

# L'œdème aigu du poumon en plongée sous marine



Dr Anne HENCKES  
Unité de médecine hyperbare  
CHRU Brest

# Mme B

- Plongeuse de 45 ans
- ATCD : IMC 19.8
  - thyroïdectomie
  - Ttt en cours : LEVOTHYROX®, VOLTARENE® (tendinite)
- Environ 100 plongées au total, formation N3 en cours
- Dernières plongées en carrière

# Mme B

WE de formation N3 à Camaret

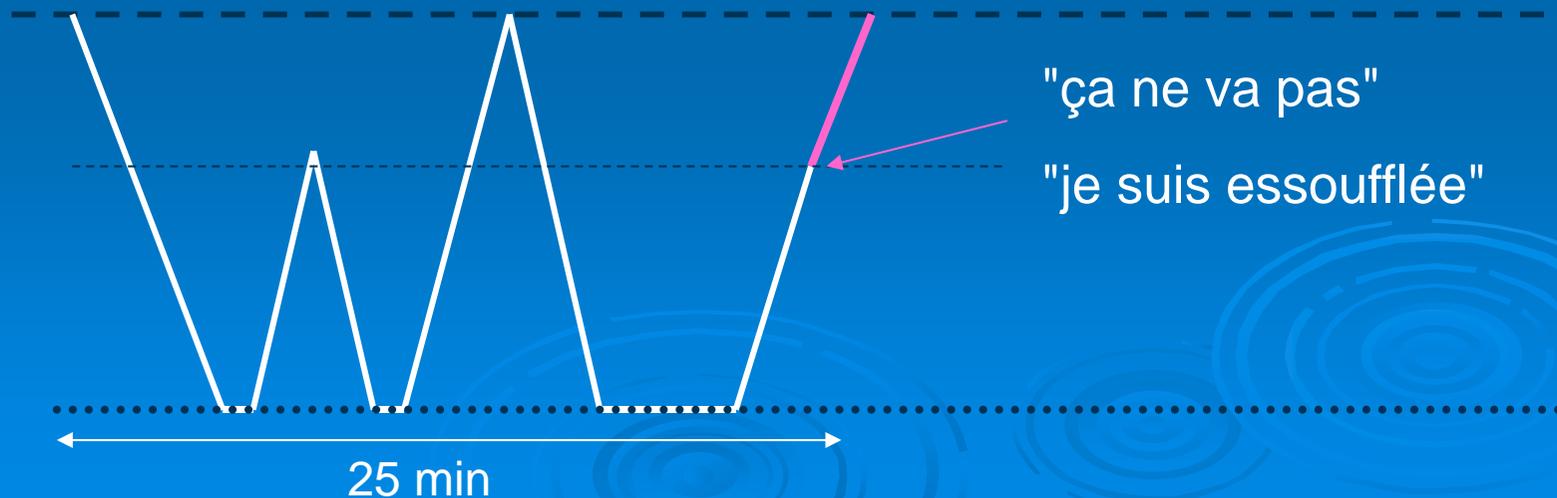


# Mme B

➤ (t° eau 12°C...)

- Samedi : 2 plongées d'adaptation au milieu et d'ex à 30m
- Dimanche :

