

# Toxicité des gaz - ADD



Le 04/02/2014 Thierry Piotin

# Rappel lois de physique

- Le facteur principal influant sur l'organisme humain en plongée est la [pression](#) exercée par l'eau.
- L'air contenu dans les différentes cavités du corps (oreille moyenne, sinus, appareil respiratoire...) voit son volume varier de manière inversement proportionnelle à la pression ambiante, suivant la [loi de Boyle-Mariotte](#).



**A température constante, le volume d'un gaz est inversement proportionnel à la pression qu'il reçoit :  $P \times V = Cte$**

- L'augmentation de la pression ambiante cause la dissolution des gaz.
- Lorsqu'un gaz se trouve en contact avec un liquide, il va s'y dissoudre progressivement jusqu'à atteindre une limite proportionnelle à la pression et dépendant des caractéristiques du gaz et du liquide en matière de solubilité, suivant la [loi de Henry](#). Si la pression augmente, de plus en plus de gaz se dissout dans le liquide. Si la pression diminue doucement, du gaz reflue vers la limite du liquide sous forme dissoute ou de micro-bulles. Si la pression diminue très rapidement, le gaz s'échappe de manière explosive et forme des bulles au sein du liquide (exemple de la bouteille de soda au moment de l'ouverture).

[loi de Henry](#)



**A température constante et à saturation, la quantité de gaz dissout dans un liquide est proportionnelle à la pression qu'exerce ce gaz sur le liquide.**

[Loi de Dalton](#)



**La pression totale d'un mélange de gaz est égale à la somme des pressions partielles des gaz qui composent ce mélange :  $P_{pGaz} = PourcentageGaz \times P_{absolue}$**

- A une profondeur de 20 m, il règne une **pression absolue** de 3 bar, la pression partielle d'oxygène dans le détendeur sera donc  $3 \times 20\% = 0,6$  bar.

# La toxicité des gaz

- l'augmentation de la pression sur le plongeur concerne l'impact des gaz respirés sur l'organisme
- Pour les pressions rencontrées en plongée sous-marine, les gaz respirés se comportent comme des gaz parfaits, et obéissent donc à la [loi de Dalton](#).
- L'augmentation de la pression partielle ( $P_p$ ) a des effets différents en fonction du gaz.
  - Oxygène : Hyperoxie
  - Azote : Narcose
  - Gaz carbonique : Essoufflement
- Dissolution des gaz dans les tissus : [loi de Henry](#)
  - ADD : Accident de décompression
- Les conséquences peuvent être très variables d'une plongée à l'autre, et dépendent de facteurs favorisant tel que :
  - état général
  - forme physique
  - froid
  - stress
  - pressions partielles des autres gaz : Mélanges
  - sensibilité individuelle

# La toxicité des gaz (Oxygene)

## Oxygène

- L'oxygène (O<sub>2</sub>), pourtant indispensable à la survie du plongeur, devient toxique avec l'augmentation de sa pression partielle. Cet effet nommé [hyperoxie](#) est dû à la toxicité neurologique de l'oxygène à partir d'une **pression partielle de 1,6 bar**. Il soumet le plongeur à un risque de crise hyperoxique (effet Paul Bert)
- Symptômes :
  - Perte de connaissance conduisant à la noyade
- Traitement
  - Evacuation Hôpital

# La toxicité des gaz (Azote)

## Azote

- La narcose à l'azote peut débuter **dès 3,2 bars de pression** partielle (soit **30 mètres** de profondeur en respirant de l'air), et devient très dangereuse au-delà **de 5,6 bars de pression partielle (60 mètres)**.
- Symptômes :
  - Les réflexes s'amenuisent, l'esprit s'engourdit ;
  - les facultés de jugement du plongeur sont altérées, au point de provoquer euphories, angoisses et comportements irraisonnés pouvant conduire à l'accident (on parle ainsi d'ivresse des profondeurs).
- Traitement :
  - La diminution de la pression partielle du gaz narcotique entraîne immédiatement la disparition de ces symptômes, sans autres séquelles (un plongeur narcosé peut ainsi se soustraire aux symptômes simplement en remontant de quelques mètres).



# La toxicité des gaz (Gaz carbonique)

## Gaz Carbonique

- Il existe une intoxication au dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>) appelée « **essoufflement** ».
- Elle peut survenir si la ventilation n'est pas suffisante, c'est pourquoi, lors d'un effort particulier (palmage vigoureux, ...) il est nécessaire de réaliser des expirations longues afin de « chasser » le plus de CO<sub>2</sub> possible.
- D'autre part ce phénomène d'essoufflement est largement aggravé par la profondeur, aggravation notamment liée aux pressions partielles. Un essoufflement à grande profondeur déclenche souvent une narcose associée, avec parfois perte de conscience, car l'augmentation de la ventilation pulmonaire provoquée par l'essoufflement provoque une augmentation très importante de la quantité d'azote absorbée
- Symptômes :
  - Respirations courtes et rapides
  - Panique avec remontée rapide vers la surface
  - Perte de connaissance et noyade à grande profondeur
- Traitement :
  - Remonter calmement

