

**LES ACCIDENTS DE PLONGEE :**  
**PRISE EN CHARGE PRE- HOSPITALIERE**



# PLAN

- 1. Introduction, historique**
- 2. Généralité, matériel.**
- 3. Lois physiques et plongée**
- 4 Modifications physiologiques induites.**
- 5 Toxicité des gaz**
- 6. Accidents de décompression (ADD).**
  - 6a. Comprendre l'ADD ; comprendre la maladie de décompression.**
  - 6b. Clinique.**
  - 6c. CAT/TTT**
- 7. Barotraumatismes**
  - 7a. Oculaires**
  - 7b. Dentaires**
  - 7c. Sinusaux, nasaux**
  - 7d. Auriculaires**
  - 7e. Gastro-intestinaux**
  - 7f. Pulmonaires**
- 8. Prévention**
  - 8a. Respect des CI**
  - 8b. Avant la plongée**
  - 8c. Pendant la plongée**
  - 8d. Après la plongée**
- 9. Contre-indications**
- 10. En cas d'accident.**
- 11. Conclusions et synthèse.**
- 12. Bibliographie**
- 13. Annexes et statistiques.**

# **1. Introduction et historique**

La prise en charge d'accidents de plongée peut concerner les équipes pré-hospitalières en région parisienne, aussi bien celle d'accidents de décompression, que de barotraumatismes.

Des plongées consécutives à 15-20m peuvent entraîner un ADD, 5-10m d'eau suffisent pour une surpression pulmonaire.

Paris et la petite couronne sont dotés de fosses d'une profondeur de 10 à 20m, toutes les piscines accueillent clubs et professionnels. Les pompiers, les CRS... s'entraînent et/ou travaillent en milieu naturel (Seine, Marne...).

Quelle que soit la structure à laquelle on appartient (Fédération Française, associations de moniteurs, organisations étrangères) la pratique de la plongée scaphandre est très organisée, légiférée, et répond à des critères stricts de sécurité.

Certificat médical impose par les structures (médecin spécialisé obligatoire pour délivrer un certificat, dès le niveau 2 de plongeur).

Assurance individuelle avec responsabilité civile obligatoire.

L'encadrement est adapté au niveau du plongeur.

Un plongeur ne plonge jamais seul.

Sécurité en surface assurée par le club, l'association.

O2, BAVU+ réservoir, trousse de secours adaptée à la plongée sont obligatoires à bord du bateau.

Radio obligatoire (VHF le plus souvent)

D'une manière générale les plongeurs sont très sensibilisés au secourisme avec une information obligatoire sur les incidents et accidents possibles, leur reconnaissance et leur TTT initial dès les premiers cours.

Les niveaux vont du niveau 1 au monitorat fédéral, avec des équivalences internationales.

Plongée possible dès l'âge de 8 ans.

## **Dans l'antiquité**

Cloche sous-marine construite par Alexandre le Grand (325 av JC), enfoncée verticalement.

Puis vinrent les « urinatores », premiers nageurs de combat respirant l'air contenu dans des urnes immergées avant la plongée.

## **La renaissance.**

Plusieurs tentatives d'immersion avec tube relié à la surface : échec au-delà d'un mètre (diaphragme pas assez « musclé », espace mort considérable).

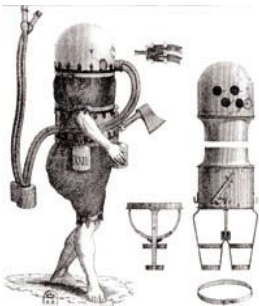
**1690** : deux hommes peuvent travailler sous une cloche, l'air est renouvelé par des tonneaux étanches, les hommes quittent la cloche grâce à un casque alimenté par un tuyau.

