



L'OEDEME PULMONAIRE EN PLONGEE SOUS MARINE AUTONOME

Dr A. HENCKES, Dr G. COCHARD,
Dr J. ARVIEUX, Dr F. LION, Pr C. ARVIEUX
Unité de médecine hyperbare,
Pôle Anesthésie Réanimation Chirurgicale
SAMU 29
CHU de BREST

L'œdème pulmonaire en plongée sous marine

1984 Première description clinique (Wilmhurst) :
série de 11 cas, peu graves, récidivants
terrain particulier : réactivité vasculaire, HTA

2002 : premier cas récidivant et mortel identifié à
Brest

2005 : publication de 6 cas vus à Brest évolution
récidivante, 1 décès

Physiopathologie

La barrière alvéolo capillaire

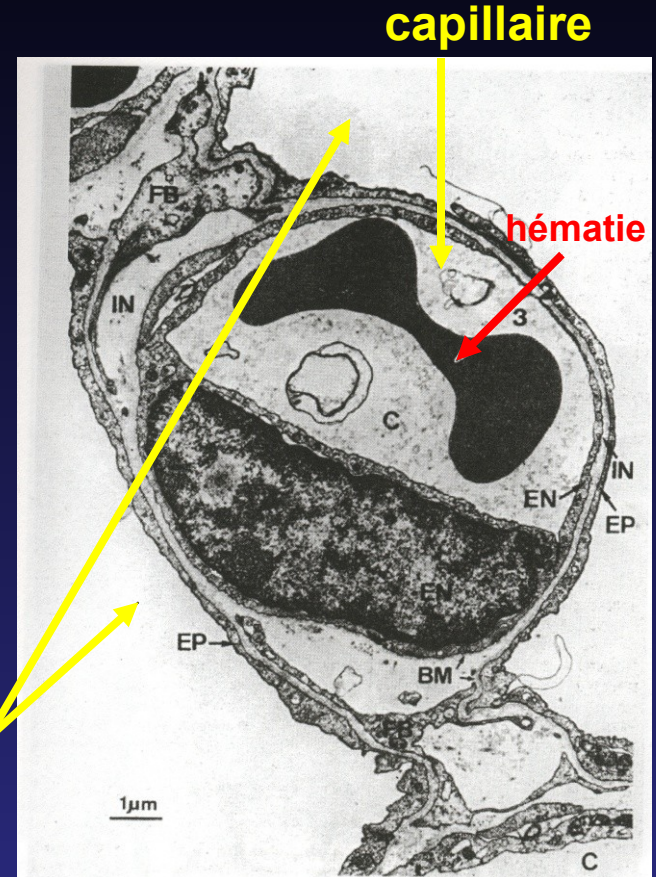
→ un challenge d'ingénieur ingénieux :

- une barrière suffisamment fine pour laisser passer les gaz
- mais assez résistante pour ne pas céder aux variations de pression transmurale ...

Physiopathologie

- Fine barrière constituée
 - de l'épithélium alvéolaire
 - de l'endothélium capillaire
 - de la matrice extra cellulaire entre les 2, parfois très fine (membranes basales qui fusionnent par endroit)
- Défaillance de la barrière alvéolo capillaire: les travaux de West
 - lorsque les contraintes mécaniques sur la barrière alvéolo capillaire dépassent son seuil de résistance

