

UE3-2 - Physiologie – Physiologie Respiratoire

Chapitre 10 :

Fonctions non ventilatoires

Dr. Sandrine LAUNOIS
Dr. Sam BAYAT

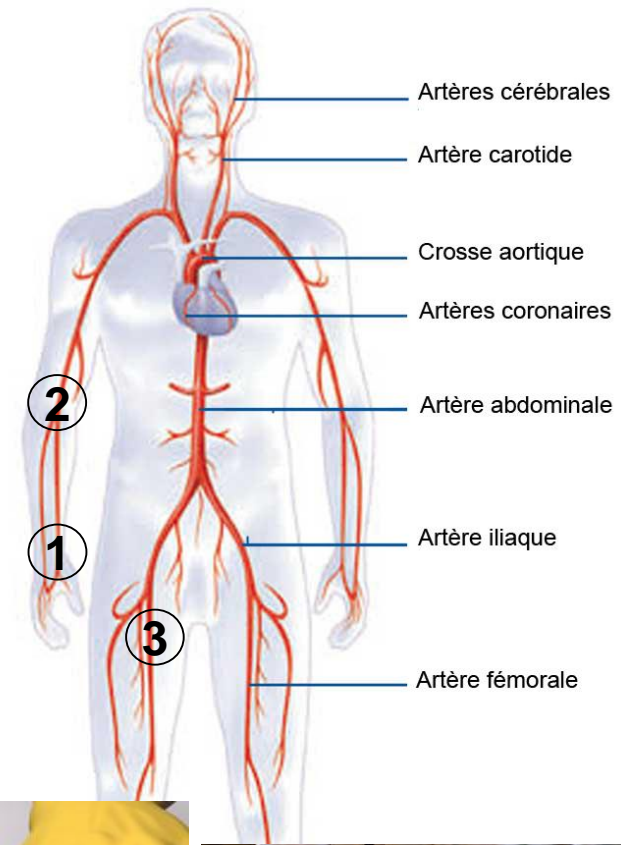
Fonctions de l'appareil respiratoire

- La fonction essentielle du système respiratoire est de permettre
 - l'oxygénation tissulaire
 - l'élimination du gaz carbonique
 - le maintien du pH à une valeur normale
- Cette fonction est appréciée par l'analyse des gaz du sang (= gazométrie artérielle)

Fonctions de l'appareil respiratoire

- Sang artériel normal
 - PaO_2^* = $12,6 \pm 0,5$ kPa
= 95 ± 5 mmHg
 - PaCO_2 = $5,3 \pm 0,3$ kPa
= 40 ± 2 mmHg
 - pH = $7,40 \pm 0,02$
 - SaO_2 = 98% (94-100)

*soustraire 1,3 kPa / 10 ans après 60 ans



Equilibre acido-basique

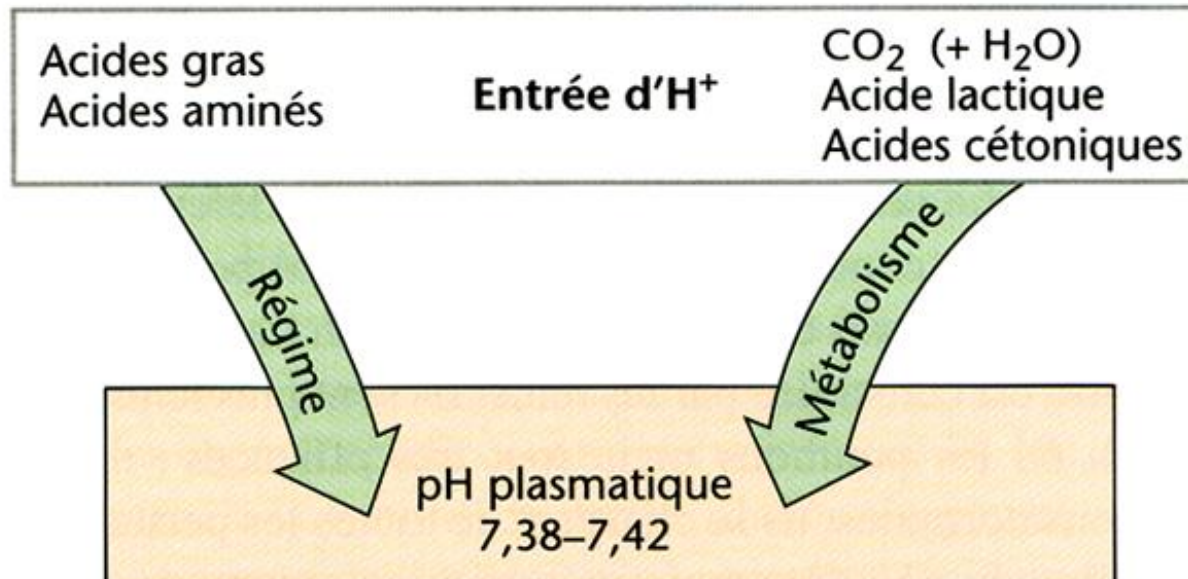
- pH (potentiel hydrogène) d'une solution = mesure de sa concentration en ions H^+ → $pH = - \log [H^+]$
- Equilibre acido-basique indispensable à l'organisme (« homéostasie du pH »)
- pH du sang artériel au repos
 - Normal = $7,40 \pm 0,02$
 - Alcalose $> 7,42$
 - Acidose $< 7,38$
- pH liquide gastrique: 1-5, pH urinaire: 4,5 - 8,5...
- pH intra-cellulaire ≈ 7 (varie d'une cellule à l'autre)

Equilibre acido-basique

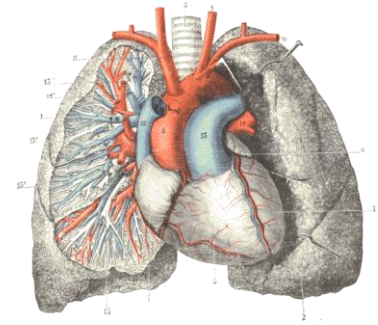
- Si le pH sanguin s'écarte de plus de quelques dixièmes d'unités des limites normales
 - **Retentissement sur les protéines** intracellulaires, enzymes et canaux membranaires **très sensibles au pH**
 - **Modifications de la concentration en ions K^+** du fait des échanges $H^+ - K^+ \rightarrow$ déséquilibre potassique avec troubles de l'excitabilité
 - Cardiaque : troubles du rythme, surtout en acidose
 - Neuronale : dépression du système nerveux central en acidose, hyperexcitabilité en alcalose

