



# Amicale des Plongeurs Fresnois

## Théorie Niveau 3

### Les accidents biochimiques

Décembre 2011





# Composition de l'air

---

- **Azote (N<sub>2</sub>)** : 78 % (on retiendra 80%)
- **Oxygène (O<sub>2</sub>)** : 21 % (on retiendra 20%)
- **Dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>)** : 0,03 %  
(Gaz carbonique)
- **Gaz rares : argon, xénon, krypton...** : 0,97 %



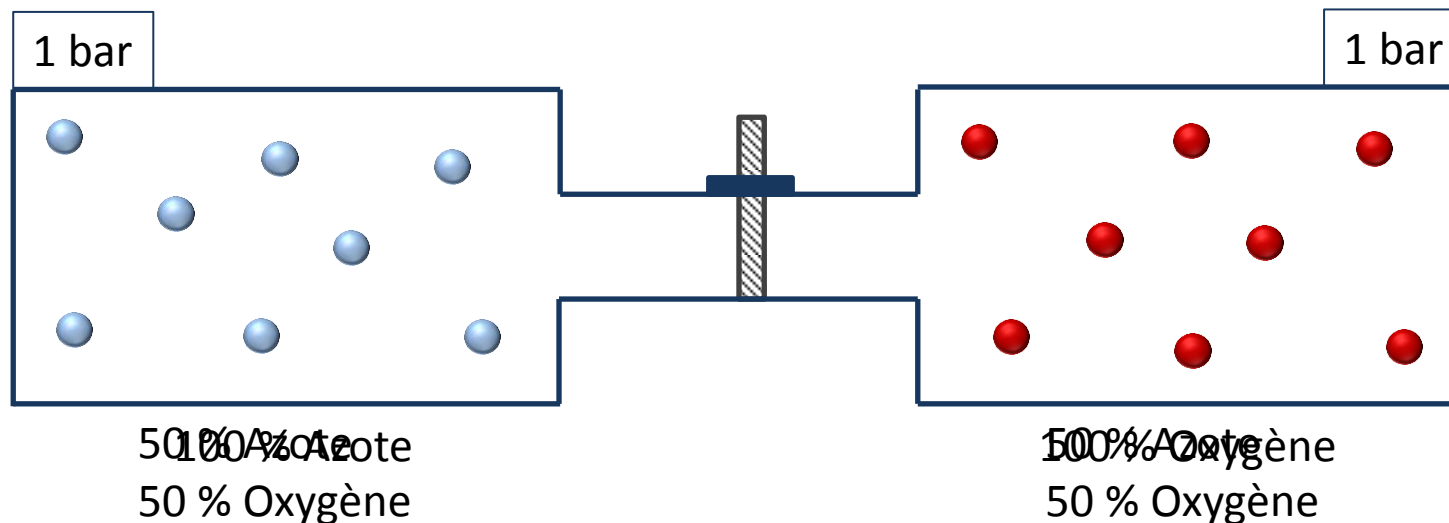
# Toxicité des gaz

---

- Les gaz sont toxiques suivant leur quantité dans le sang.
- La toxicité d'un gaz augmente avec la pression.  
Un gaz toléré en surface peut devenir toxique à une pression plus élevée.
- Les seuils de toxicité :
  - sont différents selon les gaz (écart de tolérance très important).
  - varient en fonction de la durée d'exposition.
  - varient en fonction des conditions de plongée (température de l'eau, visibilité, descente rapide).



# Expérience de Berthollet



- Au début le robinet est fermé, les 2 gaz sont isolés l'un de l'autre.
- On ouvre le robinet, les gaz se mélanges
- On referme le robinet, on constate :
  - Chaque compartiment contient un mélange 50% O<sub>2</sub> / 50% N<sub>2</sub>
  - La pression de de ces mélange est toujours de 1 bar.
  - Dans un compartiment, chacun des 2 gaz occupe la moitié du volume et est responsable de la moitié de la pression totale.