espace alvéolaire



EN: endothélium

EP: épithélium

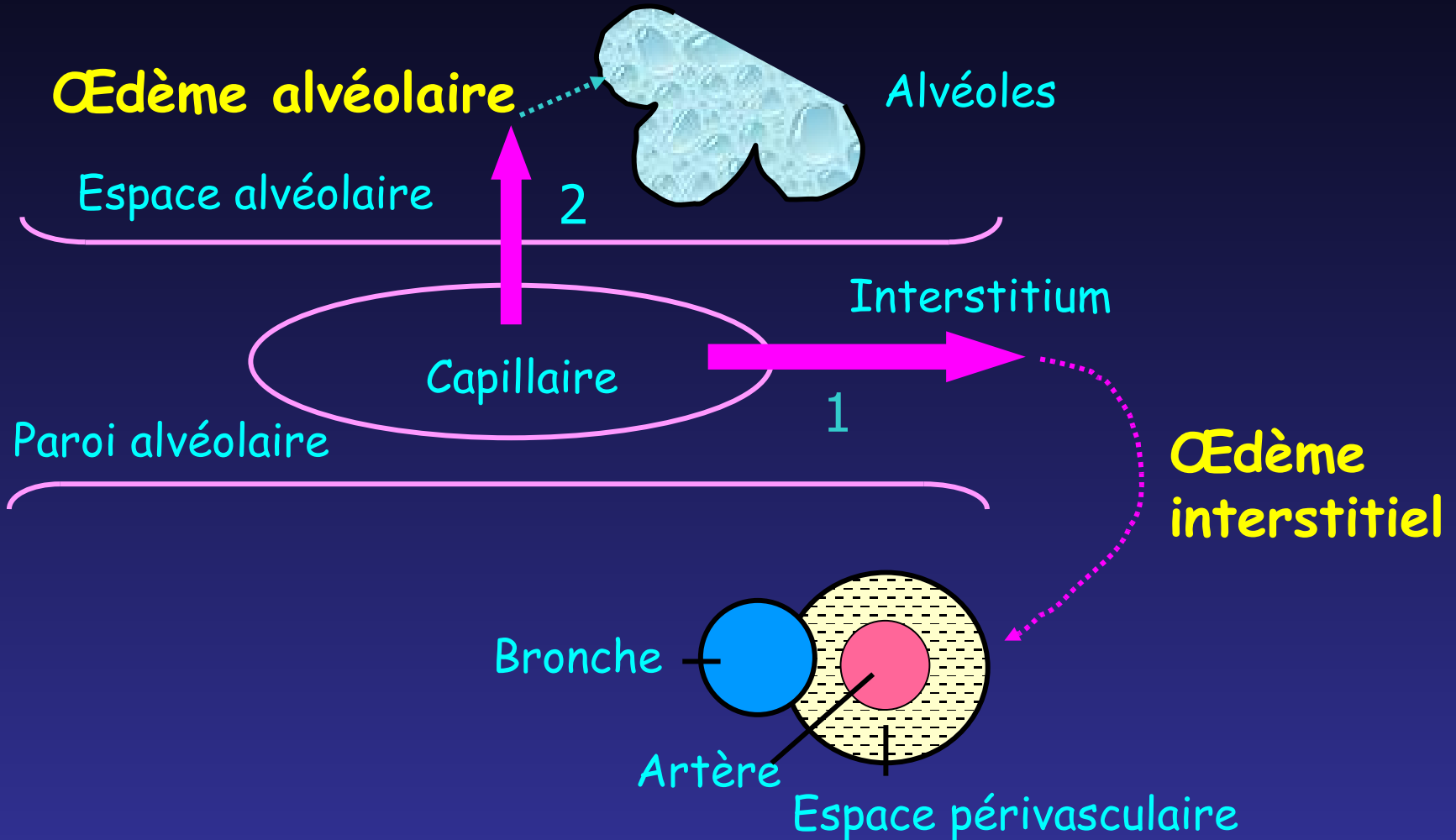
IN: interstitium

Physiopathologie

- **Le flux liquidien** à travers l'endothélium dépend des pressions hydrostatiques et oncotiques du capillaire et de l'interstitium, selon la **loi de Starling** (pas celle de la contractilité myocardique, l'autre ! ...)