Régulation du pH

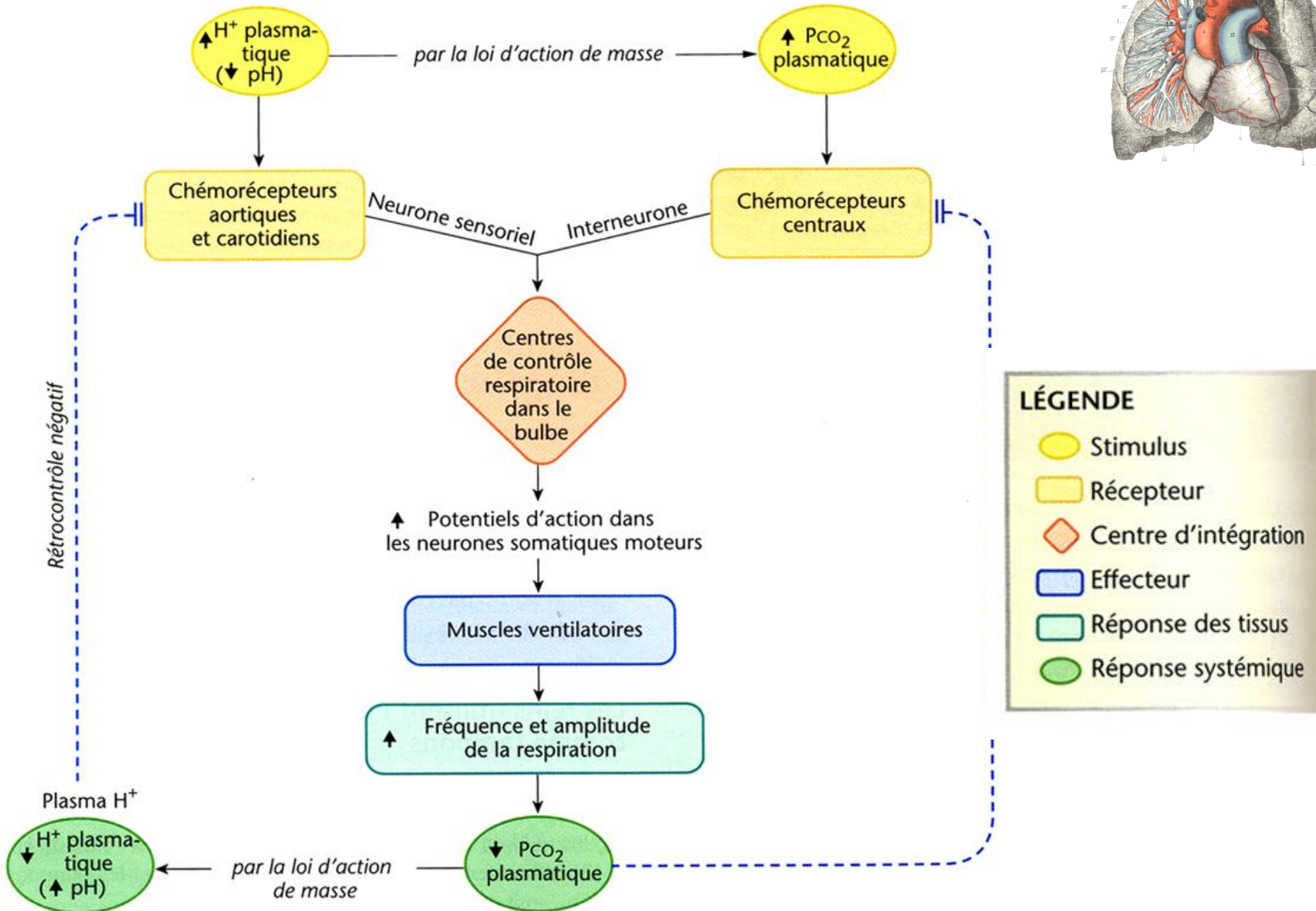
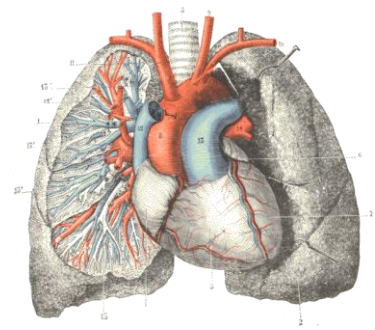
- Équation d'Henderson – Hasselbach
 - $\text{pH} = 6,1 + \log ([\text{HCO}_3^-]/0,03 \text{ P}\text{CO}_2)$
- HCO_3^- en équilibre avec CO_2 dissous
 - $\text{H}^+ + \text{HCO}_3^- \rightleftharpoons \text{H}_2\text{CO}_3 \rightleftharpoons \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$



Régulation du pH



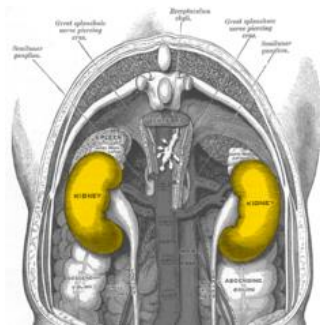
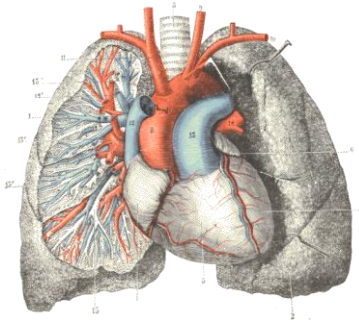
- Rôle de la ventilation
 - Modification du CO_2 dissous plasmatique ($P_a\text{CO}_2$) → modification de $[\text{H}^+]$
 - plus de CO_2 dissous = plus d'ions H^+ et inversement
 - Chémorécepteurs centraux stimulés +++
indirectement par les modifications de CO_2
 - Chémorécepteurs périphériques stimulés *directement* par la concentration d'ions H^+
 - Intégration dans les centres respiratoires du tronc cérébral → modification de la ventilation



- Rôle du rein (voir cours Pr Godin-Ribuot)
 - Excrétion ou réabsorption d'ions H^+ et modification la quantité d'ions HCO_3^- réabsorbée
 - Ions H^+ excrétés dans la lumière urinaire tamponnés par de l'ammoniac et des ions HPO_4^{2-}
 - Lieux de régulation de la concentration des ions H^+ et des ions HCO_3^-

Régulation du pH

- Homéostasie de l'équilibre acido-basique:



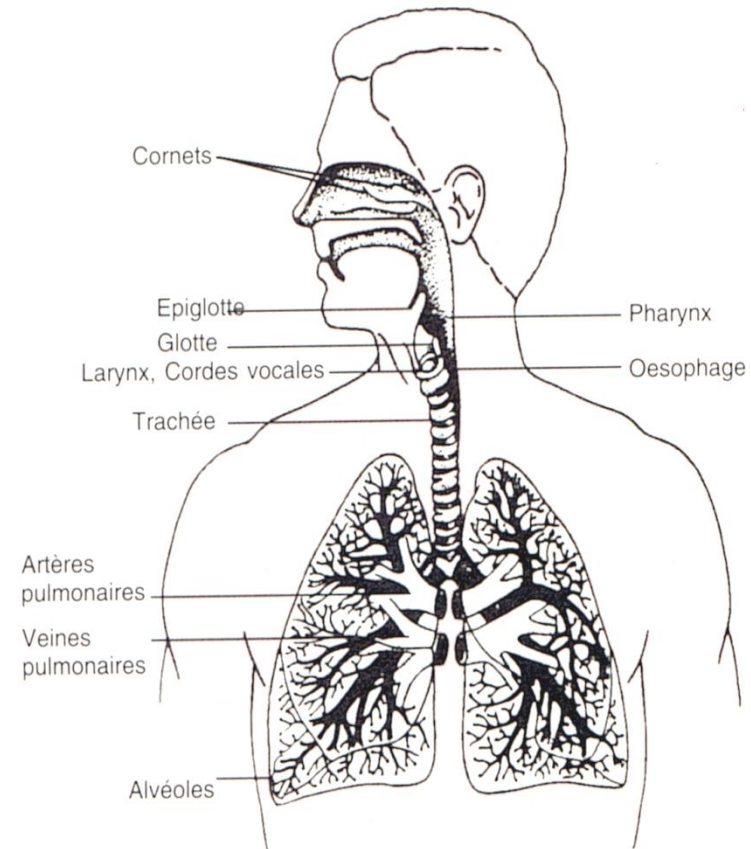
- Ventilation $\approx 75\%$ de la réponse de l'organisme, réponse rapide (1 à 3')
- Régulation rénales des H^+ et $HCO_3^- \approx 25\%$ de la réponse de l'organisme, réaction tardive (quelques heures)

