

Développement Embryologique de l'Appareil Respiratoire

1. Introduction :

L'appareil respiratoire comprend les voies aériennes (fosses nasales et rhino-pharynx), le larynx, la trachée, les poumons et les plèvres. Il s'y ajoute une structure musculaire spécifique, le diaphragme.

Les fosses nasales ont une origine ectoblastique. Dans le reste de l'appareil respiratoire l'épithélium est entoblastique et le conjonctif mésoblastique.

Les plèvres ont également une origine mésoblastique.

Au cours du développement respiratoire, on distingue une période embryonnaire d'organogénèse et une période fœtale d'histogénèse.

2. Développement de L'arbre trachéo-bronchique et des poumons :

2.1. Période embryonnaire d'organogénèse : (Fig.1) :

✓ A l'extrémité céphalique :

- Pendant le stade embryonnaire, à la 4^{ème} semaine, un bourgeon pulmonaire apparaît à partir de la paroi antérieure du tube digestif primitif (intestin primitif).
- Ce bourgeon se développe et devient le diverticule trachéal
- Le diverticule trachéal, à l'origine de la trachée, s'isole ensuite de l'intestin antérieur par un septum longitudinal, le septum trachéo-œsophagien.
- La trachée sera ainsi séparée de l'œsophage en position dorsale
- La trachée forme alors un tube rectiligne, borgne à son extrémité caudale.

✓ A l'extrémité caudale :

- Le diverticule trachéal se divise tout d'abord en deux bourgeons bronchiques, futures bronches souches droite et gauche, puis intervient une deuxième division (division de 2^{ème} ordre), à l'origine des trois bronches lobaires droites et deux bronches lobaires gauches.
- La division suivante (division de 3^{ème} ordre) aboutit à la formation des bronches segmentaires.
- Ces bourgeons s'enfoncent dans le mésenchyme.
- Le mésenchyme a un rôle inducteur et sera à l'origine de tous les éléments conjonctifs des poumons.
- Les divisions vont ensuite se poursuivre ; de façon dichotomique, émettant des bronches de plus en plus petites ; atteignant finalement 17 divisions pour donner les voies aérophores intra-pulmonaires.
- Durant sa croissance l'arbre bronchique, entouré de mésenchyme, arrive à proximité de la cavité coelomique qui va former la cavité pleurale.

- ✓ Ainsi la phase d'organogenèse est terminée. Les poumons se sont mis en place. Ils possèdent leur vascularisation propre et sont entourés par la cavité pleurale. Mais la structure reste rudimentaire : Ils sont incapables d'assurer leur fonction d'hématose.

2.2. Période fœtale d'histogène : (Fig.2) :

- Jusqu'au 4^{ème} mois : (16^{ème} semaines), l'épithélium des voies est un épithélium cylindro-cubique simple. C'est le stade pseudo glandulaire.
- Entre 16^{ème} et 24^{ème} semaines :
 - Au niveau des bronches ; l'épithélium devient prismatique pseudo stratifié tandis que celui des bronchioles reste cubique simple
 - Les capillaires se développent considérablement au sein du conjonctif, mais restent à distance de l'épithélium
 - Les bronchioles terminales donnent naissance aux bronchioles respiratoires :
 - les futures régions d'échanges gazeux se mettent en place.
 - Les premiers signes de différenciation des cellules épithéliales (futurs pneumocytes) sont visibles : C'est le Stade canaliculaire.
- Entre 24 et 36^{ème} semaines : les capillaires se développent considérablement au sein du conjonctif, et se rapprochent de l'épithélium.
 - La première vague des branches respiratoires reçoit un réseau dense de capillaires et constituent les canaux alvéolaires et les sacs alvéolaires (alvéoles primitives) :
 - L'épithélium continue à se différencier (différenciation des pneumocytes de type I et de type II).
 - C'est au cours de ce stade les pneumocytes de type II commencent à sécréter le surfactant entre la 24^{ème} et la 26^{ème} semaine.
- ✓ C'est le Stade sacculaire.
 - Au 36^{ème} au 38^{ème} Semaines : se forment les alvéoles : C'est le stade alvéolaire.
 - marqué par la formation des alvéoles définitives.
 - Ils se forment des nouveaux sacs alvéolaires donnant naissance simultanément aux nouveaux alvéoles.
 - L'épithélium des culs de sac s'aplatit et établit un contact intime avec l'épithélium des capillaires sanguins et lymphatiques, tandis que les lumières s'élargissent.
 - Le nombre des alvéoles augmente tandis que l'épithélium continue à s'aplatir, les capillaires venant faire relief dans la lumière des alvéoles.
 - Un remodelage des capillaires permet la mise en place de la barrière alvéolo-capillaire définitive.
 - Ce processus d'alvéolisation débute in utero ; cependant, la majorité des alvéoles sont formées après la naissance.
 - Les alvéoles continuent leur maturation dans l'enfance.
 - Le poumon d'un nouveau-né contient au plus 50 millions d'alvéoles pour aboutir à 300 millions d'alvéoles à l'âge adulte.
- La respiration fœtale :
 - Bien que la fonction des mouvements respiratoires fœtaux ne soit pas entièrement claire, ils peuvent être observés à partir de 20^{ème} à 21^{ème} semaines de développement.
 - Les mouvements respiratoires fœtaux impliquent des contractions musculaires qui provoquent l'inhalation de liquide amniotique et l'expiration de ce même liquide et du mucus.

- Les mouvements respiratoires fœtaux ne sont pas continus et peuvent inclure des périodes de mouvements fréquents et des périodes d'absence de mouvements.
- Des facteurs maternels peuvent influencer la fréquence des mouvements respiratoires. Par exemple, une glycémie élevée, appelée hyperglycémie, peut augmenter le nombre de mouvements respiratoires.
- À l'inverse, un faible taux de glucose dans le sang, appelé hypoglycémie, peut réduire le nombre de mouvements respiratoires fœtaux.
- On sait également que la consommation de tabac diminue le rythme respiratoire du fœtus.
- La respiration fœtale peut aider à tonifier les muscles en préparation aux mouvements respiratoires une fois le fœtus né.
- Cela peut également aider les alvéoles à se former et à mûrir.
- Les mouvements respiratoires du fœtus sont considérés comme un signe de bonne santé.

➤ Les modifications au moment de la naissance et après :

- Avant la naissance, les poumons sont remplis de liquide amniotique, de mucus.
- Lorsque le fœtus est poussé dans le canal génital au moment de l'accouchement, la cage thoracique fœtale est comprimée, expulsant une grande partie de ce liquide.
- Il reste cependant un peu de liquide, mais celui-ci est rapidement absorbé par l'organisme peu après la naissance.
- La première inspiration a lieu dans les 10 secondes après la naissance et sert non seulement de première inspiration, mais agit également pour gonfler les poumons.
- Le surfactant pulmonaire est essentiel au gonflement, car il réduit la tension superficielle des alvéoles.
- Une naissance prématurée vers 26^{ème} semaines entraîne souvent une détresse respiratoire grave, mais grâce aux progrès médicaux actuels, certains bébés peuvent survivre.
- Avant 26^{ème} semaines, une quantité suffisante du surfactant pulmonaire n'est pas produite et les surfaces d'échange gazeux ne se sont pas formées de manière adéquate ; par conséquent, la survie est très faible.

