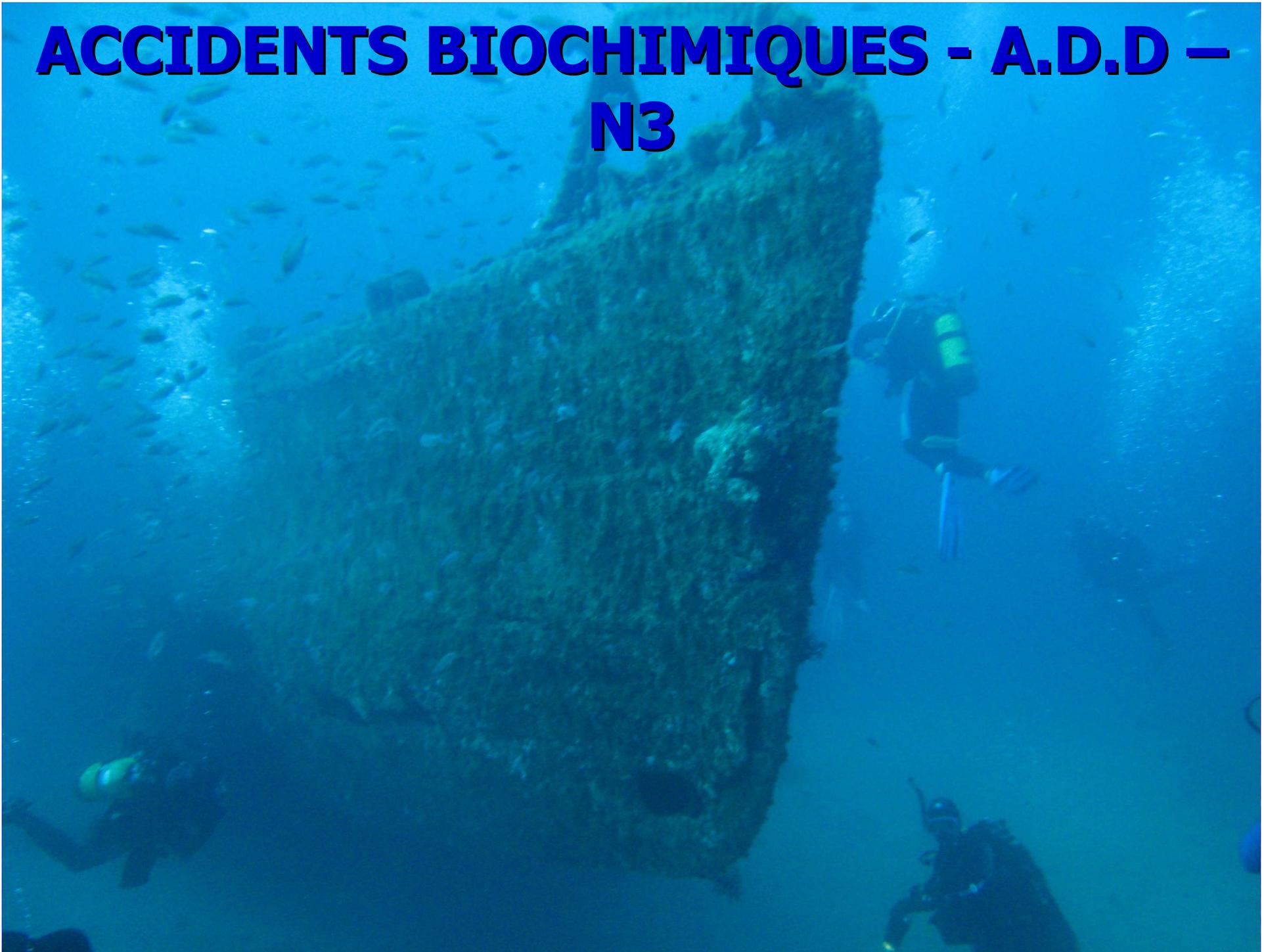


ACCIDENTS BIOCHIMIQUES - A.D.D - N3



Accidents biochimiques

1. Introduction
2. Composition de l'air.
3. La Pression partielle.
4. Loi de DALTON.
5. L'Hypercapnie.
6. La Narcose.
7. L'Oxygène.
8. L'A.D.D
9. Conclusion
10. Exercices

Accidents biochimiques

- L'air est composé de différents gaz.
- A certaines pressions, ces composants peuvent être toxiques et provoquer des accidents:
- Ce sont les Accidents Biochimiques.

Accidents biochimiques

1. Introduction
2. Composition de l'air.
3. La Pression partielle.
4. Loi de DALTON.
5. L'Hypercapnie.
6. La Narcose.
7. L'Oxygène.
8. L'A.D.D
9. Conclusion
10. Exercices

Accidents biochimiques

- Composition de l'Air:
 - L' Azote (N_2) : 79 %
 - L' Oxygène (O_2) : 20.9 %
 - Le Gaz carbonique ($C.O_2$) : 0,03 %
 - Les gaz rares (Argon, Néon, Krypton): 0,07 %

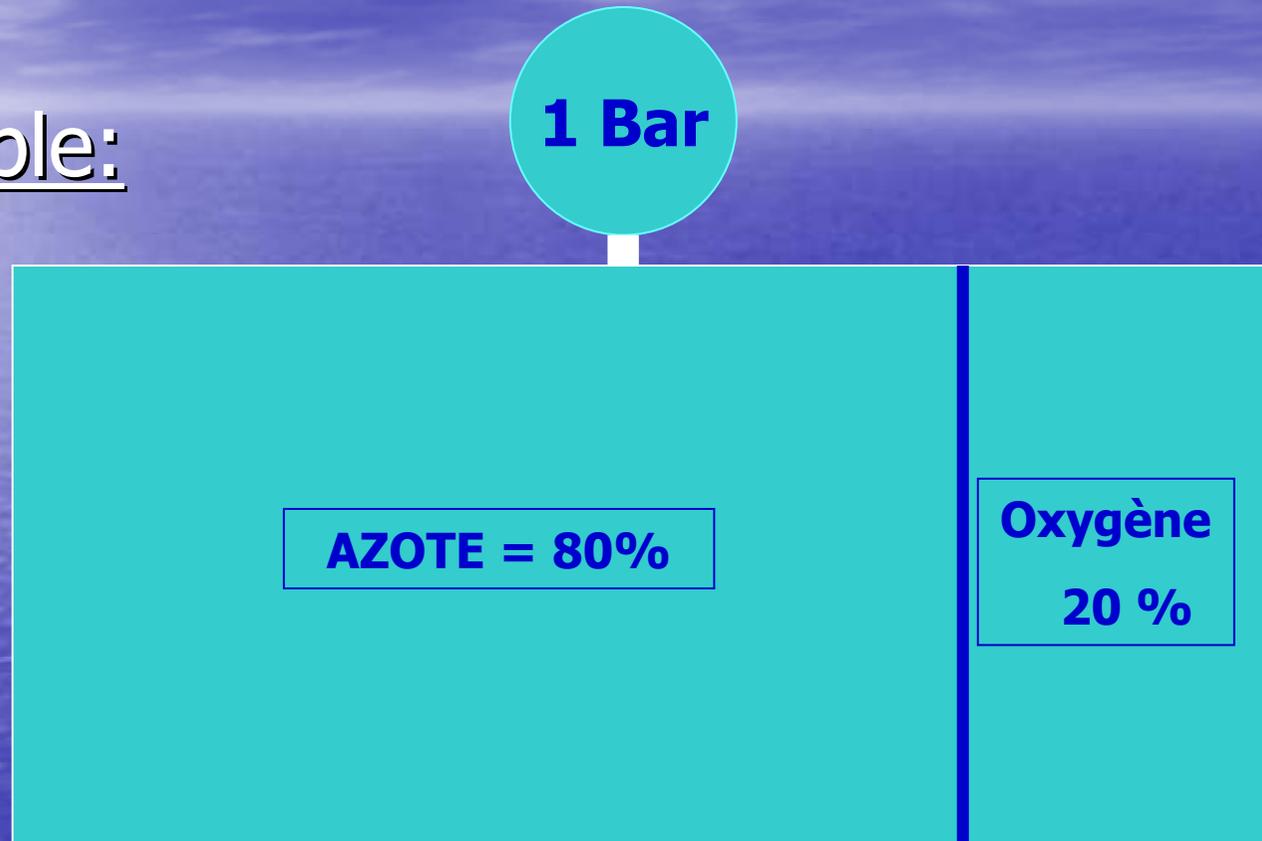
Accidents biochimiques

1. Introduction
2. Composition de l'air.
3. La Pression partielle.
4. Loi de DALTON.
5. L'Hypercapnie.
6. La Narcose.
7. L'Oxygène.
8. L'A.D.D
9. Conclusion
10. Exercices

Accidents biochimiques

La pression partielle

Exemple:

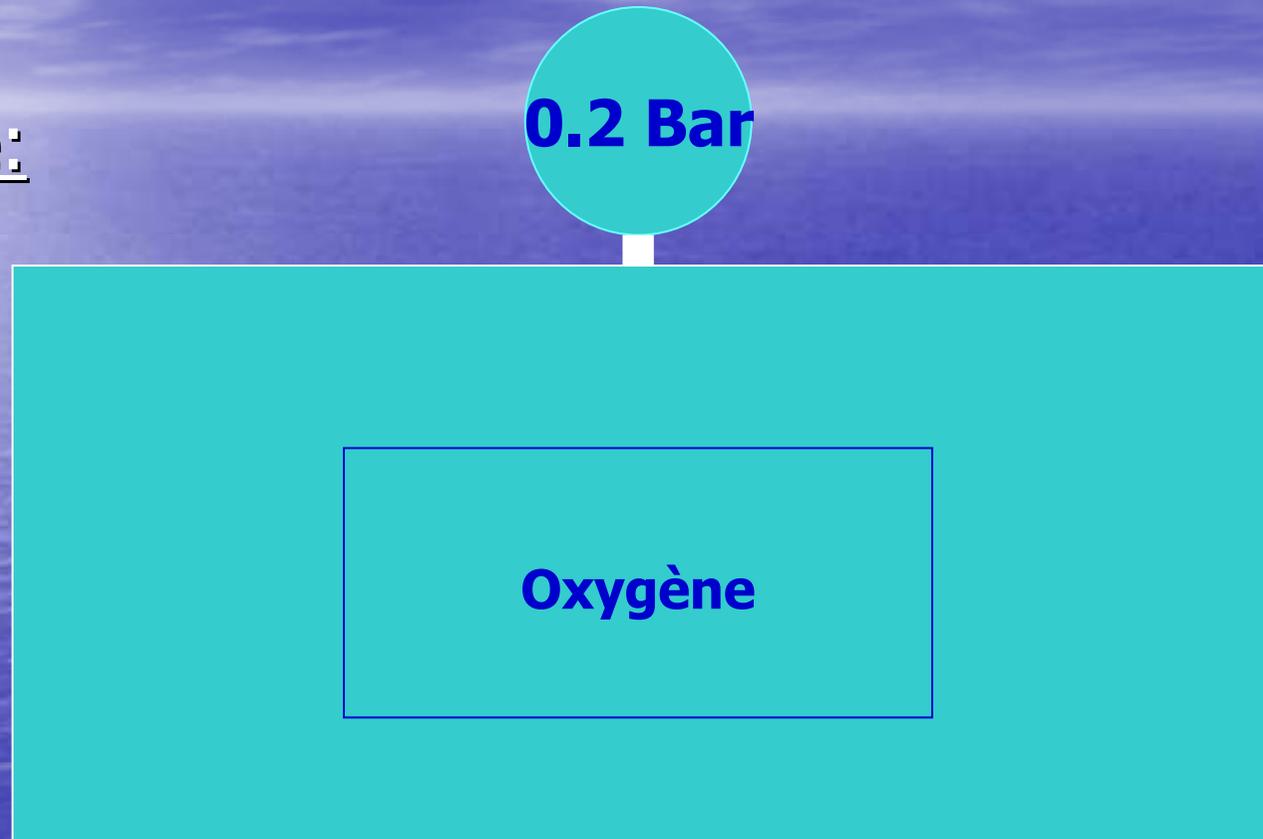


Un réservoir rempli d'air contient environ 80% d'Azote et 20 % d'oxygène.

Accidents biochimiques

La pression partielle

Exemple:



Si on extrait l'Azote (80%), l'oxygène occupera tout le volume du réservoir.

* La Pression chutera à 0.2 Bar.

Accidents biochimiques

La pression partielle

Exemple:



Si on extrait l' Oxygène (20%), l' Azote occupera tout le volume du réservoir.

* La Pression chutera à 0.8 Bar.

Accidents biochimiques

La pression partielle

- On constate que si l'Azote représente 80 % de l'air que nous respirons, il représente également 80 % de la pression de cet air

Exemple : en surface : 0.8 Bar.

- Il en est de même pour l'Oxygène: 20 % du volume de cet air correspondent également à 20% de sa pression.

Exemple : en surface : 0.2 Bar

Accidents biochimiques

La pression partielle

- Ces pressions sont appelées:

Pressions partielles: Pp

- Pression partielle d'Azote : PpN_2
- Pression partielle d'Oxygène : PpO_2
- Pression partielle de gaz Carbonique: $Pp CO_2$

Accidents biochimiques

1. Introduction
2. Composition de l'air.
3. La Pression partielle.
4. Loi de DALTON.
5. L'Hypercapnie.
6. La Narcose.
7. L'Oxygène.
8. L'A.D.D
9. Conclusion
10. Exercices

Accidents biochimiques

Loi de DALTON

Loi de DALTON:

- « La pression exercée par un mélange gazeux est égale à la somme des pressions partielles de chacun des gaz constituant le mélange. »
- « La pression partielle d'un gaz constituant d'un mélange correspond à la pression que ce gaz exercerait s'il occupait seul le volume occupé par le mélange. »
- « La pression partielle d'un gaz constituant d'un mélange est égale au produit de la pression totale par le pourcentage du gaz dans le mélange. »

Rappel: $P. \text{ absolue} = 1 + \frac{\text{Profondeur}}{10} \text{ (Bar)}$

Loi de DALTON

Pression partielle d'un gaz = P. abs x % de ce gaz

Profondeur	P. Absolue	Pp N ₂	PpO ₂
Surface	1 Bar	0.8 Bar	0.2 Bar
10m	2 Bar	1.6 Bar	0.4 Bar
20 m	3 Bar	2.4 Bar	0.6 Bar
30 m	4 Bar	3.2 Bar	0.8 Bar
40 m	5 Bar	4 Bar	1 Bar
50 m	6 Bar	4.8 Bar	1.2 Bar
60 m	7 Bar	5.6 Bar	1.4 Bar
70 m	8 Bar	6.4 Bar	1.6 Bar

Accidents biochimiques

1. Introduction
2. Composition de l'air.
3. La Pression partielle.
4. Loi de DALTON.
5. L'Hypercapnie.
6. La Narcose.
7. L'Oxygène.
8. L'A.D.D
9. Conclusion
10. Exercices

Accidents biochimiques

L' Hypercapnie

- L' Hypercapnie

C'est une intoxication par le dioxyde de carbone (CO_2). L'air pur n'en contient que 0.03%.

- Dès que l'on passe le seuil des 2%, les premiers troubles apparaissent.

- Cette intoxication peut provenir d'une mauvaise qualité d'air dans la bouteille ou d'une surproduction de ce gaz par l'organisme.

- Le taux de CO_2 dans le sang varie d'une manière infime en fonction de la pression absolue.

Accidents biochimiques

L'Hypercapnie

- La respiration:

La respiration permet de fournir à l'organisme l' O_2 dont il a besoin et d'évacuer le CO_2 qui a été généré.

Le taux de CO_2 dans le sang est détecté par des récepteurs (les chémorécepteurs).

Suite à un effort, un taux de CO_2 anormalement élevé va provoquer le réflexe inspiratoire. Ce qui va engendrer une respiration de + en + rapide et de faible amplitude.

Accidents biochimiques

L'Hypercapnie

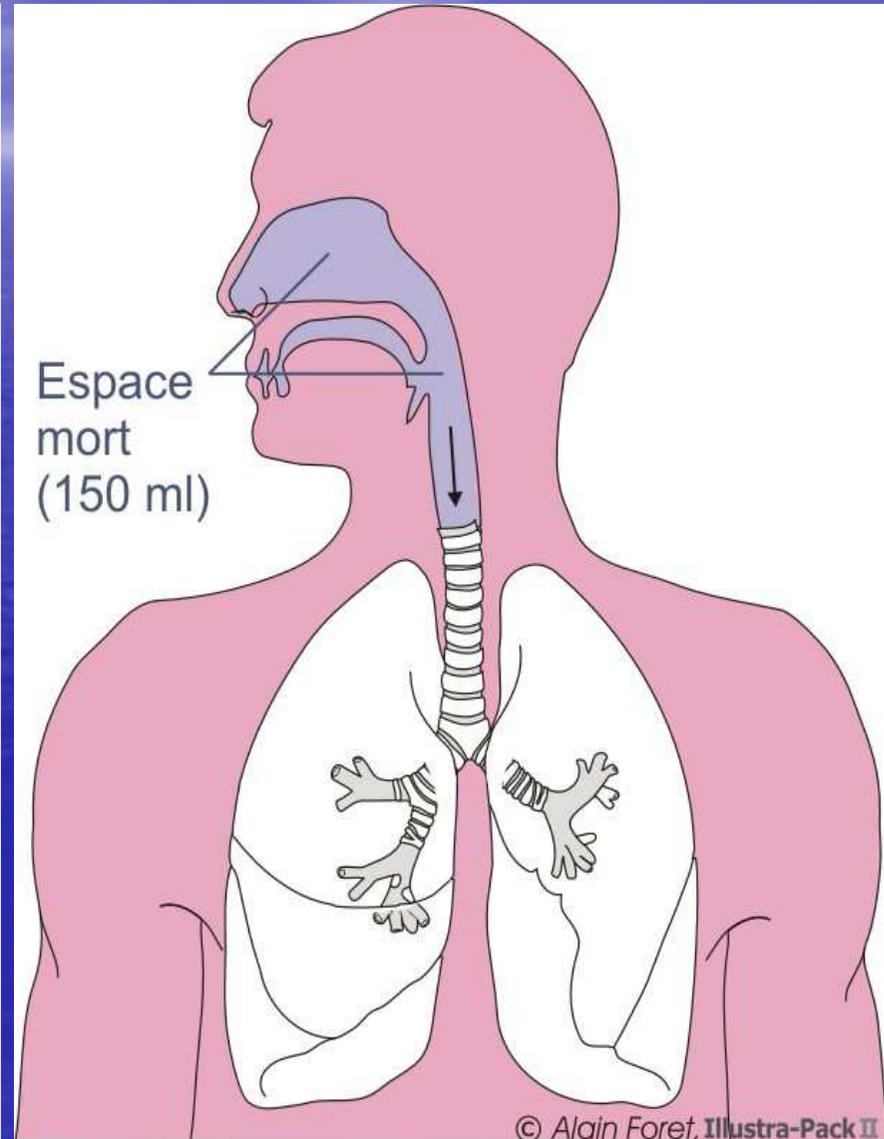
- Cette respiration superficielle va provoquer une augmentation du taux de CO_2 , dû à une expiration insuffisante, et une augmentation de la fréquence respiratoire.
- Ce cercle vicieux va provoquer le phénomène d'essoufflement:
 - sensation d'asphyxie, d'étouffement.
 - besoin d'inspirer (alors qu'il faudrait expirer).

