

LA RESPIRATION DU PLONGEUR

PLAN

I Le Rôle de la respiration

II L'Anatomie de la respiration (description)

- 21 Les organes de transport des gaz
- 22 Les organes d'échange
- 23 Les organes moteurs

III La Physiologie de la ventilation (fonctionnement)

- 31 La mécanique ventilatoire
- 32 Les volumes pulmonaires
- 33 La notion d'espace mort
- 34 La ventilation alvéolaire

IV Les adaptations de la ventilation du plongeur en scaphandre

- 41 La ventilation buccale
- 42 L'augmentation du travail ventilatoire
- 43 Les modifications du cycle ventilatoire
- 44 Le contrôle ventilatoire

V Consommation d'air et autonomie

- 51 Air comprimé et profondeur
- 52 Calculs d'autonomie
- 53 Autres facteurs favorisant
- 54 Conseils pour le guide de palanquée

CONCLUSION

Pour vivre, notre corps doit en continu **s'alimenter en oxygène** qu'il puise dans l'air qu'il respire et **rejeter le gaz carbonique** et de l'eau qu'il fabrique en produisant de l'énergie nécessaire au fonctionnement de ses cellules : c'est le rôle de la **respiration**.

Les organes responsables de cette fonction sont fortement sollicités en plongée ; en effet, l'Homme, terrien n'est pas équipé pour respirer sous l'eau ; pour profiter des merveilles du milieu aquatique, il a dû concevoir un réserve d'air pour respirer à la profondeur désirée: «le scaphandre », bouteille d'air sous pression à l'origine de modifications de sa mécanique ventilatoire.

En comprenant les mécanismes en œuvre dans la respiration qui sous tendent les notions de ventilation, espace mort, consommation d'air et qui président aux accidents de plongée (essoufflement, spasme de la glotte, barotraumatismes des sinus, surpression pulmonaire, noyade, toxicité des gaz...), le guide de palanquée sera à même d'adapter sa ventilation en plongée pour prévenir les risques inhérents à la pratique de la plongée en scaphandre.

I LE ROLE DE LA RESPIRATION

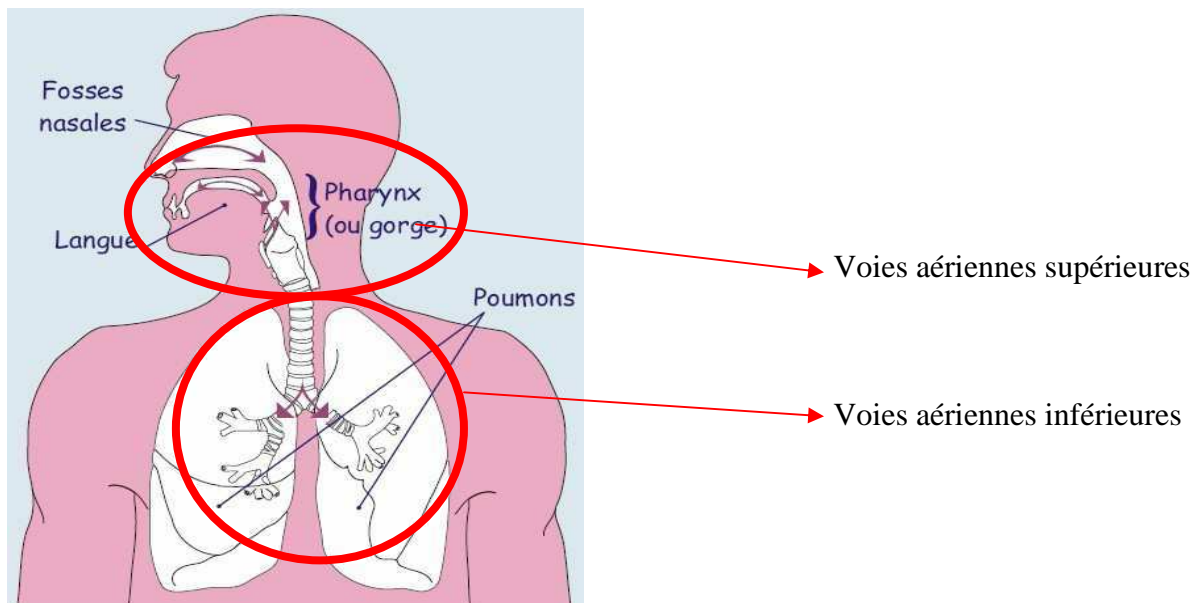
Respirer « c'est » consommer de l' O₂ (air) et rejeter du CO₂ et de la vapeur d'eau (métabolisme cellulaire). Cet échange d'O₂ et CO₂ entre le corps et le milieu se déroule en 2 étapes :

- La ventilation qui assure le renouvellement de l'air, rôle de transport des gaz
- La diffusion qui assure les échanges gazeux au niveau des cellules, rôle de respiration cellulaire (sujet traité dans le prochain cours).

