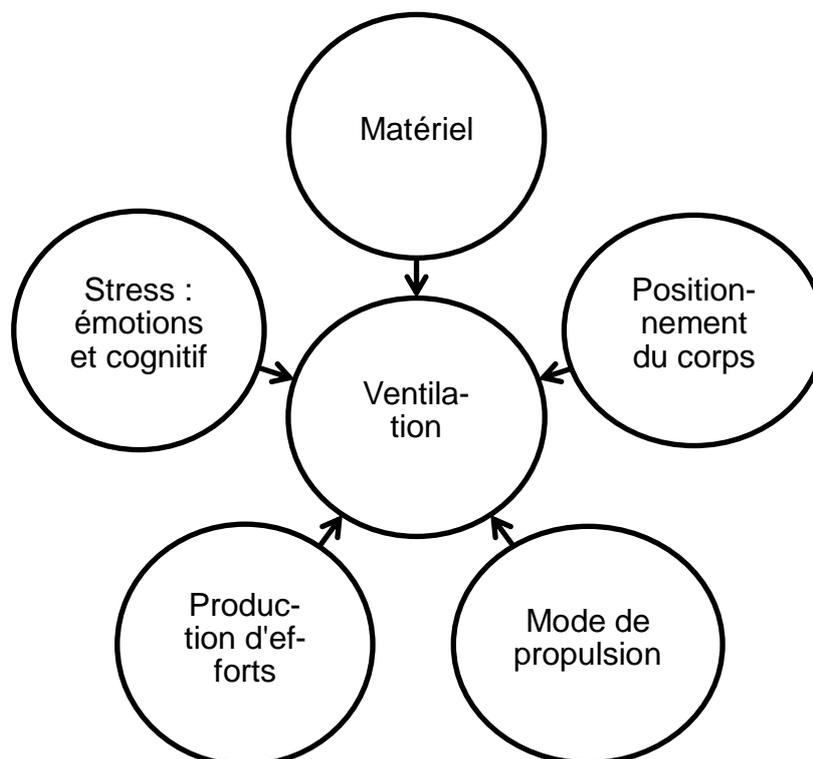
Elle peut être dangereuse en cas de situation de danger imminent, car la réaction première qui va suivre sera sous le **contrôle de notre système émotionnel** ne sera pas forcément adaptée à la situation. Ces automatismes peuvent, dans certaines situations, **prendre le dessus sur les capacités cognitives des plongeurs** et limiter la prise de conscience et le contrôle de leurs gestes et réactions. Ainsi on peut observer, trop fréquemment, des réactions purement « terriennes », et donc complètement inadaptées des plongeurs, même à des niveaux d'expertise élevés ; qui tentent inconsciemment de marcher pour se maintenir en surface ou se déplacer ; qui cherchent à se rattraper avec les mains lorsqu'ils sont soumis à un déséquilibre ; qui perdent le contrôle de leur ventilation sans en prendre conscience...

La réponse ordonnée par le centre nerveux « réflexe » au système respiratoire en cas de stress étant le plus souvent un **arrêt ventilatoire**. Exemple : besoin de se concentrer, instant de surprise. Ce qui sous l'eau peut se traduire par une mauvaise désaturation, une surpression pulmonaire, et au pire des cas, une noyade.

Des exemples liés à l'activité de plongée sont cités au paragraphe suivant.

La partie 2 – 1 évoquait l'influence du passage du milieu terrien au milieu aquatique. La partie suivante 2 – 2 exposera un autre groupe d'éléments perturbateurs pour la ventilation : des éléments liés à l'activité de plongée sous-marine en scaphandre.

2 – 2 CONSEQUENCES RESPIRATOIRES LIEES A L'ACTIVITE DE PLONGEE



2 – 2 . 1 INFLUENCE DU MATERIEL

Source « Proposition d'une démarche pédagogique visant à limiter le nombre de remontées dans les ateliers verticaux » - F. Orsini – mémoire d'IR - 2010

Les modifications physiologiques en immersion font d'un plongeur un insuffisant respiratoire transitoire (phénomène de blood shift, cf paragraphe 2 -1 .1). S'y associent les contraintes liées à la ventilation sur **détendeur**, la densité de l'air inspiré qui augmente avec la profondeur, sans oublier l'influence du matériel sur l'amplitude ventilatoire : choix et réglages des **gilets, combinaisons, ceintures**.

Source : « Prise de conscience et contrôle des automatismes terriens » – Rafael Gonzáles BEES 2 Plongée- IR FFESSM Midi Pyrénées - 2008

La résistance du détendeur et l'espace mort :

Lorsque le plongeur utilise son détendeur, il active les capteurs au niveau des muscles respiratoires qui envoient à leur tour l'information au centre automatique qui constate un travail musculaire anormal de la part de ces muscles , il va donc activer ses messagers :

Un messager pour demander au système cardiaque **d'augmenter le débit sanguin** pour apporter plus de sang à nos muscles.

Un autre pour exiger aux muscles inspiratoires de se contracter plus fortement et plus fréquemment **pour augmenter et accélérer l'apport d'oxygène**.

Notre respiration devient superficielle et rapide, on éprouve le besoin de respirer plus fréquemment et plus fort.

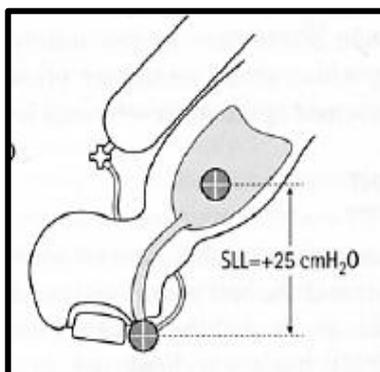
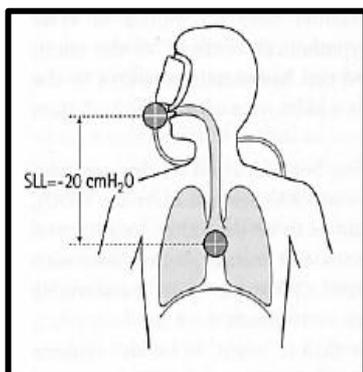
2 – 2 . 2 INFLUENCE DU POSITIONNEMENT DU CORPS

2 – 2 . 2 . 1 VERTICAL/HORIZONTAL

Source : « Le certificat de non contre-indication à la plongée en scaphandre autonome » - Dr Pierre TRAPE médecin fédéral MFEH1 - Mémoire DIU Hyperbarie et Plongée, Handicap et Plongée 2010

Rapports entre position du corps en immersion et résistances respiratoires (cf schémas page suivante):

- En position debout : $P_{\text{barycentre}} > P_{\text{bouche}}$: Inspiration difficile / Expiration facilitée
- En position tête vers le bas : $P_{\text{bouche}} > P_{\text{barycentre}}$: Inspiration facilitée / Expiration difficile
- **En position allongée: $P_{\text{bouche}} = P_{\text{barycentre}}$: – Inspiration facilitée / Expiration facilitées**

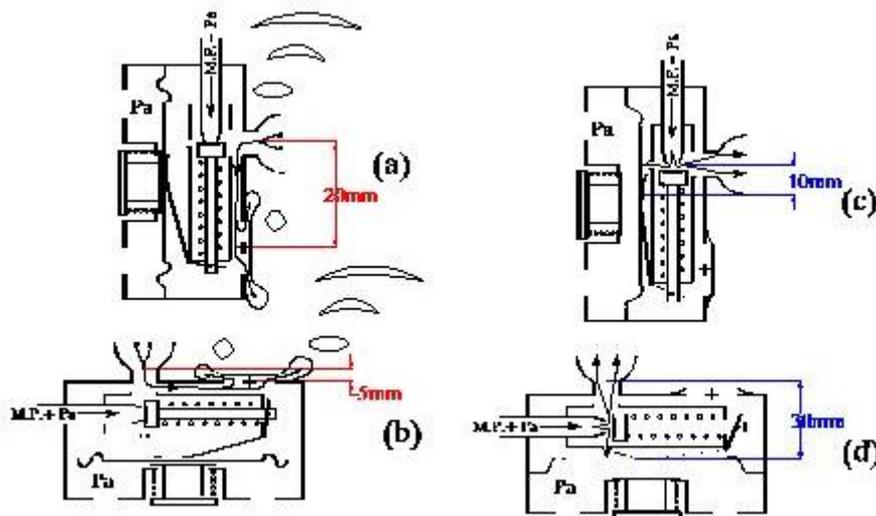


La position allongée, **horizontale**, est **optimale** pour la ventilation sous-marine.

Cette résistance respiratoire s'applique également au niveau du **détendeur**.

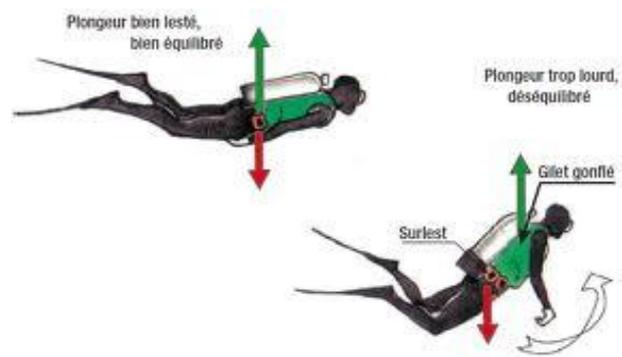
Source : « Principes des détendeurs » - Henri Le Bris IN FFESSM - <http://hlbmatos.free.fr>

La **résistance** à l'inspiration (a et b) et à l'expiration (c et d) est **plus importante en position verticale qu'en position horizontale**.



