

Jauniaux Thierry

✉ Service de Pathologie Générale  
Faculté de Médecine Vétérinaire  
Université de Liège, Belgique

Introduction  
Physiologie plongée  
Echouages massifs  
Echouages individuels  
Conclusions

Introduction:

Echouages massifs de ziphiidés

*Low Frequency Active Sonar LFAS*

Physiologie plongée

Echouages massifs

Echouages individuels

Conclusions

## Echouages massifs : Même endroit, même moment: différentes théories

Cas particuliers: échouage de ziphiidés vivants

Grèce: 12-13 mai 1996: 12 baleines à bec de Cuvier

Bahamas: 15-16 mars 2000: 17 (Cuvier, Blainville,...)

Madère: 10-14 mai 2000: 3 baleines à bec de Cuvier

Iles Canaries: 24-27 septembre 2002: 18 (Cuvier, Blainville,  
Gervais,...)



Correspondance spaciale et temporelle entre les  
échouages et exercices militaire de la marine  
utilisant des *Low Frequency Active Sonar (LFAS)*.

Sonar actif: émission d'une source sonore en conjonction avec un récepteur afin de localiser et d'identifier une « cible »

Non-militaires: 25 kHz-300 kHz;  $\leq 225$  dB  
bottom profiler, fishfinder

Militaires: 200 Hz-15 kHz;  $\geq 225$  dB: détection étendue des sous-marins « silencieux », ...

Biosonar: dauphin: 2-150 kHz; 227 dB max

## Introduction

Physiologie plongée: cachalot: 90 min., >1000 m.

Augmentation de la pression

Apnée prolongée

Echouages massifs

Echouages individuels

Conclusions

## 1. Augmentation pression hydrostatique

$$P_{\text{absolue}} = P_{\text{atm}} (1 \text{ bar}) + P_{\text{relative}} (1 \text{ bar}/10 \text{ m.})$$

Cachalot à 1000 m : 101 bars!!!

Loi de Boyle et Mariotte : Pression x Volume = constante

### 1. Réduction des espaces aériens

- Pas de sinus aérien, ni d'os pneumatique  
(barotraumatisme chez l'homme)

### 2. Renforcement des voies respiratoires et du parenchyme pulmonaire

- Anneaux cartilagineux complets → bronchioles terminales



### 3. Disposition de la cage thoracique

- Double incurvation des côtes = « accordéon »  
collapsus pulmonaire complet (-70 m)

### 4. *rete mirabile* à géométrie variable (« blood shift »)

## 2. Apnée prolongée

### 1. Caractéristiques de la respiration

#### 1.1. Comparaison dauphin-homme

	Dauphin	Homme
Fréquence respiratoire	3 à 4 /min	12 à 15/min
Capacité pulmonaire	7 à 10 l	6 l
Coefficient de ventilation	80 à 90%	15 à 18%
Extraction O <sub>2</sub> de l'air	10%	5%

« Un dauphin, à volume pulmonaire égal, en inspirant 3 fois plus d'air frais dont il tire deux fois plus d'oxygène, profite six fois plus que l'homme du contenu de chaque inspiration » Stenuit

#### 1.2. Meilleure efficacité des échanges

Rapidité de l'échange de la barrière alvéolo-capillaire

#### 1.3. Réduction de l'espace mort

## 2. Caractéristiques du sang

- taux d'hémoglobine
  - affinité de l'hémoglobine pour  $O_2$
  - volume sanguin
- } Sang : enrichi en  $O_2$