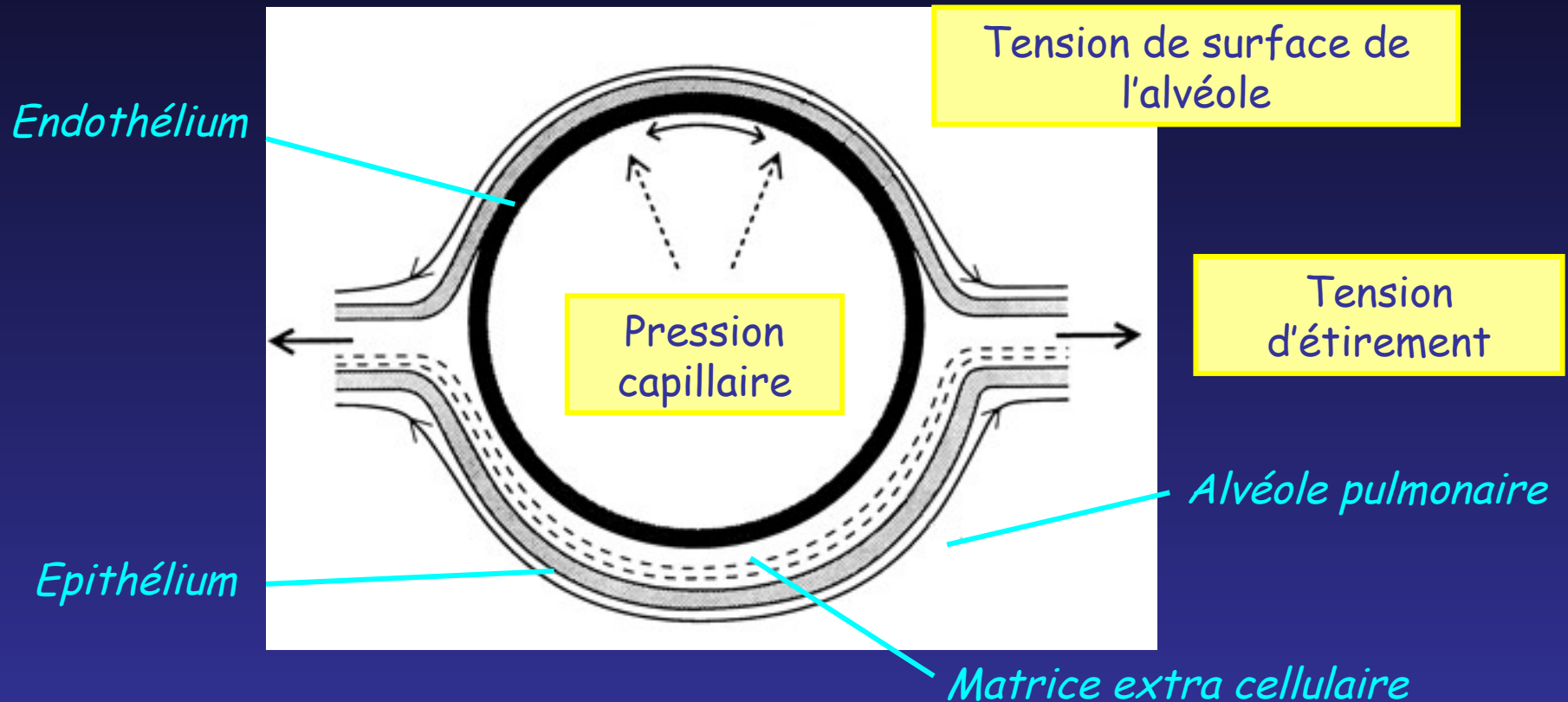
Physiopathologie

Mouvements liquidiens à travers l'endothélium



Physiopathologie

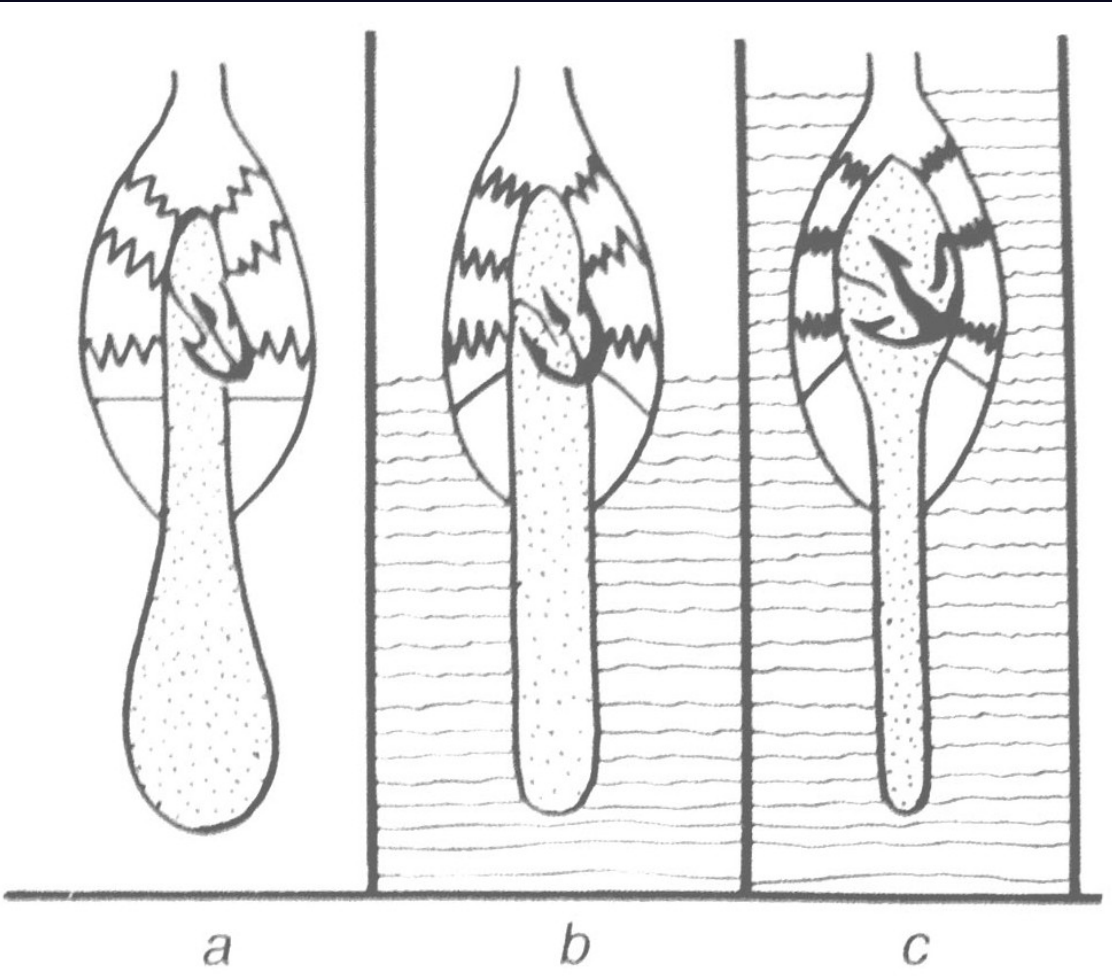
Les 3 forces agissant sur la barrière alvéolo capillaire contribuent à la pression transmurale



Physiopathologie

- La pression transmurale = gradient entre pression capillaire et pression alvéolaire :
 - Lorsque l'on élève la pression transmurale au-delà du **seuil de résistance** de la barrière alvéolo capillaire, apparition de lésions au niveau de celle-ci pouvant aller jusqu'à sa rupture complète (travaux de West sur l'OAP du cheval de course, l'OAP neurogénique, d'altitude)
 - Influence du **volume pulmonaire** (mise en jeu de la tension d'étirement): plus grande fragilité de la barrière alvéolo capillaire à volume pulmonaire élevé

Physiopathologie



L'immersion
entraîne une
redistribution
sanguine centrale
(environ 700 cc)

Physiopathologie

La plongée sous marine expose la barrière alvéolo-capillaire à des contraintes exceptionnelles

Conséquences de la redistribution sanguine centrale :

↑ pression dans la circulation pulmonaire

↑ débit cardiaque

↑ perméabilité vasculaire par

- libération de peptides cardiaques (effet diurétique et natriurétique, vasodilatateur) liée à la dilatation des cavités cardiaques
- inhibition du système vaso constricteur (noradrénaline, système rénine angiotensine aldostérone) liée à la mise en jeu des barorécepteurs

Physiopathologie

La plongée sous marine expose la barrière alvéolo-capillaire à des contraintes exceptionnelles

- **Le plongeur est un insuffisant respiratoire !...**
 - Blood shift + P ambiante : ↓ compliance thoraco-pulmonaire (mvts + difficiles)
 - Gaz dense : ↑ résistances à l'écoulement dans les VA, surtout à l'effort +++
 - Détendeur : ↑ résistances respiratoires + espace mort

⇒ *augmentation des écarts de pression intra thoracique entre inspiration et expiration*

Physiopathologie

La plongée sous marine expose la barrière alvéolo-capillaire à des contraintes exceptionnelles

- **Autres contraintes :**
 - **Le froid :** vasoconstriction périphérique et \uparrow résistances respiratoires en hyperbarie
 - **L'effort :** \uparrow P capillaire pulmonaire et \uparrow travail respiratoire (oedèmes des nageurs +++)
 - **Le stress :** \uparrow TA, peut être à l'origine d'OAP !

