

L'appareil respiratoire.

I\ Généralités.

La respiration est l'ensemble des processus qui assurent l'oxydation de substrats organiques dont le but est de fournir de l'énergie.

Chez les poissons, on étudiera les spécialisations des échanges entre les branchies et le milieu extérieur.

A\ Demande permanente en O₂.

La demande en O₂ est permanente pour tous les animaux. Il existe peu de systèmes de stockage d'énergie. Chez certains insectes, on trouve des cellules géantes à hémoglobine. Les **mammifères marins** possèdent des **muscles riches en myoglobine**.

L'entrée d'O₂ se fait toujours par diffusion passive. Il existe toutefois, des organes spécialisés. Les unicellulaires et les organismes de petite taille acquièrent l'O₂ par diffusion au travers de la membrane, du tégument ou des tissus. Les animaux de plus grande taille doivent réduire les distances de diffusion. Il va donc apparaître une **circulation au niveau de l'appareil respiratoire afin de transporter l'O₂ venant de l'extérieur jusqu'aux cellules**.

Dans le cas de la respiration tégumentaire, le sang circule juste sous le tégument que l'O₂ traverse sans difficulté.

Afin d'augmenter le rendement de la respiration, il va y avoir un **accroissement des surfaces d'échange** (invagination ou évagination). L'évagination est le système de la branchie. Les poumons viennent d'une invagination.

La diffusion simple est le seul mécanisme de passage de l'O₂.

B\ Le transport de l'O₂.

Le pigment circulant de l'O₂ est l'hémoglobine. Le pigment non-circulant de cette molécule est la myoglobine.

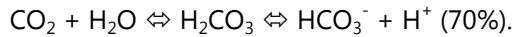
Une fois l'O₂ diffusé, il se fait capter par les pigments. Dans le cas de l'hémoglobine (métalloprotéine), il y a nécessité d'un ion (Fe²⁺, Cu²⁺) pour capter la molécule. *Le fer ferreux associé à une protoporphyrine forme un hème.* Ce dernier est tétramérique chez les vertébrés supérieurs. *Les pigments subissent un changement de conformation en fonction de la saturation en O₂.*

L'hémoglobine a une affinité différente pour l'O₂ en fonction des espèces et des conditions de vie.

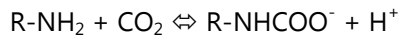
La myoglobine, pigment réservoir, est présente dans les muscles, en grande quantité chez les mammifères marins.

C\ Le transport du CO₂.

Le CO₂ est relativement soluble : 7% est dissout. Majoritairement, on trouve la forme H₂CO₃ :



Il existe aussi une **liaison du CO₂ à l'hémoglobine**, mais sur des *sites différents* de ceux à O₂. **Hb + CO₂ = carbamine.**



II\ Les divers modes de respiration.

A\ La respiration tégumentaire.

Cette respiration existe chez les **invertébrés**, les **amphibiens** et les **reptiles** et nécessite une **forte vascularisation sous-cutanée**. Dans certains cas, on trouve des *replis cutanés* très nombreux avec parfois des *papilles dermiques* qui permettent l'augmentation de la surface d'échange.

Cette respiration est importante chez les reptiles. Chez les *batraciens*, on peut trouver trois types de respiration.

B\ La respiration branchiale.

Les *surfaces spécialisées* viennent de l'adaptation de l'*épithélium pharyngé*. Il y a diffusion épithéliale avec le milieu extérieur par le gradient de pressions partielles.

- La convection circulatoire interne : il existe **deux types de sang** : un *sang oxygéné* (pauvre en CO₂) issue des appareils respiratoires et un *sang veineux* pauvre en O₂ (riche en CO₂).
- La diffusion tissulaire : il y a des *échanges entre les tissus et les capillaires* par diffusion simple.
- La ventilation : le *débit d'air et d'eau* qui transite dans les cavités respiratoires provient de la **mécanique ventilatoire**.

La source d'O₂ (dissout) est l'eau. Cette **respiration branchiale** concerne les **vertébrés aquatiques inférieurs** et les **larves d'amphibiens**.

La *ventilation* se fait par un courant d'eau entrant par la bouche et qui *ressort par les fentes operculaires* : la **respiration branchiale est unidirectionnelle** et ne contient pas d'*espaces morts anatomiques*.