**Première plongée avec un scaphandre en 1774 à 16 m, grâce à Freminet.**

**Autonomie inférieure à 5 mn.**

### Les pieds lourds.

**Au 18<sup>ème</sup> siècle, mise au point du véritable scaphandre (par Klingert) : une tunique de peau étanche, du lest et un casque à hublot dans lequel arrive un tuyau d'admission d'air et un autre pour l'expiration. Heures de gloire des pieds lourds entre 1940-1950 grâce au renflouement des bateaux, disparition des pieds lourds dans les années 80.**



### Plus tard...

**1865, détenteur de Benoît Rouquayrol, très en avance mais oublié car l'époque ne se prête pas à l'exploration sous-marine. (C'est le scaphandre que Cousteau et Gagnan inventeront 80 ans plus tard !)**

**En 1933 les pompiers de Paris adoptent curieusement le détenteur à débit continu de Le Prieur, alors que celui du 19<sup>ème</sup> siècle était déjà à la demande.**

**En 1938, recycleur avec cartouche de chaux sodée. Dix ans plus tard, Cousteau rencontre Gagnan, de la société Air Liquide : ce dernier vient de miniaturiser un détenteur permettant d'alimenter les moteurs de camion en gaz de ville (restriction en carburant oblige). A la demande de Cousteau, il adapte son invention à une bouteille d'air.**

## **2. Généralités et matériels**

La plongée scaphandre, de loisirs, se fait essentiellement à l'air. Cependant la plongée aux mélanges (le nitrox 40% d'O<sub>2</sub> maxi) se développe dans le but de diminuer la durée des paliers

Précautions : tables adaptées, attention à la toxicité de l'O<sub>2</sub>.

### **Le matériel**

Palmes, masque et tuba (sécurité si palmage en surface)

Combinaison néoprène, constituée de bulles écrasées sous l'effet de la pression. Plus ou moins des gants de protection au froid et des envenimations, si ceux ci sont autorisés.

Lest (ceinture de plomb le plus souvent) pour lutter contre la loi d'Archimède car flottabilité importante de la combinaison.

Bouteilles en acier ou en aluminium, contenance variable, la plupart 12 ou 15 l, bi bloc pour certains. Soumises à législation stricte réévaluées par les mines.

Gonflées à 180-200 b, aux 2/3 maximum de la pression d'épreuve.

Détendeur à deux étages : le 1<sup>er</sup> détend l'air entre 7 et 10 bars, le second détend l'air à la pression ambiante. Un seul étage rarement utilisé.

Gilet stabilisateur ou bouée permettant de s'équilibrer dans l'eau.

Couteau ou ciseau permettant de se dégager d'un filet.

Eclairage : restitution des couleurs, l'eau absorbe le rouge en premier et au-delà de 30 m, seuls le bleu et le vert subsistent.

Parachute de palier.

### **Instruments de mesure**

Manomètre (pression dans la bouteille)

Montre, profondimètre, tables de plongée, +/- compas.

Ordinateur de plongée, dont le but est de simuler en temps réel l'absorption et l'élimination de l'azote. Cet ordinateur intègre pour cela des modèles mathématiques de décompression, et prend en compte dans ses calculs divers paramètres : principalement la durée, la profondeur, la température de l'eau, la ventilation des plongeurs si gestion d'air intégrée...

Les plus sécurisants sont aussi les plus pénalisants.

L'ordinateur ne peut évidemment pas prendre en compte certains facteurs tels que la condition physique, la masse grasse/maigre, la fatigue, le niveau etc....

### 3. Lois physiques et plongée

#### Loi de pression hydrostatique.

$P = H \cdot \rho \cdot g$  avec  $H$ =hauteur  $\rho$ = densité du liquide et  $g$ = accélération de la pesanteur.

En pratique : La pression au niveau de la mer = 1bar(=760mmHg,1Atm).

Dans l'eau, la pression augmente de 1 bar tous les 10 m d'eau.

La somme de ces pressions donne la pression absolue.

C'est ainsi qu'à 10 m, la pression est de :

1 bar (pression atmosphérique) + 1bar (pression relative) soit 2b.

Quelle est la  $P^\circ$  absolue à 30m ?

#### Loi de Boyle-Mariote.

$P \cdot V = \text{Constante}$ . Ou  $P_1 \cdot V_1 = P_2 \cdot V_2$  (Explique les barotraumatismes)

En pratique A 10 m, la pression double et le volume diminue de moitié. Lors de la remontée, la  $p^\circ$  diminue, le volume augmente donc de façon inversement proportionnelle.

