



## LES ECHANGES GAZEUX

- 1) Un troc indispensable :
- 2) Comprendre les mécanismes de certains accidents :
- 3) Principes des échanges gazeux :
  - a) Etape alvéolaire
  - b) Etape tissulaire
- 4) Mode de transport des gaz :
- 5) Relation avec la pression :
- 6) Et en plongée, que se passe t'il ?
- 7) Bibliographie :
- 8) Lexique :

### 1) Un troc indispensable :

Gonflé d'oxygène et de nutriments quand il pénètre dans nos organes, le sang en ressort chargé de gaz carbonique et de déchets organiques. Sans ce troc nos cellules ne survivraient pas.  
Ceci résume de façon rapide ce que nous allons développer au cours de cette séance.

### 2) Comprendre les mécanismes de certains accidents :

Ce cours va nous permettre de mieux comprendre les mécanismes de certains accidents de plongée en étudiant le transport des gaz respiratoire par le sang ainsi que les échanges gazeux au sein de notre organisme. D'autre part cette connaissance fait partie de la compétence 7, justifier par la physiologie, les mécanismes de ces accidents.

### 3) Principes des échanges gazeux :

Les échanges gazeux se déroulent en deux étapes : une phase alvéolaire et une phase tissulaire, le sang jouant le rôle de transporteur de l'une à l'autre.

#### Rappels :

Composition de l'air :  
Azote : 79 %  
Oxygène : 20,9 %  
Gaz carbonique : 0,03 %  
Traces de Néon, Argon, Krypton, Xénon, Radon, Hélium,  
Hydrogène

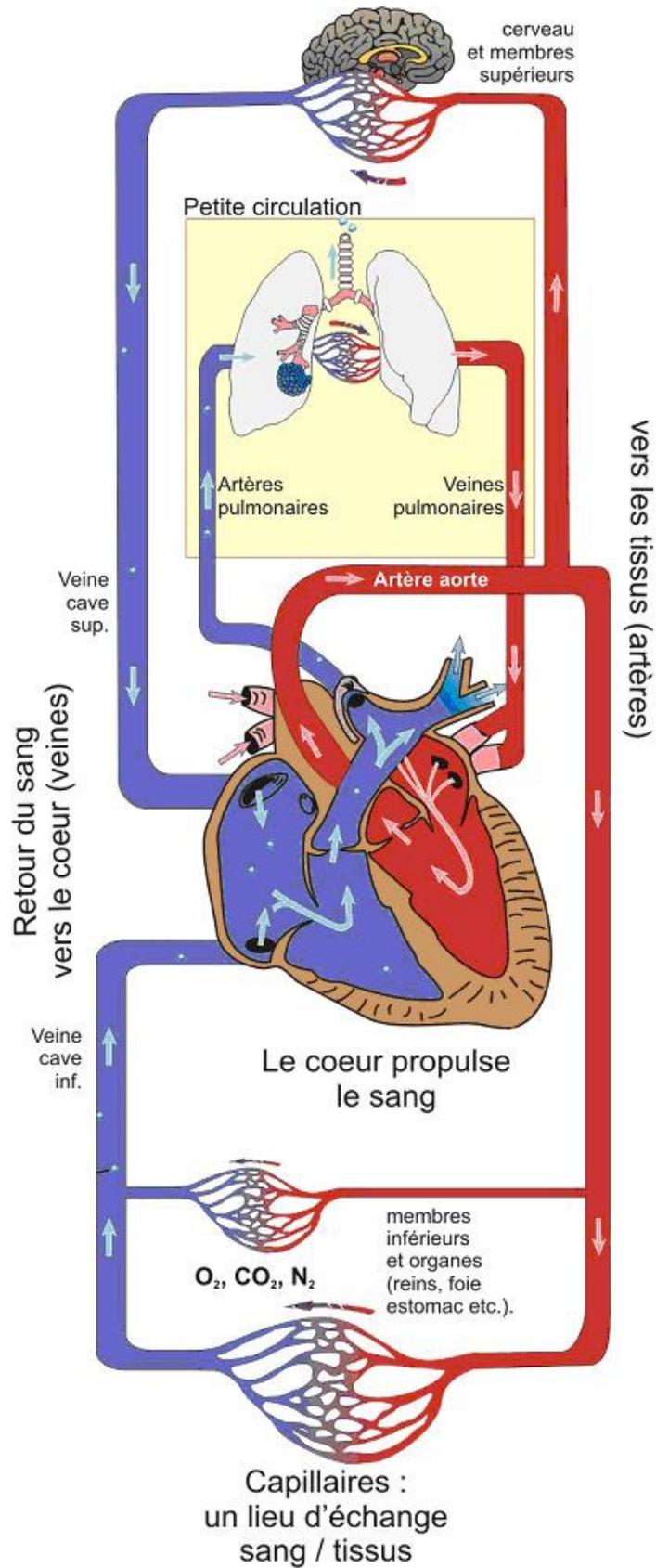
Le système ventilatoire, assure le renouvellement des gaz à partir de l'air extérieur dans les alvéoles pulmonaires.

La respiration se définit comme un échange d'O<sub>2</sub> et de CO<sub>2</sub> entre le corps et le milieu  
Elle se déroule en deux étapes :

- a) La ventilation assure le renouvellement de l'air
- b) La diffusion assure les échanges au niveau des cellules

Le système circulatoire, transporte les nutriments et l'oxygène et élimine le gaz carbonique et les toxines.

- La **ventilation pulmonaire** qui permet le transfert de l'oxygène de l'air que nous respirons aux alvéoles pulmonaire
- La **diffusion pulmonaire** qui permet le passage de l'oxygène à travers la membrane alvéolo-capillaire des alvéoles aux globules rouges qui sont dans les capillaires pulmonaires
- La **circulation** des globules rouges des poumons jusqu'aux tissus grâce au cœur
- La **diffusion de l'oxygène du sang** qui irrigue les tissus jusque dans les cellules
- **L'utilisation de l'oxygène** par le métabolisme cellulaire pour produire de l'énergie
- **L'élimination du gaz carbonique** (produit par la combustion de l'O<sub>2</sub>) par l'expiration

