

LA RESPIRATION

La principale fonction de l'appareil respiratoire est de fournir de l'oxygène à l'organisme et de le débarrasser du gaz carbonique.

L'appareil respiratoire comprend les voies respiratoires et les poumons.

I. Les voies respiratoires

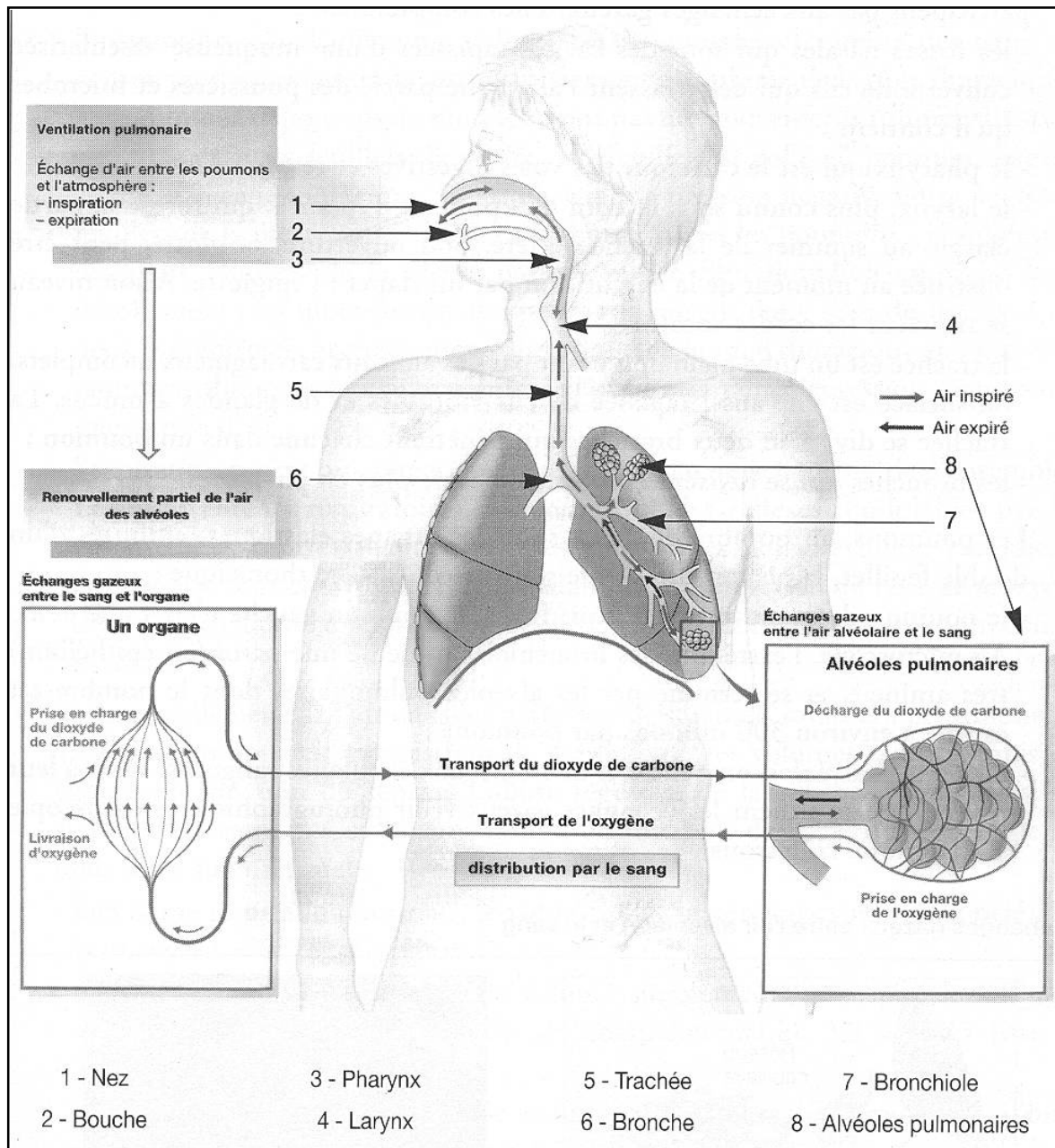


Figure 1

L'appareil respiratoire, trajet de l'air et devenir

1. Anatomie des voies respiratoires

Elles sont constituées de plusieurs organes.