# La loi des Dalton

Les frères Dalton étaient 4 bandits bien connus dans l'ouest des Etats-Unis.



Oups...



# La loi de Dalton

---

« A température donnée, la pression d'un mélange gazeux est égale à la somme des pressions qu'auraient chacun des gaz s'il occupait seul tout le volume. »

**Pression partielle ( $P_p$ )** : c'est la pression exercée par chacun des gaz au sein du mélange.



# La loi de Dalton

---

- $P_{pO_2}$  : pression partielle de l'oxygène.
- $P_{pN_2}$  : pression partielle de l'azote.
- $P_{abs}$  : pression absolue (ambiante).
- **$P_{p\text{ Gaz}} = P_{abs} \times \% \text{ de gaz}$**
- Exemple, pression partielle de l' $N_2$  dans l'air :
  - En surface :  $P_{pN_2} = 1 \times 80\% = 1 \times \frac{80}{100} = 1 \times 0,8 = 0,8 \text{ b}$
  - A 50 m :  $P_{pN_2} = 6 \times 80\% = 6 \times \frac{80}{100} = 6 \times 0,8 = 4,8 \text{ b}$



# Seuil de toxicité des gaz

---

- Oxygène : 1,6 bar
- Azote : 3,2 bar
- Dioxyde de Carbone : 0,02 bar (2%)
- Monoxyde de Carbone : 1/10 000





# Toxicité du dioxyde de carbone

---

- Le CO<sub>2</sub> est aussi un gaz créé par l'organisme.

Inspiration = air (oxygène + azote)



L'oxygène est transporté par le sang jusqu'aux cellules.



Les cellules rejettent du dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>).



Le CO<sub>2</sub> est transporté par le sang jusqu'aux poumons.



Expiration de CO<sub>2</sub>



# Toxicité du dioxyde de carbone

---

- Gaz responsable de **l'essoufflement**.
- Intoxication par le CO<sub>2</sub> :
  - Elimination insuffisante du CO<sub>2</sub> par l'organisme.
  - Pollution de l'air pendant le gonflage.
- Due à une PpCO<sub>2</sub> élevée.



# L'essoufflement : facteurs favorisants

---

- Effort inadapté.
- Manque de maîtrise technique (palmage, lestage).
- Facteurs émotionnelles (stress, angoisse...).
- Le froid.
- La résistance du détenteur à l'inspiration.
- La pollution de l'air des bouteilles.



# L'essoufflement : Mécanisme

---

- L'augmentation de la Pp de CO<sub>2</sub> entraîne :
  - Augmentation du rythme respiratoire.
  - Diminution de l'amplitude entre les inspirations et les expirations.
  - Le CO<sub>2</sub> est mal évacué et l'organisme réagit en commandant l'inspiration au lieu de favoriser l'expiration pour éliminer le CO<sub>2</sub>.
  - Augmentation du rythme cardiaque.
  - Augmentation de la production de CO<sub>2</sub>.





# L'essoufflement : symptômes

---

- Ventilation de plus en plus rapide :
  - Sensation de suffocation.
  - Un chapelet de bulle sort du détendeur.
  - Consommation d'air excessive.
- Nausées et maux de tête.
- Perte de connaissance possible.



# L'essoufflement : Prévention

---

- Eviter les efforts non maîtrisés pendant la plongée.
- Etre correctement lesté.
- Pas d'immersion si essoufflé en surface.
- Plonger en forme, sans stress.
- Ne pas faire d'apnée.



# L'essoufflement : conduite à tenir

---

- Cesser tout effort.
- Le signaler.
- Se calmer et forcer sur **l'expiration**.
- Remonter de quelques mètres (diminution PpCO<sub>2</sub>).
- Vérifier le manomètre de l'essoufflé.
- Arrêter la plongée (facteur favorisant l'ADD)
- Risque de panique de l'essoufflé : remontée catastrophe => risque de surpression pulmonaire.