3. Anomalies du développement respiratoire :

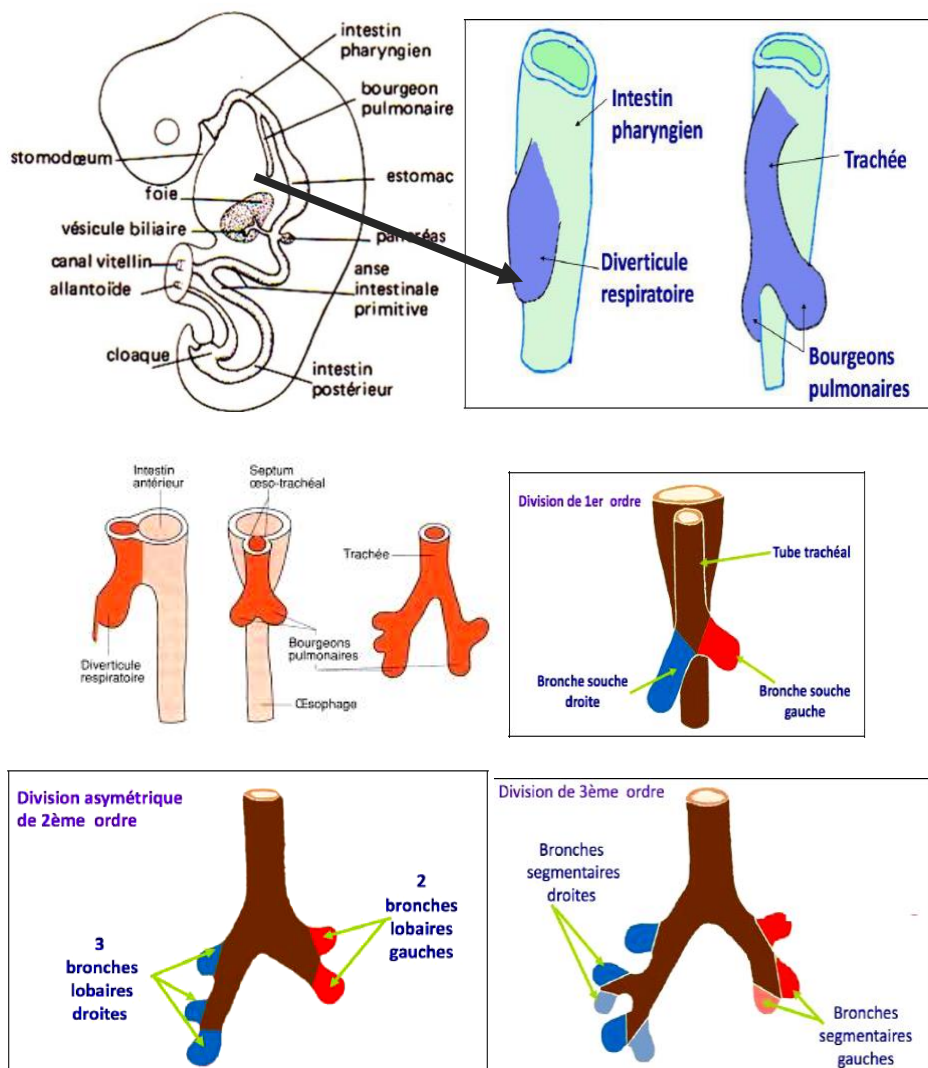
3.1. Les anomalies du cloisonnement oesophago-trachéal : (Fig.3) :

- Le développement de l'œsophage est indissociable de celui de la trachée et des bronches.
L'œsophage et la trachée sont normalement complètement séparés.
- L'atrésie de l'œsophage (œsophage aveugle) : (L'atrésie de l'œsophage est caractérisée par une interruption de la continuité de l'œsophage) est une malformation secondaire à un cloisonnement anormal entre trachée et œsophage.
- Cette anomalie du développement s'accompagne d'une interruption de l'œsophage interrompu se termine en cul-de-sac.
- L'atrésie est le plus souvent associée à une connexion anormale entre l'œsophage et la trachée via une fistule trachéo-oesophagienne.
- Il existe plusieurs variétés anatomiques d'atrésie de l'œsophage, associée ou non à une ou plusieurs fistules.

- Le diagnostic de l'atrésie de l'œsophage est fait à la naissance ou peut se faire in utero lors du suivi échographique (estomac de petite taille et non-visualisation de l'œsophage). La présence d'une quantité trop importante de liquide amniotique (hydramnios) peut également faire évoquer le diagnostic.
- Environ un enfant sur 3 000 naît avec une atrésie de l'œsophage avec ou sans fistule
- Une intervention chirurgicale permet de fermer la fistule trachéo-œsophagienne et de raccorder les deux culs-de-sac œsophagiens pour reconstituer un tube continu.

3.2. La prématurité :

- Outre la détresse respiratoire liée à un défaut de surfactant, la grande prématurité, avant 24^{ème} semaines d'aménorrhée ne permet pas des échanges respiratoires compatibles avec la survie.
- Les échanges sont insuffisants en raison de l'épaisseur de l'épithélium alvéolaire, en raison de l'insuffisance du développement capillaire, et en raison d'une insuffisance de surfactant.



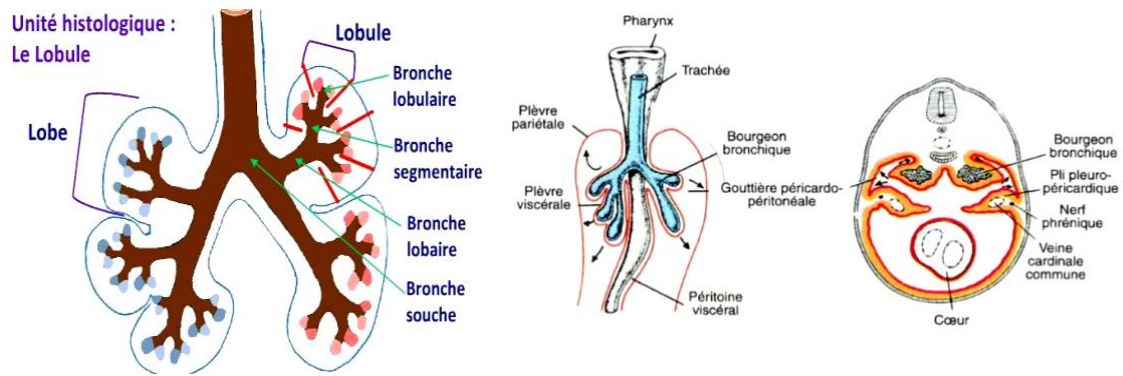
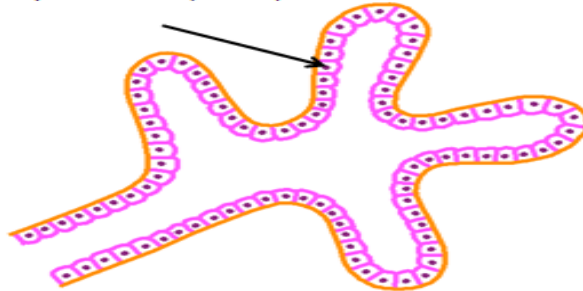


