

Université BADJI Mokhtar –Annaba-
Département de Biochimie

Biologie fondamentale des grandes fonctions

3^{ème} LMD Biochimie

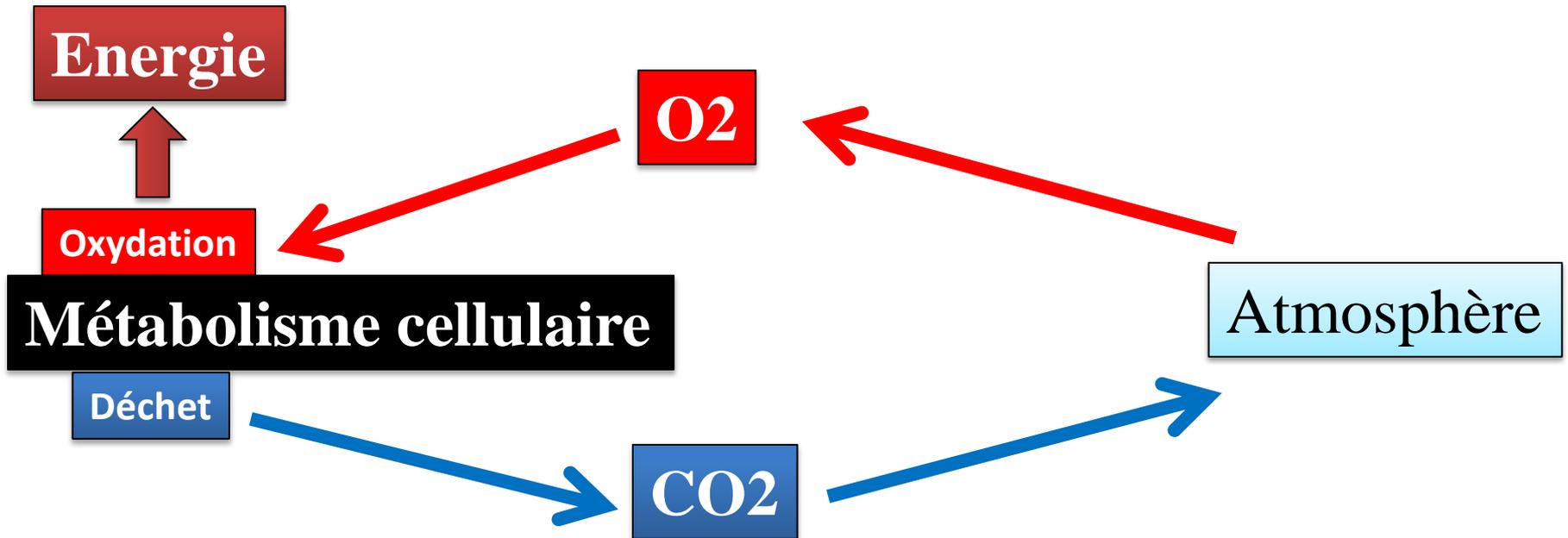
Chapitre 3

Le système respiratoire

Dr. KADI-BIREM

Appareil respiratoire

L'ensemble des mécanismes qui assurent le transport de l'O₂ contenu dans l'air atmosphérique jusqu'au contact des cellules.



Appareil respiratoire

Généralités:

Composé d'un ensemble de voies aériennes qui aboutissent à de fines ramifications (alvéoles) disposées au contact de petite circulation (capillaires).

Partie extrathoracique:

Voies aériennes supérieures

Partie haute de la trachée.

Fausse nasales

Pharynx

Larynx

Partie intrathoracique:

Partie basse de la trachée,

Bronches,

Poumons.

Appareil respiratoire

Anatomie

Les fosses nasales

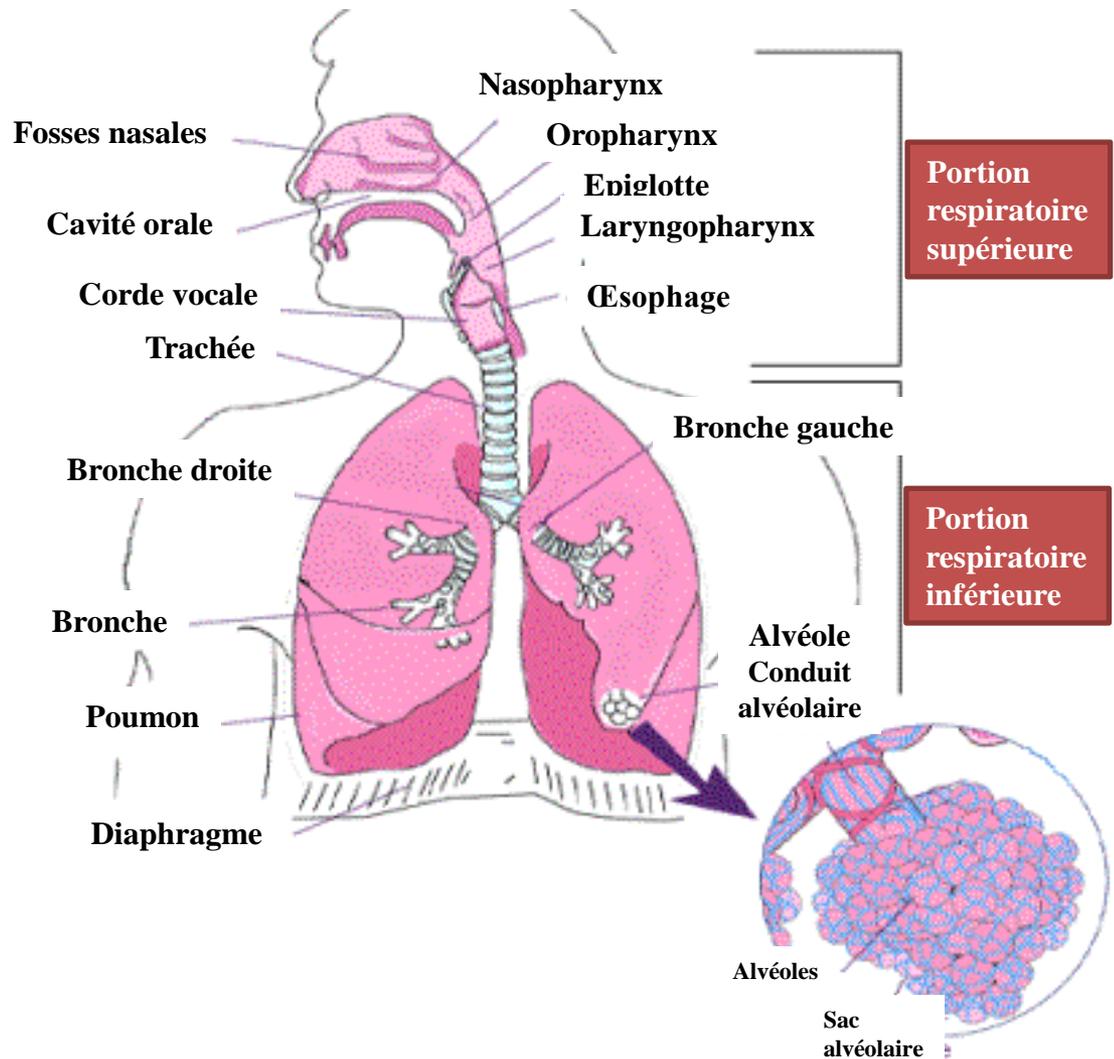
Le Pharynx

Le Larynx

La trachée

les bronches

Les poumons



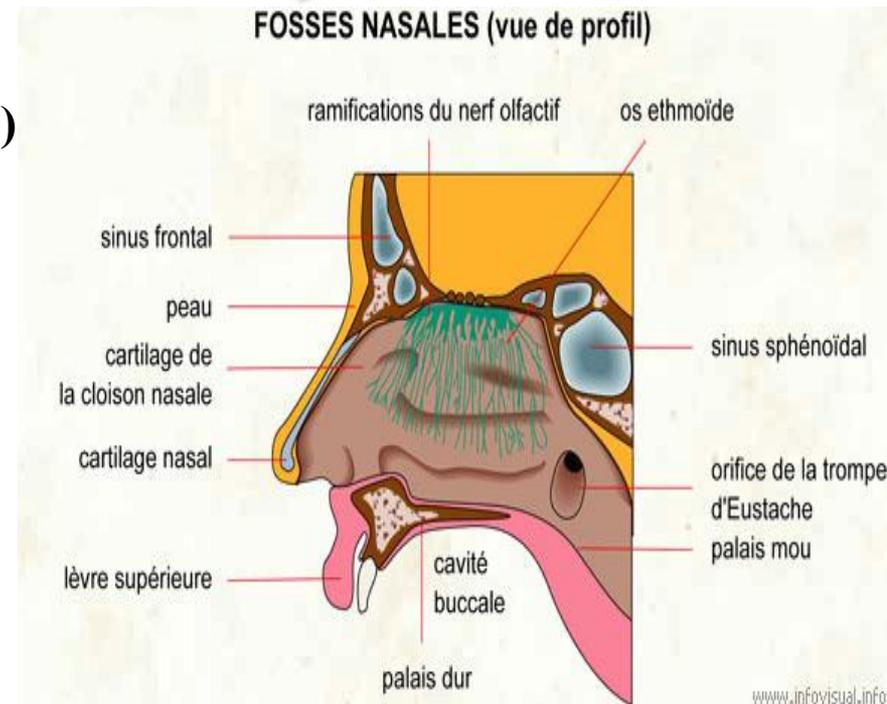
Appareil respiratoire

Les voies aériennes supérieures

Les fosses nasales

Fonction:
humidification,
réchauffement et
filtrage de l'air
inspiré.