Cette verticalisation est accentuée chez les personnes non conscientes d'un positionnement hydrodynamique de leur corps, ne maîtrisant pas le poumon ballast, ou encore **surlestées** : voir schéma de droite.

La garantie d'un positionnement proche de l'horizontale est le fruit de tests et d'adaptations fines de l'équipement chez les PESH ayant subi des fontes musculaires, celles-ci déplaçant le centre de gravité du corps, et donc perturbant l'équilibre « habituel » connu par les encadrants (cf partie 3).



Cependant, **certaines pathologies imposent un positionnement légèrement verticalisé**, afin de garantir le confort de l'appareil musculaire respiratoire.

Cette verticalisation s'opposant également à un **positionnement hydrodynamique**, et entraînant des **efforts musculaires** – donc respiratoires – plus importants.

2 – 2 . 2 . 2 DORSAL / VENTRAL

En position **face dorsale en bas** / face ventrale en haut, entrent en jeu plusieurs facteurs garantissant **un inconfort assuré**.

Pour tous les plongeurs : la perte de repères **d'équilibre**, le positionnement inhabituel génère un **stress** inconscient, donc gêne la respiration. Le **poids** du matériel généralement placé sur le dos, peut créer une gêne mécanique aux gestes respiratoires.



Pour finir, le **détendeur** offre une **résistance** supérieure, de par sa position par rapport aux poumons.. En 1966 : Cousteau propose de placer le détendeur proposé par Emile Gagnant pendant la seconde guerre mondiale sur le ventre, pour réduire l'effort inspiratoire

En ce qui concerne les PESH, au-delà de l'inconfort, **la respiration s'avère dans certains cas extrêmement difficile dans cette position.**



2 – 2 . 3 INFLUENCE DE LA PROPULSION PAR LES BRAS

L'utilisation des bras (lorsqu'elle est possible) est le mode de propulsion autonome qui s'impose, lorsque l'usage des jambes fait défaut ; cas des paraplégiques.

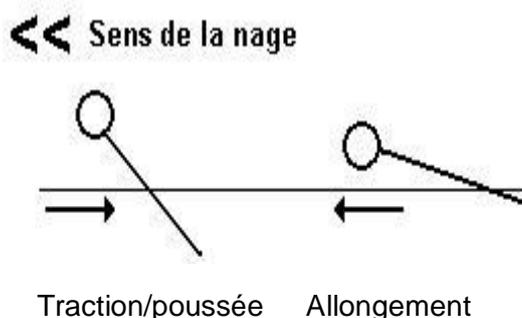
La propulsion à l'aide des membres supérieurs induit :

- Un **effort ventilatoire plus important**, car l'effort musculaire des muscles des bras est supérieur à celui des muscles des jambes.
- Et le plus souvent une **variation des positionnements** du corps, avec, notamment, une tendance à la **verticalisation**, lorsque la technique de brasse est utilisée ; ce qui est fréquent chez les plongeurs novices, n'ayant pas encore travaillé sur un mouvement adapté à leur positionnement.

Source : « La brasse » SPS Ecole du sport – 2010 - www.sps-formations.com

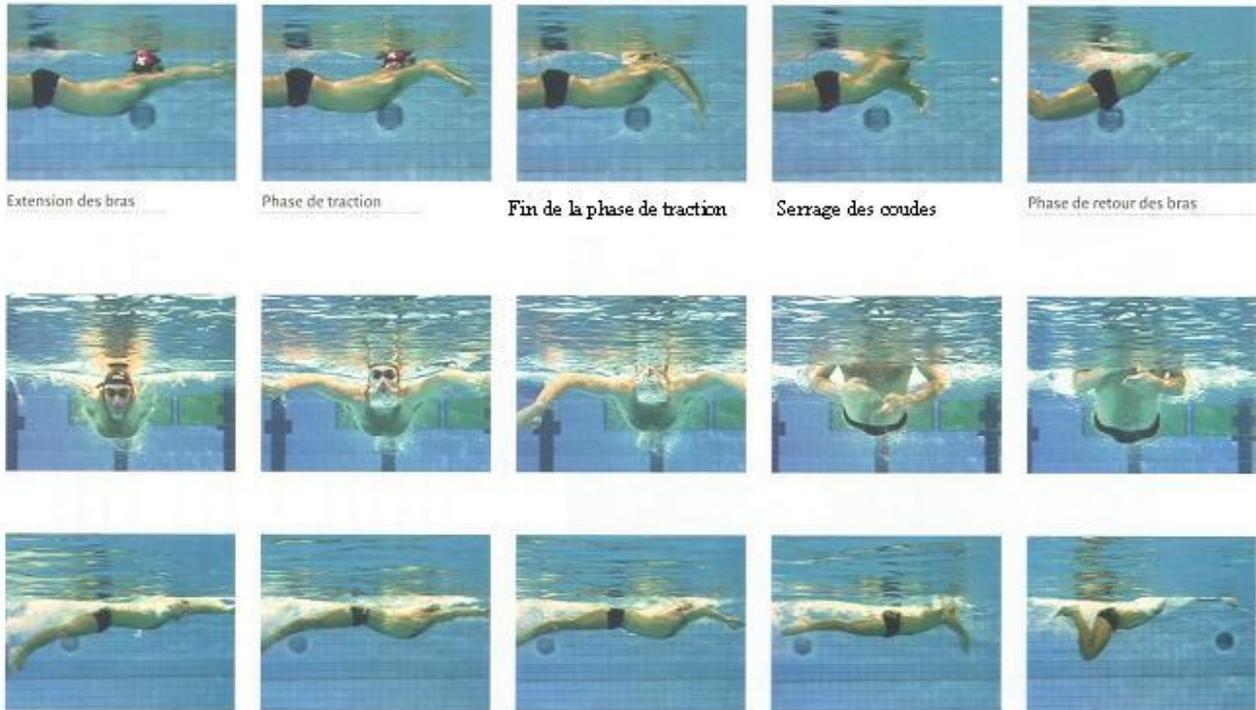
S'allonger et se redresser :

La brasse est une nage ventrale à allongement non - constant : elle se nage sur le ventre, mais le corps n'est pas allongé de manière constante (comme il l'est en crawl par exemple) : **le corps se redresse davantage durant la traction des bras**, la sortie de la tête puis l'inspiration, et s'allonge davantage durant la phase de retour des mains vers l'avant. La fin du mouvement est en position complètement allongée.



Source : « Adaptations comportementales de l'homme aux contraintes réglementaires des différentes nages : les techniques de nages » – SIUAPS Université Rennes 1

Vue d'ensemble de la technique de la brasse



Chez des PESH ayant trouvé en déplacement un bon compromis entre l'efficacité de leurs mouvements propulsifs et leur horizontalité, cette verticalisation peut de nouveau apparaître **lors des phases statiques** :



2 – 2 . 4 EFFETS DE L'EFFORT

Un **effort musculaire** sera analysé tout comme l'effort respiratoire par le système nerveux, impliquant augmentation des rythmes cardiaques et ventilatoires. Donc le plongeur sera en situation d'inconfort (Cf paragraphe influence du matériel).

L'encadrant pourra penser que le PESH ne sera pas mis en situation d'effort pendant la plongée, tout au moins essaiera-t-il qu'il en soit ainsi.

Mais pendant la plongée, en imaginant que la combinaison soit adaptée, le gilet adapté et correctement positionné, le lestage précis, si le PESH **se propulse à l'aide de ses bras**, il procure un effort musculaire et respiratoire conséquent (essayez !).

De plus, l'encadrant ne doit pas oublier une phase très gourmande en énergie et génératrice d'efforts : **la phase à sec, avant l'immersion**.

Préparer le **matériel**, se **déplacer** (surtout si on s'organise mal), **s'équiper**, enfiler la **combinaison** (!), effectuer des **transferts**, sont autant d'occasion de produire des efforts, donc d'augmenter la fréquence ventilatoire, le besoin de respirer plus fréquemment et plus fort.

2 – 2 . 5 GENERATION DE SITUATIONS DE STRESS

Nous avons vu au paragraphe 2 – 1 . 3 que le caractère automatique de l'acte respiratoire est un atout majeur pour l'homme en milieu aérien ; qu'en milieu aquatique, il peut s'avérer inadapté, entraînant des conséquences graves.

Ces situations sont majoritairement ce que le système nerveux analyse comme situations de danger. **Stress, surprise, émotion forte, angoisse, mais aussi simple (!?) déséquilibre, surcharge cognitive**.