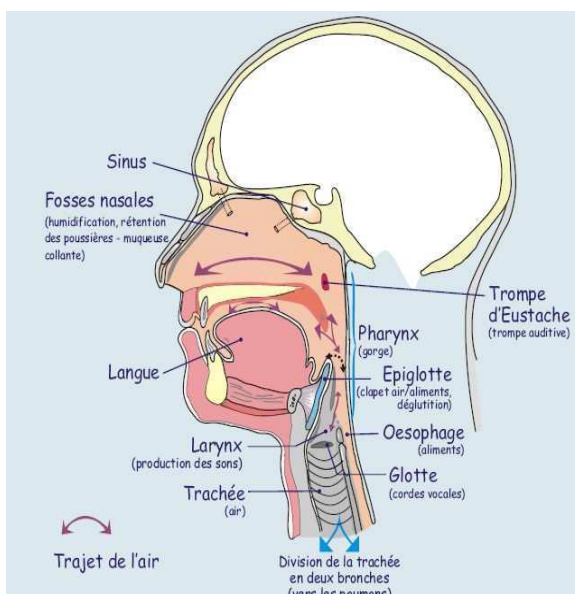
II L'ANATOMIE DE LA RESPIRATION

21 Les organes de transport des gaz

Ils comprennent : les voies aériennes supérieures (VAS) et les voies aériennes inférieures (VAI).



► **Les VAS** : ce sont des voies de conduction de l'air extra thoraciques, elles assurent l'acheminement de l'air de l'extérieur jusqu'aux poumons, et inversement.



- **Les fosses nasales** : ouvertes sur les narines, ce sont des cavités osseuses tapissées d'une muqueuse collante, très vascularisée et constituée de poils, elles transportent l'air inspiré en l'humidifiant, le réchauffant et le filtrant de ses impuretés.

En plongée, Les fosses nasales sont shuntées. Des saignements de nez peuvent apparaître après des manœuvres de Valsalva un peu traumatiques.

- **Les sinus**, cavités emplies d'air, sont reliés aux fosses nasales par de minces canaux ; ils améliorent le réchauffement et l'humidification de l'air inhalé, amplifient la résonance de la voix, allègent le poids du crâne, amortissent les coups.

En plongée, les sinus maxillaires et frontaux peuvent être sujets de barotraumatismes en cas d'obstruction des canaux (cf. Barotraumatismes)

- **La bouche** sert de shunt ou d'assistance des fosses nasales en cas d'obstruction de celle-ci ; mais, elle n'humidifie pas, ni ne réchauffe l'air inspiré.

En plongée, la respiration est essentiellement buccale. L'air comprimé inspiré par le détendeur est refroidi (détente) et filtré ; le filtre du détendeur sert à filtrer les impuretés grossières qui pourraient se trouver dans le bloc. Ce filtre non entretenu peut générer des efforts inspiratoires non négligeables. L'air fourni par le compresseur est sec et filtré (si filtre en bon état), Tout ceci explique en partie le refroidissement et la déshydratation en plongée. Il sera donc nécessaire de compenser ces manques par une hydratation et une alimentation suffisante avant la plongée, un équipement adapté au froid, un détendeur entretenu (filtre changé régulièrement) et de l'air comprimé pur sans poussières.

- **Le pharynx ou gorge**, carrefour aéro-digestif, est situé entre :

- les voies aériennes supérieures : de la cavité nasale au larynx
- les voies digestives : de la cavité buccale à l'œsophage

Il est délimité dans :

- sa partie supérieure par l'orifice de la trompe d'Eustache (communication avec l'oreille moyenne nécessaire à **l'équilibrage des pressions**) et la luette et le palais (rôle dans la déglutition et la phonation et la perméabilité de la trompe d'Eustache. cf. **BTV**)

- sa partie inférieure formée en avant par l'orifice du larynx (air) surmontée d'un clapet, l'épiglotte, et en arrière par l'orifice de l'œsophage (aliments et liquides) sans clapet (pourquoi ?)

- **Le larynx**, organe complexe, il assure un rôle dans la respiration, la phonation, la déglutition et dans la défense de l'organisme en cas d'irritation (blocage ou spasme) ; il est constitué de :

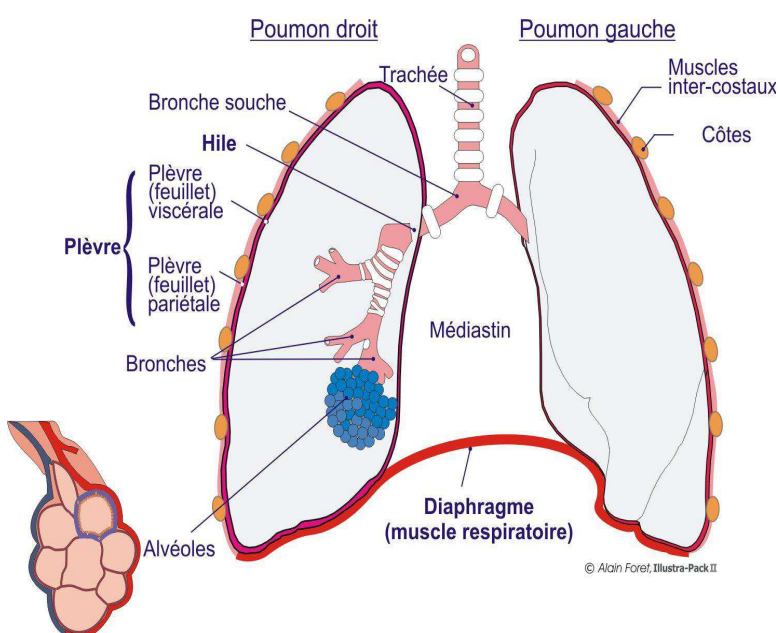
- **l'épiglotte**, clapet situé dans sa partie supérieure qui ferme l'orifice laryngé au moment de la déglutition pour empêcher le passage d'aliments/liquides dans la trachée.