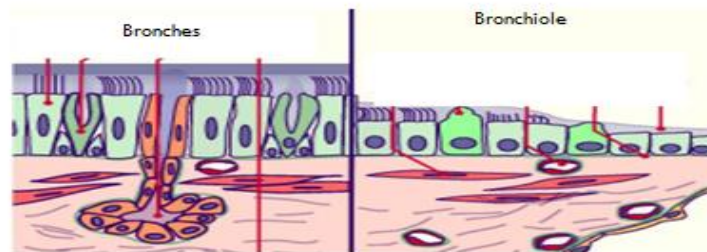
Figure 1 : Organo-génèse

Epithélium cylindro-cubique simple



4^{ème} mois

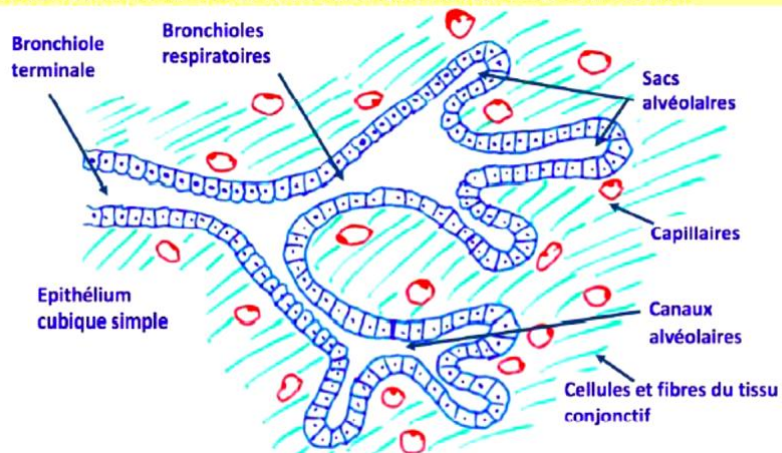
(16 semaines)



16^{ème} -

24^{ème} semaines

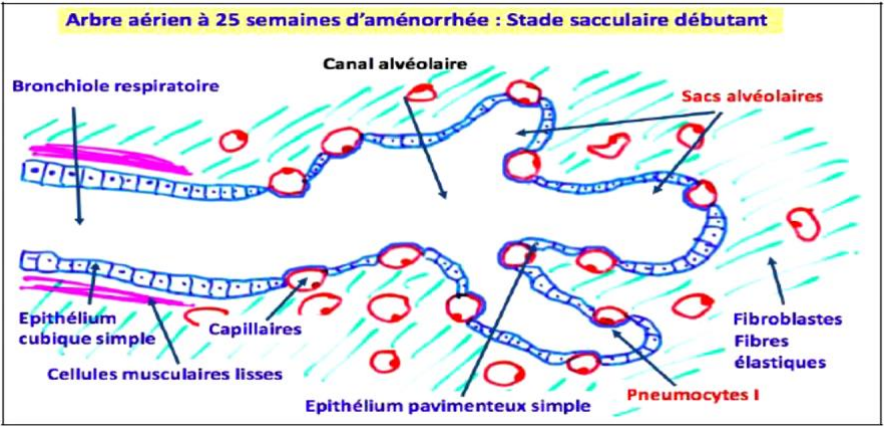
Arbre aérien à 18 SD : Stade canaliculaire, formation des sacs alvéolaires



16^{ème} semaines -

24^{ème} Semaines

24^{ème}
36^{ème}
Semaines



36^{ème}
38^{ème} Semaines

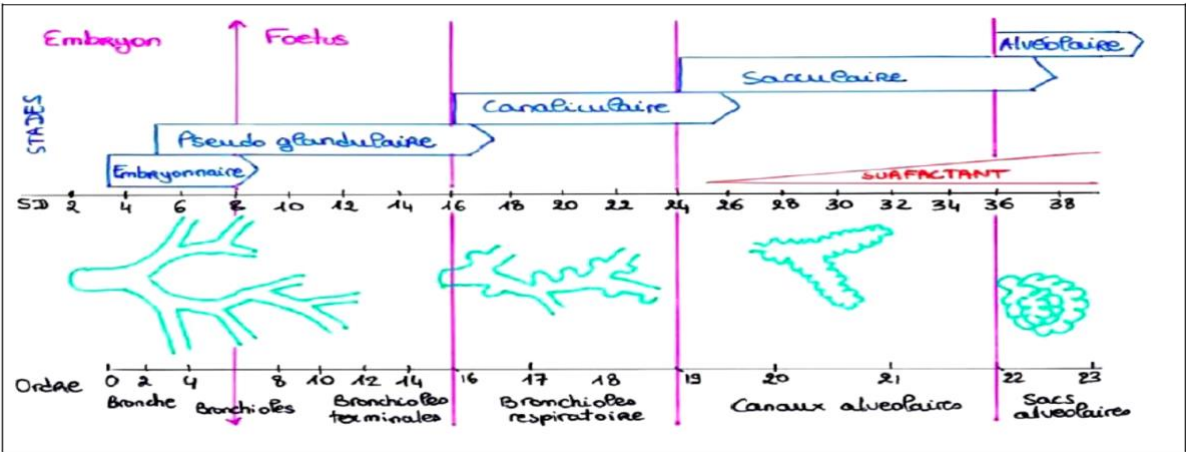
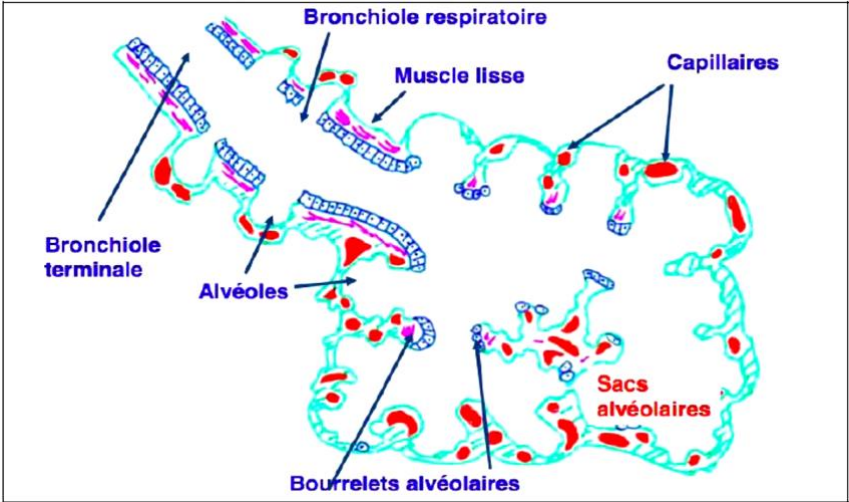