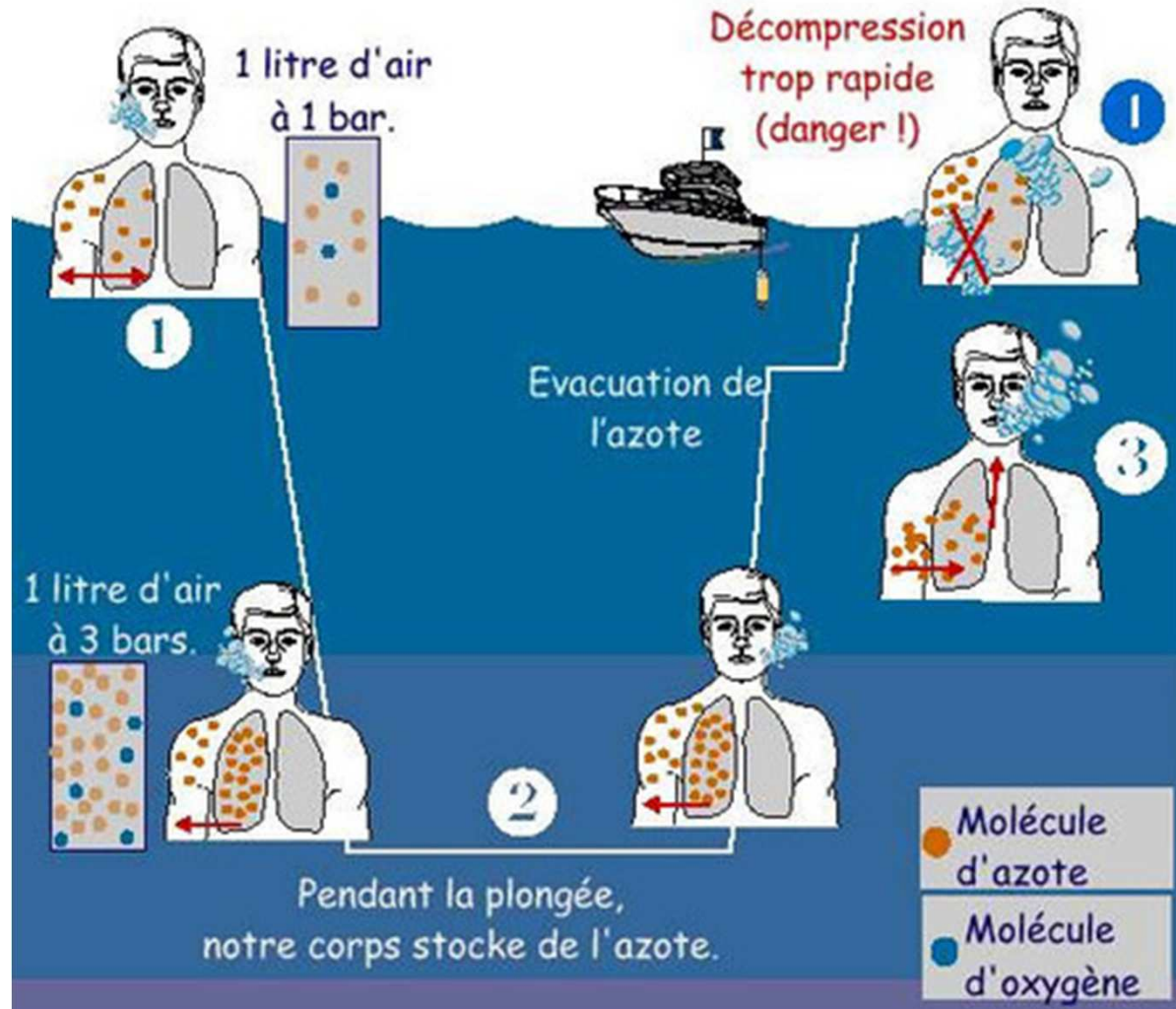
# ADD

- Lors de l'immersion, les gaz inertes diffusent dans le corps du plongeur (sang et tissus) et s'accumulent progressivement, et ce d'autant plus que la profondeur et la durée de la plongée augmentent.
- Lors de la remontée, si la pression baisse trop rapidement - comme pour la bouteille de soda - des bulles pathogènes vont atteindre une taille critique dans l'organisme.
- Les paliers de décompression nécessaires pour éliminer normalement les gaz inertes
- Suivant la localisation de leur apparition, ces bulles peuvent entraîner notamment des accidents circulatoires, des paralysies, des douleurs articulaires, que l'on regroupe sous le terme d'accidents de décompression.
- Si les vaisseaux sanguins au bas de la moelle épinière sont encombrés, il peut y avoir mort par anoxie de celle-ci, donc paraplégie. Le cerveau est aussi très sensible.



