

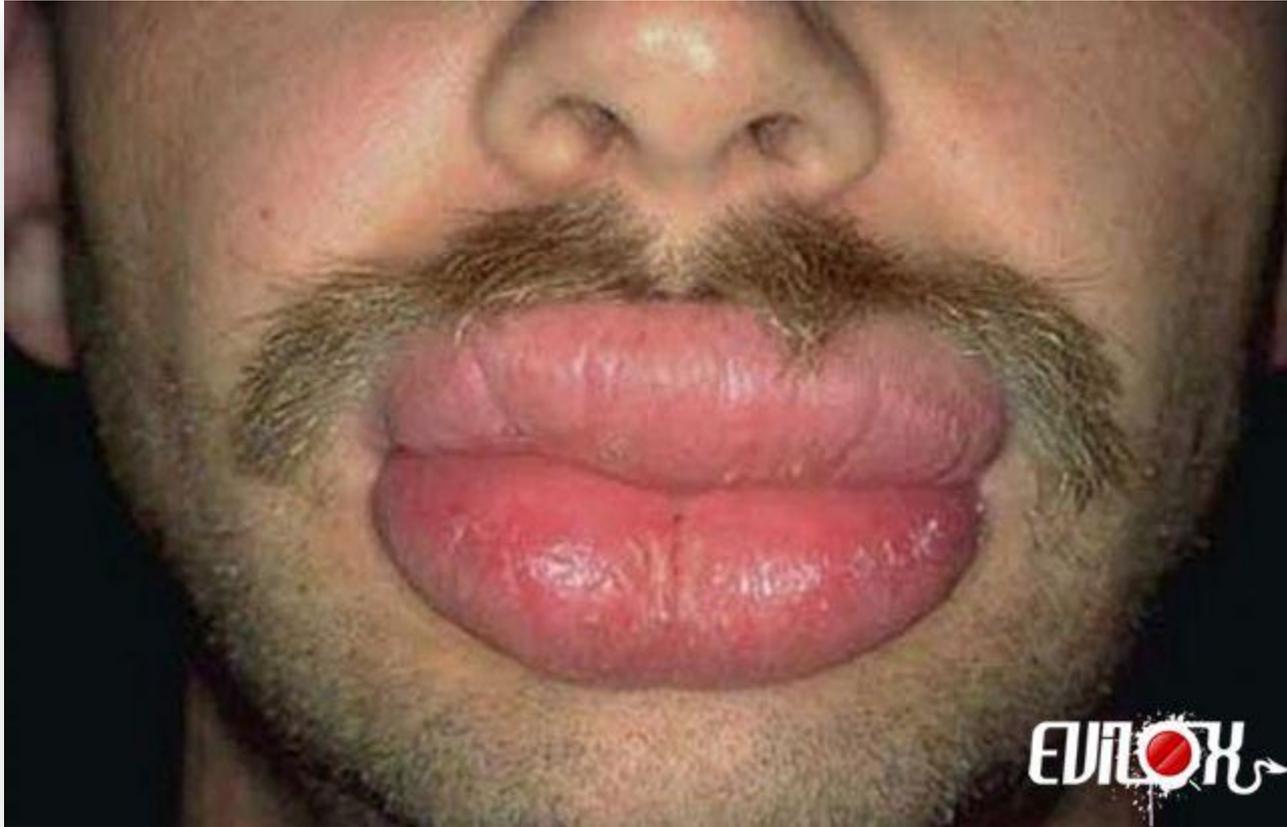
Plongée et Système Respiratoire

1. Les voies aériennes supérieures,
2. Les voies aériennes inférieures,
3. La mécanique ventilatoire,
4. Consommation d'air et autonomie,
5. Les alvéoles,
6. Les risques de surpression pulmonaire,
7. Les risques de noyade,
8. Les échanges gazeux,
9. Les risques d'essoufflement,

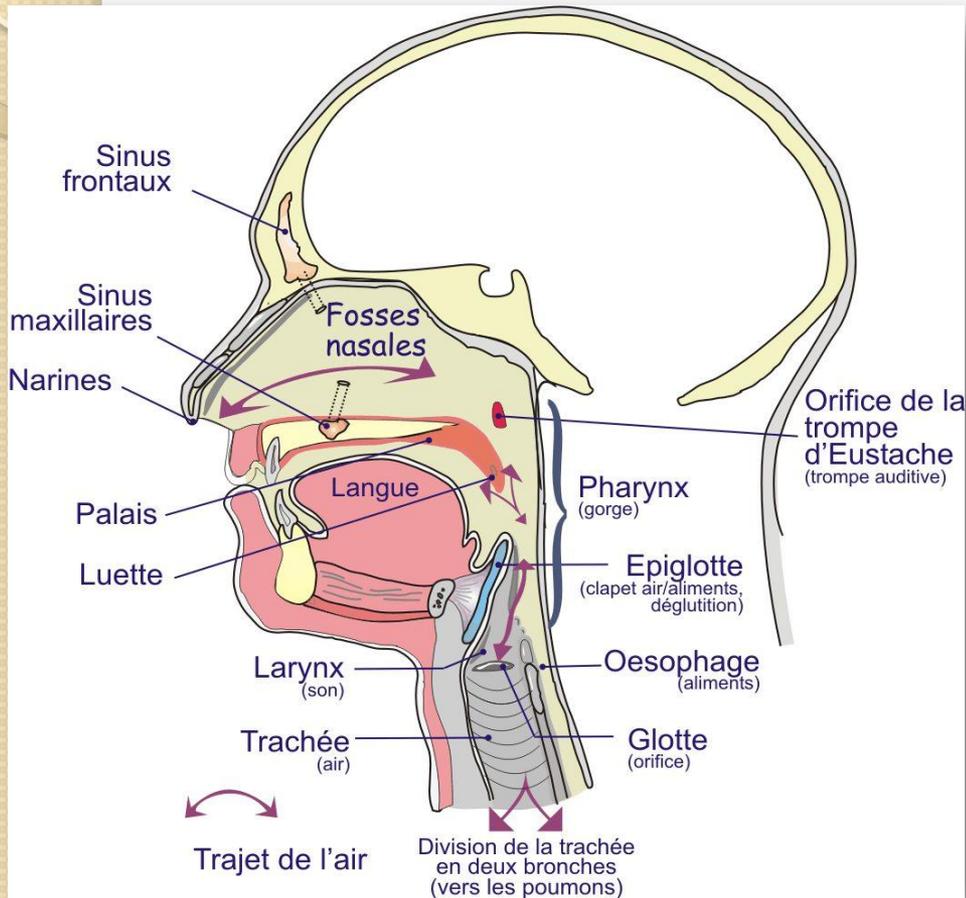
Les voies aériennes supérieures,



Les voies aériennes supérieures,



Les voies aériennes supérieures,



- Le nez: voie de passage de l'air: réchauffe, humidifie et filtre,
- La bouche: voie aérienne accessoire,
- Le pharynx: carrefour aéro-digestif,

Les voies aériennes supérieures(2),

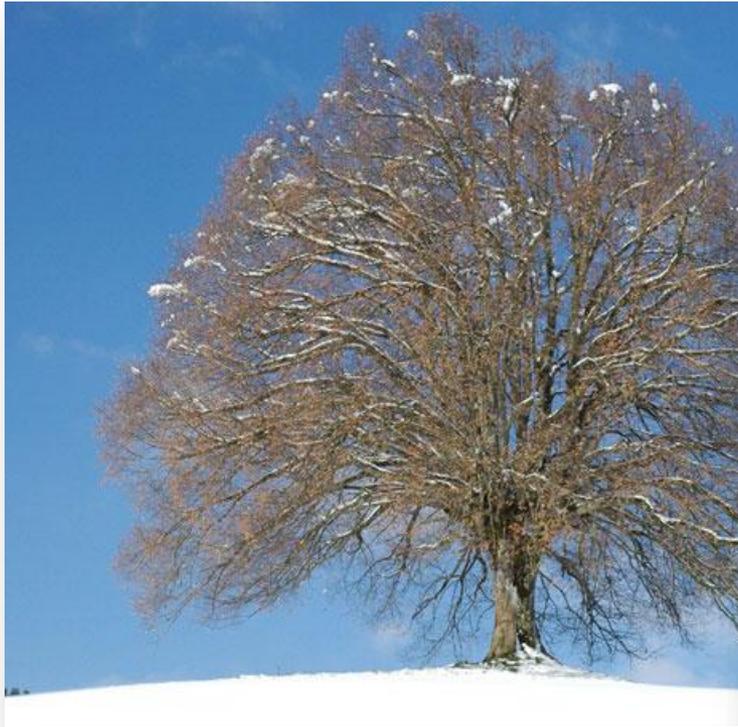


Le larynx:

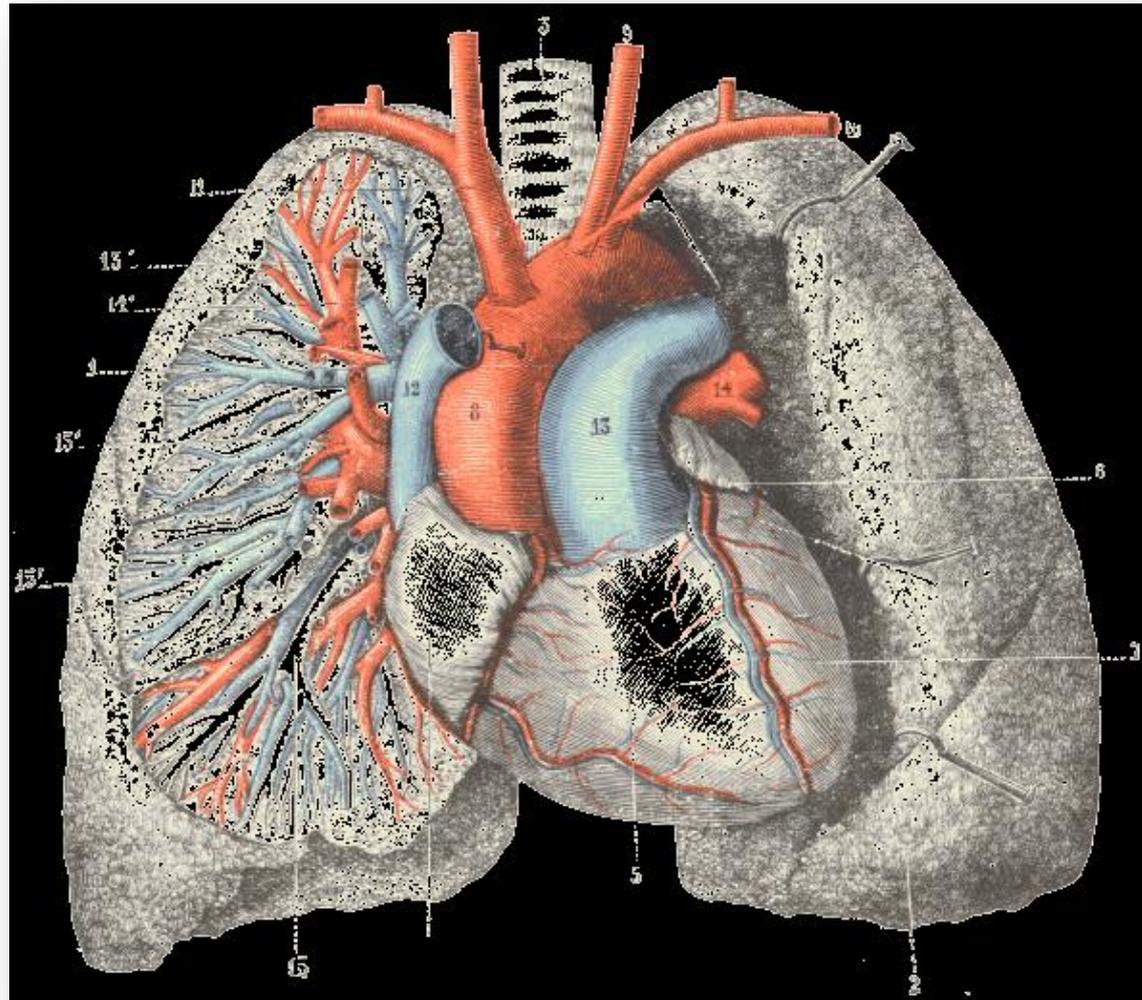
Partie supérieure de la trachée, il porte les cordes vocales et permet la phonation.