## 3. Affinité de la myoglobine pour $O_2$ (muscle = réservoir à $O_2$ )

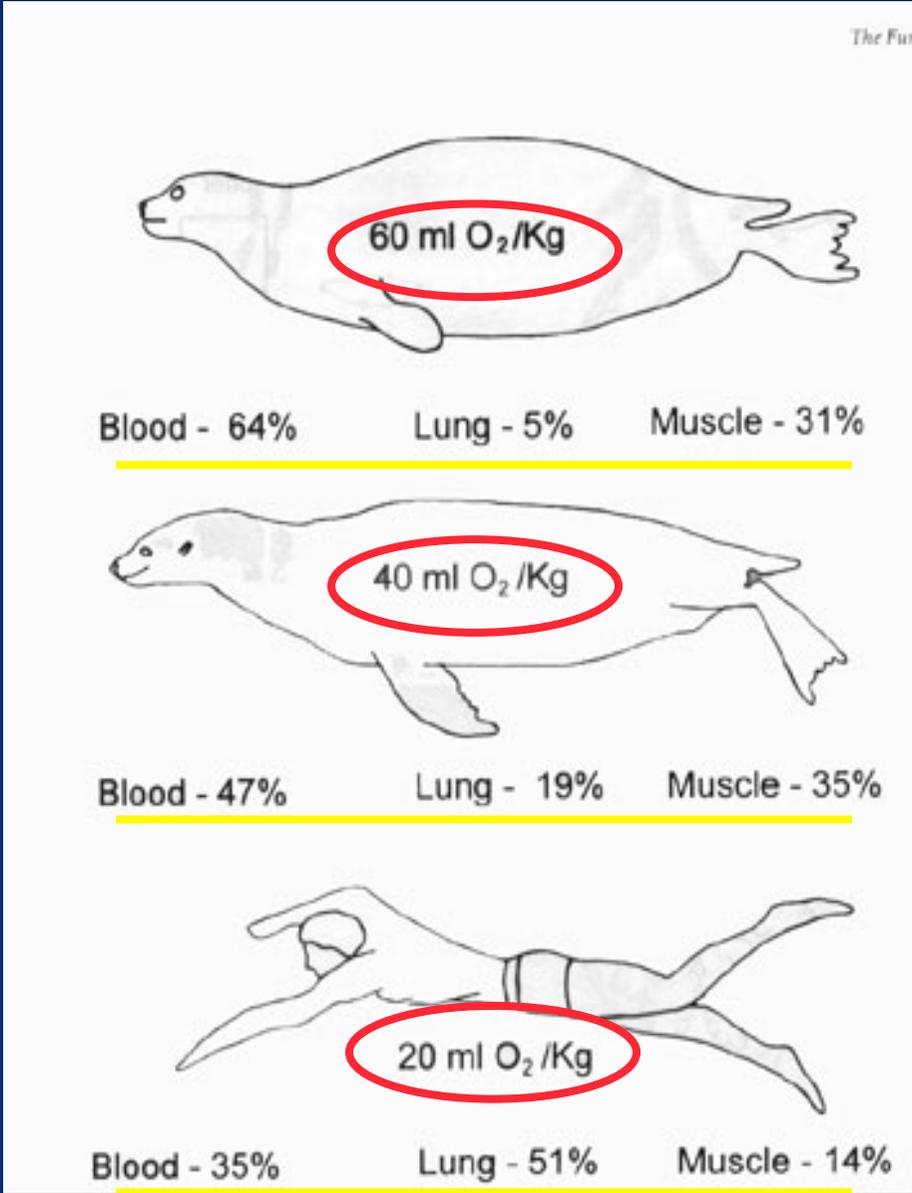
## 4. *rete mirabile* réseaux admirables = réservoir de sang