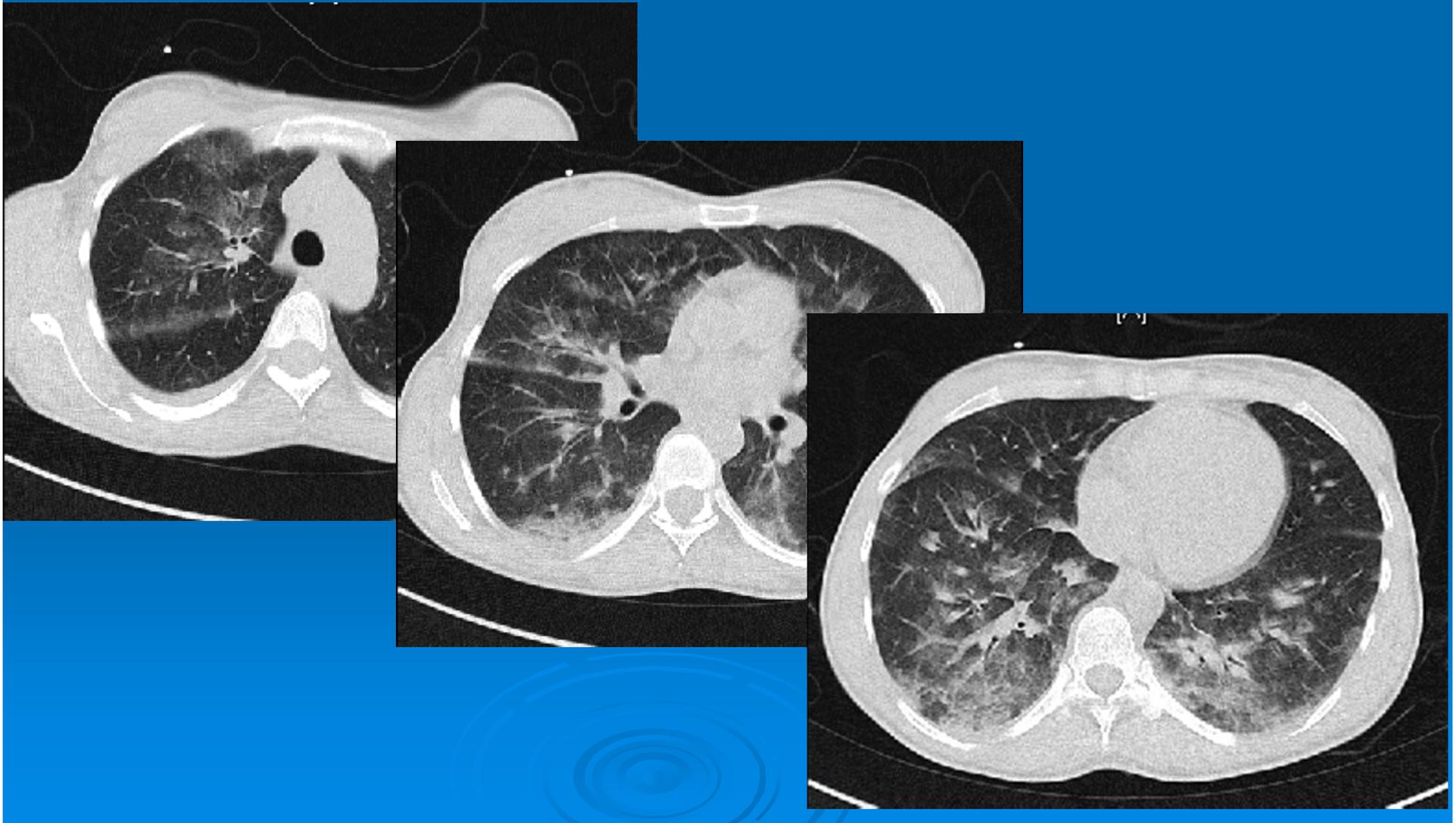
Plongée simple à 30 m d'exercices :



# Mme B

- Assistance jusqu'à la surface :
  - Toux, dyspnée, cyanose des lèvres, oppression thoracique
- Amélioration rapide
  - PEC par équipe médicale :
    - TA 17/11, pls 78, FR 25, SpO2 91% sous 15LO2
  - A l'hôpital :
    - Polypnée, crépitants bilatéraux
    - Bio : BNP, troponines
    - ECG sinusal, normal
    - RP : opacités floconneuses bilatérales

# Mme B



# Mme B

- Avis cardio (après qq h sous O<sub>2</sub> ...):
  - Ex cli normal
  - ETT : dans les limites de la normales, FEVG 77%
- Traitement : O<sub>2</sub>
- Lundi : amélioration complète => sortie
- À 1 mois :
  - TDM normalisée
  - EE : adaptation normale à l'ex, profil TA NI, VO<sub>2</sub>max estimée à 32mL/min/kg

# L'OAP en plongée

- 3 situations bien connues :
  - Surpression pulmonaire
  - Accident de désaturation ("chokes")
  - Noyade
  
- ... depuis environ 25 ans, description d'OAP en plongée en dehors de ces situations

*Wilmshurst P.T., Nuri M., et al. **Recurrent pulmonary edema in scuba divers; prodrome of hypertension: a new syndrome.** Underwater Physiology 1984 ; 8 : 327-339*