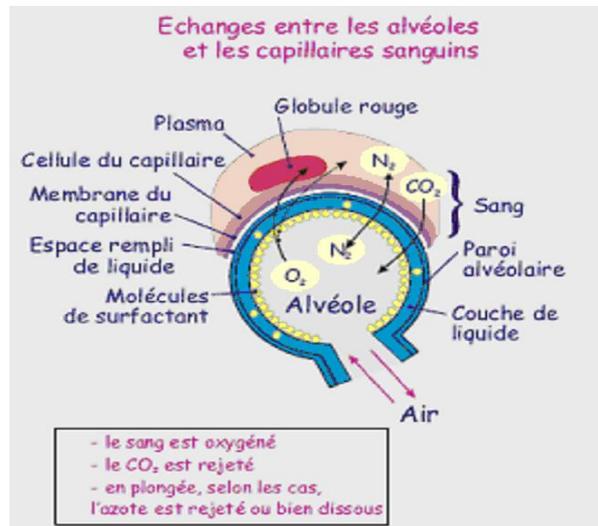
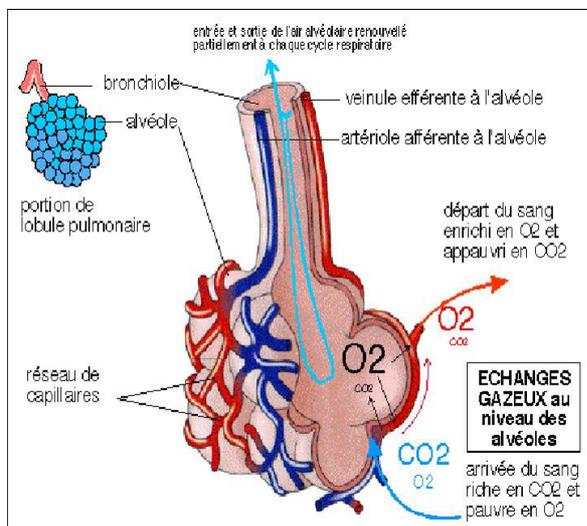


### a) Etape alvéolaire :

- C'est l'étape primaire des échanges gazeux.
- C'est dans les alvéoles pulmonaires qu'on lieu les échanges respiratoires.
- Ces échanges se font par diffusion : processus physique qui veut que les molécules d'O<sub>2</sub> passent d'un compartiment où elles sont hautement concentrées vers un compartiment de plus basse concentration.

L'échange gazeux par différence de Pp se fait en moins d' 1/2 seconde et la circulation dans les capillaires alvéolaires se fait en moins d'1 seconde, le temps de contact (le parcours du sang dans les capillaires autour de l'alvéole) est suffisant pour que l'échange se fasse correctement.

Les alvéoles ont pour principales fonctions d'enrichir le sang d'O<sub>2</sub> et d'éliminer du sang le CO<sub>2</sub> évacué par l'expiration.



Cette phase appelée **l'hématose** est relativement complexe, puisque, si nous prenons l'exemple du passage de l'alvéole vers le sang, pour atteindre le plasma, les molécules traversent successivement :

- l'alvéole (surfactant, liquide et paroi alvéolaire)
- le liquide interstitiel qui remplit l'espace entre l'alvéole et le capillaire
- la membrane et la cellule de la paroi capillaire

**HEMATOSE** : Ensemble des échanges alvéolo-capillaires permettant l'apport d'oxygène au sang et l'élimination du gaz carbonique produit par les cellules.

**Sang hématosé** : sang riche en oxygène

b) Etape tissulaire :

Au fur et à mesure de son parcours dans notre corps, le sang libère des molécules d'O<sub>2</sub>.

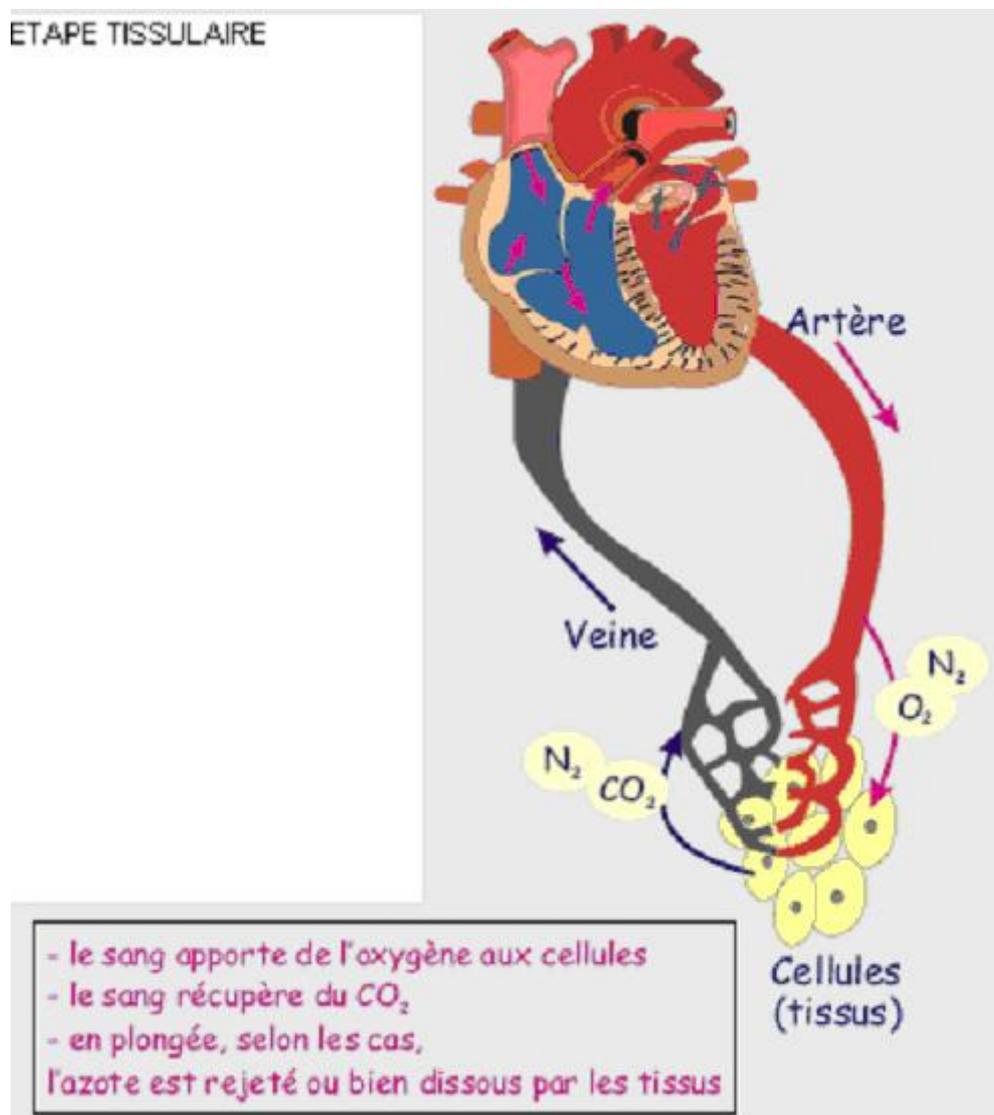
Ces molécules se fixent sur les cellules qui en contreparties, rejettent du CO<sub>2</sub>.