- ✓ Partie la plus élevée des voies respiratoires.
- ✓ Siège du sens de l'olfaction (muqueuse olfactive)
- ✓ Deux cavités séparées par une mince cloison.
- ✓ Extérieure: cavité du nez
- ✓ Intérieur: pharynx
- ✓ La charpente squelettique ↔ cloison osseuse (os ethmoïde) et cartilagineuse.
- ✓ Communiquent avec le sinus *frontal* et *sphénoïdal* (cavité pneumatiques des os du crane)

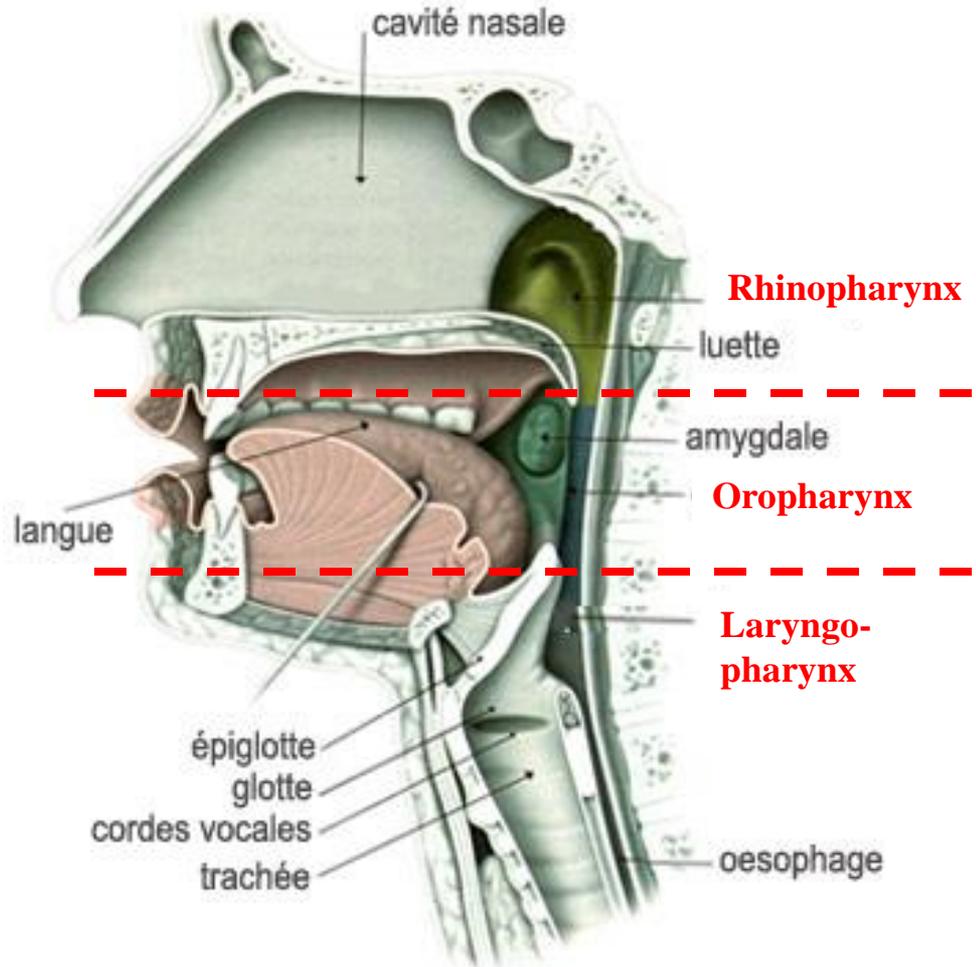


Appareil respiratoire

Les voies aériennes supérieures

Le pharynx

- ✓ Tapissé d'une muqueuse, a ce niveau s'effectue le croisement des voies aériennes et digestives .
- ✓ Etage supérieur: **Rhinopharynx** (communication avec l'oreille interne).
- ✓ Etage moyen: **Oropharynx** (s'ouvre sur la cavité buccale).
- ✓ Etage inférieur: **Laryngopharynx** (communique avec l'œsophage)

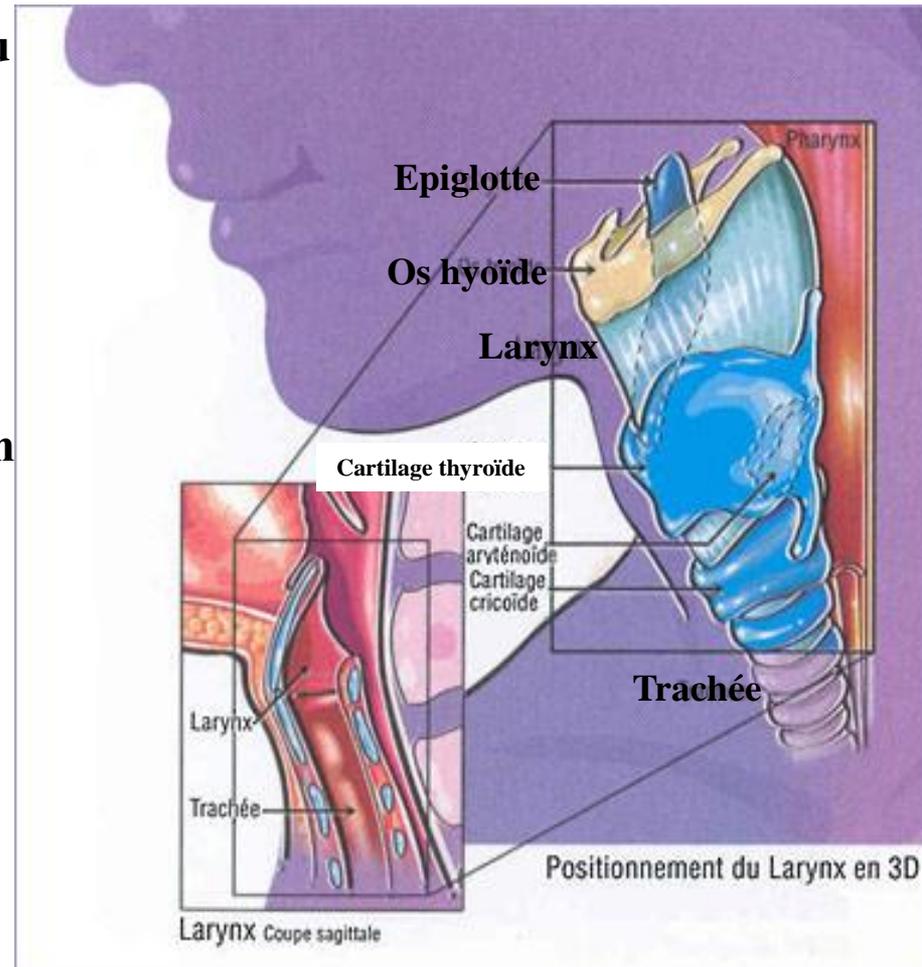


Appareil respiratoire

Les voies aériennes supérieures

Le larynx

- ✓ Situé à la partie supérieure et médiane du cou entre le pharynx et la trachée.
- ✓ Le squelette ostéo-cartilagineux comprend:
 - l'os hyoïde.
 - le cartilage thyroïde.
- ✓ L'épiglotte = lamelle élastique souple située en arrière du cartilage thyroïde.



Appareil respiratoire

Les voies aériennes supérieures

Les cordes vocales

- ✓ La phonation = résultat du courant expiratoire pulmonaire qui atteint le larynx.
- ✓ L'intensité du son dépend donc de sa puissance et des vibrations des cordes vocales inférieures, rapprochées l'une de l'autre lors du passage de l'air.