- **la glotte**, orifice formé de 2 cordes vocales (organe de la phonation) permet l'accès à la trachée. Elle s'ouvre et se ferme volontairement ou involontairement au moment de la parole, du chant...**d'efforts** et de la ventilation !

En plongée, son ouverture à la remontée garantit une absence de surpression pulmonaire. Mais sous l'effet d'une entrée d'eau dans les fosses nasales, de stress ou de panique, elle peut se fermer par réflexe pour protéger les VAI : c'est le spasme glottique ou laryngospasme.

Veiller à l'expiration chez les jeunes plongeurs à la remontée (présence de bulles en sortie de détendeur) et aux conditions de plongées rassurantes.

► **Les VAI** : ce sont des voies de conduction de l'air intra thoraciques, elles assurent l'acheminement de l'air de la partie inférieure de la trachée jusqu'aux poumons, et inversement.



- **La trachée** : conduit aérien formé d'une armature cartilagineuse se terminant par les 2 bronches souches

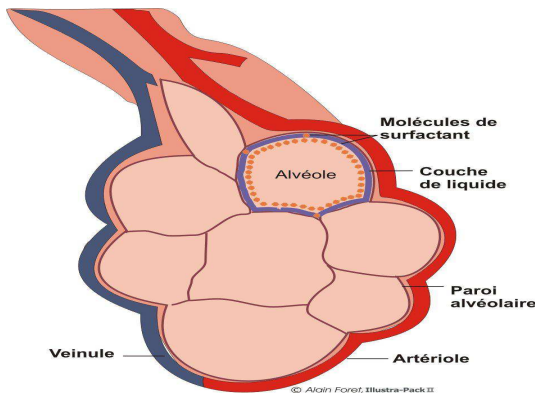
- **Les 2 bronches souches** (1,2cm) pénètrent dans les poumons par le **hile**, zone d'insertion fragile pour donner naissance à des bronches de plus en plus étroites jusqu'à devenir

- **Les bronchioles** (0,5mm) et aboutir aux alvéoles pulmonaires ; environ 1 million de bronchioles terminales à l'intérieur des lobules pulmonaires.

- **Les poumons**, 2 sacs remplis de lobules pulmonaires contenant 700 millions d'**alvéoles** où les échanges gazeux ont lieu.

22 Les organes d'échange

Siège des échanges gazeux (O₂, CO₂, N₂), les alvéoles représentent une surface d'échange de 150 à 200 m². Cavité sphérique de 0,1 à 0,3 mm de diamètre, elle sont entourées d'un filet dense de capillaires où ont lieu les échanges de gaz à travers la membrane alvéolo-capillaire: **entrée d'O₂ et d'N₂ dans le sang, évacuation de CO₂ et d'N₂ dans l'air expiré.**



Leur paroi interne est tapissée **de liquide et de surfactant** :

- Le rôle du liquide est de dissoudre les gaz avant leur diffusion au travers des parois
- Le rôle du surfactant est d'éviter l'affaissement des alvéoles en cas d'expiration forcée et de faciliter les entrées et sorties d'air.

La fabrication du surfactant se fait quelques heures avant la naissance. Les enfants prématurés n'en sont pas pourvus, ce qui rend difficile leur ventilation naturelle et même artificielle...

La maturité pulmonaire de l'enfant n'est effective qu'entre 6 et 8 ans grâce à l'élasticité de la paroi alvéolaire (diamètre de 0,1mm en expiration forcée jusqu'à 0,5 mm en inspiration forcée) et l'efficacité du surfactant, ce qui explique l'âge de la pratique de la plongée enfant.

Une exposition prolongée (6h à 30h) à une pression partielle élevée d'oxygène, peut amener à la détérioration du surfactant: c'est l'effet pneumo-toxique décrit par LORRAIN-SMITH, inexistant en plongée loisir.

La notion de shunt pulmonaire:

L'augmentation de la pression intra-thoracique peut favoriser l'ouverture de circuits de dérivation (Foramen ovale et capillaires pulmonaires), qui permettent le passage direct de sang veineux dans le sang artériel, et laisser passer des bulles risquant de causer un accident de décompression. L'effet shunt est un territoire pulmonaire perfusé mais mal ventilé.

En plongée : Ne pas réaliser d'efforts, d'apnée et de Valsalva à la remontée. Une surpression pulmonaire peut causer des lésions de la paroi alvéolaire n'autorisant plus les échanges gazeux.

23 Les organes moteurs

Outre les organes de conduction et d'échange, la mécanique ventilatoire dépend d'organes moteurs essentiels à son intégrité.

* La cage thoracique

Protégés par les côtes, les poumons occupent la grande partie de la cage thoracique, ils sont solidaires d'elle grâce au vide pleural. Elle comprend un espace qui sépare les 2 poumons « le médiastin » dans lequel se trouve le cœur, l'œsophage, les gros vaisseaux et les nerfs.

* La plèvre.

