



# Les accidents et incidents de plongée

David C. Gillan

## **Différents types d'accidents et incidents**

### 1. Accidents dus aux gaz

- Effets chimiques : toxicité en fct pp
- Effets mécaniques (volumétriques) : barotraumatismes
- Effets mécaniques : Formation de bulles  
Accidents de décompression

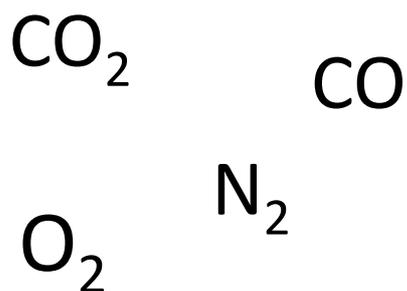
### 2. Accidents dus à l'eau : noyade

### 3. Accidents physiologiques (crampe, hydrocution)

### 4. Accidents causés par la faune

### 1. Accidents dus aux gaz

- Effets chimiques : toxicité en fct pp



Les gaz se dissolvent  
dans le sang.



Consommé par les cellules

**Hypoxie** : < 80-100 mm Hg

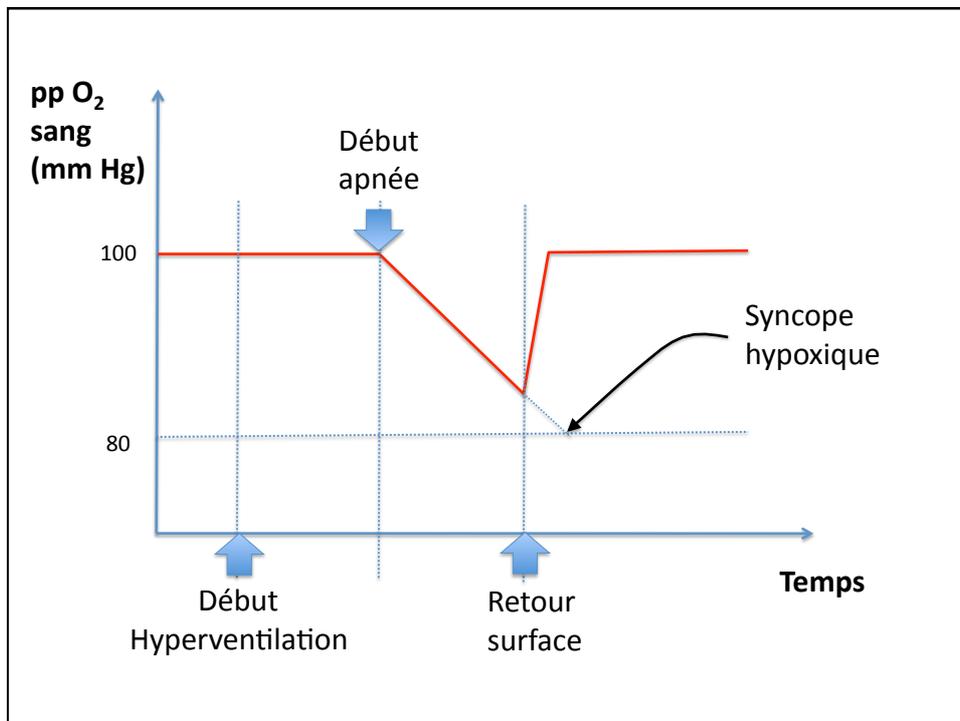
Syncope instantanée sous 80 mm Hg

→ **Syncope hypoxique (A1)**

« voile noir ». Attention apnée avec hyperventilation.

**Normoxie** : 80-100 mm Hg = 106-133 mbar = 0.106 - 0.133 bar

**Hyperoxie** : > 80-100 mm Hg



Remarques :

- L'hyperventilation n'augmente pas  $ppO_2$  du sang
- L'hyperventilation ne diminue pas  $ppO_2$  du sang
- L'apnée diminue la  $ppO_2$  du sang
- Tant que la  $ppO_2$  du sang  $> 80$  mm Hg, il n'y a pas de syncope
- Plongée libre : Attention au « rendez-vous syncopal des 7 mètres »

Hyperoxie : > 100 mm Hg (0.133 bars) (sang)

- Toxicité aiguë : effet Paul Bert

**O<sub>2</sub> pur** : Quand pp O<sub>2</sub> air inspiré > **1.6 bars**

**Air** : Quand pp O<sub>2</sub> air inspiré > **2 bars**

- Toxicité chronique : effet Lorrain-Smith

### Effet Paul Bert (A2)

- Convulsions
- Perte de connaissance
- Pas de signes prémonitoires
- Sensibilité individuelle variable

Attention aux plongées profondes :

- Plongée à l'air (20% O<sub>2</sub>) : limite théorique à - 90 m

$$(0.2 \times 9) + 0.2 = 2 \text{ bars}$$



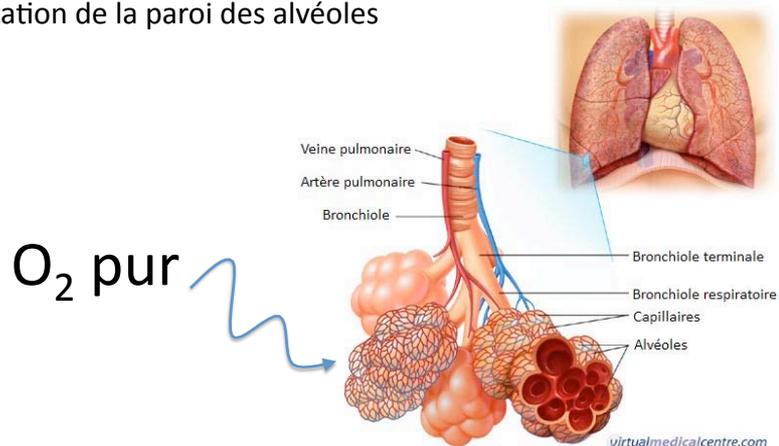
Plongée aux mélanges!

- Plongée à l'O<sub>2</sub> pur : limite théorique à - 6 m

$$(1 \times 1.6) = 1.6 \text{ bars}$$

### Effet Lorrain-Smith (A3)

Toxicité chronique  
Lorsque O<sub>2</sub> pur est respiré pendant >12h  
Irritation de la paroi des alvéoles



### Le gaz carbonique (CO<sub>2</sub>)

# CO<sub>2</sub>

- Atmosphère : 0.03% CO<sub>2</sub> = pp 0.0003 bar = 0.3 mbar
- Air expiré : 5% CO<sub>2</sub> = pp 0.05 bar = 50 mbar
- Sang : 35-45 mm Hg

Le CO<sub>2</sub> participe à la régulation de la respiration :

Le centre respiratoire se trouve dans le bulbe rachidien (chémo-récepteurs)