- Les fosses nasales

Elles communiquent à l'extérieur par les narines et aboutissent dans le pharynx.

- Le pharynx

C'est un carrefour aéro-digestif. Il relie les cavités nasales et la bouche au larynx et à l'oesophage (organe de la digestion). L'air comme les aliments empruntent ce passage. Il est communément appelé gorge.

- Le larynx

Il a trois fonctions :

- Ses deux fonctions principales consistent à fournir un passage à l'air et à aiguiller l'air et les aliments dans les conduits appropriés. Lorsque les aliments sont propulsés dans le pharynx, le larynx se ferme. Quand le pharynx ne livre que de l'air, le larynx s'ouvre et laisse passer l'air aux portions inférieures des voies respiratoires.
- C'est également l'organe de la voix. Il est formé de quelques cartilages, entre lesquels sont tendus des replis membraneux, les cordes vocales. Chez l'homme, l'un des cartilages est plus apparent et forme la « pomme d'Adam ». L'ouverture qu'emprunte l'air entre les cordes vocales est appelée glotte. A l'arrière de la langue se trouve l'épiglotte.

- La trachée

C'est un tube long de 10 à 12 cm, situé en avant de l'œsophage. Elle est constituée de 20 anneaux cartilagineux qui la maintiennent béante. Au niveau des poumons, la trachée se divise en 2 branches : les bronches.

- Les bronches

Elles sont au nombre de 2, une pour chaque poumon. Elles sont maintenues béantes par des anneaux cartilagineux complets. A l'intérieur des poumons, ces bronches se ramifient en un arbre bronchique formé par les bronchioles.

- Les bronchioles

Les petites bronches sont appelées bronchioles. Elles sont de moins en moins cartilagineuses et de plus en plus élastiques lorsqu'on s'éloigne de leur point de départ. Les bronchioles aboutissent aux lobules pulmonaires et se terminent par des saccules (ou vésicules).

- Les saccules alvéolaires

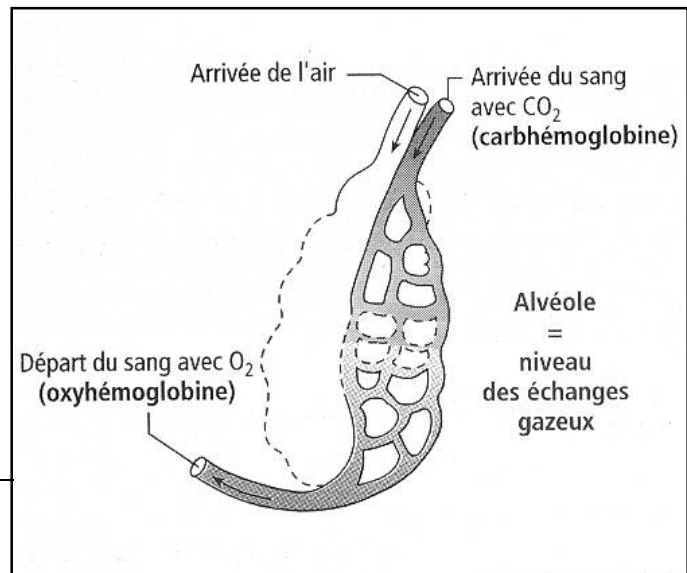


Figure 2

Une alvéole pulmonaire et son irrigation sanguine

Ils ressemblent à de petits sacs remplis d'air. Ils sont constitués de plusieurs alvéoles.

La paroi très fine (0,2 mm) des alvéoles permet les échanges gazeux. A l'intérieur des poumons, les saccules sont compartimentés en lobules.

