

## 1. INTRODUCTION

Il existe 2 systèmes circulatoires sanguins.

La grande circulation ou circulation générale

la petite circulation ou circulation pulmonaire

## 2. ROLE DU SYSTÈME RESPIRATOIRE

2.1. Apport d'O<sub>2</sub> et rejet de CO<sub>2</sub>

2.2. Régulation du Ph

2.3. **Défense de l'organisme** par la présence de follicules et de tissu lymphoïde diffus disséminés dans ses muqueuses ⇒ il appartient au **Tissu Lymphoïde Associé aux Muqueuses (MALT)**

2.4. Contient des **cellules endocrines** sécrétant des amines et des polypeptides ayant une activité hormonale ou de neurotransmetteur (sérotonine, bombésine, calcitonine, enképhaline); il fait partie du Système Endocrinien Diffus (SED) au même titre que le tractus gastro-intestinal et le tractus génito-urinaire

Mise en jeu de structures anatomiques précises : Système respiratoire + Système circulatoire

2 zones à distinguer :

- Zone de conduction
- Zone respiratoire

## 3. Les voies respiratoires supérieures comprennent:

3.1. Le nez,

Comprend une partie externe et une partie interne à l'intérieur du crâne

La partie externe est faite d'une charpente d'os et de cartilage hyalin recouverte de muscle et de peau, et tapissée d'une muqueuse.

Sous la surface de la partie externe se trouvent deux ouvertures, **les narines externes**. 

Elle communique antérieurement avec la partie externe du nez, et postérieurement avec le pharynx, par deux ouvertures, **les narines internes (choanes)**.

Les canaux lacrymo-nasaux et ceux des sinus para-nasaux (frontal, sphénoïdal, maxillaire et ethmoïdal) débouchent également dans la partie interne du nez.


L'ethmoïde forme également le toit.

Le plancher est constitué des os palatins et des apophyses palatines des maxillaires qui, ensemble, forment la voûte palatine (palais dur).

L'intérieur des parties externe et interne du nez est constitué des deux cavités nasales (**fosses nasales**) qui sont séparées l'une de l'autre par une partition verticale, la cloison nasale.

La portion antérieure de la cloison est faite principalement de cartilage (souplesse).

Classiquement, on leur associe **les sinus (4) qui sont des cavités pneumatiques creusées dans les os de la face** :

- **S.Maxillaires**, creusés dans le corps du maxillaire se projetant de part et d'autre des ailes du nez 
- Cellules **ethmoïdales** (ou labyrinthe), dans l'épaisseur des masses latérales de l'ethmoïde
- **S.Frontaux**, dans l'écaille du frontal, au-dessus des arcades
- **S.Sphénoïdaux**, dans le corps du sphénoïde

Ces sinus s'abouchent dans les fosses nasales au niveau des méats, situés sous des replis des parois latérales appelés cornets.

### Rôle

- **Réchauffent, humidifient et filtrent l'air;**
- **Reçoivent les stimuli olfactifs ;**
- **Procurent des caisses de résonance modifient le timbre de la voix.**

Lorsque l'air pénètre dans les narines, il traverse d'abord le vestibule.

Ce vestibule est tapissé de peau contenant des poils grossiers qui filtrent les grosses particules de poussière.

L'air passe ensuite dans la région supérieure des cavités nasales.

Trois étages, formés par les prolongements des cornets supérieur, moyen et inférieur, font saillie à partir de la paroi latérale des cavités nasales.

Les cornets, qui atteignent presque la cloison nasale, divisent les cavités nasales en une série de sillons, les méats supérieur, moyen et inférieur.

Une membrane muqueuse tapisse les cavités nasales et les étages formés par les cornets.

Les récepteurs olfactifs se trouvent dans l'épithélium olfactif,

Au-dessous de cette région, la muqueuse contient des capillaires et des cellules cylindriques ciliées pseudo stratifiées et de nombreuses cellules caliciformes.

En circulant autour des cornets et des méats, l'air est réchauffé par le sang des capillaires.

Le mucus sécrété par les cellules caliciformes humidifie l'air et retient les particules de poussière.

Le liquide drainé par les canaux lacrymo-nasaux et, peut-être, les sécrétions en provenance des sinus para nasaux aident également à humidifier l'air.

Les cils déplacent les amas de mucus et de poussière vers le pharynx, afin qu'ils soient éliminés des voies respiratoires par la déglutition ou l'expectoration (crachement).

