



## 6- Niveau 3 : Les accidents toxiques

Respirer de l'air (ou tout autre mélange gazeux) sous pression n'est pas sans incidence sur le corps humain. En effet, les gaz sous pression ont des effets physiologiques qui peuvent devenir dangereux passé une certaine limite.

Il est important de connaître ces effets afin de ne pas y être confrontés lors de nos plongées.



# Sommaire

## Introduction

La toxicité des gaz en plongée

Que respire-t-on ?

La loi de Dalton

Aperçu du système nerveux

## L'hyperoxie

Cause, symptômes, conduite à tenir, prévention

## La narcose

Cause, symptômes, conduite à tenir, facteurs favorisants, prévention

## L'essoufflement

Cause, mécanisme, symptômes, facteurs favorisants, conduite à tenir, prévention

## Un mot sur l'intoxication au CO

## Conclusion





An aerial photograph of a coastline, showing a large body of water on the left and a narrow strip of land on the right. The water is a deep blue, and the land is a lighter, textured blue. The perspective is from a high angle, looking down at the water and land.

# Introduction

# De la toxicité des gaz en général

- On parle de toxicité d'un gaz lorsque le fait de le respirer a des incidences sur le système nerveux (on devrait parler de neurotoxicité)
  - Un gaz est souvent toxique au dessus ou en dessous d'une certaine concentration
  - Le cas du gaz carbonique ( $\text{CO}_2$ ) est particulier car il est surtout produit par l'activité du corps humain.
- Il est donc important de connaître
  - Les caractéristiques du gaz ou du mélange gazeux que l'on respire
  - La concentration de chacun des gaz dans ce mélange (Pression partielle)
  - Les fonctions du système nerveux
  - L'effet des différents gaz sur l'organisme et leurs dangers potentiels afin de les prévenir

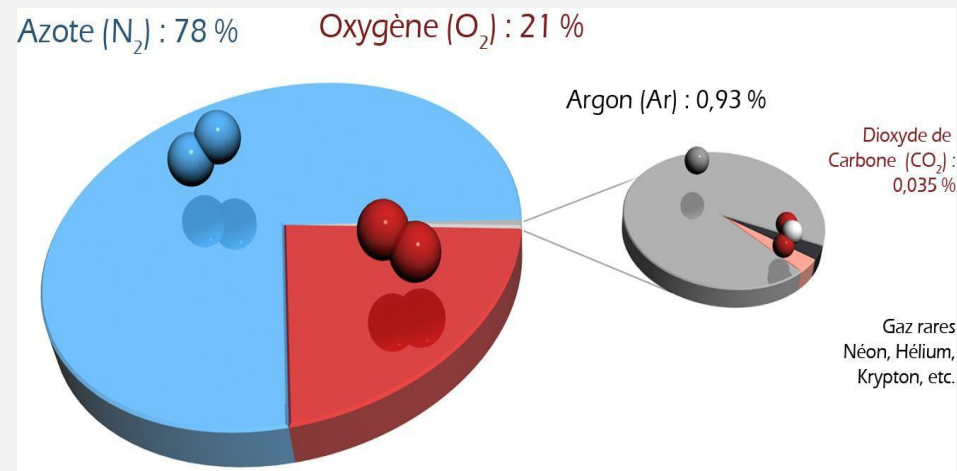




# Que respire-t-on ?

## La composition de l'air

- L'air sec est un mélange gazeux dont la composition moyenne est la suivante



- Les proportions peuvent varier en fonction de plusieurs facteurs (géographie, environnement, pollution, etc.)
- En plongée, on simplifie souvent ces proportions : 80% de  $N_2$ , 20% d' $O_2$
- Pour info, le mélange gazeux respiré par le plongeur peut être différent
  - Nitrox : on augmente la proportion d'oxygène au détriment de l'azote
  - HélioX : on remplace l'azote par de l'hélium
  - Hydrox : on remplace l'azote par de l'hydrogène (!)
  - Trimix : on remplace une partie de l'azote par de l'hélium



# La pression partielle (Pp)

## Loi de Dalton

- Définition

- La pression partielle d'un gaz dans un mélange est la pression qu'aurait ce gaz s'il occupait seul le volume occupé par le mélange gazeux.