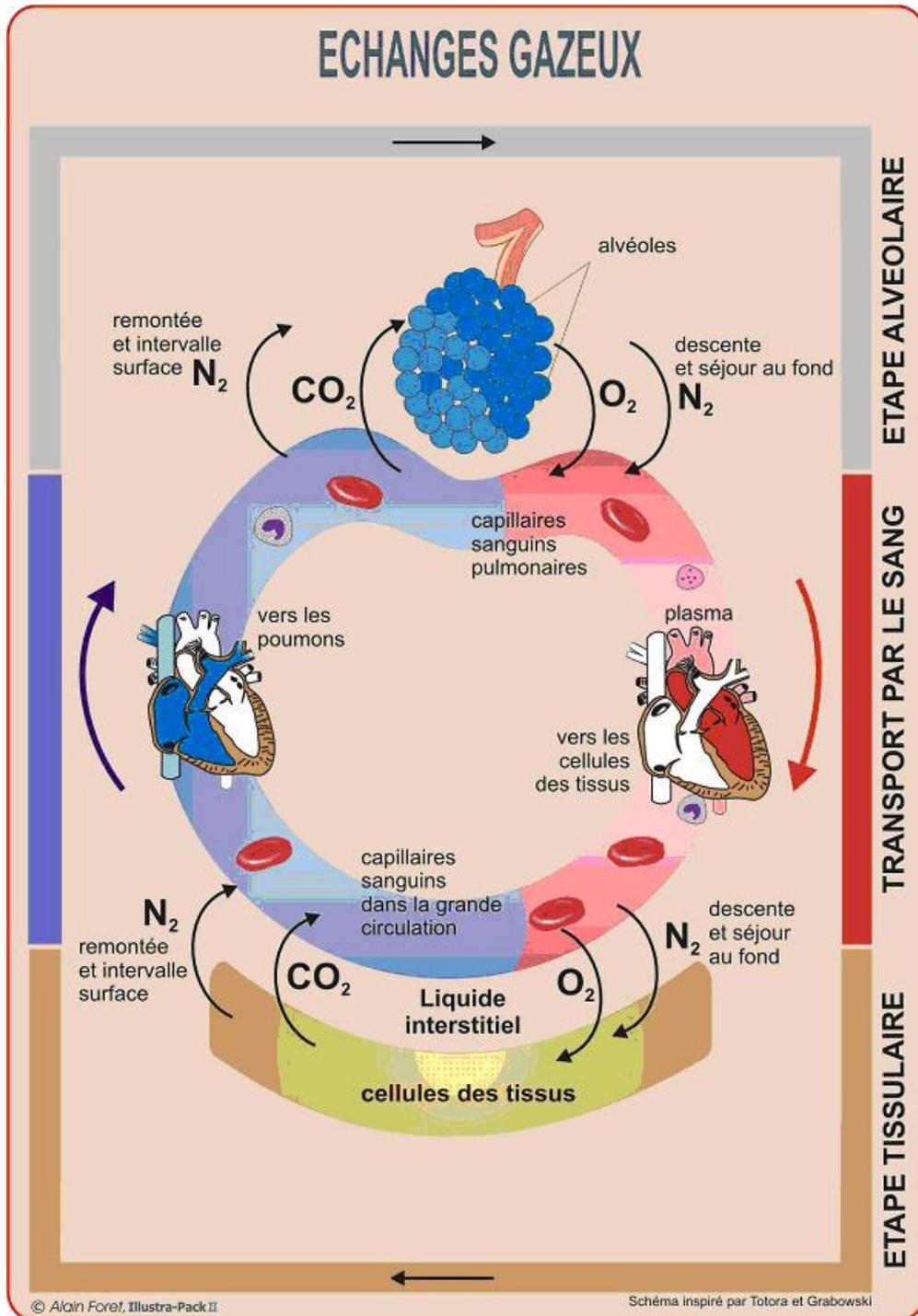
Encore une fois c'est grâce à la différence de pressions partielles entre le sang et les tissus que peut se faire ce prélèvement de l'O<sub>2</sub> et le rejet du CO<sub>2</sub>.

Pour vivre la cellule consomme l'O<sub>2</sub>.

Une fois l'O<sub>2</sub> livré à la cellule, l'hémoglobine continue son rôle de transporteur en ramenant vers les poumons le CO<sub>2</sub> sous forme combiné

Pendant la phase de descente et lors du séjour au fond, l'azote passe du sang vers les cellules alors que le phénomène s'inverse à la remontée.





#### 4) Mode de transport des gaz :

##### Mode de transport de l'oxygène : (processus chimique)

Des son arrivée en provenance des alvéoles, l'oxygène commence a se dissoudre dans le plasma.

Il peut demeurer ainsi ou se combiner a l'hémoglobine pour former l'oxyhémoglobine.

En surface 98% de l'oxygène utilise ce mode de transport .

En immersion la pression partielle d'oxygène augmente et l'hémoglobine étant saturée, on trouve une quantité importante d'oxygène dissous.

##### Mode de transport du gaz carbonique :

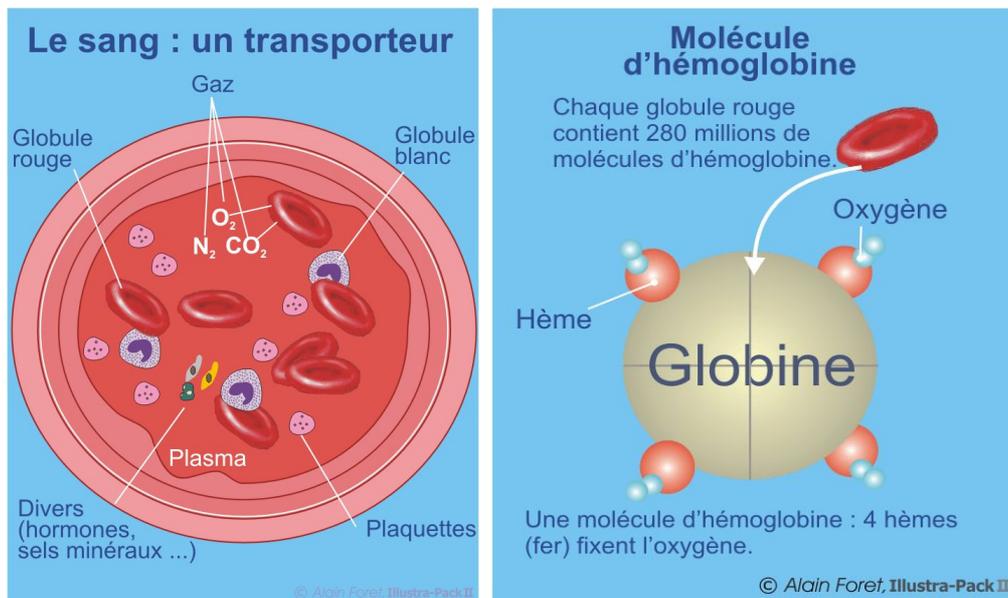
Le CO<sub>2</sub> produit par les cellules est transporté aux poumons pour être expulsé.

Il emprunte trois voies différentes : (données du livre d'Alain Foret N4)

- 87 % transportés sous formes de bicarbonates par le plasma
- 8% combiné a l'hémoglobine pour former la carbohémoglobine
- 5% dissous dans le plasma
- 

##### Mode de transport de l'azote :

L'azote est dissous en totalité dans le plasma.