Figure 2 : Histogénèse

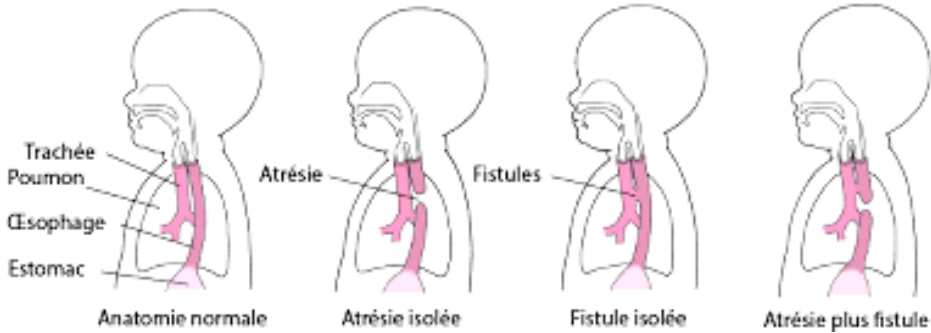


Figure 3 : Les anomalies du cloisonnement œsophago-trachéal

L'appareil respiratoire

les voies aériennes supérieures

Pr AOUATI-BITAT.C

Généralités

- L'oxygène est véhiculé à travers **les voies aériennes** vers les **sacs alvéolaires** où ont lieu les **échanges gazeux** permettant le chargement du sang en **O₂** et l'élimination du **CO₂**.
- L'air est **purifié, humidifié** ou **réchauffé** à une température proche de celle du corps.
- Certains organes sont associés à l'appareil respiratoire tels **la muqueuse olfactive** (odorat), **le larynx** (production des sons).

Origine embryologique

- **endoblastique**; seules, les fosses nasales sont d'origine **ectoblastique**.
- formation d'une **évagination** de la **face ventrale du pharynx**; située en arrière des **poches pharyngiennes** (I à IV) qui se ramifie progressivement.

Organisation générale

Voies aériennes supérieures:

- Fosses nasales
- pharynx
- Larynx

Voies aériennes inférieures:

- trachée

Bronches et bronchioles

Poumon et plèvre

Structure histologique

- **1-les voies aériennes supérieures** comprennent les **fosses nasales**, le **pharynx** subdivisé en nasopharynx , oropharynx et la ryngopharynx , et enfin le **larynx**

les **fosses nasales** (1)

le **pharynx**:

-nasopharynx (2)

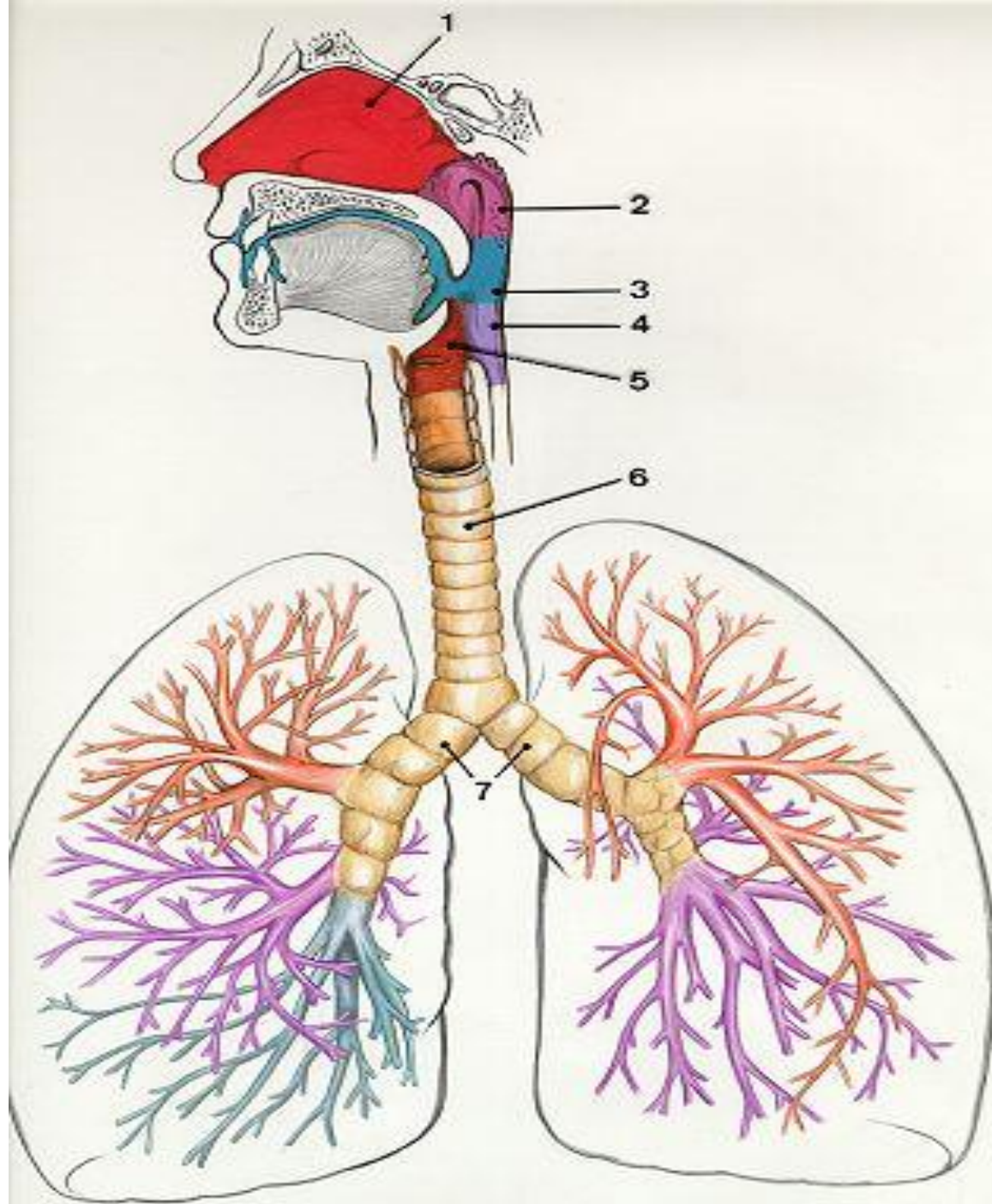
-oropharynx (3)

-Laryngopharynx 4

- le **larynx** (5)

- la **trachée** (6)