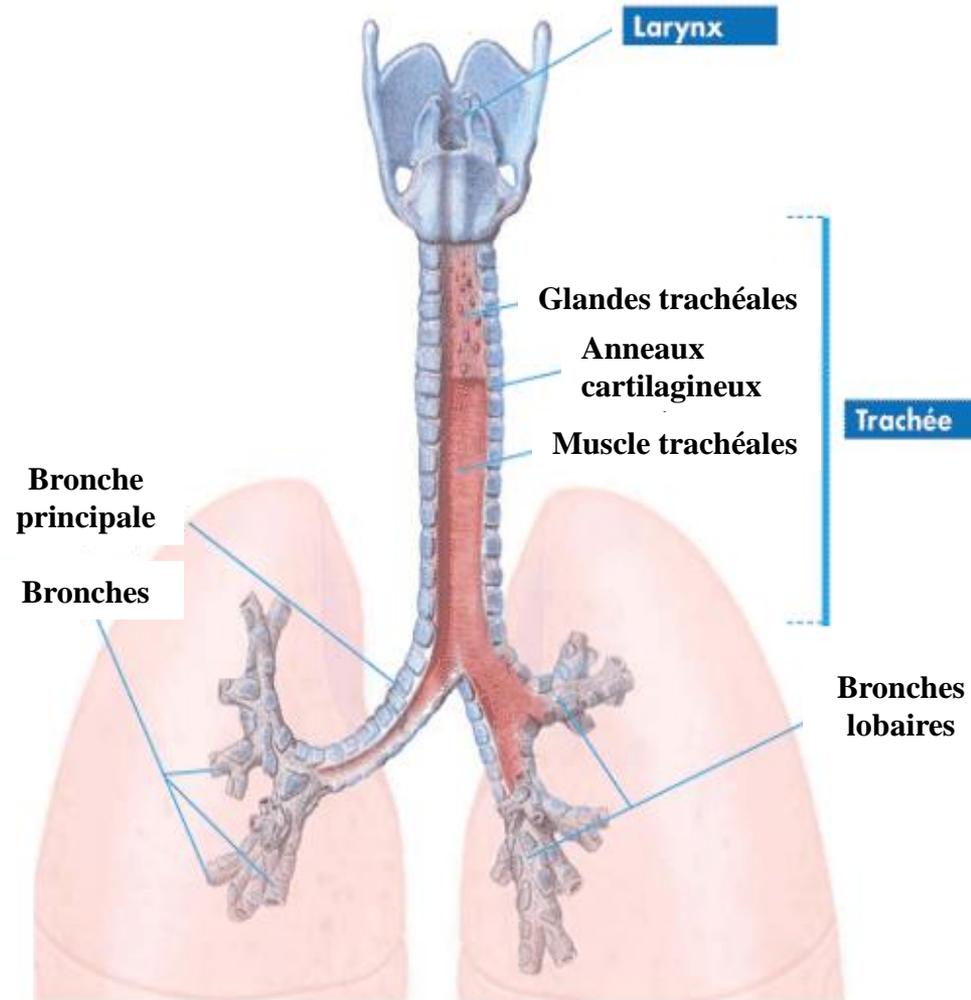


Appareil respiratoire

La trachée

La cage thoracique

- ✓ Constitue avec les bronches, les voies aériennes proprement dites.
- ✓ Conduit de 12cm de long et 12mm de diamètre.
- ✓ Au thorax, devant la 4^{ème} vertèbre dorsale, elle se divise en deux **bronches principales**.
- ✓ Constituée d'un squelette **fibro-musculo-cartilagineux** tapissée intérieurement d'une muqueuse renfermant des **glandes trachéales** → sécrétions → protection des éléments agressifs du milieu aérien.
- ✓ les anneaux cartilagineux déposés les un sur les autres sont unis par une gaine fibroélastique.

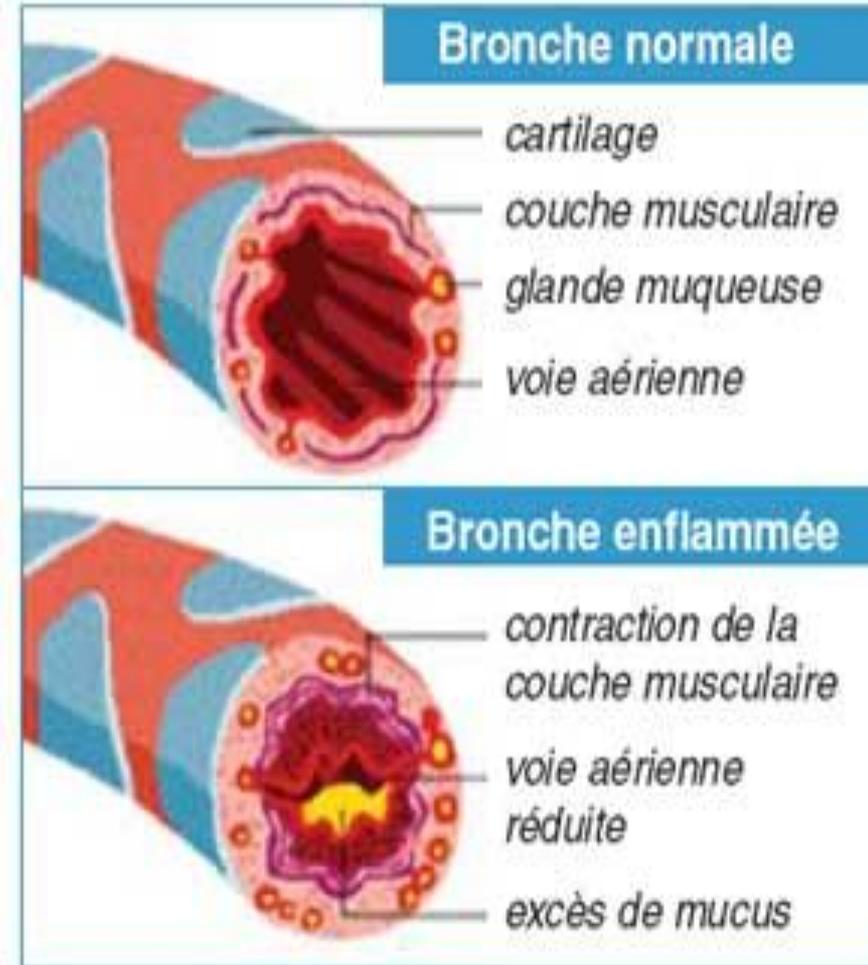


Appareil respiratoire

La cage thoracique

Les bronches

- ✓ Nées de la bifurcation trachéale et se ramifient dans les poumons.
- ✓ A proximité des poumons, les bronches principales sont jointes par les artères et veines pulmonaires.
- ✓ Structure:
 - D'abord semblable à celle de la trachée.
 - Ensuite les anneaux deviennent irréguliers et finissent par disparaître (<1mm).
 - Les ramifications <1mm, constituées d'une tunique externe fibro-musculaire + un revêtement interne muqueux.



Appareil respiratoire

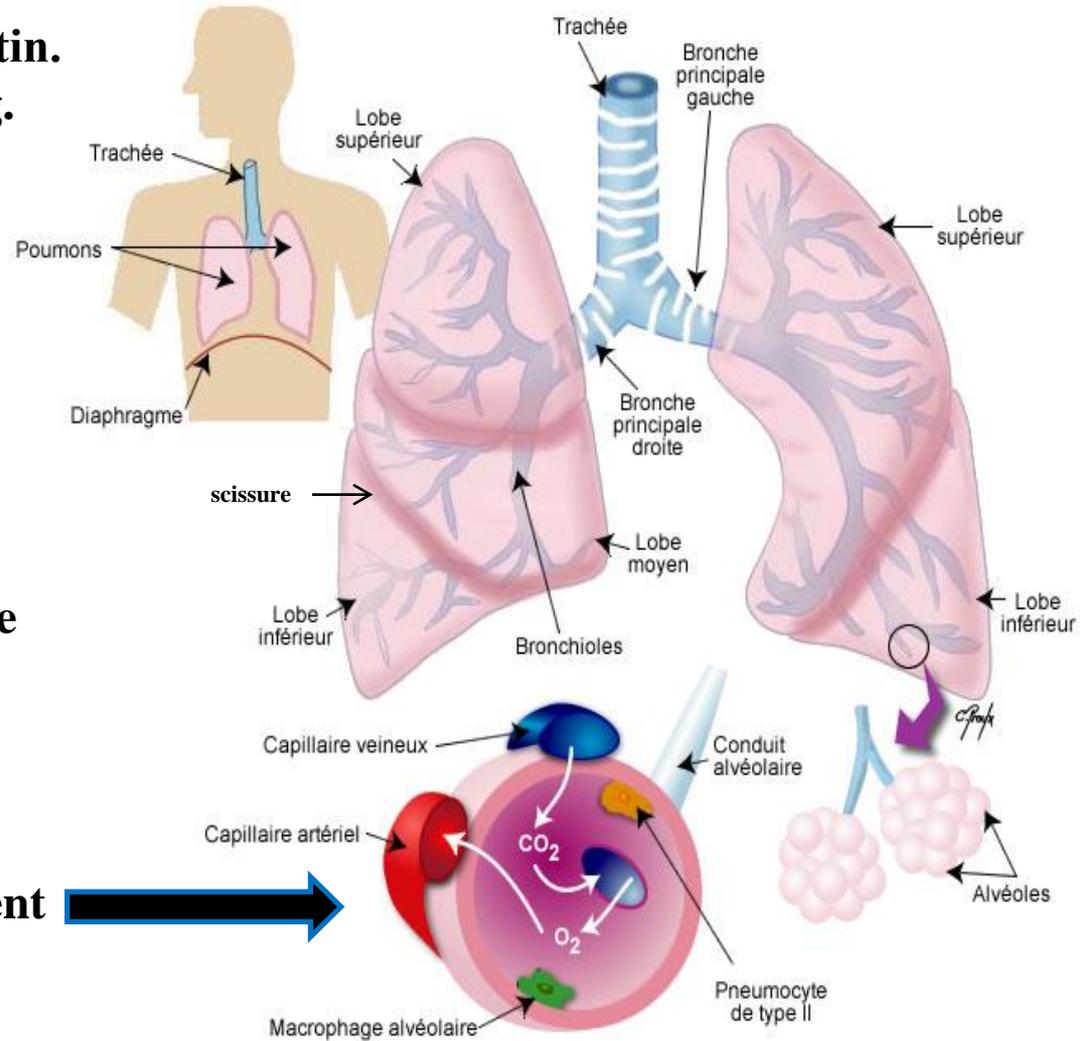
Les poumons

La cage thoracique

- ✓ Séparés l'un de l'autre par le médiastin.
- ✓ Poumon droit = 650g / gauche = 550g.
- ✓ Divisés en lobes par des **scissures**.

✓ Structure:

- Les bronchioles terminales sont succédées par des **grappes de canaux alvéolaires** qui débouchent dans les **alvéoles**.
- la paroi mince des alvéoles est tapissée par un épithélium constitué de:
 - **Pneumocytes I et II**
 - **Macrophages alvéolaires**
- Contre ces placards cellulaires viennent s'appliquer les **capillaires pulmonaires** permettant la diffusion des gaz.