- Les lobules pulmonaires

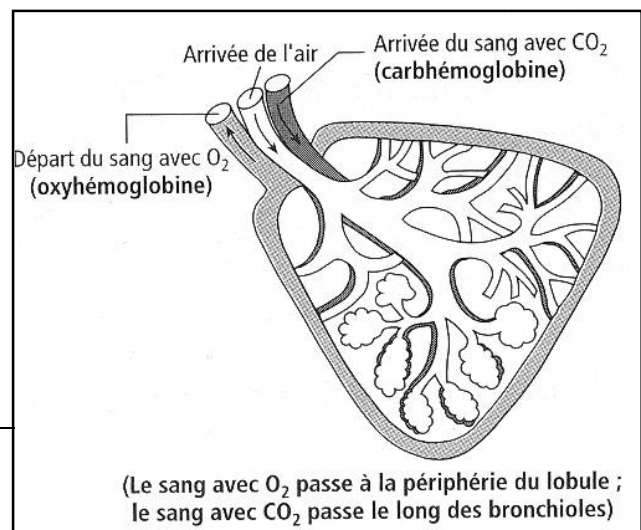


Figure 3

Un lobule pulmonaire et son irrigation pulmonaire

Ils représentent autant de poumons miniatures. Les cloisons qui les séparent sont en tissu conjonctif.

II. Les poumons

Les poumons sont 2 organes de couleur rosée, logés dans la cage thoracique et recouverts par la plèvre.

La plèvre est une membrane séreuse à 2 feuillets, entre lesquels se glisse un peu de liquide visqueux permettant leur glissement. Elle rend les poumons solidaires à la cage thoracique.

La base des poumons repose sur le diaphragme. On peut voir un orifice (ou hile) sur la face interne des poumons. Il permet la pénétration des 2 bronches, de l'artère pulmonaire (qui apporte le sang chargé de CO₂) et la sortie des veines pulmonaires (qui ramènent le sang chargé d'O₂).

Les poumons sont constitués de lobes :

- 3 lobes pour le poumon droit ;
- 2 lobes pour le poumon gauche.

On peut résumer l'anatomie des poumons ainsi :

- un arbre ramifié plein d'air : l'arbre bronchique ;
- un arbre ramifié plein de sang rouge foncé : l'arbre artériel ;
- un arbre ramifié plein de sang rouge clair : l'arbre veineux.

Le tout est enveloppé de tissu conjonctif.

III. Le fonctionnement de l'appareil respiratoire

Le renouvellement de l'air dans l'arbre bronchique est le fait de la respiration. Un mouvement respiratoire est constitué d'une inspiration et d'une expiration.

Il y a 16 à 18 mouvements respiratoires par minute. La respiration est le plus souvent normale mais occasionnellement elle peut être forcée¹.

1. La respiration normale

- L'inspiration

Les côtes et le sternum se soulèvent grâce à la contraction des muscles élévateurs des côtes, et le diaphragme s'abaisse, par la plèvre, la cage thoracique accroît son volume : c'est un phénomène actif.

Les poumons, solidaires de la cage thoracique, suivent le mouvement. L'air rentre donc dans les poumons.

1/2 litre d'air pénètre dans les poumons : c'est le volume d'air courant (VC).

¹ Les mouvements respiratoires « normaux » sont indépendants de notre volonté. Ils sont réglés par le système nerveux végétatif. Le centre nerveux est situé à la base de l'encéphale (bulbe) ; il envoie des influx rythmés aux nerfs moteurs de la cage thoracique. La volonté peut agir sur ces nerfs moteurs lors des mouvements « forcés ».

- L'expiration

Il y a relâchement des muscles et les poumons reprennent leur volume initial en rejetant la même quantité d'air : c'est un phénomène passif.

2. La respiration forcée

- L'inspiration

On observe une dilatation maximale de la cage thoracique, du fait de la contraction volontaire des muscles insérés sur les côtes supérieures (qui sont ainsi soulevées).

1,5 litre d'air pénètre dans les poumons : c'est le volume de réserve inspiratoire (VRI) ou air complémentaire.

- L'expiration

Il y a contraction des muscles insérés sur les côtes inférieures (qui sont abaissées).

1,5 litre d'air s'échappe des poumons : c'est le volume de réserve expiratoire (VRE) ou air de réserve.

3. La capacité pulmonaire

La capacité pulmonaire est la somme :

VC	+	VRI	+	VRE	
(0,5 l)		(1,5 l)		(1,5 l)	= (3,5 l)

La capacité pulmonaire se mesure à l'aide d'un appareil appelé spiromètre. La pratique sportive peut augmenter cette capacité pulmonaire jusqu'à 5 à 6 litres.

Lorsqu'on veut connaître la capacité totale de ses poumons, il faut ajouter 1,5 l d'air résiduel (cet air reste en permanence dans les poumons et ne peut être expiré). La capacité totale est donc de 5 l.