Enveloppe composée d'un feuillet viscéral, interne accolé au poumon et d'un feuillet pariétal, externe accolé à la cage thoracique, au médiastin et au diaphragme. Entre ces 2 feuillets, un liquide lubrifiant permet un glissement l'un sur l'autre des feuillets pendant la ventilation tout en restant solidaires avec les côtes et le poumon: c'est le **vide pleural**.

Si une brèche est créée dans un des feuillets de la plèvre (traumatisme, surpression pulmonaire, bulles d'ADD...), le vide disparaît et l'espace rempli de sang (hémothorax) ou d'air (pneumothorax) va comprimer le poumon, altérer la mécanique ventilatoire et générer des difficultés respiratoires.

* Les muscles respiratoires

Le **diaphragme** est le muscle inspiratoire principal (60% de la capacité inspiratoire).

Dans l'inspiration forcée, il intervient avec les muscles du cou (scalènes, SCM, ailes du nez...) et les intercostaux externes (releveurs des côtes). Dans l'expiration forcée, il intervient avec les muscles abdominaux, intercostaux internes (abaisseurs des côtes)...

* La régulation nerveuse

Les mécanismes ventilatoires sont commandés de manière automatique par le bulbe et sous contrôle en partie des centres supérieurs de la volonté (apnée). Ils sont dépendants des taux sanguins de gaz carbonique, d'oxygène, et du pH sanguin.

En effet, l'envie de respirer provient en premier lieu de l'excès de CO₂ sanguin, il est le stimulus essentiel de l'inspiration. Attention à l'hyperventilation de l'apnéiste qui en abaissant anormalement son taux de CO₂ ne va pas éprouver le besoin de respirer alors que l'abaissement de son taux d'O₂ l'exige : c'est la syncope hypoxique.

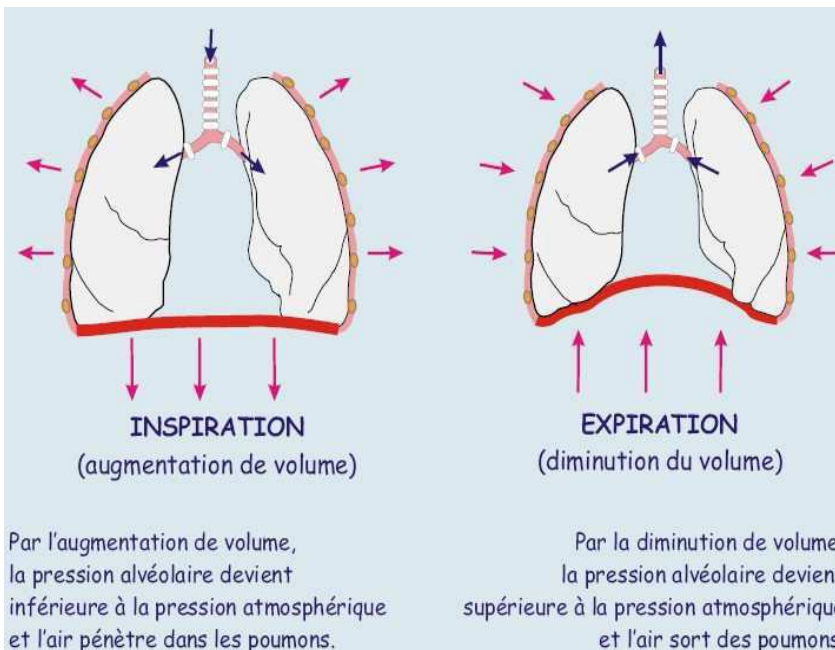
- Le centre bulbaire contrôle la fréquence respiratoire de base de façon automatique en envoyant périodiquement un influx aux muscles inspirateurs (rythme de 12 à 20 cycles/ mn).

- L'augmentation du taux de CO₂ dans le sang artériel va stimuler les récepteurs centraux (chémo-récepteurs du bulbe rachidien) et périphériques (chémo-récepteurs de l'aorte et du sinus carotidien) pour augmenter la fréquence et l'amplitude ventilatoire jusqu'à ce que le taux de CO₂ revienne à la normale.

III LA PHYSIOLOGIE DE LA VENTILATION

31 La mécanique ventilatoire

Les changements de volume et donc de pression expliquent la mécanique ventilatoire



- **L'inspiration** : La hausse du taux de CO₂ artériel stimule les chémorécepteurs qui informent les centres respiratoires bulbaires. Ces derniers commandent au diaphragme de s'abaisser et aux muscles intercostaux externes de se contracter via le nerf phrénique. La solidarité de l'ensemble poumons-côtes-muscles crée ainsi une augmentation de volume de la cage thoracique ce qui fait baisser la pression dans les poumons où l'air s'engouffre, aspiré par dépression. C'est **une phase active**

- **A l'inverse, lors de l'expiration**, les muscles et le diaphragme se relâchent. La baisse du volume thoracique entraîne une augmentation de pression qui expulse l'air vers l'extérieur. C'est une **phase passive** pour un individu au repos.

A la fin de l'expiration, il existe une pause ventilatoire.

L'expiration devient **active** par la contraction des muscles abdominaux et intercostaux internes (abaisseurs des côtes) en cas d'effort, d'essoufflement ou en situation de plongée (ventilation sur détenteur). La pause respiratoire de fin de cycle disparaît.