Distribués le long des vertèbres

Assure l'irrigation cérébrale

## 5. Hypothermie progressive: réduction du métabolisme

Distribution O<sub>2</sub> dans les tissus



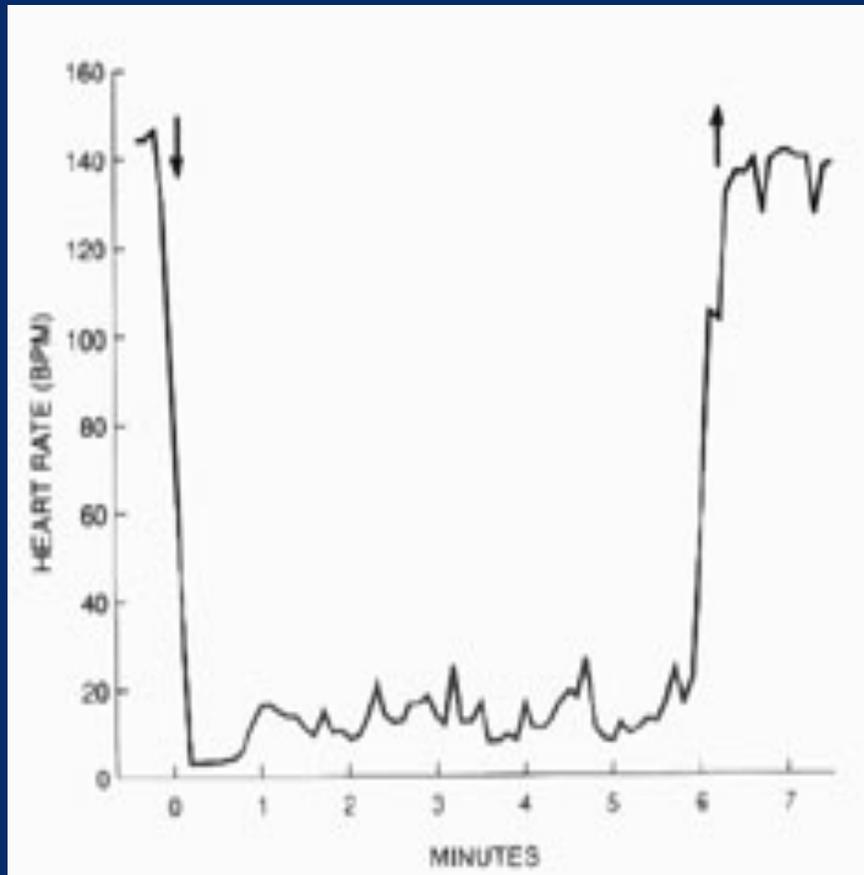
Réserve d'O<sub>2</sub>

✓ Adaptation à une plongée profonde et une apnée prolongée

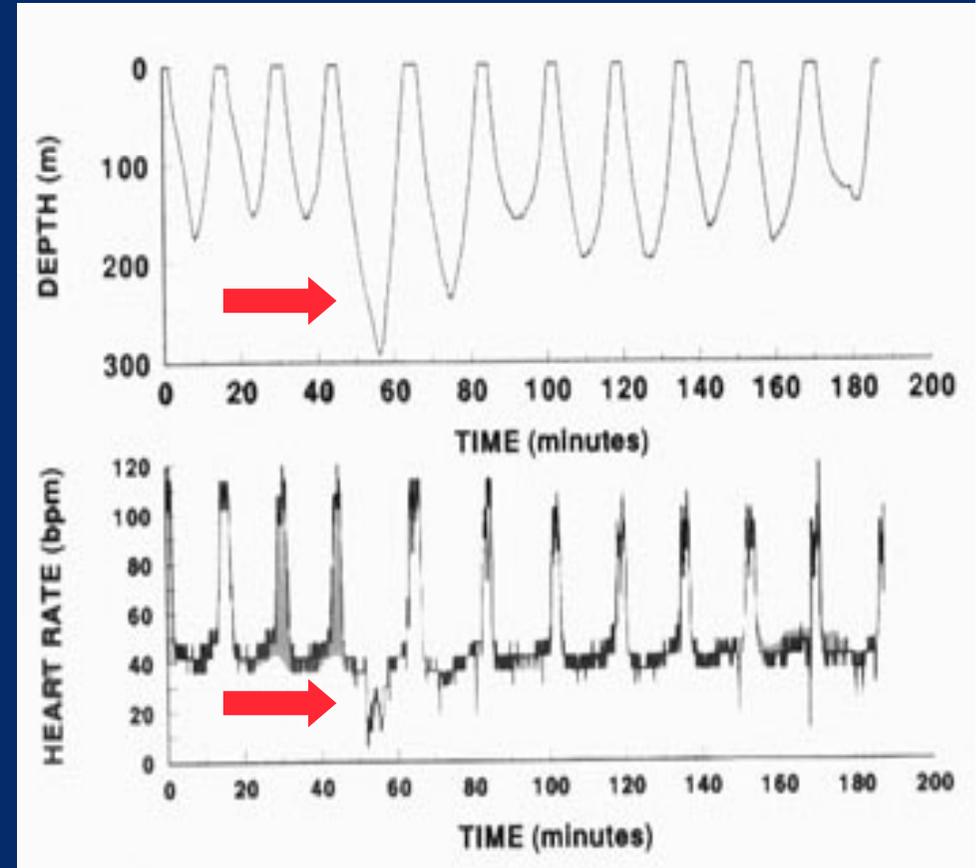
Plongée « poumons vides » par collapsus alvéolaire