Physiopathologie

La plongée sous marine expose la barrière alvéolo-capillaire à des contraintes exceptionnelles

- Et puis ...

- L'air respiré est froid et sec :

- induisant une réaction inflammatoire locale ⇒

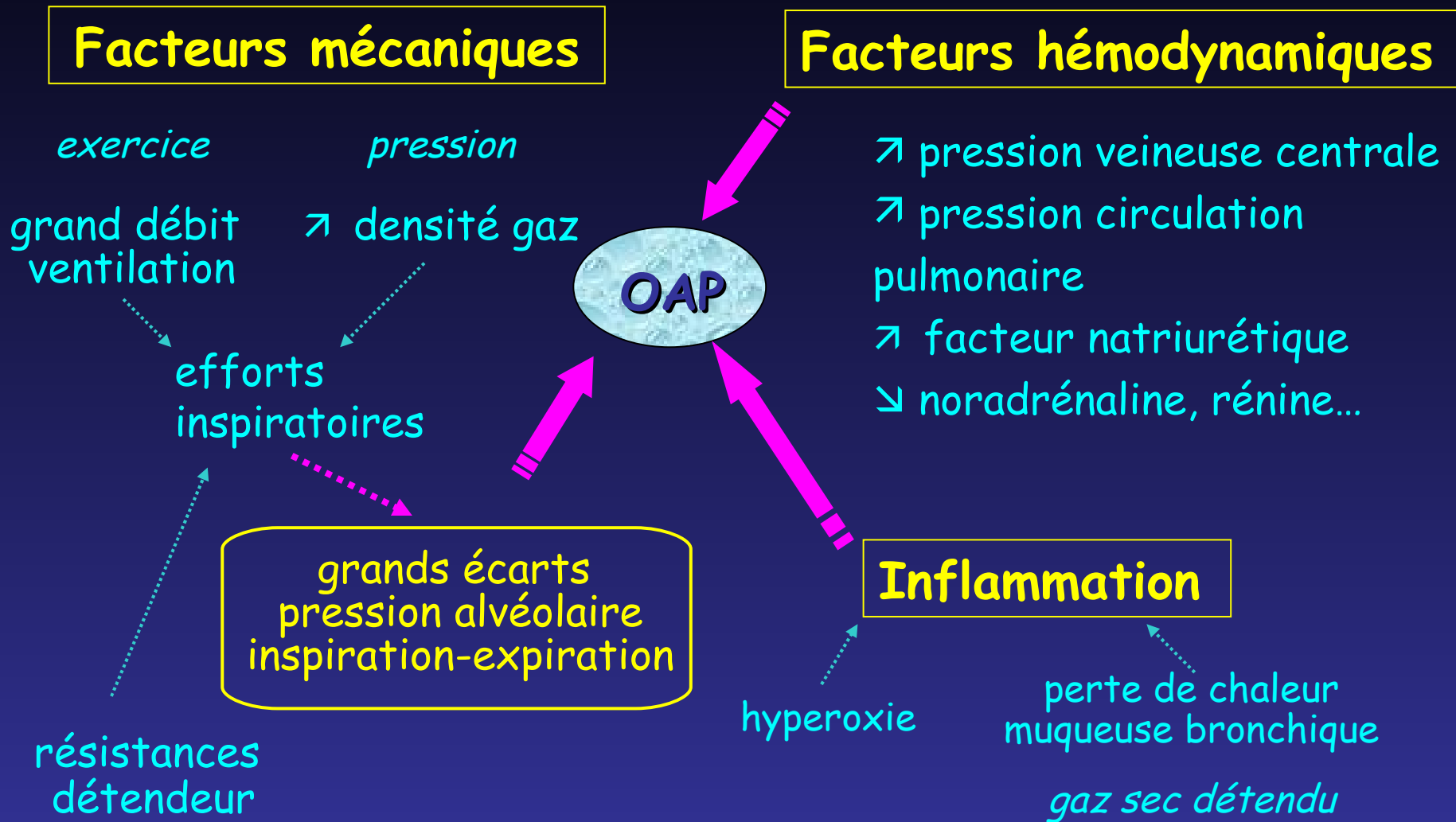
- ↑ perméabilité vasculaire

- ... un peu hyperoxique:

- induisant une réaction inflammatoire et un effet vasoconstricteur

Physiopathologie

D'après Regnard :



L'œdème pulmonaire en plongée sous marine

En 2005 la synthèse des cas d'OAP d'immersion publiés (Koehle) : 60 cas, dont 34 en scaphandre

- plongeur de 47 ans en moyenne
- en bonne santé
- plongée de 3 à 42 mètres
- eau fraîche inférieure à 19°C
- toux, dyspnée, hémoptysie
- parfois malaise
- évolution favorable dans la plupart des cas entre 5 minutes et 24 heures, mais 2 décès

Notre étude

- **Quelle incidence en Bretagne ?**

⇒ Contact et sensibilisation des médecins fédéraux et urgentistes : recensement des cas sur un an (2005-2006)