### INTOXICATION PAR LE GAZ CARBONIQUE

**Le gaz carbonique est toxique pour l'homme, l'air normal n'en contient que des valeurs négligeables (0,03% en moyenne) alors que l'air alvéolaire en renferme 5%. Celui-ci est éliminé par la ventilation pulmonaire. Mais si l'air respiré contient déjà trop de CO<sub>2</sub>, son élimination va être plus difficile, il va s'accumuler dans le sang et provoquer des troubles. On considère que la Pression Partielle de CO<sub>2</sub> tolérable est de 0,01 b.**

**Le CO<sub>2</sub> est le principal stimulus respiratoire. L'augmentation de sa Pression Partielle accélère le rythme respiratoire, ceci pour en faciliter son élimination mais souvent au détriment de son expiration.**

## 5) Relation avec la pression :

### Rappels :

Les systèmes ventilatoire, respiratoire et circulatoire associés permettent les échanges gazeux par diffusion (loi de Henry) et par différences de pressions partielles, d'un tissu à un autre (loi de Dalton).

### Henry :

La quantité de gaz dissous dans un liquide est proportionnelle à la pression qu'exerce ce gaz au dessus du liquide.

En cas de baisse de pression, le gaz peut ressortir du liquide et retrouver sa forme initiale.

### Dalton :

La pression partielle d'un gaz dans un mélange, c'est la pression qu'aurait ce gaz s'il occupait seul le volume du mélange. Dans un mélange gazeux la somme des pressions partielles des composants de ce mélange est égale à la pression de ce mélange.

$$P_p = P \text{ absolue } \times \% \text{ du gaz}$$

### Notions de pression

La pression atmosphérique ou barométrique au niveau de la mer est de 760 mm Hg

L'air atmosphérique contient :

21 % d' O<sub>2</sub> soit :  $0,21 \times 760 = 159 \text{ mm Hg}$

79 % d' N<sub>2</sub> soit :  $0,79 \times 760 = 600,4 \text{ mm Hg}$

0,03 % de CO<sub>2</sub> soit :  $0,0003 \times 760 = 0,22 \text{ mm Hg}$

En pénétrant dans les voies respiratoires, l'air se transforme partiellement en vapeur d'eau (H<sub>2</sub>O) dont la pression est de 47 mm Hg à 37 ° C.

**La pression du mélange air dans la trachée n'est donc plus que de 713 mm Hg.**

	Air atmosphérique	Air dans la trachée	Air alvéolaire
O <sub>2</sub>	159 mm Hg	$713 \times 21 \% = 149 \text{ mm Hg}$	105 mm Hg
N <sub>2</sub>	600,4 mm Hg	$713 \times 79 \% = 564 \text{ mm Hg}$	564 mm Hg
CO <sub>2</sub>	0,22 mm Hg	$713 \times 0,03 \% = 0,21 \text{ mm Hg}$	40 mm Hg

L'air inspiré se mélange au volume non expiré (volume résiduel) avec de l'air contenant moins d'O<sub>2</sub> et Plus de CO<sub>2</sub>, cela explique les variations de PpO<sub>2</sub> et PpCO<sub>2</sub> entre trachée et air alvéolaire.

La pression d'azote ne varie pas, elle reste constante puisque l'azote n'est pas utilisé autrement que comme diluant de l'oxygène.

Au moment où l'O<sub>2</sub> atteint les alvéoles la PpO<sub>2</sub> s'abaisse à 105 mm Hg ; ce fait est dû à 2 causes :

- l'enlèvement permanent de l'O<sub>2</sub> par le sang capillaire
- le renouvellement permanent de l'O<sub>2</sub> par la ventilation pulmonaire

Lorsque le sang hématosé de la grande circulation atteint les capillaires tissulaires, l'O<sub>2</sub> diffuse vers les cellules où la pression partielle en O<sub>2</sub> est beaucoup plus basse (dans certaines cellules, elle est de 1 mm Hg)

La tension de chaque gaz dans le sang hématosé est égale à la pression de chaque gaz dans l'air alvéolaire en raison de la loi de Henry (à saturation il y a équilibre entre la pression et la tension)

	Sang Hématosé (rouge)	Sang carbonaté (bleu)
O <sub>2</sub>	TO <sub>2</sub> = 100 mm Hg	TO <sub>2</sub> = 40 mm Hg
N <sub>2</sub>	TN <sub>2</sub> = 564 mm Hg	TN <sub>2</sub> = 564 mm Hg
CO <sub>2</sub>	TCO <sub>2</sub> = 40 mm Hg	TCO <sub>2</sub> = 46 mm Hg

Les différences de pression (gradient) entre le sang rouge et le sang bleu sont :

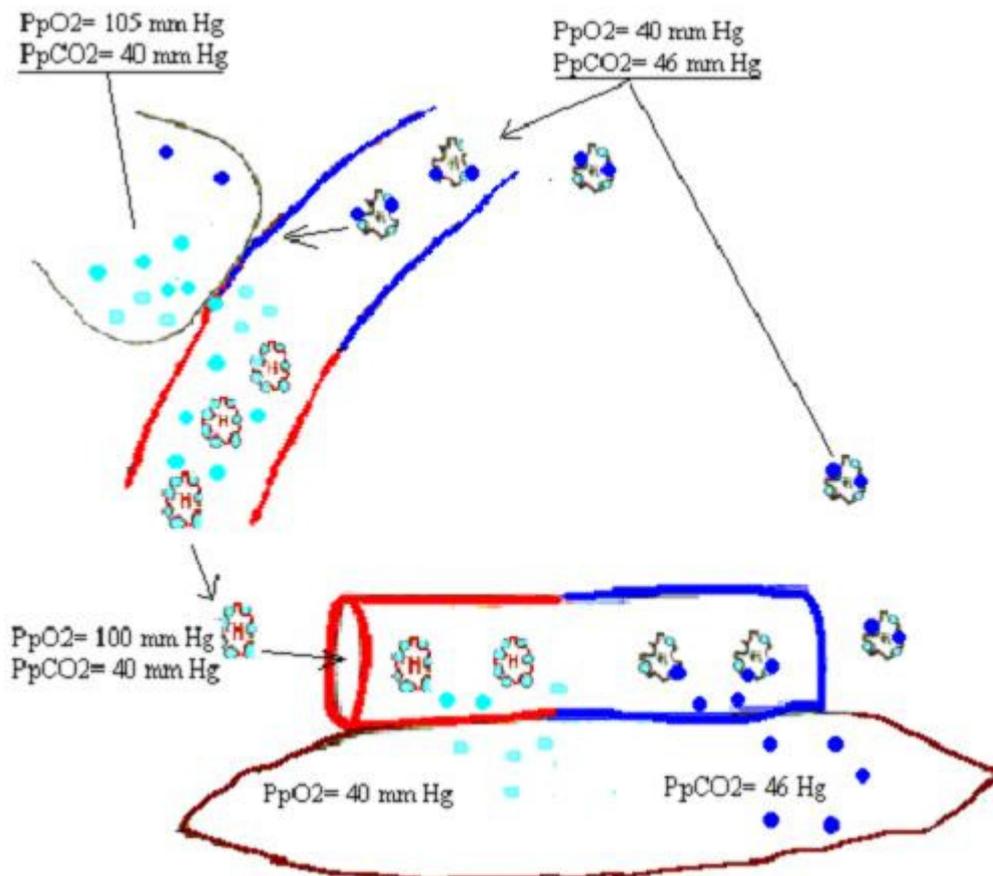
Pour l'O<sub>2</sub> :  $G = 100 - 40 = 60$  mm Hg