L'entrée du larynx s'appelle la glotte.

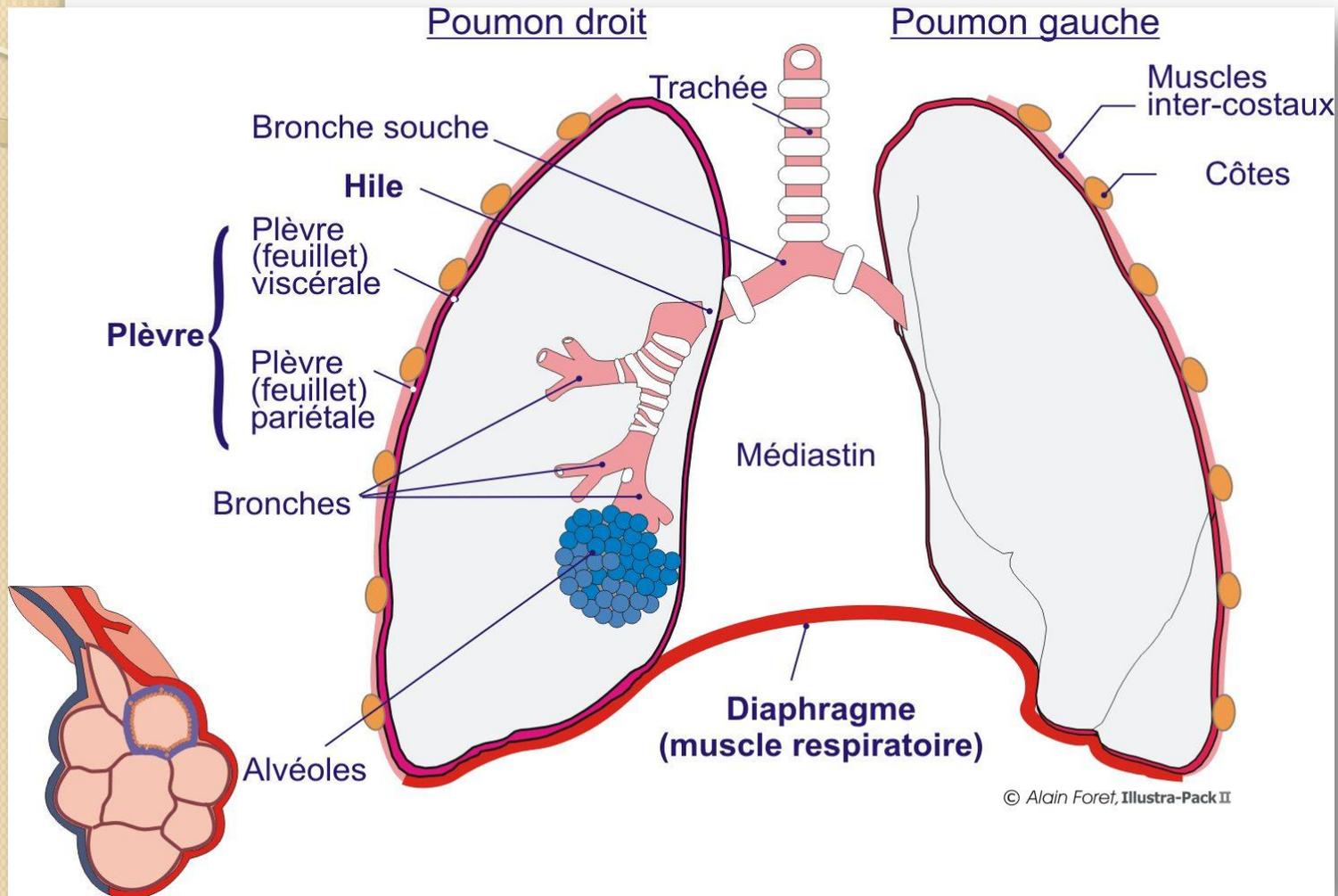
Les Voies Aériennes inférieures,



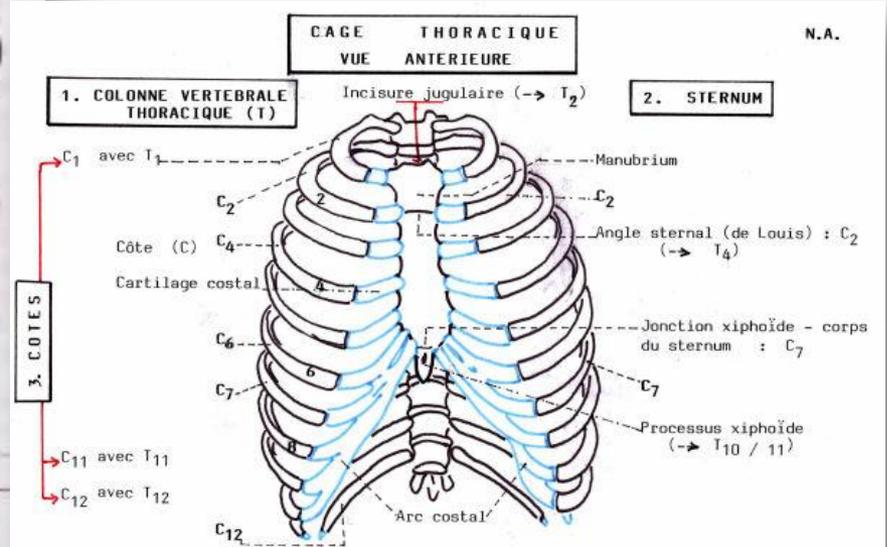
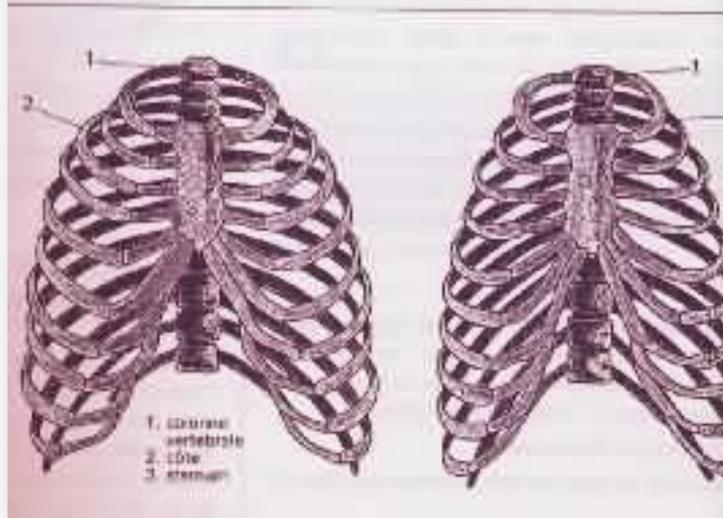
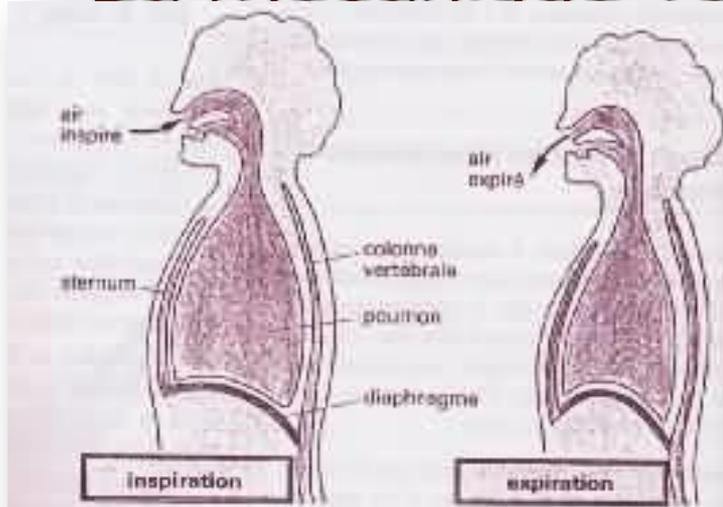
Les Voies Aériennes inférieures,



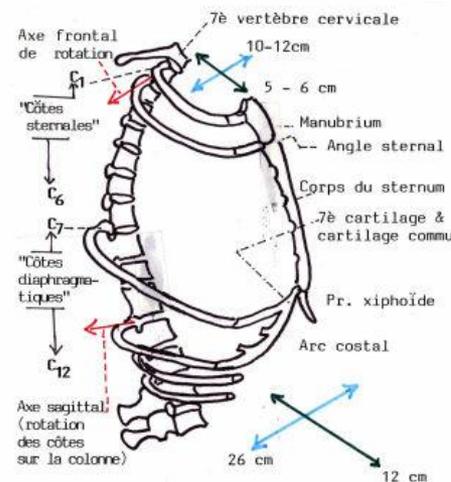
Les Voies Aériennes inférieures,



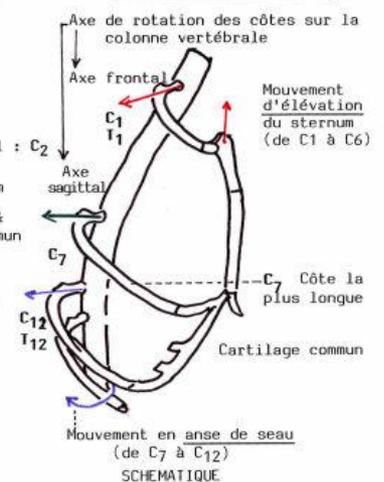
La Mécanique ventilatoire,



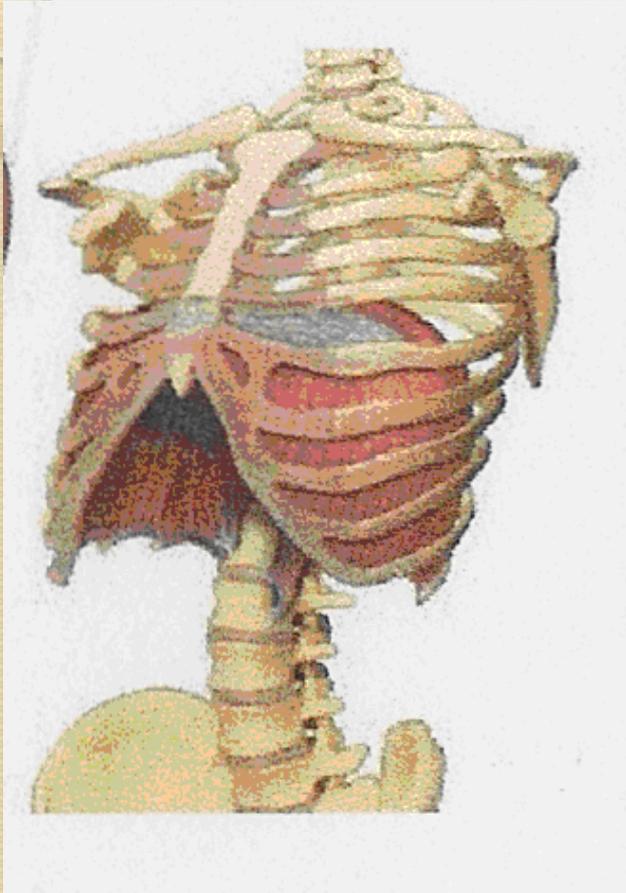
"COTES STERNALES et COTES DIAPHRAGMATIQUES"