Accidents biochimiques

L'Hypercapnie

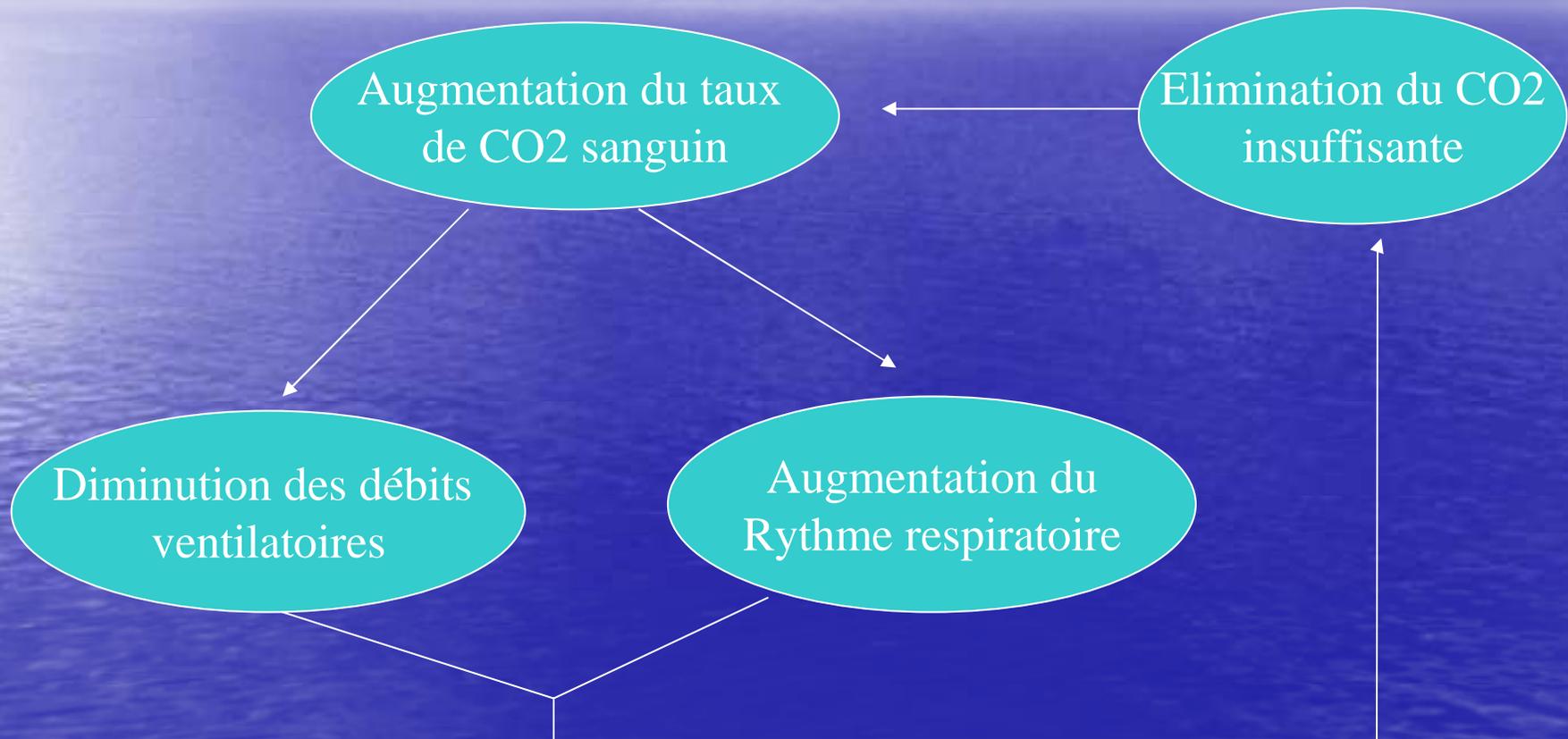
L'espace mort (nez , bouche, pharynx, trachée) représente un volume de 150 ml. Lorsque l'on inspire 500 ml, seulement 350 ml sont dirigés vers les alvéoles.

Lors de l'inspiration, les 150ml d'air vicié (pauvre en O_2 et chargé en CO_2) vont précéder l'air frais au niveau des alvéoles.



Accidents biochimiques

L'Hypercapnie



Accidents biochimiques

L'Hypercapnie

- Prévention:
 - Qualité de l'air utilisé (compresseur thermique).
 - Bien ouvrir la robinetterie avant la plongée.
 - Avoir un détendeur en parfait état .
 - Expirer lentement et complètement afin de bien évacuer le CO₂.
 - Se lester correctement.
 - Le stress et le froid sont des facteurs favorisants.
 - Un entraînement régulier peut éviter l'essoufflement.
 - Surveillance mutuelle (chapelets de bulles).
 - Savoir gérer son effort: (adapter son comportement en fonction des situations).

Accidents biochimiques

L'Hypercapnie

- Anticipation de l'essoufflement:

Autotest:- Pour vérifier si le plongeur est près de l'essoufflement, il lui est possible de procéder à une expiration poussée. Si le besoin d'inspirer se fait automatiquement ressentir, c'est que le taux de CO_2 présent dans le sang est anormalement élevé.

Accidents biochimiques

1. Introduction
2. Composition de l'air.
3. La Pression partielle.
4. Loi de DALTON.
5. L' Hypercapnie.
6. La Narcose.
7. L' Oxygène.
8. L'A.D.D
9. Conclusion
10. Exercices