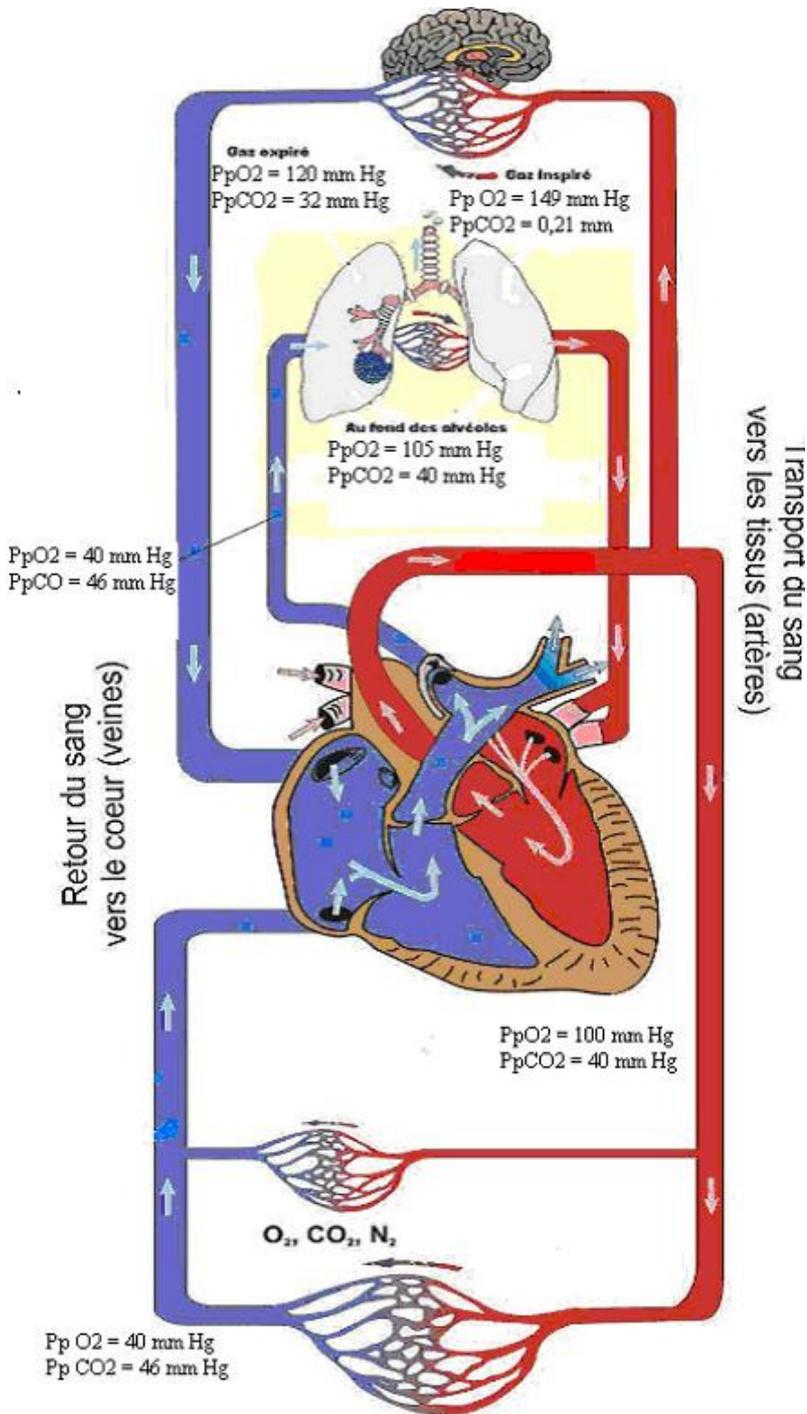
L'équilibre entre PpO<sub>2</sub> alvéolaire et TO<sub>2</sub> sanguine se fait.

Pour le CO<sub>2</sub> :  $G = 40 - 46 = -6$  mm Hg

L'équilibre entre PpCO<sub>2</sub> alvéolaire et TCO<sub>2</sub> sanguine se fait.

Ainsi l'O<sub>2</sub> enrichit le sang et simultanément élimine une partie de son CO<sub>2</sub>





L'unité retenue pour les pressions partielles de ce schéma est indiquée en hauteur de mm de mercure.

**Rappel : 760 mm Hg donne 1,013 bar.**

### SATURATION EN O<sub>2</sub> DE L'HEMOGLOBINE

L'oxygène existe sous 2 formes dans le sang :

1) sous forme dissoute directement proportionnelle à la PpO<sub>2</sub> : 0,003 ml d'O<sub>2</sub> dans chaque volume de sang de 100 ml par mmHg de PpO<sub>2</sub>.

Exemple : pour une pression de 40 mmHg .  $0.003 \times 40 = 0.12$  ml dissout.

2) sous forme combinée à l'hémoglobine : oxyhémoglobine ; cette quantité transportée par l'Hb augmente rapidement jusqu'à une PpO<sub>2</sub> de 50 mm Hg puis pour une PpO<sub>2</sub> plus élevée, la courbe devient beaucoup plus plate.