- **Caractéristiques de l'accident ?**

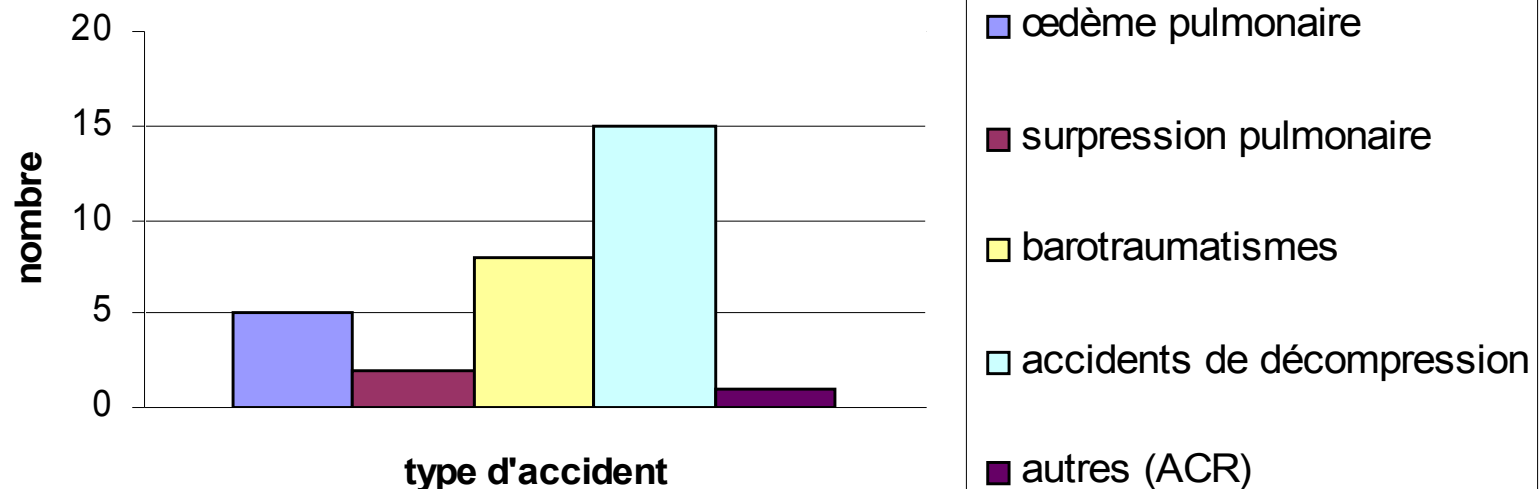
⇒ Recueil de cas antérieurs (+ un en région Parisienne) pour augmenter notre série

Résultats et discussion

Etude de l'incidence

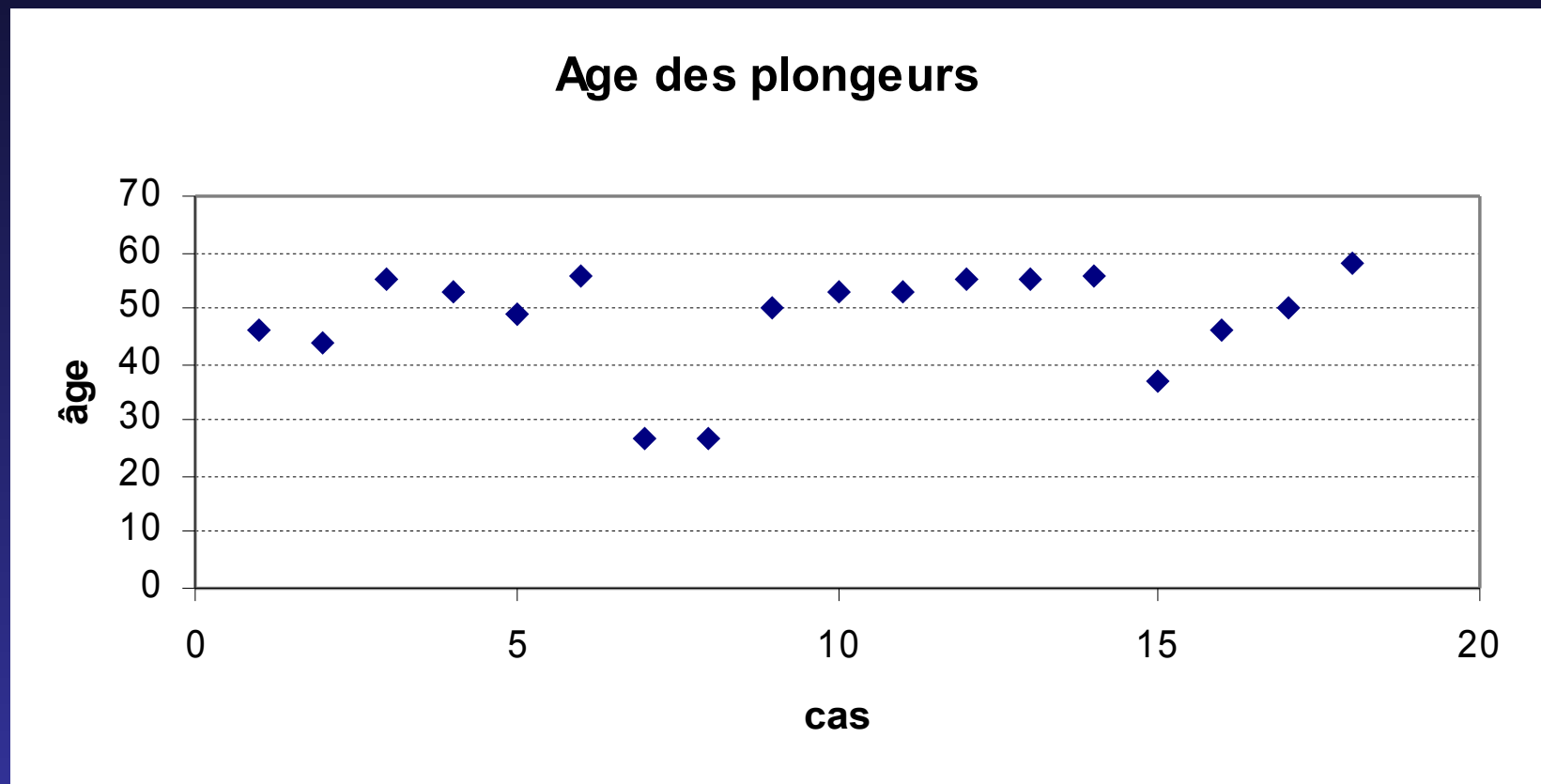
- **5 cas tous en 2006, dont un est décédé sur le site :**
 - Par rapport aux accidents pris en charge par le caisson de Brest en 2006 : + fréquent que la surpression pulmonaire, à l'origine de l'un des 2 arrêts cardio respiratoires (ACR)
 - Accident probablement plus fréquent qu'on ne le pense, sous déclaré, sous diagnostiqué