Fonctions de l'appareil respiratoire

- L'appareil respiratoire a d'autres fonctions, qui ne sont pas liées directement aux échanges gazeux
 - Phonation, déglutition, hoquet, rires, bâillement, reniflement, soupir, vomissements...
 - Défense de l'organisme (toux, éternuement, filtration des particules, système immunitaire...)
 - Fonction métabolique (circulation pulmonaire)
 - Filtre circulatoire
 - Réservoir sanguin
 - Thermorégulation et balance hydrique

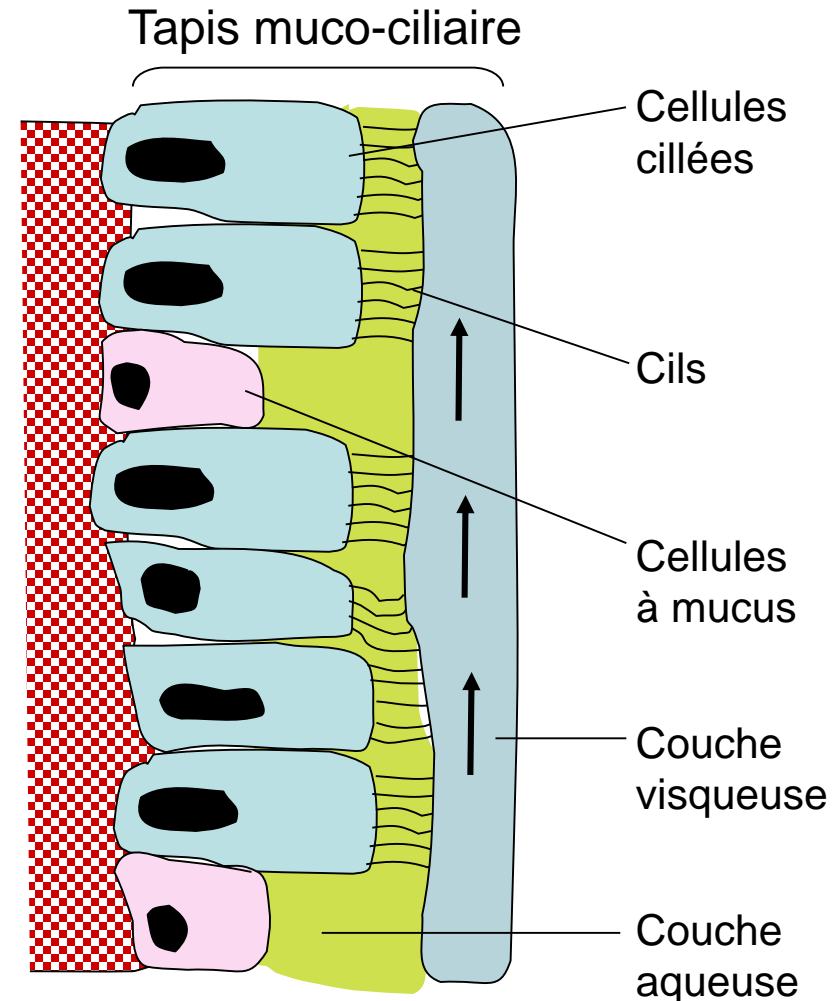
Défense de l'organisme

- Clairance muco-ciliaire
- Facteurs mécaniques
- Conditionnement de l'air inspiré
- Flore normale
- Tissu lymphoïde
- Macrophages alvéolaires

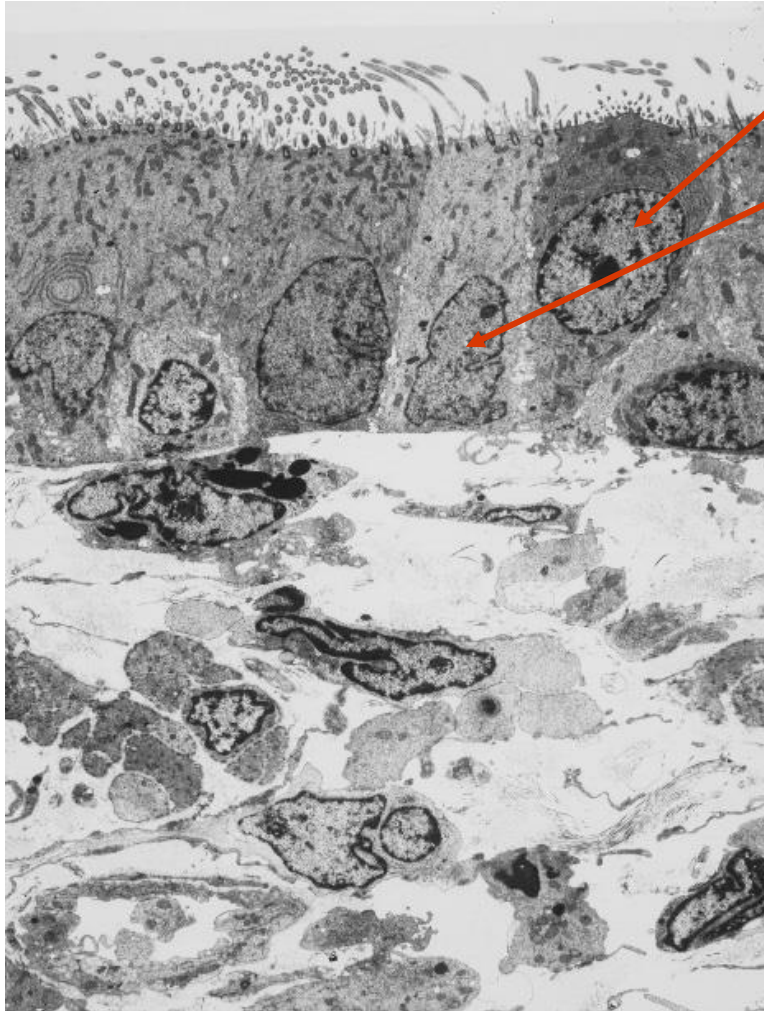


Clairance muco-ciliaire

- Muqueuse respiratoire (fosses nasales, trachée, arbre bronchique proximal)
 - épithélium de type respiratoire, cylindrique pseudo-stratifié cilié
 - reposant sur un tissu conjonctif (chorion) riche en glandes
- Cellules fragiles, sensibles aux infections, irritants et polluants

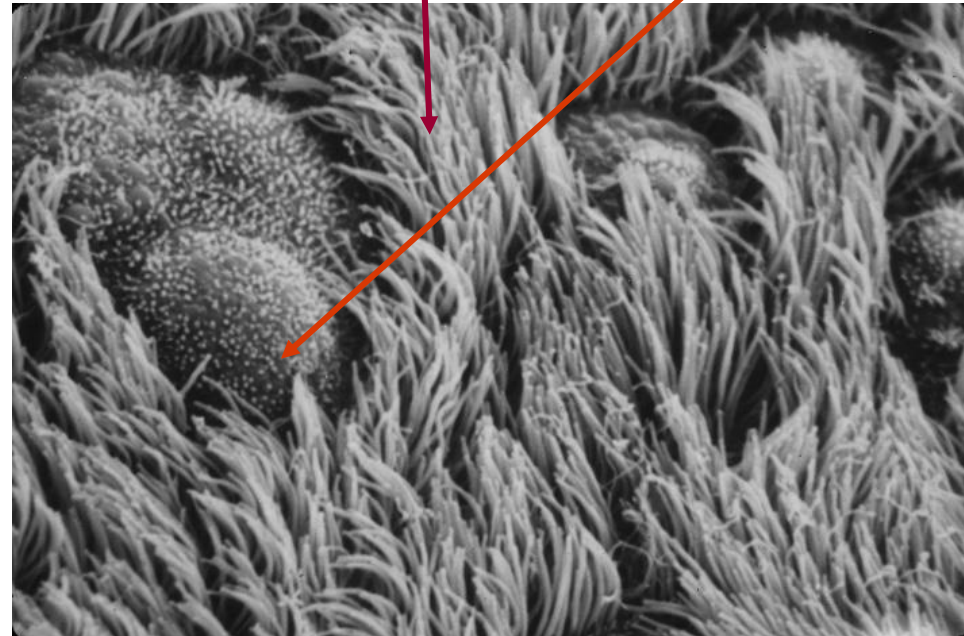


Clairance muco-ciliaire



Cellules à mucus (calciformes)