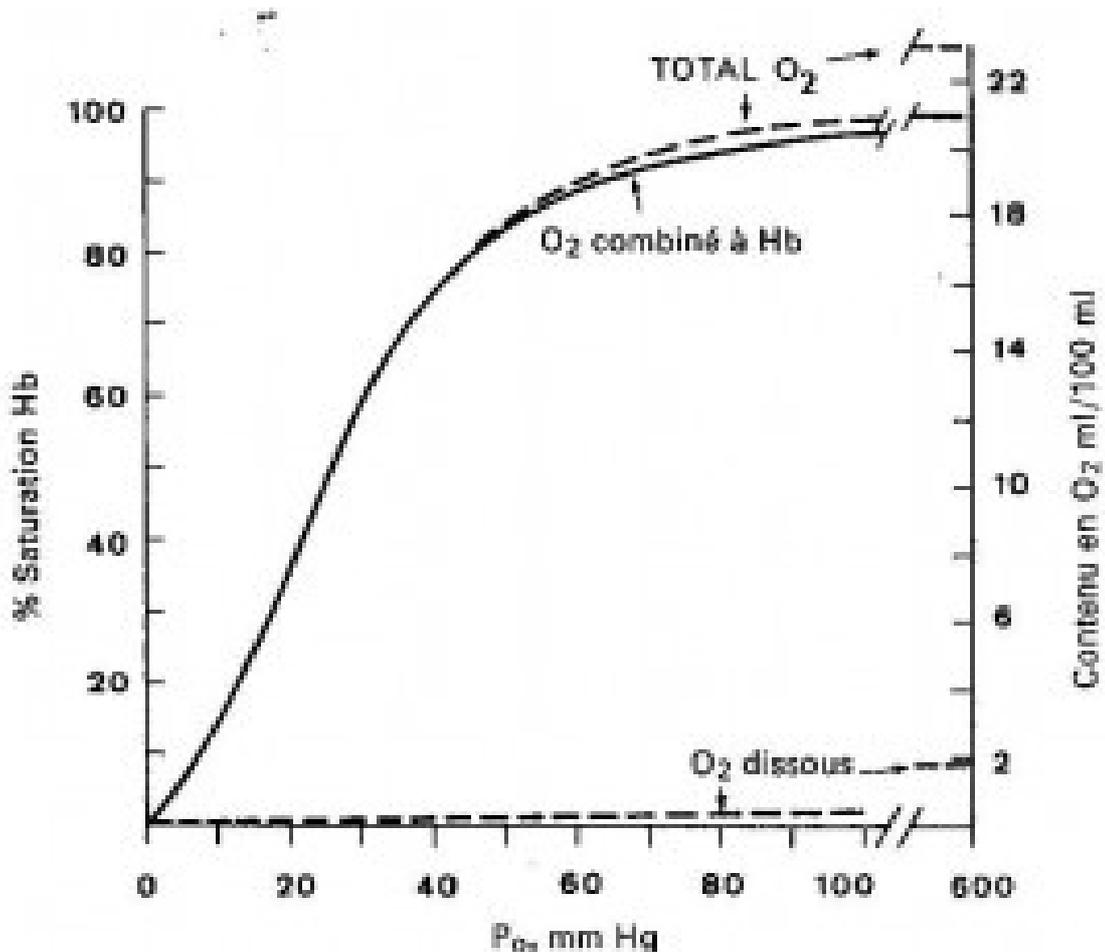
La quantité maximale d'O<sub>2</sub> qui peut être combinée avec l'Hémoglobine est appelée : **CAPACITE D'O<sub>2</sub>**

Pour 100ml de sang, la **CAPACITE D'O<sub>2</sub>** est de 20,8 ml d'O<sub>2</sub>

La quantité d'O<sub>2</sub> dissout est de 0,3 ml, soit 1,5% de la quantité combiné.

**La saturation du sang hématosé** qui a une PpO<sub>2</sub> de 100 mm Hg est égale à 97,5 %

L'hémoglobine qui n'a pas fixée de l'O<sub>2</sub> est appelée HEMOGLOBINE REDUITE ; elle a une coloration violette



Courbe de dissociation de l'hémoglobine ou saturation artérielle en oxygène en fonction de la pression partielle

## 6) Et en plongée, que se passe t'il ?

Nous l'avons vu plus haut, les poumons servent à la fois de pompe à air et de zone d'échanges gazeux.

Les échanges gazeux ont lieu au niveau des alvéoles : l'oxygène de l'air pénètre dans le sang, alors que celui-ci déverse du gaz carbonique (CO<sub>2</sub>) dans les alvéoles. L'expiration chasse un air chargé en CO<sub>2</sub> alors que l'inspiration apporte aux alvéoles un air riche en oxygène (O<sub>2</sub>). Si la consommation d'O<sub>2</sub> augmente, la production de CO<sub>2</sub> augmentera aussi car le CO<sub>2</sub> est le résidu de combustion de l'O<sub>2</sub>.

Les pressions partielles d'O<sub>2</sub>, N<sub>2</sub> dans l'air inspiré, dans la trachée et les alvéoles seront proportionnelles à la pression ambiante.

Les tensions de ces gaz augmenteront également dans les mêmes proportions.

### Conséquences en plongée :

La pression ambiante augmente :

Bénéfiques avec l'O<sub>2</sub> pour les tissus qui seront d'avantage oxygénés

Maléfiques par l'augmentation de la tension de CO<sub>2</sub> avec risque d'essoufflement plus grand qu'en surface.

L'augmentation également de cette tension de CO<sub>2</sub> favorisera la narcose et les ADD.

La mauvaise qualité de l'air. Facteur important, car les petits écarts de concentration de CO<sub>2</sub> par rapport à la normale prennent des proportions inquiétantes sous pression.

-De plus, le CO (monoxyde de carbone), gaz moderne, gêne considérablement le transport de l'oxygène par le sang (en fait, il prend la place de l'O<sub>2</sub> dans le sang !).

-Du gaz sous pression contient plus de molécules par unité de volume, sa viscosité est augmentée, il est donc plus difficile à respirer. (échanges perturbés)

-Le froid joue également un rôle dans la mauvaise qualité des échanges gazeux, par la vasoconstriction (diminution de la circulation du sang aux extrémités du corps) qui provoque une diminution des surfaces d'échange et augmente le volume sanguin vers le cœur, les poumons.

**Nous pouvons comprendre aisément l'intérêt de l'utilisation de mélanges suroxygénés lors des plongées et de l'O<sub>2</sub> pur en situation thérapeutique.**

**En cas d'ADD, c'est l'O<sub>2</sub> sous sa forme dissoute qui aura une action favorable sur notre organisme, en effet avec l'oxygénothérapie on sature l'hémoglobine et on augmente la quantité d'O<sub>2</sub> dissoute.**

## **l'Hypercapnie et l'Essoufflement**

### **Généralités - Rappel**

On se souvient que l'adaptation du rythme et/ou de l'amplitude ventilatoire est commandé (entre autres) par des informations en teneur sanguine en CO<sub>2</sub>.

Les causes conduisant à une augmentation non supportable du CO<sub>2</sub> peuvent être classées en causes externes (exogènes) ou interne (endogène)

**0,003 % dans l'air de CO<sub>2</sub>**

**Pression Partielle dans l'air de CO<sub>2</sub> : 0,03 bar**

L'hypercapnie est le terme qui décrit une augmentation du taux de CO<sub>2</sub> dans le sang.

L'essoufflement est la manifestation ventilatoire de l'hypercapnie.

En cas d'hypercapnie, le centre de commande de la respiration (bulbe rachidien) va augmenter la fréquence ventilatoire dans le but de purger le CO<sub>2</sub> efficacement.

On se rappelle que l'expiration est un phénomène passif qui, sans intervention volontaire, utilise uniquement l'élasticité du thorax pour chasser l'air des poumons.

Le risque est le suivant : Lors d'un effort, on laisse rentrer beaucoup d'air dans les poumons car la fréquence ventilatoire est importante, on expire mal car l'expiration naturelle a un débit faible, les poumons se gonflent, se remplissent de CO<sub>2</sub> en provenance du sang (hypercapnie), le bulbe rachidien commande une augmentation de la fréquence ventilatoire. C'est le cercle vicieux de l'essoufflement ! On est victime d'une respiration superficielle qui va entraîner une hypoxie (manque d'oxygène).