2 – 2 . 5 . 1 DYSFONCTIONNEMENT DU SYSTEME AUTOMATIQUE TERRIEN

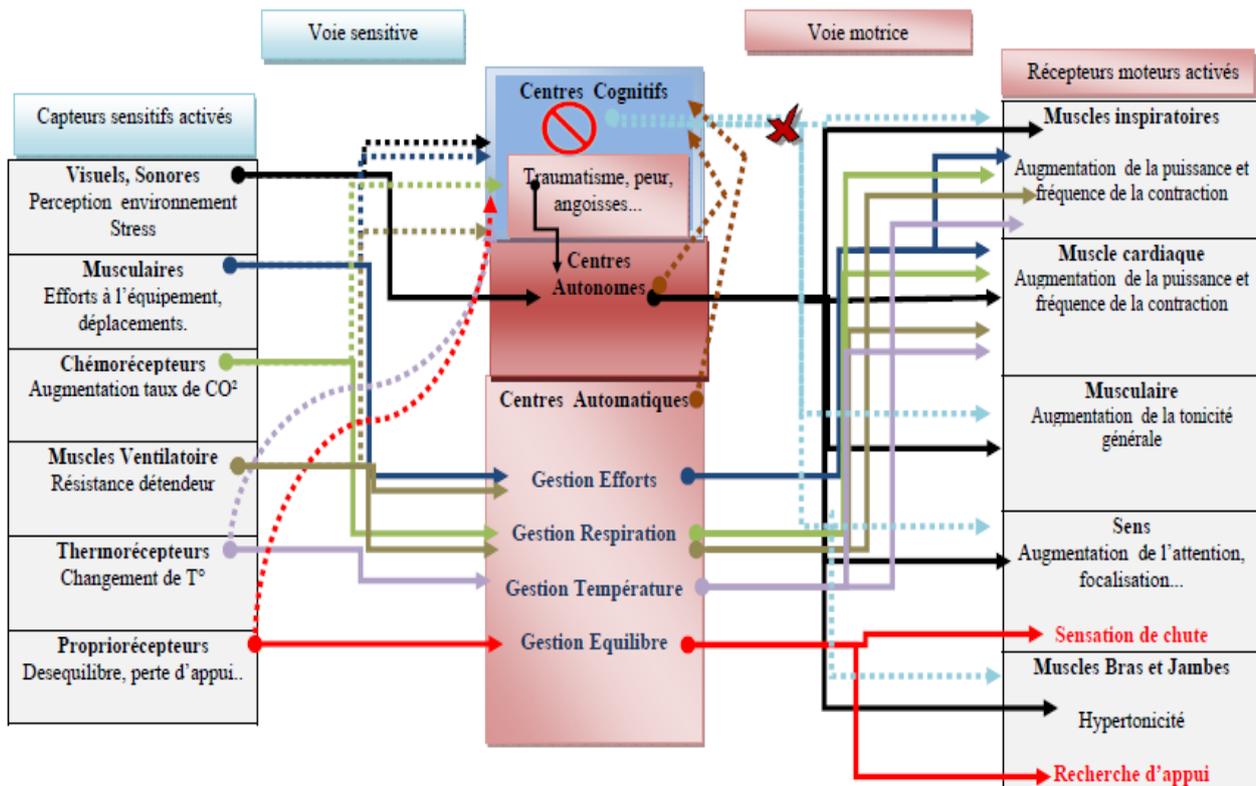
Source : « Prise de conscience et contrôle des automatismes terriens » – Rafael Gonzáles BEES
2 Plongée - IR FFESSM Midi Pyrénées - 2008

Exemple : Représentation imagée des informations gérées automatiquement par notre Système Nerveux durant les phases d'équipement et de mise à l'eau inconfortables.

Légende du schéma suivant :

Les flèches en pointillé représentent les réseaux neuronaux partant et arrivant aux centres de traitement cognitif. Elles représentent un réseau inactif ou bloqué. On voit que le système cognitif est connecté aux récepteurs moteurs mais ses réseaux sont bloqués car inhibés entre autres par le Système Nerveux Autonome et par l'état de saturation du réseau. Cette inhibition bloque notre Système Cognitif et limite ou empêche aussi la réception des informations sensibles.

Les Flèches pleines représentent les réseaux neuronaux empruntés par les systèmes autonomes et automatiques, chaque couleur représente un type d'information et l'ordre qu'elle déclenche, elles sont nombreuses et on pourrait imaginer l'aggravation de la situation par l'augmentation de la quantité de flèches (nombre de capteurs activés) et leur épaisseur (puissance du signal).Elles nous montrent l'état de saturation du système.



Bilan de la situation, avant même d'avoir entamé la descente : **la respiration est déficitaire** : inspiration plus puissante mais peu profonde, expiration faible. Cette respiration superficielle et saccadée **entraîne des problèmes physiologiques et cognitifs (cf partie 1)**.

De façon plus générale, toute situation de stress engendre ce déficit respiratoire. Mais une partie très importante est liée à notre état (ventilation, équilibre, concentration..) au moment où survient le problème car, **plus notre SN va être occupé ou préoccupé à d'autres tâches, plus la réaction sera autonome et échappera à notre contrôle conscient**.

Seule l'intervention de la volonté peut permettre de limiter les effets néfastes d'une réaction autonome et incontrôlée (cf partie 3).

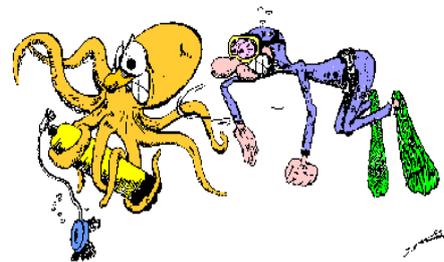
2 – 2 . 5 . 2 SITUATIONS DE STRESS LIEES A L'ACTIVITE DE PLONGEE

Source : « Prise de conscience et contrôle des automatismes terriens » – Rafael Gonzáles BEES 2 Plongée - IR FFESSM Midi Pyrénées - 2008

La **surprise** est bien sûr un des principaux facteurs de stress, mais on peut aussi parler du degré de dangerosité que l'on se fait de la situation, qui dépend lui-même du contexte, de nos expériences passées, de l'image qu'on se fait de ce type de situation.

Facteurs prédisposant une situation de stress :

- Appréhension naturelle de l'eau ou de la faune et flore.
- Mauvaise expérience lors des plongées précédentes.
- Travail technique ou évaluation.
- Reprise de la plongée.
- Méconnaissance du club, du moniteur ou du site.
- Manque d'assurance.
- Manque de confiance dans ses coéquipiers ou son matériel.



- Etat de la mer.
- T° de l'eau et visibilité.
- Problème matériel.
- Regard « pressant » du moniteur ou du responsable.
- Ambiance de stress ou précipitation sur le bateau.
- Je suis le dernier à être équipé et les autres sont déjà prêts.

Auxquels on peut ajouter :

- Maîtrise de la ventilation, de l'équilibre
- Etat de fatigue, de capacité à se concentrer, à gérer ses émotions
- Une douleur
- Une surcharge cognitive
- Un élément de surprise

Cas particulier de l'équilibre :

- Source : « L'apprentissage des exercices à dominante proprioceptive... Les sensations en plongée » - Claire ARFEUILLERE - Mémoire d'Instructeur Régional 2010

Au niveau des mécanorécepteurs, les mouvements que nous faisons dans l'eau sollicitent peut-être les mêmes groupes musculaires que sur terre, mais avec une intensité différente - d'où l'intérêt de la rééducation musculaire dans l'eau, ou de l'aquagym. Cela implique que **les informations que vont collecter les mécanorécepteurs vont induire une analyse erronée.**

Au niveau des **articulations**, même constat : une faible amplitude de mouvements sous l'eau a un impact immédiat sur la position du corps.

Au niveau des récepteurs vestibulaires et visuels, les informations sont là aussi différentes.

- Source : « Prise de conscience et contrôle des automatismes terriens » – Rafael Gonzáles BEES 2 Plongée - IR FFESSM Midi Pyrénées - 2008