# Toxicité de l'azote

---

- C'est un gaz non utilisé par l'organisme, mais il peut être toxique.
- Apparition des premiers symptômes vers 30 mètres :
  - La **narcose**;  
aussi appelée l'ivresse des profondeurs.





# La narcose : causes

---

- L'azote se dissout très bien dans les tissus nerveux et en empêche un bon fonctionnement.
- Lié au seuil de toxicité de l'azote :
  - Très variable entre les individus.
  - Accoutumance.
  - Variable pour un individu en fonction des conditions de plongée.



# La narcose : facteurs favorisants

---

- Susceptibilité individuelle.
- Rapidité de la descente.
- Absorption d'alcool.
- Appréhension, angoisse.
- Etat de fatigue (physique, psychologique).
- L'essoufflement.



# La narcose : symptômes

---

- Troubles du comportement :
  - Augmentation du dialogue intérieur et fixation d'idée.
  - Baisse de l'attention.
  - Augmentation des délais de réponse.
  - Trouble de la mémoire.
  - Euphorie, angoisses.



# La narcose : prévention

---

- Plonger en bonne condition physique.
- S'entraîner progressivement à la profondeur.
- Descendre lentement (mais pas trop !).



# La narcose : conduite à tenir

---

- Remonter.
- Surveiller la personne narcosée (risque de perte d'embout, d'ADD, de surpression pulmonaire ou de noyade).



# Toxicité de l'oxygène

---

- L'oxygène est toxique si sa  $P_p$  dépasse 1,6 bar.
- La profondeur « limite » dépend donc :
  - De la pression ambiante (= la profondeur).
  - Du pourcentage d'oxygène dans la mélange respiré.
- Exemple : (rappel  $P_{pO_2} = P_{abs} \times \%O_2$ )
  - Calculer la profondeur max à l'air et à l'oxygène pure :
  - Air :  $1,6 \text{ bar} = P \times 20\% \Rightarrow P = 1,6 \times \frac{100}{20} = 8 \text{ bar} \Rightarrow 70 \text{ mètres.}$
  - Pure :  $1,6 \text{ bar} = P \times 100\% \Rightarrow P = 1,6 \times \frac{100}{100} = 1,6 \text{ bar} \Rightarrow 6 \text{ mètres.}$
  - Autres mélanges (Nitrox) : dépend du % d'oxygène.