Lorsque pp CO<sub>2</sub> sang ↑ : besoin de respirer

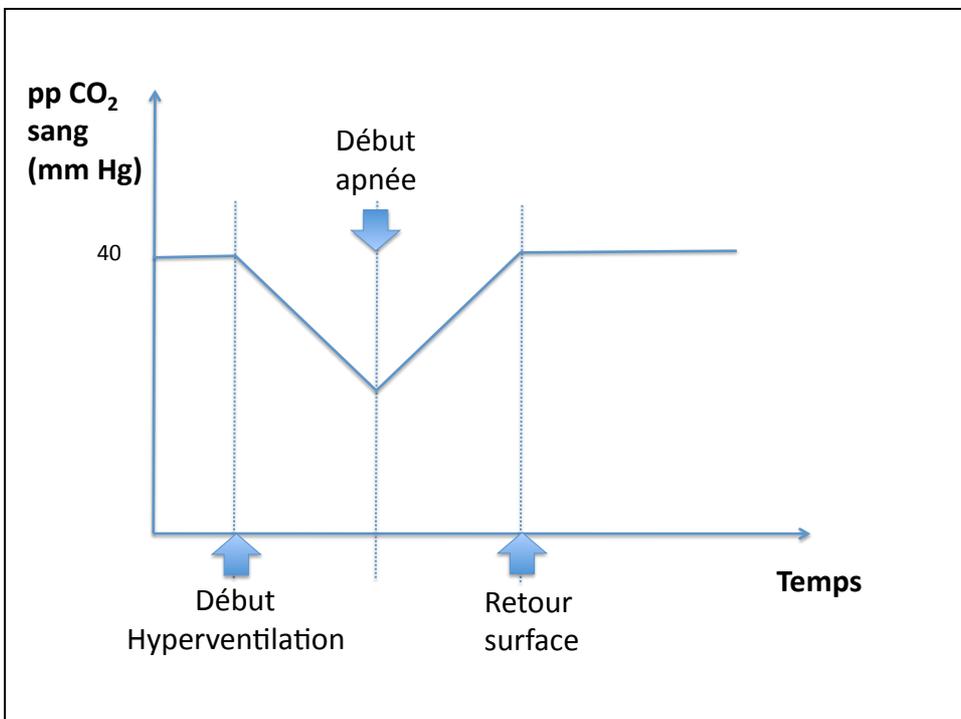
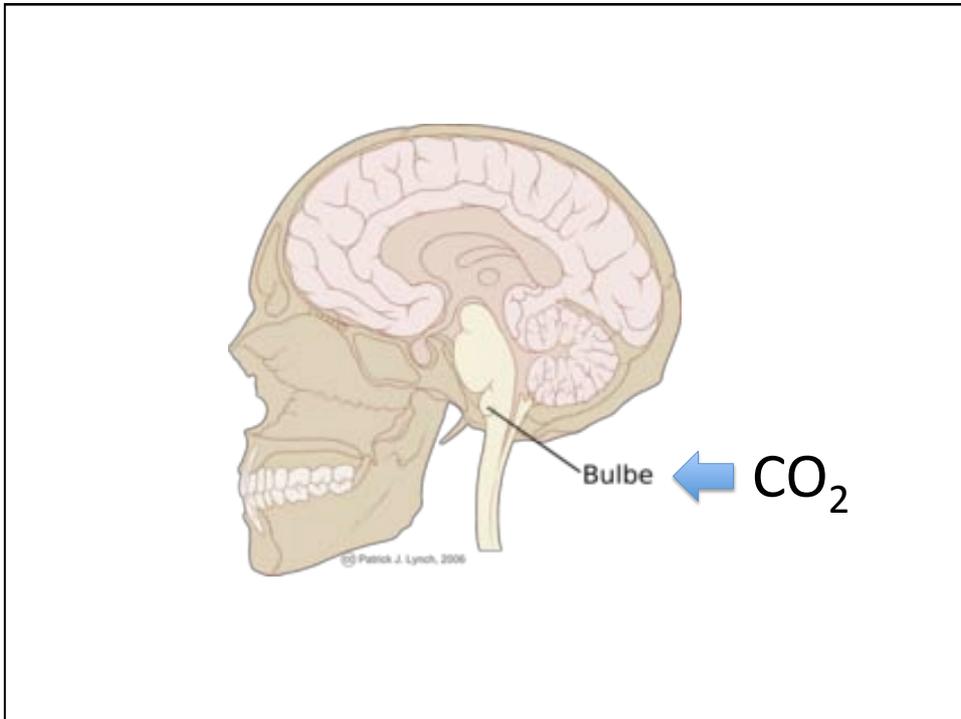
Le taux d'O<sub>2</sub> n'est pas détecté par le cerveau

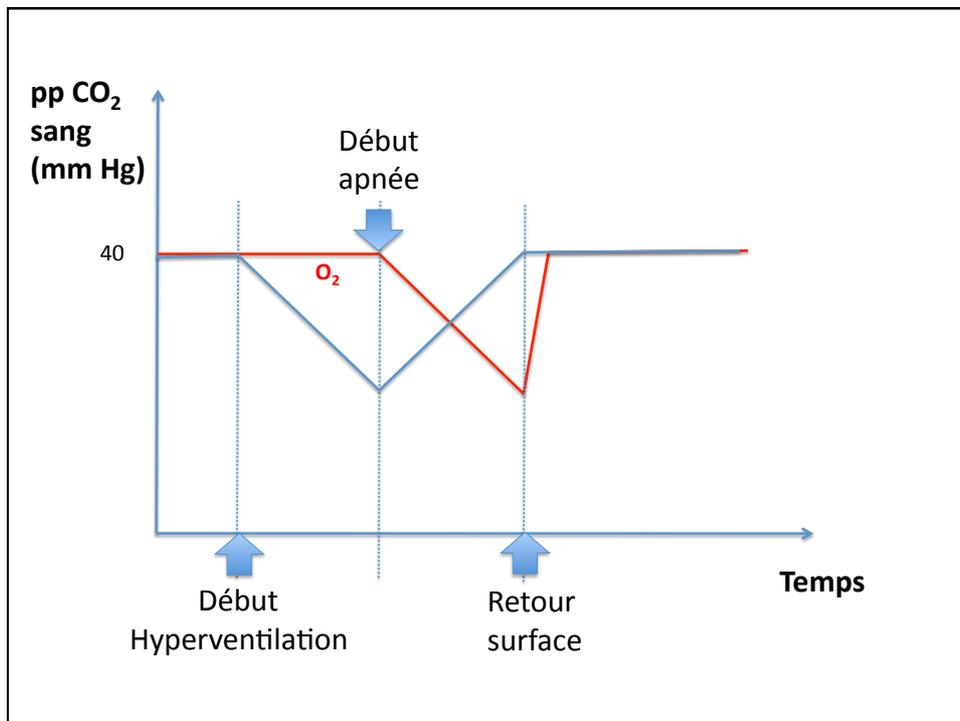
Hyperventilation = baisse du taux de CO<sub>2</sub> : durée apnée ↑

**Hypocapnie (A5)** : baisse pp CO<sub>2</sub> du sang provoquée par l'hyperventilation (« incident »)

Signes : vertiges – picotements extrémités

Règle du 1/3 temps





Symptômes hypocapnie :

- Vertiges
- Paresthésies, palpitations, crampes musculaires, quelquefois crises épileptiques (augmentation de l'excitabilité neuronale).
- Augmentation de la glycolyse tissulaire avec production de lactates et autres acides
- Vasoconstriction générale

Traitement :

Arrêter l'hyperventilation!

### **Hypercapnie ou Essoufflement (A6) :**

↑ [CO<sub>2</sub>] sang

Symptômes : essoufflement

Signes avant-coureurs : angoisse – céphalées – nausées – agitation – augmentation rythme respiratoire

Causes :

- Stress
- Froid (frissons)
- Palmage intense (courant)
- Détendeur trop dur
- Air bouteille trop riche en CO<sub>2</sub> (filtres compresseur défectueux) : OK en surface, essoufflement en profondeur

Traitement hypercapnie

- Arrêter de faire des efforts (palmer)
- Trouver (si possible) un point d'appui
- Rassurer
- Vérifier ouverture bouteille
- Remonter lentement

Ne jamais redescendre! Aggravation!

## L'azote (N<sub>2</sub>)

Concentration air ambiant : 80% (pp 0.8 bars)

N<sub>2</sub>

Quand profondeur ↑ la ppN<sub>2</sub> ↑ : **ivresse des profondeurs (A4)**

Chaque tranche de 15 m ≈ 1 verre d'apéritif!

La majorité des sujets sont atteints à -30 m  
Tout le monde est atteint à -70 m



Symptômes : très variable, dépendent du sujet

- Euphorie
- Confiance en soi
- Troubles de la concentration, confusion mentale
- Agressivité
- Angoisse, etc...

Modification comportement

## Traitement

Remonter de quelques mètres

Attention : le plongeur atteint ne peut remonter seul...



Plongées profondes aux mélanges!