En plongée, l'expiration est active et nécessite un apprentissage et une adaptation :

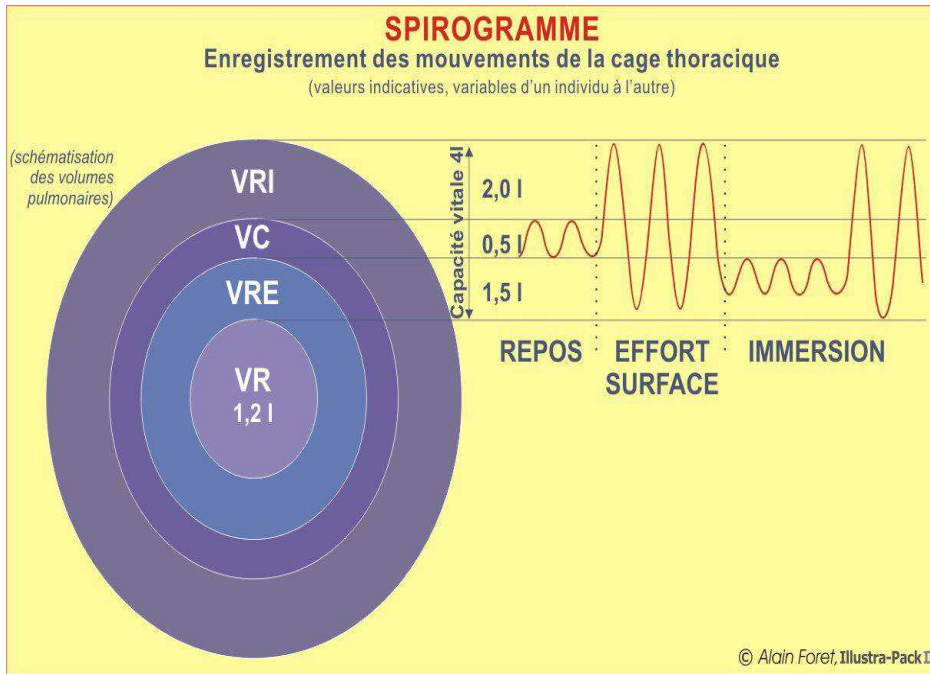
- Pour s'immerger par la technique du phoque, il faut expirer rapidement et profondément

- Pour vaincre la résistance du mécanisme du détenteur, il faut expirer activement, plus qu'en surface,

- Pour l'exercice niveau 4 de la remontée sans embout, il faut contrôler l'expiration, ne pas relâcher le diaphragme d'un seul coup.

- Au fait, Pourquoi l'œsophage ne possède-t-il pas de clapet comme le larynx (épiglotte) pour empêcher l'air de passer dans l'estomac? Lors de l'inspiration, contrairement aux poumons, il règne dans l'œsophage la même pression qu'à l'extérieur, l'air n'y pénètre pas parce que le diaphragme n'agit pas sur l'estomac.

32 Les volumes pulmonaires

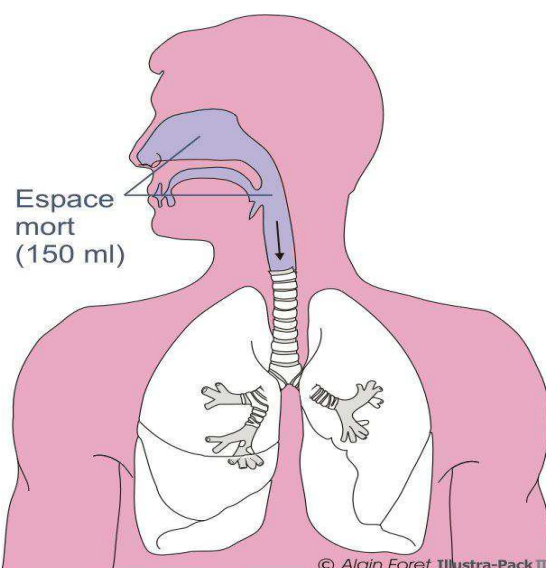


- **Le volume courant (VC)** : volume d'une inspiration d'un adulte au repos en surface = 0,5L d'air
- **La fréquence respiratoire (FR)** : 12 à 20 cycles/mn soit un débit ventilatoire de 7,5 à 10 L/mn
- **En ventilation forcée**, les volumes de réserve sont :
Inspiratoire = 2 l (**VRI**)
Expiratoire = 1,5 l (**VRE**)
- **La capacité vitale (CV)** : somme des volumes mobilisés au cours d'un effort de 3,5 l chez ♀, 4,5 l chez ♂

A l'effort, c'est-à-dire en augmentant l'amplitude et la

fréquence ventilatoires, le débit peut atteindre 100 à 120 l/min chez les sujets non entraînés, 250 l/min chez certains athlètes. Il nous est bien évidemment impossible de vider la totalité de nos poumons. Le volume incompressible ou résiduel (**VR**) correspond approximativement à 1,2 l. La **capacité totale** correspond à la somme de la **CV** (4 l) et du **VR** (1,2 l) s'élevant à 5,2 l. **En plongée**, les volumes de réserve inspiratoire et expiratoire sont très sollicités. Ils permettent de maîtriser et d'adapter la ventilation à l'exemple du poumon ballast.