# L'OAP en plongée

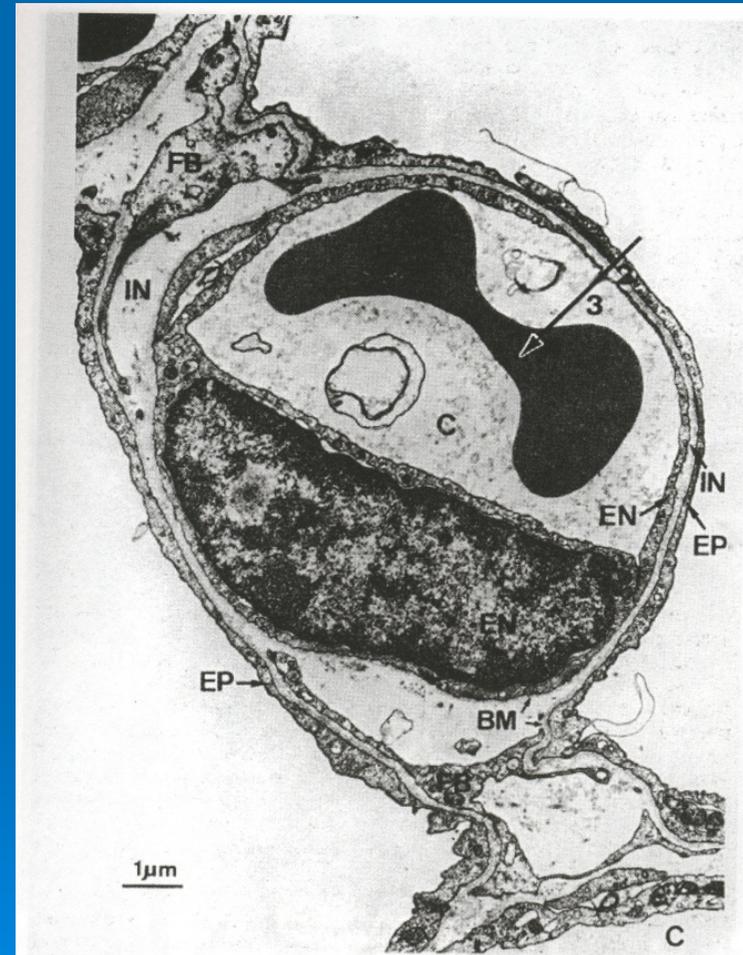
- Conséquence d'une défaillance de la barrière alvéolo capillaire, conséquence des contraintes auxquelles l'organisme du plongeur est soumis dans son activité :
  - La BAC : un challenge d'ingénieur ingénieux !
    - ⇒ Suffisamment fine pour laisser passer les gaz
    - ⇒ Mais assez résistante pour ne pas céder ...

# La barrière alvéolo capillaire

- Fine barrière couvrant une surface de 50 à 100 m<sup>2</sup>:  
0.3µm

*" The surprising thing is not that the capillaries fail, but that they do not so more often" (West)*

- Résistance liée au collagène type IV de la matrice extracellulaire



*West JB. Stress failure of pulmonary capillaries : role in lung and heart diseases. Lancet 1992; 340: 762*

# La barrière alvéolo capillaire

3 forces :

➤ ↗ Contraintes :

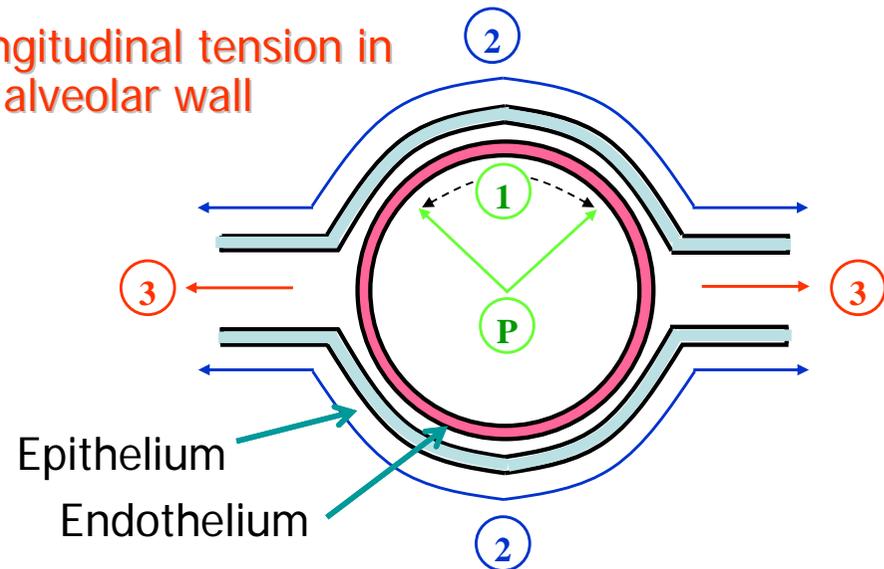
↗ P transmurale

↗ T longitudinale (liée à l'inflation pulm)