**Le monoxyde de carbone (CO)**

Inodore – incolore – insipide

Très toxique car se fixe sur l'hémoglobine (Hb) avec une affinité 300 x supérieure à l'O<sub>2</sub> : carboxyhémoglobine



0.1 ppm	: concentration moyenne atmosphère
0.5 – 5 ppm	: intérieur d'une maison
5 – 15 ppm	: émission d'une voiture moderne
100 – 200 ppm	: centre de Mexico City
667 ppm	: 50% de l'Hb est convertie en carboxyHb : comas
5000 ppm	: feu de bois
7000 ppm	: voiture sans catalyseur

**Intoxication au CO (A7) :**

- Prise d'air compresseur proche d'une source de CO

→ Compresseur avec filtres

Symptômes :

Céphalées – nausées – fatigue – faiblesse – confusion – syncope

Traitement :

- Oxygénothérapie (O<sub>2</sub> normobar)
- Appel 100
- Caisson hyperbare

## Différents types d'accidents et incidents

### 1. Accidents dus aux gaz

- ✓ - Effets chimiques : toxicité en fct pp
- Effets mécaniques (volumétriques) : barotraumatismes
- Effets mécaniques : Formation de bulles  
Accidents de décompression

### 2. Accidents dus à l'eau : noyade

### 3. Accidents physiologiques (crampe, hydrocution)

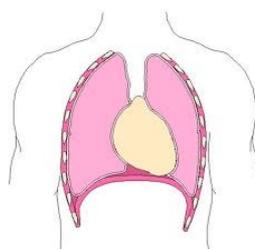
### 4. Accidents causés par la faune

## Les barotraumatismes

- Présence de cavités remplies de gaz
  - \* Poumons – intestins – sinus – oreille moyenne  
dents.
  - \* Masque : placage
- Loi de Boyle-Mariotte

### Barotraumatisme des poumons = Surpression pulmonaire (A8)

En plongée : air poumons en équipression avec milieu ambiant.  
Remontée, la pression de l'eau diminue et l'air sous pression contenu dans les poumons doit pouvoir s'échapper. Sinon déchirement et surpression...



#### Exemple :

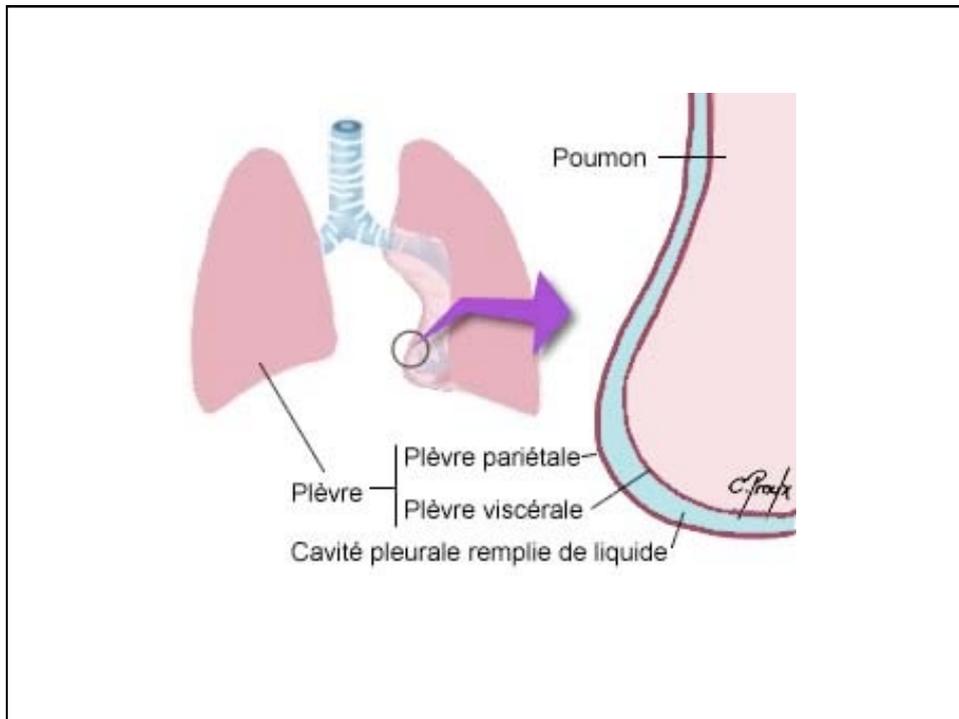
V poumons = 5 litres

A 40 m, la pression est 5x plus élevée (dans un même volume). Si le plongeur remonte sans expirer, ses poumons feront 25 litres...  
Déchirement poumons et surpression!

Quand surpression, l'air fusera :

- Entre les plèvres : **pneumothorax**. Affaissement poumon.
- Sous peau du cou : **emphysème sous-cutané**
- Dans les vaisseaux sanguins jusqu'au cœur puis dans la circulation générale (et cerveau) : **embolie gazeuse (cérébrale)** : troubles neurologiques gravissimes et immédiats.

Un risque de surpression existe déjà en piscine!  
(limite d'élasticité alvéoles = 200 mb = 2 m d'eau)



#### Causes surpression

- Remontée trop rapide : le débit expiratoire normal est incapable d'évacuer l'air en excès
- Remontée rapide avec blocage de la respiration suite à une panique (ou effort violent)
- Remontée plongeur inconscient avec spasme réflexe de la glotte (noyé)
- Air-trapping (malformation, mucus car bronchite, abcès, tabac, ... )