- Calcul

- $P_p \text{ Gaz} = P_{\text{abs}} \text{ du mélange gazeux} \times \text{Proportion de gaz dans le mélange}$
- Par définition, la pression absolue du mélange est égale à la somme des pressions partielles de chacun des gaz du mélange

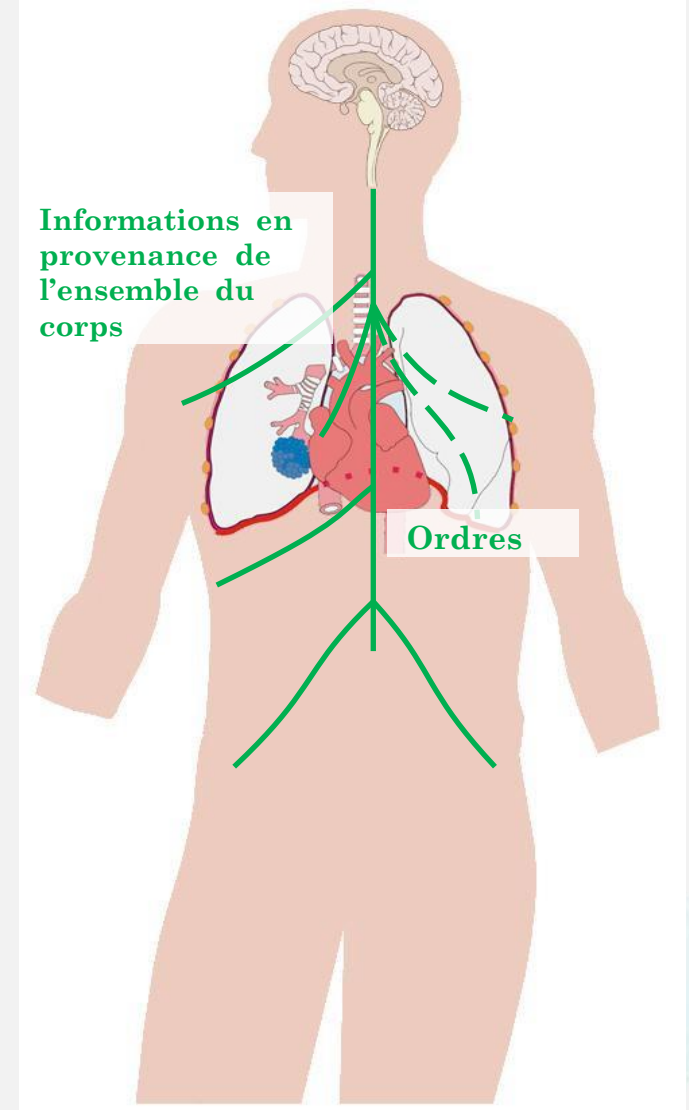
- Exemples

- Hyp. : l'air contient 80% de N<sub>2</sub> et 20% d'O<sub>2</sub>
- En surface,  $P_{\text{abs}} = 1 \text{ bar}$ 
  - $P_p \text{ N}_2 = 1 \text{ bar} \times 80\% = 0,8 \text{ bars}$
  - $P_p \text{ O}_2 = 1 \text{ bar} \times 20\% = 0,2 \text{ bars}$
- A 20 m sous l'eau,  $P_{\text{abs}} = 3 \text{ bars}$ 
  - $P_p \text{ N}_2 = 1 \text{ bar} \times 80\% = 2,4 \text{ bars}$
  - $P_p \text{ O}_2 = 1 \text{ bar} \times 20\% = 0,6 \text{ bars}$



# Aperçu du système nerveux

- Le système nerveux du corps humain assure son fonctionnement
- Il comprend
  - Le système nerveux central (SNC) ou cerveau
  - Un réseau de transmetteur (les nerfs)
  - Des capteurs sensoriels, chimiques, thermiques, etc.
  - Etc.
- Fonctionnement schématique
  - Il récupère des informations en provenance de l'ensemble du corps humain
    - Informations physiques : vue, température, toucher...
    - Informations chimiques : pH sanguin, taux de gaz dans l'organisme, ...
  - Analyse la situation
  - Et envoie des ordres aux organes pour s'adapter aux conditions courantes
- Exemple :
  - réaction à l'excès de chaleur
  - réaction au froid
  - etc.