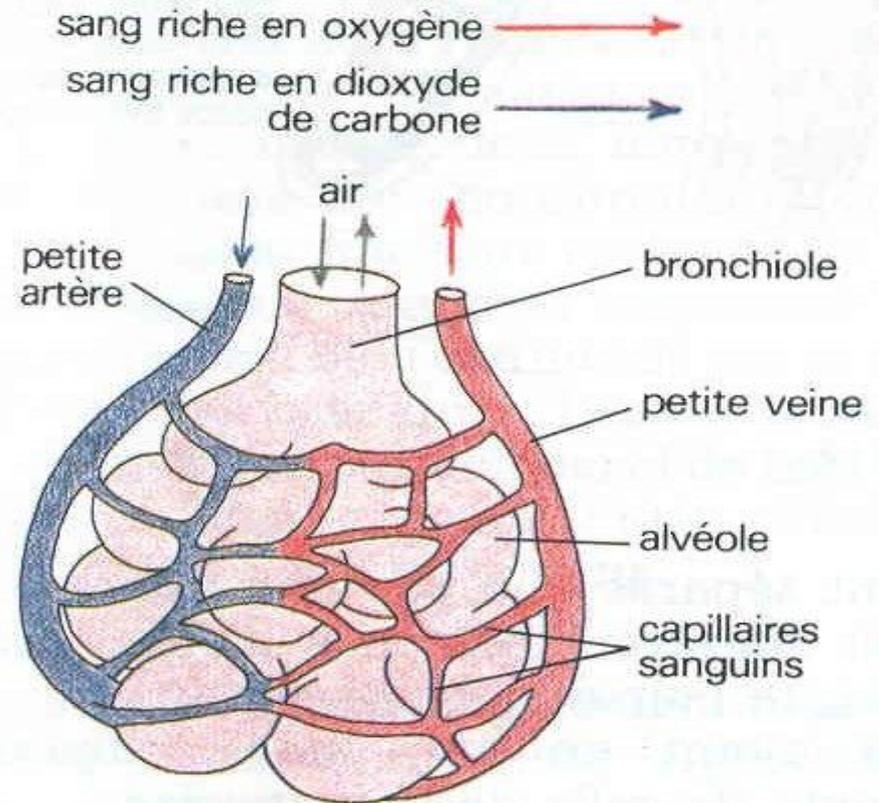


Appareil respiratoire

La cage thoracique

L'alvéole

- La surface interne des alvéoles est recouverte d'une fine couche de **lipoprotéines (surfactant)** → évite que les alvéoles ne se collabent en fin d'expiration, et inversement facilite leur expansion au cours de l'inspiration.
- On évalue à environ 70m^2 la superficie globale des parois alvéolaires au contact des capillaires, c'est-à-dire, la surface où s'effectuent les échanges gazeux.



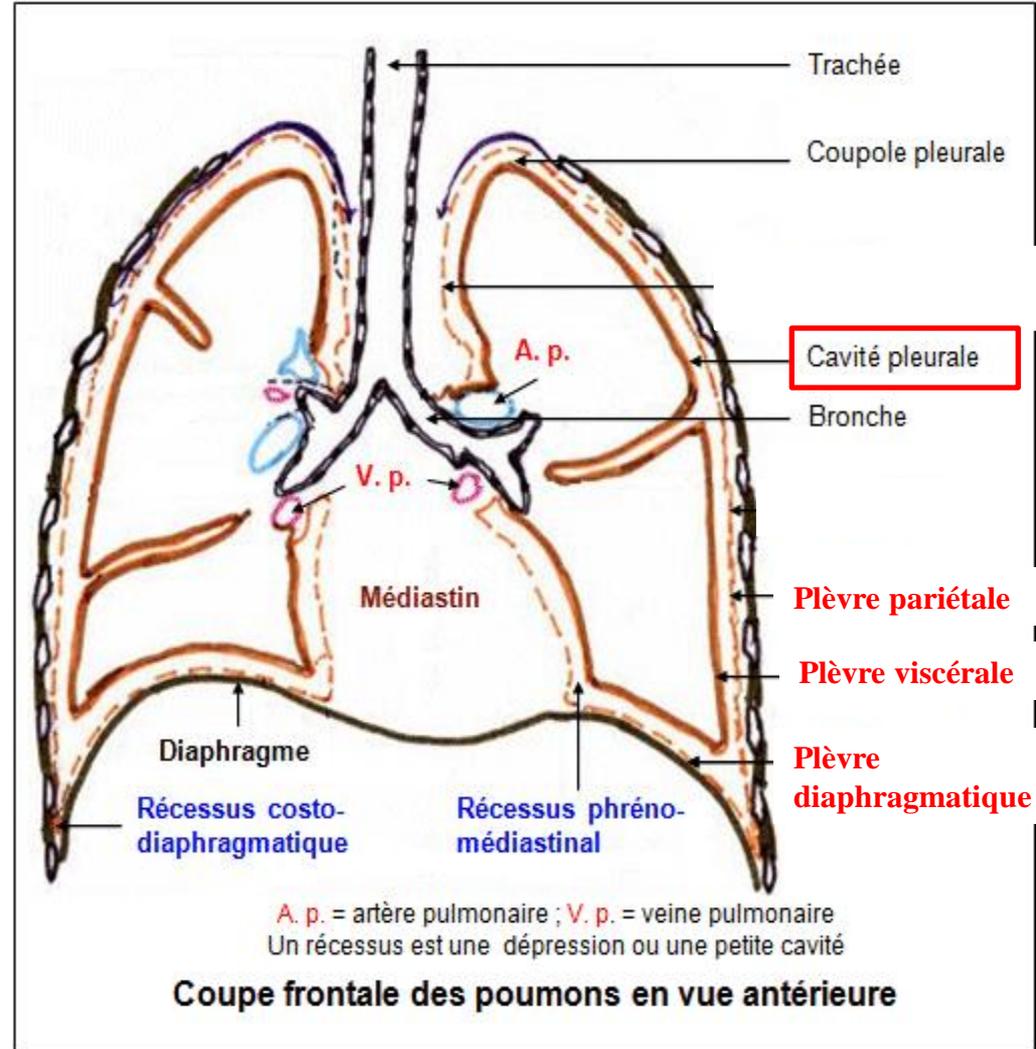
Appareil respiratoire

La cage thoracique

Les plèvres

- ✓ Deux séreuses enveloppant chacune le poumon correspondant.
- ✓ **le feuillet viscéral** tapisse le poumon sur toute sa surface s'invaginant jusqu'aux scissures interlobaires.
- ✓ **le feuillet pariétal** est appliqué sur la face interne de la cage thoracique.
entre les deux feuillet se trouve un espace virtuel = la cavité pleurale, contenant une mince lame liquidienne qui facilite le glissement des deux feuillets et s'oppose à leur décollement.

Tout mouvement de la cage thoracique est transmis au tissu pulmonaire grâce à l'adhérence qui maintient accolées les deux feuillets de la plèvre.

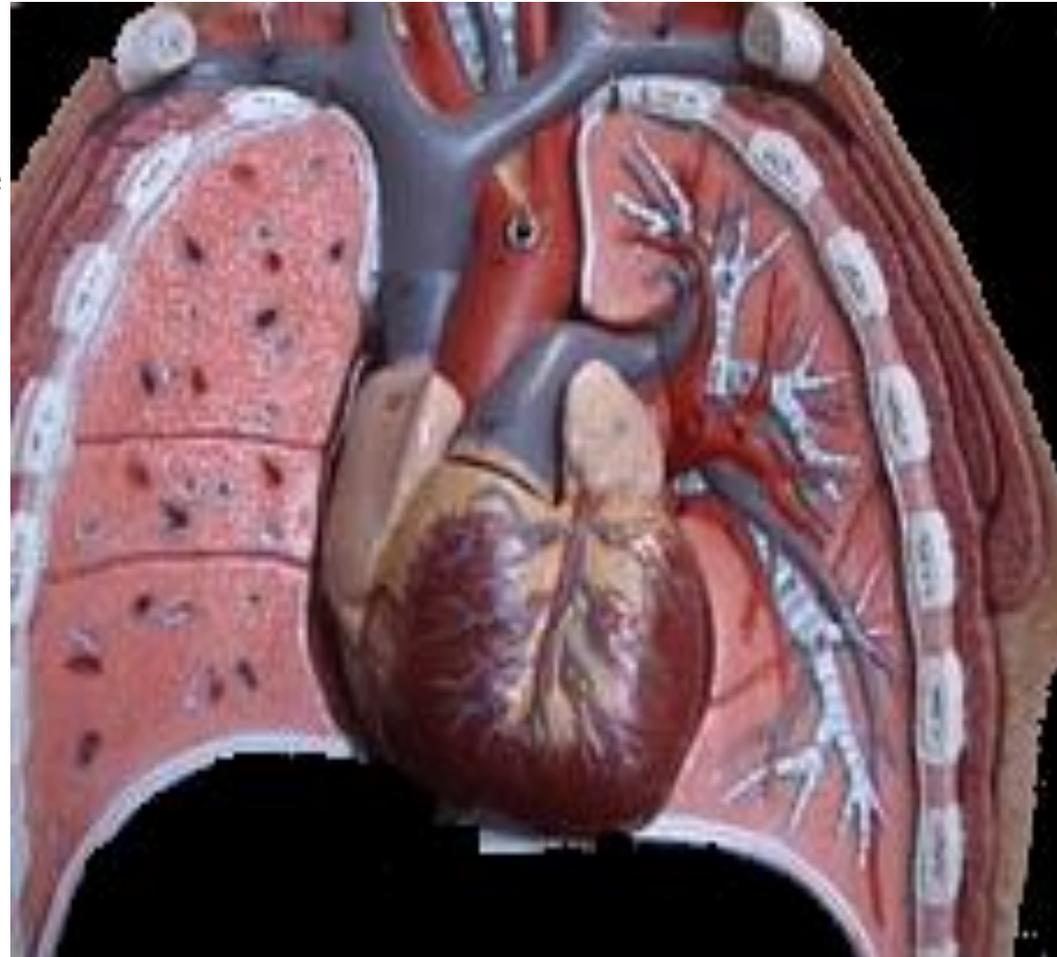


Appareil respiratoire

La cage thoracique

Les médiastin

- ✓ Région médiane du thorax qui sépare les régions pulmonaires droite et gauche.
- ✓ on y trouve le cœur avec ces grand troncs vasculaires en avant.
- ✓ en arrière, on y trouve la trachée, l'œsophage, les gros vaisseaux sanguins, le canal thoracique, des nerfs et des ganglions lymphatiques.