1. Bradycardie +++ (60 à 80% dauphin; 30% plongeur entraîné)  
- Economie cardiaque
2. Vasoconstriction périphérique MAIS redistribution sang :  
coeur  
cerveau  
moëlle épinière  
placenta  
*rete mirabile* (vasodilatation p/r profondeur)
3. Métabolisme anaérobique

## Plongées d'un phoque : bradycardie (diminution du pouls)



Plongée unique



Plongées répétées

✓ Plongée profonde et azote (N)

*pourquoi les mammifères marins ne font-ils pas de paliers?*



Loi d'Henry : La quantité de gaz dissous dans un liquide est proportionnelle à la pression partielle du gaz au-dessus du liquide

Si  $P_{\text{absolue}}$  augmente : N se dissout dans tissus (baptême plongée)

Si  $P_{\text{absolue}}$  diminue : N remis en circulation

↳ Diminution progressive (paliers): élimination pulmonaire

↳ Diminution rapide : formation de « bulles »: ACCIDENT (bouteille d'eau pétillante)

## Mammifères marins : pas de paliers

Apnée (moins de dissolution d 'N)

Collapsus pulmonaire (>70 m) : plongée « poumons vides »

- arrêt des échanges gazeux: arrêt de dissolution de N
- N stocké préférentiellement dans les lipides (blubber)

MAIS

Profondeur suffisante et vitesse de remontée rapide (140 m/min) pour induire un effet (plongeur en apnée « Taravana »)

Mammifères marins non sensibles à l'ivresse des profondeurs (Ppart N à partir de 3,5 bars soit 34 m.)

Mammifères marins : rentabilisent mieux leur respiration, économisent leur  $O_2$  (bradycardie et redistribution vasculaire), sont plus résistants au métabolisme anaérobie, ne **SEMBLAIENT** pas sensibles à l'azote