# La toxicité des gaz en plongée

- *En plongée, l'air respiré devient toxique à partir d'une certaine profondeur du fait de l'augmentation de la pression*
  - *C'est vrai pour tout autre mélange gazeux*
- *Pour la plongée à l'air, 3 gaz peuvent poser problème*
  - *L'Oxygène*
    - *Au dessus d'une certaine pression partielle, le plongeur risque l'hyperoxie*
  - *L'Azote*
    - *Au dessus d'une certaine pression partielle, le plongeur risque*
  - *la narcose*
  - *Le Gaz Carbonique*
    - *Au dessus d'une certaine pression partielle, le plongeur risque l'essoufflement*
  - *NB : Nous verrons aussi l'influence du CO*





# L'HYPEROXIE

# L'hyperoxie

## Cause

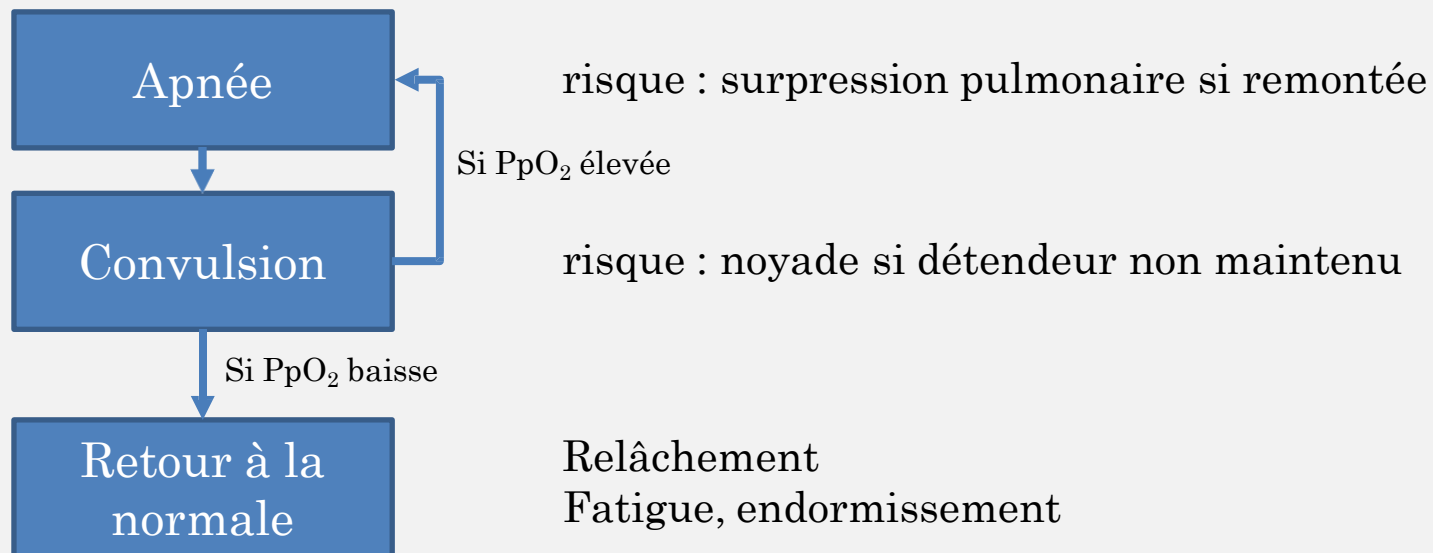
- Au-dessus d'une certaine pression partielle, l'oxygène devient toxique. C'est l'effet Paul Bert.
  - Le temps d'exposition rentre également en compte
  - On estime qu'il y a danger lorsque  $Pp\ O_2 > 1,6$  bars
    - Cela correspond en plongée à une profondeur de 66 m (avec 21% d'  $O_2$ )
    - Certains organismes (PADI, DAN, ...) ramènent la limite à 1,4 bars (56 m)
- Le risque est inexistant en plongée à l'air
- En revanche, il est très concret en plongée Nitrox