Démonstration : Si un ballon hermétique contient 1 litre d'air à 40 m, quel sera son volume à la surface ?

La  $P^\circ$  à 40m = 5bars. Donc  $P \cdot V = 5 \times 1 = 5$

En surface,  $P^\circ = 1$  bar. Constante=5.

$V = C/P^\circ = 5/1 = 5$ . Le ballon contiendra 5 litres d'air.

Ou encore :  $P_1 \cdot V_1 = P_2 \cdot V_2$  donc  $5 \cdot 1 = 1 \cdot V_2$  donc  $V_2 = 5/1 = 5$

#### Loi de Henry.

$Q = K \cdot p$  avec  $K$  = coefficient de solubilité du gaz dans le liquide. (Explique les ADD)

La quantité de gaz dissous dans un liquide est proportionnelle à la pression exercée par ce gaz au-dessus du niveau du liquide, à température donnée.

En pratique : Plus le plongeur descend, plus il dissout d'azote dans son organisme. (Influence du facteur temps également.

#### Loi de Dalton.

$P = p_1 + p_2 + p_3 + \dots$  d'où  $P_p = P_{abs} \times \%$

La pression d'un mélange gazeux est égale à la somme des pressions partielles, chaque gaz se comporte comme s'il était seul.

En pratique : Importance de cette loi dans la toxicité des gaz.

$P_p$  de l'Azote ( $N_2$ ) au niveau de la mer ?

Environ 80% d'azote dans l'air ; P° niveau de la mer = 1b.  
 $80/100 \times 1 = 0,8$  . PpN2 = 0,8 b.

## 4. Modifications physiologiques induites

### Respiratoires

Augmentation de la densité du mélange respiré dû à la profondeur, d'où augmentation du travail respiratoire. (L'air à la pression atmosphérique a une densité de 1.23g/l, à 50 m la densité est de 7g/l).

### Cardio-vasculaires

- Bradycardie liée à l'immersion de la face dans l'eau froide et distension pulmonaire réflexe. Certains plongeurs expérimentés ont une fréquence cardiaque à 15 voire 6 bpm sans trouble symptomatique.
- Débit sanguin diminué de 60 à 90 % dans tous les territoires vasculaires sauf coeur-poumons- cerveau.
- Maintien de la pression artérielle par l'augmentation des résistances vasculaires systémiques

### Déperdition calorifique

- Conductivité de l'eau 25 fois supérieure à celle de l'air.
- Air détendu asséché et refroidi.

### Autre

- Les objets paraissent plus gros d'un tiers et plus proches d'un quart.
- Les sons se propagent 5 fois plus vite sous l'eau que dans l'air (1500m/s contre 340m /s à 20°), mais il est difficile d'identifier leur provenance.

## 5. toxicité des gaz

Effet Paul Bert : O2 toxique pour PpO2 =1.6 bars soit des 70m pour la plongée à l'air. En O2 pur 7 m maximum.

Manifestations : Rétrécissement du champ visuel, fourmillement face et jambes, troubles neurologiques, convulsions, toxicité myocardique pour PpO2 > 3b (baisse de perfusion coronaire, augmentation des résistances périphériques).

Narcose : provoquée par N2 selon une profondeur variable selon le plongeur (en moyenne 40m)

Manifestations : Euphorie, comportement aberrant, retard aux stimuli (auditifs et visuels), baisse de la concentration, diminution du champ visuel.

Hypercapnie : PpCO2 augmentée si effort, stress, froid, détendeur mal réglé.

Manifestation : Essoufflement, angoisse.

Toxicité du CO : mauvaise qualité de l'air des bouteilles polluées par les gaz d'échappement du compresseur.

Dés l'apparition de signes évocateurs d'une toxicité, il faut remonter afin de diminuer la Pp du gaz incriminé.

## Accidents de décompression et maladie de décompression.

### 6a Comprendre l'ADD, comprendre la MDD :

L'ADD est dû aux conséquences de la dissolution de l'azote. Gaz inerte comme l'hélium ou l'hydrogène, il se dissout dans les tissus, le sang, les lipides, altère la perméabilité des membranes, donc la transmission de l'influx électrique d'où la narcose citée précédemment. Ce gaz, ni utilisé ni produit par les cellules, ne peut être éliminé que par les poumons.