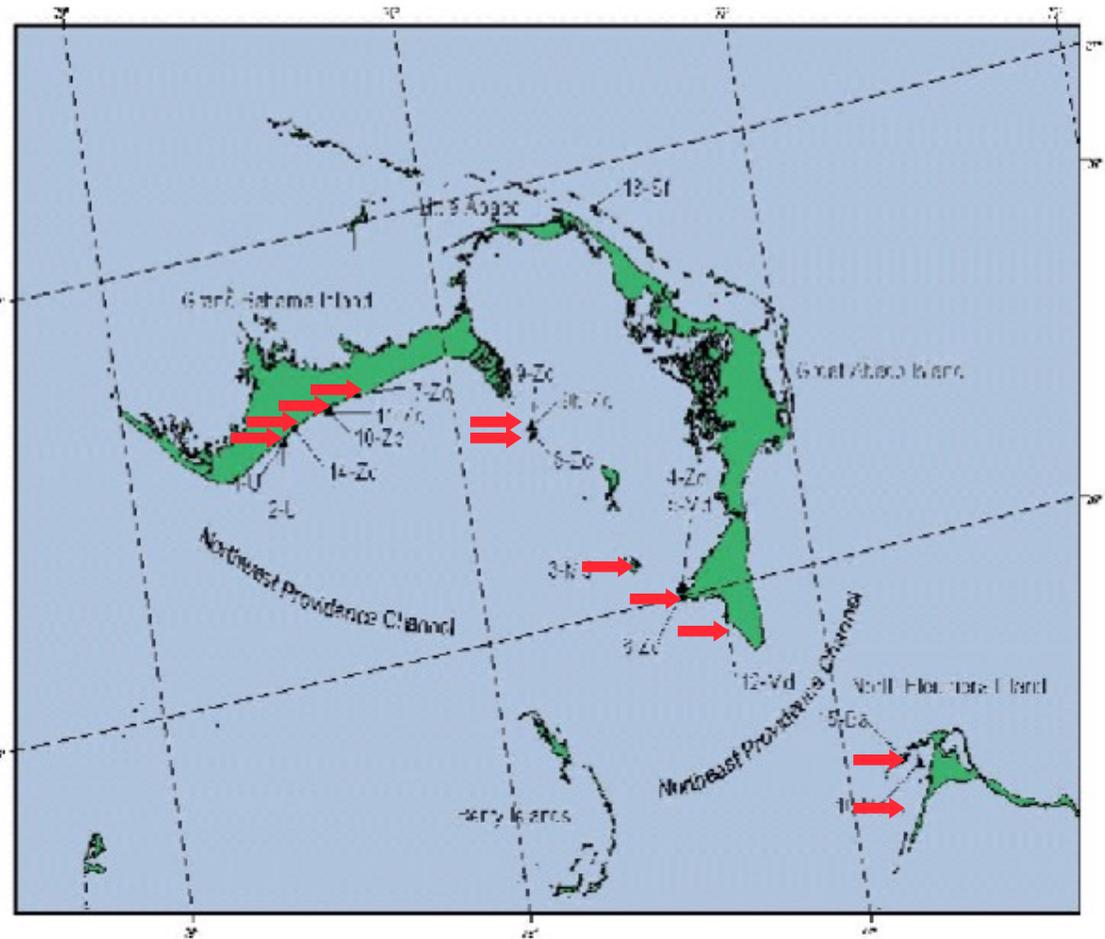
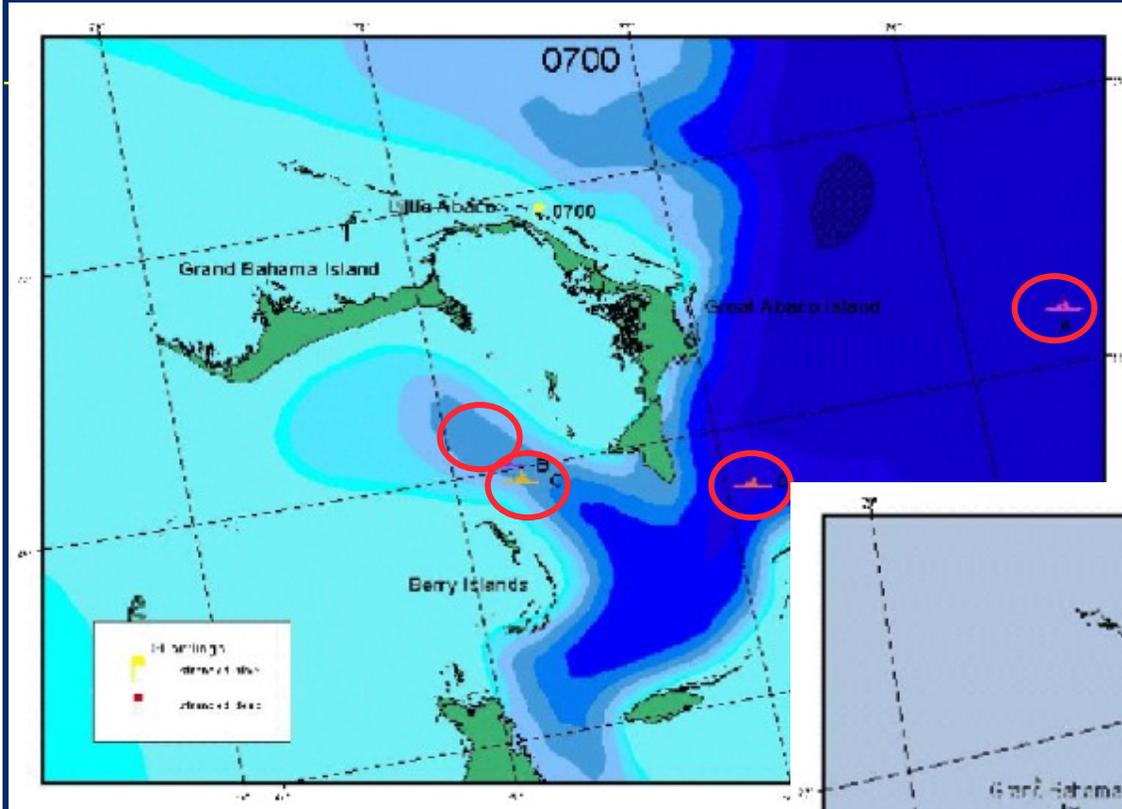
Introduction  
Physiologie plongée  
Echouages massifs  
Echouages individuels  
Conclusions



(Cuvier, Blainville,...)