# L'hyperoxie

## Symptômes

- 1er stade : alarme
  - Très dur à détecter, parfois absent
  - Symptômes : crampes, rétrécissement du champ visuel, gêne ventilatoire, accélération du pouls, etc.
  - Réversible : à ce stade, si on remonte, le problème cesse
- 2ème stade : la crise hyperoxique





# L'hyperoxie

## Conduite à tenir

- Sous l'eau
  - Maintenir le détendeur
  - Attendre la fin de la phase apnée pour entamer la remontée
  - Remonter lentement en respectant les procédures de décompression et en surveillant la respiration de l'assisté
- NB : souvent, on ne s'en aperçoit qu'au stade convulsif
- En surface
  - Evacuation vers un centre hospitalier (si possible spécialisé)
  - Attention : bien préciser qu'il s'agit d'une hyperoxie !



# L'hyperoxie

## Prévention

- Dans le cadre de la plongée à l'air, respectez vos prérogatives !
  - Au dessus de 60m, le risque est très faible
  - Au dessus de 50m, le risque est quasi-inexistant
- En plongée Nitrox
  - Vérifiez votre mélange avant de plonger
  - Calculez votre profondeur plancher
  - Vérifiez celle de votre ou vos camarades de palanquée
  - Respectez la profondeur la plus haute
- Utilisez les instruments correctement !
- La plupart des ordinateurs ont une fonction d'alarme en cas de dépassement de la profondeur plancher : Réglez-la !!!



# LA NARCOSE



# La narcose

## Cause

- Au-dessus d'une certaine pression partielle, l'azote devient toxique. C'est la narcose.
- La profondeur peut varier
  - D'un individu à l'autre
  - D'une plongée à l'autre pour un même individu
  - D'un jour à l'autre
  - En fonction de l'expérience du plongeur
- On estime
  - Qu'au dessus de 30m, le danger est inexistant
  - Qu'à partir de 40-45m, la narcose est avérée, à un degré plus ou moins grave
  - Qu'il y a danger lorsque  $P_p \text{ N}_2 > 5,6 \text{ bars}$ 
    - Cela correspond en plongée à une profondeur de 61 m (avec 78% de N<sub>2</sub>)
    - Ce seuil est indicatif
- La plongée à l'air est donc limitée à 60m



# La narcose

## Symptômes

- Altération du raisonnement
  - Ex. : calcul sous l'eau
- Troubles de l'attention
  - Ex. : augmentation du dialogue intérieur
- Troubles de la mémoire immédiate
  - Ex. : consulte en permanence ses instruments
- Troubles de l'humeur
  - Ex. : euphorie, tristesse, comportements dangereux
- Troubles de la perception
  - Ex. : troubles auditifs
- Pertes des repères dans l'espace et le temps
  - Ex. : oubli des contraintes de temps, descend au lieu de monter
- Troubles psychomoteurs
  - Ex. : maladresse manuelle, palmage brouillon



# La narcose

## Conduite à tenir

- Sous l'eau
  - Assister la personne
  - Remonter en étant prêt à toute éventualité
    - Respecter le protocole de décompression
  - La narcose disparaît en général après quelques mètres de remontée
    - Ne pas redescendre !
- En surface
  - En cas de narcose sévère, vérifier l'état de conscience de l'accidenté
  - En général, le narcosé ne se souvient plus de ce qui lui est arrivé au fond (ha ha ha !)





# La narcose

## Facteurs favorisants

- Sensibilité de la personne
  - Dépend de son « aptitude physiologique » à la narcose
  - Dépend de son expérience de la profondeur
- Vitesse de descente trop rapide
  - Descente la tête en bas
  - Descente en pleine eau
- La fatigue
  - Manque de sommeil
  - La condition physique
- Conditions de plongée
  - Le froid
  - Le stress (mauvaise visibilité, manque de repère visuels, première expérience...)
- L'effort musculaire et l'essoufflement
- Certains médicaments