Phénomène normal : - descente = augmentation de PpN<sub>2</sub> = augmentation de N<sub>2</sub> dissous = saturation des tissus. (Henry)

Remontée = baisse de la pression ambiante = N<sub>2</sub> reprend sa forme gazeuse = bulles de petite taille normalement éliminées par filtre pulmonaire. (Boyle-Mariotte). Élimination totale en 24 h au niveau de la mer.

Si facteurs de risque interdisant cette élimination physiologique : trop grosses bulles dans le sang veineux, HTAP, d'où ouverture des shunts artério-veineux et donc passage artériel des bulles.

On distingue différents tissus (ou compartiments) qui se caractérisent chacun par la même période. La période est le temps mis par un compartiment pour dissoudre ou éliminer la moitié de l'azote. La table MN90 est établie sur la base de plusieurs compartiments. Certains tissus comme le sang sont rapidement saturés, d'autres comme les os ont des périodes longues.

La maladie de décompression succède à l'ADD : la bulle se comporte comme un corps étranger ; Protides et lipides se déposent à sa surface, puis adhésion plaquettaire (CIVD, libération de médiateurs inflammatoires avec augmentation de la perméabilité capillaire, hyperviscosité, lésions pulmonaires, libération de lipides avec embolies graisseuses.

### 6b facteurs influençant la dissolution de N<sub>2</sub> :

pression

temps

température

nature du gaz

surface d'échange

nature du tissu

agitation, stress, effort



## 6c clinique.

Accidents de type 1, bénins : cutanés et ostéo-articulaires

Accidents de type 2, majeurs : vestibulaires et neurologiques

### malaises

#### Type 1

- cutanés : les « puces » : démangeaisons, brûlures localisées au tronc, à l'abdomen, aux oreilles.

Les « moutons » : boursouflures, éruptions maculo-papuleuses, dues aux bulles sous-cutanées.

**JAMAIS** localisées sur membres inférieurs ou hémicorps, sinon c'est un accident neurologique.

- ostéo-articulaires (bulles dans les tendons)

Douleurs articulaires (grosses articulations plus volontiers)

Sensation de sable

Evolution vers douleur intense

Disparaissent en comprimant l'articulation avec un brassard, la pression écrasant les bulles.

Les accidents tendineux guérissent en caisson à 8m, l'évolution des accidents osseux est plus incertaine, risque d'ostéonécrose.

#### Type 2

- vestibulaires : vertiges nausées, acouphènes, surdité.

- accidents cérébraux : obstruction d'une branche du polygone de Willis, d'une artère sylvienne, protubérantielle ou du tronc cérébral (aéro-embols)

Entraînant : Déficits moteurs et/ou sensitif, Hémiplégie, tétraplégie

- accidents médullaires : obstruction des veines épidurales. (adamkiewicz pas en cause)

Entraînant : Rétention urinaire, paraplégie

## 6d CAT

**IMMEDIATE** - Décubitus dorsal

- Réchauffement

- Oxygène 15l

- Aspirine 500mg

- Eau plate

## SMUR

- Identifier le directeur de plongée, obtenir le profil de plongée+++
- Niveau de l'accidenté, type de plongée, profondeur, durée, paliers, vitesse de remontée, incidents particuliers, mélange gazeux si autre que l'air.
- TTT symptomatique des détresses vitales
- O2 haut débit quelque soit la SaO2 afin de lutter contre l'hypoxie tissulaire et dénitrogéner le patient.
- Aspirine IV
- Remplissage (hypovolémie de la MDD, déshydratation liée à la plongée)
- Corticoïdes
- autres : vasodilatateurs (amélioration de la micro-circulation obstruée par les bulles).

## ORIENTATION

Caisson hyperbare ! l'oxygénation hyperbare et recompressive permet un apport plus important à un tissu ischémié tout en diminuant le volume de la bulle, voire en la supprimant.

## TRANSFERT

Ambulance, hélicoptère idéal dans certaines régions, si l'avion est utilisé obtenir une altitude 0 cabine.