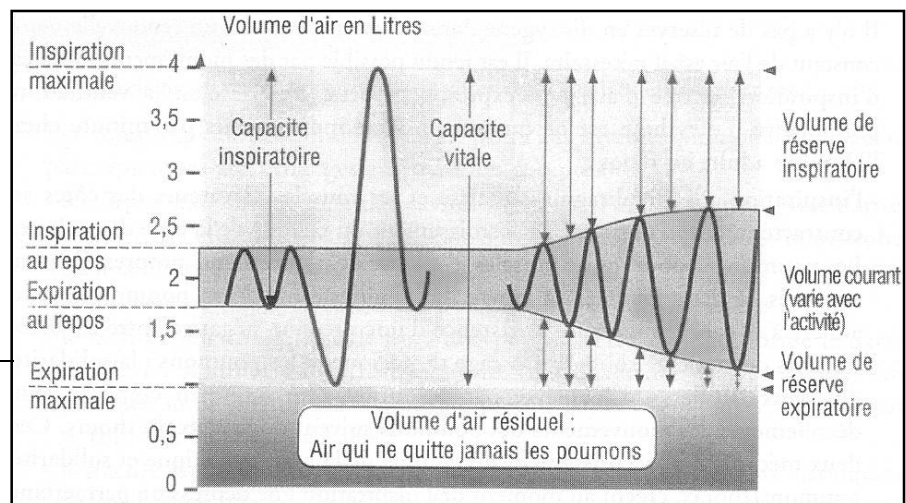


Figure 4

Capacité pulmonaire, volumes respiratoires

IV. Les échanges gazeux respiratoires

Au cours du passage du sang dans les poumons, il y a :

- absorption de dioxygène (O₂) ;
- rejet de dioxyde de carbone (CO₂) et de vapeur d'eau.

Du dioxygène de l'air passe dans le sang ; du dioxyde de carbone et de la vapeur d'eau sont rejetés dans l'air extérieur.

Comparaison entre l'air inspiré et expiré		
Composants	Air inspiré	Air expiré
Azote	80%	80%
Dioxygène	20%	15%
Dioxyde de carbone	0,03%	5%
Vapeur d'eau	Variable	+++
Caractéristiques de l'air atmosphérique		
Vapeur d'eau	variable en fonction du milieu	à saturation
Température	variable	37°C

1. Rôle de l'hémoglobine dans le transport des gaz respiratoires

C'est l'hémoglobine du sang qui transporte l'oxygène et une partie du dioxyde de carbone. On a ainsi :