### 3.2. Le pharynx

Le pharynx est le carrefour aérodigestif.

Forme: cavité conique aplatie d'avant en arrière, divisée en deux parties par le voile du palais.

Le pharynx comprend de nombreuses formations lymphoïdes dessinant l'anneau de Waldeyer.

- **Avec l'amygdale linguale située à la base postérieure de la langue.**
- **Les amygdales pharyngées dans la partie supérieure du nasopharynx (arrière fond des fosses nasales).**
- **Les amygdales palatines (les plus volumineuses et les plus importantes) de part et d'autre de la luette.**
- **Les amygdales tubaires autour des orifices de la trompe d'Eustache.**

Les amygdales jouent un rôle de barrière de protection (parfois insuffisante) des voies aériennes sous-jacentes.

**Naso ou rhinopharynx** partie la plus élevée du pharynx, se trouve derrière la partie interne du nez et s'étend jusqu'au niveau du voile du palais (palais mou).

**L'oropharynx** : c'est la partie inférieure (où circulent l'air et le bol alimentaire) revêtu d'une muqueuse de type digestif, mesure  $\approx$  13 cm de long, et s'étend des narines internes (choanes) jusqu'au niveau du cartilage cricoïde ; paroi composée de muscles squelettiques et délimitée par une muqueuse. sert de conduit permettant le passage de l'air et de la nourriture, et constitue une caisse de résonance pour la phonation.

**le laryngopharynx**: région inférieure du pharynx, s'étend vers le bas à partir de l'os hyoïde et se continue avec l'œsophage, vers l'arrière, et avec le larynx, vers l'avant

### 3.3. Les structures associées à ces parties du corps.

## 4. Les voies respiratoires inférieures comprennent

### 4.1. Le larynx,

Le larynx situé en avant de l'œsophage contient l'épiglotte, sorte de valve empêchant la pénétration des aliments dans la trachée.

Le larynx possède un squelette cartilagineux complexe et est tapissé par une muqueuse respiratoire, sauf au niveau des cordes vocales inférieures ou cordes vocales vraies.

Ces dernières comportent:

- **Un Épithélium épidermoïde,**
- **Des fibres élastiques**
- **Des fibres musculaires striées (le muscle vocal) et constituent l'organe de la phonation**

La paroi du larynx est soutenue par 9 pièces de cartilage, 3 paires et 3 impaires.

Les 3 pièces impaires sont

**Le cartilage thyroïde,**

**L'épiglotte**

**Et le cartilage cricoïde.**

Parmi les cartilages pairs,

- **Les cartilages aryénoïdes sont les plus importants, étant donné qu'ils influencent la position et la tension des cordes vocales.**
- **Les cartilages corniculés et cunéiformes jouent un rôle moins important.**
- **L'épiglotte** (epi: au-dessus; glotta: langue) est une grosse pièce de cartilage élastique en forme de feuille.

La «tige» de l'épiglotte est attachée au bord antérieur du cartilage thyroïde, mais la « feuille » elle-même n'est pas attachée ; elle peut donc se déplacer de haut en bas, comme une trappe.

Durant la déglutition, le larynx se soulève ; la partie libre de l'épiglotte se rabat alors sur la glotte et la ferme.

La glotte est formée d'une paire de replis muqueux, les plis vocaux ou vraies cordes vocales et d'un espace (fente de la glotte) situé entre les cordes vocales.

De cette façon, le larynx peut se refermer, et les liquides et solides (aliments) sont dirigés dans l'œsophage et ne peuvent pénétrer dans le larynx et dans les voies respiratoires.

Lorsqu'un corps étranger pénètre dans le larynx, un réflexe de toux se manifeste afin de l'expulser.

### 4.2. La trachée,

C'est un conduit tubulaire rigide de 10 à 12 cm de long sur 2 cm de diamètre qui chemine à la face antérieure du cou avant de s'enfoncer dans la partie supérieure du médiastin où elle se divise en deux branches, les bronches souches.