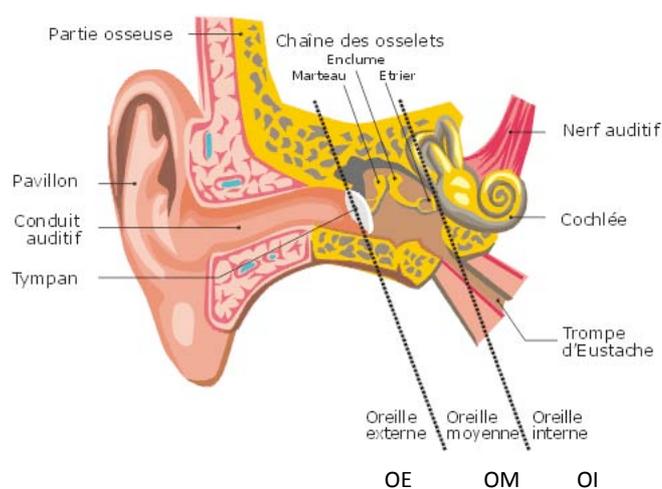
### Symptômes surpression

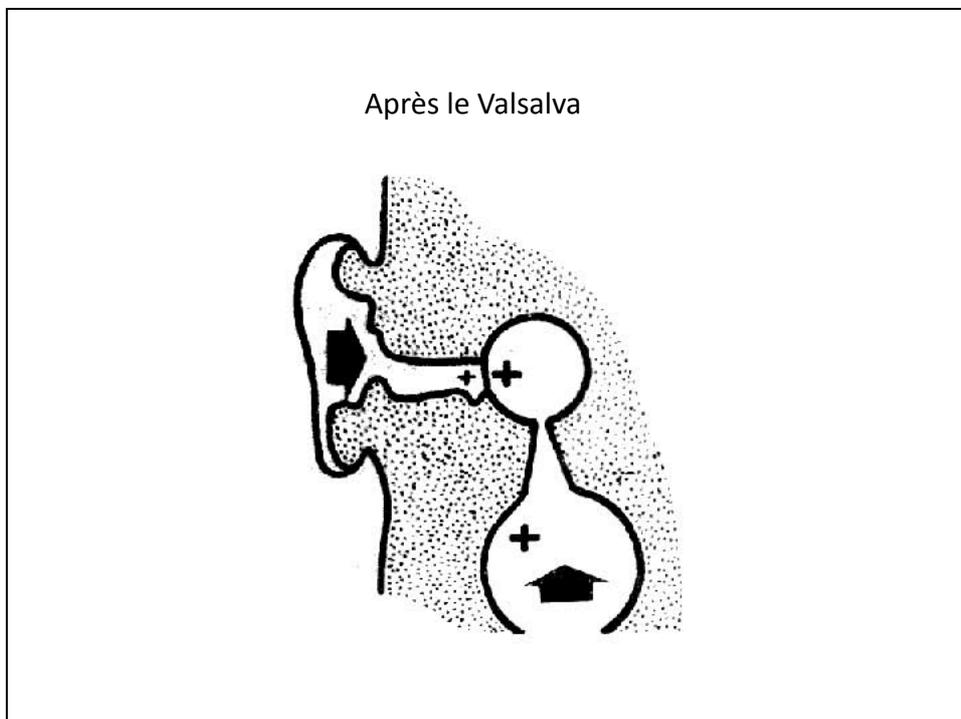
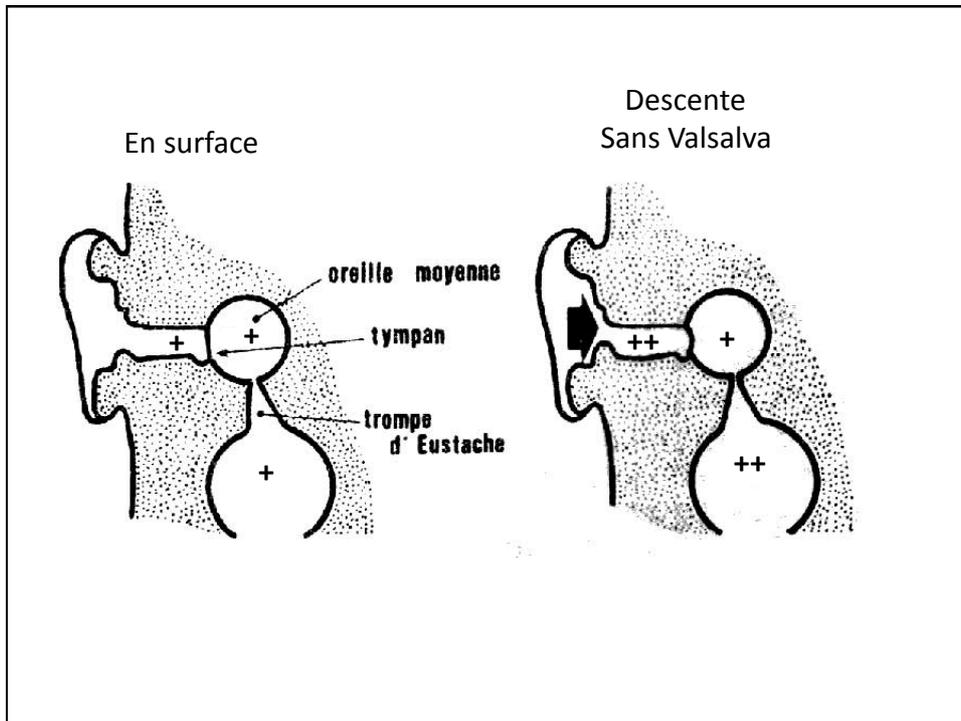
- Un plongeur arrive subitement en surface inconscient
- Douleurs thoraciques
- Crachats sanguinolents
- Dyspnée (difficulté de respirer)
- Troubles neurologiques, convulsions

### Traitement immédiat :

- O<sub>2</sub> à 100%
- Prévenir le choc
- Position latérale stable, tête basse
- Appeler le 100 + le DAN (centre de réanimation puis caisson pour traiter les embolies gazeuses cérébrales)

### Barotraumatisme de l'oreille moyenne (OM) (A9)





### Causes

#### A la descente :

- Oubli Valsalva (stress)
- Mauvaise technique de compensation
- Cagoule trop serrante autour des oreilles
- Bouchon de cérumen
- Descente trop rapide ou répétitive
- Rhume
- Problème au niveau trompes d'Eustache

#### A la remontée (rare, car l'OM se vide spontanément)

- Remontée trop rapide
- Rhume
- Problème au niveau trompes d'Eustache

#### Si douleurs à la remontée :

- Remonter très lentement
- Paliers prolongés
- Manoeuvre de Toynbee (Valsalva inverse)



### Symptômes

#### Barotraumatisme OM léger (pas de rupture tympanique)

- Douleur
- Diminution audition
- Bourdonnements

#### Barotraumatisme OM avec rupture tympanique

- Douleur en coup de poignard
- Saignement par le conduit auditif
- Vertige
- Syncope éventuelle (intrusion d'eau froide dans OM)

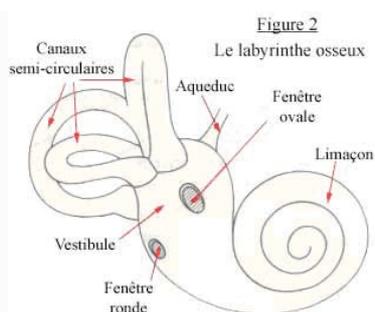
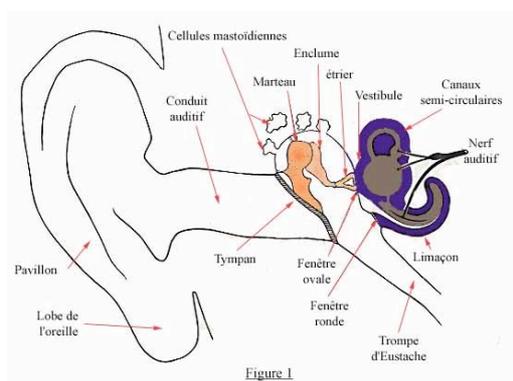
### Traitement

- Remontée
- Analgésiques (Paracétamol, etc.)
- Pas de gouttes dans l'oreille
- Coucher latéral sur la « bonne » oreille (écoulement de l'oreille lésée par trompe d'Eustache)



### Barotraumatisme de l'oreille interne (OI) (A10)

- Peu fréquent
- Rupture membrane fenêtre ronde, par coup de piston de l'étrier dans la fenêtre ovale (hyperpression lymphe du vestibule)



#### Causes :

- Valsalva brutal
- Explosion sous-marine
- Autres

#### Symptômes :

- Surdité unilatérale
- Pas de douleurs
- Sensations d'oreille « bloquée »
- Sifflements
- Vertiges
- Nausées



Difficile de distinguer de l'ADD de l'OI

Traitement : idem ADD de l'OI (voir plus loin)

**Vertige alternobarique (A11) :**

- Difficulté d'équilibrer une oreille → déséquilibre entre deux OM
- Incident se produisant généralement à la remontée

Causes :

- Une trompe d'Eustache bloquée unilatéralement (rhume)
- Valsalva avec tête inclinée latéralement
- Palmage latéral
- Bouchon de cérumen unilatéral
- Irruption d'eau dans une OM par perforation du tympan

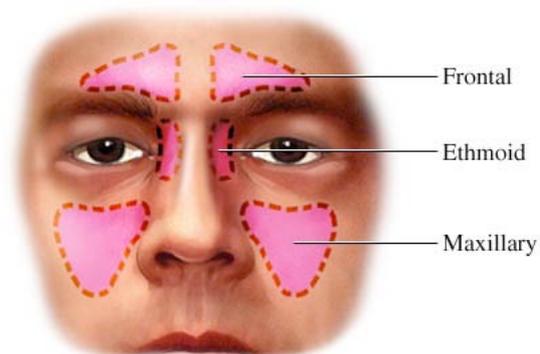
Symptômes :

- Désorientation
- Vertiges
- Impossibilité de retrouver la surface (→ panique)

Traitement :

- Redescendre la victime un peu
- Remonter lentement

### Barotraumatisme des sinus (A12)



Sinus : cavités creusées dans les os de la face  
Communiquent avec le nez par orifices étroits  
(pouvant être obstrués par rhume, sinusite, etc.)

#### Symptômes :

- Douleur sourde (front – pommettes)
- Douleur en coup de poignard
- Saignement de nez + mucosités

#### Traitement :

- Analgésiques
- Gouttes nasales
- Consultation médicale



### **Barotraumatisme des dents (A13)**

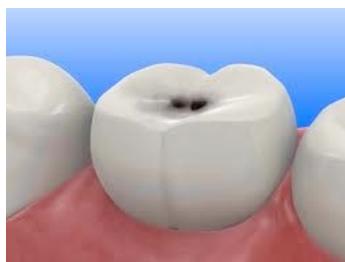
Dents en bon état : insensibles à la pression

Dents cariées – couronne mal ajustée :

A la descente : douleurs

A la remontée : douleurs et risque d'éclatement

Traitement : dentiste!



### **Barotraumatisme de l'estomac et de l'intestin (A14)**

#### **= Coliques du scaphandrier**

- Le TD comporte des gaz en permanence (air avalé)
- Certains gaz y sont produits (bactéries :  $\text{CH}_4$  -  $\text{H}_2\text{S}$  -  $\text{H}_2$ )

Pendant la plongée cet air se déplace (péristaltisme) et la fermentation des aliments se poursuit.

L'air peut se loger dans des culs de sac.