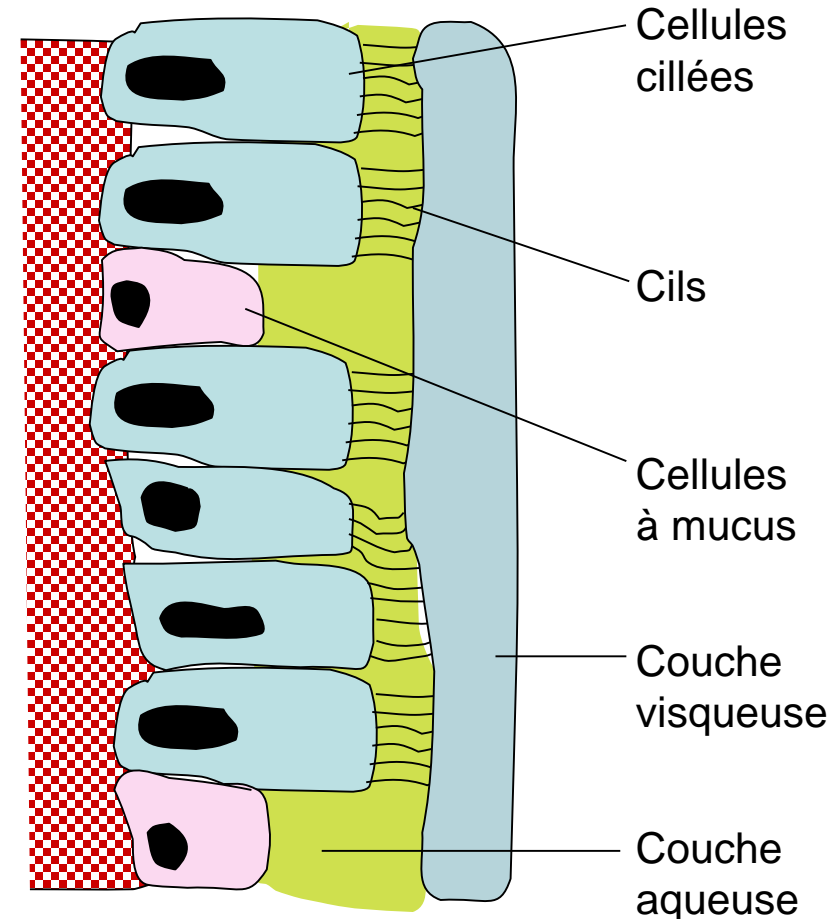
Cellules ciliées



Epithélium bronchiolaire

Clairance muco-ciliaire

- Mucus
 - gel viscoélastique hétérogène
 - sécrété par les cellules caliciformes et les glandes sous-muqueuses
 - contient aussi des **protéines** impliquées dans les réactions de défense de l'organisme
- 2 couches
 - **Couche visqueuse** superficielle
 - capte les particules
 - propulsée vers le pharynx
 - **Couche fluide** profonde
 - milieu aqueux permettant le battement des cils

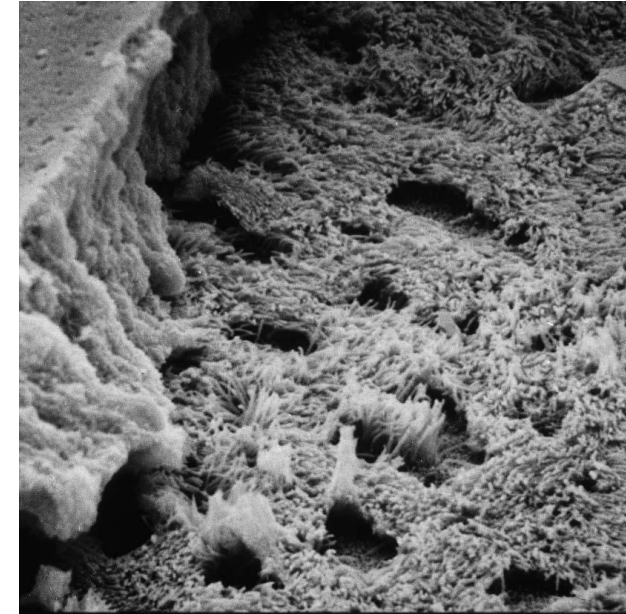


Clairance muco-ciliaire

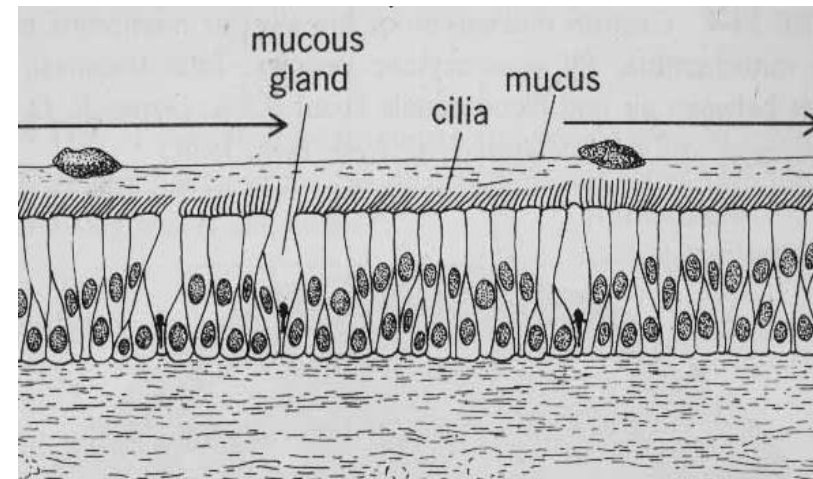
- Les **cils** battent à une fréquence de 1000 à 1500/min
- Au repos, le **tapis muqueux** est transporté à la vitesse de
 - 0,5 -1 mm/min dans les petites VA
 - 5 à 20 mm/min dans les bronches et la trachée vers les voies aériennes supérieures
- La toux augmente cette vitesse
- Sécrétions expectorées ou avalées

Clairance muco-ciliaire

- **Tapis mucociliaire**
 - humidifie et filtre l'air inspiré
 - protège la muqueuse du dessèchement
 - conditionne l'air inspiré
 - épuration broncho-alvéolaire
- **Clairance mucociliaire**
 - action combinée du mucus et des cils pour éliminer les particules étrangères