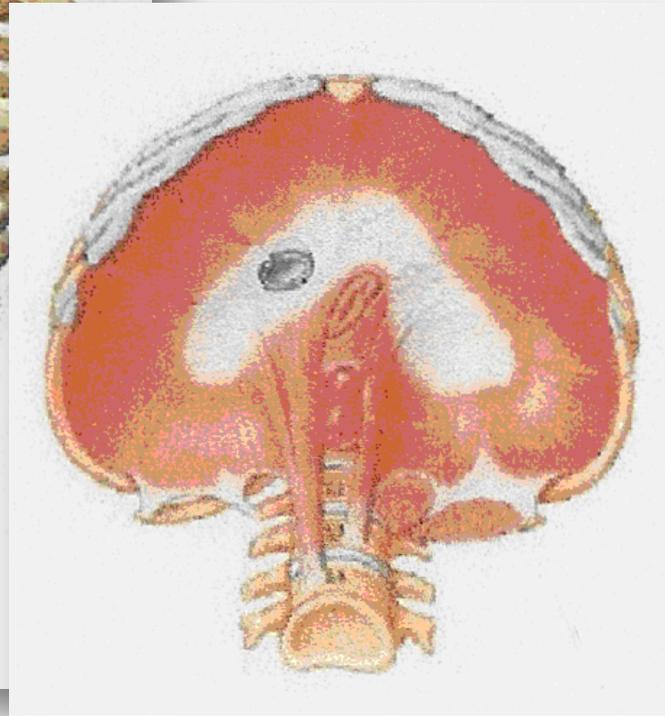
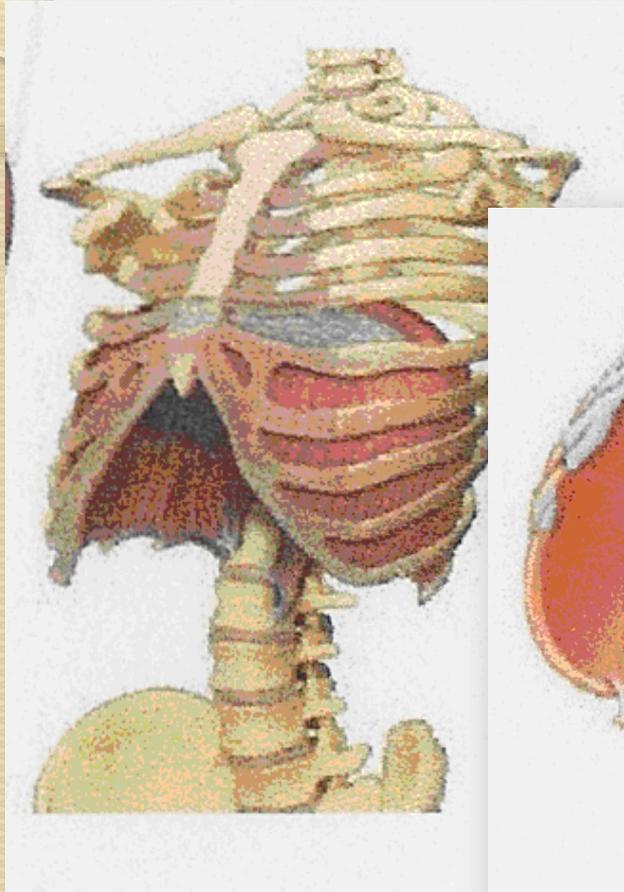
DYNAMIQUE THORACIQUE



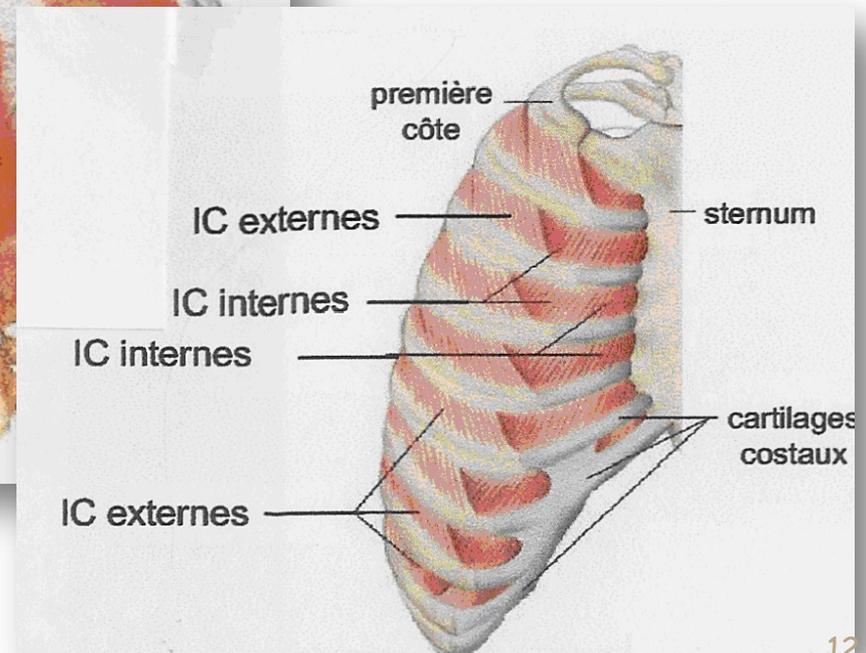
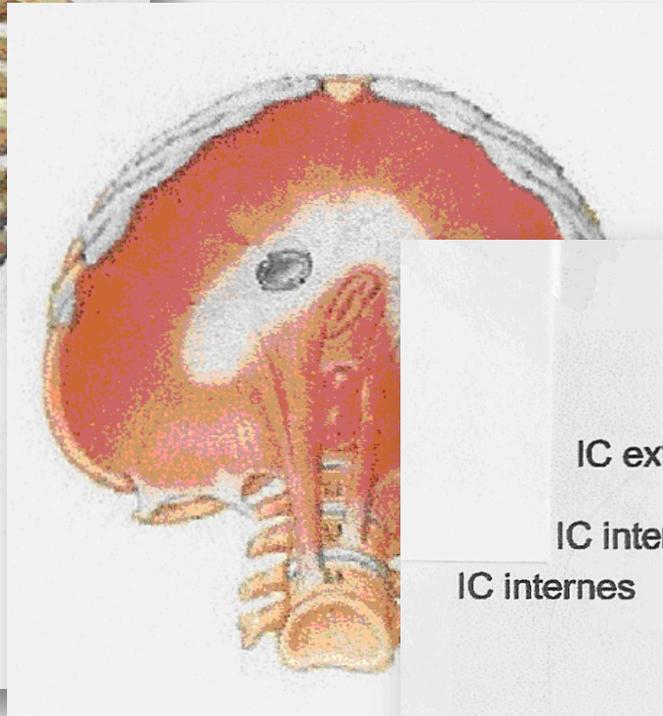
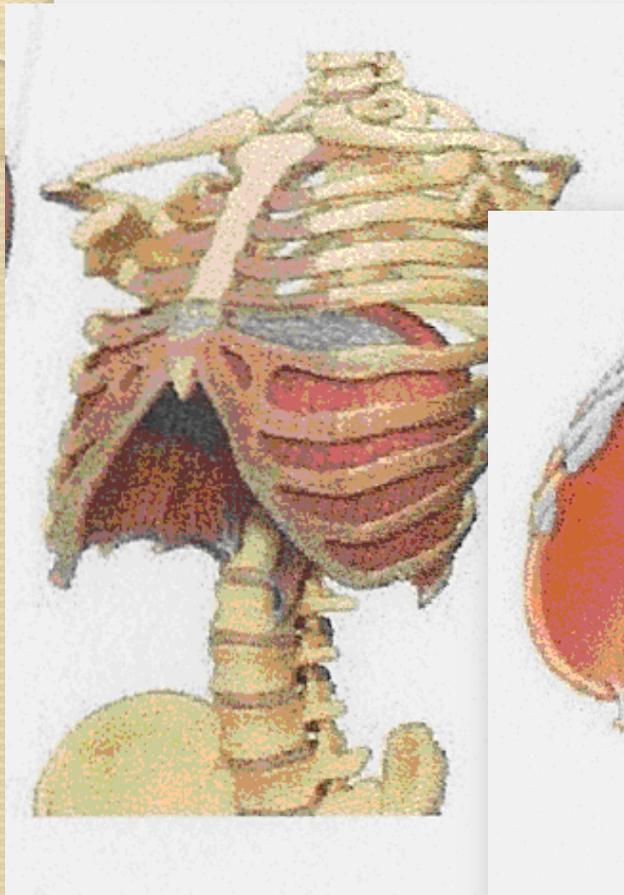
La Mécanique ventilatoire,



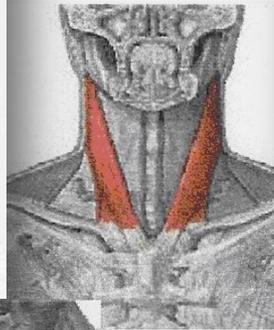
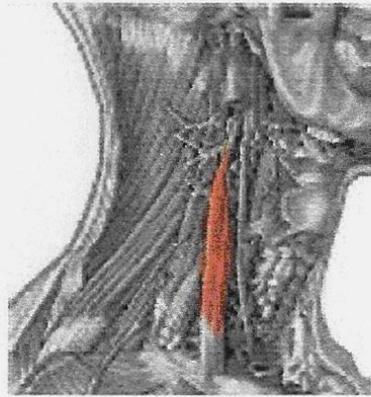
La Mécanique ventilatoire,



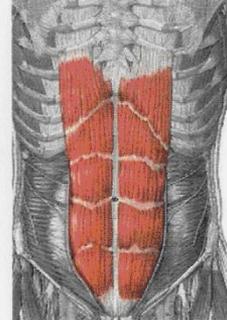
La Mécanique ventilatoire,



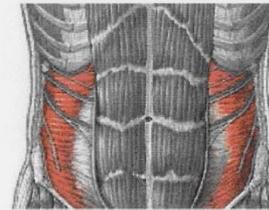
La Mécanique ventilatoire,



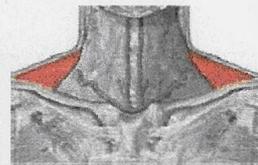
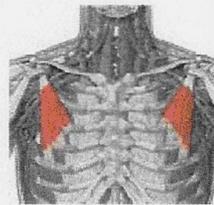
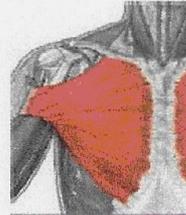
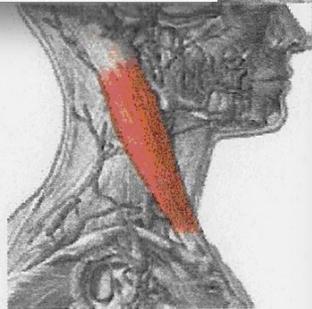
Les muscles abdominaux