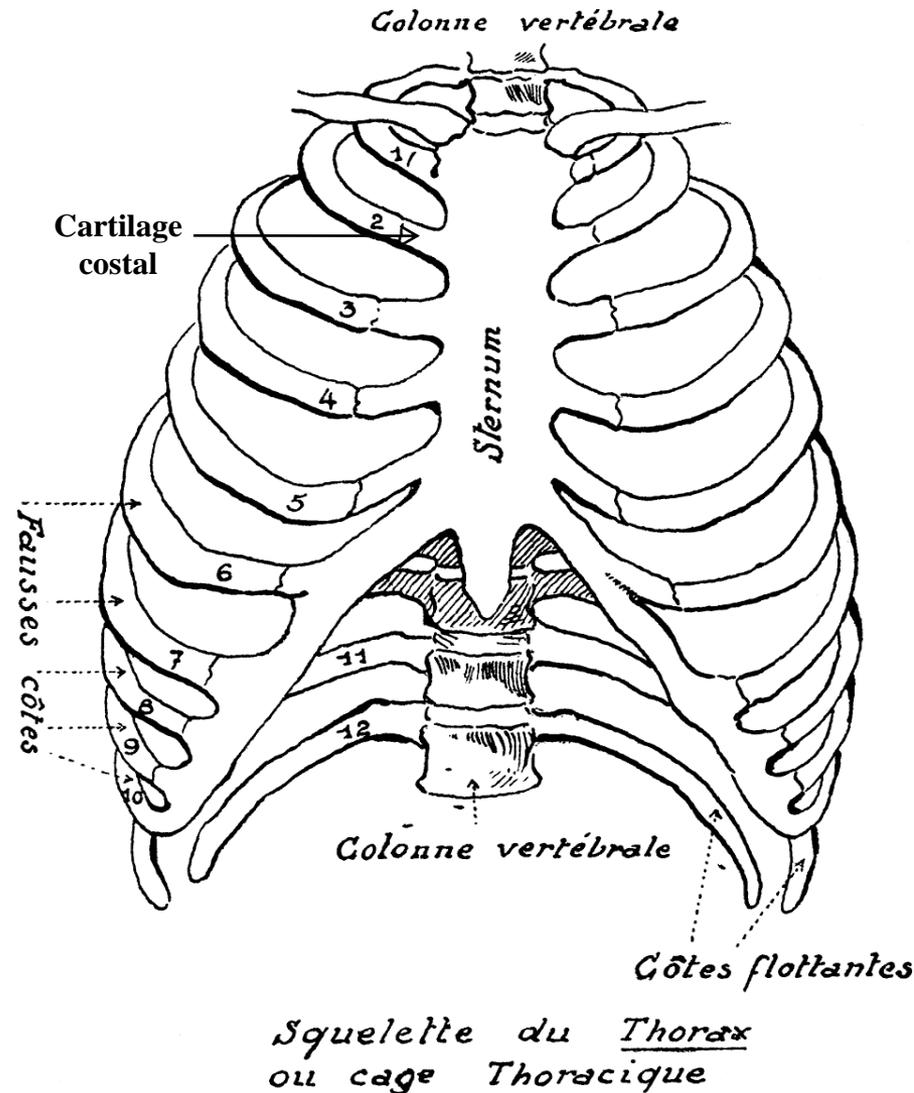
Appareil respiratoire

La cage thoracique

Les éléments osseux

Le squelette thoracique comprend:

- ✓ Le rachis dorsal (vertèbres D1-D12) postérieur, uni au sternum antérieur par les côtes.
- ✓ les 12 côtes s'articulent en arrière au niveau de la jonction de deux vertèbres.
- ✓ En avant, les côtes (à l'exception de la 11^{ème} et la 12^{ème} paires de côtes libres) rejoignent le sternum par l'intermédiaire d'un cartilage costal .

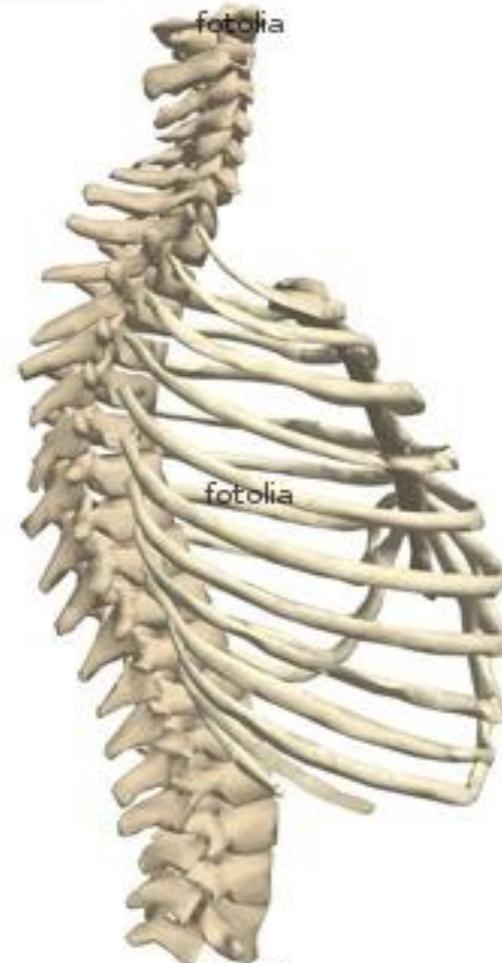


Appareil respiratoire

La cage thoracique

Les éléments osseux

✓ L'inclinaison générale des côtes en bas et en avant, augmente régulièrement de la 1^{ère} à la 12^{ème} paire.



Appareil respiratoire

La cage thoracique

Les muscles mobilisateurs de la cage thoracique

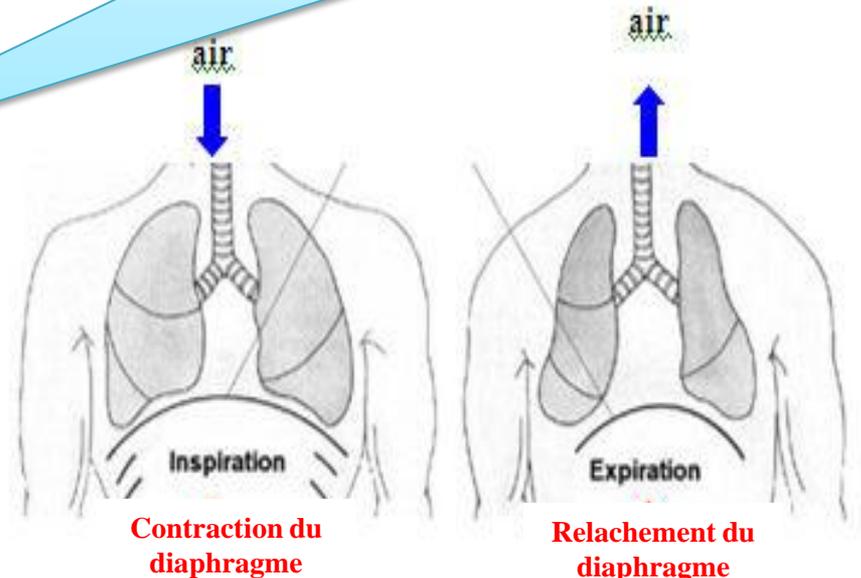
✓ Diaphragme:

→ vaste nappe musculaire qui ferme le thorax en haut et la cavité abdominale en bas.

→ principal muscle mobilisateur de la cage thoracique.

→ Innervé par les nerfs phréniques droit et gauche, sa contraction provoque le **soulèvement des côtes + élargissement de tous les diamètres de la cage thoracique.**

*Naissent dans la région cervicale. Ils descendent dans le thorax et assurent l'innervation de la **plèvre** et du **péricarde**. Ils finissent sur le **diaphragme**, assurant son innervation sensitive et motrice, permettant sa contraction et son relâchement, mouvements essentiels à la respiration.*



Appareil respiratoire

Physiologie

Inspiration

→ Phénomène **actif**

→ Dû à l'action des muscles inspireurs sur la cage thoracique dont le mouvement se transmet par la plèvre au poumon qui s'emplit d'air.