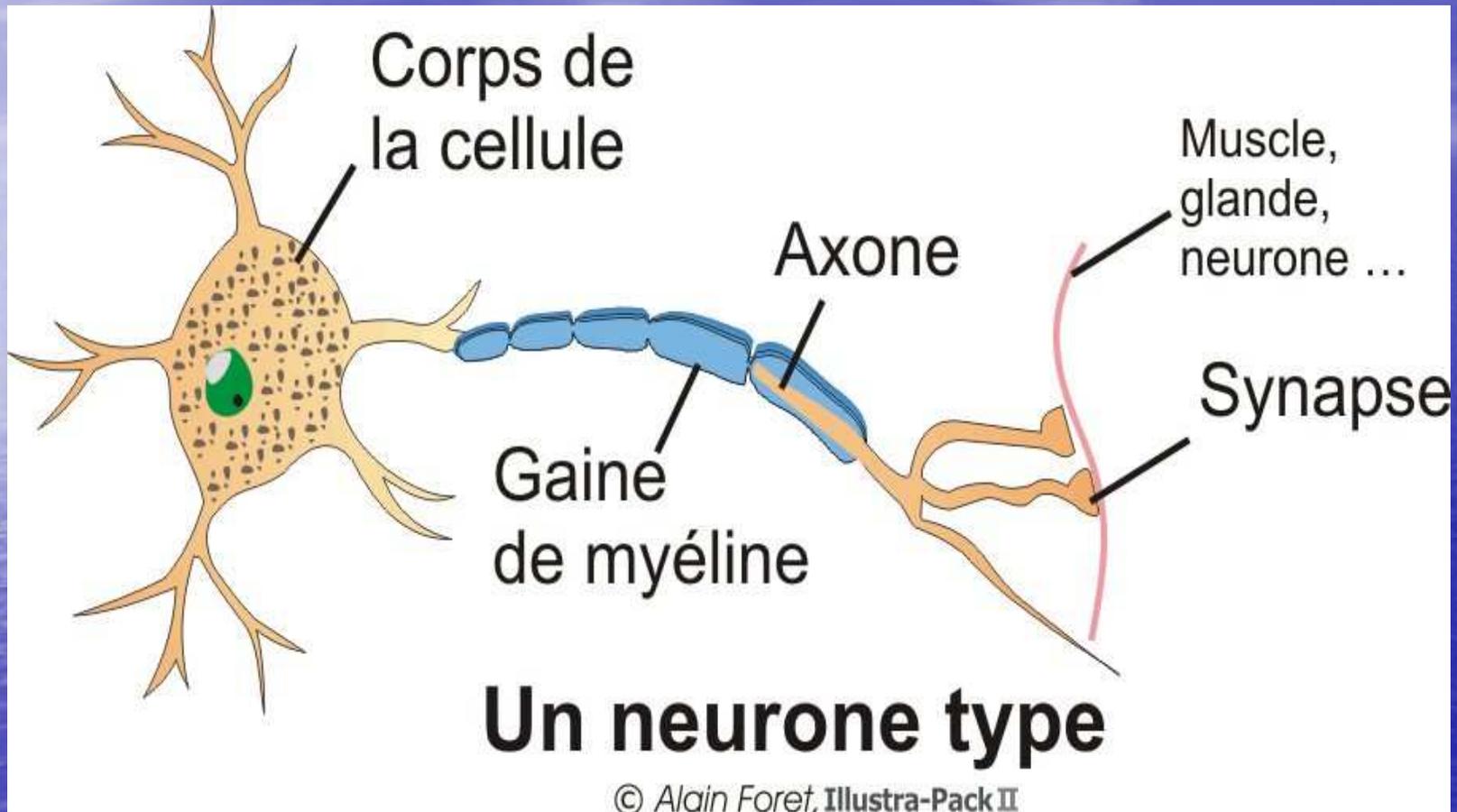
Accidents biochimiques

La Narcose

- L'Azote n'est pas utilisé par l'organisme.
- Lors de la descente, la P_{pN_2} augmente avec la profondeur, l'Azote se dissout dans l'organisme.
- Quand la P_{pN_2} dépasse les 3 Bars, (environ 30m), des troubles peuvent survenir et s'aggraver avec la profondeur.
- Ces troubles seraient dus à une dissolution de l'azote dans la partie grasseuse des neurones. (gaine de myéline) ce qui provoque un ralentissement des échanges dans le système nerveux central.

Accidents biochimiques

La Narcose



L'azote va se fixer sur la partie grasseuse du neurone et provoquer un ralentissement des échanges dans le système nerveux => NARCOSE

Accidents biochimiques

La Narcose

- Tous les plongeurs ne sont pas égaux devant la narcose, certains y sont plus sensibles que d'autres.
- Pour une même personne, la sensibilité à la narcose peut varier d'une journée à l'autre.
- A 60m, tous les plongeurs sont \pm concernés.

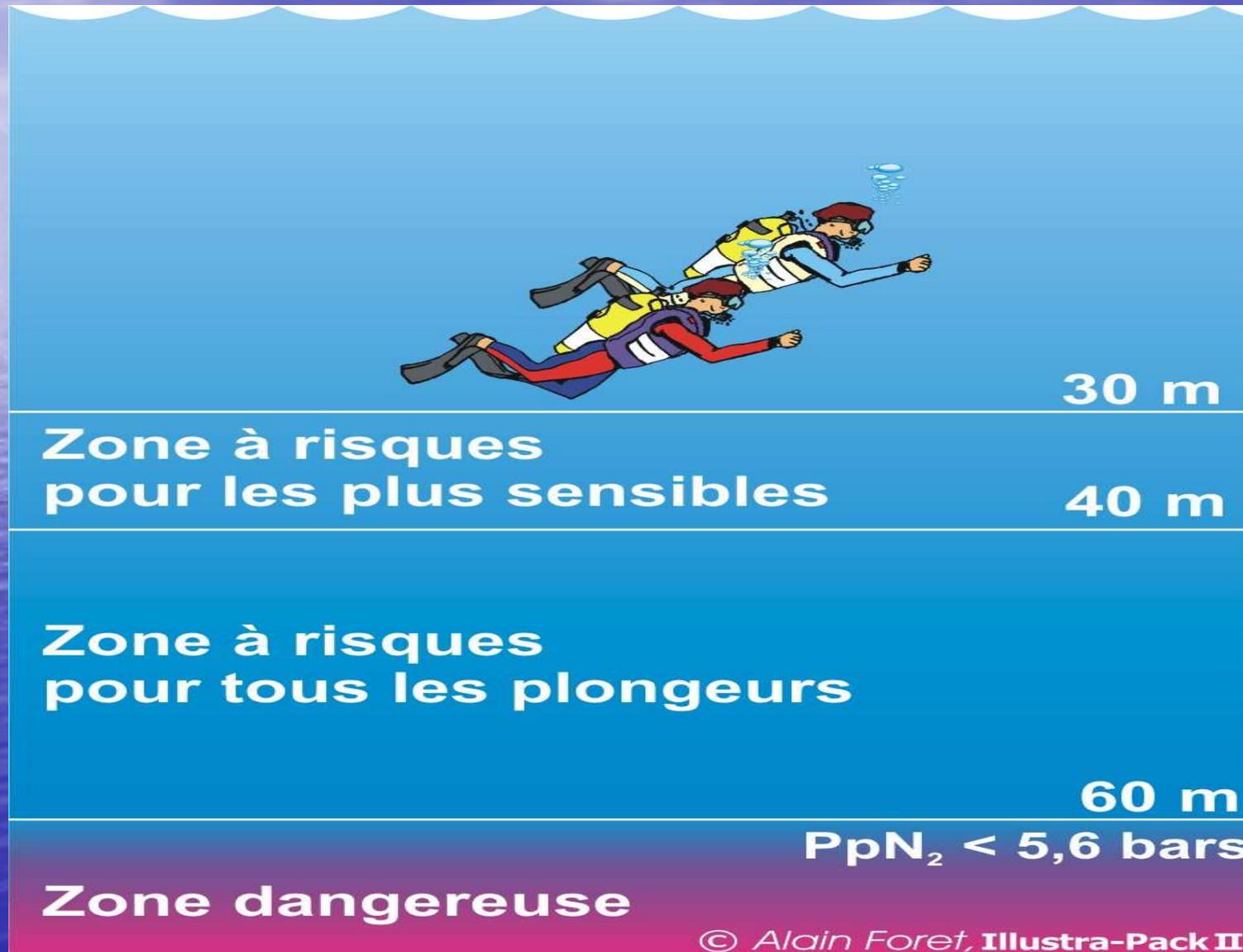
Accidents biochimiques

La Narcose

- Symptômes:
 - Euphorie, confiance en soi excessive.
ou angoisse (accentuation du comportement).
 - Accentuation du dialogue intérieur.
 - Baisse de l'attention.
 - Altération du jugement.
 - Augmentation du temps de réponse.
 - Gestes inconscients.
 - Hallucinations.

Accidents biochimiques

La Narcose



Accidents biochimiques

La Narcose

- Facteurs favorisants:

- Profondeur importante .
- Fatigue.
- Descente rapide
- Effort excessif.

- Conduite à tenir:

- Remonter de quelques mètres.
- Avertir son binôme.
- Importance de la surveillance mutuelle.

Accidents biochimiques

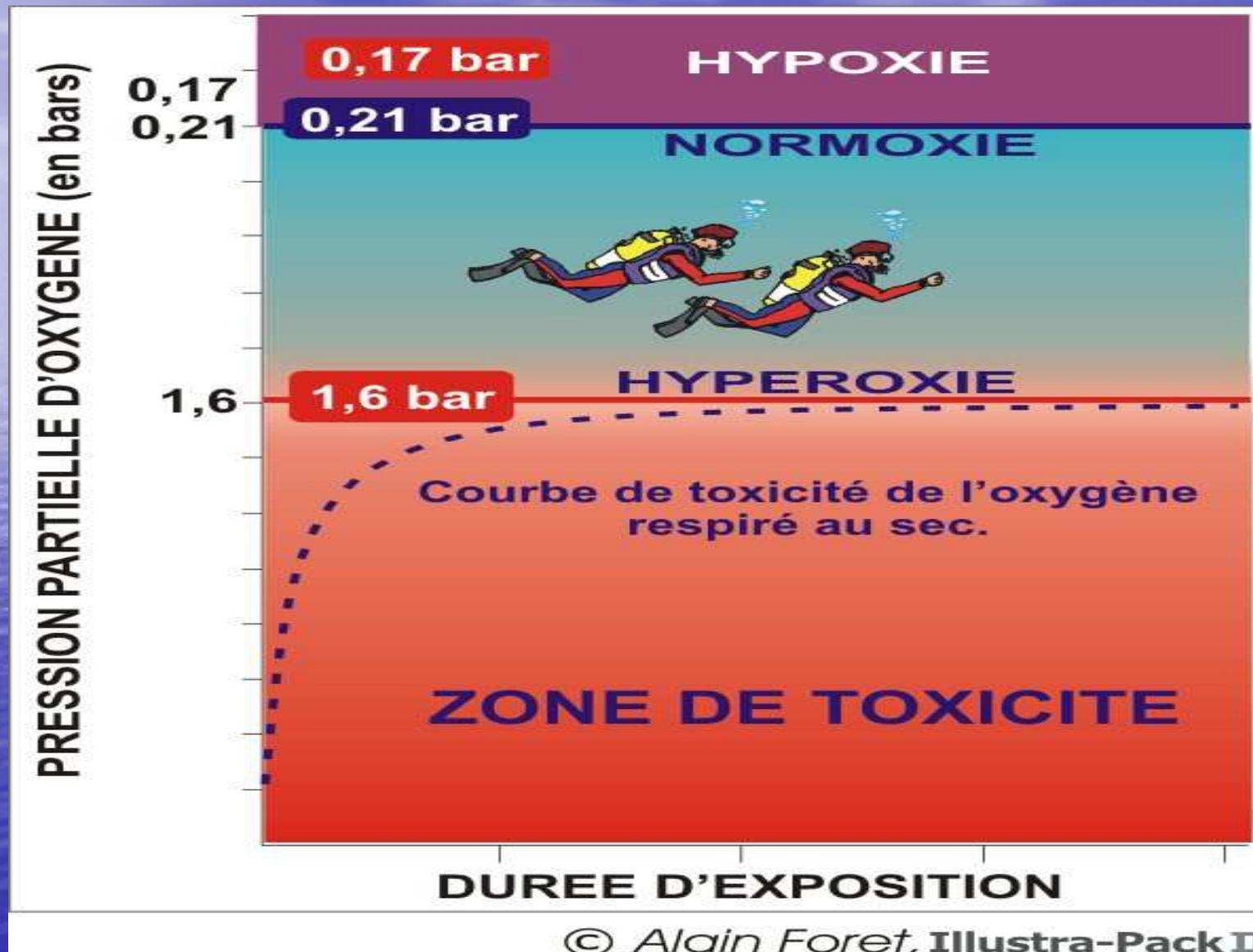
1. Introduction
2. Composition de l'air.
3. La Pression partielle.
4. Loi de DALTON.
5. L'Hypercapnie.
6. La Narcose.
7. L'Oxygène.
8. L'A.D.D
9. Conclusion
10. Exercices