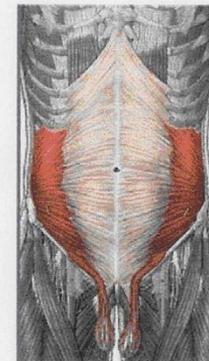
Grands droits



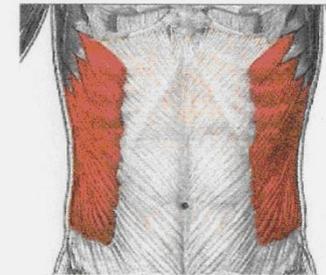
Transverse de l'abdomen



Les muscles abdominaux

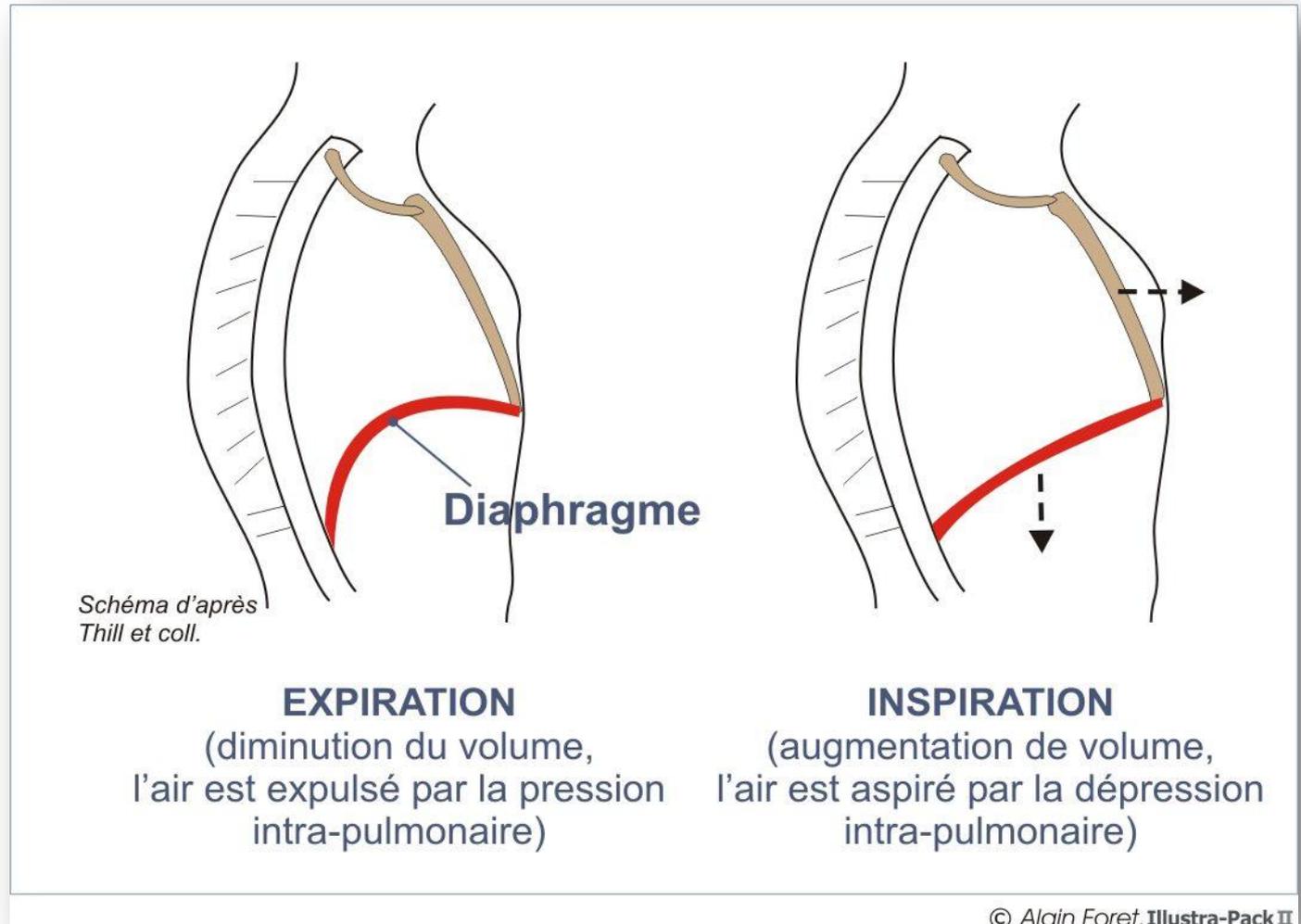


Obliques internes



Obliques externes

La Mécanique ventilatoire,



La Mécanique ventilatoire

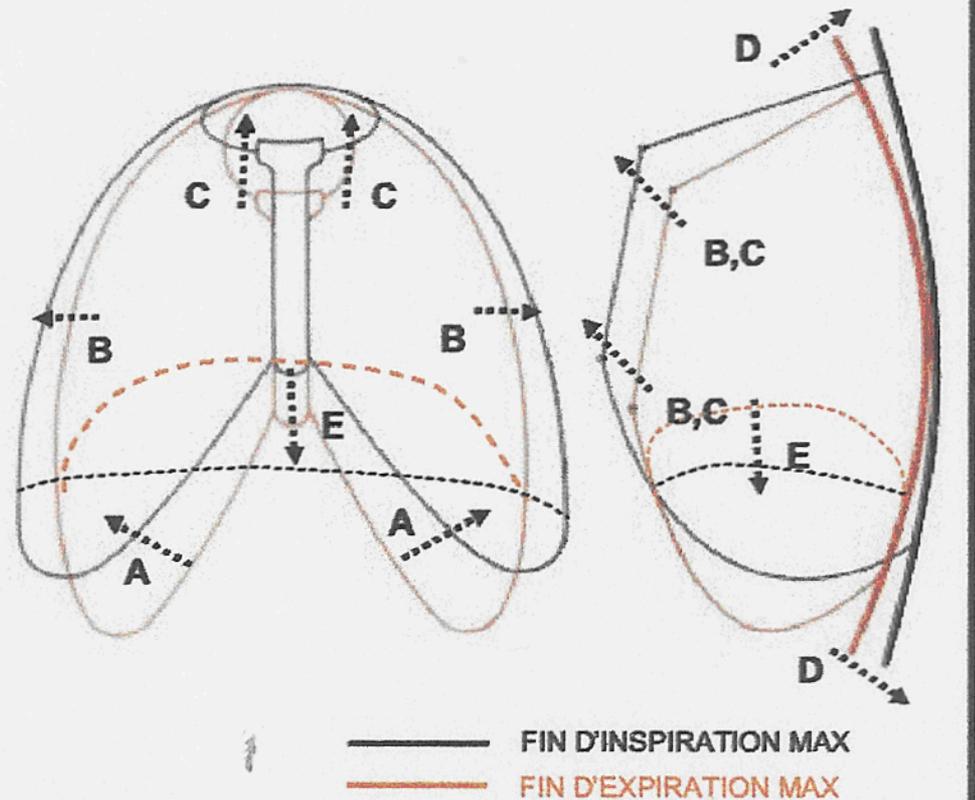
A: élargissement de la base de la cage thoracique