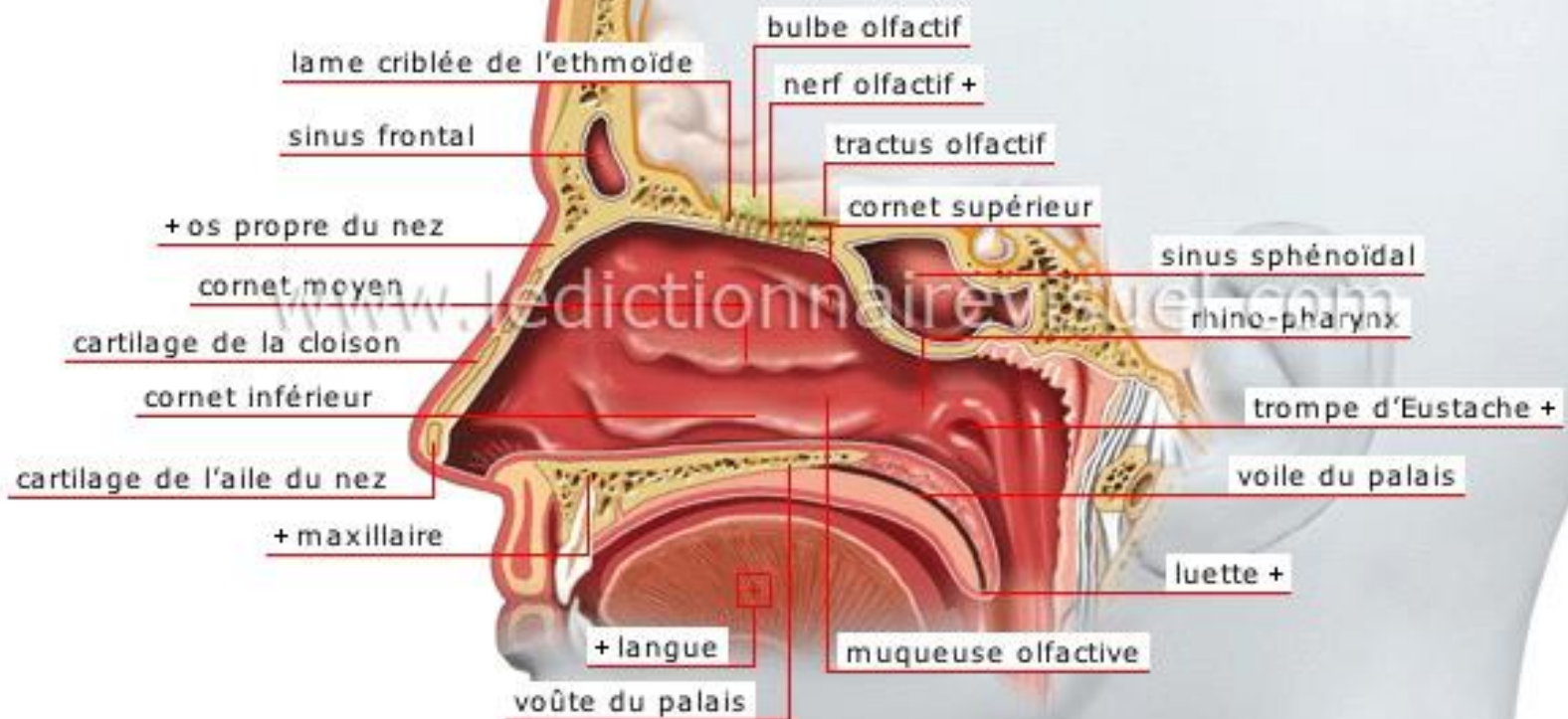
- **bronches souches**
(7).



A- les fosses nasales

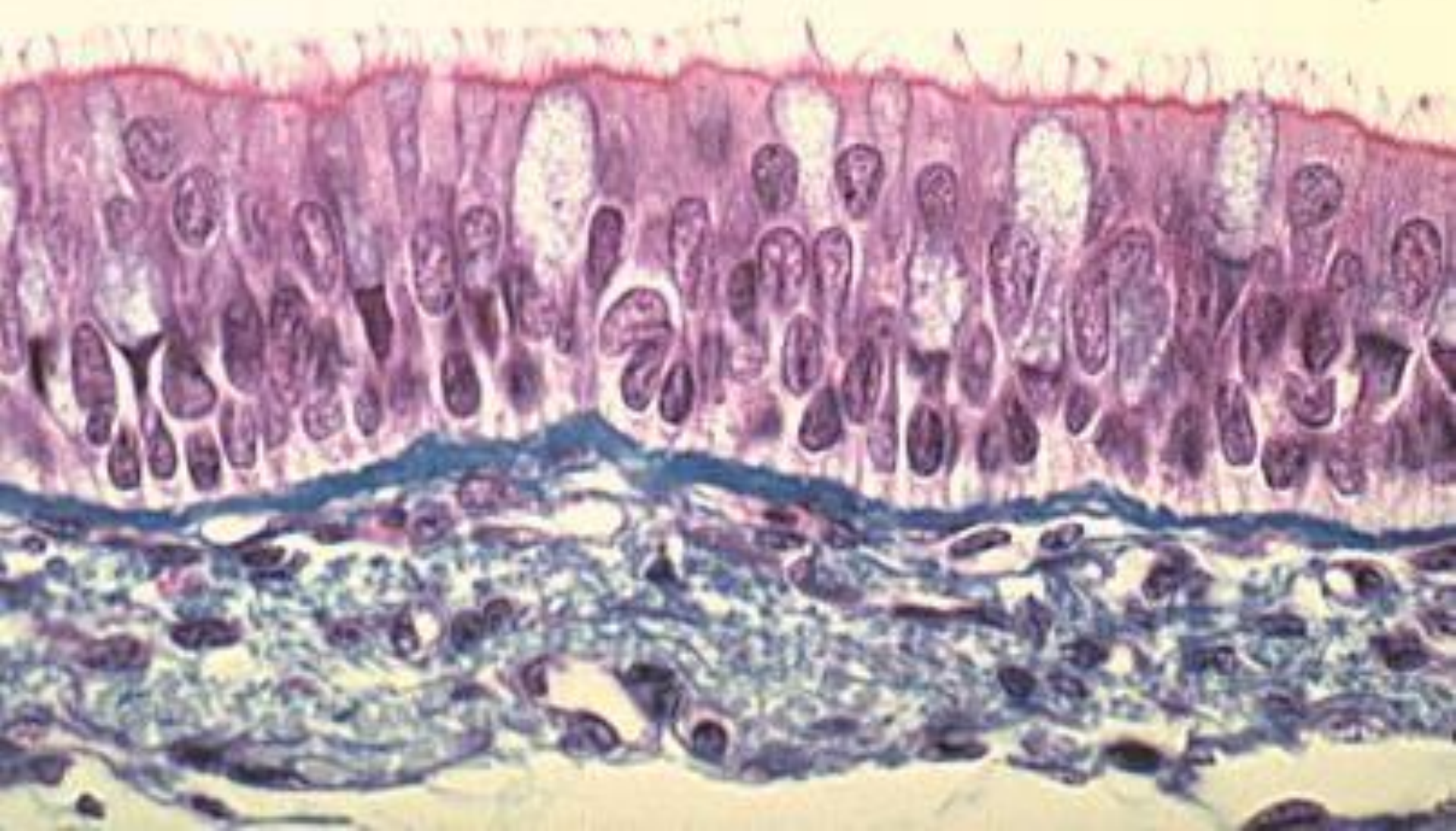
divisées en trois parties :