Symptômes :

- Douleurs à la remontée
- Perforation éventuelle de l'estomac (+ choc + syncope)

Facteurs favorisant :

Estomac :

- Aérophagie
- Passages d'embout
- Boissons gazeuses
- Comprimés effervescents

Intestin :

- Alimentation fermentante (cassoulet, etc.)

Traitement : \* réimmersion curative autorisée jusque -6 m  
(si le sujet ne vomit pas)  
\* antispasmodiques (Buscopan)

### **Placage du masque (A15)**

Aplatissement du masque à la descente  
Effet ventouse

Symptômes :

- Oedème du visage
- Epistaxis (saignement de nez)
- Saignement des conjonctives (yeux rouges)
- Parfois : décollement rétine! (grave)

Traitement :

Si troubles de la vision : consulter médecin

## Différents types d'accidents et incidents

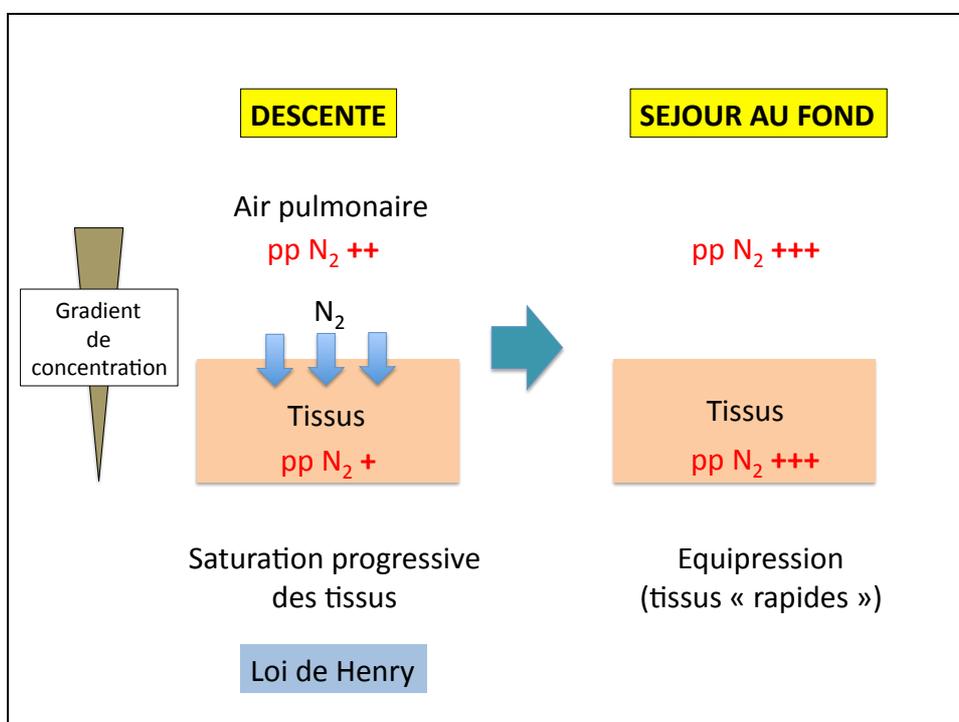
## 1. Accidents dus aux gaz

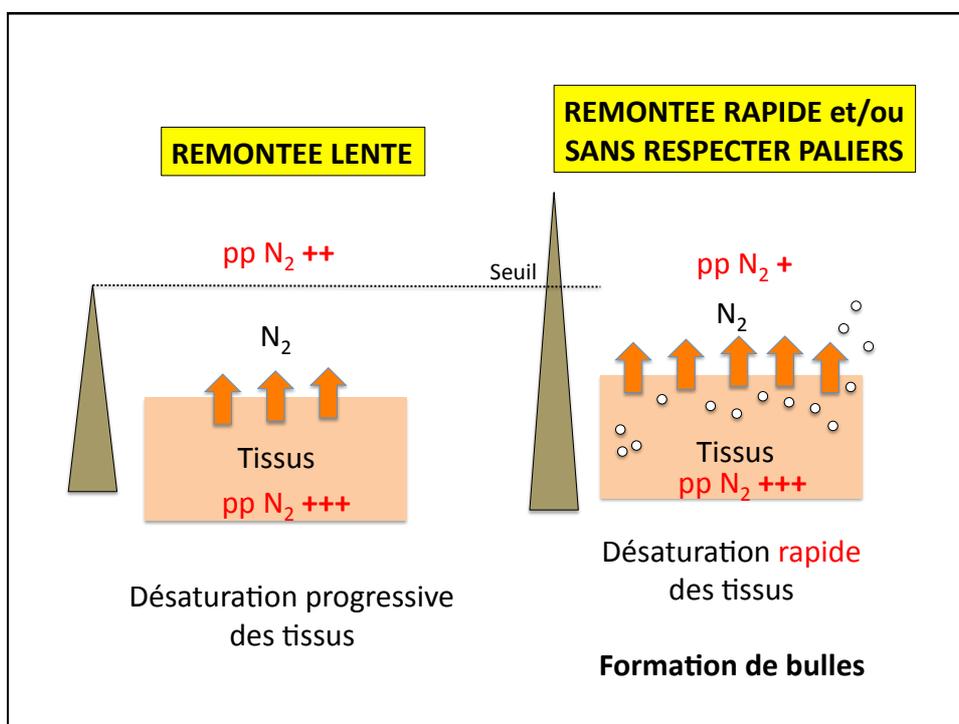
- ✓ - Effets chimiques : toxicité en fct pp
- ✓ - Effets mécaniques (volumétriques) : barotraumatismes
  - Effets mécaniques : Formation de bulles
  - Accidents de décompression

## 2. Accidents dus à l'eau : noyade

## 3. Accidents physiologiques (crampe, hydrocution)

## 4. Accidents causés par la faune





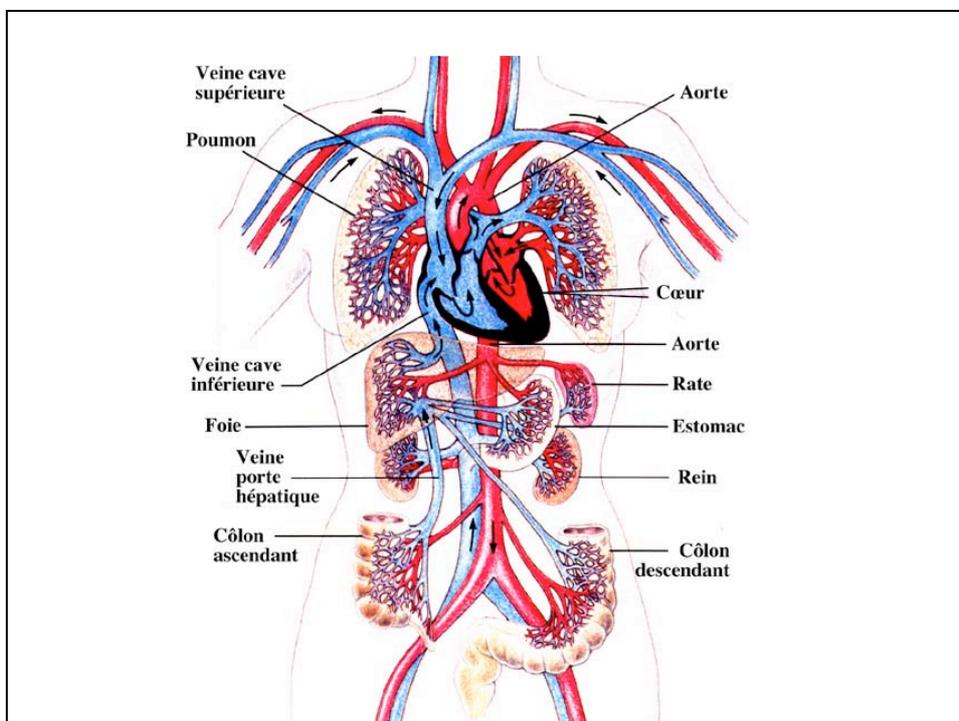
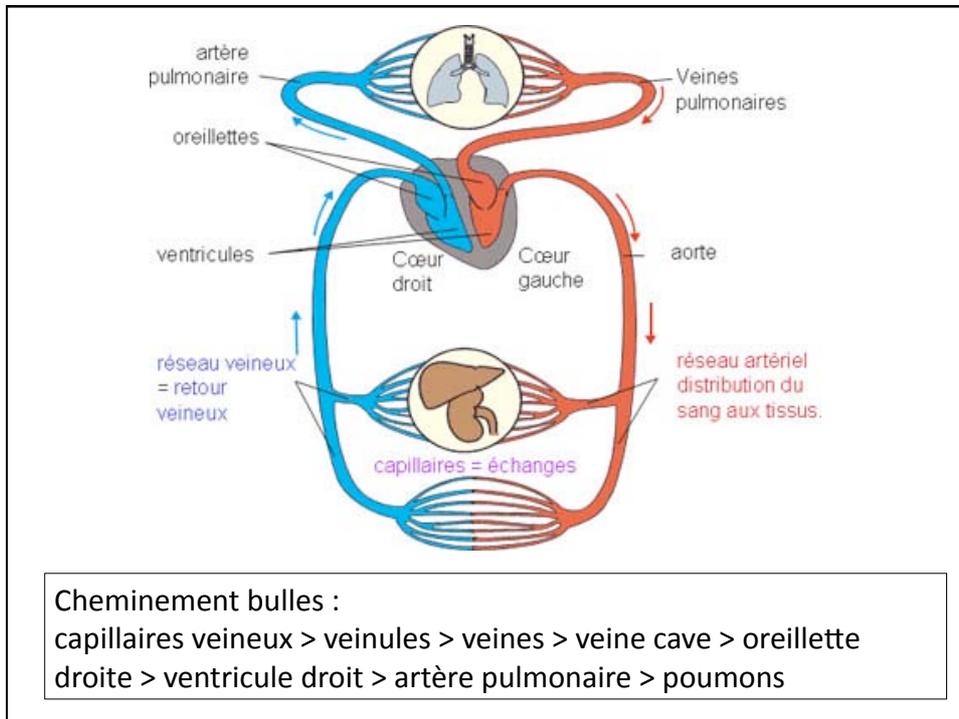
A la remontée :