B: augmentation du diamètre latéral

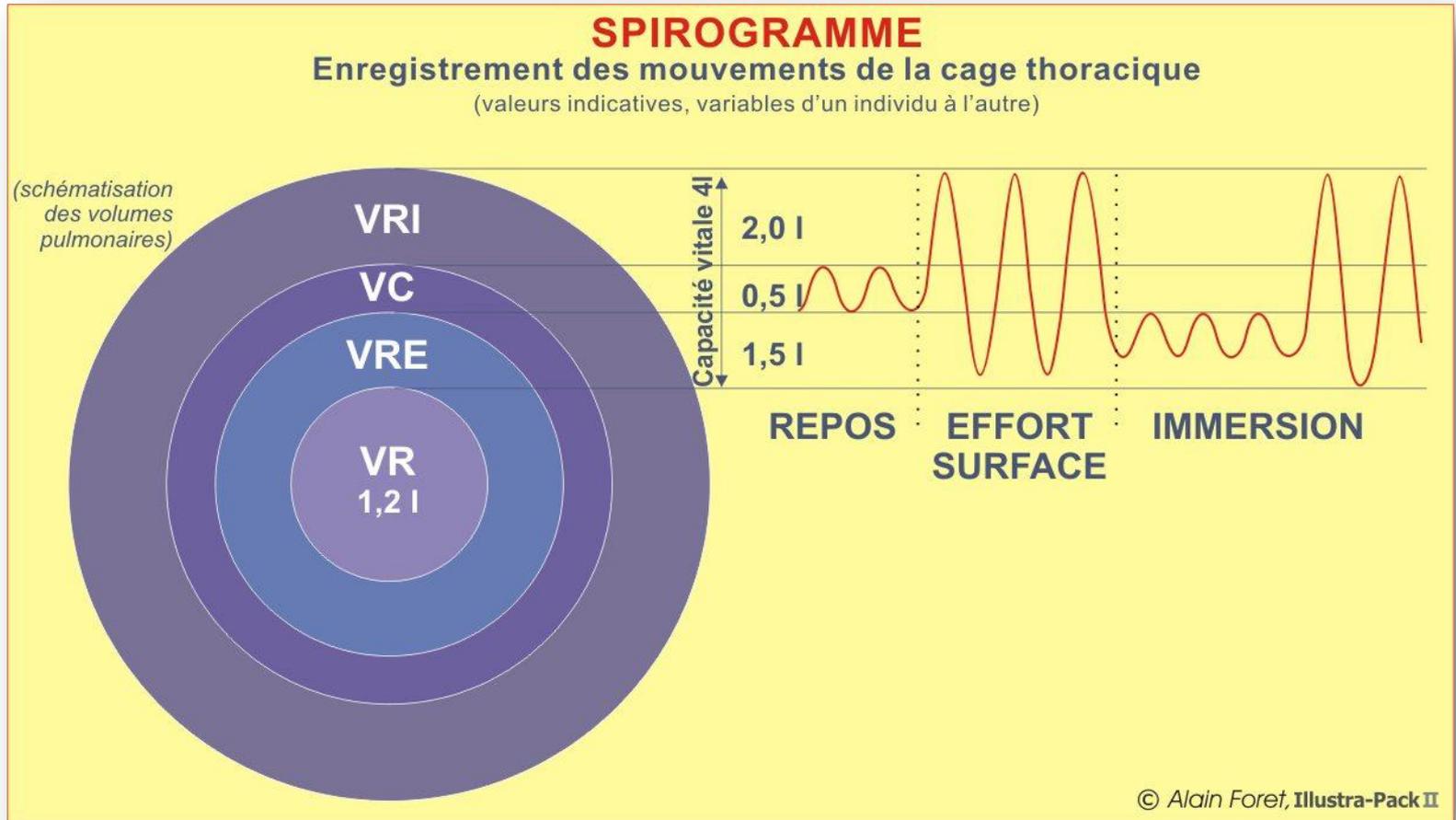
C: déplacement crânial du thorax

D: extension de la colonne vertébrale

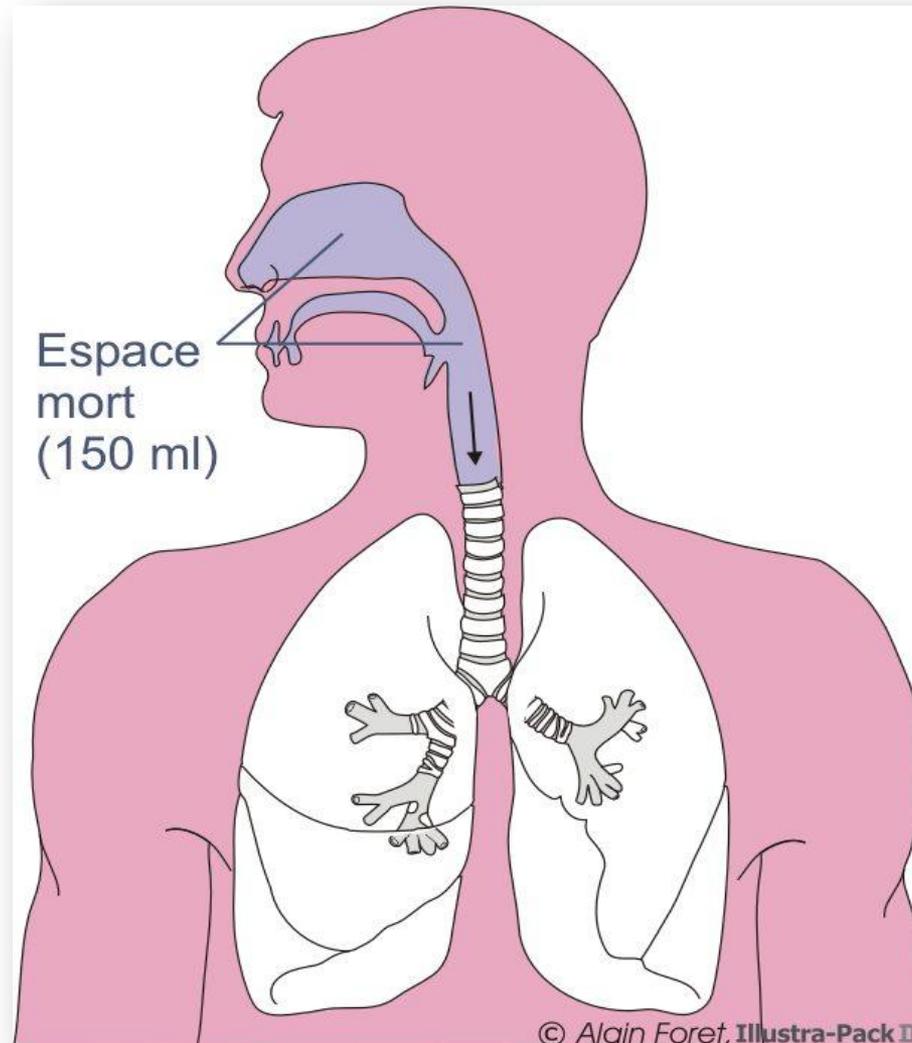
E: augmentation du diamètre vertical



La Mécanique ventilatoire (2),



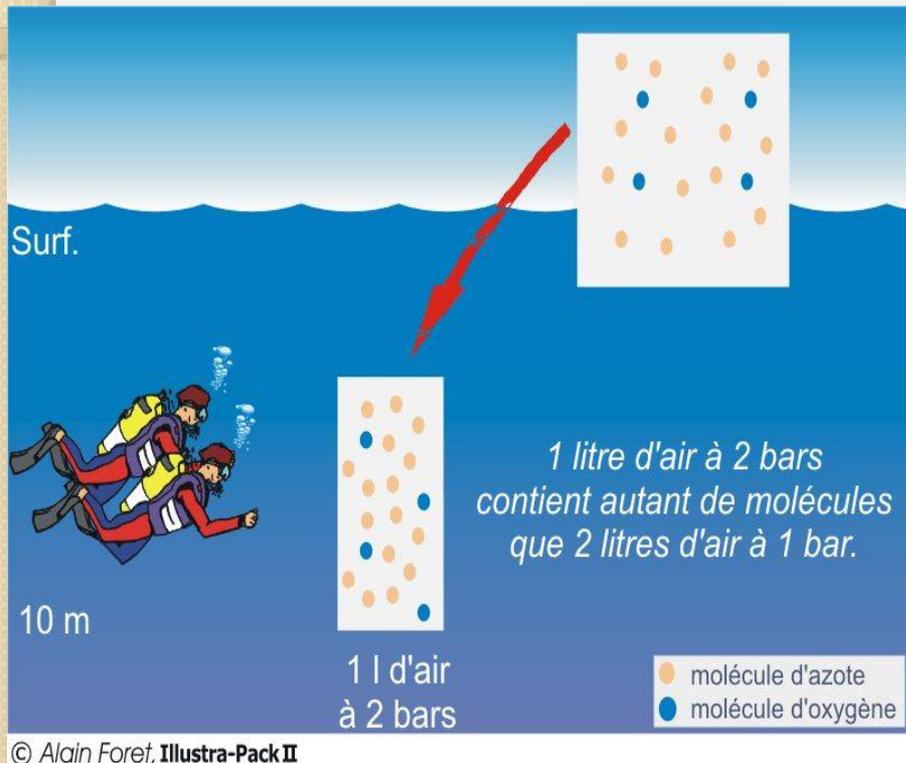
La Mécanique ventilatoire (3),



La Mécanique ventilatoire en plongée(4) ,

- Diminution des volumes pulmonaires:
 - afflux sanguin vers le thorax,
 - port d'une combinaison,
- Résistance ventilatoire:
 - du fait du détendeur
 - (expiration active = effort) ,
- Diminution du débit maximal:
 - significative dès 30 à 40 m pour atteindre 70% de sa valeur surface à une profondeur de 60 m.

Consommation d'Air et Autonomie,



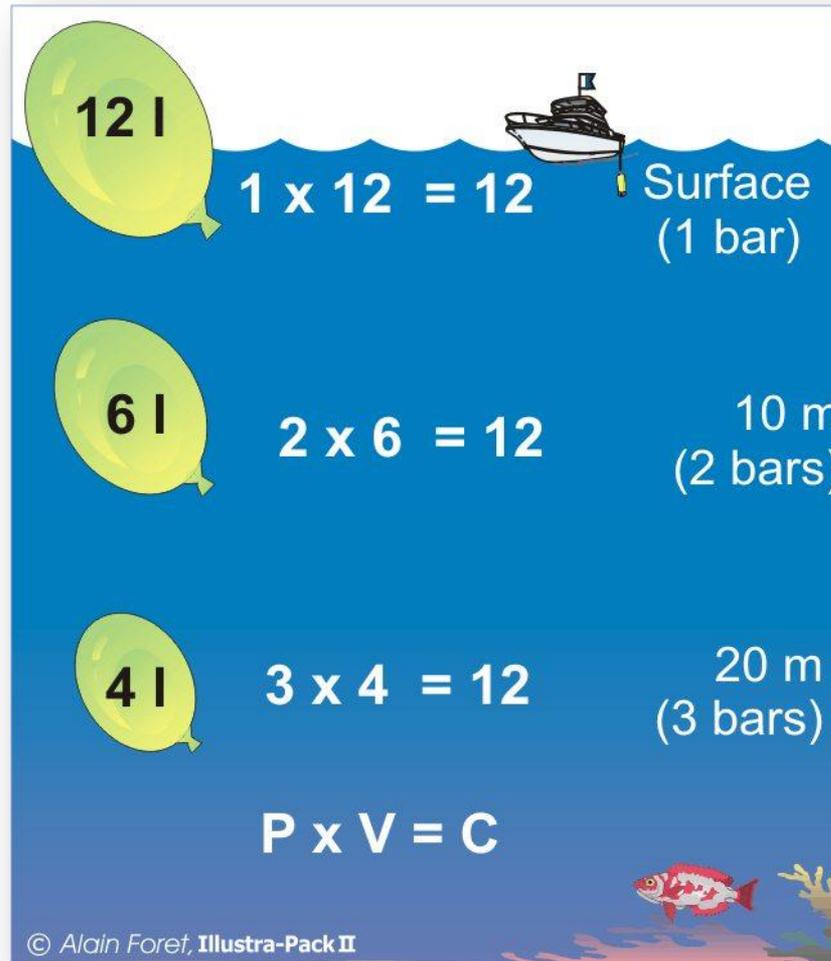
L'autonomie en air diminue de manière inversement proportionnelle à la pression.



$$P_{\text{surf}} * V_{\text{surf}} =$$

$$P_{\text{fond}} * V_{\text{fond}} = \text{Constante}$$

Consommation d'Air et Autonomie (2),



Consommation d'Air et Autonomie (3),

Calcul d'autonomie:

Un plongeur a une respiration 20 l/min.
Quelle est son autonomie à 10m avant
d'atteindre les 50 bars de réserve s'il
utilise un bloc de 12 litres gonflé à 200
bars?

Consommation d'Air et Autonomie (4),

Réponse:

Calcul de l'air disponible:

$$200 - 50 = 150 \text{ soit } 150 * 12 = 1800 \text{ l.}$$

$$V_{\text{surf}} (0 \text{ m}) = 1800 \text{ l} * 1$$

$$V_{\text{fond}} (10 \text{ m}) = 1800 / 2 = \underline{900 \text{ l}}$$

Avec une autonomie de:

$$900 / 20 = \underline{45 \text{ min}}$$

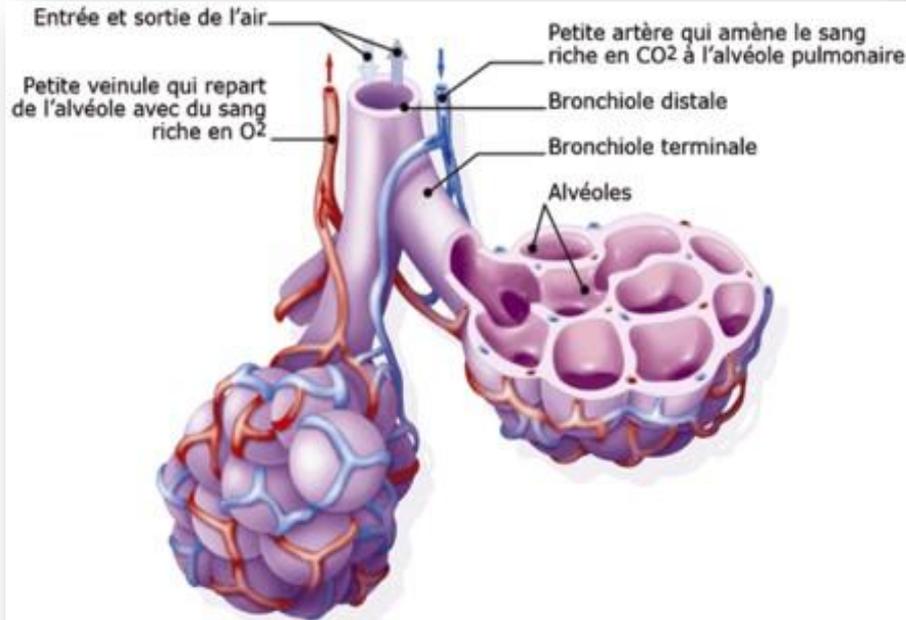
Consommation d'Air et Autonomie (5),

Conseils pour les guides de palanquées:

1. Rappels des signes de « demi-pression » et « je suis sur réserve »,
2. Attention dans l'espace lointain avec des novices N2,
3. L'autonomie (bloc de 15 l gonflé à 200 bars) lors d'un essoufflement (respiration 120 l/min) passe de environ 6 minutes à 20 mètres, à moins de 4 minutes à 40 mètres!

! PREVENIR L'ESSOUFFLEMENT !

Les alvéoles Pulmonaires,

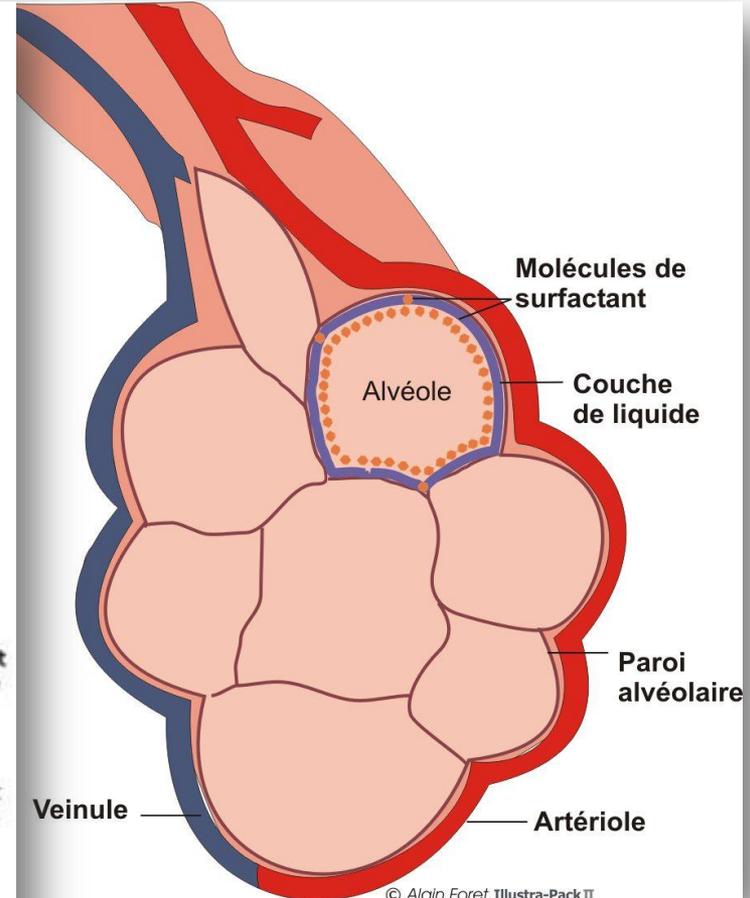


Le sang pauvre en oxygène (O₂) et riche en gaz carbonique (CO₂) arrive du cœur droit par les artères pulmonaires et gagne les alvéoles pulmonaires qui constituent la partie toute terminale des bronchioles. A ce niveau, il perd son CO₂ et s'enrichit en O₂ pour regagner le cœur gauche par les veines pulmonaires.