# L'ESOUFFLEMENT

# L'essoufflement

## Définition et cause

- L'essoufflement est la manifestation ventilatoire d'une intoxication par augmentation du taux de dioxyde de carbone ( $\text{CO}_2$ ) dans l'organisme
  - L'activité de l'organisme consomme de l'oxygène et produit du  $\text{CO}_2$
  - Le rôle de la respiration est d'apporter l'un et d'éliminer l'autre au travers du filtre pulmonaire
- Une augmentation du taux de  $\text{CO}_2$  peut provenir
  - d'une mauvaise respiration qui n'éliminé pas assez le  $\text{CO}_2$
  - d'une augmentation de la production de  $\text{CO}_2$  par l'organisme (ex. : efforts)
  - de l'augmentation de la pression partielle de  $\text{CO}_2$  avec la profondeur
  - très rarement, de la mauvaise qualité de l'air respiré

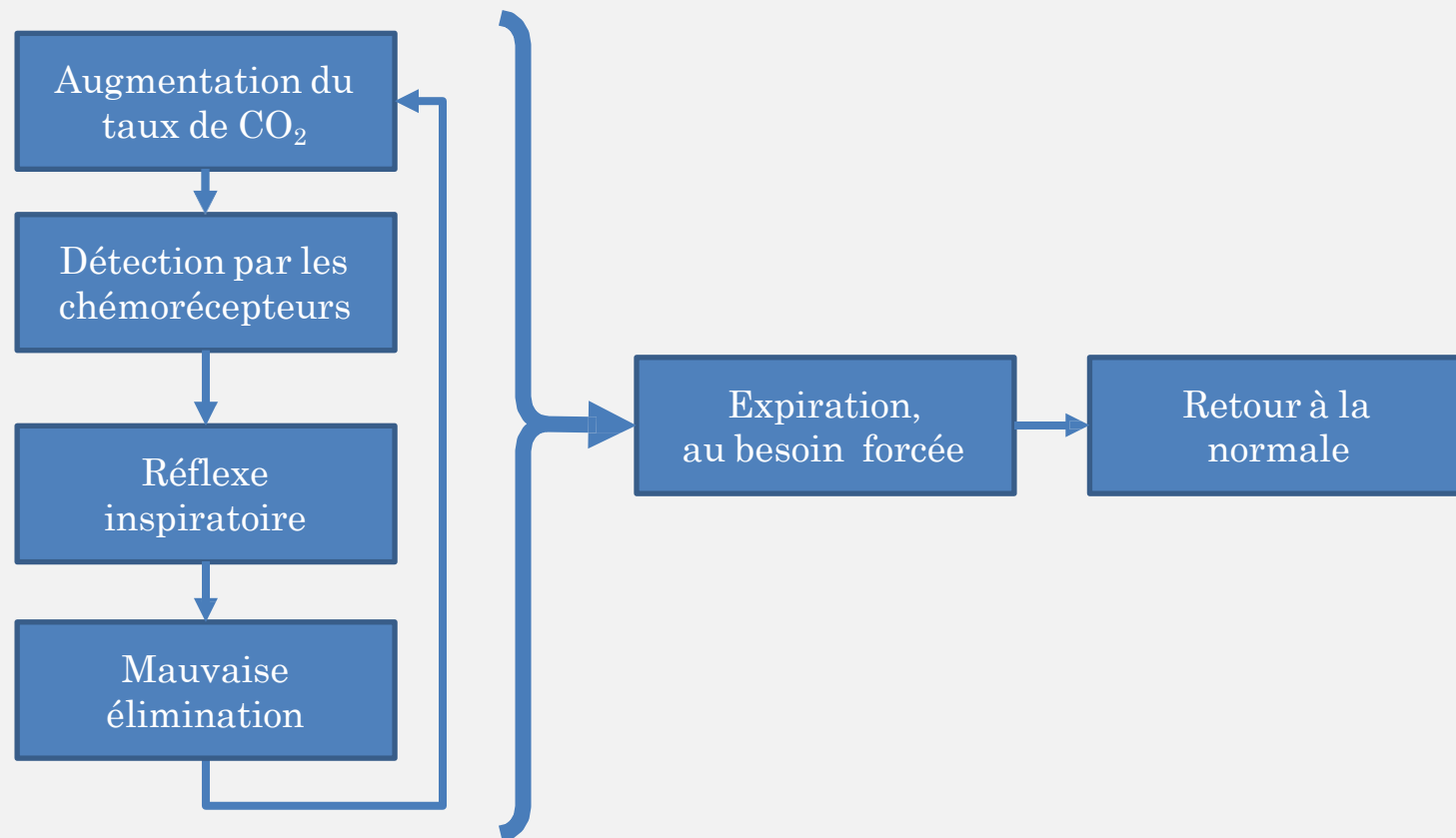




# L'essoufflement

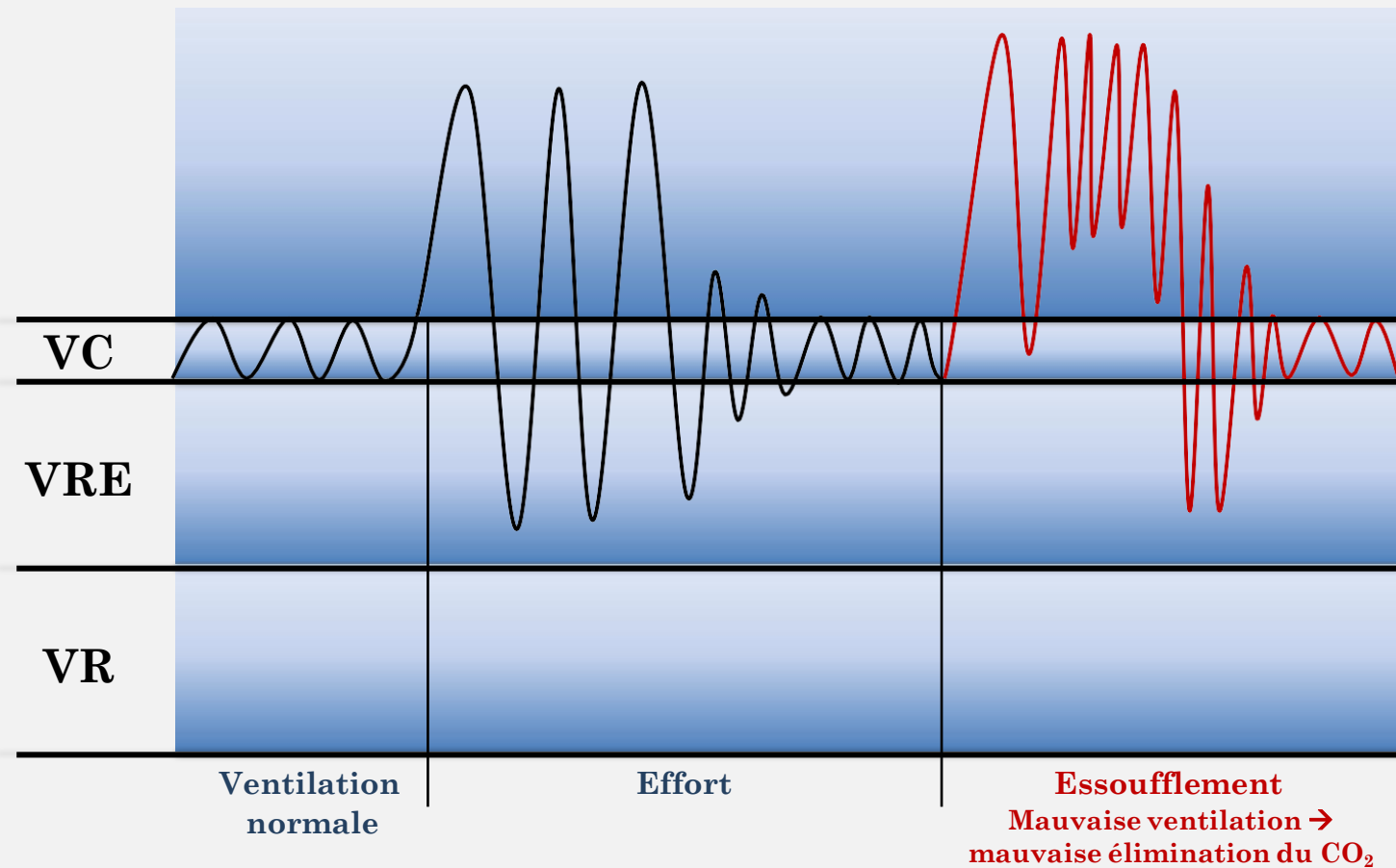
## Mécanisme

- Cercle vicieux → Pour en sortir, une seule solution



# L'essoufflement

## Autre représentation



# L'essoufflement

## Symptômes et conséquences

- Sensation de suffocation
  - Rejet du détendeur → noyade
  - Remontée panique → risque de surpression pulmonaire
- Ventilation superficielle
  - Favorise l'accident de décompression (mauvaise ventilation = mauvaise élimination de l'azote)
  - Consommation accrue → risque de panne d'air, particulièrement en profondeur
- Favorise la narcose
- Migraines et vertiges (mauvaise ventilation = mauvais apport d'oxygène)