① Capillary transmural pressure

② Surface tension of the alveolar lining layer

③ Longitudinal tension in the alveolar wall

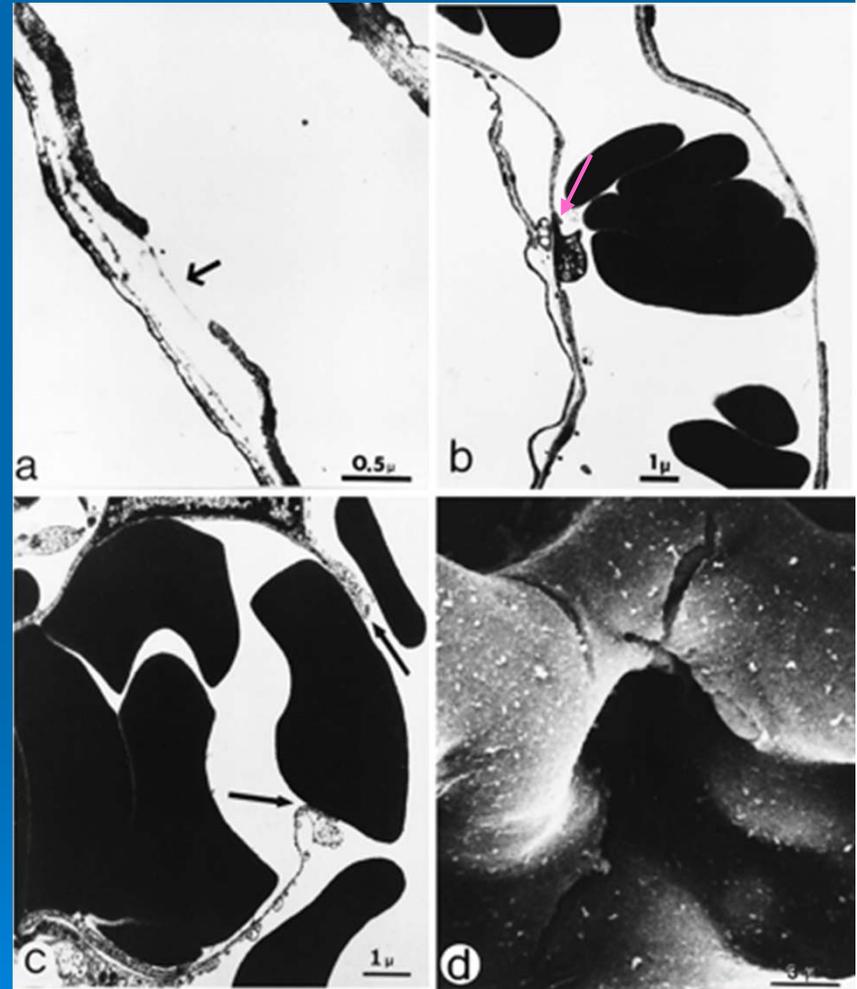


*West JB. Pulmonary capillary stress failure. J Appl Physiol  
2000, 89; 2483-89*

# Défaillance de la BAC

Chez le lapin :

- A: rupture endothélium capillaire, respect mb basale
- b: rupture endothélium (G) et rupture épithélium alv (D), respect mb basale
- C : rupture de toutes les couches et passage C sg
- D : microscope électronique à balayage => rupture barrière épithéliale



*West JB, Mathieu-Costello O. Vulnerability of pulmonary capillaries in heart disease. Circulation 1995; 92: 622*

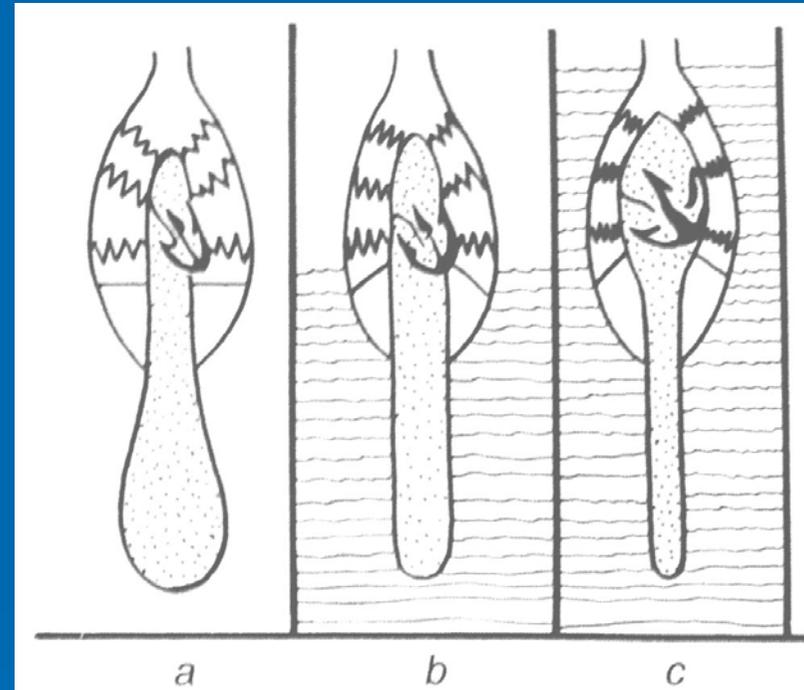
# Défaillance de la BAC

- Lorsque la P transmurale augmente :
  - D'abord rupture endothélium et épithélium  
Et respect de la mb basale  
⇒ Œdème interstitiel  
*Lésions rapidement réversibles lorsque la P<sub>tm</sub> ↓*
  - Puis rupture complète de la BAC  
Et passage de cellules sanguines  
⇒ Hémorragie alvéolaire
- Inflation pulmonaire : ↗ perméabilité capillaire