Les artères sont généralement colorées en rouge et les veines en bleu; sauf pour les artères pulmonaires qui sont des artères parce qu'elles partent du cœur, mais qui sont colorées en bleu parce que le sang qu'elles transportent est riche en CO₂ et pauvre en O₂.
Même raisonnement pour les veines pulmonaires qui sont des veines parce qu'elles gagnent le cœur mais qui sont colorées en rouge parce que le sang qu'elles transportent est riche en O₂ et pauvre en CO₂.

Les alvéoles pulmonaires

Copyright © sanofi-aventis france



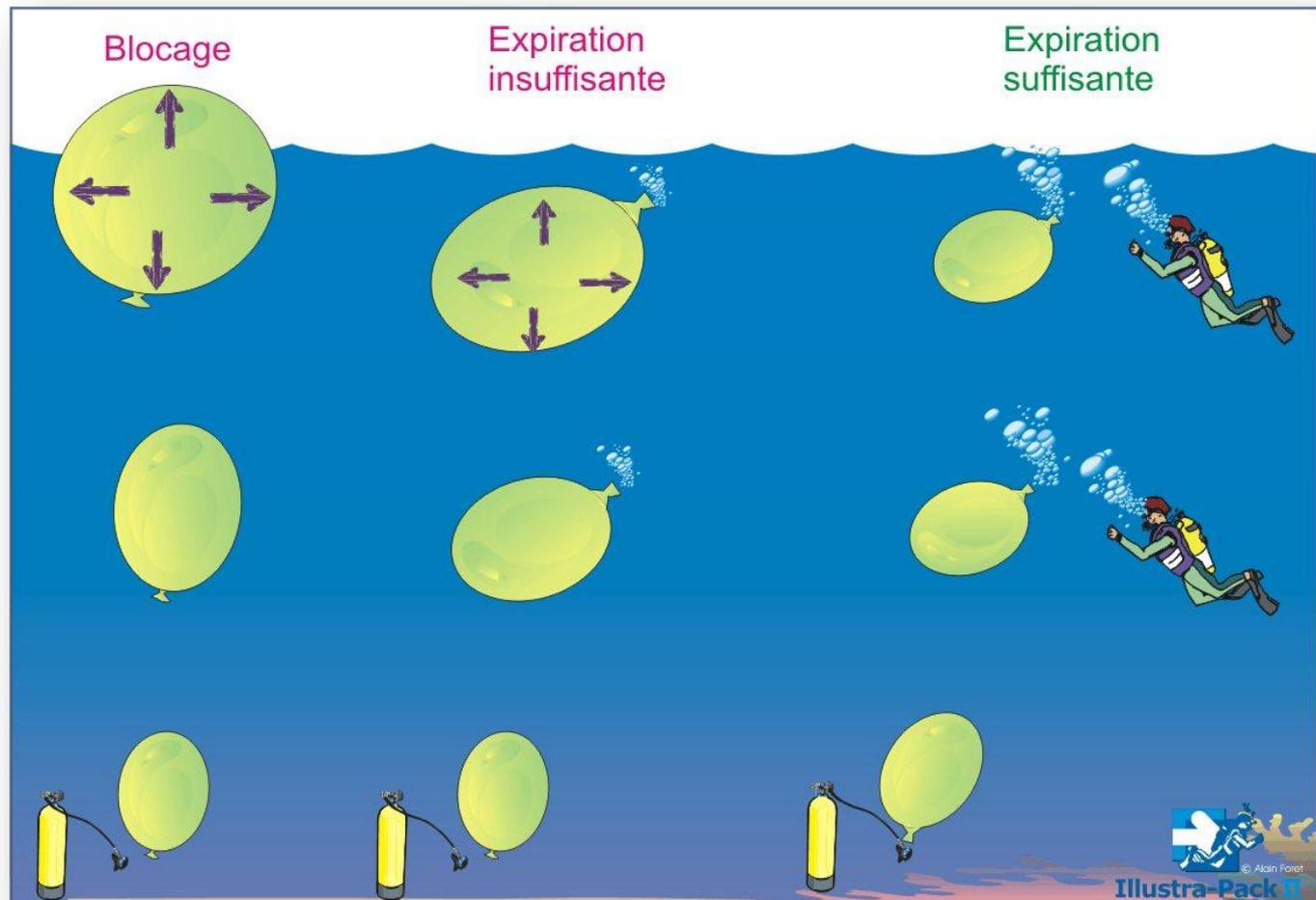
© Alain Foret, Illustr-Pack II

Les alvéoles Pulmonaires(2),

- Sensibles à un excès d'oxygène: l'effet LORRAIN SMITH (100% O₂ à 0,5 bars durant 6 à 30 heures),
- Shunt pulmonaire:
l'augmentation de la pression intra-thoracique peut favoriser l'ouverture de circuits de dérivation, qui permettent le passage direct de sang veineux dans le sang artériel, et laisser passer des bulles risquant de causer un accident de désaturation.
- Effet shunt: territoire pulmonaire perfusé mais mal ventilé. Une surpression pulmonaire peut causer des lésions de la paroi alvéolaire n'autorisant plus les échanges gazeux.

Les Risques de Surpression Pulmonaire,

BAROTRAUMATISME LE PLUS GRAVE,



Les Risques de Surpression Pulmonaire (2),

Atteintes et conséquences:

1. Signes neurologiques par embolie cérébrale:
convulsions, troubles de la parole et/ou de la vision, paralysie...
coma, symptômes évolutifs,

1. Signes d'effraction alvéolaire ($P_{max}=0,2$ bars):
 - Pneumothorax (détresse respiratoire +/- importante),
 - Emphysème: sous-cutané ou du médiastin entraînant gêne respiratoire, douleur dans la poitrine, voix rauque et complications cardiaques,
 - Toux et crachats sanglants.

3. Signes hémodynamiques:
Tachycardie, pâleur, cyanose, extrémités froides, état de choc...

Les Risques de Surpression Pulmonaire(3),

Causes et Prévention:

- Blocage de l'expiration à la remontée:
 - manque de maîtrise,
 - panique,
 - raisons « pathologiques »,
- Expiration insuffisante sur:
 - un effort,
 - un essoufflement,
 - remontée trop rapide,
 - défaut de matériel,

Les Risques de Surpression Pulmonaire (4),

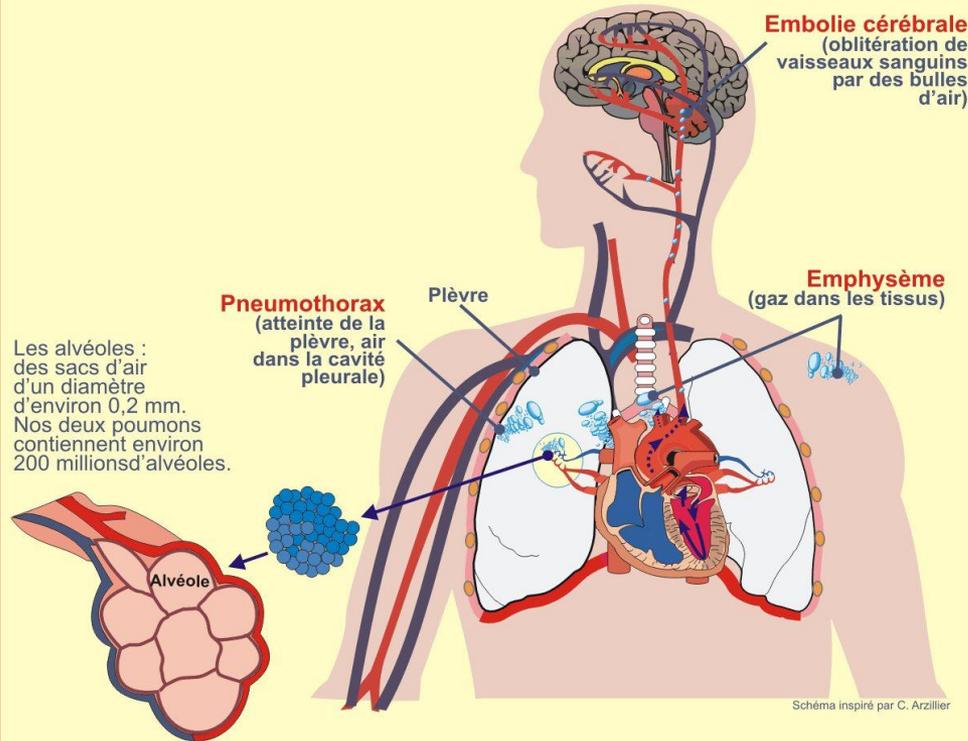
Conduite A Tenir:

1. ALERTER: en mer Canal 16 (CROSS),
à terre ☎15 (SAMU),
2. Administrer de l' O₂ à 100% à l'aide d'un BAVU,
3. Hydrater: si l'état de la victime le permet,
4. 500 mg d'aspirine pour un adulte.

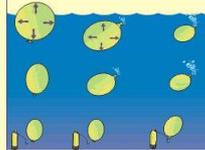
À noter:

Les œdèmes d'immersion ont la même symptomatologie sans les signes neurologiques, et ont la même prise en charge initiale; de même pour les Add.

SURPRESSION PULMONAIRE



CAUSES



Blocage expiration

Expiration insuffisante

PREVENTION

- Ne jamais bloquer l'expiration
- Insister sur l'expiration si remontée rapide
- Développer de bons automatismes

ALERTER

En mer : VHF, Canal 16 (CROSS)*
A terre : Téléphone 15 (SAMU)

* Conformément au décret 88-531 du 2 mai 1988

*l'oxygène
c'est la vie*

SECOURIR

OXYGENE 100%

REHYDRATER (eau, jus de fruit : 1 litre)

ASPIRINE* (proposer : 500 mg maximum pour un adulte)

ALLONGER ET RECHAUFFER

* Conformément aux dispositions de l'arrêté du 22 juin 1998 modifié.
Sujets conscients ni allergiques ni intolérants. L'aspirine est un médicament, il doit donc être prescrit par un médecin ou donné à la demande expresse de la victime.

Les Risques de Noyade

- Définition:
submersion des voies aériennes supérieures par un liquide, entraînant une asphyxie aiguë, avec ou sans inondation des alvéoles pulmonaires.
Il en résulte une hypoxie avec arrêt respiratoire pouvant conduire à un arrêt cardiaque et à la mort.

URGENCE VITALE

Les Risques de Noyade (2),

- Type de noyade:
 1. Noyade primaire, sans syncope préalable
 2. Noyade secondaire, à une syncope, avec reflexe respiratoire. Maintenir les voies aériennes hors de l'eau.

- Classification « dite de Bordeaux » des noyades:
 1. Aquastress: boire la tasse,
 2. Petit hypoxique: troubles respiratoires,
 3. Grand hypoxique: œdème pulmonaire,
 4. Grand anoxique: état de mort apparente.

Les Risques de Noyade (3),

- Causes de noyade en plongée:

La panne d'air due à:

- un manque de gestion,
- un défaut d'orientation,
- un défaut de comportement,
- un essoufflement,
- une narcose,
- un givrage de détendeur,
- retirer masque et détendeur (mer agitée),
- être trop lesté,
- panique,
- rester piégé,
- perte de connaissance.

Les Risques de Noyade (4),

- Conduite A Tenir:
 1. Protéger: les voies aériennes supérieures, de tout suraccident,
 2. Alerter: signal de détresse en surface, appel CROSS ou SAMU,
 3. Secourir: Apport O₂ après LVA, MCE.

Diriger vers un service d'urgence.

Les Risques de Noyade (4),

- Conseils de prévention:
 - ✓ En surface:
 - vérification du matériel (bouteille ouverte, direct-système opérationnel),
 - gonflage du gilet avant mise à l'eau,
 - masque et détendeur en bouche par mer belle,
 - technique de mise à l'eau sûre,
 - GP à l'eau en premier, masque et détendeur en place, flottabilité neutre,
 - ✓ Sous l'eau:
 - rester à proximité,
 - surveiller la consommation,
 - adapter la plongée aux pratiquants et aux circonstances,
 - Remontée avec 30 à 50 bars,
 - ✓ A la remontée:
 - tour d'horizon à 3 m et en surface.