D'après référence web1



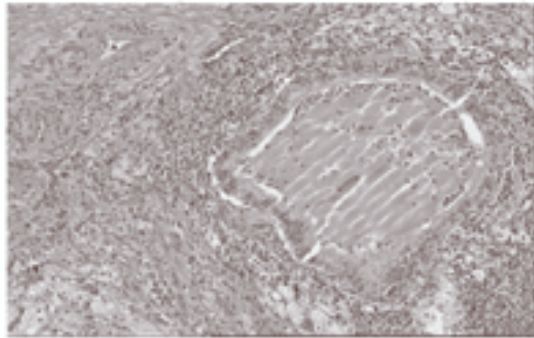
Clairance muco-ciliaire

- Anomalies du tapis muco-ciliaire
 - congénitales ou acquises
 - transitoires ou irréversibles
 - locales ou systémiques
 - mucus et/ou cils
- Conséquences
 - fonction respiratoire du poumon (propriétés résistives)
 - défense de l'organisme

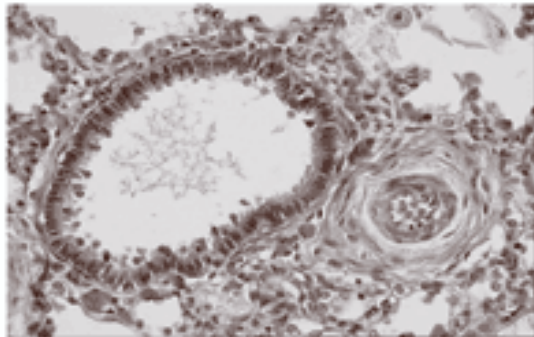
Clairance muco-ciliaire

Mucus anormal

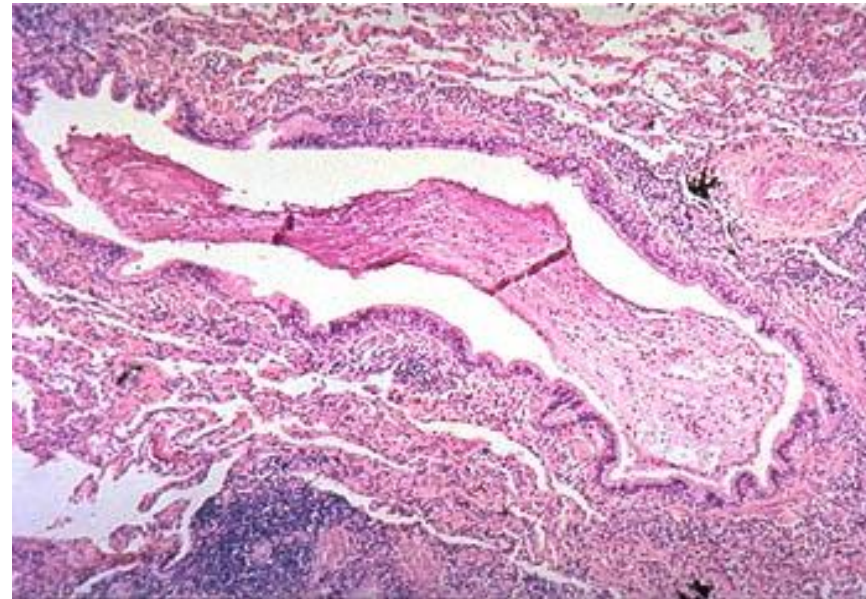
Muco



Normal



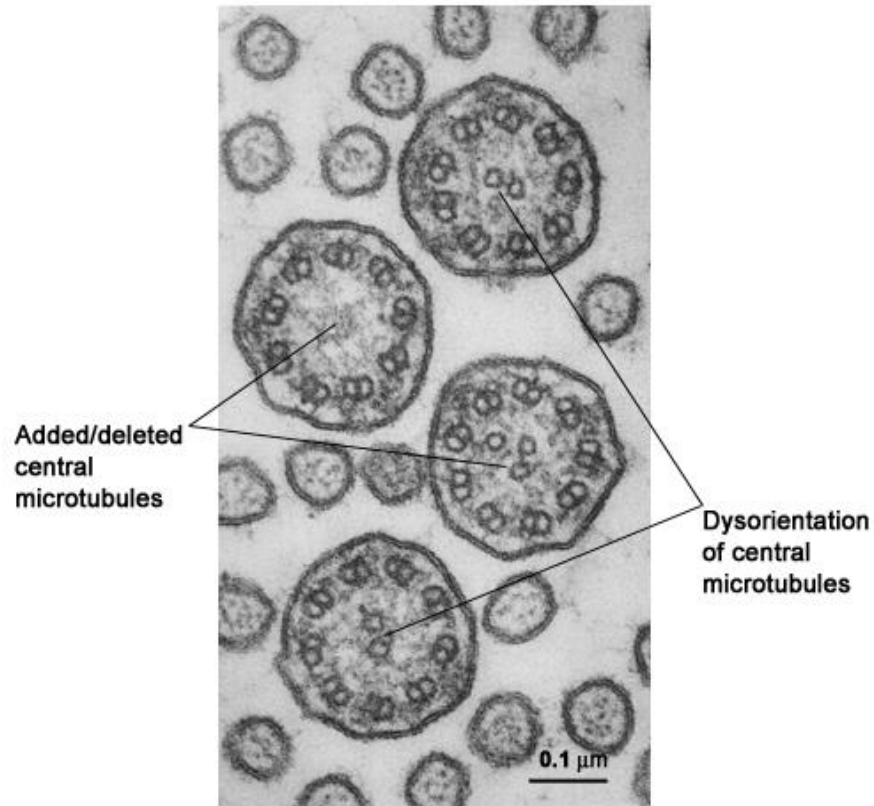
Mucoviscidose



Bouchon muqueux,
asthme

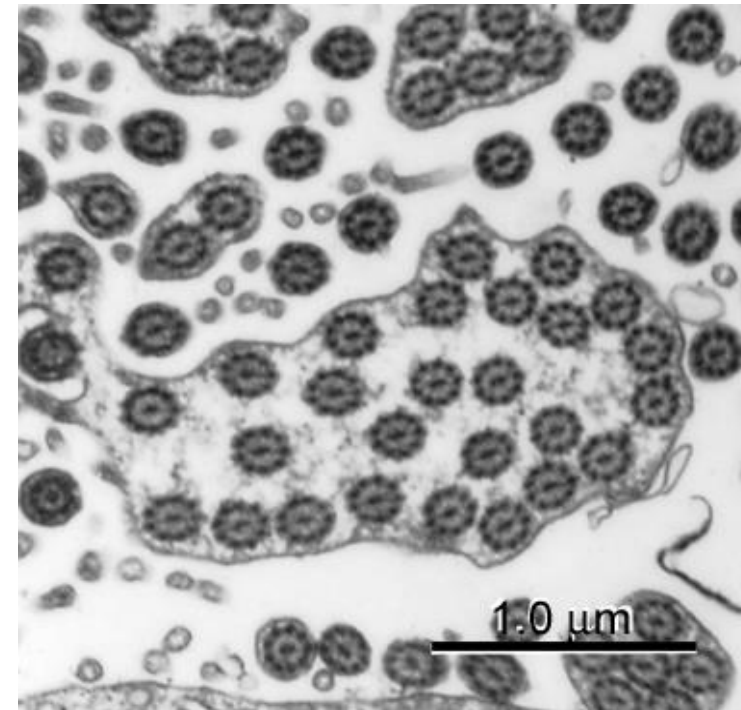
Clairance muco-ciliaire

Cils anormaux



Microtubules centraux supplémentaires
ou manquants

Infection virale aiguë



Le «cil» résultant de la fusion des
membranes individuelles des cils n'est
pas fonctionnel