Soit hémoglobine + O₂ = oxyhémoglobine

Soit hémoglobine + CO₂ = carbhémoglobine

2. Lieux des échanges gazeux

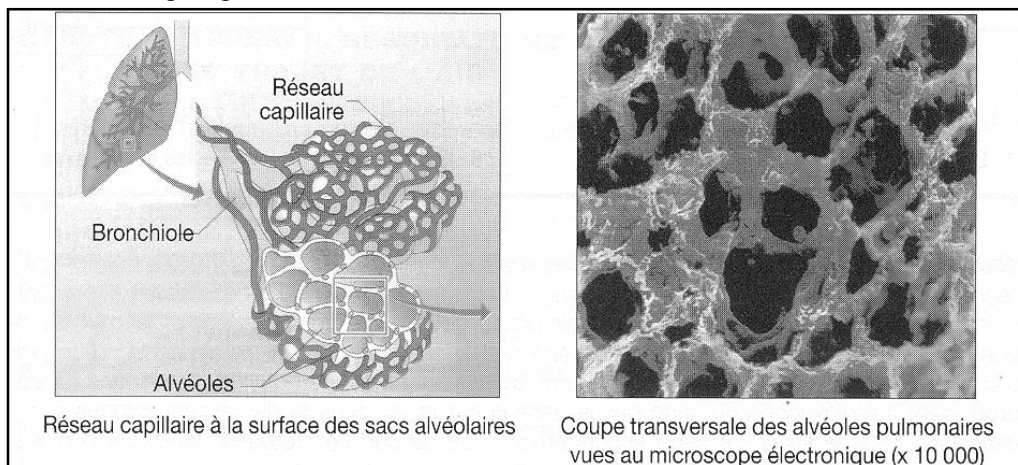


Figure 5

Echanges gazeux entre l'air alvéolaire et le sang

- Au niveau des cellules
 - Le sang arrive sous forme d'oxyhémoglobine au niveau des cellules.
 - Le sang décharge le dioxygène (nécessaire à la vie) et se charge des déchets cellulaires (dioxyde de carbone).
 - Le sang repart vers les poumons et est riche en carbhémoglobine et en CO₂ dissout.
- Au niveau des poumons
 - Le sang qui arrive au niveau des alvéoles pulmonaires est riche en carbhémoglobine et en CO₂ dissout.
 - Il libère le dioxyde de carbone (qui est rejeté dans l'air expiré) et l'hémoglobine se combine avec le dioxygène de l'air inspiré.
 - Il repart vers les cellules, il est riche en oxyhémoglobine.
 - Et le cycle recommence.

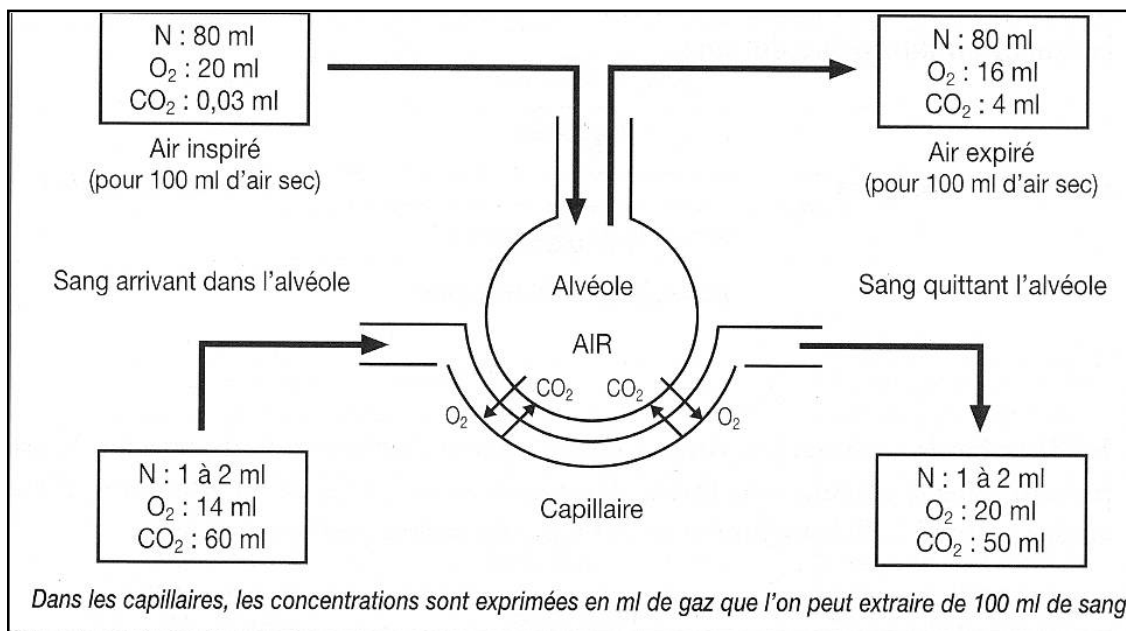


Figure 6

Comparaison des teneurs en gaz dans l'air et dans le sang au niveau des alvéoles (valeurs moyennes)

3. Comment se font les échanges ?

Les échanges gazeux se font par diffusion à travers les membranes des capillaires sanguins et des cellules. De part et d'autre des surfaces d'échanges, la pression des gaz est différente et les échanges se font des zones de haute pression vers les zones de basse pression.