La paroi trachéale est formée de 3 couches,

- **une muqueuse : réchauffe** (rôle des vaisseaux sanguins), **humidifie** (sécrétion aqueuse des glandes séreuses) ; **épure l'air inspiré** des poussières, bactéries et virus;
- **Une tunique fibro-cartilagineuse**
- **Un adventice**

## 4.3. Les bronches

Les bronches souches extrapulmonaires sont identiques à la trachée, composées d'arceaux cartilagineux incomplets reliés par un muscle lisse postérieur

les bronches souches intrapulmonaires en diffèrent par la présence de plaques cartilagineuses irrégulières et d'un muscle spiralé circonférentiel

**les bronches ont une structure de base identique**

## 4.4. Les poumons

Contenus dans la cage thoracique limitée sur sa face inférieure par le diaphragme; Semblable à deux sacs spongieux mobiles appendus et fixés au niveau du hile pulmonaire.

Entourés par la plèvre, ils sont constitués de:

- **3 lobes pour le poumon droit : lobe supérieur, lobe moyen, lobe inférieur,**
- **2 lobes pour le poumon gauche : lobe supérieur et lobe inférieur;**

Ces lobes sont délimités par des cloisons conjonctivo-élastiques, expansions internes de la plèvre viscérale.

- **La plèvre**

Formée de 2 feuillets:

Un feuillet externe ou pariétal, adhérent aux parois de la cage thoracique, qui se réfléchit au niveau du hile du poumon

Un feuillet interne ou viscéral;

La plèvre est une séreuse, caractérisée par l'abondance de fibres élastiques ; les deux plèvres plaquées l'une contre l'autre par une tension superficielle sont limitées par le mésothélium qui borde un espace ou cavité quasiment virtuelle, la cavité pleurale; cette cavité contient un film liquidien lubrifiant (le liquide pleural) permettant le glissement des deux feuillets l'un par rapport à l'autre pendant la respiration.

- les **lobes** définis précédemment
- les **segments pulmonaires** délimités par des plans fibreux (véritables plans de clivage permettant l'ablation de segments pathologiques

## 4.5. STRUCTURE MORPHOLOGIQUE

**Segments pulmonaires** poumon droit en contient 10 avec:

- 3 segments dans le lobe supérieur,
- 2 dans le lobe moyen
- et 5 dans le lobe inférieur

**Segments pulmonaires:** poumon gauche en comporte 9 avec :

- 5 segments dans le lobe supérieur
- et 4 dans le lobe inférieur

**Les lobules:** individualisés par de fines cloisons conjonctivo-élastiques ou septa lobulaires; ils sont en forme de pyramides tronquées de 2 à 2,5 cm.

**L'acinus:** Unités morfo fonctionnelles qui seront étudiées avec le parenchyme respiratoire.

## 4.6. STRUCTURE HISTOLOGIQUE

Deux lobules pulmonaires avec les ramifications de la bronchiole intralobulaire aboutissant aux bronchioles terminales qui, comme leur nom l'indique, marquent la fin des voies aérophores;

Deux lobules pulmonaires avec les ramifications de la bronchiole intralobulaire aboutissant aux bronchioles terminales qui, comme leur nom l'indique, marquent la fin des voies aérophores;

**4.7. L'acinus pulmonaire**

Chaque canal alvéolaire se poursuit par 2 ou 3 sacs alvéolaires dans lesquels s'ouvrent de multiples alvéoles; La bronchiole respiratoire gère le fonctionnement de l'acinus pulmonaire qui est invalidé quand la lumière bronchiolaire est obstruée

**4.8. Les bronchioles respiratoires**

Segments courts qui ont la même structure histologique que les bronchioles terminales; elles en diffèrent par la présence d'alvéoles pulmonaires s'ouvrant directement dans leur paroi, ce qui fait qu'en plus de la conduction de l'air, elles sont impliquées dans les échanges gazeux qui s'effectuent au niveau des alvéoles

**4.9. Les canaux alvéolaires,**

Larges et sinueux et n'ont pas de paroi propre, ils sont définis par: les orifices des alvéoles et par les bourrelets alvéolaires;