à l'eau)

// zone d'exercice



et gr

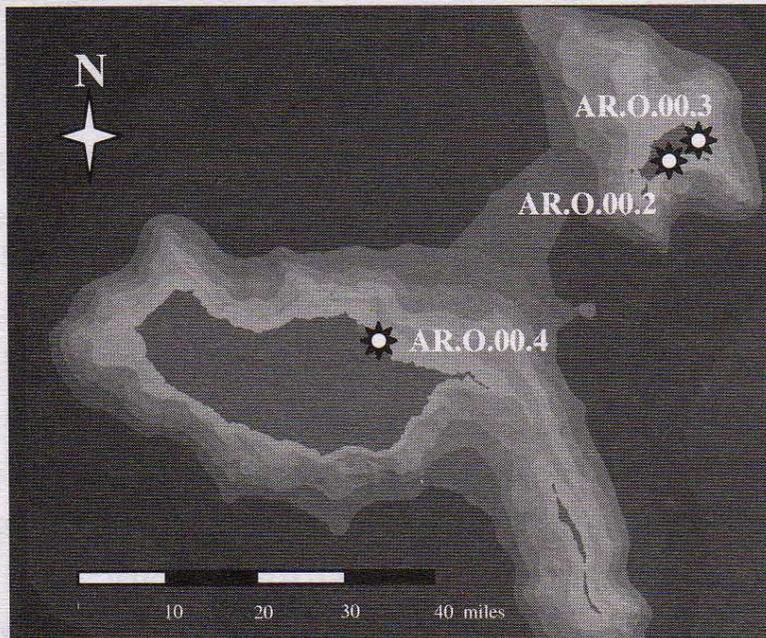
Lésions associées à un tr  
possible pourrait être LF

## Madère: 10-14 mai 2000: 3 baleines à bec de Cuvier

Animaux vivants

Zone d'échouage // zone d'exercice militaire (9 mai)

Autopsie (n= 2):  
- hémorragies oculaires et pleurales  
- hémorragies oreille interne