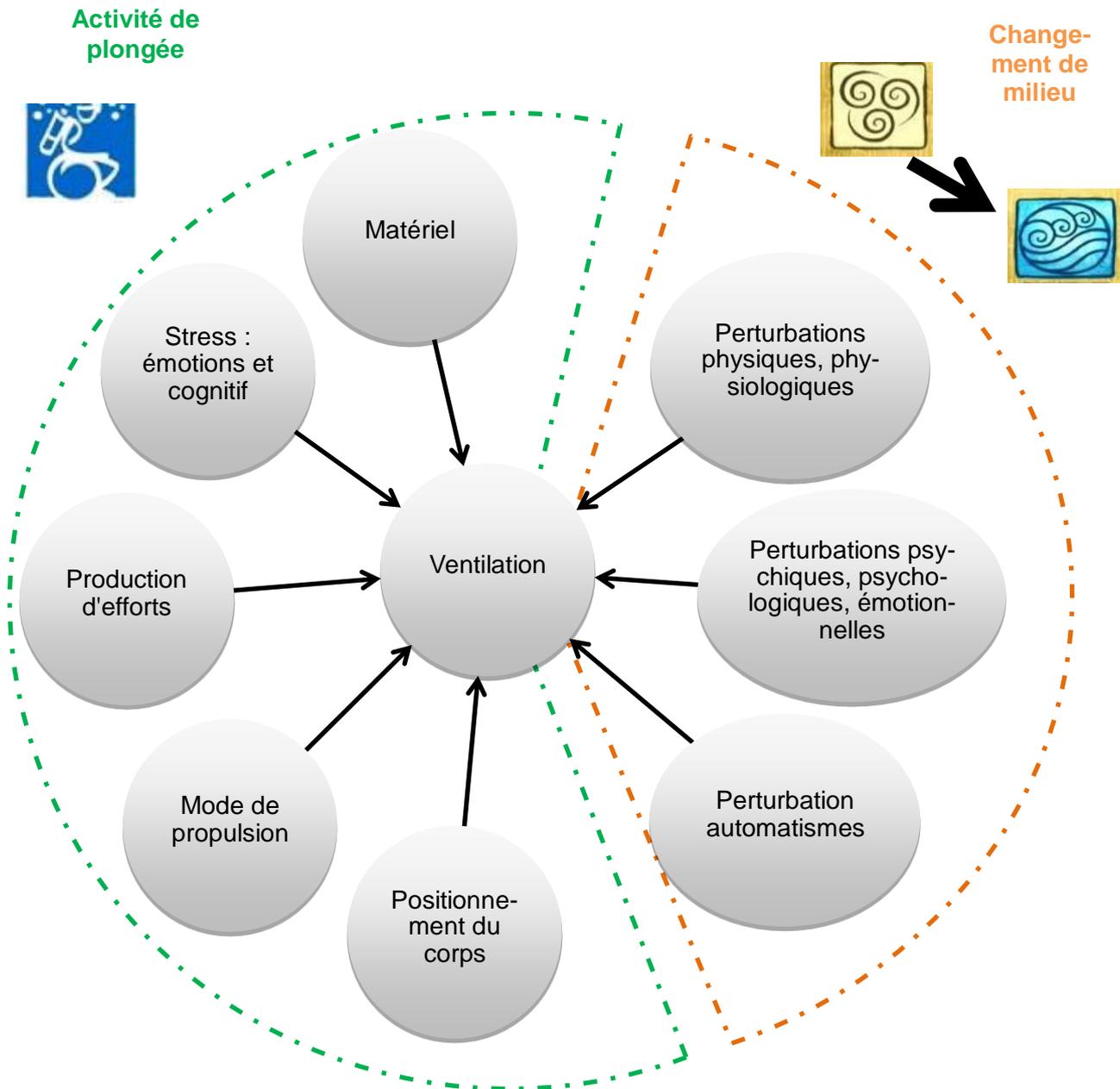
La gestion de notre position se fait grâce aux informations provenant de l'oreille interne, de nos yeux et de **nos récepteurs internes (proprioceptifs)**, particulièrement au niveau des pieds, mais est aussi liée à nos mouvements haut du corps / bas du corps.



Dans l'eau, **les mouvements liquidiens de l'oreille interne sont largement réduits** par rapport à ceux enregistrés sur terre. Ainsi, les informations envoyées par notre oreille interne sont quasiment nulles pour nous aider à contrôler notre position car trop peu perceptibles comparées aux valeurs de référence terriennes. Les informations visuelles manquent souvent d'éléments de référence pour déterminer notre position, en pleine eau, nos repères visuels sont souvent mobiles et peu remarquables.

Tout changement de flottabilité ou de position est interprété et traité (par le système nerveux) de la même manière qu'une perte d'équilibre (chute) sur terre.

Pour résumer ce tour d'horizon listant les éléments perturbateurs de la ventilation, un schéma :

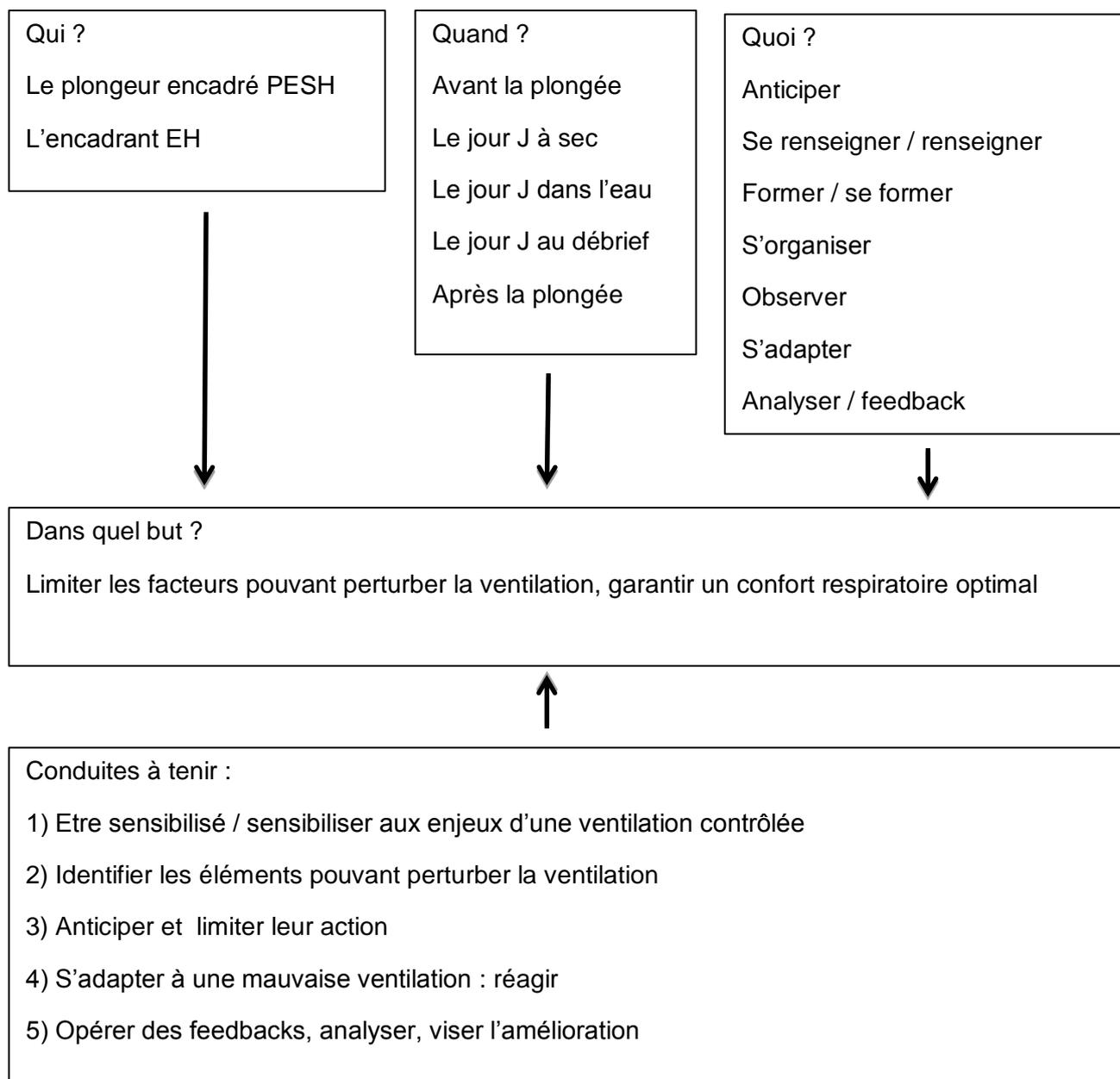


On saisit l'importance et l'enjeu d'une ventilation contrôlée, adaptée à l'activité et à la situation. Liste a été faite des éléments pouvant la perturber.

Comment procéder pour la garantir à chaque plongée ? Pour chaque personne ?

Que faire ? Quand ? Comment ? Avec qui ?

PARTIE 3 - CONDUITES A TENIR ET REPERES POUR UNE MEILLEURE VENTILATION



Quant à la sensibilisation aux enjeux d'une ventilation contrôlée, et l'identification des éléments pouvant perturber la ventilation, l'encadrant pourra utiliser les éléments cités dans les parties 1 et 2 de ce document.

Dans cette 3 partie sont proposés des pistes concernant :

- l'organisation matérielle de l'activité
- les techniques gestuelles
- Les techniques mentales

3 – 1 DANS L'ORGANISATION MATERIELLE DE L'ACTIVITE

3 – 1 . 1 LES PERSONNES

- **Communiquer** avec l'encadré, se renseigner sur les **spécificités** de son handicap, ses conséquences sur l'activité de plongée, plus particulièrement sur sa **ventilation** et le **positionnement** du corps, et les **adaptations** à apporter.
- Le cas échéant communiquer avec d'autres encadrants ayant déjà plongé avec lui, avec son éducateur, ses proches, afin de compléter les informations.
- Gérer les moyens **humains** à disposition, vérifier les compétences des autres plongeurs. Organiser la phase d'équipement pour un **effort à terre minimal** (mais en conservant l'autonomie maximale du PESH).

3 – 1 . 2 LE LIEU

- **Se renseigner** sur la structure, les conditions d'accessibilité, les moyens de sortie et mise à l'eau, et le site de plongée.
- Savoir **s'adapter** à la structure, aux **lieux**, afin de limiter les **efforts** à terre du PESH.