**4.10. Les bourrelets alvéolaires,**

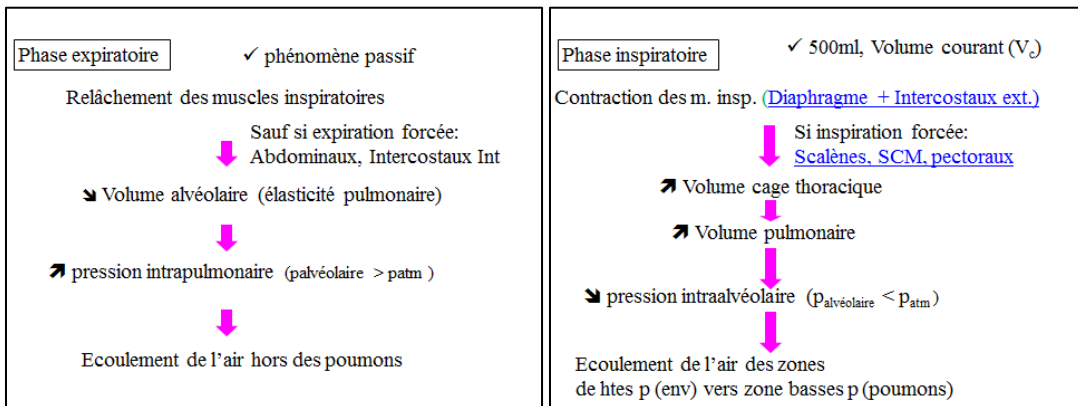
Le bourrelet alvéolaire est une sorte de sphincter dont la contraction ferme le territoire alvéolaire situé en aval

**4.11. Les sacs alvéolaires** sont la confluence de plusieurs alvéoles dont ils ont la structure

**4.12. Les alvéoles pulmonaires,**

Chez l'Homme, sont de l'ordre de 300 millions; leur surface est de 100 m<sup>2</sup> dont 60 à 80 sont le siège d'échanges gazeux entre l'air et le sang; les alvéoles sont l'aboutissement des voies aériennes; ce sont des cavités polygonales de 0,1 à 0,3 mm de diamètre (diamètre variable au cours du cycle respiratoire); ils s'ouvrent essentiellement dans les sacs alvéolaires, mais aussi dans les canaux alvéolaires et dans les bronchioles respiratoires; la paroi commune à deux alvéoles est la cloison interalvéolaire

**5. MECANIQUE VENTILATOIRE**



**6. LES VOLUMES ET CAPACITÉS PULMONAIRES**

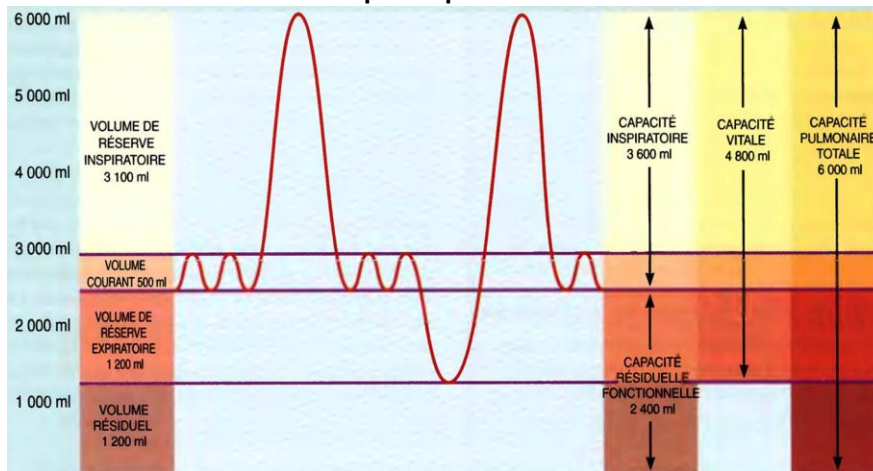
**6.1. Les volumes pulmonaires**

- **Volume courant (VT)** = Lors de la respiration normale, ≈ 500 ml d'air pénètrent dans les voies respiratoires à chaque inspiration (même volume lors de l'expiration). Sur les 500 ml, ≈ 350 ml du volume courant atteignent les alvéoles.
- **Espace mort anatomique** = 150 ml se trouvent dans les cavités du nez, du pharynx, du larynx, de la trachée, des bronches, et des bronchioles
- **La ventilation mn** =  $V_{tx} Fr/mn$  = le volume total d'air qui pénètre dans les poumons / minute
- **Le volume moyen** = 500 ml fois 12 respirations par mn, ou 6 000 ml/mn.