- Formation d'un gradient de concentration de N<sub>2</sub>

Idéalement : désaturation lente, sans production de bulles, tant que le gradient de concentration ne dépasse pas une valeur critique.

- Le « filtre pulmonaire » élimine le N<sub>2</sub> en excès et les petites bulles

Remarque : il se forme tjs des bulles (vues par effet Doppler), mais elles doivent rester petites.



- Si bulles trop nombreuses : Saturation du filtre pulmonaire

Les bulles continuent leur route : veines pulmonaires > oreillette et ventricule gauche > aorte > grande circulation.

Les bulles seront ainsi acheminées vers tous les tissus et vers le cerveau (carotides). Effets divers.

- Si Foramen Ovale entre les deux oreillettes : même résultat. Le filtre pulmonaire est court-circuité.

Rem :

- les bulles ont tendance à se rassembler
- en remontant, leur volume augmente (Boyle-Mariotte)
- « noyaux » de CO<sub>2</sub> : plus de bulles avec fatigue – frissons - ...

### **L'accident de décompression (ADD) (A16)**

La bulle se bloque dans un vaisseau : embolie gazeuse

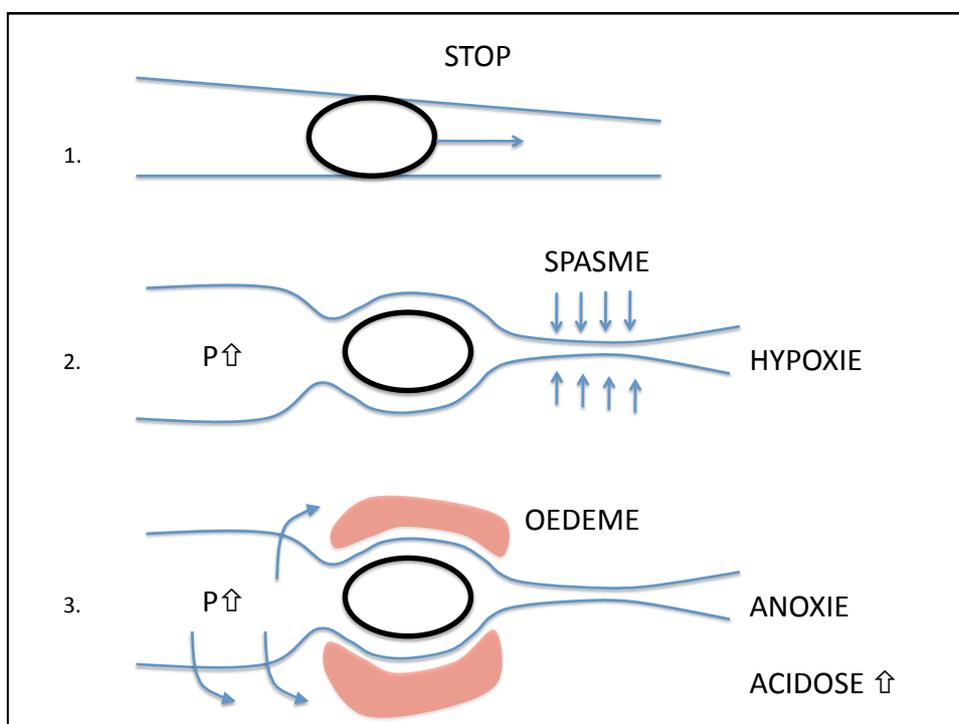
Premier stade, réversible

Traitement = recompression  
(caisson)

Réactions locales :

- Spasme, qui bloque encore plus la bulle
- Oedème (gonflement muqueuses autour bulle)
- ↑ pression en amont
- Hypoxie en aval

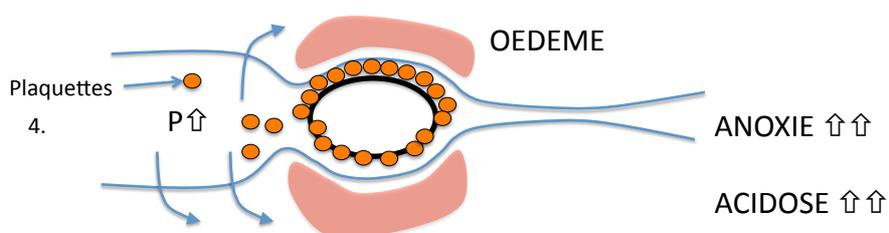
Si absence de traitement (recompression) : évolution vers la maladie de décompression (irréversible)



### La maladie de décompression (MDD) ou thrombose

- Les **plaquettes sanguines** s'accumulent à la surface de la bulle et forment un caillot (sécrétion de fibrine)
- Spasme et oedème s'intensifient
- Acidose en aval du caillot : des métabolites acides se déversent dans la circulation : établissement d'un état de choc.

Grave : la recompression n'est plus efficace...



### Classification des ADD et MDD

- Incidents, cutanés et ostéo-articulaires (20% des cas)
- Accidents, essentiellement neurologiques et pulmonaires (80%)

Incidents cutanés : bénins, mais surveillance pd 6h (peuvent annoncer un véritable ADD)

**Puces (A16-1)** : Microbulles de N<sub>2</sub> capillaires peau

- Chatouillement (prurit) ou picotement : tronc – bras – nez – oreilles
- Essentiellement : pieds-lourds – caissons – costumes secs

**Moutons (A16-2)** : Microbulles de N<sub>2</sub> capillaires peau

- Plaques cutanées surélevées (bras – tronc)

Incidents ostéo-articulaires :