Répartition des accidents de plongée en 2006



Etude de cas

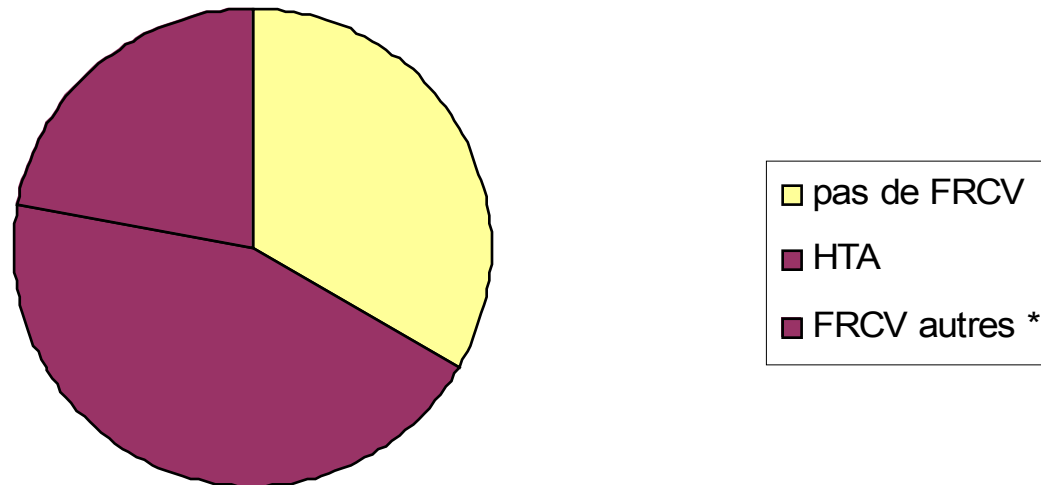
- Recueil de **18 cas**, survenus entre 2002 et 2006 concernant **17 patients**
- 4 femmes (proportion de plongeuses)
- Moyenne d'âge **48 ans**



Les facteurs de risque

- **Le plongeur** : HTA, valvulopathie, cardiopathie (1 cas); 6 indemnes d'ATCD CV
- Un seul fumeur actif

Existence de facteurs de risque *



Les facteurs de risque

- **Le matériel : contrainte respiratoire +++**
 - 2 plongeurs militaires de 27 ans (plongée au recycleur difficile)
 - rôle probablement prépondérant : mauvais montage, chaux non changée => efforts respiratoires +++ => rupture de la barrière alvéolo capillaire
- **Effort, fatigue et/ou stress**
 - dans la plupart des cas (examen, plongée de reprise, débutant ...)
- **Conditions de plongée ?** eau froide en Bretagne < 17°C, de 0 à 72 mètres

L'œdème pulmonaire : diagnostic

On retrouve les 3 principaux signes :
(comparaison avec la série de Koehle)

signe	notre série	série de Koehle
<i>dyspnée</i>	17/18 (94,4%)	48/60 (80%)
<i>hémoptysie/ expectoration mousseuse</i>	14/18 (77,7%)	37/60 (61,7%)
<i>toux</i>	11/18 (61,1%)	49/60 (81,7%)
<i>signes généraux</i>	5/18 (27,7%)	2/60 (3,3%)