- **Volume de réserve inspiratoire (VRI)** = profonde inspiration, nous aspirons un volume d'air bien supérieur à 500 ml (3100 ml au-dessus des 500 ml du volume courant).
- **Volume de réserve expiratoire (VRE)** = inspiration normale, puis expirons forcée, nous devrions pouvoir exhaler 1 200 ml d'air, en plus des 500 ml du volume courant.
- **Volume résiduel (VR) ≈ 1 200 ml.** = Même après l'expulsion du VRE, il reste un volume assez important d'air dans les poumons, (parce que la pression intra pleurale plus faible permet aux alvéoles de retenir un certain volume d'air); il reste également un certain volume d'air dans les voies respiratoires qui ne peuvent s'affaisser.

### 6.2. Les capacités pulmonaires

- **VT + VRI = CI (capacité inspiratoire) = 3 600 ml**
- **VR + VRE = CRF (capacité résiduelle fonctionnelle) = 2 400 ml.**
- **VRI+VT+VRE= CV (la capacité vitale) = 4800 ml**
- **la somme de tous les volumes = la capacité pulmonaire totale = 6 000 ml.**



## 7. LES ECHANGES GAZEUX

### Quelques lois physiques utiles

#### 7.1. Loi de Boyle

Suivant la loi de Boyle, le Volume d'un gaz varie inversement à la pression,

#### 7.2. Loi de Charles

Selon la loi de Charles, le volume d'un gaz est directement proportionnel à la température, en supposant que la pression reste constante.

Lorsque le gaz est chauffé, les molécules gazeuses se déplacent plus vite et le nombre de collisions dans le cylindre augmente.

La force des molécules qui frappent le piston le font se déplacer vers le haut.

Alors que le gaz se dilate, le mouvement du piston donne une mesure de l'augmentation de volume.

À mesure que l'espace dans le cylindre augmente, les molécules doivent se déplacer plus loin, si bien que le nombre de collisions diminue à mesure que l'espace augmente.

La pression initiale est maintenue, et le volume augmente proportionnellement à l'augmentation de la température.

Lorsque les gaz entrent dans les poumons réchauffés, ils se dilatent, entraînant l'augmentation du volume pulmonaire.

#### 7.3. Loi de Dalton

Selon la loi de Dalton, chaque gaz présent dans un mélange de gaz exerce sa propre pression, indépendamment des autres gaz.

On appelle **pression partielle** la pression d'un gaz spécifique dans un mélange ; elle correspond à  $p$ .

La somme des pressions partielles = pression totale

L'air atmosphérique est un mélange de plusieurs gaz (oxygène, gaz carbonique, azote, vapeur d'eau, ainsi qu'un certain nombre d'autres gaz présents en quantités minimales et négligeables).

Nous pouvons déterminer la  $p$  exercée par chaque gaz du mélange en multipliant le pourcentage du gaz dans le mélange par la pression totale du mélange.

Exemple :

- Pour connaître la  $p$  de l' $O_2$  dans l'atmosphère, on multiplie le pourcentage d'air atmosphérique composé d'oxygène (21 %) par la pression atmosphérique totale (760 mm Hg) :  $pO_2$  atmosphérique =  $21\% \times 760 \text{ mm Hg} = 159,60$  ou  $160 \text{ mm Hg}$
- Comme le pourcentage de  $CO_2$  dans l'atmosphère est égal à 0,04,  $pCO_2$  atmosphérique =  $0,04\% \times 760 \text{ mm Hg} = 0,3 \text{ mm Hg}$
- La pression atmosphérique est la somme des pressions de tous ces gaz : Pression atmosphérique (760 mm Hg) =  $pO_2 + pCO_2 + pN_2 + pH_2O$

#### 7.4. Loi de Henry

La capacité d'un gaz de se maintenir en solution dépend de sa **pression partielle** et de son **coefficient de solubilité**, c'est-à-dire de son attraction physique ou chimique pour l'eau.

Le coefficient de solubilité du gaz carbonique est élevé (0,57), celui de l'oxygène l'est moins (0,024), et celui de l'azote encore moins (0,012).

Plus la pression partielle exercée par un gaz sur un liquide est élevée et plus le coefficient de solubilité est élevé, plus le gaz aura tendance à rester en solution.

La loi de Henry explique deux conditions dues aux changements de la solubilité de l'azote dans les liquides corporels.

Même si l'air que nous respirons contient environ 79 % d'azote, ce gaz n'a aucun effet connu sur les fonctions corporelles, puisque, à cause du coefficient peu élevé de solubilité de ce gaz à la pression du niveau de la mer, seule une très petite quantité d'azote se dissout dans le plasma sanguin.