Accidents biochimiques

Toxicité de l'Oxygène

- En surface, la PpO_2 est de **0.21 Bar** (normoxie).
En dessous de 0.17 Bar, l'organisme ne dispose pas d'assez d' O_2 (hypoxie).
L'oxygène est toxique pour l'organisme si sa PpO_2 dépasse **1.6 Bar**. (hyperoxie).
Cette Pp est atteinte à **66 m** en plongée à l'air et à **6 m**, en cas de **palier à l' O_2** .
Elle peut être dépassée à des profondeurs moindres avec l'utilisation du **Nitrox**.

Toxicité de l'Oxygène



Toxicité de l'Oxygène

- 1/ Effet LORRAIN – SMITH:

- Exposition de + de 2 heures à une $P_{po_2} > 0.5$ B (inflammation des membranes alvéolaires)
(En plongée loisir, ce risque n'existe pas).

- 2/ Effet Paul BERT:

- La P_{po_2} est > 1.6 Bar.
- Symptômes: - Tachycardie
 - Nausées
 - Confusion, anxiété
 - Troubles de la vue

Puis, crise hyperoxique .

Toxicité de l'Oxygène

- Effet Paul BERT:

La crise hyperoxique se déroule en 3 phases:

- la phase tonique ou contractive: contraction de tous les muscles, blocage de la glotte.
- la phase clonique ou convulsive dans laquelle les contractions musculaires succèdent à des temps de détente.
- la phase résolutive avec reprise de conscience, état agité, amnésie de la crise.
(si la PpO_2 est maintenue, on a de nouveau une phase tonique).

Toxicité de l'Oxygène

- Prévention:

- Ne pas dépasser une PpO_2 de 1.6 bar.
- Ne pas dépasser la profondeur planifiée.
- Limiter le temps de plongée à cette profondeur.
- Si conditions difficiles (froid, effort,), choisir une PPO_2 plus faible (1.4 bar).
- Pas de palier à l'O₂ au-delà de 6 m.
- En cas de plongée supérieure à 40 m, contrôler systématiquement le taux d'O₂ de sa bouteille.

Accidents biochimiques

1. Introduction
2. Composition de l'air.
3. La Pression partielle.
4. Loi de DALTON.
5. L'Hypercapnie.
6. La Narcose.
7. L'Oxygène.
8. L'A.D.D
9. Conclusion
10. Exercices

Accidents biophysiques : ADD

Historique.

- Au 19^è siècle, des ouvriers travaillent en profondeur, en utilisant des caissons soumis à des pressions de l'ordre de 2 à 4 bars: travaux dans des mines, construction de ponts.
- Ils travaillent plusieurs heures par jour dans ces conditions et remontent à la surface sans prendre de précaution particulière.

Accidents biophysiques : ADD

Historique.

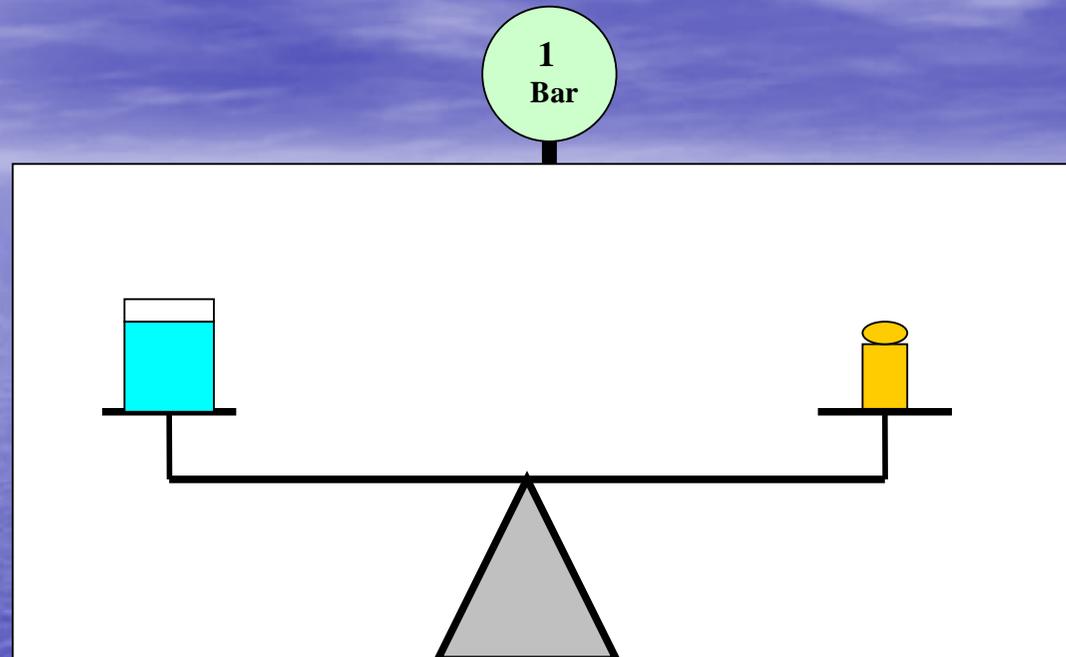
- Ces travailleurs sont parfois victimes d'un mal inconnu appelé le mal des caissons: douleurs articulaires, paralysies partielles: les médecins de l'époque ne comprennent pas le phénomène.
- Ensuite, vers le milieu du 19^e siècle, commencent les travaux sous-marins; de nombreux accidents surviennent lors de ces travaux.

Accidents biophysiques : ADD

Historique.

- En 1878, Paul BERT va mettre en évidence le rôle de l'azote dans ces accidents et préconiser une remontée lente.
- Vers 1907, John Scott HALDANE, à la demande du gouvernement britannique, va approfondir les travaux de Paul BERT et proposer les premières procédures de remontée à la Royal Navy.

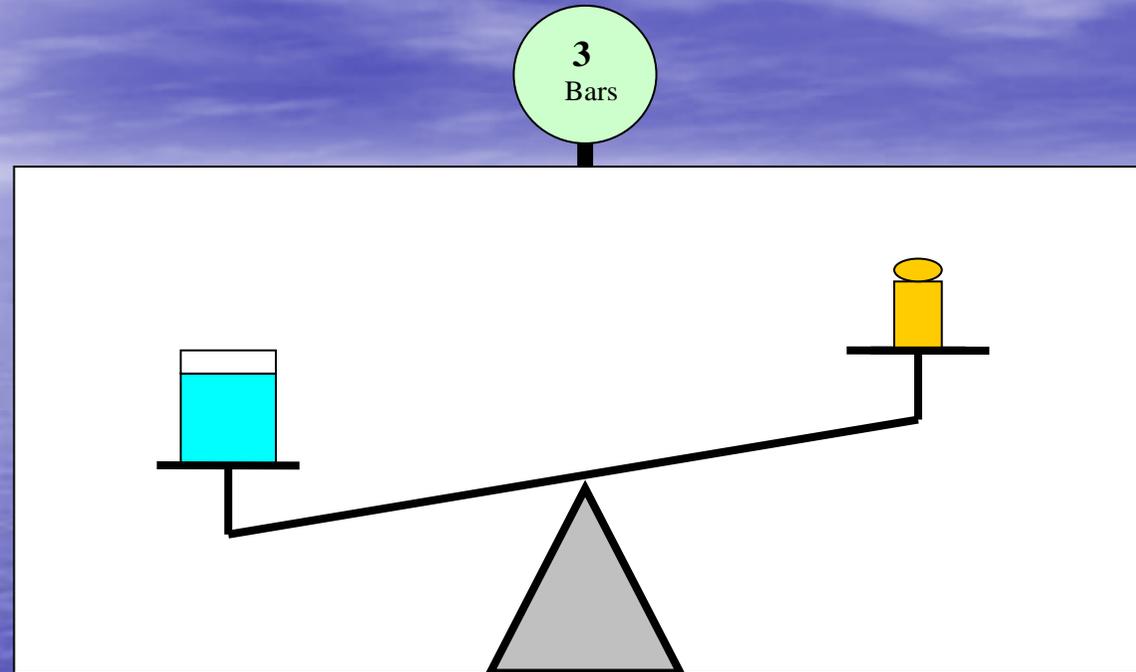
Loi de HENRY



On place une balance dans une enceinte close soumise à une pression de 1 Bar.