## 7. Barotraumatismes

Association fréquente à l'ADD pour les barotraumatismes pulmonaires

Ils concernent toutes les cavités aériques

Les débutants sont particulièrement touchés

4 à 5m d'eau suffisent pour un barotraumatisme

### 7a barotraumatismes oculaires

dû au placage du masque avec effet ventouse lors de la descente si de l'air n'a pas été injecté par le nez au préalable.

Conséquences : œdème de la face, épistaxis, hémorragie sous-conjonctivale sans gravité.

TTT : préventif

### 7b barotraumatismes dentaires

dus à la présence de bulles d'air au sein de dents occluses ; lors de la descente ou de la remontée

Conséquences : douleurs+++

TTT : préventif, antalgiques, dentiste

### 7c barotraumatismes sinusaux et nasaux

dus à la dépression dans les cavités lors de la descente.

Conséquences : douleurs oculaires et sous orbitaires, oedemes et hémorragie de la muqueuse, épistaxis.

TTT : préventif ; remonter.

### 7d barotraumatisme de l'oreille

- 3/4 des accidents rencontrés

communication avec l'oropharynx par la trompe d'eustache, laquelle est ouverte par le baillement, la déglutition, Valsalva.

A la descente : la pression entraîne le placage des parois tubaires d'où une dépression de l'oreille moyenne

Conséquences : douleur.

CAT : Valsalva en descendant, avant l'apparition de la douleur.

A la remontée : évacuation des gaz vers le pharynx. Si le plongeur est enrhumé, la trompe d'eustache est plus ou moins bouchée, le tympan va se déformer vers l'extérieur.

Conséquences : douleur, hypoacousie, bourdonnements, otorragie si rupture du tympan.

TTT : préventif. Jamais de Valsalva à la remontée.

### 7° barotraumatismes gastro-intestinaux

- connus sous le nom de colique des scaphandriers.

Conséquences : douleurs sans gravité sauf si distension de l'estomac car risque allant de l'emphysème sous muqueux à la rupture de l'estomac.

### 7f barotraumatismes pulmonaires

- les seuls qui justifient la présence d'un SMUR.

- Tableau souvent gravissime d'emblée

- dû à une remontée rapide à glotte fermée, sans expiration

- association fréquente à ADD

conséquences : rupture des alvéoles pulmonaires, pneumothorax, pneumomédiastin, emphysème sous cutané, embols gazeux, embolies cérébrales dans la majorité des cas.

Tableau : choc, coma dyspnée hémoptysie, douleurs rétrosternales, troubles neurologiques en rapport avec l'artère embolisée.

TTT : symptomatique

O2 pur

Ttt du choc

Drainage thoracique si pneumothorax suffoquant ou à retentissement hémodynamique. Caisson.