# Les contraintes de la plongée

## ➤ Redistribution sanguine centrale

- ➤ pré charge,
- ➤ débit cardiaque
- ➤ libération peptides cardiaques



D'après JH CORRIOL extrait de *La plongée en apnée*  
éd MASSON

Arborelius M, Balldin et al, **Hemodynamic changes in man during immersion with the head above water**, *Aerospace Med.* 1972; 43: 592-598

Slade JB., Hattori T. et al. **Pulmonary edema associated with scuba diving: case reports and review**, *Chest* 2001; 120:1686-94

Gempp E., Blatteau J-E., **N-Terminal Pro Brain Natriuretic Peptide increases after 1-h Scuba dives at 40 m depth**, *Aviat space Environ Med.* 2005 Feb; 76(2):114-6

# Les contraintes de la plongée

## ➤ Exercice

⑩ ↗ P artérielle pulm

⇒ P transmurale peut > 25mmHg => rupture BAC

## ➤ Lutte contre le froid

• VC périphérique

⑩ ↗ Post charge et pré charge

⑩ ↗ Résistances respiratoires

## ➤ Stress

• Décharge catécholergique et ↗TA

*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 Jul;90(7):806-7*

# Les contraintes de la plongée

- Des contraintes respiratoires :
  - Diminution compliance pulmonaire
  - Résistances du détendeur
  - Densité du gaz respiré
  - Pression hydrostatique

⇒ Diminution P intra alvéolaire

⇒ et ↗ retour sg OD

*Schwartz DR., Maroo A., et al, **Negative Pressure Pulmonary hemorrhage**, Chest 1999; 115: 1194-97*

*Koh MS, et al., **Negative pressure pulmonary oedema in the medical intensive care unit**, Intensive Care Med 2003, 29; 1601-04*

# Les contraintes de la plongée

## ➤ Gaz respiré :

- Air respiré froid et sec => réaction inflammatoire locale
- Hyperoxie => vasoconstriction
- Décompression et réaction endothéliale

⇒ Fragilisation de la BAC

*Skogstad M., Thorsen E., et al, **Diver's pulmonary function after open-sea bounce dives to 10 and 50 meters**, Undersea Hyperbaric Med 1996;23(2): 71-75*

*Thorsen E. Skogstad M., et al, **Subacute effects of inspiratory resistive loading and head-out water immersion on pulmonary function**, , Undersea Hyperbaric Med 1999; 26(3): 137-141*

# Les contraintes de la plongée

- Augmentation du volume de fermeture (blood shift + effort expi)
  - Zones de "trapping" soumises à la loi de Mariotte => zones d'hyperinflation (mise en jeu des forces d'étirement)
- VC art pulmonaire non uniforme
  - ⇒ Capillaires non protégés exposés aux hautes pressions
  - ⇒ « *patchy distribution* » des lésions
- Variabilité interindividuelle de la PAPmoyenne

Peacher D.F., Pecorella S.R.H., et al, **Effects of hyperoxia on ventilation and pulmonary hemodynamics during immersed prone exercise at 4.7 ATA: possible implications for immersion pulmonary edema**, J Appl Physiol 2010; 109: 68-78

# L'OAP en immersion

## ➤ Fréquence ?

- Pons :
  - étude rétrospective par questionnaire : 1,1% des plongeurs (Suisse)
- Brest : 1<sup>ère</sup> cause de détresse respiratoire, > SP

*Pons M., Blickenstorfer D., et al Pulmonary oedema in healthy persons during scuba diving and swimming, Eur Respir J 1995;8:762 – 7*

# L'OAP en immersion

## ➤ Décrit au cours de la nage :

- Nage intensive en mer

35 hommes entraînés de 18-19 ans : nage de 2.4 à 3.6 km => 21 (60%) présentent des signes respiratoires

*Shupak A., Weiler-Ravell D., et al **Pulmonary oedema induced by strenuous swimming: a field study**, Respir Physiol 2000 Jun;121(1):25-31*

*Adir Y, Shupak A., et al **Swimming-induced pulmonary edema, clinical presentation and serial lung function**, Chest 2004,126:394-99*