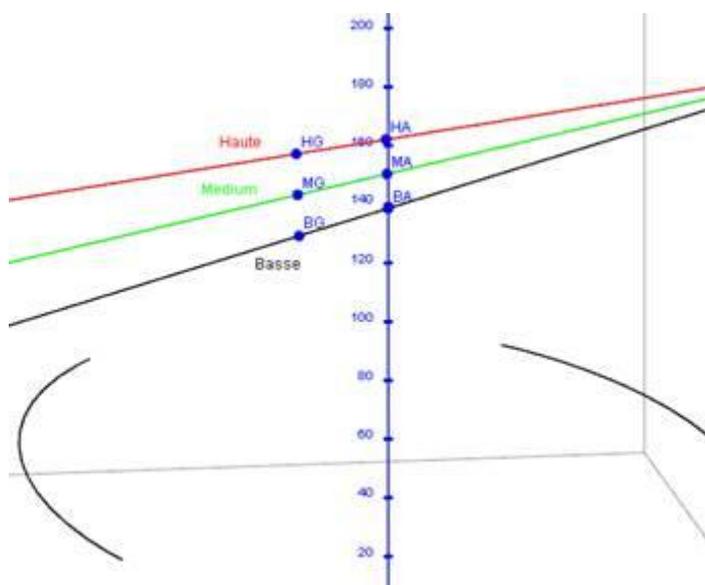
3 – 1 . 3 LE MATERIEL

- S'assurer de la disponibilité d'un **équipement** de plongée adapté : bloc, gilet, détendeur, combinaison, masque, palmes, lestage.
- Connaître **les réglages adaptés pour l'équipement** du matériel du PESH. Savoir adapter le matériel et ses réglages pour optimiser le positionnement du plongeur. Notamment : Position de la bouteille, quantité et positionnement des lests

Rappel : Source : « Etude sur la flottabilité du plongeur – Centre de poussée d'Archimède – Centre de gravité » - Christian Trillaud

Plus vous souhaitez que votre plongeur soit placé à l'horizontal (angle = 0 °), plus la **bouteille doit être remontée**.

| Position de la bouteille | Angle d'inclinaison |
|--------------------------|---------------------|
| Haute | 7,5° |
| Medium | 11,7° |
| Basse | 15,9° |

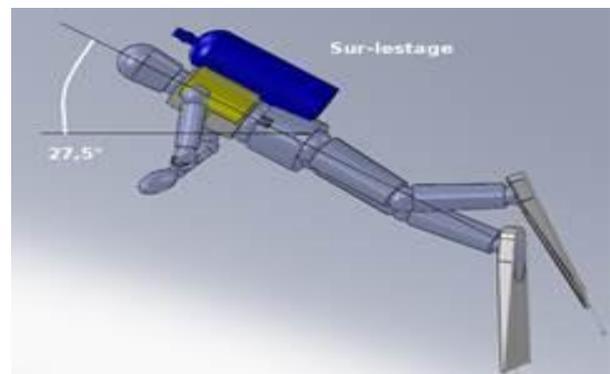
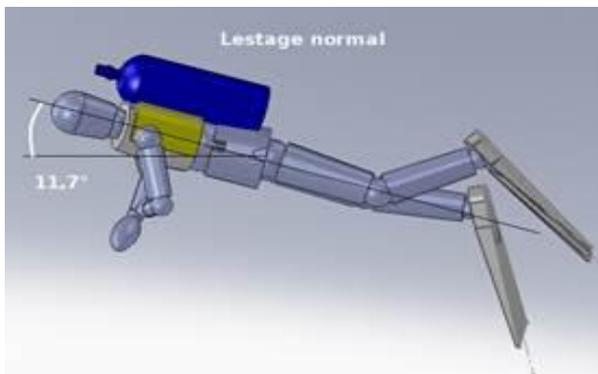


Graphique de droite : couplage entre centres de gravité et de poussée d'Archimède. Déclinaison selon les 3 positions de bouteille proposées.

Le fait de **déplacer le lestage** permet de déplacer le centre de gravité et d'ajuster la position d'équilibre du plongeur. Dans le modèle numérique défini dans cette étude, le fait de **remonter et de positionner les plombs en arrière** permet de placer le plongeur en position horizontale.

| Position du lestage | Angle d'inclinaison |
|---------------------|---------------------|
| Poches arrière | 2,4° |
| Poches avant | 8,8° |
| Ceinture | 15,9° |

Et bien sûr, phénomène mieux connu des plongeurs : le **surlestage** verticalise.



Les notions rappelées ci-dessus sont à adapter : le **centre de gravité des personnes souffrant de paralysies est le plus souvent décalé vers l'avant du corps**. On peut tester différentes formes (long/court) de bloc, différents gabarits, opter pour des lestages au niveau des pieds (chevilles, palmes), pour un lestage centré amovible type banane... Il faut chercher !

3 – 1 . 4 LES CONDITIONS DU JOUR



- **Se renseigner** sur les conditions de plongée. Température de l'air, de l'eau, vent, houle, courant...
- Prendre connaissance de l'état actuel de **fatigue et de stress** du PESH.
- Se renseigner sur le **timing** prévu par la structure, l'adapter afin de fournir le temps nécessaire pour la préparation, et ainsi limiter le **stress**.

3 – 2 TECHNIQUES GESTUELLES

Pour l'encadrant :

- **Maîtriser de façon experte ses propres** : équilibre, stabilisation, lestage, respiration !
- **Adapter les contenus de formation** :

3 – 2 . 1 STABILISATION

- amener le plongeur à maîtriser **le poumon / ballast** , l'utiliser à bon escient, en couplage avec le gilet. Garantir une bonne stabilisation.



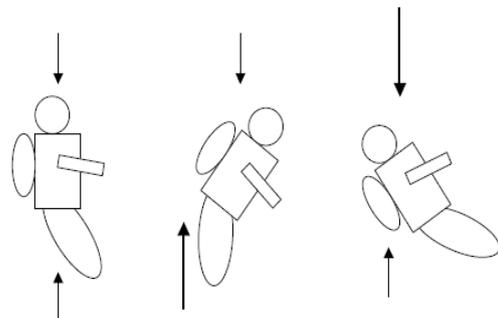
Source : « Proposition d'une démarche pédagogique visant à limiter le nombre de remontées dans les ateliers verticaux » - F. Orsini – mémoire d'IR - 2010

Il faut souligner l'importance, dès le débutant, de faire travailler dans la zone de profondeur où le poumon ballast n'est plus efficace, du développement du réflexe de gonfler son gilet les poumons pleins, et de le purger les poumons vides : poumons pleins, parce que si je gonfle trop mon gilet, je me rattrape avec la ventilation en expirant. Poumons vides lors de la purge, car, si celle-ci est trop importante, je peux rattraper l'évacuation excessive d'air en inspirant.

- Faire prendre conscience de **l'influence du positionnement** sur la gestion de la stabilisation

Source : « L'apprentissage des exercices à dominante proprioceptive... Les sensations en plongée » - Claire ARFEUILLERE - Mémoire d'Instructeur Régional 2010

Position du hamac : le principe consiste à positionner le plongeur en position semi-assise, un peu comme dans un hamac, les jambes pendantes. On l'aide à se stabiliser si nécessaire à l'aide du gilet. Une fois cette position obtenue, on va lui donner comme consigne de gonfler et vider ses poumons alternativement. Au lieu de lui dire « tu vas monter et descendre », on lui demandera de dire ce qu'il ressent comme changement de position.



Au départ de cette position, s'il inspire, il va se redresser vers l'avant, un peu comme si on le tirait. S'il expire, il va avoir tendance à partir en arrière.

On peut aussi concevoir des déplacements dans cette position, avec utilisation du poumon-ballast

La variation du positionnement du corps pouvant être volontaire, ou bien consécutif à une action. Exemple : changement d'allure. Faire prendre conscience de ces phénomènes au plongeur, et lui apprendre à anticiper.

- **Anticiper les changements d'allure** du plongeur, le guider dans la gestion du poumon ballast.

En cas de plongeur non autonome dans ses déplacements, de type baptême ou tétraplégique : changer de **points d'appuis**, de technique de **palmage**. Exemple en photos :



Déplacement vers l'avant, les 2 plongeurs sont à l'horizontale.



L'encadrant anticipe une transition vers un état statique / observation. Il se redresse et se place pour prendre appui sous le couple de plongeurs, tout en conservant le PESH à l'horizontale.



Les plongeurs ne se déplacent plus. L'encadrant, verticalisé, a des appuis solides, opère un palmage de sustentation au besoin, lorsque le poumon ballast ne suffit plus !



Les 2 plongeurs reprennent leur progression en déplacement, L'encadrant s'est repositionné à l'horizontale.

3 – 2 . 2 PROPULSION

- Savoir conseiller le PESH pour **le choix des techniques de propulsion**, lorsqu'il se propulse seul. A tester soi-même avant bien sûr !
- L'aider à acquérir des **techniques de propulsion et des appuis efficaces**, à savoir les utiliser à bon escient, à les **adapter en cas de courant**.
- L'amener à **combinaison la ventilation** avec les techniques de propulsion, à être attentif aux transitions déplacement / statique .