- -La **partie antérieure ou vestibulaire**, très petite, tapissée de **vibrisses** ;correspond aux narines dont la paroi est essentiellement **cartilagineuse**.
- -La **partie postérieure ou respiratoire** comprend presque toute la cavité, dont les cornets inférieurs et moyens. Elle communique par de fins pertuis avec les sinus
- La **partie supérieure** des fosses nasales ou **région olfactive** (muqueuse olfactive)
- Les fosses nasales se prolongent vers l'avant dans le vestibule nasal dont l'épithélium est **épidermoïde**.



La muqueuse nasale

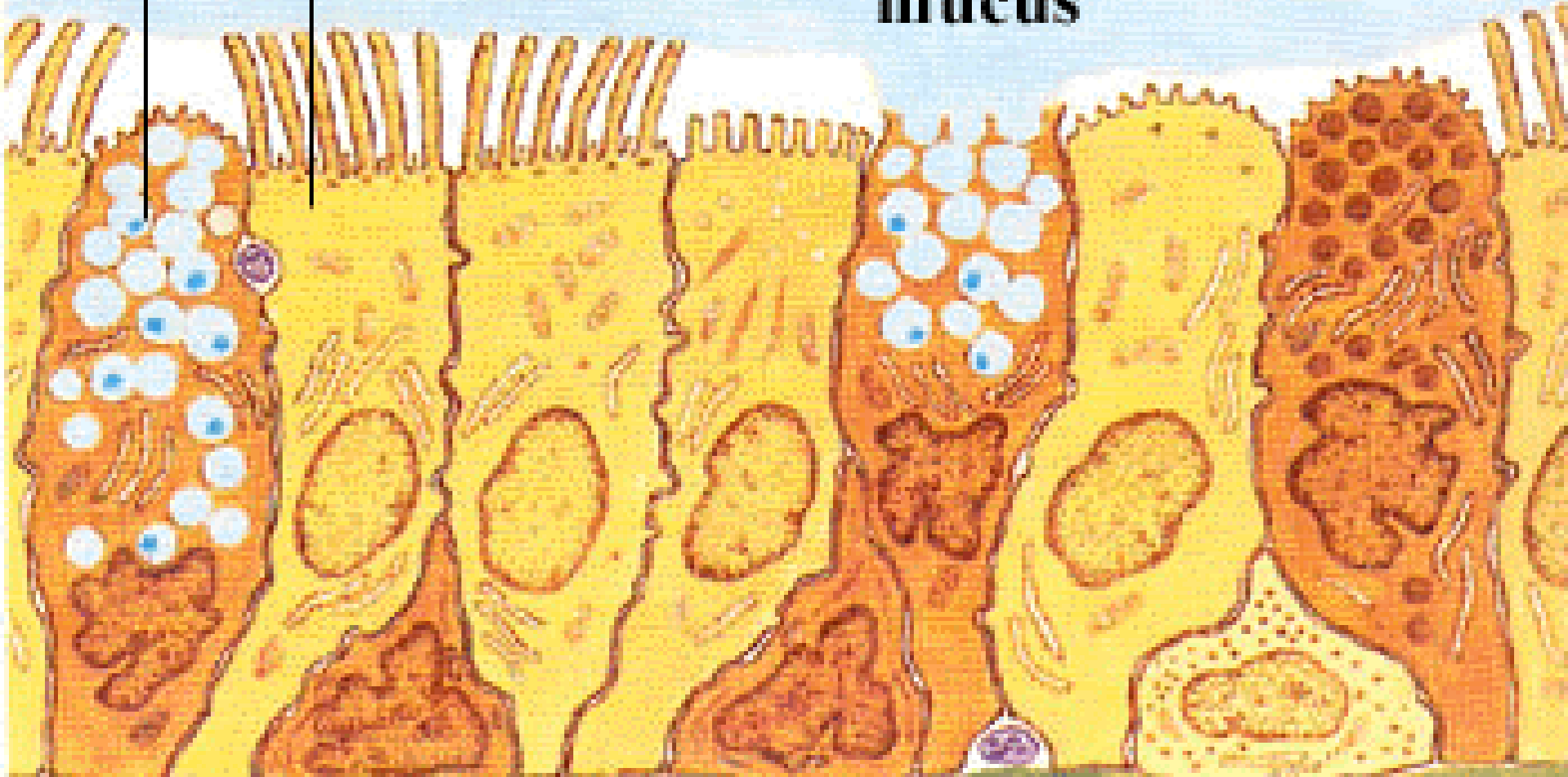
- tapisse plus des **2/3** des fosses nasales :
- **-un épithélium pseudostratifié cilié** dit de **type respiratoire**; composé de :
 - -cellules cylindriques ciliées,
 - -de cellules caliciformes
 - - de petites cellules basales ou cellules de réserve.
- **-Le chorion glandulaire** ,est relativement dense et riche en **fibres élastiques**.