**En plongée, l'expiration doit être active et poussée un peu plus loin qu'une expiration naturelle à l'air libre, pour bien évacuer le CO<sub>2</sub>.**

-La mauvaise qualité de l'air. Facteur important, car les petits écarts de concentration de CO<sub>2</sub> par rapport à la normale prennent des proportions inquiétantes sous pression (Une PpCO<sub>2</sub> de 0,07 bar provoque une syncope).

-De plus, le CO (monoxyde de carbone), gaz moderne, gêne considérablement le transport de l'oxygène par le sang (en fait, il prend la place de l'O<sub>2</sub> dans le sang !).

-Du gaz sous pression contient plus de molécules par unité de volume, sa viscosité est augmentée, il est donc plus difficile à respirer. (échanges perturbés)

-Le froid joue également un rôle dans la mauvaise qualité des échanges gazeux, par la vasoconstriction (diminution de la circulation du sang aux extrémités du corps) qui provoque une diminution des surfaces d'échange et augmente le volume sanguin vers le cœur, les poumons.



## Causes exogènes

Au niveau de la Bouteille	Au niveau du Détendeur	Au niveau du Tuba
Mauvaise qualité de l'air	Mal réglé	Espacement des respirations
Fin de bouteille : tirage + fort de l'air		Espace mort anatomique
Bloc mal ouvert		

## Causes endogènes

- Effort
- Peur, Angoisse
- Froid

## Mécanisme et symptôme de l'hypercapnie

La teneur maximum en CO<sub>2</sub> que nous pouvons supporter sans troubles est de 1%, soit la pression atmosphérique PpCO<sub>2</sub> = 0,01 bar. Au delà les problèmes commencent :

Si la PpCO <sub>2</sub> atteint :	
0,02 bar (2% en surface)	Augmentation de la fréquence ventilatoire
0,03 bar (3% en surface)	Maux de tête
0,04 bar (4% en surface)	Maux de tête violents - Sensation d'oppression
0,06 bar (6% en surface)	Suffocation
0,07 bar (7% en surface)	Perte de connaissance
Au delà	Mort

### Exemple :

Si la pression partielle de CO<sub>2</sub> en surface atteint 2%

	10 mètres	20 Mètres	30 mètres	40 mètres
2% de CO <sub>2</sub>	4%	6%	8%	10%

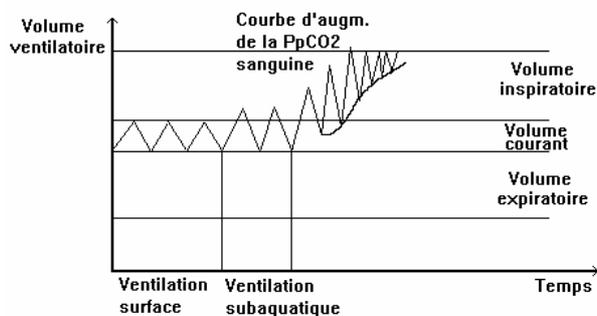
$$P_p = P_a * (x/100)$$

$$P_p = 2b * (2/100)$$

$$P_p = 0,04 \text{ bar}$$

## Mécanisme et symptôme de l'essoufflement

Le diagramme ventilatoire varie de la manière suivante :



## Causes

Les causes conduisant à l'enclenchement de ce mécanisme peuvent être nombreuses : réaction au froid, effort non contrôlé, angoisse, stress.....

Attention l'essoufflement est également un facteur favorisant de la narcose mais aussi de l'ADD en favorisant la naissance et la croissance de bulles dans l'organisme.

## Conduite à tenir

- Arrêt des efforts
- Remonter pour faire baisser la PpCO<sub>2</sub>
- Expirer à fond
- Se raisonner et se maîtriser
- Alerter

Au premier signe exprimé ou visible d'augmentation du rythme ventilatoire, remonter le plongeur en maintenant le détendeur en bouche. En effet, deux types de situation peuvent se présenter :

- Plongeur débutant : il aura probablement pas mal de difficultés à « récupérer » en immersion et il faudra de toute manière le remonter.
- Plongeur confirmé : il aura probablement déjà tenté de combattre son début d'essoufflement et devra être remonté pour reprendre un rythme normal.

## Prévention

La prévention de l'essoufflement reste avant tout du domaine de l'information et de la connaissance de ses propres limites. Une mauvaise orientation de la palanquée dans un courant, un effort violent non contrôlé (ex : mise en place du mouillage), un froid intense, un mauvais palmage de sustentation conduisent à l'augmentation importante du rythme ventilatoire et, par la même, à un risque d'essoufflement. C'est la maîtrise de la technique individuelle personnelle qui est la meilleure prévention.

Matériel	Plongeur
Bon air	Pas d'effort
Bouteille bien ouverte	Bien se ventiler
Détendeur révisé	Bonne condition physique
Tuba pas trop long	Bon psychique
Bonne combinaison	