# L'essoufflement

## Causes et facteurs favorisants

- Des facteurs physiologiques
  - Effort trop important (ex. : palmage à contre-courant)
  - Mauvaise condition physique
  - Stress, angoisse
  - Narcose
- Des facteurs environnementaux
  - Froid
  - Accroissement de la viscosité de l'air avec la profondeur → Zone « dangereuse » à partir de 35 / 40m
- Des facteurs matériels
  - Détendeur mal réglé (dur à l'inspiration)
  - Air respiré
- Des facteurs techniques
  - Mauvaise technique de plongée (lestage, palmage, équipement trop lourd...)





# L'essoufflement

## Conduite à tenir

- Sur soi
  - Rester calme, arrêter tout effort
  - Forcer sur l'expiration
  - Remonter de quelques mètres
  - Signaler le problème
- Sur un autre
  - Faire cesser tout effort
  - Calmer le plongeur
  - Assister et remonter le plongeur, en maintenant son détendeur en bouche
- En cas de problème grave
  - Mettre fin à la plongée
  - Etre particulièrement vigilant sur la consommation d'air
  - Evacuer vers un centre hospitalier



# L'essoufflement

## Prévention

- Ne pas s'immerger quand on est essoufflé en surface
- Eviter de palmer à contre-courant
  - Y compris en surface et en fin de plongée
  - Penser aux lignes de vie, bout', etc.
- Palmer à son rythme
  - La plongée n'est pas une course
- Suivre régulièrement sa consommation d'air
  - Effectuer des « apnées de contrôle »
  - Tout excès de consommation doit être une alarme