L'œdème pulmonaire : diagnostic

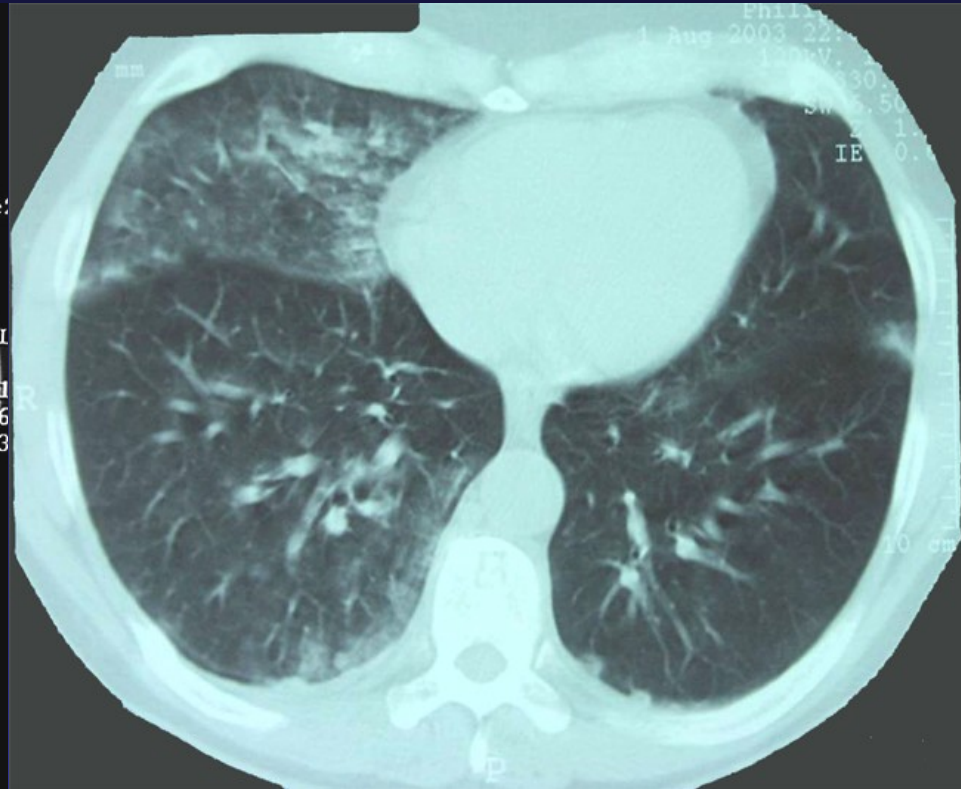
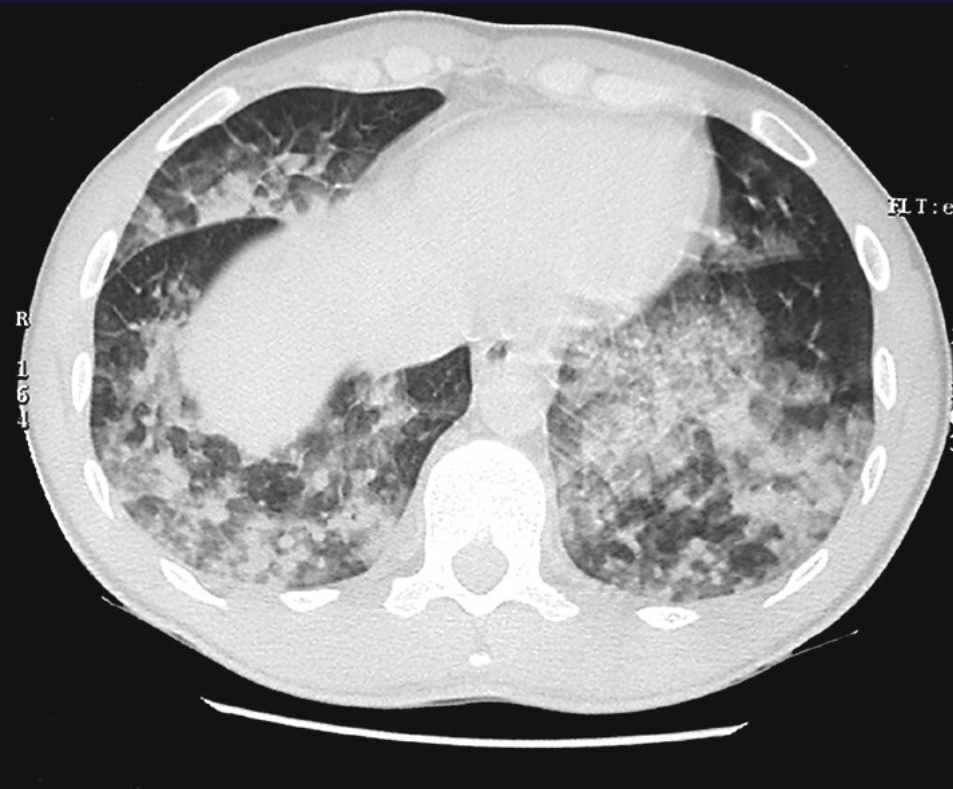
- **Mais !...**
 - 2 ACR non récupérés
 - 2 pertes de connaissance
- **Donc !...**
 - Accident potentiellement gravissime
 - Importance de l'assistance dans l'eau et des premiers secours

L'œdème pulmonaire : diagnostic

- **Examen clinique +++ :**
 - signes d'OAP
 - parfois signes de souffrance cardiaque (dans 2 cas)
- **Nécessité d'une imagerie !**
- **Radio Pulmonaire :** peut être normale (dans 3 cas)
- **Intérêt du scanner thoracique +++ :**
 - anomalies précoces
 - témoin de l'importance des lésions
 - opacités en verre dépoli

L'œdème pulmonaire : diagnostic

- Intérêt du scanner thoracique +++ :
opacités en verre dépoli parfois inégalement réparties (patchy distribution)



L'œdème pulmonaire : bilan

- Recherche de facteurs de risques et bilan des lésions associées : bilan CV et respiratoire
 - échographie cardiaque, épreuve d'effort (profil TA souvent élevé)
 - Explorations fonctionnelles respiratoires (+ DLCO)
 - Pro BNP: élément de physiopathologie ? Dosé 4 fois, retrouvé 2 fois normal haut et 2 fois très élevé ...
- Parfois révélateur d'une anomalie en particulier cardiaque

L'œdème pulmonaire : bilan

- **Souvent ce bilan est normal :**
 - À distance de l'accident pas d'éléments rétroactifs permettant le diagnostic, seule l'histoire clinique est très évocatrice
 - **Éléments prédictifs** du risque de récurrence et de la gravité de celle-ci **rarement retrouvés ...**
- **Importance de bien établir le diagnostic** au moment de l'accident, en particulier avec une **imagerie** : conditionne la reprise ultérieure de la plongée, dialogue souvent difficile avec le plongeur !...