#### 8. Les échanges gazeux s'effectuent à 2 niveaux :

- Pulmonaire ( $O_2$  entre poumons sang /  $CO_2$  sort sang poumons)
- Tissulaire ( $O_2$  passe sang cellules /  $CO_2$  passe cellules sang)

#### 9. Les échanges gazeux se font par diffusion :

- Le passage des gaz à travers les membranes perméables au gaz suit le gradient de pression : on dit que les gaz diffusent du milieu où la pression est la plus élevée vers le milieu où la pression est plus faible.

### 10. LES ECHANGES GAZEUX

#### 10.1. La physiologie de la respiration pulmonaire

La respiration externe (pulmonaire) est l'échange d'oxygène et de gaz carbonique entre les alvéoles et les capillaires pulmonaires.

Elle entraîne la conversion du sang désoxygéné (pauvre en  $O_2$ ) en provenance du cœur en sang oxygéné (saturé en  $O_2$ ) retournant au cœur.

La  $pO_2$  de l'air alvéolaire est de 105 mm Hg.

La  $pO_2$  du sang désoxygéné qui pénètre dans les capillaires pulmonaires n'est que de 40 mm Hg en période de repos.

A cause de cette différence dans les  $pO_2$ , l'oxygène diffuse des alvéoles vers le sang désoxygéné, jusqu'à ce qu'un équilibre soit atteint, et la  $pO_2$  du sang maintenant oxygéné est de 105 mm

En arrivant dans les poumons, la  $p\text{CO}_2$  du sang pulmonaire désoxygéné est de 45 mm Hg, alors que celle des alvéoles est de 40 mm Hg.

À cause de cette différence dans la  $p\text{CO}_2$ , le gaz carbonique diffuse du sang désoxygéné vers les alvéoles jusqu'à ce que la  $p\text{CO}_2$  du sang soit réduite à 40 mm Hg.

A mesure que l'oxygène passe des alvéoles aux globules rouges, l'hémoglobine se sature d'oxygène et devient donc un acide plus fort. L'hémoglobine plus acide libère un plus grand nombre d'ions hydrogène ( $\text{H}^+$ ) qui se combinent à  $\text{HCO}_3^-$  pour former de l'acide carbonique ( $\text{H}_2\text{CO}_3$ ). Celui-ci se dissocie en  $\text{H}_2\text{O}$  +  $\text{CO}_2$ , et le  $\text{CO}_2$  diffuse du sang aux alvéoles (effet Haldane).

### **Le taux de la respiration externe dépend de plusieurs facteurs.**

- Différence de pression partielle.

Aussi longtemps que la  $p\text{O}_2$  des alvéoles est supérieure à celle du sang veineux, l'oxygène diffuse des alvéoles au sang (altitude).

- Surface d'échange gazeux disponible.

La surface totale disponible pour les échanges Oxygène gaz carbonique est importante  $\approx 70 \text{ m}^2$  (emphysème)

- Distance de diffusion.

L'épaisseur totale des membranes alvéolo-capillaires n'est que de  $0,5 \mu\text{m}$ . Les capillaires sont tellement étroits que les globules rouges doivent y circuler l'un derrière l'autre. L'accumulation de liquide, comme dans le cas de l'œdème pulmonaire, réduit le taux des échanges gazeux, parce qu'elle entraîne l'augmentation de la distance de diffusion.

- La fréquence et l'amplitude respiratoires. (la morphine ralentit la fréquence respiratoire)

### **10.2. La physiologie de la respiration tissulaire**

La respiration interne (tissulaire) est l'échange d'oxygène et de gaz carbonique entre les capillaires sanguins des tissus et les cellules des tissus. Elle entraîne la conversion du sang oxygéné en sang désoxygéné.

- **La physiologie de la respiration tissulaire  $\text{O}_2$**

La  $p\text{O}_2$  du sang oxygéné qui entre dans les capillaires tissulaires est de 105 mm Hg, alors que celle des cellules des tissus est de 40 mm Hg.

A cause de cette différence, l' $\text{O}_2$  diffuse dans le liquide interstitiel et les cellules des tissus, jusqu'à ce que la  $p\text{O}_2$  du sang soit réduite à 40 mm Hg, ce qui correspond à la  $p\text{O}_2$  du sang désoxygéné des capillaires tissulaires en période de repos.