Exposition au SO₂

Facteurs mécaniques

Filtration des particules étrangères

– Impaction

VAS

diam. $> 5 \mu\text{m}$

– Sédimentation

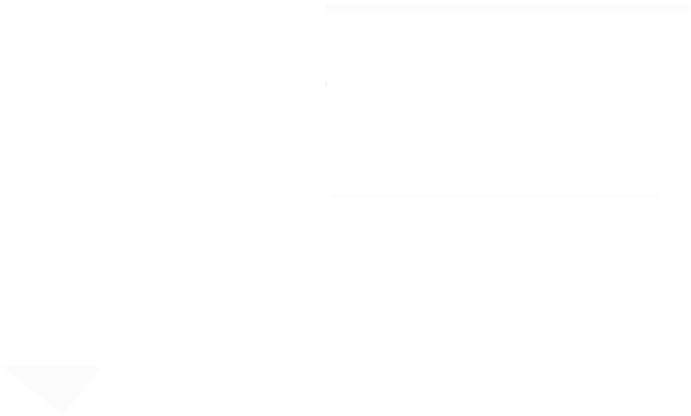
Arbre trachéobronchique

diam. $5\text{-}0,2 \mu\text{m}$

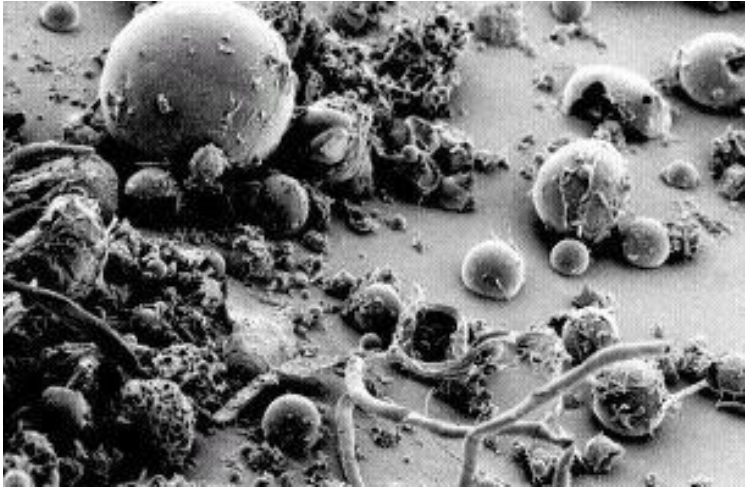
– Diffusion

Alvéoles

diam. $< 1 \mu\text{m}$



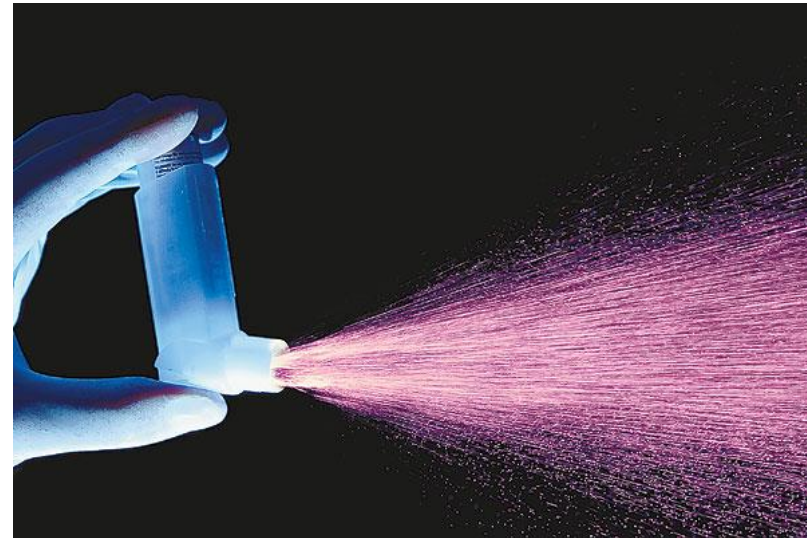
Facteurs mécaniques



Poussières de charbon



Fibres d'amiante



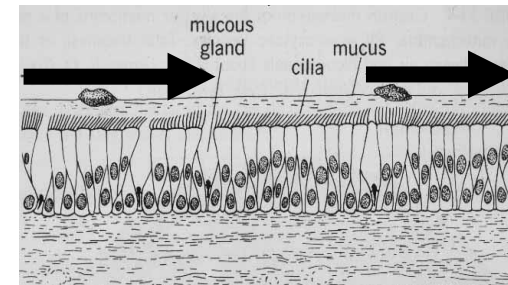
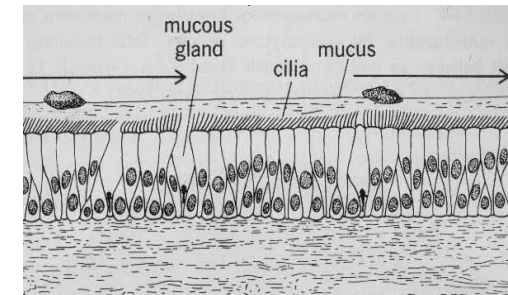
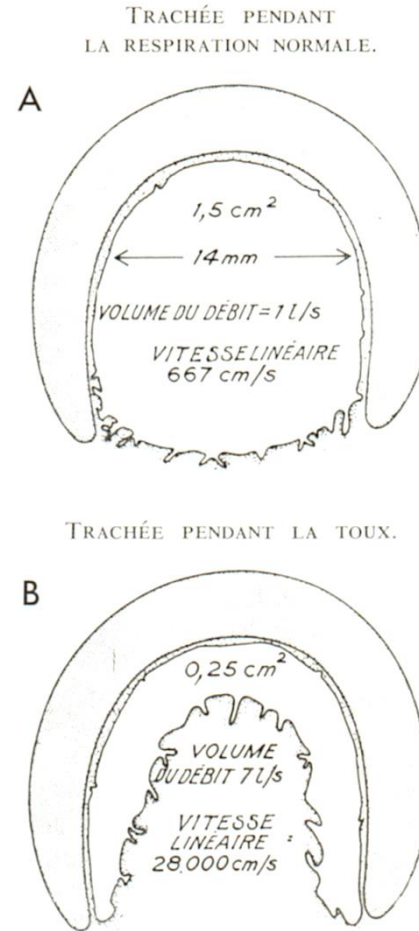
Médicament bronchodilatateur

Facteurs mécaniques

- Réflexe de **toux**
 - Stimuli mécaniques ou chimiques
 - Récepteurs: pharynx, trachée, grosses bronches, plèvre, diaphragme
 - Voie afférente: par le X
 - Centre bulbaire de la toux, cortex
 - Voie efférente: motoneurones respiratoires (diaphragme, IC, muscles expiratoires abdominaux)

Facteurs mécaniques

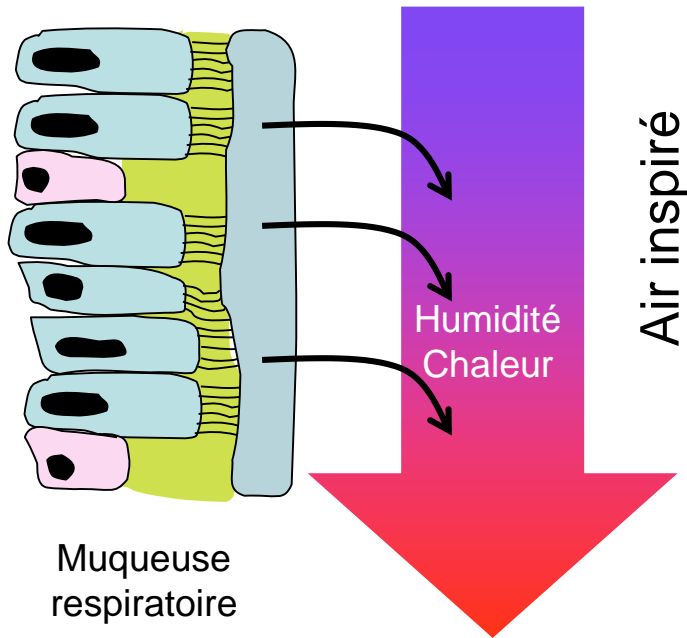
- Réflexe de **toux**
 - **Toux** = inspiration profonde (CPT), expiration forcée à glotte fermée, ouverture brutale de la glotte, expiration bruyante à débit rapide, par la bouche