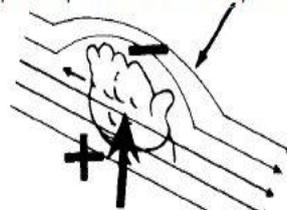
Cas du paraplégique : la technique de bras de la nage brassée est souvent la première à être testée. Impliquant des attitudes verticalisantes (cf partie 1), il est impératif de **l'adapter** ; selon les **spécificités du handicap, la morphologie, l'équilibre du couplage gravité/Archimède**. Le panel de techniques doit être large : **déplacement horizontal, vertical, sustentation, rétablissement d'équilibre, appui et éloignement du rocher**. Ce n'est pas si simple... Les techniques utilisées en **natation synchronisée** peuvent être intéressantes à étudier.

Source : « Biomécanique de la natation » - Quincy Mathias – 2005

Les mains ne se déplacent pas dans l'eau en suivant une ligne droite mais suivent une **trajectoire sinueuse** pour s'appuyer sur des couches d'eau plus stables, et pour **combinaison différentes inclinaisons de la main** afin d'avoir le meilleur angle de prise d'eau.

Le principe de propulsion basé sur l'écoulement laminaire (de part et d'autre d'un corps ou d'un objet) implique que ce n'est pas l'action directe des surfaces propulsives perpendiculairement au sens de déplacement qui vont créer une réaction en sens opposé (loi de Newton), mais au contraire, une inclinaison optimale des surfaces propulsives (jamais perpendiculaires au sens de déplacement) qui vont permettre l'écoulement laminaire du fluide (principe de Bernouilli).

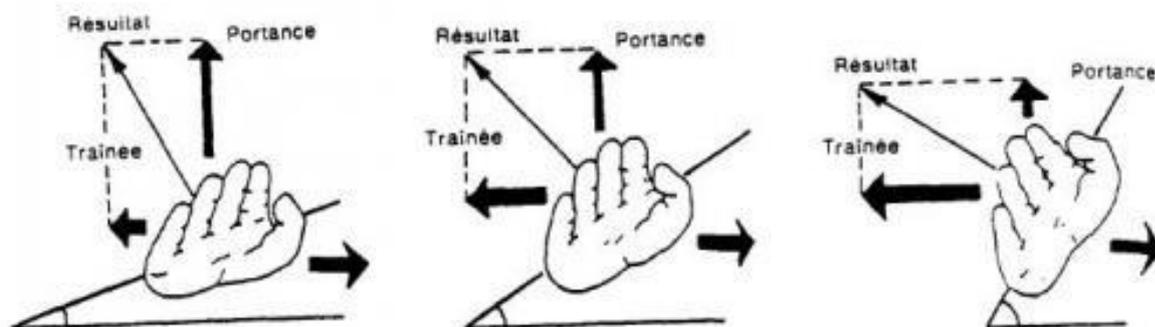
L'eau s'écoule plus rapidement ici d'où pression moins élevée



L'inégalité de pression crée une force dirigée vers le haut

L'angle d'inclinaison de la main va être extrêmement important dans le résultat propulsif associant la traînée et la portance. Dans le cas où l'angle d'attaque est trop grand, le nageur utilise sa main comme une rame et non comme une pale d'hélice. Avec trop peu d'angulation, les forces de portance et de traînée sont faibles et la main glisse.

Pour le nageur, cela veut dire que l'orientation de la main doit être continuellement ajustée à chaque changement de direction du trajet moteur. L'angle d'incidence avec la direction du trajet de la main peut être compris entre 20° et 50°. Cet ajustement est nécessaire car la force hydrodynamique ayant pour composante la traînée et la portance détermine donc l'intensité et la direction du mouvement du nageur. Pour un maximum d'intensité, celle-ci devra être dirigée vers l'avant. Le nageur devra donc trouver une **finesse technique optimale basée sur sa sensibilité ou son sens de l'eau.**



Angle d'inclinaison de la main contribuant au résultat propulsif associant la traînée et la portance.

Il convient, également, d'ajuster **l'amplitude** et la **fréquence** des mouvements.

Exemple d'allègement des efforts musculaires pour le déplacement, malgré un positionnement vertical, par l'utilisation de **propulseurs** et de stabilisateurs, et d'un travail **technique** impressionnant sur l'utilisation des bras :



Sue Austin – 2012 - à voir également : vidéo sur le net.

3 – 2 . 3 VENTILATION

- Rester **vigilant** pendant l'activité : observer les signes d'une mauvaise ventilation sur l'encadré, réagir.

S'assurer au préalable de la bonne connaissance des signes, mettre en place, s'ils ne le sont pas déjà, des signes pour « on se calme », « on expire », « teste ta respiration », « à quel stade du test respiratoire es-tu ? »

- **Savoir tester sa respiration, analyser et réagir. Savoir l'enseigner.**

Comment tester sa respiration ?

Source : « Prise de conscience et contrôle des automatismes terriens » – Rafael Gonzáles BEES
2 Plongée - Mémoire pour obtention IR – 2008

Ce test doit être réalisé très régulièrement durant la plongée. Dans un premier temps, on peut se fixer comme objectif de tester sa respiration au début de chaque phase de la plongée (équipement, mise à l'eau, début de la descente, arrivée au fond...). L'objectif étant **de réussir à se créer des repères personnels pour petit à petit prendre conscience rapidement des changements remarquables de sa respiration et à long terme en être conscients en permanence de celle-ci**, même lors de la réalisation de tâches complexes. Autre objectif non moins important est **d'améliorer sa capacité expiratoire** et en insistant sur l'expiration pour travailler ses muscles expiratoires (meilleure gestion du poumon ballast, optimisation de l'élimination du CO², meilleure oxygénation...).

Pour le test je procède comme suit :

- Je vais réaliser une inspiration lente et profonde par la bouche, comme si j'aspirais dans une paille en contrôlant le débit d'air qui passe à travers ma « paille ».
- Une fois l'inspiration finie, je marque une très brève pause et je relance mon expiration, toujours par la bouche, de manière lente et profonde en cherchant à la prolonger sans pour autant forcer, juste aider l'air à sortir un peu plus que d'habitude.
- Je marque à nouveau une brève pause et tente d'inspirer à nouveau très lentement, (attention le vrai test démarre maintenant) je porte une particulière attention à l'envie que j'ai d'inspirer. *Ce besoin, traduit l'ordre de contraction automatique liée à l'activation des capteurs du stress, à l'effort ou à une accumulation excessive de CO².*

Résultats possibles du test :

- 1- Je n'éprouve aucun besoin inspiratoire particulier et arrive à inspirer et expirer sans effort particulier.
- 2- Je n'éprouve aucun besoin inspiratoire particulier mais j'ai du mal à inspirer profondément. Ma respiration est « inconfortable ».
- 3- J'éprouve le besoin d'inspirer plus fort mais j'arrive quand même à contrôler mon inspiration.
- 4- J'éprouve le besoin d'inspirer plus fort et j'ai du mal à contrôler mon inspiration, prolonger mon expiration et marquer la pause entre les deux.

Traduction des résultats :

- 1- Je ne suis pas particulièrement fatigué ni stressé je contrôle parfaitement ma ventilation, je peux passer à la suite.
- 2- Je suis peut-être en train de subir les effets du stress, mais je garde le contrôle. Je me concentre sur ma respiration et cherche à relâcher les différentes parties de mon corps en commençant par les pieds tout en respirant calmement et profondément.
- 3- Ceci est sûrement dû à l'activation des capteurs de CO², je m'efforce de prolonger mon expiration pendant quelques instants jusqu'à l'élimination du besoin inspiratoire,
- 4- Un grand nombre de capteurs de CO² est activé, je risque de m'essouffler si je continue à respirer comme ça. Je suis conscient que je vais avoir du mal à contrôler mes réactions ou gestes (techniques d'immersion, équilibre..) mais je peux garder le contrôle en me concentrant. Si je suis en surface, j'évite de descendre dans ces conditions. J'arrête tout mouvement, et je cherche à me relaxer, puis :

- *Si la mer est calme et après avoir vérifié ma flottabilité et l'absence de tout risque (je flotte, j'ai un point d'appui, je ne risque pas de boire la tasse...) j'enlève mon détendeur et me concentre sur ma respiration en forçant sur l'expiration ce n'est qu'une histoire de temps pour reprendre le contrôle.*
- *Si la mer est agitée, je retiens mon envie d'enlever le détendeur, je peux choisir de garder la tête dans l'eau (respiration plus facile avec le détendeur) et respirer dans mon détendeur en forçant sur l'expiration et évitant tout mouvement, je prends patience et me raisonne en m'expliquant que c'est*

normal d'avoir un peu de mal à respirer au début mais que petit à petit je vais reprendre le total contrôle de la situation.

3 – 3 TECHNIQUES MENTALES

La **sophrologie** et la **préparation mentale** ont été réintroduites dans le monde de l'apnée par, entre autres, Jacques Mayol. Elles ont permis l'accès à de nouveaux records et sont redevenues des **critères essentiels à la préparation sportive**. Les applications développées par les apnéistes nous fournissent des repères solides, aisément adaptables la plongée en scaphandre.

De façon générale, sophrologie et préparation mentale permettent l'amélioration notable des **performances**, cérébrales ou sportives, tout en s'accompagnant de **plaisir** et de **bien-être**.