**cellules cancéroformes productrices
de mucus**

cellules ciliées

mucus



e ciliée

e caliciforme

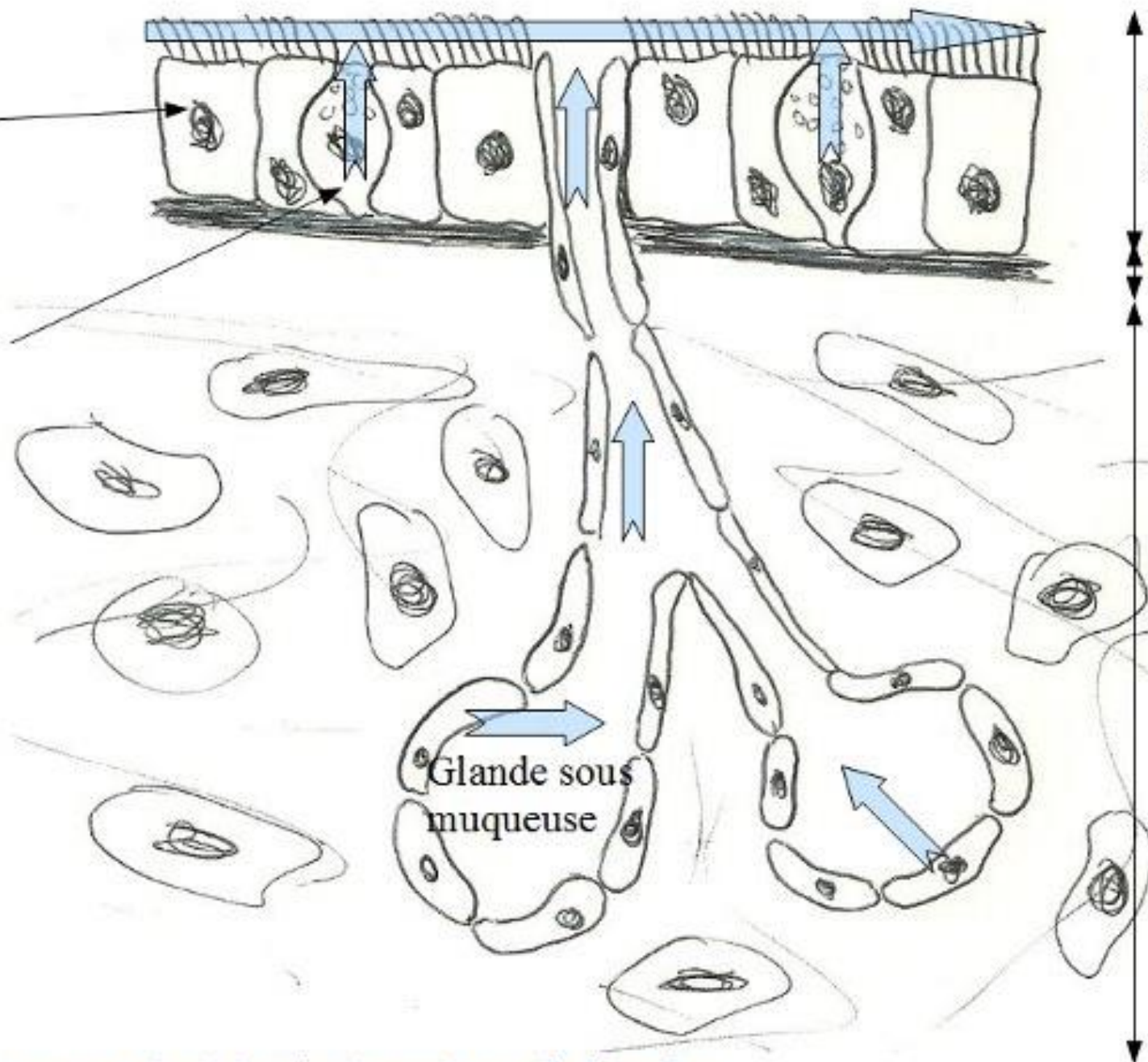
Épithélium
pseudostra

Lame basa

Conjoncti
sous-muq

Glande sous
muqueuse

de :  mucus sécrété puis évacué vers la bouche



Les glandes

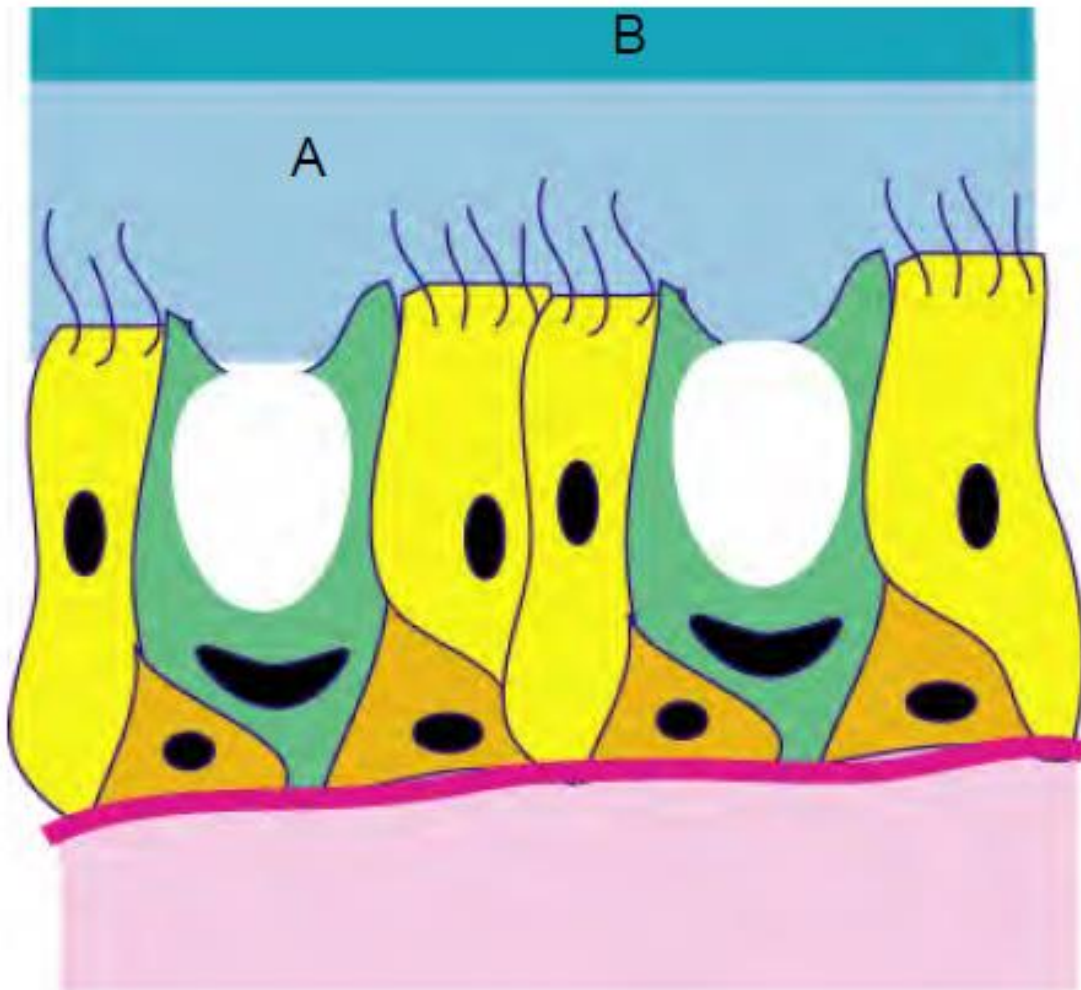
- **glandes tubuleuses séreuses, muqueuses ou mixtes** déversent leurs sécrétions dans une petite invagination épithéliale.
- Ces sécrétions glandulaires humidifient la cavité nasale. (Leur contrôle, contrairement à celui des cellules caliciformes ne dépend pas de la température, de l'humidité et de la contamination de l'air inhalé).

La vascularisation de la muqueuse respiratoire

- Très riche ,assure le réchauffement de l'air inspiré
- particulièrement développé au niveau des cornets.