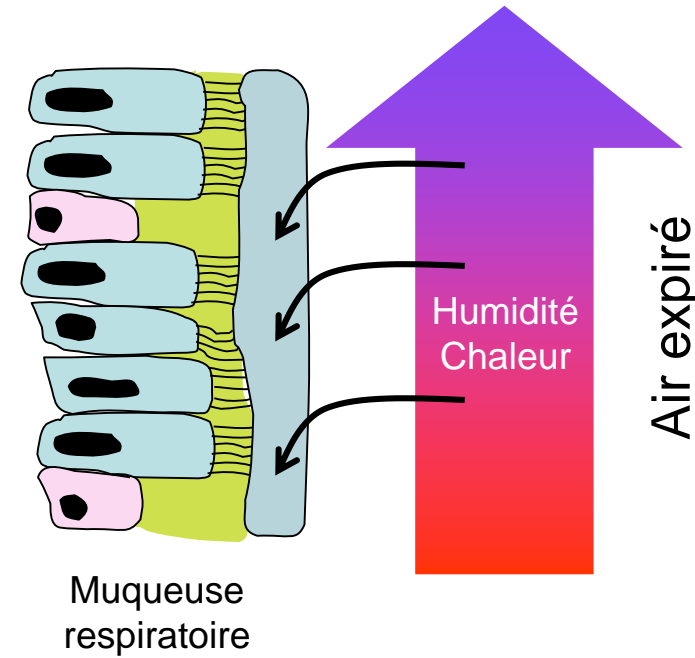
Facteurs mécaniques

- Réflexe d'éternuement
 - Stimuli mécaniques ou chimiques
 - Récepteurs muqueuse nasale
 - Voie afférente: par les nerfs olfactif et trijumeau
 - Centre bulbaire
 - Voie efférente: motoneurones respiratoires (diaphragme, IC, muscles expiratoires abdominaux)
 - Eternuement = inspiration profonde (CPT), expiration forcée à glotte fermée, ouverture brutale de la glotte, expiration bruyante à débit rapide par le nez et la bouche

Conditionnement de l'air inspiré



- Air inspiré = froid et sec
- Dans les VAS:
 - Saturation de l'air inspiré en H_2O
 - Réchauffement de l'air à la T° corporelle



- Muqueuse refroidie et desséchée par l'inspiration
- Restitution d'une partie de la chaleur et de l'humidité par l'air expiré

Conditionnement de l'air inspiré

- Humidité optimale de l'air inspiré
 - minimise l'impact des agents pathogènes:
 - ↑ évacuation (bon fonctionnement du tapis muco-ciliaire)
 - limite la multiplication des bactéries en évitant l'accumulation du mucus
 - évite l'obstruction des petites VA par des bouchons muqueux

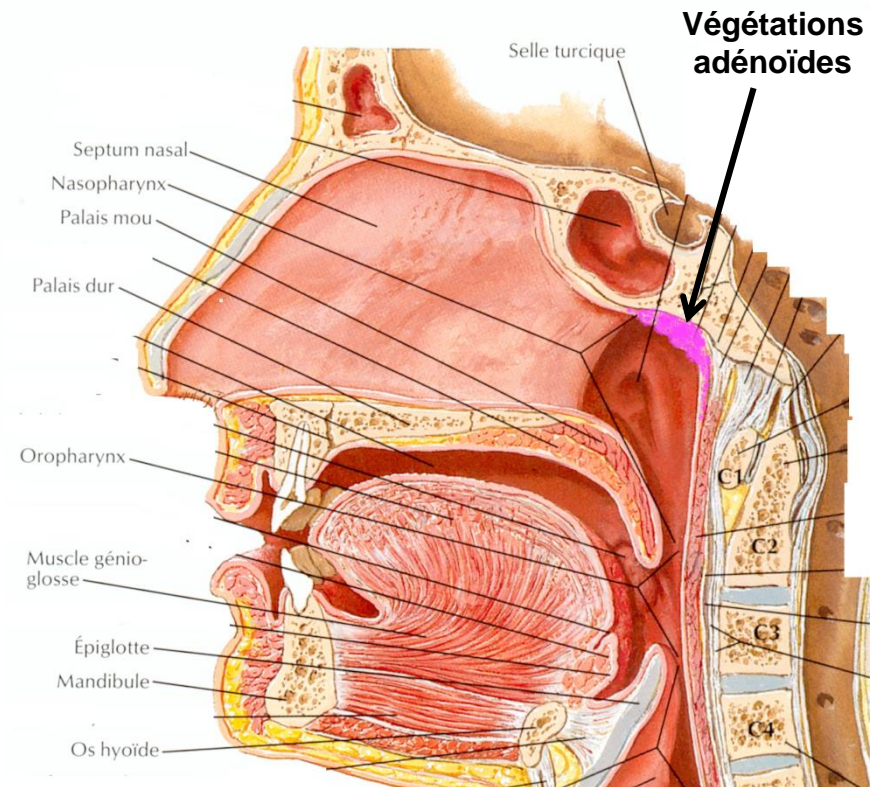
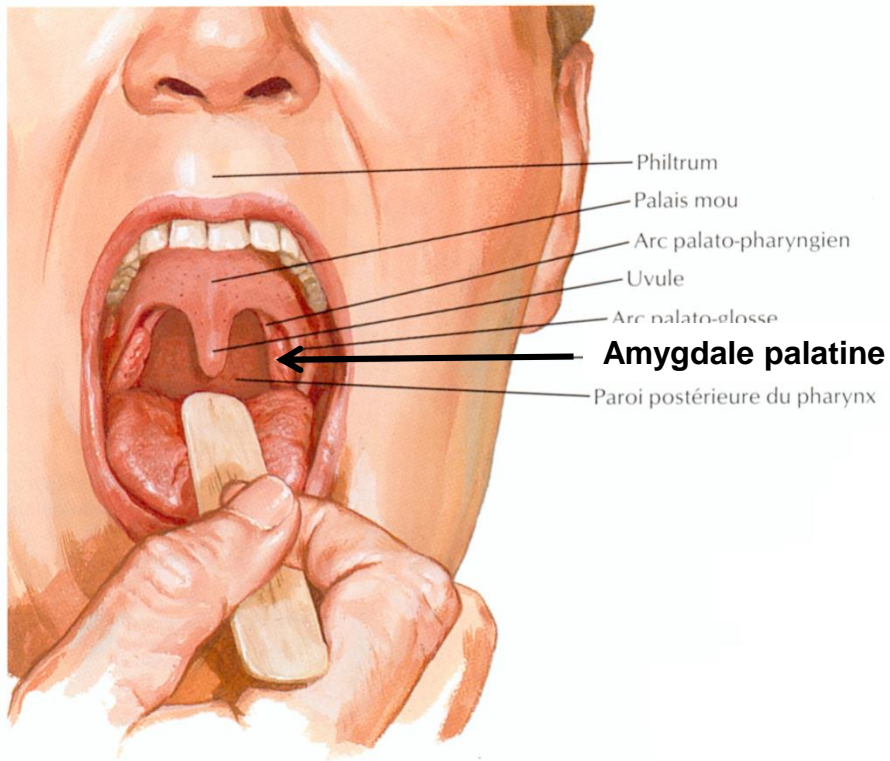
Flore normale