Sur cette balance on a placé un récipient d'eau en équilibre avec son poids sur l'autre plateau.

Loi de HENRY

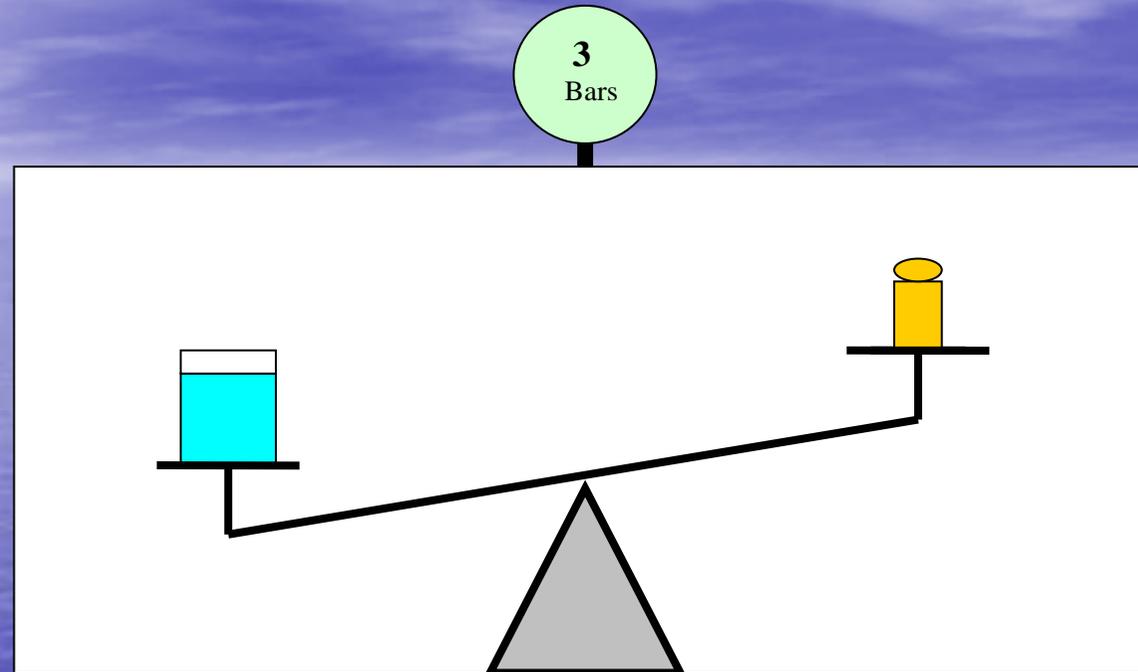


Si on augmente la pression dans l'enceinte (ex:3 Bars) , au bout d'un certain temps, la balance n'est plus en équilibre.

Le récipient contenant de l'eau est plus lourd que le poids.

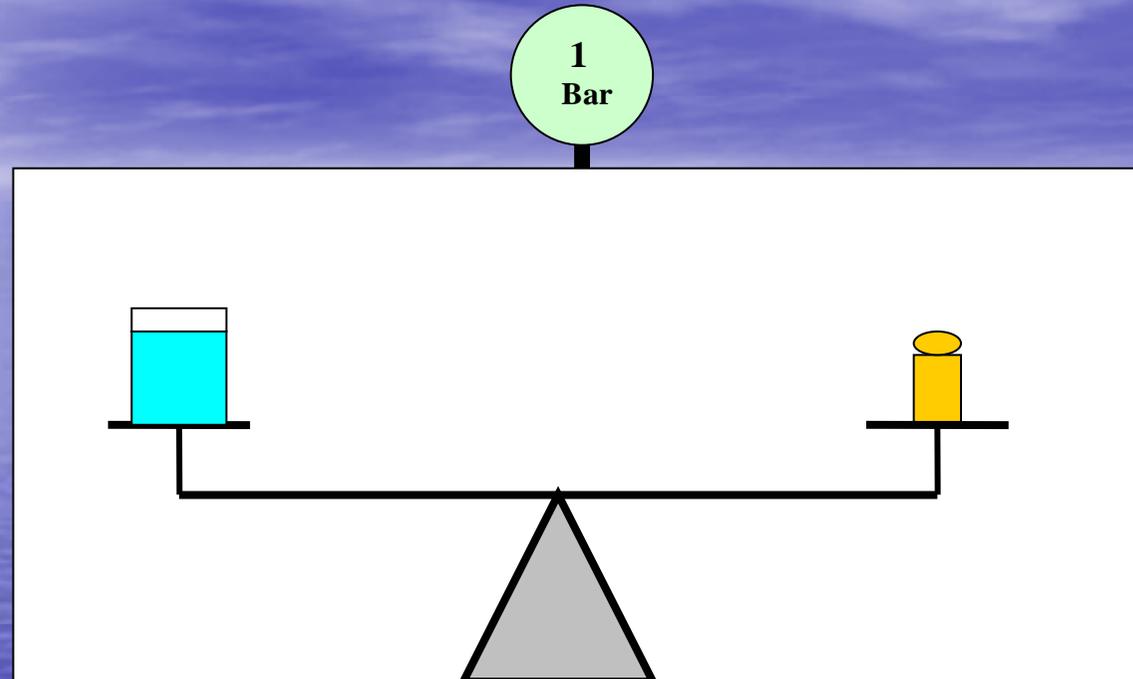
Sous l'effet de la pression, une quantité de gaz a été dissoute dans le liquide.

Loi de HENRY



Si la T° augmente et si la surface du liquide est agitée, la dissolution se fera plus rapidement.

Loi de HENRY



Si on replace l'enceinte sous une pression de 1 bar (pression atmosphérique), au bout d'un certain temps, la balance retrouve son équilibre.

Le gaz qui était dissous dans le liquide a retrouvé sa forme gazeuse.

Loi de HENRY

- Loi de HENRY : « A température constante et à saturation, la quantité de gaz dissoute dans un liquide est proportionnelle à la pression de ce gaz au dessus de ce liquide. »

- Application à la plongée:

La quantité d'azote dissous dans l'organisme dépend de la profondeur atteinte et de la durée de l'évolution à cette profondeur. Les tissus se comporteront comme un liquide, on peut également comparer l'agitation du liquide favorisant la dissolution à la circulation sanguine.

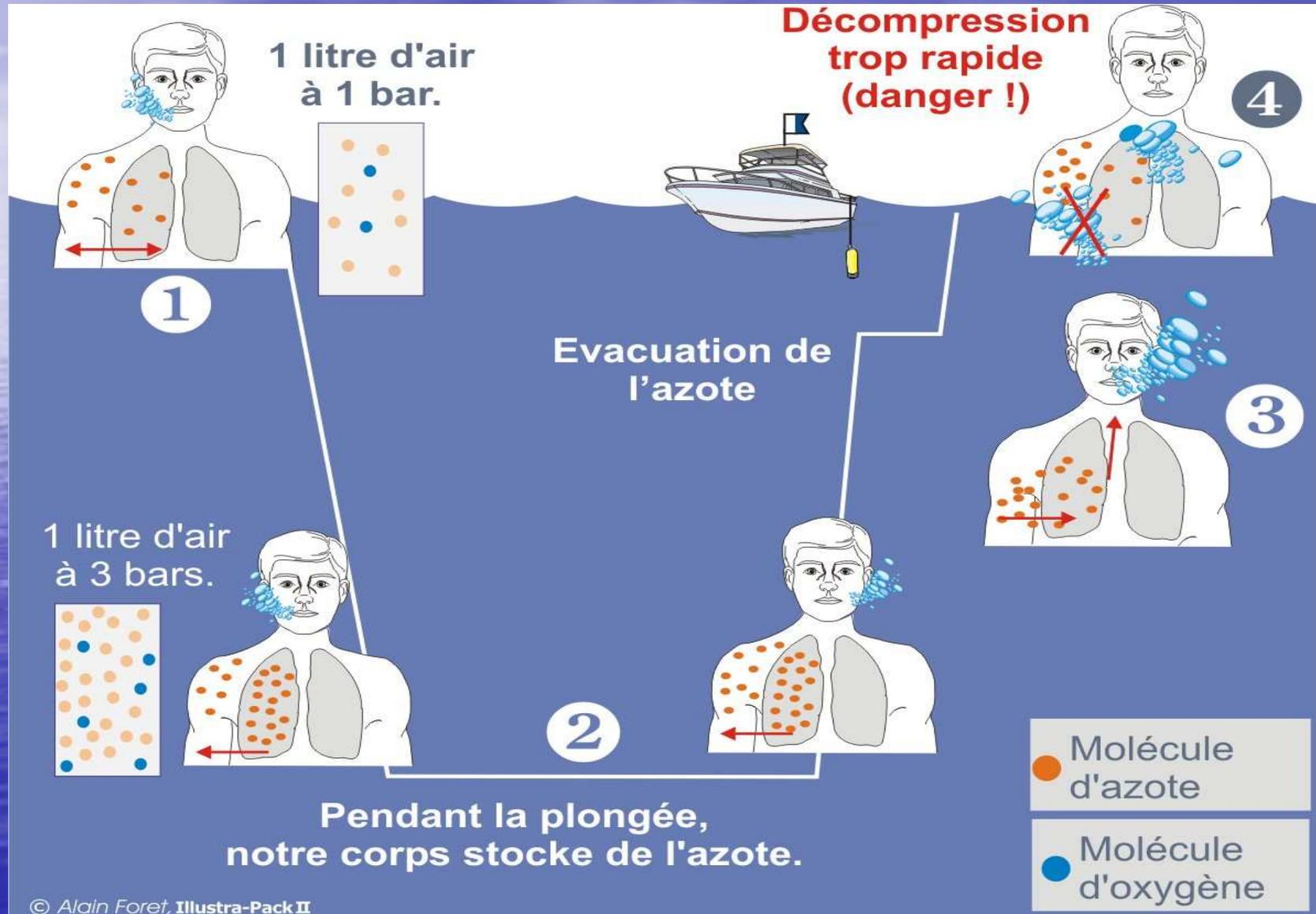
Accidents biophysiques : ADD

- L'azote n'est pas consommé par l'organisme.
- Lors de la descente, une partie de l'Azote (N_2) se dissout dans l'organisme.
- La quantité d'Azote dissoute dépend de la profondeur et de la durée de la plongée .
- A la remontée, dans des conditions normales, cet azote dissous va reprendre sa forme gazeuse et sera éliminé par la ventilation.