Expiration

→ Phénomène **passif**

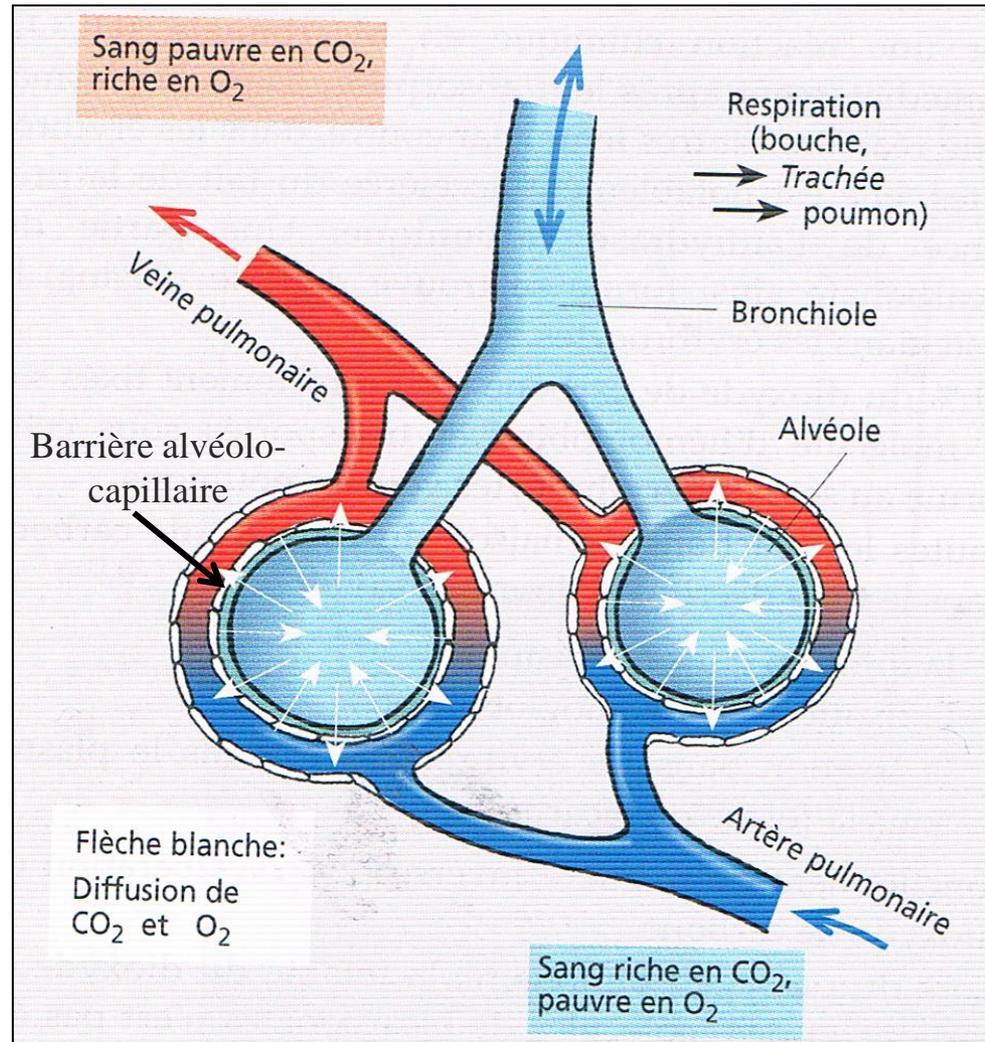
→ Lié à l'élasticité du tissu pulmonaire.

→ Rétraction du poumon, puis, par le mouvement de la plèvre, entraîne le retour de la cage thoracique à l'état antérieur

Fréquence respiratoire = 16 cycles/min
Temps inspiratoire < temps expiratoire

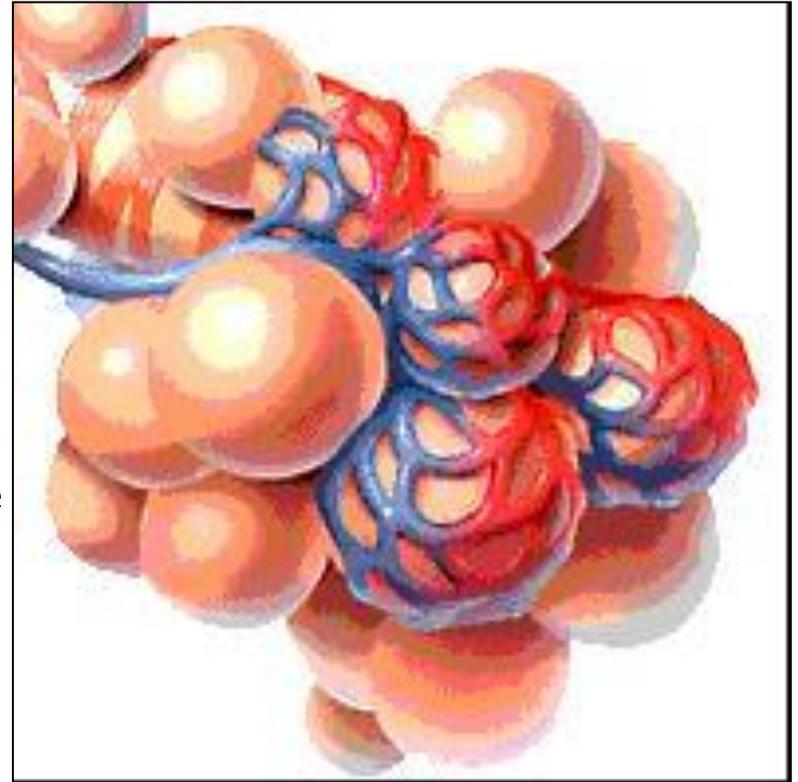
Echanges gazeux entre alvéoles et sang

- ✓ L'anse afférente contient du sang pauvre en O₂ et riche en CO₂ en provenance de l'artère pulmonaire qui émerge du ventricule droit.
- ✓ pendant le temps de contact (*très court*), O₂ et CO₂ **diffusent** (de manière passive) à travers la **barrière alvéolo-capillaire** suivant la pression partielle de chaque gaz.
- ✓ l'anse efférente des capillaires contient du sang riche en O₂ et pauvre en CO₂.
- ✓ Ce sang est transporté par les veines pulmonaires jusqu'à l'oreillette gauche → ventricule gauche → circulation générale.
- ✓ Inflammation pulmonaire → présence de sécrétion → l'étape d'échange à travers la barrière alvéolo-capillaire est **allongée** → détresse respiratoire.



Les alvéoles de réserve

- ✓ La capacité totale du poumon n'est mobilisé qu'en cas d'effort physique maximal.
- ✓ Au repos, une part des alvéoles pulmonaires n'est pas ventilée.
- ✓ Il y'a un petit muscle à l'entrée de l'alvéole qui rétrécit à la fin de la branchiole (**Shunt**) → permet de garder un peu d'air dans l'alvéole à la fin d'expiration.
- ✓ Ces alvéoles de réserve sont moins vascularisées.
- ✓ L'utilisation de ces alvéoles permet l'augmentation des échanges gazeux pulmonaires.



Les pressions partielles

Obéit aux lois physiques de la diffusion des gaz

Les gaz diffusent entre deux points selon la différence de leur pression partielle

Pression \uparrow \rightarrow pression \downarrow

Transport sanguin des gaz

Transport d'O₂

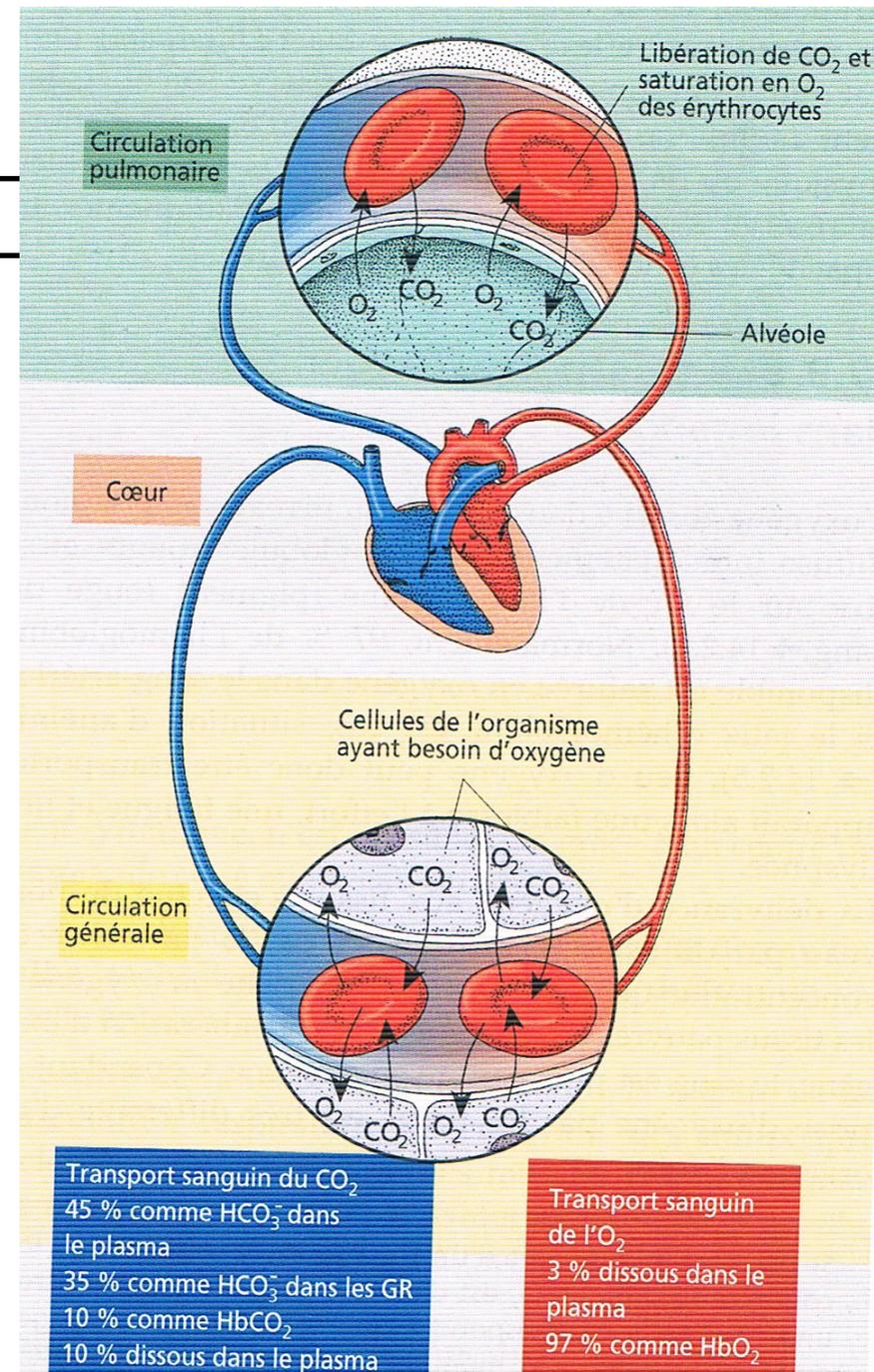
- Majoritairement dans les hématies fixé sur le Fer sous forme d'**oxyhémoglobine HbO₂**