- Muqueuse nasale et pharyngée
 - flore résidante abondante
 - bactéries non pathogènes
 - en compétition avec les agents potentiellement pathogènes (diminue leur colonisation)
- En aval du larynx
 - flore bactérienne très réduite
 - VAI et parenchyme pulmonaire = stériles



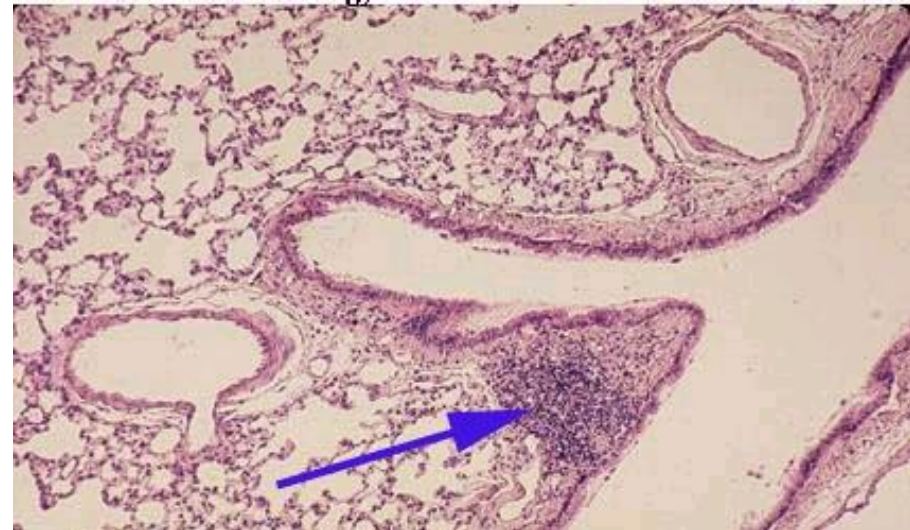
Tissus lymphoïde

- Amygdales, végétations adénoïdes



Tissus lymphoïde

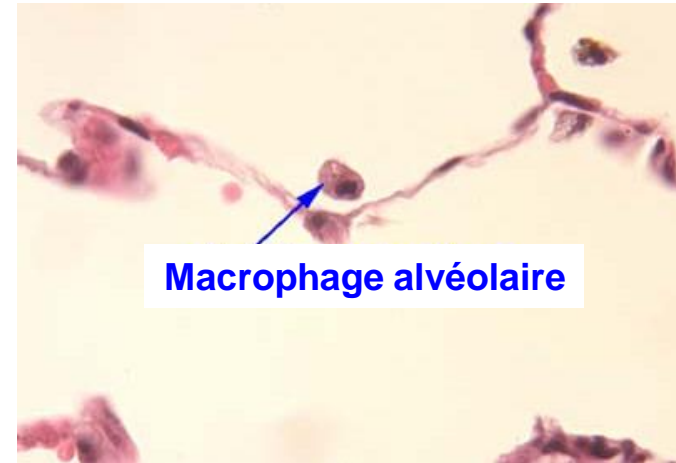
- **Lymphocytes T** dispersés dans la muqueuse
- **Lymphocytes B** diffus ou groupés en nodules lymphoïdes et **plasmocytes**



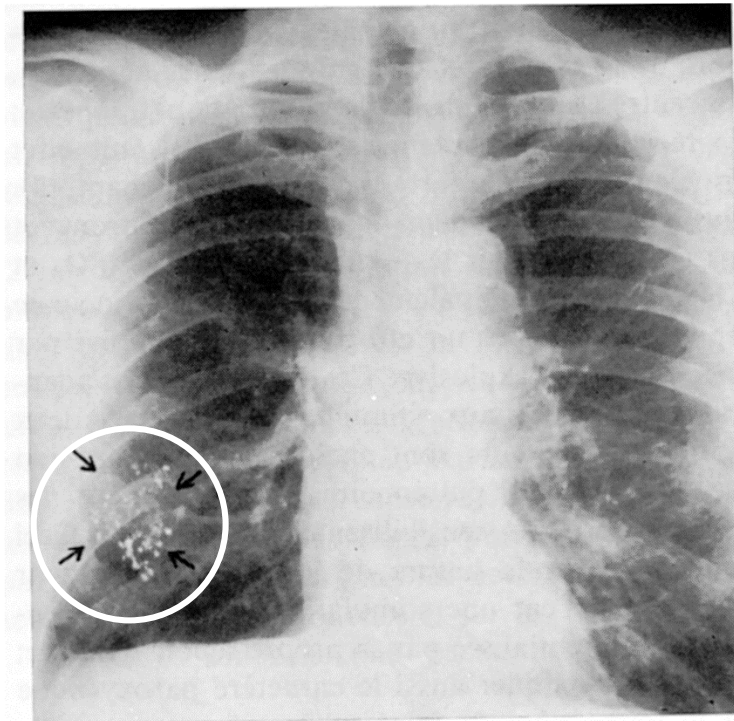
Tissu lymphoïde

Macrophages alvéolaires

- Principal système de défense de l'espace alvéolaire
- Sécrètent de nombreux facteurs
- Restent dans les alvéoles sous forme d'amas («cellules à poussières») ou sont éliminés par tapis muco-ciliaire ou interstitium



D'après référence web6



D'après référence 7

Conclusions

- Multiples fonctions non liées à la ventilation pulmonaire ou aux échanges gazeux
- Certaines jouent un rôle dans une ventilation efficace
- Nombreux réflexes mais aussi fonctions complexes comportementales mettant en jeu le cortex

Références iconographiques

LIVRES				
n° référence	titre de l'ouvrage	auteur	éditeur	année
1	Manuel d'anatomie et de physiologie	SH N'Guyen	Lamarre	1999
2	Atlas d'anatomie humaine	FH Netter	Maloine	1997
3	L'essentiel en physiologie respiratoire	Ch Préfaut	Sauramps Médical	1986
4	Précis de physiologie médicale	AC Guyton	Piccin	1991
5	Pulmonary physiology	MG Lewitsky	McGrawHill	2003
6	Pulmonary physiology and pathophysiology	JB West	Lippincott Williams & Wilkins	2001
7	Physiologie de la respiration	JH Comroe	Masson	1978
8	Physiologie humaine	DU Silverthorn	Pearson Education France	2007
SITES WEB				
n° référence	url			dernière visite
web1	http://depts.washington.edu/envh/lung.html			10 2010
web2	http://www.meddean.luc.edu/lumen/MedEd/Histo/frames/h_fram15.html			10 2010
web3	https://casweb.ou.edu/pbell/histology/Outline/lung.html			10 2010
web4	http://w3.ouhsc.edu/histology/			10 2010

Mentions légales

L'ensemble de ce document relève des législations française et internationale sur le droit d'auteur et la propriété intellectuelle. Tous les droits de reproduction de tout ou partie sont réservés pour les textes ainsi que pour l'ensemble des documents iconographiques, photographiques, vidéos et sonores.

Ce document est interdit à la vente ou à la location. Sa diffusion, duplication, mise à disposition du public (sous quelque forme ou support que ce soit), mise en réseau, partielles ou totales, sont strictement réservées à l'Université Grenoble Alpes (UGA).

L'utilisation de ce document est strictement réservée à l'usage privé des étudiants inscrits en Première Année Commune aux Etudes de Santé (PACES) à l'Université Grenoble Alpes, et non destinée à une utilisation collective, gratuite ou payante.