**Les bends (A16-3) = arthralgies dysbariques**

Bulles dans les insertions tendineuses

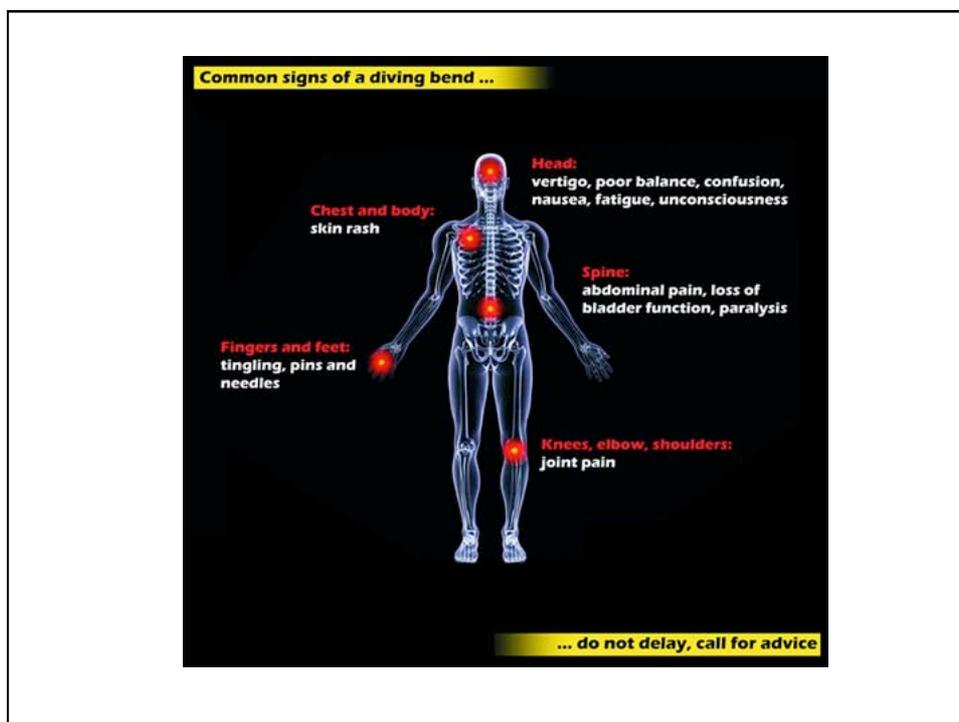


Pathologie la plus fréquente en plongée professionnelle

Ordre de fréquence : épaule – coude – hanche poignet – genou

Symptômes : dans les heures après la plongée :

- Douleur progressivement croissante, devenant intolérable
- Aucun signe visible à l'articulation
- Disparition des douleurs par recompression (test diagnostique)



### Accidents de décompression :

Accompagnés de : Malaise général – fatigue intense

Délais d'apparition : 50% dans ½ heure  
95% < 3h  
99% < 6h

Formes neurologiques : Médullaires (50%)  
Cérébrales (25%)  
Vestibulaires (5%)

Formes pulmonaires (20%)

Après de nombreuses plongées profondes :  
Ostéonécrose dysbarique (destruction progressive tissus osseux des grandes articulations)

Formes neurologiques :

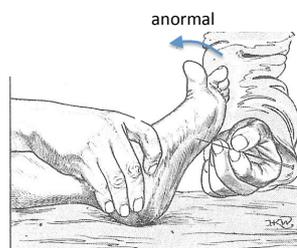
Suivant le lieu de la lésion, ≠ types de paralysies :

- **Hémiplégie** : paralysie moitié verticale du corps (bulle dans **cerveau** droit = hémiplégie gauche)
- **Paraplégie** : paralysie moitié inférieure du corps : bassin et jambes (bulles dans **partie basse moelle épinière**)
- **Quadriplégie** (= tétraplégie) : paralysie des 4 membres (bulle dans **partie haute moelle épinière**, ou des deux côtés de l'encéphale)
- **Parésie** : paralysie partielle
- **Anesthésie** : perte de sensibilité
- **Paresthésie** : fourmillement, picotements

**ADD médullaire (A16-4)**

- Le plus fréquent (50%)
- Douleur en ceinture au niveau dorsal ou lombaire
- Douleurs souvent vives
- Paresthésie jambes – paraplégie
- Rétention urinaire
- Réflexe de Babinski aux deux pieds (soulèvement gros orteil en grattant bord pied)

Très grave : séquelles dans 1/3 des cas



Fléchissement orteils  
chez sujets sains

### **ADD cérébral (A16-5)**

- Moins fréquent (25%)
- Divers symptômes neurologiques :

cécité – hémiplégie – aphasie – convulsions – comas – mort

La gravité dépend de la localisation et le nombre de bulles

Pronostic meilleur que ADD médullaires

### **ADD vestibulaire (A16-6)**

- Peu fréquent (5%)
- Oreille interne touchée

Symptômes :

- **Vertiges persistants** (≠ vertige alternobarique)
- **Nystagmus** (mvts involontaires yeux : l'œil se dirige lentement vers une direction, puis revient brutalement à sa position d'origine)
- Parfois : surdité indolore (cophose) (≠ barotraumatisme OM) et unilatérale

### ADD pulmonaires (A16-7) = Chokes

- 20% des cas
- Bulles dans poumons provoquant un oedème aigu, choc, et défaillance cardiaque.

Cause : plongée très profonde avec omission des paliers

Symptômes :

- Douleurs thoraciques intenses
- Respiration de plus en plus difficile
- Cyanose
- Etat de choc

Difficile à distinguer d'une surpression pulmonaire

### Influence du type de plongée sur ADD

Profondeur → Quantité N<sub>2</sub>

Durée → Type de tissu

Plongée courte : tissus rapides (sang, muscles)  
Accidents neurologiques

Plongée longue : tissus lents (graisse, cartilages)  
Accidents ostéo-articulaires  
Accidents cutanés

Plongée yo-yo : recompression des bulles formées qui passent le filtre pulmonaire.

### **Facteurs aggravants de l'ADD**

#### Froid

- Tables conçues pour eaux tempérées
- Sécrétion adrénaline → coagulabilité sang ↑
- Vasoconstriction périphérique (peau) → hémococoncentration
- Polyurie (stimulation réflexe prod. urine) → hémococoncentration

#### Fatigue et effort

- pp CO<sub>2</sub> sang ↑ (germes de bulles de N<sub>2</sub>)

#### Stress

- Sécrétion adrénaline → coagulabilité sang ↑

#### Age

- Diminution capacité ventilatoire poumons
- Artériosclérose : poumons moins bien irrigués
- Tension artérielle ↑
- Troubles de la coagulation

#### Obésité

- Le N<sub>2</sub> se dissout très bien dans les graisses

#### Repas copieux

- Vasodilatation intestin → moins de sang ailleurs
- Bcp plus de lipides dans le sang → germes de bulles



## Différents types d'accidents et incidents

### 1. Accidents dus aux gaz

- ✓ - Effets chimiques : toxicité en fct pp
- ✓ - Effets mécaniques (volumétriques) : barotraumatismes
- ✓ - Effets mécaniques : Formation de bulles  
Accidents de décompression

### 2. Accidents dus à l'eau : noyade

### 3. Accidents physiologiques (crampe, hydrocution)

### 4. Accidents causés par la faune

## 2. Accidents dus à l'eau : noyade



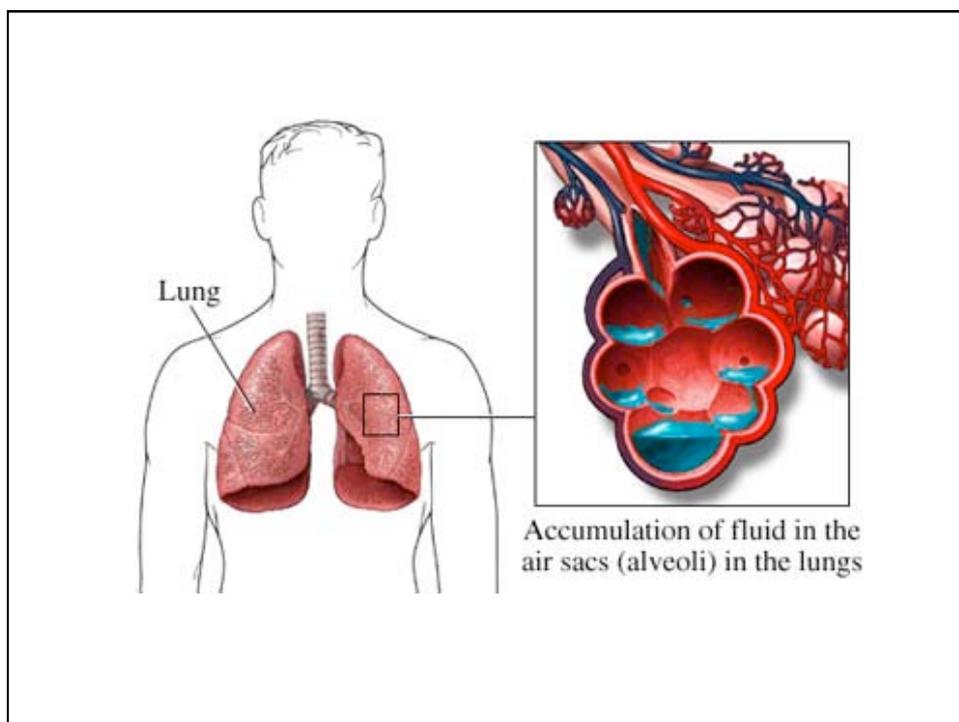
### DEFINITION

Arrêt respiratoire par inondation des voies aériennes pouvant entraîner la mort.