## Iles Canaries: 24-27 septembre 2002: 18 ziphiidés

24/09: 14; 25-27/09: 4

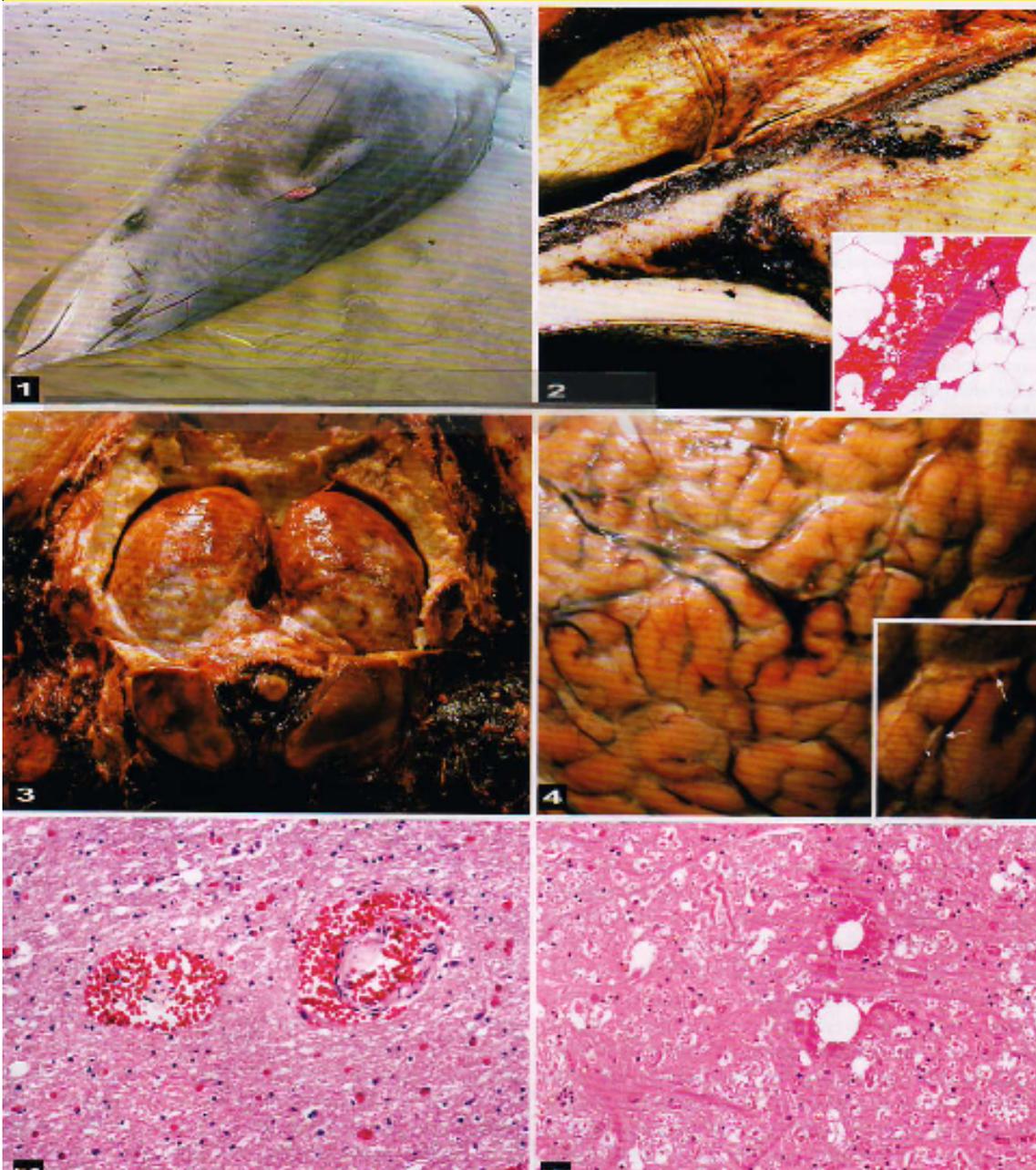
Morts: 11 (9 baleines de Cuvier, 1 baleine de Blainville et 1 de Gervais)

Zone d'échouage de 240 km de long // zone d'exercice militaire utilisant LFAS (14-15 mars: 16 h : 1 ping/24 sec)

Autopsie (n= 6):

- bon état d'embonpoint
- proies fraîches dans l'estomac
- hémorragies oreille interne, cérébrales et graisse acoustique (mandibule);

présence de bulle d'air et d'emboles graisseux



Etudes rétrospectives:  
Autres échouages en  
rapport avec exercices  
militaires aux Canaries  
(pas d'autopsie!!!)

8/2/1985: n= 12

25/11/1988: n= 4

19/10/1989: n= 20

11/12/1991: n= 2

Éléments communs

## Echouages massifs de Ziphiidés et utilisation de LFAS

	Embonpoint normal	Proies fraîches	Hémorragies disséminées	Bulles tissulaires	Emboles graisseux
<b>Grèce</b>	oui	oui	non	non	non
<b>Bahamas</b>	oui	oui	oui	non	non
<b>Madère</b>	oui	oui	oui	non	non
<b>Canaries</b>	oui	oui	oui	oui	oui

Introduction  
Physiologie plongée  
Echouages massifs  
Echouages individuels  
Conclusions

## Echouages individuels

Lésions bulleuses aiguës et chroniques sur 10 individus parmi 2000 cétacés échoués entre 1990 et 2004 sur les côtes britanniques

- Dauphin de Risso (4), dauphin commun (4), baleine de Blainville (1) et marsouin (1)

- Au niveau du foie (9), ganglions mésentériques (4), des reins (2), rate (2), surrénale (2)

! MAIS gaz non identifié !