Accidents biophysiques : ADD

- Pour que l'azote dissous dans l'organisme soit éliminé par le filtre pulmonaire, il faut respecter les procédures de remontée:
 - Vitesse de remontée de **15m/mn maxi.**
 - Respect des paliers.(sujet traité ultérieurement).
- * L'élimination totale de l'Azote dure environ 12h.

Accidents biophysiques : ADD

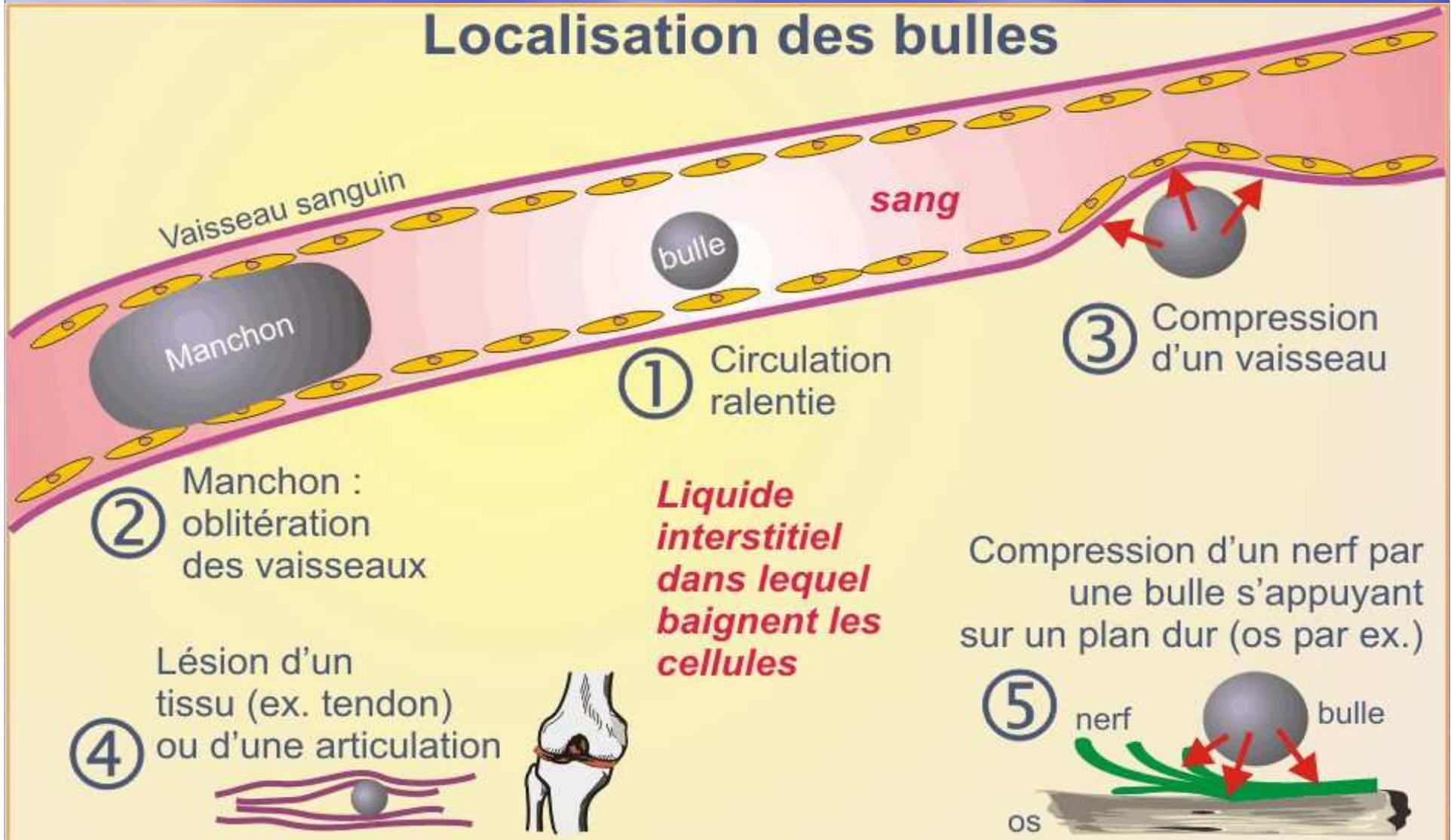


Accidents biophysiques : ADD

- En cas de remontée rapide ou de non respect des paliers, les bulles deviennent de plus en plus nombreuses et ne peuvent être évacuées par les poumons.
- Ces bulles vont se former dans les différents tissus et suivre la circulation sanguine.
- Leur taille va augmenter avec la baisse de pression (Mariotte) et elles se localiseront dans différents endroits.

Accidents biophysiques : ADD

Localisation des bulles



Accidents biophysiques : ADD

Le Foramen .Ovale . Perméable (F.O.P)

A la naissance, l'oreillette gauche et l'oreillette droite, communiquent par un orifice situé dans la paroi qui sépare ces deux oreillettes.

A l'âge adulte, cet orifice est normalement refermé, sauf dans certains cas où l'on constate une faiblesse à ce niveau.

C'est ce que l'on appelle le F.O.P.

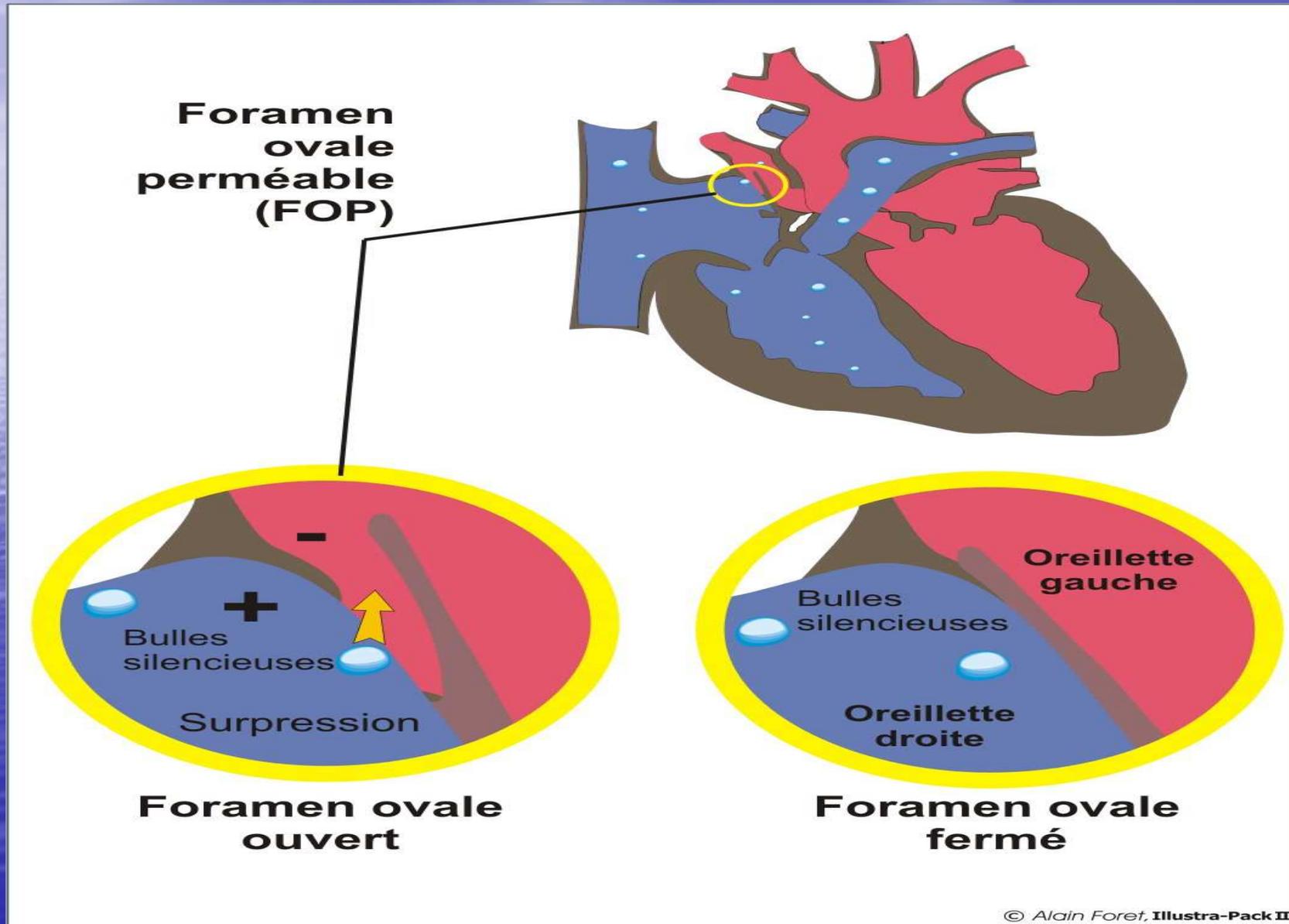
Une personne sur 3 est concernée.