PREVENTION : expirer lors de la remontée

Ne jamais donner d'air à un apneiste

## **8. Prévention**

### **AVANT LA PLONGEE**

**Respect des contre-indications**

**Visite chez le dentiste**

**Plonger en forme, pas enrhumé**

**Connaître et accepter ses limites**

**Pas d'effort avant la plongée (essoufflement toujours aggravé par la profondeur)**

**Plongée bien organisée, encadrée, matériel complet et vérifié, sécurité en surface, O2 et VHF à bord**

**Plongée la plus profonde le matin**

**Tables adaptées si plongée en altitude, si plongée aux mélanges**

### **PENDANT LA PLONGEE**

**Fin de la plongée dès qu'un plongeur est sur réserve**

**Remontée lente 10 à 12 m / min (en caisson les remontées se font à 7.5 m / min !)**

**Remonter en expirant**

**Respect des paliers (les doubler si remontée à deux sur un embout)**

### **APRES LA PLONGEE**

**Pas d'effort (risque de passage artériel des bulles)**

**Pas d'avion pendant 24h**

**Calculer son azote résiduel si plongée successive prévue**

**Eviter les consécutives**

**Signaler toute sensation anormale à ses coéquipiers**

## 9 Contre indications (commission médicale de la FFESSM)

	<b>DEFINITIVES</b>	<b>TEMPORAIRES</b>
cardiologiques	cardiopathie congénitale/insuffisance cardiaque/CMO/risque de syncope/tachycardie paroxystique/BAV 2 et 3	HTA sévère/valvulopathies/angor, IDM récent,péricardite,TTTpar anti-arythmiques,BB,anticoagulant
ORL	Surdit�e unilatérale ,évidemment p�tromastoidien, trachéotomie ,laryngoc�le ,déficit audio bilatéral, otospongiose opérée	Episode infectieux,polypose nasosinusienne,obstruction tubaire,syndrome vertigineux,perforation tympanique
pneumologie	IRC ,syndrome interstitiel,asthme,pneumothorax spontanée,chir thoracique	Pathologie infectieuse,pleurésie,sarcoidose ,œdème pulmonaire après noyade
ophtalmologie	pathologie vasculaire de la rétine,choroide,papille.GFA .Pro thèse ou implant creux.	Chirurgie oculaire sur 6 mois,décollement rétinien,kératotomie radiaire,kératocone
neurologie	épilepsie,PC,chirurgie endocranienne,syndrome d�ficientaire sévère.	
psychiatrie	affection sévère,infirmité motrice cérébrale	TTT antidépresseur ,anxiolytique,neu roleptique,alcoolisation aigu,tétanie,spasmophilie.
locomoteur	déficit moteur sévère	TC grave ,chirurgie osseuse récente.
gynécologie		grossesse.
dentaire		caries,prothèse amovible.
métabolisme	DB TTT par insuline,sulfamides ou non équilibrée.Troubles endocriniens sévères.	
dermatologie	différentes affections entrainent des CI temporaires ou définitives.	
divers		hernie hiatale,reflux gastro-oesophagien,ulcère.

Toute prise médicamenteuse peut être source de CI. Après un accident de plongée, la reprise de la plongée sera consécutive à l'avis d'un médecin fédéral, lequel sera visé par la commission médicale régionale.

## **10 En cas d'accident**

Appel du CROSS (centre régional d'opérations de sécurité et de sauvetage ; 5 répartis sur le littoral) sur le canal 16 par VHF

S'identifier (nom du bateau)

Décrire la situation, cela permet la mise en alerte du caisson le plus proche

Préciser lieu et heure d'arrivée au port

## **11 Conclusion**

Peu d'accidents immérités

Plongée loisir peu risquée si respect de règles élémentaires

ADD = 02 /Aspegic/Réhydratation/Caisson

Barotraumatisme pulmonaire =TTT des détresses vitales/02 /caisson

## **12 Bibliographie**

« Le tour de la plongée en 80 problèmes ». R.Aubert ,P.Jonville Edit.

« Code vagon de la plongée ».D.Jean .Niveau 1,les éditions du plaisancier.

« Code vagon de la plongée ».D.Jean.Niveau 2,les éditions du plaisancier.

« Plongée subaquatique ».Ph .Molle,P.Rey,édition Amphora.

Sites Internet très nombreux, il suffit d'utiliser le moteur de recherche avec les termes plongée sous marine, accidents de plongée, médecine hyperbare

## **13 Annexes**

### **STATISTIQUES**

Peu de données recensées en France car peu de participation des clubs, médecins fédéraux et accidentés.

### **Profil des accidentés depuis 1993 :**

-35 ans

-homme dans 85% des cas

-niveau technique insuffisant dans 36% des cas

-la moitié des dossiers traités mettent en cause des plongeurs de niveau 3 et plus

### Profil des plongées :

- utilisation de l'ordinateur pour la grande majorité
- 44% des accidents entre 5 et 30m
- 40% à une profondeur supérieure à 40m
- Exercice 20% (plongées « YOYO », remontée sans embout, exercice de sauvetage)

### Type d'accident :

- neuromédullaire
- surpression pulmonaire
- accident labyrinthique
- accident ostéo-articulaire

### Facteurs favorisants :

- 70% = non respect des paliers
- 1 accident sur 4 dû à une faute de procédure de décompression (remontée rapide, non respect du palier dû à un mauvais lestage, panique, panne d'air)
- fatigue, manque de condition physique
- effort pendant et après la plongée
- plongée successive
- froid
- obésité
- inaptitude à la plongée