Au repos, environ 25 % de l' $\text{O}_2$  disponible dans le sang oxygéné pénètre dans les cellules des tissus. Ce volume est suffisant pour répondre à leurs besoins en situation de repos.

- **La physiologie de la respiration tissulaire  $\text{CO}_2$**

La  $p\text{CO}_2$  moyenne des cellules des tissus est de 45 mm Hg, alors que celle du sang oxygéné des capillaires est de 40 mm Hg. Par conséquent, le gaz carbonique des cellules diffuse dans le liquide interstitiel et le sang oxygéné, jusqu'à ce que la  $p\text{CO}_2$  du sang soit de 45 mm Hg, ce qui correspond à la  $p\text{CO}_2$  du sang désoxygéné des capillaires tissulaires.

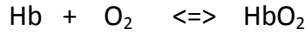
Le sang désoxygéné retourne ensuite au cœur. De là, il est propulsé vers les poumons, et un autre cycle de respiration externe commence.

### **11. Le transport d' $\text{O}_2$**

L' $\text{O}_2$  ne se dissout pas facilement dans l'eau ; **1,5 %** à l'état dissous dans le cytoplasme des hématies et dans le plasma. **98,5%** combiné à l'Hb sous forme d'oxyHb.

L' $\text{O}_2$  se fixe réversiblement sur les atomes de fer de l'hème :  $\text{Hb} + 4\text{O}_2 \rightleftharpoons \text{Hb}(\text{O}_2)_4$





Étant donné que 98,5 % de l'O<sub>2</sub> se fixe à l'hémoglobine et est emprisonné à l'intérieur des globules rouges, seul l'O<sub>2</sub> dissous (1,5 %) peut diffuser des capillaires des tissus aux cellules des tissus.

## 12. Le transport du CO<sub>2</sub>

Dans des conditions normales de repos, chaque volume de 100 ml de sang désoxygéné contient 5 ml de gaz carbonique. Le CO<sub>2</sub> est transporté par le sang sous 3 formes principales .

- Le CO<sub>2</sub> dissous. \$

Le plus petit pourcentage, environ 7 %, est dissous dans le plasma. En atteignant les poumons, il diffuse dans les alvéoles pulmonaires.

- La carbhémoglobine.

Une partie plus importante, équivalant à environ 23 %, se combine à la globine contenue dans l'hémoglobine pour former la **carbhémoglobine** sous l'influence de la P<sub>CO<sub>2</sub></sub>. Ainsi, dans les capillaires tissulaires, la p<sub>CO<sub>2</sub></sub> est relativement élevée, ce qui favorise la formation de la carbHb. Toutefois, dans les capillaires pulmonaires, la p<sub>CO<sub>2</sub></sub> est relativement basse, et le CO<sub>2</sub> se sépare facilement de la globine et pénètre dans les alvéoles par diffusion.

- Les ions bicarbonate.

70 % du CO<sub>2</sub> est transporté dans le plasma sous forme d'ions bicarbonate.

À mesure que le CO<sub>2</sub> diffuse dans les capillaires tissulaires et pénètre dans les globules rouges, il réagit avec l'eau, en présence de l'enzyme anhydrase carbonique, pour former de l'acide carbonique. Celui-ci se dissocie en ions H<sup>+</sup> et en ions HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>. Les ions H<sup>+</sup> se combinent principalement à l'hémoglobine ou à d'autres tampons.

A mesure que les ions HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> s'accumulent dans les globules rouges, certains d'entre eux diffusent et pénètrent dans le plasma, suivant leur gradient de concentration.

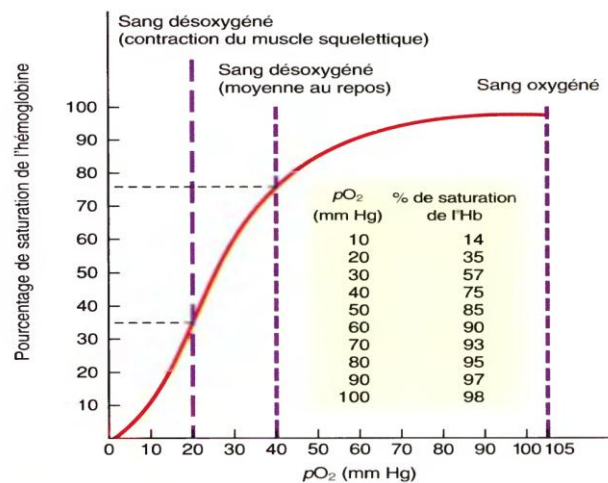
En échange, les ions chlorure (Cl<sup>-</sup>) diffusent du plasma vers les globules rouges.