*Mahon RT., Kerr S., et al **Immersion pulmonary edema in special forces combat swimmers**, Chest 2002; 122: 383-4*

# L'OAP en immersion

- Décrit au cours de la nage :
  - Triathlètes
    - Description + récente
    - Femmes
    - HTA, conso d'huile de poisson (?)
    - Enquête américaine : 1.4% des triathlètes

*Miller C.C, Calder-Becker K., et al **Swimming-induced pulmonary edema in triathletes**, Am J Emerg Med. 2010 Oct;28(8):941-6*

*Carter E. A., Koehle M.S., **Immersion pulmonary edema in female triathletes**, Pulm Med. 2011;2011:261404*

# L'OAP en immersion

- Décrit au cours de l'apnée:
  - prise d'aspirine préalable
  - contractions diaphragmatiques

*Lambrechts K., Germonpré P., **Ultrasound lung "comets" increase after breath-hold diving**, Eur J Appl Physiol 2011; 111(4): 707-13*

*Kiyan E., Aktas S., et al, **Hemoptysis provoked by voluntary diaphragmatic contractions in breath-hold divers**, Chest 2001; 120: 2098-2100*

*Boussuge A. Pinet C. **Haemoptysis after Breath-hold diving**, Eur Respir J. 1999 Mar;13(3):697-9*

# Présentation clinique

- Koehle en 2005 : synthèse des cas d'OAP d'immersion publiés : 60 cas / 34 en scaphandre
  - Plongeur de 47 ans en moyenne,
  - En bonne santé
  - Profondeur de 3 à 42 mètres
  - Eau fraîche < 19°C
  - Toux, dyspnée, hémoptysie
  - Parfois malaise
  - Évolution souvent favorable <24 h, mais 2 décès ...

*Koehle MS. Pulmonary oedema of immersion. Sports Med 2005 ; 35 : 183*

# Présentation clinique

- Etude en Bretagne : 18 cas sur 5 ans:
  - 4 femmes (21%)
  - 49 ans en moyenne
  - ATCD :
    - HTA : 8 cas (42%)
    - Valvulopathie : 3 cas (26%)
  - Profondeur : surface -> 72m ; Durée : qq min -> 30 min
  - T° eau 10 à 17°C
  - Notion d'effort ou de stress dans tous les cas
  - 1 cas de récurrence mortelle

*Henckes A., Lion F. et coll. L'œdème pulmonaire en plongée sous marine autonome : fréquence et gravité à propos d'une série de 19 cas ANNFAR 27(2008);694-99*

# Clinique

➤ 3 principaux signes :

	Henckes	Koehle
	18 cas	60 cas
Dyspnée	17 (94%)	48 (80%)
Hémoptysie / expectoration mousseuse	14 (78%)	37 (62%)
Toux	11 (61%)	49 (82%)
Manifestations générales	5 (28%)	2 (3%)

*Koehle MS. Pulmonary oedema of immersion. Sports Med 2005 ; 35 : 183*

*Henckes A. Œdème pulmonaire en plongée sous-marine autonome. Ann F Anesth Reanim 2008 ; 27 : 694*

# Clinique

## ➤ Signes généraux :

- "Malaise", asthénie
- Pâleur, oppression thoracique
- ... des **pertes de connaissance** : 3 PC dans la série brestoïse
- et des **ACR**...: 2 à Brest, suivis de décès

⇒ *Accident le plus souvent bénin, mais potentiellement gravissime*

# Examens clinique et para

- Tableau d'OAP
  - ECG :
    - Parfois signes de souffrance cardiaque
  - Biologie :
    - BNP et pro BNP: élévation souvent, parfois normal ...
    - Tropono parfois augmentée
- ⇒ Cardiomyopathie de stress parfois associée (Sd de TakoTsubo)