Source : « Prise de conscience et contrôle des automatismes terriens » – Rafael Gonzáles BEES 2 Plongée - Mémoire pour obtention IR – 2008

Les informations traitées volontairement peuvent prendre le dessus sur certains automatismes ou limiter ses effets directement ou indirectement. Les systèmes cognitif et émotionnel sont étroitement liés, il est donc possible d'utiliser notre conscience pour limiter les effets indésirables du stress. L'utilisation des techniques comme la visualisation ou imagerie mentale permet d'activer des zones activées normalement par la perception. Une sorte d'échauffement du circuit nerveux nécessaire à la bonne réalisation de l'action. Ce type de pratique peut permettre à l'apprenant de **modifier son état émotionnel en formant des images mentales bien précises**.

On pourra s'intéresser à l'utilisation de techniques de respiration et relaxation mais aussi de visualisation et projection mentale spécifiques à la plongée ; ou encore, à la mise en place de routines comportementales permettant sa mise en application sur le lieu de plongée. Vérification du matériel, stratégie d'équipement...

3 – 3 . 1 RELAXATION

- Connaître et enseigner quelques techniques de **sophrologie, relaxation**

Source : « L'entraînement et les critères d'amélioration de l'apnée » - Rafael Tejedor Duhamel – cours pour initiateur apnée – 2005

La sophrologie va mettre en œuvre entre autres :

- ✓ L'augmentation de la production d'endorphine dans le cortex par la détente mentale.
- ✓ Une meilleure oxygénation des tissus par une respiration efficace.
- ✓ Une consommation minimale de O₂ grâce à la relaxation des muscles.
- ✓ Une bradycardie.

Le corps et l'esprit sont apaisés, détendus.



- Exemples d'exercices proposés pour les apnéistes :

Source : « L'entraînement et les critères d'amélioration de l'apnée » - Rafael Tejedor Duhamel – cours pour initiateur apnée – 2005

| 1 | Position du corps | Ventilation | | |
|---------------------------|---|---------------|-------------------|----|
| | | Inspiration | Expiration | |
| Objectif : Préparation | <ul style="list-style-type: none"> • Rotation de la tête dans un sens puis dans l'autre. • Rotation des épaules dans un • sens puis dans l'autre. Rotation des hanches, mains sur les hanches. • Pieds écartés, mains sur les cuisses au-dessus des genoux. Dos droit, buste penché. Plier les jambes puis les tendre en étirant l'arrière. • Rotation des chevilles, orteils touchant le sol. | | | X5 |
| | | à la montée | à la descente | X5 |
| | | dans un sens | dans l'autre sens | X5 |
| | | A la descente | A la montée | X5 |
| | | | Normale | X5 |

La position la plus relaxante serait d'être allongé sur l'eau avec une ou deux planches en flottaison sous le dos dans le petit bain ou avec des « frites » de mousse placées à la convenance.

| 2 | Position du corps | Ventilation | | |
|--|---|--|--|-----|
| Objectif : prise de conscience des membres | Allongé ou assis, bras détendus, yeux clos. | Passer en revue chaque partie du corps, membre par membre en les imaginant lourds de plus en plus lourds agréablement lourds... Imaginer cette énergie se diffuser dans tout son corps | | X10 |

| 3 | Position du corps | Ventilation | | |
|--------------------------------------|---|--|---|-----|
| | | Inspiration | Expiration | |
| Objectif : visualiser sa ventilation | Allongé ou assis, bras détendus, yeux clos. | <i>Imaginer une lumière chaude, bleutée, énergisante qui pénètre par le nez.</i> | <i>Imaginer cette énergie se diffuser dans tout son corps</i> | X10 |

| 4 | Position du corps | Ventilation | | |
|---|--|--|--|-----|
| | | Inspiration | Expiration | |
| Objectif : visualiser sa ventilation abdominale | Allongé ou assis, bras détendus, yeux clos. Les mains peuvent être posées sur l'abdomen. | Sentir le diaphragme pousser les abdominaux, en visualisant la ventilation comme précédemment. | Laisser le diaphragme reprendre sa position initiale en visualisant la ventilation comme précédemment. | X10 |

| 5 | Position du corps | Ventilation | | |
|---|---|---|--|-----|
| | | Inspiration | Expiration | |
| Objectif : visualiser sa ventilation thoracique | Allongé ou assis, bras détendus, yeux clos. Les mains peuvent être posées sur les flancs. | Sentir ses côtes s'écarter latéralement, tout en visualisant la ventilation comme précédemment. | Laisser le thorax reprendre sa position initiale tout en visualisant la ventilation comme précédemment | X10 |

| 6 | Position du corps | Ventilation | | |
|--|---|--|--|-----|
| | | Inspiration | Expiration | |
| Objectif : visualiser sa ventilation sous-claviculaire | Allongé ou assis, bras détendus, yeux clos. Les mains peuvent être posées entre la gorge et le haut de la poitrine. | Sentir l'espace sous les clavicules monter, tout en visualisant la ventilation comme précédemment. | Laisser l'espace sous les clavicules reprendre sa position initiale tout en visualisant la ventilation comme précédemment. | X10 |

7

| | Position du corps | Ventilation | | X10 |
|------------------------------------|---|--|--|-----|
| | | Inspiration | Expiration | |
| Objectif : se relaxer complètement | Allongé ou assis, bras détendus, yeux clos. | Imaginer une lumière chaude, bleutée, énergisante qui pénètre par le nez. Sentir l'espace sous les clavicules monter, puis le thorax et le diaphragme pousser le ventre. | Laisser le diaphragme, le thorax, l'espace sous les clavicules reprendre leur position initiale tout en imaginant l'énergie se diffuser dans tout son corps. | |

3 – 3 . 2 PREPARATION MENTALE

- Savoir **utiliser une préparation mentale** et **l'enseigner**

Exemple de l'apnée :

Source : « L'entraînement et les critères d'amélioration de l'apnée » - Rafael Tejedor Duhamel – cours pour initiateur apnée – 2005

La préparation mentale de l'apnéiste va notamment permettre :

- ✓ L'anticipation de la **perception des sources d'informations extérieures** (la bouée, le filin, la thermocline,...) et **intérieures** de son corps (la verticalité, les tympans, le diaphragme,...)
- ✓ La **préparation à l'élaboration des influx nerveux** (c'est le skieur qui visualise son parcours avant sa descente).

En scaphandre :

De la même façon, la visualisation mentale visera à :

- ✓ Préparer les récepteurs au changement de milieu (il fera plus froid, je n'aurai plus le même équilibre).
- ✓ Préparer les moteurs en réaction à ce changement de milieu (je vais devoir adapter mes points d'appuis, mon mode de propulsion, ma respiration).
- ✓ Préparer les moteurs / cognitifs pour les actions « techniques » dont j'aurai besoin lors de ma plongée.
- ✓ Libérer le cognitif en listant à l'avance tout ce à quoi on va devoir penser...
- ✓ Opérer un feed back en vue d'améliorations

Source : « Prise de conscience et contrôle des automatismes terriens » – Rafael Gonzáles BEES 2 Plongée - Mémoire pour obtention IR – 2008

La **projection mentale** est souvent utilisée pour travailler une situation spécifique (exercice technique, situation stressante..) ou corriger des mauvais automatismes.

Elle permet également de :

- ✓ Favoriser la prise de conscience du plongeur en lui renvoyant une image plus concrète.
- ✓ Lister et analyser les informations à traiter à chaque phase de la plongée.
- ✓ Développer et améliorer des capacités d'observation d'analyse et d'autocontrôle.
- ✓ Donner des moyens aux plongeurs d'améliorer leur prise de conscience en plongée.
- ✓ Limiter les risques liés aux comportements et réactions terriens.
- ✓ Favoriser l'autoévaluation et la consolidation des acquis post formation.
- ✓ Mieux profiter de ses plongées en limitant les risques.

Les moments qui précèdent la plongée doivent être utilisés pour **préparer son cerveau à affronter le changement de milieu**. On s'imagine à la place d'un sportif de haut niveau qui cherche à optimiser au maximum sa prestation et qui va chercher à limiter au maximum le nombre d'informations parasites avant et pendant l'épreuve.

Il est important aussi de commencer à **préparer et planifier le déroulement de sa plongée**. Se remémorer une liste descriptive (dressée au préalable sur papier) de toutes les informations qu'on devra gérer à chaque phase de la plongée et la manière on va les traiter. On peut varier le décor ou envisager des situations différentes et se créer ainsi une petite base de données.

Il est primordial dans cette visualisation de se voir aussi en train **respirer consciemment**.

- Exemples **d'exercices** proposés pour les apnéistes :

Source : « L'entraînement et les critères d'amélioration de l'apnée » - Rafael Tejedor Duhamel – cours pour initiateur apnée – 2005

| | | |
|--|--|--|
| 1 | Position du corps | Préparation mentale |
| Objectif : visualiser la décomposition de l'immersion | Dans l'eau juste avant le départ, yeux fermés. | Visualiser et reproduire mentalement chaque phase : ventilation, regard à son équipier, canard, compensation, descente, demi-tour, remontée, reprise de la ventilation... Cette visualisation peut être décomposée en étapes pour favoriser l'assimilation. |
| 2 | Position du corps | Préparation mentale |
| Objectif : ressentir des informations | Dans l'eau juste avant le départ, yeux fermés. | Prendre conscience des informations que l'on ressent ou que l'on reçoit à chaque étape (filin, tympans, thermocline). |
| 3 | Position du corps | Préparation mentale |
| Objectif : visualiser l'immersion au total et ressentir des informations | Dans l'eau juste avant le départ, yeux fermés. | Associer visualisation et ressenti des informations. |

3 – 3 . 3 PLEINE CONSCIENCE

- **Etre capable de percevoir des informations intérieures de son corps**, et savoir donner des **repères** à l'encadré pour qu'il y parvienne

Connaître son état ventilatoire à l'instant t. Apprendre à prendre conscience de sa respiration. Savoir tester sa respiration (voir le paragraphe 3 – 2 . 3), entendre les battements de son cœur.