33 La notion d'espace mort anatomique



L'espace mort anatomique représente le volume d'air qui ne participe pas aux échanges gazeux entre les alvéoles et le sang, car balayant les conduits des VAS et VAI sans atteindre les alvéoles (nez, bouche, pharynx, larynx, trachée, bronches,...) et correspond à 150 ml chez l'adulte. Cela signifie que lors d'une inspiration de 500 ml, seulement 350 ml participent aux échanges alvéolaires. De plus, les 150 ml de l'espace mort riche en CO₂ parviennent d'abord aux alvéoles avant d'être complétés par de l'air enrichi en O₂, ce qui limite l'efficacité du renouvellement de l'air. Lors de l'essoufflement l'augmentation de la FR et la réduction du VC « augmentent » l'espace mort et diminuent la ventilation alvéolaire.

En plongée, attention au volume du tuba qui augmente notre espace mort ; ainsi, pour le 800m PMT...prévoir un

tuba avec soupape expiratoire ou expirer par le nez pour réduire le risque d'essoufflement!

3 4 la ventilation alvéolaire

Puisque c'est au niveau des alvéoles qu'ont lieu les échanges gazeux, le plus important est la ventilation alvéolaire. Elle est fonction du volume/mn, de la fréquence, et de l'espace mort. Ainsi pour un plongeur respirant 10 l/mn et dont la fréquence respiratoire varie ...

V/mn	F	VC	EM	Volume Alv	Ventilation Alv
10l/mn	10	1000ml	200ml	800ml	8000ml
10l/mn	20	500ml	200ml	300ml	6000ml
10l/mn	30	333ml	200ml	133ml	4000ml
10l/mn	40	250ml	200ml	50ml	2000ml

La diminution de la ventilation alvéolaire conduit à l'accumulation du CO₂ qui est insuffisamment éliminé, à une stimulation de la respiration qui va encore augmenter en fréquence ...c'est le cercle vicieux de l'essoufflement. D'où l'intérêt de contrôler sa ventilation en plongée en réalisant des apnées inspiratoires pour vérifier un début d'essoufflement.

IV LES ADAPTATIONS DE LA VENTILATION DU PLONGEUR EN SCAPHANDRE

41 La ventilation buccale

La ventilation en plongée est exclusivement buccale et nécessite un apprentissage et une adaptation à cette modalité ventilatoire :

- maîtrise de la dissociation bucco nasale : automatisme VDM, gestion du stress
- hydratation avant et après la plongée pour compenser les pertes hydriques et caloriques liées à l'air inspiré sec et froid du bloc, non réchauffé par le nez.
- entretien régulier du détendeur (filtre changé) et du compresseur pour bénéficier d'un air comprimé pur sans poussières.

42 L'augmentation du travail ventilatoire

En plongée, plusieurs facteurs sont responsables de l'augmentation du travail ventilatoire.

- **L'augmentation de la viscosité de l'air** (densité) liée à la pression: en surface, la masse volumique de l'air est de 1,3 g/L pour une pression ambiante de 1 ATA. Au fur et à mesure que la pression augmente, la masse volumique augmente, la viscosité de l'air augmente et donc les résistances dynamiques augmentent ayant pour effet de **diminuer le débit ventilatoire** et d'augmenter le travail des muscles ventilatoires. Réduit dès 30 à 40 m, le débit maximal atteint 70% de sa valeur de surface à 60m. « Ainsi, en plongée, les débits ventilatoires maximaux de sujets sains sont comparables à ceux des sujets insuffisants respiratoires en surface »

- **L'augmentation de l'afflux sanguin (0,7 l) vers le thorax** liée à la poussée d'Archimède avec une redistribution d'une partie du sang dans les vaisseaux pulmonaires **ayant pour effet de réduire les volumes pulmonaires** et d'augmenter le travail des muscles ventilatoires.

Ce phénomène est accentué par le port de la **combinaison** comprimant plus ou moins la poitrine.

- **La réduction de l'élasticité de la cage thoracique** avec l'élévation de la pression ambiante.

- **L'augmentation de l'espace mort artificiel du fait du détendeur (air mobilisé pour rien)**

- **La résistance ventilatoire accrue pour déclencher les valves du détendeur** qui rend plus difficiles les inspirations « tête haute » et les expirations « tête basse » **même avec un détendeur bien réglé.**

43 Les modifications du cycle ventilatoire

A l'**inspiration**, après un bref effort nécessaire pour ouvrir les clapets, le détendeur délivre un air à une pression légèrement supérieure à la pression ambiante ; l'inspiration reste légèrement active.

A l'**expiration**, il faudra fournir un effort pour lutter contre la pression ambiante et la valve d'évacuation du détendeur. La seule élasticité pulmonaire ne suffit pas, **l'expiration va donc devenir active ayant pour effet la réduction des débits expiratoires (VRE)) et l'augmentation de la VR ; la ventilation se fait dans le VRI.**

La **pause respiratoire** de fin de cycle est faite ici en **inspiration**.

Il existe donc en plongée **des modifications du cycle ventilatoire** que le plongeur doit connaître afin de bien **gérer sa respiration** et prévenir un essoufflement. En cas d'essoufflement débutant, il devra lutter contre les réflexes "terrestres", en limitant le déplacement du **VC** vers le **VRI**.