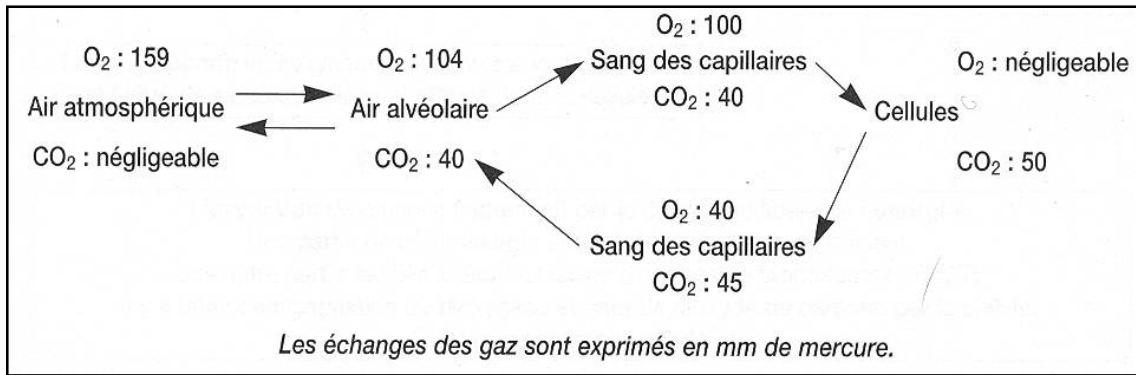
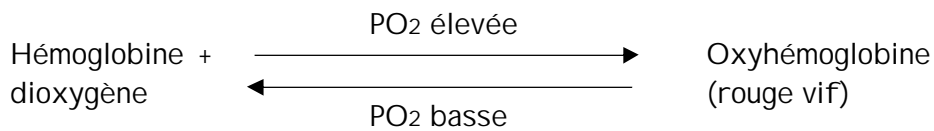


Figure 7

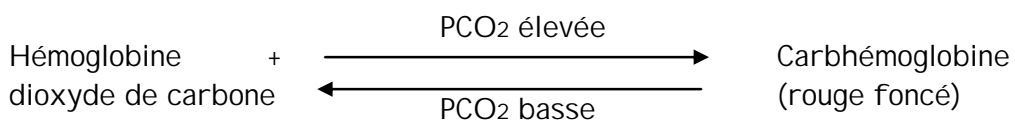
Echanges gazeux liés aux différences de pression (valeurs moyennes)

Le dioxygène est très peu soluble dans le plasma. Il est surtout transporté sous forme combinée à l'hémoglobine, pigment rouge des globules rouges. Cette liaison donne l'oxyhémoglobine. Elle est réversible et s'établit en fonction de la teneur en dioxygène du sang.



PO₂ = pression en dioxygène

Le dioxyde de carbone est vingt-cinq fois plus soluble que le dioxygène. Il est présent dans le plasma sous forme dissoute et sous forme de bicarbonates, il est aussi combiné à l'hémoglobine sous forme de carbhémoglobine.