Connaître son état de stress à l'instant t. Repérer sur soi-même des signes ostensibles de stress : tremblement des mains, excitation, gestes saccadés, inadaptés, rythme ventilatoire accéléré, contractions de muscles en statique (poings, avant-bras, épaules, cou).

- essayer d'agir en **pleine conscience**, inciter le plongeur à faire de même (rien de plus stressant que d'avoir pour cadre un moniteur fébrile... !) durant **l'activité à sec**

Exemples :

Source : « Prise de conscience et contrôle des automatismes terriens » – Rafael Gonzáles BEES
2 Plongée - Mémoire pour obtention IR – 2008



Lors de la phase d'équipement, on cherche à réduire l'effort entraîné par l'équipement tout en gardant l'état de conscience acquis lors de la préparation mentale.

On prend le temps de déterminer ou demander les meilleurs endroits et manière pour s'équiper : *Près de la mise à l'eau, à l'endroit où ça bouge le moins (arrière du bateau, ou dans l'eau..), où le bloc tienne tout seul, où je puisse m'asseoir...* On regroupe son matériel à cet endroit en le portant en plusieurs fois et en limitant l'effort, pendant le transport de la bouteille on se concentre sur sa respiration, la position de ses jambes, son dos...

A chaque fois qu'on met un élément de son matériel on prend conscience de ses mouvements, on les anticipe et en profite pour rechercher des possibles tremblements, des gestes imprécis ou brusques, signes de précipitation ou de stress. On prend conscience de sa respiration, toujours sous contrôle, et on la synchroniser avec ses gestes, on inspire au début du geste et on force un peu l'expiration à la fin du geste.

On s'arrête de temps en temps (entre chaque élément par exemple) et reprend conscience de son environnement, on regarde ses collègues de palanquée, la position du bateau, les palanquées qui sautent à l'eau... Une fois complètement équipé on porte attention à la position de chaque élément de son équipement en commençant par le bas et vérifie qu'il soit correctement positionné ainsi que son bon état de marche.



On prend en dernier son détendeur et respire 2 à 3 fois tout en se concentrant sur le manomètre, on prend conscience de la résistance du détendeur et des possibles mouvements de l'aiguille du manomètre à la recherche de quelque chose d'anormal. On pose son détendeur délicatement et prête attention aux bruits de l'environnement à la recherche d'une possible fuite. On constate que mon équipement est opérationnel et on se re-concentre sur son environnement et sa respiration en attendant la mise à l'eau.

Si la respiration devient un peu moins facile à contrôler, c'est tout à fait normal car on vient malgré tout de réaliser un effort pour s'équiper, on prend le temps de bien expirer pour éliminer le CO² cumulé. On en profite pour visualiser rapidement la démarche à suivre à venir.

- **essayer d'agir en pleine conscience durant l'activité en surface**



Source : « Proposition d'une démarche pédagogique visant à limiter le nombre de remontées dans les ateliers verticaux » - F. Orsini – mémoire d'IR - 2010

Il faut donc prendre en compte ce phénomène et apprendre, dès la pédagogie préparatoire, l'importance du retour à ce nouvel équilibre ventilatoire en surface avant d'envisager une gestuelle en vue de la réalisation d'une technique d'immersion.

Source : « Prise de conscience et contrôle des automatismes terriens » – Rafael Gonzáles BEES 2 Plongée - Mémoire pour obtention IR – 2008

Au moment de me mettre à l'eau je suis concentré sur mon environnement et attends le signal de mise à l'eau (je mets le détendeur au dernier moment).

Dès que je touche l'eau, je prends le contrôle de mes jambes et mains et retiens mon envie de me rattraper et cherche un appui à l'aide des palmes et du gilet.

Je retiens aussi l'envie d'enlever le masque ou le détendeur et me concentre sur ma respiration tout en prenant soin de garder le détendeur immergé (respiration plus facile).

Je vérifie ma position par rapport au bateau à la recherche d'une possible dérive provoqué par le courant, si je m'éloigne du bateau je m'y rapproche sans me précipiter en en gardant le contrôle de ma respiration et de mes mouvements (appuis dans les palmes).

Une fois à côté d'un point d'appui je me tiens en toute douceur sans chercher à sortir la tête de l'eau. Je me concentre sur ma respiration et insiste sur l'expiration pour reprendre le contrôle de la respiration, permettre à mon système nerveux de s'acclimater à cette nouvelle respiration et par là-même vider mes poumons pour faciliter mon immersion.



- **essayer d'agir en pleine conscience durant l'activité en immersion**

Rester vigilant pendant l'activité : observer les signes d'une mauvaise ventilation, réagir. Sur soi-même ou sur les camarades de planquée.

- **garantir une sécurité émotionnelle**

De façon générale, limiter toute source de stress, anticiper, rester vigilant à l'état de stress du PESH, et s'adapter.

Exemple : insécurité due au changement de milieu

Source : « A propos de l'eau » – Dr Gérard Desplos, psychologue clinicien plongeur – 2012

Dès que l'on rentre dans l'eau, celle-ci nous porte, nous enveloppe, nous fait sentir légers. L'équilibre exige de l'attention. La respiration en plongée fait appel à notre capacité de contrôle et de maîtrise. Notre manière de respirer est en totale analogie avec notre manière d'être au monde. Ne jamais oublier que la peur de l'eau est souvent la peur de l'asphyxie, de la suffocation. Conquérir ou reconquérir ce milieu c'est faire la paix avec sa respiration. L'exploration de la profondeur implique d'immerger la tête, ce qui est lourd de signifiant : quitter l'interface de la surface pour s'abandonner à la descente.

Quoiqu'il en soit la règle fondamentale c'est de **mettre un temps de parole nécessaire à la verbalisation d'éventuelles angoisses**, de difficultés, afin que le plongeur ne se sente pas abandonné face à lui-même dans l'après-coup. Il est extrêmement important de mettre en mots les **sensations** éprouvées pour qu'ils puissent mieux prendre conscience de leur corps.

CONCLUSION

Espérant que ce modeste do-
l'importance de la maîtrise venti-
des perturbations provoquées
l'efficacité de la préparation



tion de Handicap, c'est-à-dire, de tous vos Plongeurs. Car nous sommes tous, du fait du
changement de milieu, des Plongeurs en Situation de Handicap. Ou bien ?

cument vous aura sensibilisé à
latoire, de la prise de conscience
par le changement de milieu, de
mentale de vos Plongeurs en Situa-

Merci de m'avoir lue !

BIBLIOGRAPHIE

- « A propos de l'eau » – Dr Gérard Desplos, psychologue clinicien plongeur – 2012
- « Adaptations comportementales de l'homme aux contraintes réglementaires des différentes nages : les techniques de nages » – SIUAPS Université Rennes 1
- « Biomécanique de la natation » - Mathias Quincy – 2005
- « Etude sur la flottabilité du plongeur – Centre de poussée d'Archimède – Centre de gravité » - Christian Trillaud - <http://christian.trillaud.free.fr/buoyancy/>
- « L'apprentissage des exercices à dominante proprioceptive... Les sensations en plongée » - Claire ARFEUILLERE - Mémoire d'Instructeur Régional 2010
- « L'entraînement et les critères d'amélioration de l'apnée » - Rafael Tejedor Duhamel – cours pour initiateur apnée - 2005
- « La brasse » SPS Ecole du sport – 2010 - www.sps-formations.com
- « La préparation mentale en plongée » - Rafael Gonzáles BEES 2 Plongée - séminaire
- « Le certificat de non contre-indication à la plongée en scaphandre autonome » - Dr Pierre TRAPE médecin fédéral MFEH1 - Mémoire DIU Hyperbarie et Plongée, Handicap et Plongée 2010
- « Plongée et myopathie » - Dr Christian Calabuig - Mémoire Méd Hyperbare 2008
- « Plongée et handicap » - Dr Christian Calabuig – Présentation formation EH1 2012
- « Principes des détendeurs » - Henri LE BRIS IN - <http://hlbmatos.free.fr>
- « Prise de conscience et contrôle des automatismes terriens » – Rafael Gonzáles BEES 2 Plongée - Mémoire pour obtention IR – 2008
- « Proposition d'une démarche pédagogique visant à limiter le nombre de remontées dans les ateliers verticaux » - F. Orsini – mémoire d'IR - 2010
- « Tétraplégie et plongée » - Dr Bernard WUYAM, pneumologue - Colloque 2005.
- «L'eau et les soins avec les malades psychotiques chroniques » - Dr Henry Brosseau – article paru dans Vie sociale et traitements - 2002