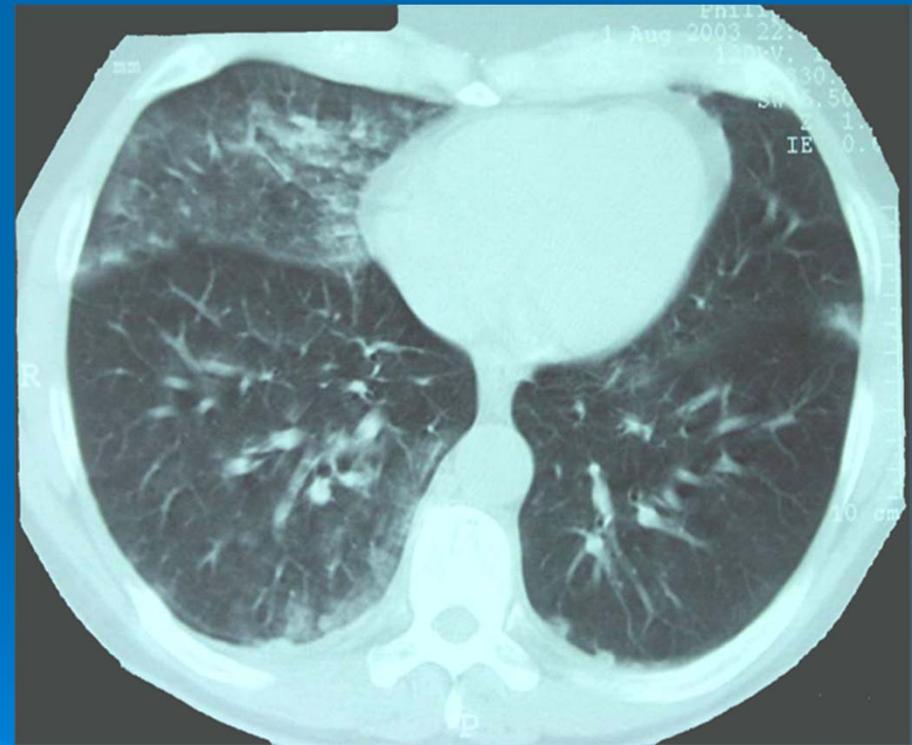
*Vizzardi E., D'Aloia A., et al. **Tako-Tsubo-like left ventricular dysfunction: transient left ventricular apical ballooning syndrome.** Int J Clin Pract 2010 Jan;64(1):67-74*

*Coulanges M., Rossi P. **Pulmonary oedema in healthy scuba divers: new physiopathological pathways,** Clin Physiol Funct Imaging. 2010 May;30(3):181-6.*

# Examens paracliniques

- Echographie cardiaque :
  - Signes de Tako Tsubo (hypokinésie VG)
  - Parfois autres anomalies (valvulopathie ?)
- Imagerie :
  - Indispensable pour le diagnostic
  - Trace indiscutable, surtout si plongeur rapidement asymptote
  - TDM : + sensible que RP  
signes + précoces et + longs

# Examens paracliniques



# Diagnostics différentiels

## ➤ **Surpression pulmonaire:**

- Notion de remontée rapide et blocage expi
- Signes en fin de remontée
- Autres signes associés : EGA, PNM
- TDM : signes de rupture alvéolaire : PNO, PNM, ...

## ➤ **ADD « chokes » :**

- Délais d'apparition des signes, profil de plongée
- Signes d'accompagnement ?

## ➤ **Noyade :**

- contexte +++

# Prise en charge

- **Extraction rapide de l'eau +++**
  - Soustraire le plongeur des contraintes auxquelles il est soumis
- **O2 +++**
  - MHC dès que possible
  - CPAP si besoin
- **Autres :**
  - Furosémide ? Risque de majoration de la DSH du plongeur
  - Dérivés nitrés : à privilégier si besoin
- **ACR : pas de spécificité de PEC**

# Secondairement

- CI : minimum un mois
- Bilan :
  - Contrôle normalisation imagerie
  - Echocardiographie : recherche anomalie favorisante
  - Epreuve d'effort et profil tensionnel à l'effort
- Reprise plongée ?
  - À évaluer au cas par cas

# La reprise de la plongée

## ➤ Problèmes posés :

- Accident volontiers récidivant
- Et cause de décès en plongée ...

## ➤ Evaluer :

- Les facteurs de risque
- Les conditions de plongée :
  - Pas d'encadrement
  - Restriction en profondeur (pas de palier obligatoire)

Conditions « clémentes » : t°, courant, ...

=> Possibilités de sortie d'eau rapide

# Les facteurs de risque

## Le plongeur

- Age > 40-45 ans (*Whilmshurst, Slade, Henckes, Koehle, Coulange*)
- HTA (*Whilmshurst, Slade, Henckes*)
- Anomalie cardiaque préexistante (valvulopathie ?)
- Susceptibilité individuelle
- Sexe et hormones (*Coulange*)

## La plongée

Froid  
Effort  
Stress  
Effort ventilatoire (résistance du matériel respiratoire, panne d'air)  
Vêtement serré

# Etude des FR

➤ Une étude en partenariat avec la FFESSM pour étayer ces facteurs de risque :

- Cas-témoin
- Prospective
- Nationale

⇒ Questionnaire anonyme

le plongeur, ses antécédents, son état de santé au moment de la plongée

les conditions de plongée

# Etude des FR

## ➤ En pratique :

- Comparaison des cas à une population témoin issue des licenciés FFESSM
- Envoi postal d'un même questionnaire, anonymisé
- Début en 2011
- Fin ... 100 cas (déjà 20 inclus en 2011) !