Les échanges gazeux,

Préalables:

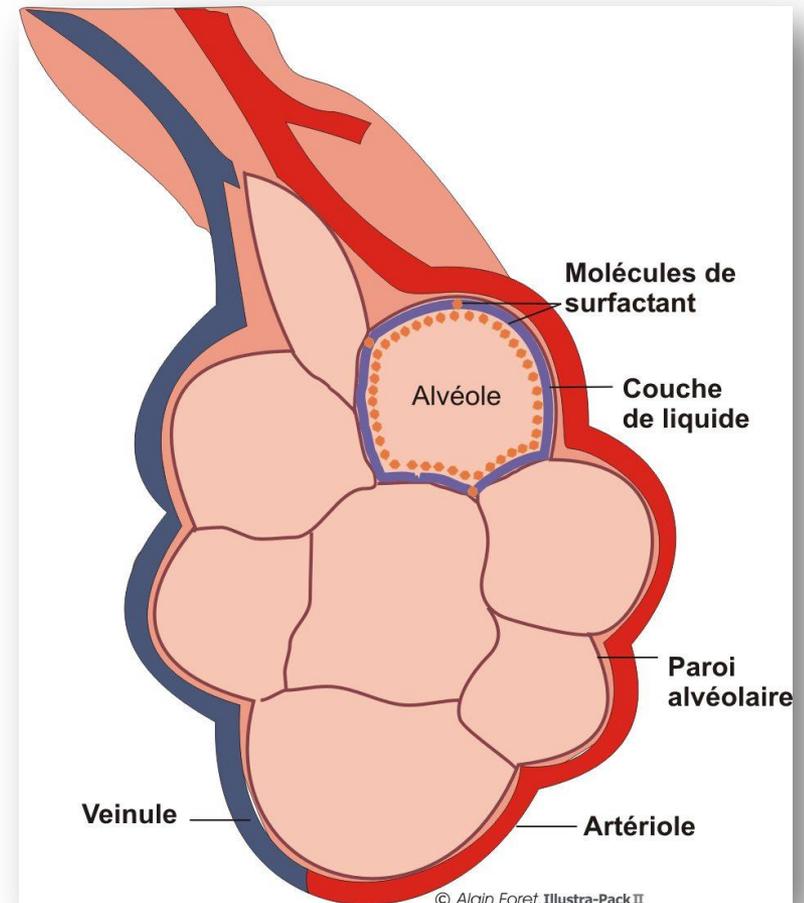
1. Pour travailler correctement la cellule a besoin d'Oxygène,
2. En travaillant, la cellule produit des déchets dont le Dioxyde de Carbone,
3. Composition de l'air:
La pression de l'air atmosphérique est de 760 mm Hg avec:
 - Azote N= 600 mm Hg soit 79%
 - Oxygène O₂= 159 mm Hg soit 21%
 - Dioxyde de carbone CO₂= 0,3 mm Hg soit 0,03%

Les Echanges Gazeux,

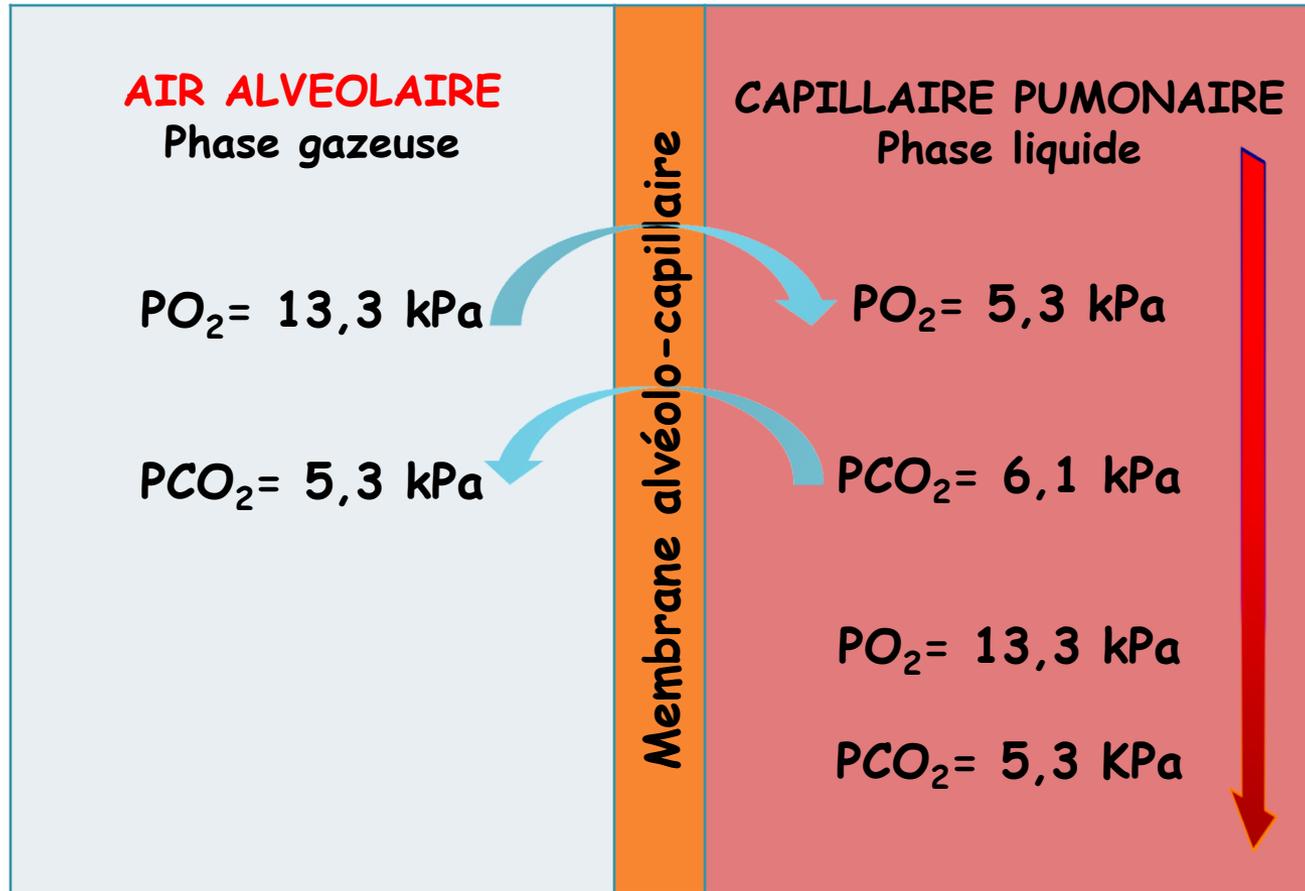
- Principes de la diffusion:

un gaz diffuse toujours :

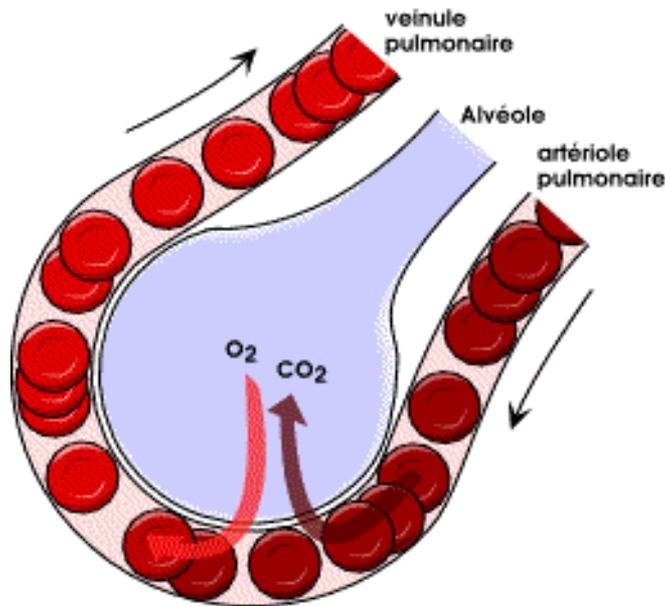
1. d'une zone de pression élevée vers une zone de pression plus basse,
 2. Jusqu'à équilibre entre ces deux zones,
- Dans un mélange, chaque gaz se comporte de manière indépendante,
 - Diffusion d'un gaz d'un milieu gazeux vers un milieu liquide: même loi qu'au sein d'un milieu gazeux homogène,



Les Echanges Gazeux(2), diffusion alvéolo-capillaire



Les Echanges Gazeux(3),



- Phase alvéolaire:
passage des gaz selon le gradient de Pression partielle entre l'alvéole et les capillaires .

➤ Transport de l' O₂ sous deux formes:

1. Combinée (98%): oxyhémoglobine,
2. Dissoute: dans le plasma, quantité plus importante en plongée,

➤ Transport de l'azote: dissoute

➤ Transport du CO₂:

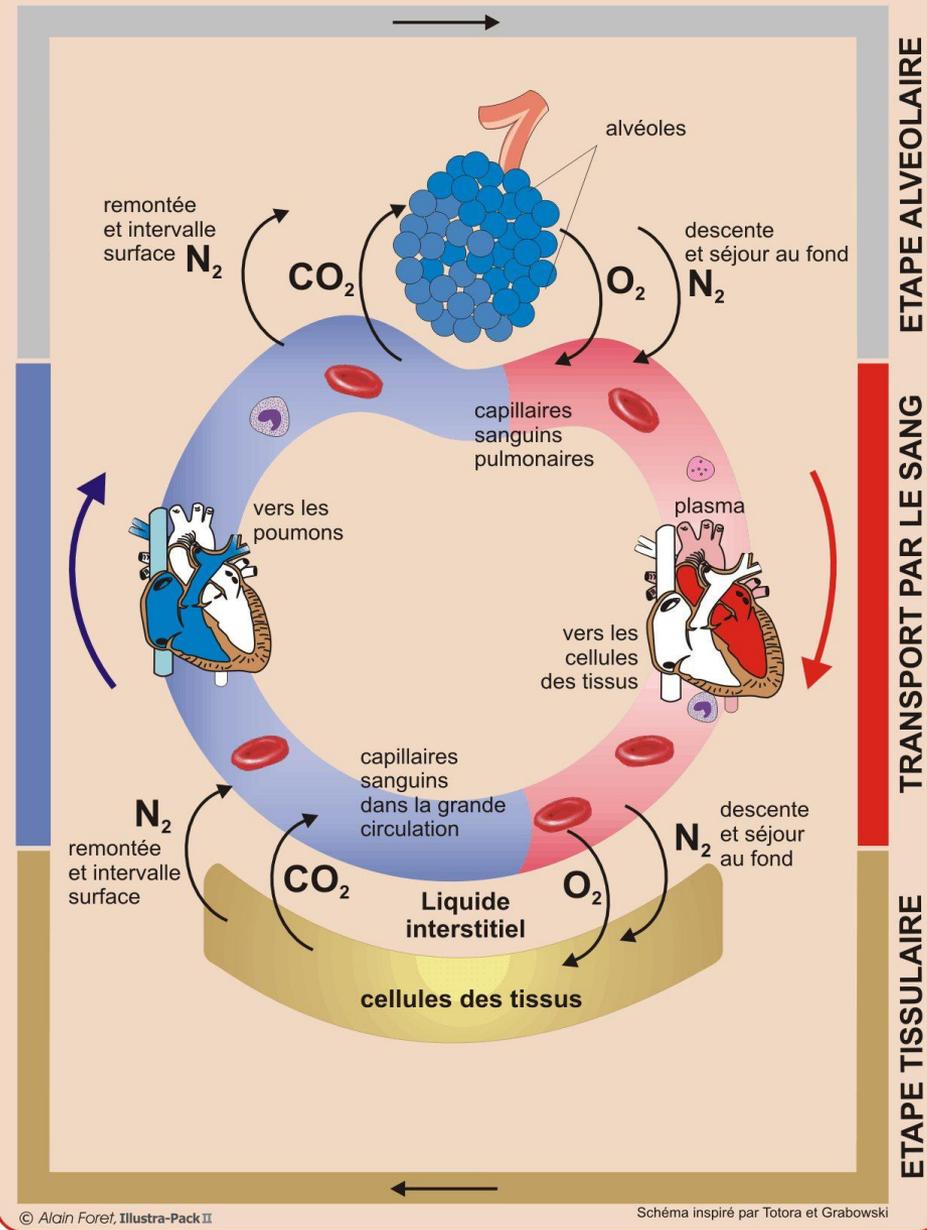
1. Dissout dans le plasma (5-10%)
2. Combiné: Bicarbonates (87%)
Hémoglobine (8%°)

- Phase cellulaire:

✓ Libération des molécules selon les gradients de Pression partielle entre sang et cellules,

✓ Cas de l'azote: du sang vers les cellules à la descente et au fond, et inversement à la remontée.