- Peu sous forme dissoute Hb + O₂

Transport de CO₂

- Majoritairement dans les hématies sous forme de **Carbhémoglobine HbCO₂** et dans le plasma sous forme de **bicarbonates HCO₃⁻** (*effet tampon*).

- Peu sous forme dissoute Hb + CO₂



Transport sanguin des gaz

✓ Lors du passage pulmonaire, **la totalité de CO₂ et des bicarbonates HCO₃⁻ n'est pas éliminée** car un niveau déterminé en CO₂ est nécessaire dans le sang pour le maintien du niveau physiologique du pH sanguin et pour le contrôle de la respiration (*cf. sécrétion tubulaire « système urinaire »*)

✓ En revanche, si le CO₂ est mal éliminé → la quantité des ions bicarbonate et H⁺ ↑
→ Acidité du sang ↑ → désordre dans l'organisme + perturbation des réactions biochimiques.

→ Physiologiquement: $\text{pH}_{\text{sang veineux}} = 7,36$ / $\text{pH}_{\text{sang artériel}} = 7,42$



Ces valeurs sont maintenues grâce aux systèmes respiratoire et urinaires

Calcul des pressions partielles de l'O₂ dans les voies respiratoires

$P_{\text{totale}} \text{ mélange de gaz} = \sum P_{\text{partielles}}$ qu'exercent chacun des gaz présents



$P_{\text{partielle}}$ d'un gaz = % de ce gaz . P_{totale} (exercée par le mélange)

▪ **Au niveau de la mer,**
 $P_{\text{air}} = 760\text{mmHg}$
L'air ambiant contient, 21% O₂ et 79% N₂

$P_{\text{O}_2} = 21\% \cdot 760 = 160\text{mmHg}$

▪ **Dans les voies aériennes,** l'air inspiré est saturé en vapeur d'eau (gaz)
 $P_{\text{vapeur d'eau}} = 47\text{mmHg}$
 $P_{\text{air voies aérienne}} = 760 - 47 = 713 \text{ mmHg}$

$P_{\text{O}_2} = 21\% \cdot 713 = 150\text{mmHg}$

▪ **L'air alvéolaire** contient lui 14% O₂
Car, lors de l'inspiration l'air frais se mélange à un peu d'air appauvri en O₂

$P_{\text{O}_2} = 14\% \cdot 713 = 100\text{mmHg}$

Les volume d'air

Echanges gazeux entre l'air alvéolaire et le sang (hématose)

Différence de PO_2 entre alvéoles et sang artérielle

Milieu liquidien / Gaz
(sang des capillaires / air alvéolaire)

→ Les gaz diffusent jusqu'à égalisation des pressions partielles dans les deux phases

→ $P_{O_2 \text{ alvéolaire}} = 100 \text{ mmHg}$

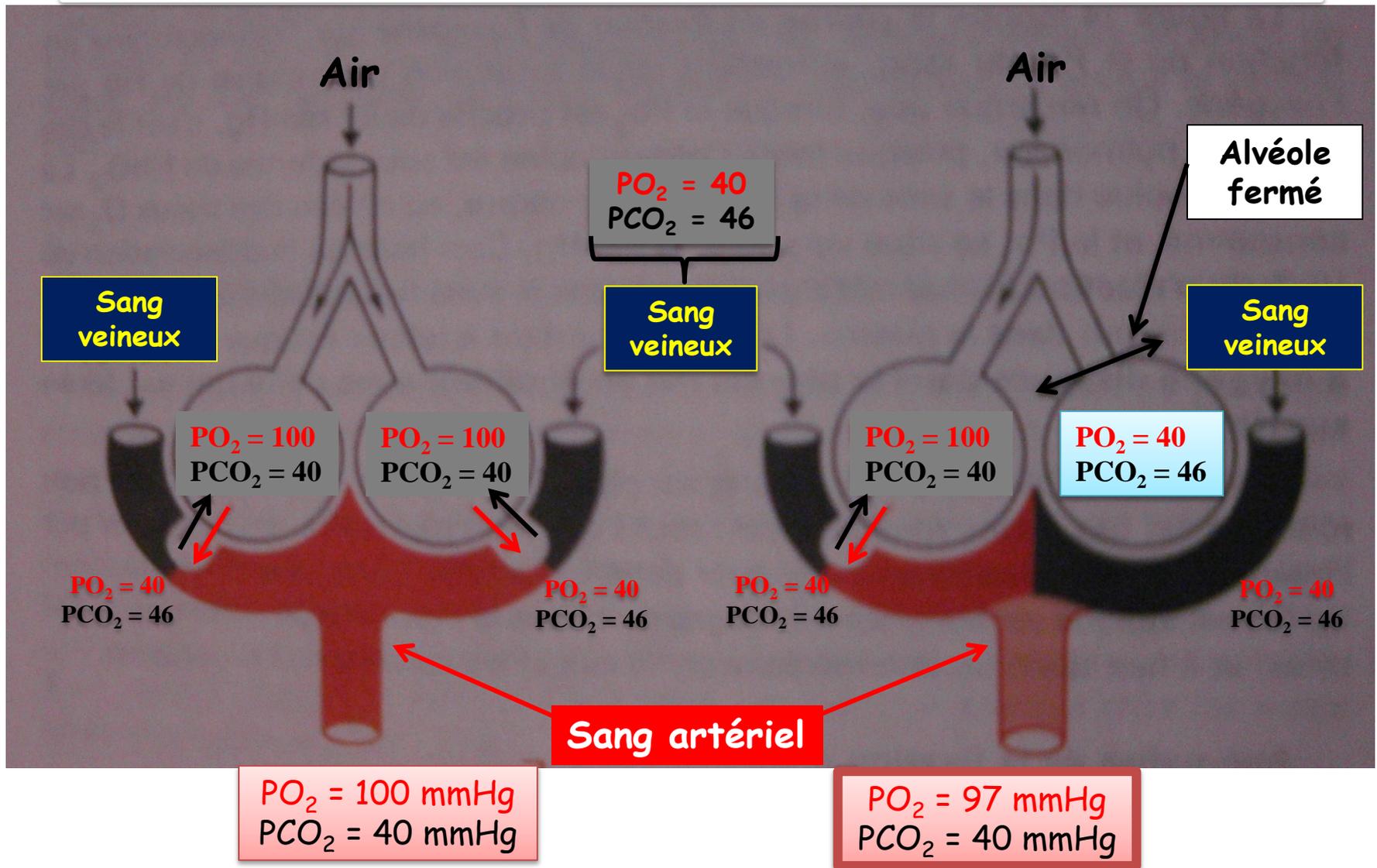
→ $P_{O_2 \text{ sang artériel}}$ est proche de cette valeur = $97 \text{ mmHg} (???)$

Différence de 3mmHg

Cause: Physiologiquement, un certain nombre d'alvéoles sont fermés (muscle lisse au collet de l'alvéole)

→ Une partie de sang veineux ne s'équilibre pas avec l'air alvéolaire et se mélange directement avec la sang artériel

Echanges gazeux entre l'air alvéolaire et le sang (hématose)



Rapport ventilation – perfusion maximum:
→ Toutes les alvéoles sont ouvertes.

Rapport ventilation – perfusion physiologique:
→ Certaines alvéoles sont fermées.