### CONSEQUENCES IMMEDIATES

- Oedème pulmonaire - Asphyxie (plus d'hématose)
- Lésion – destruction surfactant des alvéoles
- Chocs osmotiques : hémococoncentration – hémodilution  
Lyse des hématies : pertes de K : effets cardiaques

➔ Arrêt cardiaque + mort



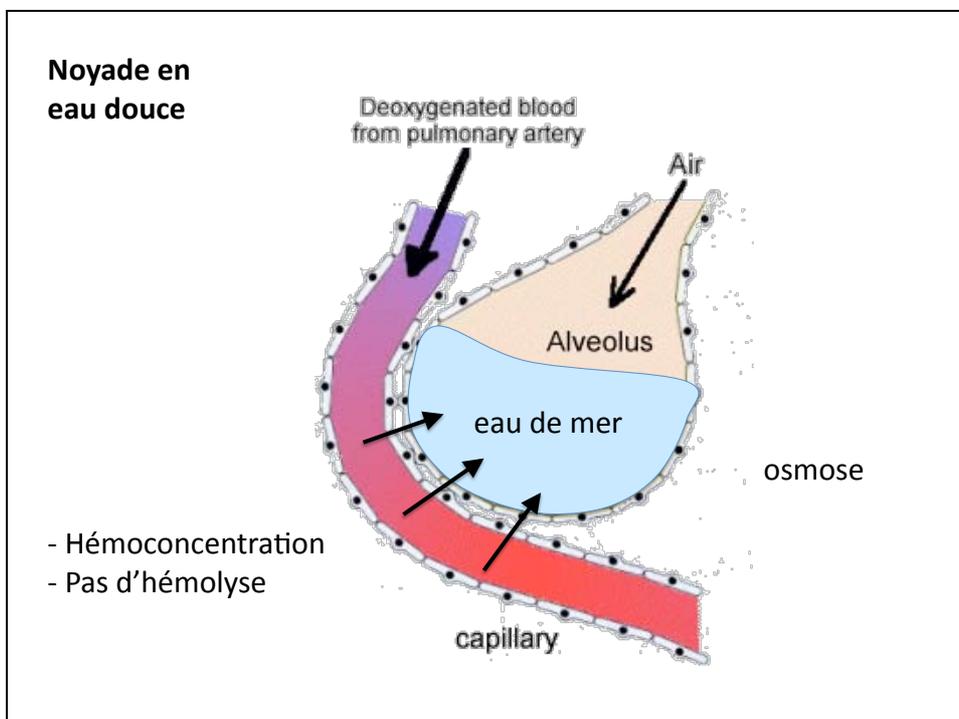
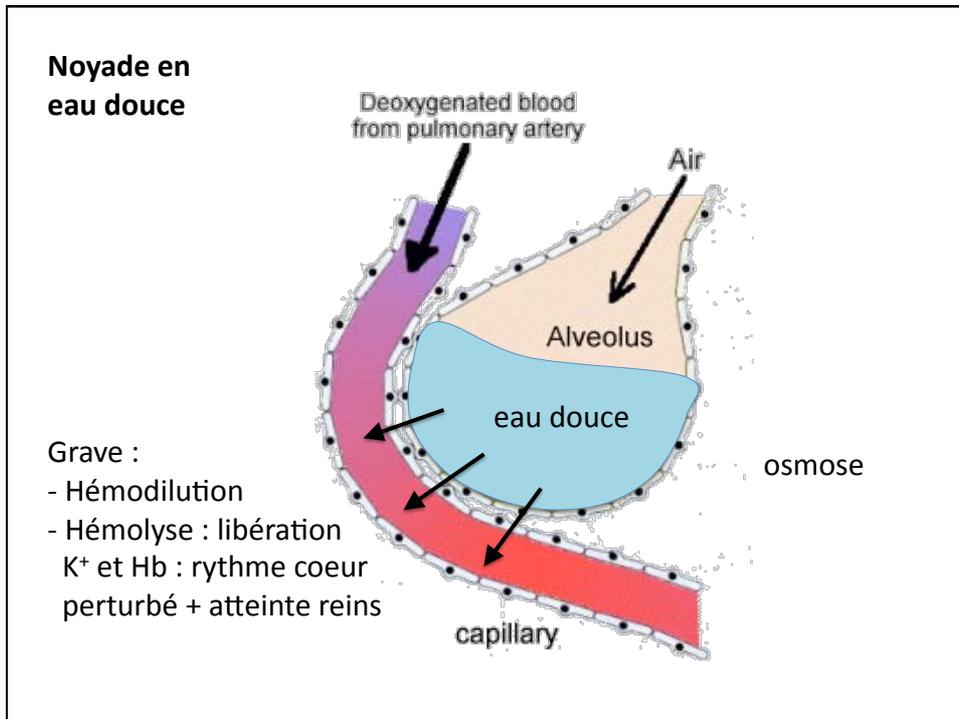
**Deux types de noyés :**

- L'eau est entré dans les poumons. Noyade primaire = noyade asphyxique

**Noyé cyanosé : noyé « bleu » (anoxie)**

- L'eau n'est pas encore entré. Noyade secondaire. Perte de de connaissance dans l'eau.

**Noyé blanc : faux noyé (hypoxie légère)**



## Classification des noyades

STADES	Conscience	Respiration	Circulation
I. Aquastress	+	+	+
II. Petit hypoxique	+	+/-	+
III. Grand hypoxique	+/-	+/-	+
IV. Grand anoxique	-	-	-

Chance de Survie à la Noyade	
après 1 minute de submersion	95%
après 3 minutes de submersion	75%
après 6 minutes de submersion	25%
après 8 minutes de submersion	<3%

Traitement : RCP (ne pas « vider » le noyé)

## Différents types d'accidents et incidents

## 1. Accidents dus aux gaz

- ✓ - Effets chimiques : toxicité en fct pp
- ✓ - Effets mécaniques (volumétriques) : barotraumatismes
- ✓ - Effets mécaniques : Formation de bulles  
Accidents de décompression

## 2. Accidents dus à l'eau : noyade

## 3. Accidents physiologiques (crampe, hydrocution)

## 4. Accidents causés par la faune

### 3. Accidents physiologiques (crampe, hydrocution)

Hydrocution = choc thermo-différentiel

Syncope brutale suite à une immersion rapide dans de l'eau froide.

Mécanisme :

- Chaud : vasodilatation périphérique (et/ou intestinale).
- Dans l'eau : vasoconstriction brusque → tension ↑  
→ ralentissement brusque coeur → syncope anoxique

En plus : frisson généralisé → consomm. brutale O<sub>2</sub> du sang

Favorisent l'hydrocution :

- Bain de soleil avant immersion brutale (plongeon).
- Eau de baignade ou douche très froides.
- Effort sportif intense avant de se baigner (course à pied, beach-volley...).
- Repas trop arrosé ou trop important (qui va dilater les vaisseaux ou élever la température interne).



Précautions :

- Se mouiller avant la baignade
- Entrer dans l'eau progressivement
- Ne pas se baigner seul
- Délais entre repas et mise à l'eau

Références :

- Maernoudt A (1996) Secouriste Plongeur. Commission Médicale LIFRAS, 87 pp.
- Broussolle et al. (2006) Physiologie et médecine de la plongée. Ellipses, 880 pp.
- Fructus & Sciarli (1986) Plongée : Santé-Sécurité. Ed. Maritimes et d'Outre Mer.