La mécanique ventilatoire :

- S'il y a une **double pompe** qui fonctionne (une **pompe buccale** et une **pompe operculaire**), il va se créer un **gradient de pression** et donc un courant d'eau unidirectionnel.
- S'il n'y a **pas de double pompe**, un *déplacement permanent de l'animal, bouche ouverte (requins)* est obligatoire.

L'appareil respiratoire présente :

- Un *faible volume* mais une *grande surface de contact*.
- Des *branchies externes larvaires*.
- Des *branchies internes pharyngiennes* : ce sont des *replis épithéliaux très vascularisés et irrigués par des arcs aortiques*.

En général, 4 à 5 paires de branchies sont accrochées à un *arc branchial*. Les branchies sont des *alignements de lames (filaments) formant des feuillets*. Ces lames portent des **lamelles qui sont les échangeurs respiratoires**. Une coupe de lame montre des lamelles de part et d'autre de la lame. La **lamelle** possède un **épithélium simple squameux** (ou **épithélium respiratoire**). L'O₂ dissout dans l'eau traverse l'épithélium et se retrouve au contact de « capillaires » sanguins. A ce niveau, le **sang**

circule dans des lacunes sanguines et non dans des capillaires. Ces lacunes sont portées par des **cellules en pilastres** : ce sont des prolongements cytoplasmiques. Les **cellules en pilastres** ont un rôle important car elles **possèdent un cytosquelette particulier** qui **empêche la lamelle de se refermer** (s'écarter) à cause de la pression d'eau. Ces cellules ont aussi des **propriétés contractiles** : elles *règlent les diamètres des lacunes* et modifient ainsi le débit sanguin.

L'épithélium basal (des lamelles) est *stratifié* et comporte des *cellules à mucus*. Ces cellules ont sûrement un *rôle de protection mécanique*.

On trouve aussi des **cellules à chlorure** qui ont un rôle important dans le **maintien de l'osmolarité** du poisson. Ces cellules sont *caractéristiques des cellules ayant pour fonction l'excrétion ou l'absorption de molécules*. Elles présentent aussi de **nombreux replis membranaires à la base des cellules**. Entre elles, ces *cellules sont attachées par des jonctions fermées*. On voit aussi apparaître des **cellules accessoires** *établissant des jonctions lâches avec les cellules à chlorure*. C'est une modification de l'épithélium et donc, une modification de fonctionnement.

Au niveau des branchies, on trouve des cellules à rôle de régulateur de l'osmolarité. *Le sel entraîne des risques de déshydratation* compensés par la synthèse d'une *urine très concentrée et peu abondante*. Les cellules auxiliaires viennent modifier les cellules à sel.

En eau douce, la tendance est différente : les animaux boivent peu et les entérocytes absorbent le sel. L'urine est abondante. Les branchies ont un rôle respiratoire mais aussi un excréteur/osmorécepteur.

C\ La respiration pulmonaire aérienne.

Cet appareil respiratoire a pour origine la région antérieure du tube digestif. La ventilation se fait par des *mouvements de va-et-vient* (**inspiration** et **expiration**).

Chez les oiseaux, la circulation d'air est réalisée par l'intermédiaire de sacs

1\ Les amphibiens.

Chez les **amphibiens**, les **poumons sont sacculaires**. Ils sont cloisonnés afin que ces *cloisons accroissent la surface d'échange*. On distingue des *cloisons primaires* et des *cloisons secondaires*. **L'épithélium** est **simple, squameux**.

La **mécanique ventilatoire** se fait souvent par **soulèvement du plancher buccal**.

2\ Les reptiles.

Les poumons reptiliens sont de tous les types possibles : du plus simple (comme les amphibiens) aux plus complexes (ressemblant à ceux des mammifères).