ECHANGES GAZEUX

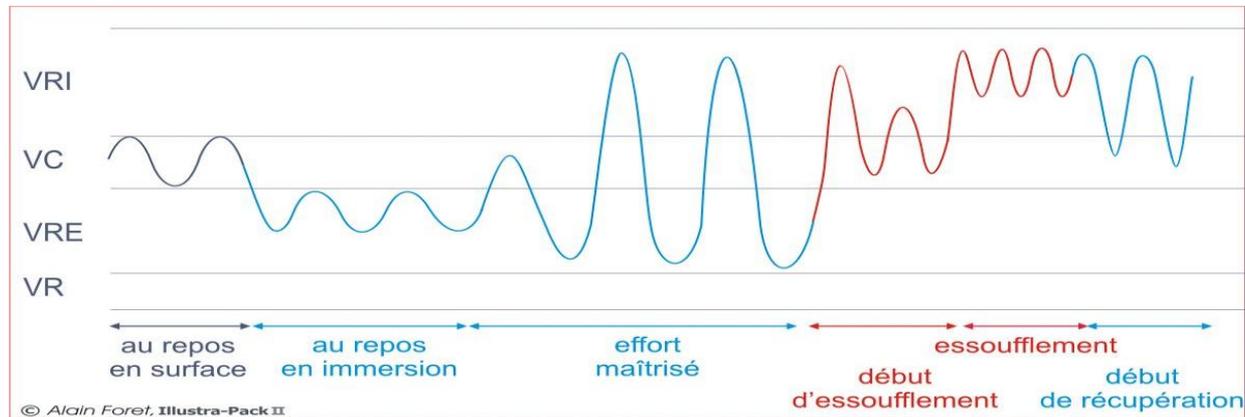
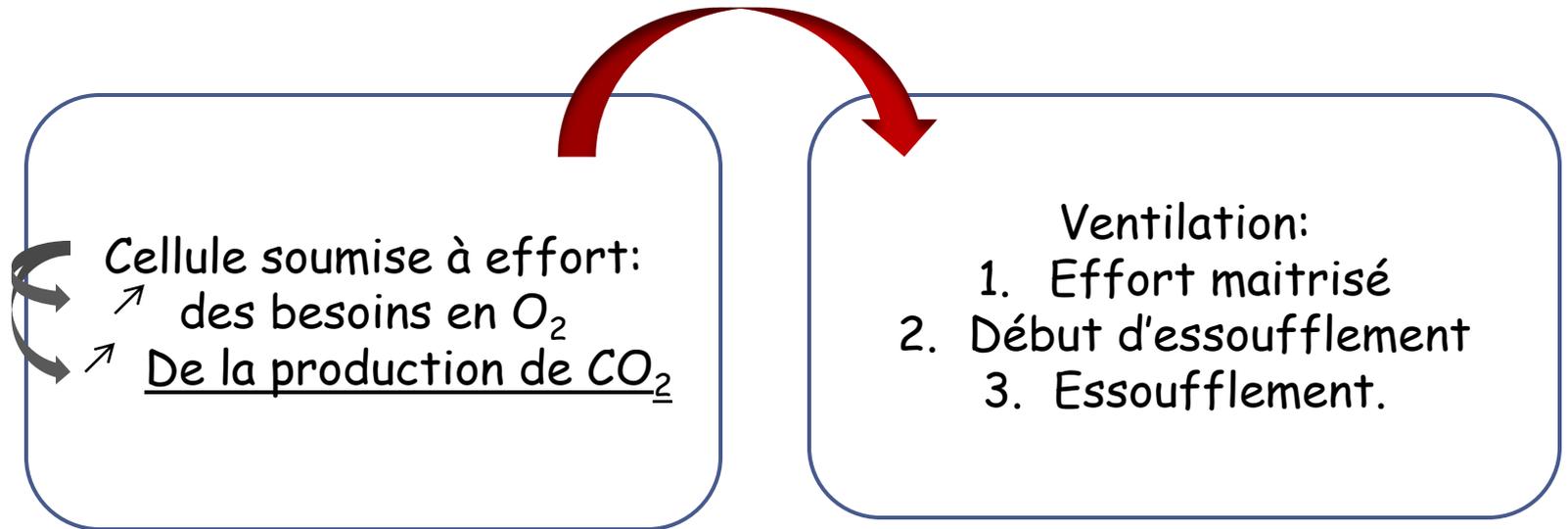


Risques d'Essoufflement,

- Définition:
manifestation ventilatoire d'une intoxication au Dioxyde de Carbone, dont la cause principale est une élimination insuffisante par la ventilation,

Risques d'Essoufflement(2),

Mécanisme:



Risques d'Essoufflement(3),

- Hypercapnie:
 - ✓ augmentation du taux de dioxyde de carbone sanguin,
 - ✓ Symptomatologie: céphalées, nausées, essoufflement, tachycardie, Pdc.

L'hypercapnie augmente les risques de narcose et d'ADD en favorisant la naissance et la croissance des bulles.

Risques d'Essoufflement(3),

- Causes et facteurs favorisants:
 1. Augmentation de la viscosité de l'air,
 2. Augmentation de l'espace mort et, résistances du détendeur,
 3. Effort inadapté,
 4. Facteurs émotifs,
 5. Manque de maîtrise technique,
 6. Le froid.

- Prévention:
 1. Ne pas s'immerger essouffler,
 2. Se protéger du courant,
 3. Effort adapté aux membres de la palanquée,
 4. Surveillance de la consommation d'air,
 5. Surveillance de la quantité de bulle expirée par les membres de la palanquée.

Risques d'Essoufflement(4),

- Conduite à tenir:
 - Faire cesser tout effort:
Cherchez des points d'appui, remonter à l'aide du gilet,
 - Calmer le plongeur,
forcer sur l'expiration,
 - Mettre fin à la plongée en surveillant la consommation d'air et la vitesse de remontée, particulièrement dans la zone des dix mètres,
 - Augmenter le temps de palier, prévention des ADD.

ESSOUFFLEMENT ET ECHANGES GAZEUX

Pressions partielles des gaz selon les différents stades

Habituellement la quantité de CO₂ dans les alvéoles est maintenue constante par le jeu de la ventilation.

	Air expiré
O ₂	0,16
CO ₂	0,04
N ₂	0,73
Vapeur d'eau	0,06

en surface (1 bar)



	Air inspiré
O ₂	0,21
CO ₂	traces
N ₂	0,79
Vapeur d'eau	variable

en surface (1 bar)

	Sang "bleu"	Air alvéolaire	Sang "rouge"
O ₂	0,05	0,13	0,13
CO ₂	0,06	0,05	0,05
N ₂	0,75	0,75	0,75
Vapeur d'eau		0,06	

en surface (1 bar)

Notez la très faible différence (gradient) de pression partielle de CO₂ entre le sang "bleu" et l'air alvéolaire.

Le CO₂ est produit par l'organisme

cellules des tissus

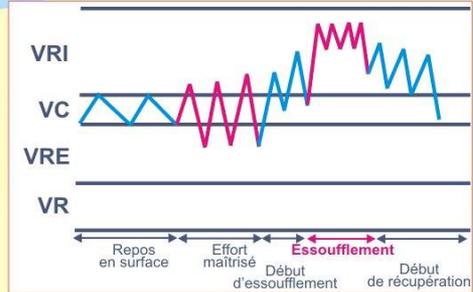
A 40 m (5 bars)

Oxygène et azote proviennent de l'air de la bouteille. Leur pression partielle augmente avec la profondeur.

	Air inspiré	Sang "bleu"	Sang "rouge"	Air alvéolaire	Air expiré
O ₂	1,05				
CO ₂	traces	0,06	0,05	0,05	0,04
N ₂	3,95				

Le CO₂ étant produit par l'organisme, sa pression partielle est indépendante de la profondeur (à effort comparable)

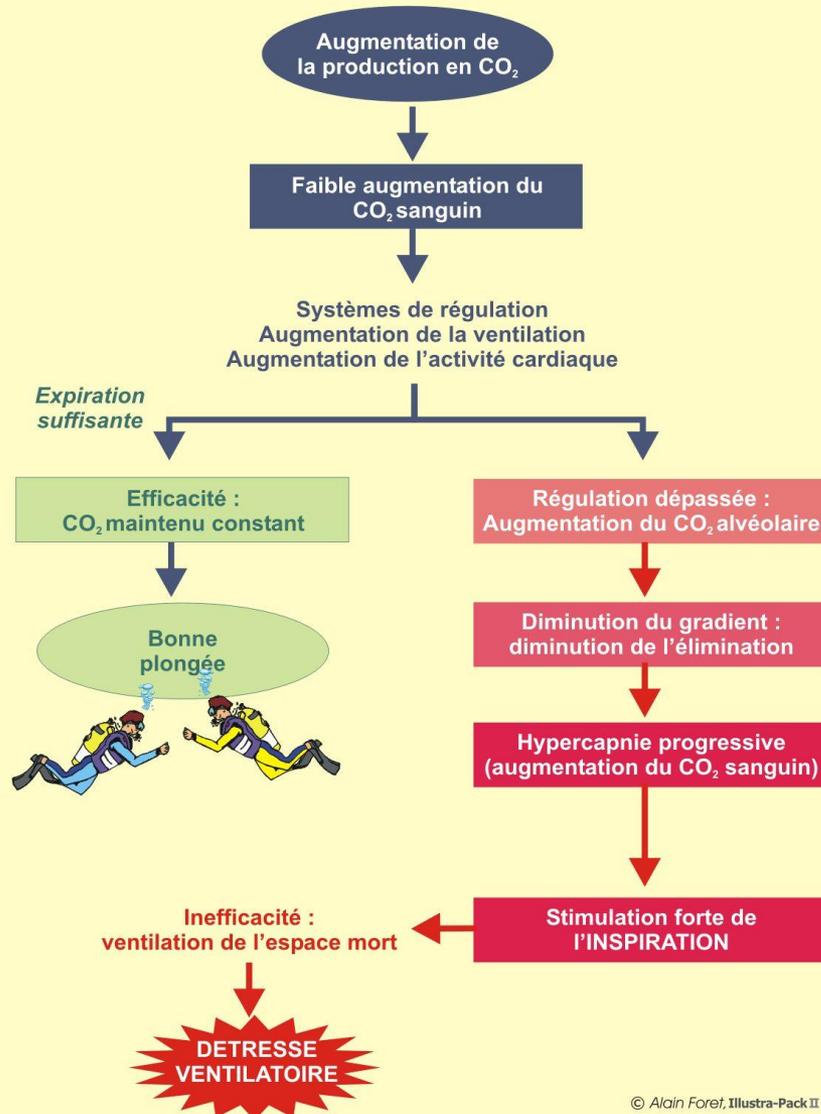
SPIROGRAMME
(approche simplifiée)
Lors d'un essoufflement, la ventilation devient superficielle.



L'unité de valeur retenue est le bar. En médecine, ces données sont présentées en millimètres de Mercure (mm Hg). 1,013 bar

LA MONTEE VERS L'ESOUFLEMENT

Tableau d'après Claude Duboc, revue SUBAQUA (FFESSM) n° 172



© Alain Foret, Illustration-Pack II