## Théorie formation de bulles de gaz et d'embolies graisseux

Sursaturation tissulaire en N (Ziphiidés: plongeurs profonds)

Libération de bulles (préssumé Azote) dans circulation veineuse

Libération au départ des tissus graisseux:  
prédisposition des hémorragies dans ces tissus



Lésions sporadiques (10/2000)

Si LFAS: effet d'agitation de précurseurs de bulles ou remontée trop rapide



Echouages massifs de Ziphiidés

Introduction  
Physiologie plongée  
Echouages massifs  
Echouages individuels  
Conclusions

Physiologie des cétacés: OK (bulles: 10/2000 mais 1 †: 0,05%)

Lien entre échouages de Ziphiidés vivants et LFAS (ne tue pas)

Mécanisme exact : ? Hypothèses

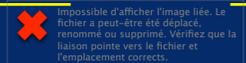
Nombreuses questions ouvertes:

- utilisation de LFAS > 20 ans (1996-2005: 45 échouages)
- LFAS: agitation d'azote ou remontée trop rapide
- graisse non vascularisée durant plongée
- nature des bulles de gaz (Azote ou autre?)

Cachalots: lésion squelettique d'ostéonécrose // barotrauma

**AUTOPSIE DE TOUS LES ANIMAUX (théorie d'échouage)**

... à suivre



Impossible d'afficher l'image liée. Le fichier a peut-être été déplacé, renommé ou supprimé. Vérifiez que la liaison pointe vers le fichier et l'emplacement corrects.

## Cas particulier : le cachalot

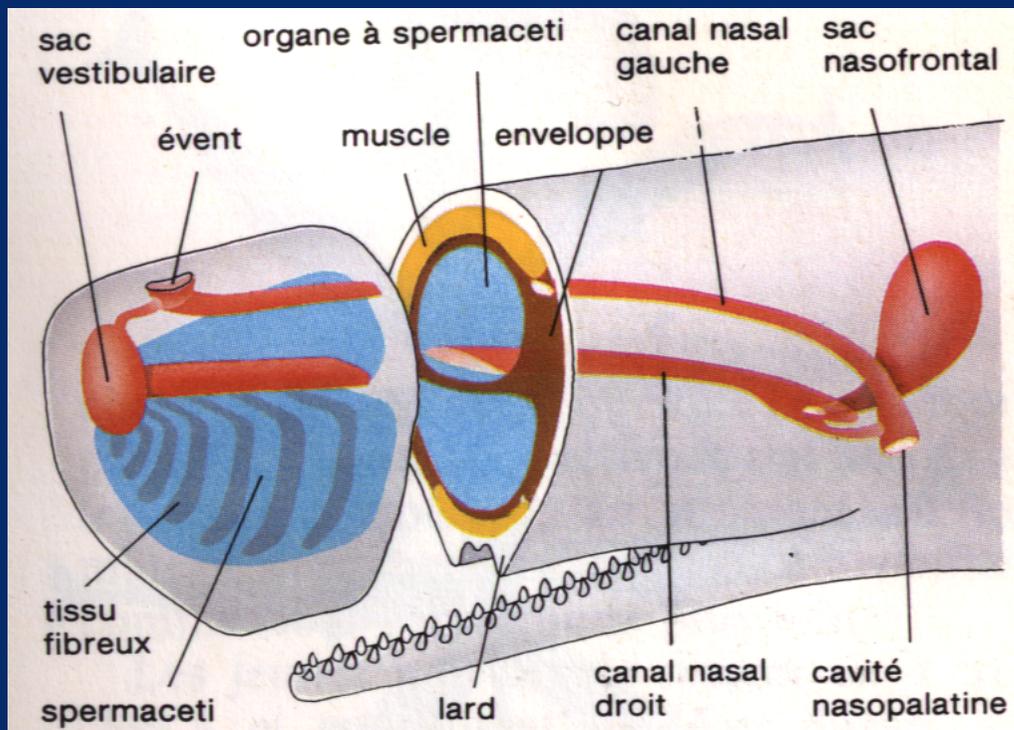
Records toutes catégories : temps d'apnée et profondeur de plongée

1136 mètres (3000 mètres ?) et 90 minutes (2 heures ?)

Rôle du *spermaceti* : e.a. organe de régulation de la densité corporelle, fonctionnant comme une veste de plongée



Variation de la densité en fonction de la vascularisation



Remontée et descente au même endroit

Eau dans conduit nasal droit } froid : augmentation de  
Sang superficiel } la densité : plongée

Sang profond : chaud : diminution de la densité : remontée



Economie d'énergie et  $O_2$  +++