Les volumes pulmonaires et respiratoires

Exploration spirométrique

Volume courant

Volume d'air inspiré et expiré au cours d'un cycle respiratoire normal sans effort particulier . 0,5L (soit 8L/min)

Volume de réserve inspiratoire

Volume maximum qu'on peut inspirer lors d'une inspiration forcée (*après une inspiration normale*) 2L

Volume de réserve expiratoire

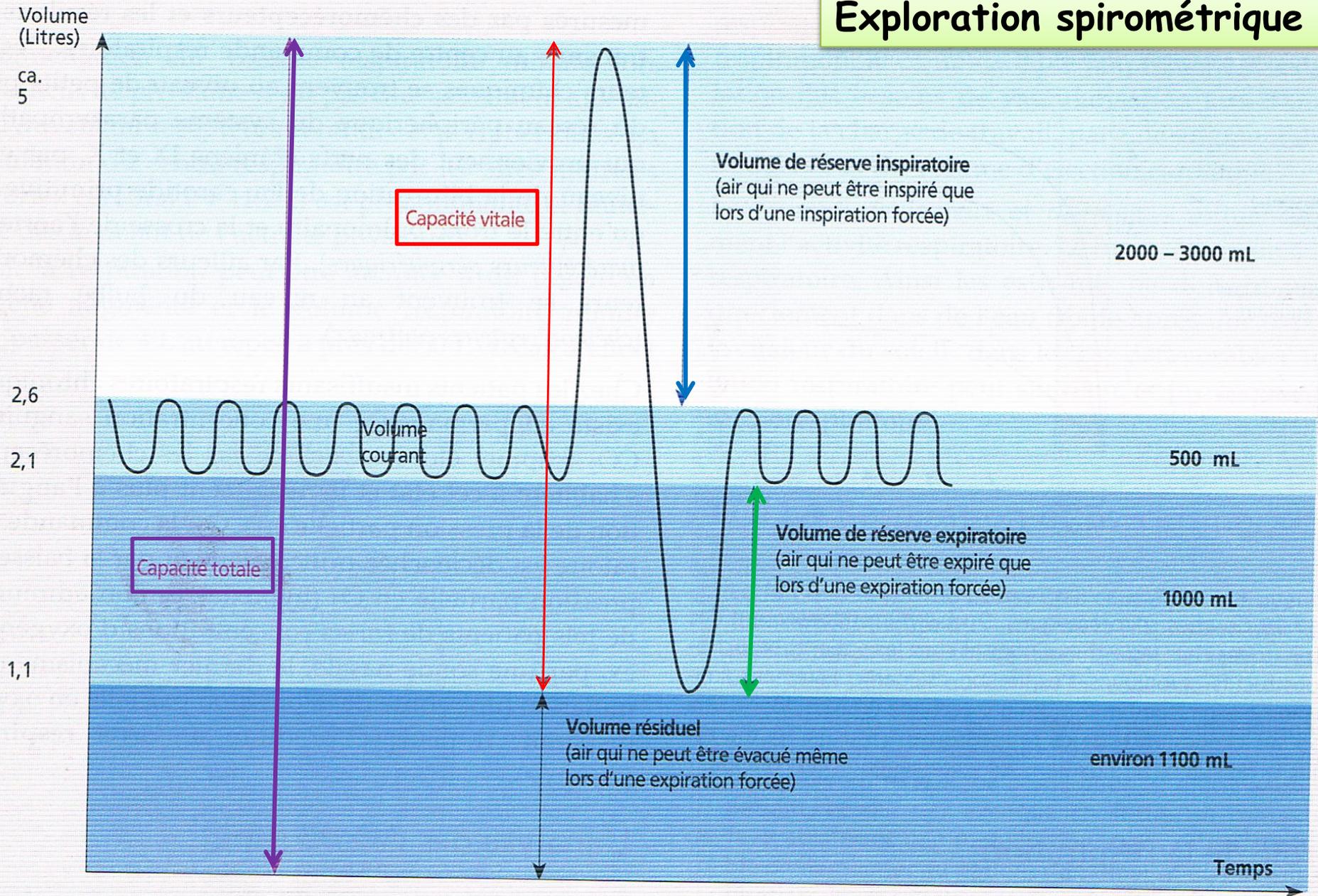
Volume maximum qu'on peut expirer lors d'une expiration forcée (*après une expiration normale*) 1L

Volume résiduel

Correspond au volume d'air restant dans les poumon, même après une expiration forcée environ 1L

Les volumes pulmonaires et respiratoires

Exploration spirométrique



Les volumes d'air et respiratoires

L'air alvéolaire

L'air alvéolaire correspond au volume résiduel



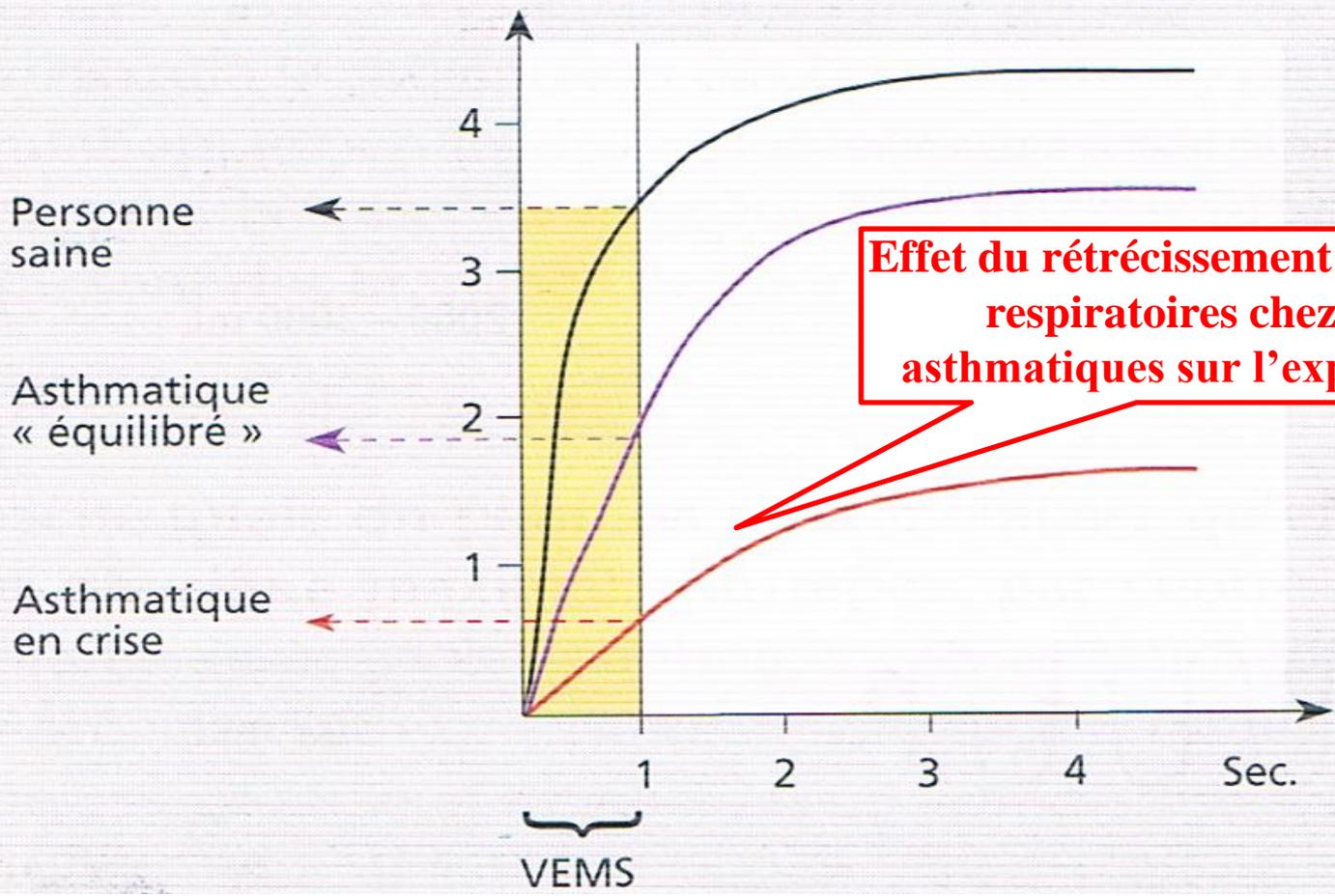
L'air alvéolaire représente un **réservoir de composition constante** où s'alimente de manière continue **le sang qui ne cesse de circuler dans les capillaires.**

Ce réservoir est lui-même régulièrement approvisionné en oxygène par l'air inspiré

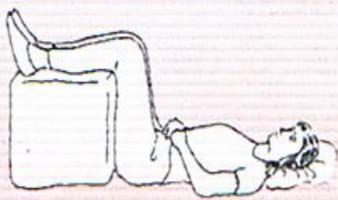
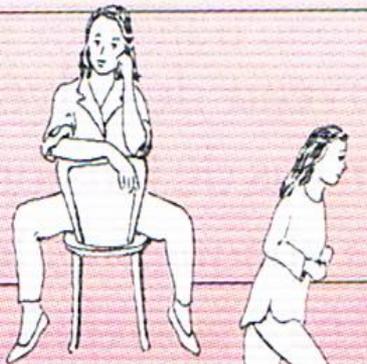
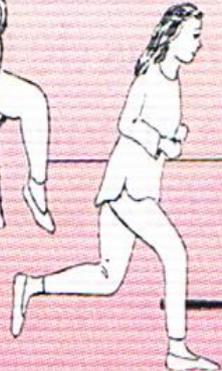
Les volumes d'air et respiratoires

Exploration spirométrique

Volumes de gaz expirés en 1 seconde à l'effort maximal (volumes expiratoire maximum par seconde : VEMS) chez...



Adaptation de la respiration à des besoins différents en O₂

	Volume courant	Fréquence respiratoire	Volume respiratoire minute	Volume d'éjection	Fréquence cardiaque	Débit cardiaque
	350 mL	12/min	4 L	60 mL	60/min	3,6 L
	500 mL	16/min	8 L	80 mL	70/min	5,6 L
	2000 mL	25/min	50 L	100 mL	140/min	14 L