**L'enjeu pour le plongeur est de remonter suffisamment doucement pour que les bulles formées soient suffisamment petites pour être asymptomatiques.**

# ADD





# ADD

## Causes

Les causes d'un accident de décompression peuvent être multiples :

- vitesse de remontée excessive ne laissant pas le temps à l'azote de s'évacuer et créant de nombreuses bulles
- non-respect de la procédure de décompression utilisée (tables de décompression, ordinateur de plongée) :
  - palier non effectué ou trop court
  - non-application des majorations dues aux plongées précédentes
  - mauvaise utilisation des Tables de décompression (erreur de calcul)
  - mauvaise utilisation de l'ordinateur de plongée
  - mauvais profil de plongée (dit *profil inversé*)
- mauvaise planification de la plongée (plongée trop longue et/ou trop profonde, profondeur atteinte supérieure à celle prévue, etc.)
- non-respect du temps de repos en surface avant de prendre l'avion

## Les facteurs aggravant les risques d'accidents sont

- la fatigue
- le stress
- la consommation d'alcool ou de drogue.
- le froid (qui réduit la taille des vaisseaux sanguins et donc perturbe la circulation),
- une mauvaise condition physique,
- L'âge : Il existe des observations indiquant que le risque augmente avec l'âge.
- un excès de tissus adipeux
- la répétition des expositions : remontées de type "yoyo"

# ADD

## symptômes

- **L'ADD cutané (accident bénin)** : marbrures, oedèmes, éruptions rouges (« les moutons»), démangeaisons («les puces »).
- **L'ADD articulaire** (accident bénin mais parfois séquelles douloureuses : douleurs vives articulaires (« les bends »))
- **L'ADD neurosensoriel** (accident grave avec handicaps possibles séquellaires) : atteinte veineuse de la moelle avec douleur lombaire intense, troubles sensitifs et/ou moteurs des membres inférieurs (paraplégie) +/- troubles sphinctériens (énurésie), atteinte artérielle de l'encéphale à type de troubles sensitifs et/ou moteurs d'un hémicorps (hémiplégie), cécité ou amputation du champ visuel, troubles du langage, troubles de conscience, crises convulsives, coma, mort.
- **L'ADD de l'oreille interne** (accident grave avec séquelles possibles) : acouphènes, vertiges, troubles de l'audition ou surdité totale.
- **L'ADD cardiaque** : douleurs cardiaques, infarctus, arrêt cardiaque
- **Troubles divers** : douleur thoracique intense (afflux massif de bulles dans les poumons), fatigue intense, difficultés respiratoires, cyanose, arrêt respiratoire.

# ADD

## Prise en charge : Traitement

- Quel que soit le type d'accident de décompression (déclaré ou tout simplement suspecté), les réactions pour les autres plongeurs et/ou les témoins devront être identiques et immédiates. De la rapidité et de l'efficacité de leur réaction, et de la vitesse d'évacuation vers un centre spécialisé dépendra le pronostic vital de la victime :
- prévenir les secours spécialisés (en France, privilégier le CROSS) qui feront procéder à l'évacuation vers un centre de médecine hyperbare ;
- administrer de **l'oxygène** (inhalation ou insufflation) à un débit de 15 litres/minute afin de maintenir en vie les tissus lésés ou mal irrigués ;
- proposer à la victime de prendre de **l'aspirine** (500 mg pour un adulte
- faire boire de l'eau plate par petites gorgées (si la victime est consciente
- relever les paramètres de la plongée ;
- surveiller les autres plongeurs qui étaient avec la victime et, dans la mesure du possible, leur proposer le même traitement.
- Une fois la victime prise en charge dans un centre de médecine hyperbare, elle sera recomprimée en caisson en fonction du type d'atteinte par le personnel médical spécialisé. Cette recompression permet la dissolution des bulles et l'amélioration des symptômes

# ADD

## Prévention

- respecter la vitesse de remontée de la table utilisée
- respecter les tables
- ne pas passer d'une table à une autre, ou d'un ordinateur à un autre lors de plongées successives ;
- privilégier les plongées au NITROX (air enrichi en oxygène), ce qui favorise une décompression plus efficace et procure moins de fatigue (recommandation accrue avec l'âge) ;
- ne pas faire d'apnée après une plongée en scaphandre : risque de recompression lors de la descente avec nouveau passage des bulles dans les tissus et perturbation du cycle ventilatoire, donc d'évacuation de l'azote ;
- ne pas faire d'effort après la plongée
- ne pas faire de plongées de type yo-yo
- ne pas prendre l'avion moins de 24 heures après une plongée ;
- éviter tout ce qui peut entraver la circulation sanguine (poignard au mollet...)
- plonger en bonne condition physique (attention à la fatigue)