44 Le contrôle ventilatoire

Gérer sa respiration sous l'eau, c'est apprendre à effectuer un contrôle ventilatoire, gage de sécurité dans toute situation de plongée.

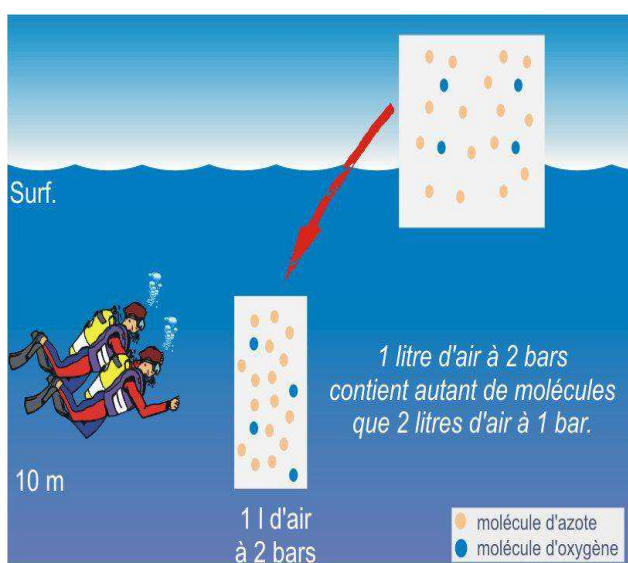
- Prendre conscience de sa ventilation : rythme lent et profond à 10 cycles/ min
- Forcer sur l'expiration et limiter l'inspiration contrairement au réflexe inné.
- Réaliser des apnées de contrôle en fin d'inspiration de 3 à 5 s variables selon les plongeurs, si difficile à tenir $\leq 2s$, début d'essoufflement ; ne pas réaliser à la remontée ou au palier.
- Plonger à l'économie physique, ne pas faire faire d'efforts inconsidérés (guide de palanquée)

V CONSOMMATION D'AIR ET AUTONOMIE

Plonger en scaphandre fait qu'en immersion nous respirons de l'air à la pression ambiante qui a une incidence directe sur notre autonomie.

Tout guide responsable d'une palanquée doit savoir gérer son stock d'air et celui des membres de sa palanquée pour plonger en toute sécurité.

51 Air comprimé et profondeur

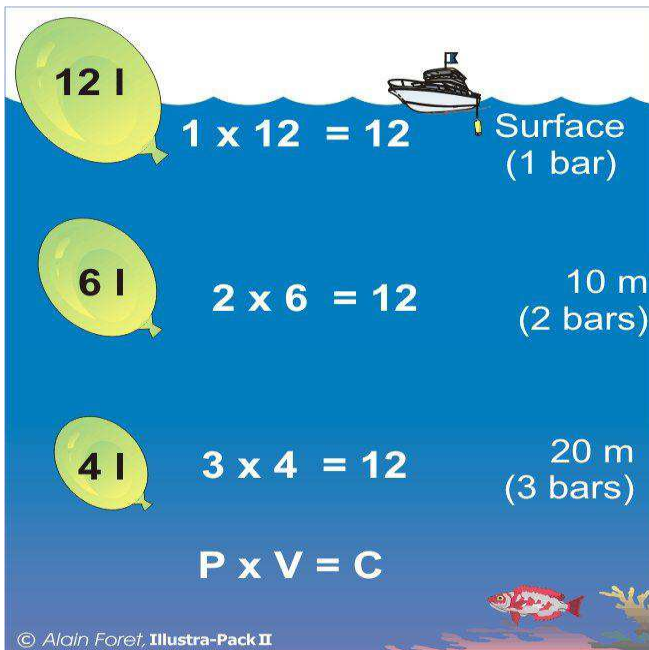


© Alain Foret, Illustration-Pack II

A effort égal, notre consommation d'air est la même en surface qu'en profondeur. Mais la masse volumique de l'air respiré (densité) varie, ce qui signifie qu'1 litre d'air à une pression de 2 bars contient 2 fois plus de molécules qu'à 1 bar.

En conséquence, l'autonomie en air du plongeur diminue de manière inversement proportionnelle à la pression.

Lorsque la pression est multipliée par 2, l'autonomie est divisée par 2.



Ce phénomène met en évidence une relation directe entre pression (P) et volume (V) d'un gaz dont le produit est une constante (C) lorsque le gaz ne peut s'échapper.

C'est la fameuse Loi de Mariotte qui établit qu'à température constante, le volume d'une masse gazeuse est inversement proportionnel à la pression qu'il subit.

Ou encore

$$P \times V = C$$

Ou encore

$$P_{\text{surf}} \times V_{\text{surf}} = P_{\text{fond}} \times V_{\text{fond}} = C$$

Exemple : 4 litres d'air inspirés à 20 m équivalent à 12 litres en surface

$$P_{\text{surf}} \times V_{\text{surf}} = P_{\text{fond}} \times V_{\text{fond}} = C \quad \blacktriangleright \quad 1 \text{ bar} \times V_{\text{surf}} = 3 \text{ bars} \times 4 \text{ litres}$$

d'où $V_{\text{surf}} = 3 \times 4 / 1 = 12 \text{ litres}$

52 Calculs d'autonomie

1 Sans réserve : Calculons l'autonomie à 30 mètres de profondeur d'un plongeur respirant 15 litres d'air par minute et disposant d'un bloc de 12 litres à 200 bars.