Accidents biophysiques : ADD

Le F.O.P

En plongée, si une surpression se produit au niveau du cœur droit (**effort, toux, VALSALVA**), il peut se produire une ouverture du FOP et une communication entre les deux oreillettes, ce qui permettrait au sang chargé de petites bulles d'azote en fin de plongée, de passer du cœur droit au cœur gauche sans passer par le filtre pulmonaire. Ces bulles se retrouvent donc dans la grande circulation: cerveau, organes, et vont provoquer un **Accident De Désaturation**.

Accidents biophysiques : ADD



Accidents biophysiques : ADD

- Les symptômes apparaissent entre 15 mn et 12 h après la sortie de l'eau.
- Dans la majorité des cas, ils interviennent dans l'heure qui suit.

Accidents biophysiques : ADD

- Accidents mineurs (Type 1):

- Accidents cutanés: des bulles d'azote se sont formés sous la peau. Cela se traduit par des démangeaisons, des picotements (**puces**), ou des gonflements douloureux sous la peau (**moutons**).
- Accidents ostéo-articulaires (**bends**): des bulles d'azote se sont localisées au niveau d'une articulation (épaule, genou, coude).

Accidents biophysiques : ADD

- Accidents majeurs (Type 2):

- Troubles ventilatoires et cardiaques: difficultés à ventiler, douleur aiguë au niveau de la poitrine.
- Troubles neurologiques: troubles de la vision et de la parole, paralysie de certains membres.
- **Hémiplégie** : paralysie d'un côté du corps.
- **Paraplégie**: paralysie des membres inférieurs et de la partie basse du tronc.
- **Tétraplégie** : paralysie des quatre membres.
- Troubles de l'équilibre si l'oreille interne est touchée .

Accidents biophysiques : ADD

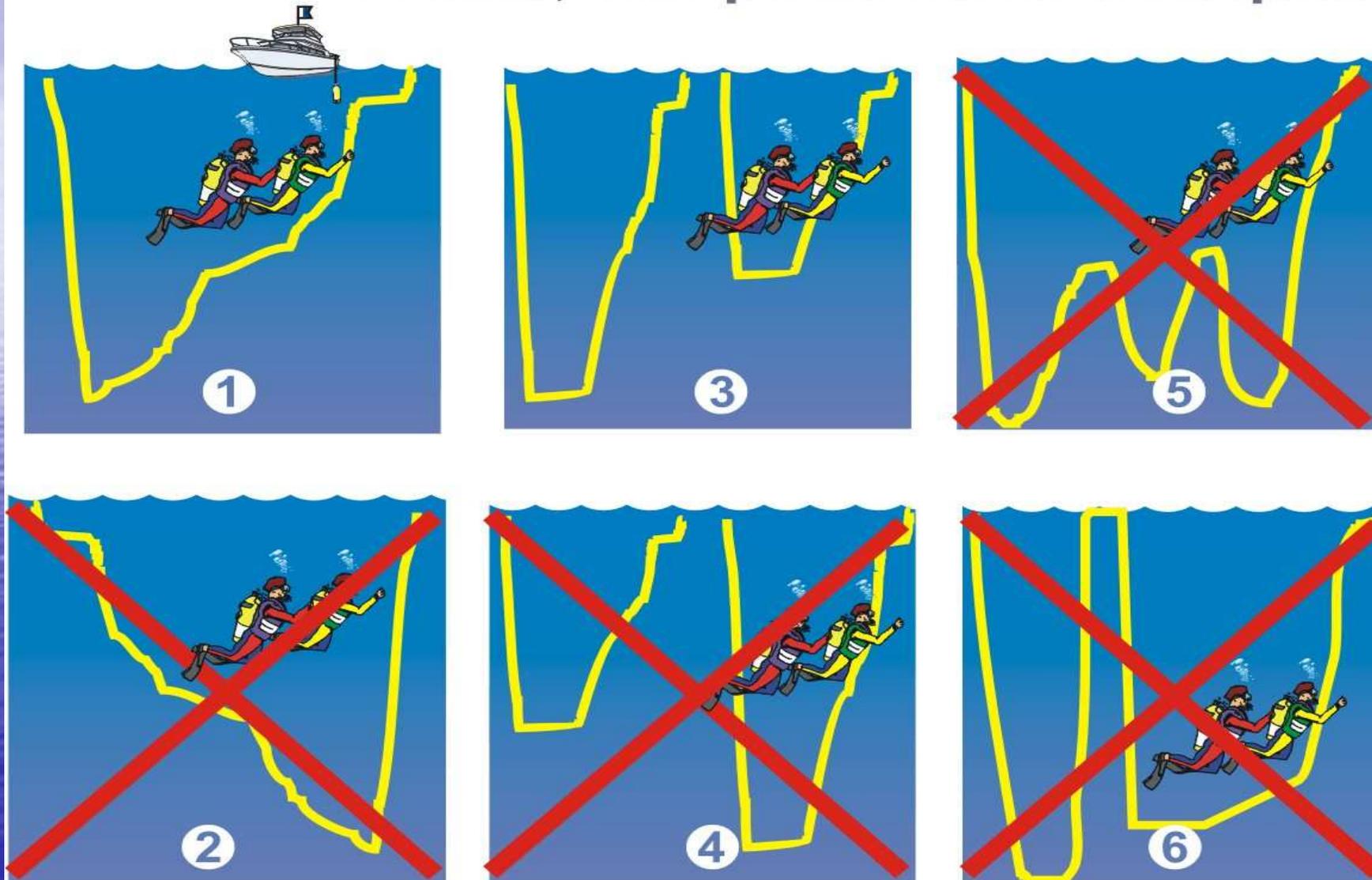
- Facteurs favorisant l'A.D.D:
 - l'âge.
 - l'obésité.
 - tabac, alcool, stupéfiants.
 - certains médicaments.
 - fatigue, stress.
 - mauvaise condition physique;
 - effort avant, pendant ou après la plongée.
 - essoufflement, froid;
 - profondeur et temps de plongée
 - plongées yoyo, successives.(traité ultérieurement).

Accidents biophysiques : ADD

- Profils de plongée dangereux :
 - Profil inversé: Plongée où la profondeur la plus importante est effectuée en fin d'exploration.
Il est conseillé d'effectuer le début de sa plongée à la profondeur la plus importante prévue.
 - Plongée yoyo: Remontées et redescentes successives au cours de la même plongée. Ce profil de plongée est inévitable lors des plongées techniques, mais le fait de redescendre à la profondeur maxi atteinte (Prof=20m) ou à mi-profondeur (prof \geq 25m) et d'y rester 5 mn va minimiser les risques d'accident.

Accidents biophysiques : ADD

Profils, comportements à risques



Accidents biophysiques : ADD

- PREVENTION:

- limiter les facteurs favorisants.
- éviter les profils de plongée dangereux.
- respecter la vitesse de remontée.
- effectuer correctement les paliers (temps , profondeur)
- en cas de remontée rapide ou de plongées yoyo, redescendre à mi profondeur , y effectuer un palier de 5mn avant de remonter et d'effectuer les autres paliers.
- attendre 12 à 24H avant de prendre l'avion (les cabines sont pressurisées à 0.8 Bar)
- attendre 12 H avant de monter en altitude (P . Atm)
- pas plus de 2 plongées par jour.
- pas de VALSAVA à la remontée.

Accidents biophysiques : ADD

- Conduite à tenir:

Pas de recompression par immersion.

Alerter les secours (C.R.O.S.S).

Mettre l'accidenté sous O₂ (15l/mn).

Proposer de l'aspirine (250mg).

Faire boire 1 l d'eau.

Accidents biochimiques

1. Introduction
2. Composition de l'air.
3. La Pression partielle.
4. Loi de DALTON.
5. L' Hypercapnie.
6. La Narcose.
7. L' Oxygène.
8. L'A.D.D
9. Conclusion.
10. Questions ?

Accidents biophysiques : ADD

- CONCLUSION:

- La pratique de la plongée nécessite la connaissance et le respect des règles qui sont enseignées au cours des différentes formations.
- Le non respect des procédures peut être à l'origine d'accidents lourds de conséquences.
- Un bon plongeur est un plongeur rigoureux dans le domaine de la sécurité.

Accidents biochimiques

1. Introduction
2. Composition de l'air.
3. La Pression partielle.
4. Loi de DALTON.
5. L'Hypercapnie.
6. La Narcose.
7. L'Oxygène.
8. L'A.D.D
9. Conclusion
10. Questions?

Questions ?