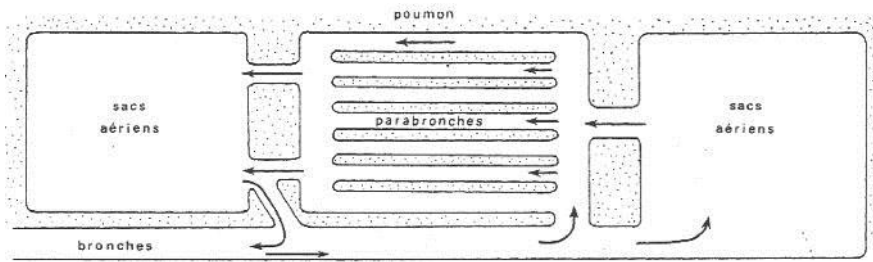
*Au sommet des cloisons, on trouve des masses de muscles lisses : les **septes**, à épithélium cuboïdal. C'est l'épithélium des cloisons qui est respiratoire.*

3\ Les oiseaux.

L'appareil respiratoire des oiseaux est modifié pour une *meilleure adaptation au vol*. On remarque que la *chauve-souris possède des caractéristiques identiques à celles des oiseaux*.

Ici, la **ventilation est complexe**. Les *poumons sont compacts, quasiment rigides*. Il n'y a *pas de mouvement de cage thoracique*. Ce sont **cinq paires de sacs aériens** qui jouent le rôle de *soufflet*.

La circulation de l'air.



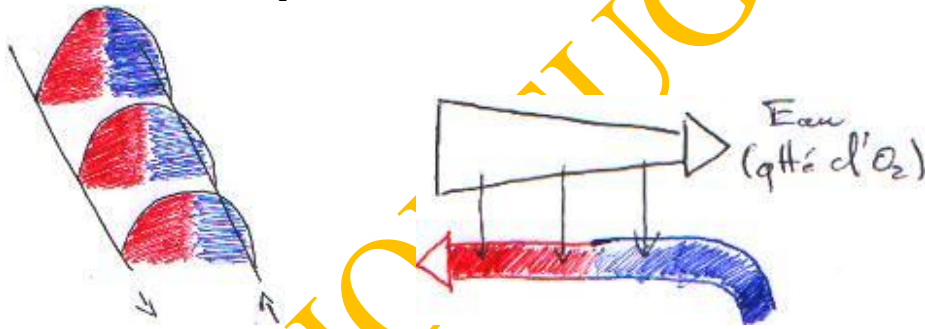
Il faut **deux cycles d'inspiration et expiration** pour que l'air passe dans tout l'appareil respiratoire et en ressorte. Les sacs jouent un rôle de soufflets qui maintiennent dans les conduits aériens du poumon, une **circulation continue et unidirectionnelle**.

La première inspiration fait passer l'air (extérieur) au **premier sac (postérieur)**. La première expiration fait passer l'air de ce sac jusqu'aux poumons. La seconde inspiration fait passer l'air des poumons au **sac antérieur** et la seconde expiration amène l'air du sac antérieur à l'extérieur du corps.

→ Cette mécanique originale permet de **toujours avoir de l'O₂ disponible**.

L'air passe du sac postérieur à la **bronche** qui se divise en **parabronches**. L'air y circule en traversant des **capillaires aériens**. Ces derniers sont accolés à des capillaires sanguins, ce qui favorise les échanges.

La disposition des capillaires aériens et sanguins est telle qu'il s'établit un **courant croisé** (un « **cross current** »). Ce système est très proche de système de contre-courant de la branchie : il y a accroissement de l'extraction de l'O₂.



Le gradient d'oxygène qui est créé est toujours favorable au passage de l'O₂ du milieu extérieur vers le sang. → On a une **grande efficacité du système respiratoire**.

4\ Les mammifères.

Il n'existe pas de courant croisé ni inversé chez les mammifères. L'O₂ va au fond d'une alvéole et arrive au contact de l'épithélium, lui-même au contact des capillaires sanguins.

L'appareil respiratoire.

L'intérieur du **nez** est constitué d'un **épithélium stratifié cilié**, spécialisé pour l'olfaction. Des poils vont filtrer l'air. Cet air va s'humidifier et se réchauffer.

α\ Le pharynx.

Le pharynx est le lieu de jonction des conduits aérien et digestif.

β\ Le larynx.

Le **larynx** est dans la continuité du pharynx. C'est un *organe développé et modifié en vue de la phonation*. Il y a présence de **replis fibro-musculaires** qui donnent les **cordes vocales**. Le larynx possède une **charpente cartilagineuse**.