Méthode 1 : calculer sa consommation en litres équivalent surface à la profondeur donnée.

Une consommation de 15 litres d'air à 30 mètres (4 bars) par minute correspond à : $15 \times 4 = 60$ litres d'air par minute en équivalent surface. Il suffit alors de diviser le volume d'air disponible en surface par 60 soit : $(12 \times 200) / 60 = 2400 / 60 = 40$ minutes. Le plongeur pourra rester 40 minutes.

Méthode 2 : calculer le volume d'air disponible à la profondeur donnée. Les 2400 litres d'air disponibles en surface dans le bloc correspondent à $2400 / 4 = 600$ litres d'air à 4 bars. Le plongeur consommant 15 litres d'air par minute, on obtient une autonomie de $600 / 15 = 40$ minutes.

2 Avec réserve : Pour être plus complet, il convient de calculer son autonomie en tenant compte de la marge de sécurité. En effet tout plongeur doit remonter en surface en ayant conservé **une pression de 50 bars dans sa bouteille** : c'est ce qu'on appelle communément la réserve. Il convient donc de retirer de la pression initiale de la bouteille les **50 bars de la réserve**. Le volume d'air disponible en surface pour un bloc de **12 litres gonflé à 200 bars** est alors de $(200-50) \times 12 = 1800$ litres d'air. On obtient alors les calculs d'autonomie suivants :

Méthode 1 : Le plongeur consomme 60 litres d'air par minute en équivalent surface. Son autonomie est de $1800 / 60 = 30$ minutes.

Méthode 2 : Les 1800 litres d'air disponibles en surface correspondent à $1800 / 4 = 450$ litres à 30 mètres. Le plongeur consomme 15 litres d'air par minute, son autonomie est donc de $450 / 15 = 30$ minutes

3 Exercices :

Exercice 1 : Calculer l'autonomie en cas de consommation de 30l/min. Conclure.

Solutions : -10 m ► 50 min, -20 m ► 33 min, -40 m ► 20 min

Exercice 2 :

Les membres de votre palanquée sont équipés de bloc 15 litres gonflés à 200 bar, ils consomment 30l/min. La plongée se fait sur un fond de 40 m. Le DP vous demande d'entamer la remontée à 80 bar. Calculer combien de temps vous pourrez rester en plongée (descente et remontée négligées).

Solution :

120 bar disponibles ► 1800 litres disponibles en surface.

Plongée à -40 m donc à 5 bar.

1800 litres disponibles en surface ► 360 litres à -40 m.

360 litres à 30 l/min ► 12 min

Exercice 3 :

Un plongeur sort de 50 min de plongée à -30m avec 20 bar dans sa bouteille 15l initialement gonflée à 220 bar. Calculer sa consommation en litre/min (descente et remontée négligées).

Solution :

200 bar consommé ► 3000 litres consommés en surface.

Plongée à -30 m donc à 4 bar. 3000 litres consommés en surface ► 750 litres à -30 m.

750 litres en 50 min ► 15 l/min.

53 Autres facteurs favorisant la consommation et l'autonomie

- Le niveau de stress, généré par exemple par des conditions de plongée difficiles (faible visibilité, courant), augmente la consommation d'air.
- Le froid a aussi un effet sur notre ventilation et augmente la consommation d'air.
- L'équipement : un lestage mal adapté, une combinaison ou un gilet stabilisateur trop serré par exemple provoquent une surconsommation d'air.
- L'entraînement physique : une bonne hygiène de vie, un entraînement régulier en mer ou en piscine permettent de diminuer la consommation.
- Un comportement "nerveux" : palmage inefficace ou rapide, mouvements de bras... ont aussi un effet néfaste sur la consommation.
- Le facteur physiologique : chaque individu a une consommation "de base" qui lui est propre
- Une mauvaise maîtrise de son équilibre et de sa flottabilité.

54 Conseils pour un guide de palanquée

Ils s'inscrivent dans le sens de la prévention de l'essoufflement et de la panne d'air

1. Contrôles réguliers du manomètre des membres de la palanquée
- 2 Rappels des signes de «mi- pression» et «je suis sur réserve» au briefing pour les débutants et N1
- 3 Attention à la consommation dans l'espace lointain avec des novices N2
- 4 Garder à l'esprit le risque d'essoufflement et l'impact sur l'autonomie :
lors d'un essoufflement, un bloc de 15 l gonflé à 200 bars avec un débit ventilatoire à 120 l/min passe d'environ 6 minutes à 20 mètres, à moins de 4 minutes à 40 mètres!
- 5 Prévenir l'essoufflement en contrôlant la ventilation des membres de sa palanquée : quantité de bulles expirée, position dans l'eau, équilibre et utilisation du poumon ballast....
- 6 Soigner et Vérifier au bon fonctionnement du matériel et à l'ouverture des blocs.
- 7 Rappeler le signe « je suis essoufflé » et insister sur son alerte précoce.

CONCLUSION

Chaque inspiration et chaque expiration ont une influence directe sur l'organisme du plongeur, sa saturation en azote, ses échanges gazeux, mais aussi sa flottabilité, son équilibre, son état de relaxation et son confort.

En somme, pour se faire plaisir sous l'eau, en toute sécurité, il faut apprendre à y respirer... Lentement et profondément.