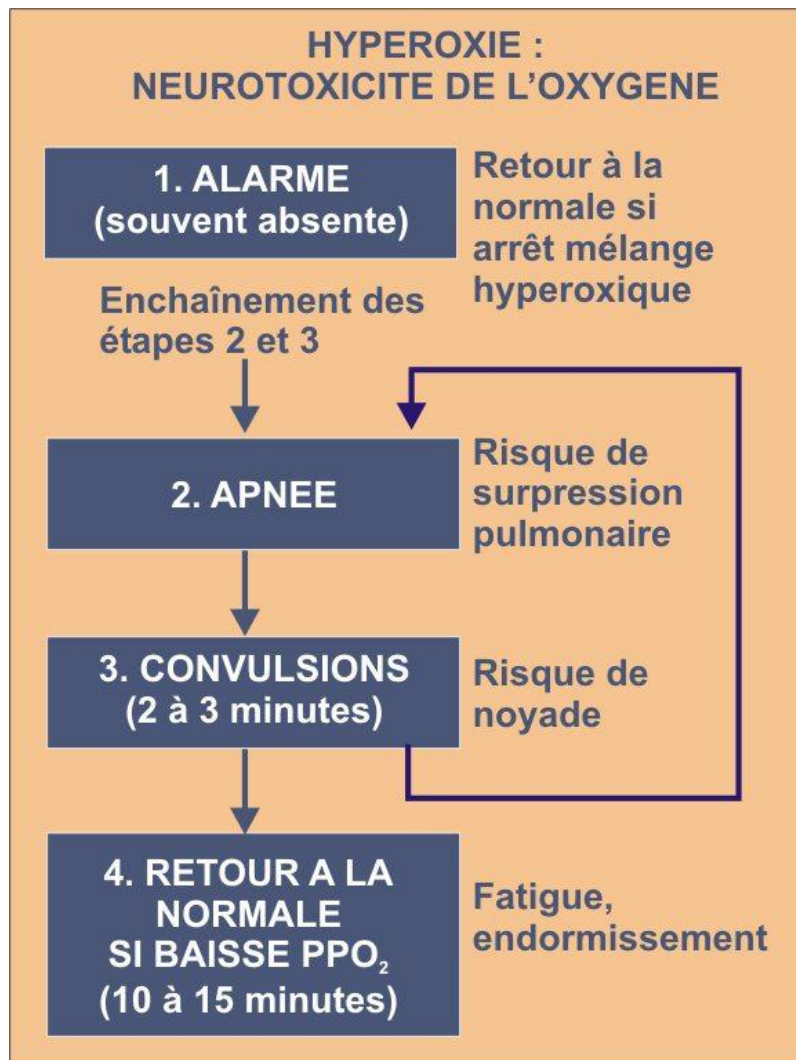
# Toxicité O<sub>2</sub> : l'hyperoxie

---

- Hyper : trop
  - Oxie : oxygène
  - → trop d'oxygène
- 
- La crise d'hyperoxie peut apparaitre lorsque la pression partielle d'oxygène est supérieur à 1,6 bar.



# Toxicité O<sub>2</sub> : Hyperoxie



© Alain Foret, Illustration-Pack II





# Hyperoxie : prévention

---

- Avoir une bonne condition physique.
- Entraînement progressif à la plongée profonde à l'air.
- Ne pas dépasser 1,6 de PpO<sub>2</sub>.



# Hyperoxie : conduite à tenir

---

- Baisser la PpO<sub>2</sub>, donc remonter.
- Traitement médical.
- Si plongée au nitrox :
  - Contrôler la teneur en O<sub>2</sub> des bouteilles.
  - Identifier les bouteilles concernées.
  - Respecter les profondeurs maximales d'évolution.



# Le monoxyde de carbone (CO)

---

- Gaz inodore, incolore et sans saveur  
=> non détectable.
- Accident grave car touche directement le sang, il prend la place de manière définitive de l'oxygène.
- En plongée il est du à un mauvais gonflage des bouteilles.



# Le CO : Symptômes

---

- Maux de tête
- Essoufflement
- Nausée
- Sueurs
- Changement de couleur de la face
- Vertige
- Syncope
  
- Symptômes collectifs



# Le CO : Conduite à tenir

---

- Mettre sous Oxygène .
- Prévenir les secours.
- Un passage au caisson sous oxygène sera nécessaire.
- Pas d'effort.



# Le CO : Prévention

---

- Elle est de la responsabilité du gonfleur.
- 3 points critiques à surveiller :
  - La prise d'air,
  - L'huile,
  - Le refroidissement du compresseur.



# Le CO : Prévention

---

- La Prise d'air :
  - Le polluant inspiré par la prise d'air se retrouveront dans l'air respiré,
  - Placé en hauteur,
  - Bien placé par rapport aux sources de polluant,
  - Tuyaux en bon état.
  
- L'huile :
  - Elle doit répondre à trois critères :
    - Toxicité minimale,
    - Résistance aux température et au pressions rencontrées dans le compresseur,
    - Lubrification suffisante par rapport à la machine.



# Le CO : Prévention

---

- Le refroidissement par air :
  - Les ailettes ne sont pas encrassées,
  - Grille de protection du ventilateur n'est pas encrassée,
  - Pas d'obstacle au flux d'air, ni devant, ni derrière,
  - Pas de recyclage c'est-à-dire un retour de l'air chaud vers l'aspiration du ventilateur,
  - Local suffisamment ventilé.





# Question ?

---