L'**épithélium** est **stratifié squameux**. Dans le bas larynx, l'**épithélium** est de type trachée (**pseudostratifié, cilié, riche en cellules à mucus**).

γ\ La trachée.

La **trachée** est un tube maintenu béant par des **anneaux cartilagineux**. L'**épithélium** est **pseudostratifié, cilié, riche en cellules à mucus**.

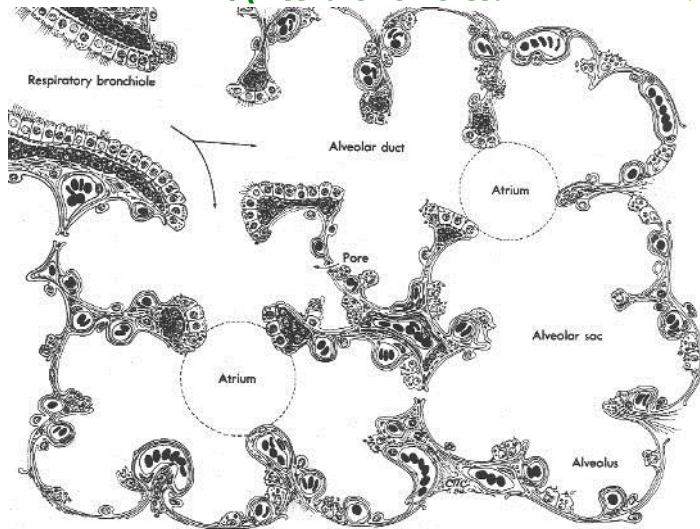
Sous l'**épithélium**, on trouve des **glandes trachéales** synthétisant du *mucus* servant à *colmater les particules et les poussières inspirées*. Les *cellules ciliées* vont faire remonter ces particules afin de les expectorer. La trachée se divise en bronches.

δ\ Les bronches.

Les **bronches** sont caractérisées par des **plaques cartilagineuses**. L'**épithélium** est **simple pseudo-stratifié**. L'**épithélium intra-pulmonaire** est **simple cuboïdal**.

Il existe des **glandes bronchiques** dans le tissu conjonctif. Elles donnent aussi du **mucus** servant à expectorer les particules inspirées.

ε\ Les bronchioles.



Les bronchioles ne présentent **ni glandes, ni cartilage**. Elles sont constituées d'un **épithélium simple** avec des *cellules ciliées* et de *rare cellules à mucus*. On trouve aussi les *cellules de Clara* (non ciliées). Ces cellules synthétisent du **lysozyme**, grains de sécrétions anti-bactériens.

Autour des bronchioles (comme pour les bronches), on trouve du **muscle lisse en grande quantité**. A la fin de l'arbre respiratoire, l'air va dans l'**atrium** pour être déversé dans des **sacs alvéolaires** puis au fond des alvéoles.

Les **capillaires présents sont vrais** (à la différence des branchies).

En microscopie électronique, on voit que la **barrière air/sang** est constituée d'un **épithélium simple, squameux** (avec lame basale) et d'un **endothélium de capillaires sanguins** (avec sa lame basale). Parfois, les deux lames fusionnent.

Chez les mammifères, on trouve deux types cellulaires :

- Les pneumocytes I. Ce sont des cellules qui **émettent de longs prolongements cytoplasmiques, très fins**. Ils coexistent avec l'autre population cellulaire.
- Les pneumocytes II. Ils font aussi parti de l'**épithélium** où ils **établissent des jonctions**. Leur **principale fonction** est la **synthèse de surfactant** (*phospholipides*), pouvant être déversés à la surface des alvéoles et **empêcher le collapsus des alvéoles**.

Remarque : chez les **batraciens**, il n'existe **qu'un type de pneumocytes qui joue les deux rôles**.

L'intérieur des alvéoles montre des **macrophages alvéolaires** (dans la lumière) qui participent à la défense de l'organisme. Il existe aussi des *macrophages* entre les *capillaires sanguins*.

Tout le long de l'appareil respiratoire, il existe des amas lymphoïdes utiles à la défense immunitaire.

WWW.BIODEUG.COM