Cet échange d'ions négatifs maintient l'équilibre ionique entre le plasma et les globules rouges ; c'est ce que l'on appelle le phénomène de Hamburger.

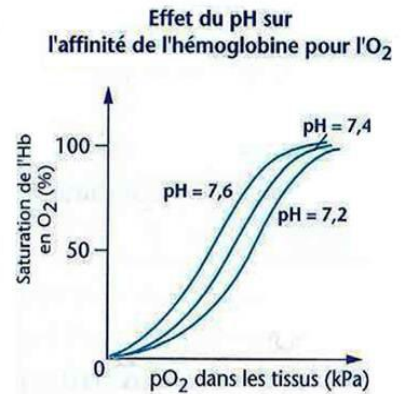
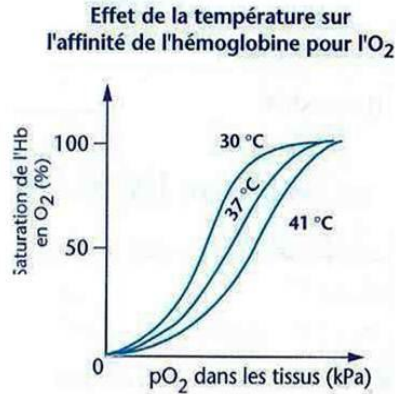
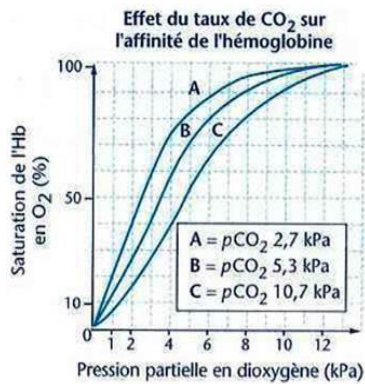
L'effet net de ces réactions est que le CO<sub>2</sub> des cellules est transporté dans le plasma sous forme... d'ions bicarbonate.

## 13. Facteurs influençant les échanges gazeux

- La p<sub>O<sub>2</sub></sub> (**courbe de Barcroft**)



- La  $pCO_2$
- La température ( $t^\circ$ )
- Le pH



- Le BPG.

Le BPG. Une substance présente dans les GR, appelées 2,3-biphosphoglycérate (BPG), appelé auparavant diphosphoglycérate, réduit l'affinité de l'Hb pour l'O<sub>2</sub> et aide donc à libérer l'O<sub>2</sub> de l'Hb.

Il s'agit d'un composé intermédiaire formé dans les Gr lorsqu'ils dégradent le glucose en énergie durant la glycolyse.

Lorsque ce composé se combine à l'Hb, celle-ci se fixe moins fermement à l'O<sub>2</sub>.

Plus le taux de BPG est élevé, plus le volume d'O<sub>2</sub> libéré est important.

#### 14. LA RÉGULATION DE LA RESPIRATION

- La région d'où partent ces influx nerveux est située en position bilatérale dans la formation réticulée du tronc cérébral ; on l'appelle le centre respiratoire.
- Ce centre est formé d'un groupe de neurones dispersés, divisé, sur le plan fonctionnel, en trois régions :
  - a) le centre de rythmicité bulbaire : régler le rythme de base de la respiration.
  - b) le centre pneumotaxique, situé dans la protubérance : Aide à coordonner la transition entre l'inspiration et l'expiration. L'influx nerveux favorise l'inhibition de l'activité du centre inspiratoire avant que les poumons ne contiennent un volume d'air excessif. Autrement dit, les influx limitent l'inspiration et facilitent ainsi l'expiration. Lorsque le centre pneumotaxique est plus actif, le rythme de la respiration est plus rapide.
  - c) le centre apneustique, également situé dans la protubérance : Coordonne la transition entre l'inspiration et l'expiration.

Ce centre envoie des influx stimulateurs au centre inspiratoire pour activer et prolonger l'inspiration, inhibant ainsi l'expiration.

Cette situation survient lorsque le centre pneumotaxique est inactif.

Lorsque le centre pneumotaxique est actif, il domine le centre apneustique.