- Ne pas faire d'effort sous l'eau, surtout en dessous de 30m
  - Dégager une ancre = effort !
- Surveiller ses camarades de palanquée
  - Emission de bulles ou apnées trop longues
  - Consommation d'air



# L'INTOXICATION AU CO

# Un mot sur l'intoxication au CO

- Gaz mortel, inodore, incolore et sans saveur
  - De très faibles doses suffisent, surtout en plongée du fait de l'augmentation de pression partielle
  - On meurt par anoxie
  
- Attention aux conditions de gonflage !
  - Une bonne aération du local est indispensable
  - L'orientation des prises d'air est primordiale





# CONCLUSION

# Que faut-il retenir ?

- Les gaz que nous respirons deviennent toxiques à partir d'une certaine profondeur
- L'hyperoxie
  - Intervient lorsque  $P_p O_2 > 1,6$  bars
  - En cas d'hyperoxie, remonter la personne en maintenant le détendeur et en faisant attention à la phase d'apnée
- La narcose
  - Intervient dès 30/35 m, devient dangereuse au-delà de 60m
  - En cas de narcose, remonter la personne
- L'essoufflement
  - Devient de plus en plus dangereux avec la profondeur
  - Être spécialement vigilant en dessous de 35m
  - En cas d'essoufflement, remonter en maintenant le détendeur et faire attention à l'autonomie en air



A close-up, first-person perspective shot of a diver's hand in a black wetsuit with a white logo, gripping a metal railing. The background is a blurred view of the ocean surface and sky through the water.

**MERCI**