Ne pas plonger avec un début d'essoufflement

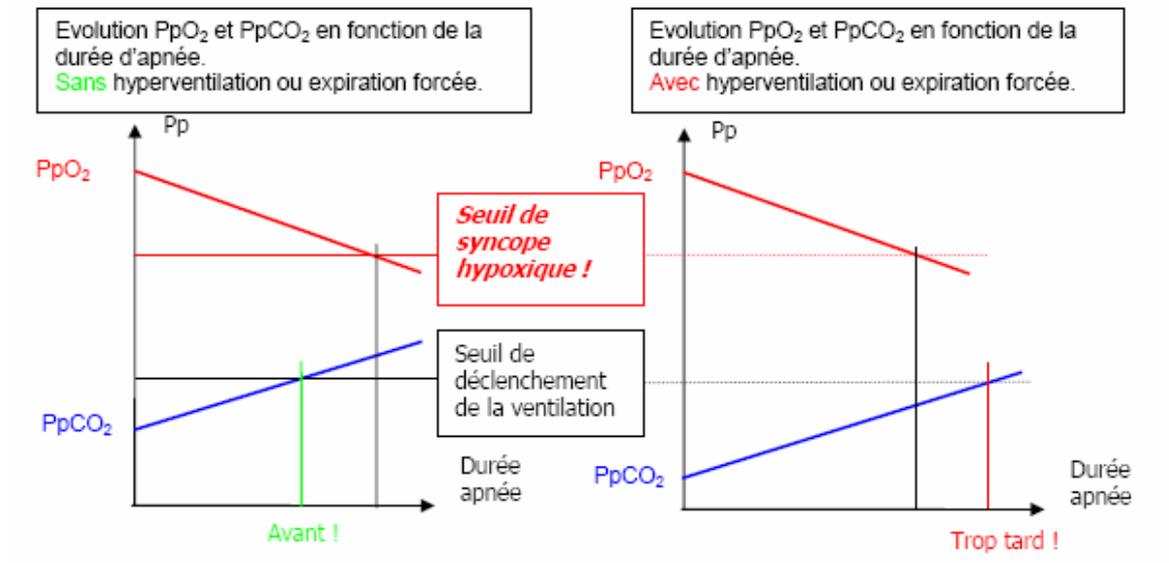
**En apnée :**

L'O<sub>2</sub> n'étant plus renouvelée, notre organisme ne dispose plus que d'une quantité réduite de ce gaz. La pression alvéolaire diminuant les tissus ne vont recevoir que des quantités d'O<sub>2</sub> de plus en plus faibles. Pendant la descente, la pression exercée par l'eau sur notre corps entraîne une augmentation de la pression partielle d'O<sub>2</sub> (confort respiratoire) qui va compenser sa diminution consécutive à son utilisation par notre organisme. Pendant la remontée, le phénomène est inversé, la pression ambiante diminuant, la pression partielle d'O<sub>2</sub> va chuter et ce d'autant plus brutalement que notre organisme continue de prélever de l'O<sub>2</sub> pour ses besoins métaboliques. Cette diminution pourra être si importante que la pression partielle alvéolaire d'O<sub>2</sub> sera inférieure à la pression partielle d'O<sub>2</sub> dans les capillaires. Les échanges vont alors être inversés: l'O<sub>2</sub> va quitter les capillaires pour repartir dans les alvéoles.

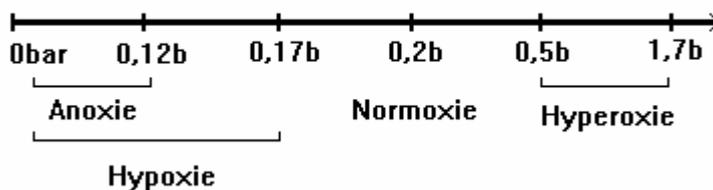
Tous ces phénomènes, aboutissant à diminuer la quantité d'O<sub>2</sub> disponible, vont rapidement nous conduire à l'anoxie et être ainsi à l'origine d'accidents.

Le CO<sub>2</sub> est produit constamment par le métabolisme des cellules et à cause de la rétention de respiration, qui empêche son élimination, sa pression partielle va augmenter lentement.

Le CO<sub>2</sub> étant le principal stimulus déclenchant la ventilation, à partir d'un certain seuil, la reprise de ces mouvements respiratoires sera obligatoire et même incontournable si l'apnée a été exagérément prolongée (cela conduira évidemment à la noyade si cette reprise de respiration s'effectue sous l'eau).



**Pression Partielle de O<sub>2</sub>**





### Causes et mécanismes

Les risques de syncope hypoxique avec noyade consécutive sont plus importants en apnée qu'en scaphandre.

L'hyper ventilation est la cause principale de cet accident en apnée.

Cette technique qui consiste à pratiquer des inspirations et expirations amples et rapides, recule le seuil d'apparition de l'envie de respirer par élimination du CO<sub>2</sub> (commande par le bulbe rachidien)

L'envie de respirer vient d'un excès de CO<sub>2</sub>

Un manque d'O<sub>2</sub> n'alerte pas les centres respiratoires.

En pratiquant l'hyper ventilation, l'apnéiste abaisse anormalement son taux de CO<sub>2</sub>. Au cours de la plongée qui suit, il ne ressent pas l'envie de respirer alors que l'organisme en a besoin.

Il se peut alors que les réserves d'oxygène atteignent un seuil anormalement bas, en particulier à la remontée (PpO<sub>2</sub> qui chute) bien avant que le seuil d'alerte provoqué par l'excès de CO<sub>2</sub> n'ait été atteint.

Il survient donc la syncope qui se transformera en noyade à la reprise instinctive de la respiration si la personne est encore en immersion.

### Symptômes

Les symptômes sont évolutifs:

- accélération du rythme respiratoire,
- tachycardie,
- hallucinations,
- perte de conscience
- arrêt respiratoire,
- **arrêt cardiaque.**

Si la PpO<sub>2</sub> baisse brutalement, la perte de conscience peut intervenir sans signes avertisseurs.

### Conduite à tenir

- intervenir le plus rapidement possible
- remonter l'apnéiste
- maintenir les voies aériennes hors de l'eau (avant reprise ventilatoire)
- alerter en surface pour demander de l'aide
- prévenir les secours, 18, 112, canal 16 du CROSS MED
- pratiquer les gestes de premier secours pour favoriser la reprise de conscience de l'accidenté
- augmenter aussi vite que possible la PpO<sub>2</sub> en oxygénant le plongeur.

### Prévention

- pas d'hyperventilation, pas d'expiration forcée
- pratiquer toujours en binôme
- surveillance permanente de l'apnéiste en immersion
- lestage adapté pour avoir une flottabilité positive en surface
- ne pas forcer ses apnées, éviter la performance
- ne pas omettre la récupération entre deux apnées
- pratiquer l'apnée en étant bien dans sa tête, relaxé
- maintenir une bonne forme physique

## 7) Bibliographie :

Plongée plaisir N4 d'Alain FORET.  
Science et vie édition spéciale «les merveilles du corps humain »  
800 exercices pour préparer tous les brevets de plongée Philippe MOLLE

## 8) Lexique :

Hématose : ensemble des échanges alvéolo-capillaires permettant l'apport d'O<sub>2</sub> au sang et l'élimination du CO<sub>2</sub> produit par les cellules. Sang hématosé = sang riche en O<sub>2</sub>.

Sang :  $\approx 8\%$  du poids corporel, volume total  $\approx 5$  litres, les éléments qu'il contient sont en suspension dans le plasma

Plasma : liquide composé  $\approx 90\%$  d'eau, qui contient les globules rouges, blancs, les plaquettes et diverses autres substances, nutriments, minéraux, protéines, hormones, déchets et gaz sous différentes formes

Hémoglobine : molécule des globules rouges riche en fer, fixe l'O<sub>2</sub> et une partie du CO<sub>2</sub>

Capillaire : parois très fines pour faciliter les échanges, 7000 m<sup>2</sup> de surface de contact (adulte)

Bronchiole : ramification des bronches de 0,5 mm de diamètre

Alvéole : diamètre de 0,1 à 0,3 mm, 300 millions environs avec une surface d'échange de 100 à 150 m<sup>2</sup>.

Surfactant : évite aux alvéoles de s'affaisser sur elles même lors d'une expiration forcée.

Liquide interstitiel : dissout les gaz avant leur diffusion au travers des parois

Oxyhémoglobine : oxygène combiné à l'hémoglobine

Carbohémoglobine : gaz carbonique combiné à l'hémoglobine

Hypercapnie : augmentation du CO<sub>2</sub> dans le sang

Paroi alvéolaire : épaisseur de l'ordre du micron, ce qui favorise les échanges gazeux

Capacité d'O<sub>2</sub> : c'est la quantité maximale d'O<sub>2</sub> qui peut être combinée avec l'Hémoglobine