L'œdème pulmonaire : diagnostic différentiel

- **La noyade :**
notion d'inhalation d'eau (perte de l'embout);
amélioration moins rapide ?
- **La surpression pulmonaire :**
conditions de survenue (remontée rapide),
pneumothorax, pneumomédiastin, emphysème
sous cutané, signes neurologiques
- **L'accident de désaturation (chokes) :**
plongées saturantes, délai d'apparition des signes

Traitement et évolution

- **Extraction du milieu +++ :**
soustraire le plongeur le plus rapidement possible aux contraintes du milieu (premières lésions le plus souvent réversibles)
- **O₂ toujours :** MHC, CEPAP ...
- **Furosémide, dérivés nitrés avec prudence :**
risque d'aggravation de la déshydratation
- **Evolution favorable le plus souvent**
- **Mais : 2 décès,** dont un à l'occasion d'une récurrence
récidives pour au moins 2 plongeurs

L'œdème pulmonaire : évolution

- **Reprise de la plongée ?**
 - pas de facteur prédictif du risque de récidence
- **Raisonnement :**
 - CI à la plongées profondes et d'encadrement
 - Pas de reprise si anomalie CV à l'origine de l'accident
 - Pas de reprise pour les plongeurs à risque: âge, HTA ...
- **Sujet jeune, sans anomalie dépistée :**
 - à discuter ...

Conclusions

- Accident sans doute **moins rare** qu'on ne le pense et probablement sous déclaré
- **Physiopathologie intriquée** avec composantes mécaniques et hémodynamiques
- Accident pouvant être **gravissime** : importance de la bonne maîtrise des premiers secours
- **Récidives possibles**, pas de facteur prédictif de celles-ci et de leur gravité
- Importance de bien en faire le **diagnostic** car **conditionne la reprise ultérieure** de la plongée

Conclusions

- Nécessité d'un plus vaste recueil pour approfondir notre connaissance de l'accident, de ses facteurs de risque et conditions de survenue
- *Merci de continuer à nous signaler les cas d'OAP en immersion (nage, apnée, scaphandre) survenant dans la région*
- Pour tout renseignement, ne pas hésiter à nous appeler :

Equipe du caisson hyperbare de Brest

02 98 34 70 98 / 02 98 22 33 33

Bibliographie

- Adir., Shupak A., Gil A., Peled N., Keynan Y., Domachesky L., Weiler-Ravell D. *Swimming-induced pulmonary edema: clinical presentation and serial lung function*. Chest 2004 ; 126 : 394-399
- Boussuges A., Pinet C., Thomas P., Bergmann E., Sainty J-M., Vervloet D. *Haemoptysis after breath-hold diving*. Eur Respir J 1999 ; 13 : 697-699
- Broussolle B., Méliet J.L., Coulangue M. *Physiologie et médecine de la plongée*. 2^e édition 2006 ; éd Ellipses
- Cochard G., Arvieux J., Lacour J.M., Madouas G., Mongredien H., Arvieux C.C. *Pulmonary Edema in scuba divers : recurrence and fatal outcome*. Undersea Hyperb Med. 2005 ; 32 : 39-44
- Cosgrove H., Guly H. *Acute shortness of breath: an unusual cause*. J Accid Emerg Med. 1996 ; 13 : 356-7
- Gnadinger C.A., Colwell C.B., Knaut A.L. *Scuba diving-induced pulmonary edema in a swimming pool*. J Emerg Med. 2001 ; 21 : 419-421

Bibliographie

- Halpern P., Gefen A., Sorkine P., Elad D. *Pulmonary oedema in SCUBA divers: pathophysiology and computed risk analysis* . Eur J Emerg Med. 2003 ; 10 : 35-41
- Hampson NB., Dunford RG. *Pulmonary edema of scuba divers*. Undersea Hyperb Med. 1997 ; 24 : 29-33
- Koehle M. S., Lepawsky M. and McKenzie D.C. *Pulmonary oedema of immersion*. Sports Med 2005 ; 35 : 183-190
- Lund KL., Mahon RT., Tanen DA., Bakhda S. *Swimming-induced pulmonary edema*. Ann Emerg Med 2003 ; 41 : 251-6
- Pons M., Blickenstorfer D., Oechslin E., Hold G., Greminger P., Franzeck UK., Russi EW. *Pulmonary oedema in healthy persons during scuba-diving and swimming*. Eur Respir J. 1995 ; 8 : 762-7
- Roeggla M., Roeggla G., Seidler D., Muellner M., Laggner AN. *Self-limiting pulmonary edema with alveolar hemorrhage during diving in cold water*. Am J Emerg Med. 1996 ; 14 : 333

Bibliographie

- Slade Jr JB, Hattori T, Ray CS. , Bove AA., Cianci P. *Pulmonary edema associated with scuba diving: case reports and Review.* Chest 2001 ; 120 : 1686-94
- Weiler-Ravell D., Shupak A., Goldenberg I., Halpern P., Shoshani O., Hirschhorn G., Margulis A. *Pulmonary oedema and haemoptysis induced by strenuous swimming.* BMJ 1995 ; 311 : 361-362
- Wilmshurst P.T., Nuri M., Crowther A., Betts JC., Webb-Peploe M.M *Recurrent pulmonary edema in scuba divers; prodrome of hypertension: a new syndrome.* Underwater Physiology 1984 ; 8 : 327-339
- Wilmshurst P.T., Nuri M., Crowther A., Webb-Peploe M.M. *Cold-induced pulmonary oedema in scuba divers and swimmers and subsequent development of hypertension.* Lancet 1989 ; 1 : 62-65.
- Wilmshurst PT. *Pulmonary oedema induced by emotional stress, by sexual intercourse, and by exertion in a cold environment in people without evidence of heart disease.* Heart 2004 ; 90 : 806-807