# Etude des FR

## ➤ Critères d'inclusion :

- Accident en **immersion** : les signes débutent dans l'eau
- Et accident **respiratoire** : au moins un des éléments suivants :
  - **Dyspnée**
  - Et/ou toux
  - Et/ou hémoptysie, expectoration mousseuse ou sanglante
  - Et/ou malaise
- Et **imagerie** (radiographie pulmonaire simple ou scanner thoracique) **compatible** avec le diagnostic d'œdème aigu du poumon

## ➤ Critères d'exclusion :

- **Inhalation** certaine
- Notion de remontée rapide avec blocage expiratoire qui précède la survenue des signes respiratoires
- **Pneumothorax ou pneumomédiastin**

\* : Ce questionnaire fait référence à la **dernière** plongée que vous avez effectuée ou à la plongée **responsable** de votre accident respiratoire. Il s'agit d'un questionnaire anonyme, **ne pas indiquer dessus vos coordonnées**. Merci d'entourer votre réponse et si possible, d'écrire en capitales.

Etes-vous majeur ?      oui - non

A. Avez-vous déjà présenté un problème respiratoire ayant nécessité que vous consultiez un médecin lors d'une précédente plongée ?    oui - non

B. Présentez-vous actuellement une contre-indication aux activités sous marines de plus de un mois (en dehors de l'éventuel problème de l'œdème pulmonaire) ?    oui - non

C. Nombre de plongées en scaphandre ces 12 derniers mois :

0      < 10      11 – 50      > 51

Date :      /      / 20\_\_

Date de cette plongée\* :      /      / 20\_\_

D. Etait-ce pour vous une reprise de la plongée après quelques mois d'interruption ?

oui - non

E. Nombre total de plongées en scaphandre:

< 50      51 – 200      >200

F. Age (révolu) au moment de la plongée étudiée :      ans

G. Etes-vous :      un homme - une femme

H. Votre poids :      kg      I. Votre taille :      m

J. Etes-vous fumeur :    oui - non

K. Etiez-vous suivi avant **cette** plongée\* pour hypertension artérielle (traitée ou simplement surveillée) ?

oui - non

L. Etiez-vous suivi avant **cette** plongée\* pour des problèmes cardiaques

oui - non

Si oui, pouvez-vous préciser :

Angine de poitrine, angor :    oui - non

Infarctus du myocarde :    oui - non

Anomalie de valve(s) cardiaque(s) :    oui - non

Souffle au cœur (sans précision) :    oui - non

Arythmie cardiaque :      oui - non

Autre : précisez :

M. Etiez-vous suivi avant **cette** plongée\* pour des problèmes de cholestérol (traité ou simplement surveillé) ?

oui - non



\* : Ce questionnaire fait référence à la **dernière** plongée que vous avez effectuée ou à la plongée **responsable** de votre accident respiratoire. Il s'agit d'un questionnaire anonyme, **ne pas indiquer dessus vos coordonnées**.  
Merci d'entourer votre réponse.

N. Prenez-vous avant **cette** plongée\* un traitement tous les jours ?

oui - non

Si oui, lequel ?

O. Etiez-vous ou vous sentiez-vous malade au moment de **cette** plongée\* (rhume, bronchite, ...) ?

oui - non

P. Avez-vous pris un (ou des) médicament(s) particulier(s) dans les heures précédant **cette** plongée\* ?

oui - non

Si oui, le(s)quel(s) ?

Q. Quel a été le type de **plongée\*** réalisée ?

- Profondeur : \_\_\_\_\_ Durée totale de l'immersion : \_\_\_\_\_
- Circuit ouvert (plongée bouteille) – recycleur : lequel :
- Air - Nitrox - Trimix
- Formation - Exploration

R. Température de l'eau au fond : \_\_\_\_\_ °C ; Température de l'eau en surface : \_\_\_\_\_ °C

S. Quel type de combinaison portiez-vous :

Humide ( \_\_\_\_\_ mm) - semi-étanche - étanche

T. Avez-vous eu froid ? oui - non

U. Avez-vous fait un effort avant ou lors de **cette** plongée\* ? oui - non

**Merci pour votre participation !**

# Conclusion

- L'OAP = une cause de détresse respiratoire en plongée
  - Liée aux contraintes du milieu sur l'organisme
  - Profil du plongeur ?
- Un accident de + en + décrit
  - Diagnostic à établir (imagerie) car
    - PEC spécifique
    - Conditions de reprise de la plongée à évaluer avec prudence
- Un accident à mieux cerner :
  - Merci pour votre contribution à notre étude !

Merci de votre accueil !