- La muqueuse nasale est couverte d'un **film de mucus**, formé en grande partie d'eau (**95%**) mais aussi de **glycosaminoglycanes**, de glycoprotéines, de protéines et d'ions.
- Le mucigène est produit par les **cellules caliciformes** et surtout par les **glandes muqueuses et mixtes** du chorion.
- A la surface cellulaire, le tapis muqueux est organisé en **deux couches** :
- **La couche superficielle** repose sur l'extrémité des cils; elle est visqueuse, parce qu'elle est riche en glycosaminoglycanes.
- **La couche profonde** est beaucoup plus fluide et permet le battement ciliaire. (Sous l'action des cils, la couche superficielle glisse en direction du pharynx, entraînant les grosses poussières de l'air inhalé).

Mucus



A. Couche aqueuse

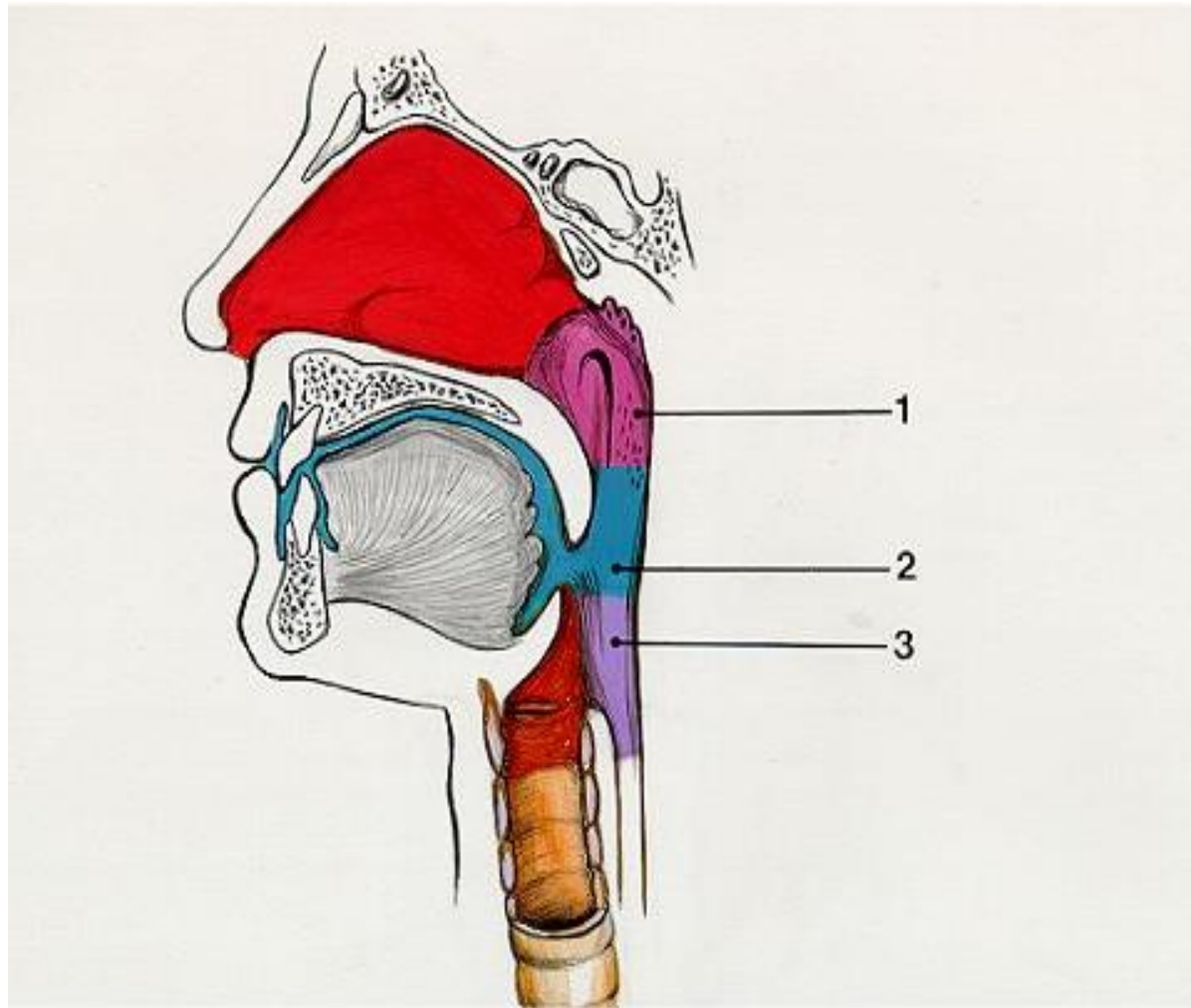
B. Couche visqueuse

conclusion

- les fosses nasales assurent grâce à leur architecture, leur vascularisation importante et à leur activité sécrétrice les fonctions suivantes :
 - - la conduction de l'air
 - -son humidification et son réchauffement.
 - -En plus de leur fonction olfactive, grâce à leurs vibrisses et à leur appareil mucociliaire, elles éliminent les grosses particules mélangées à l'air inspiré.

Le pharynx

- -La **muqueuse** :un épithélium variable selon l'endroit
Le tissu conjonctif sous-épithélial est dense et riche en fibre élastique.
- -La **sous-muqueuse** tissu conjonctif dense.
- -La **muscleuse**, faite de muscles strié, organisée en une couche interne **longitudinale** et une couche externe **oblique** ou **circulaire**.
- Entre les faisceaux musculaires, il existe des nombreuses fibres élastiques.
- Le **nasopharynx** fait suite aux fosses nasales, tapissé par un **épithélium respiratoire**.
- Il renferme dans sa paroi dorsale supérieure des **formations lymphoïdes** constituant l'**amygdale pharyngée** et dans sa paroi latérale, les **amygdales tubaires**.
- L'**oropharynx** prolonge la cavité buccale ;revêtu d'un **épithélium pluristratifié non kératinisé**.
- Le même épithélium se retrouve dans le **laryngopharynx**



- 1 : nasopharynx
- 2 : oropharynx
- 3 : laryngopharynx

Le larynx

siège de la **phonation**; Il est formé :

- -d'un **squelette cartilagineux** dont les pièces sont reliées par des muscles striés et par des ligaments
- La cavité laryngée est limitée par une muqueuse de type **respiratoire**.

Elle est formée d'une région supérieure ou **vestibulaire**, de deux **ventricules** latéraux et d'une **cavité infraglottique**.

- Les quatre replis de la muqueuse qui forment les ventricules latéraux sont en haut **les fausses cordes vocales** et en bas **les vraies cordes vocales**.

- Les vraies cordes vocales sont recouvertes d'un **épithélium pluristratifié épidermoïde**, et délimitent un espace de taille variable, la **glotte**.
- **Le chorion** de cet épithélium est dépourvu de glandes. Il renferme une large bande de tissu élastique, le **ligament vocal**, bordé par le **muscle vocal**.
- **Les glandes laryngées**, comme celles de la trachée et des bronches, sont **mixtes** et habituellement classées parmi les glandes **tubuleuses**.