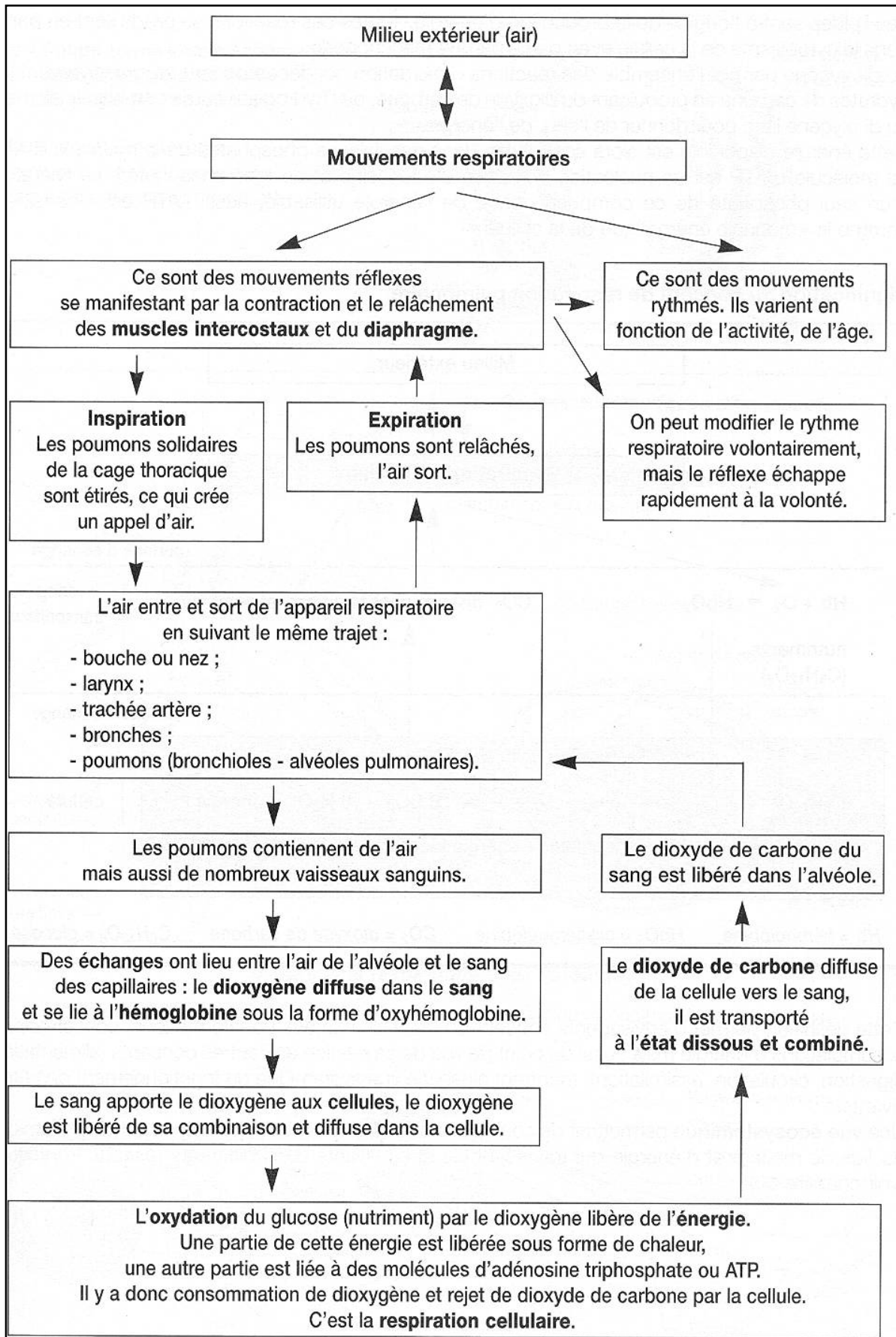


PCO₂ = pression en dioxyde de carbone

La solubilité des gaz, même si elle est quantitativement faible, est importante à prendre en compte au niveau des échanges car ce sont les gaz dissous dans le plasma qui passent par la lymphe interstitielle pour atteindre les organes.

L'affinité de l'hémoglobine pour le monoxyde de carbone est deux cents fois plus grande que pour le dioxygène, ce qui explique qu'en présence de ce gaz dans l'atmosphère, l'asphyxie soit rapide.

V. Organigramme de la fonction respiratoire chez l'homme



VI. Généralisation de la respiration aux autres animaux

a - Coupe transversale schématique dans la partie antérieure du corps de l'écrevisse

De chaque côté du corps, les branchies sont logées dans une cavité dite cavité branchiale.

Carapace
Volet latéral de la carapace
Cavité branchiale
Branchie
Patte

b - Coupes schématiques d'un insecte

① Coupe longitudinale
De fins tubes ramifiés conduisent l'air directement aux organes.

② Coupe transversale

Antenne
Ailes
Pattes
Orifices respiratoires
Ramifications très fines
Trachée principale
Arc rigide dorsal
Membrane souple
Orifice respiratoire
Trachées légèrement écrasées
AIR
1
2

c - Système respiratoire chez l'escargot

① Escargot débarrassé de sa coquille

② Coupe longitudinale schématique

Cœur
Rein
Manteau
Vaisseaux sanguins
Bord du manteau
Foie
Intestin
Pied
Anus
Orifice du poumon
Vaisseaux sanguins
Manteau
Poumon
Orifice du poumon
Orifice urinaire
Estomac

Il existe différents systèmes respiratoires chez les animaux mais dans tous les cas, l'approvisionnement en dioxygène dépend du milieu :

- si la ou les cellules sont en contact direct avec le milieu (air ou eau), les échanges se font alors directement : cas des unicellulaires et de certains pluricellulaires comme les éponges, méduses et animaux voisins ;
- si les cellules et organes ne sont pas en contact avec le milieu, les échanges se font indirectement ; des organes annexes sont très souvent nécessaires pour assurer la diffusion des gaz respiratoires.

Deux cas sont alors possibles :

- Le premier qui fait intervenir le système circulatoire comme transporteur des gaz respiratoires ; les échanges ont lieu par diffusion au travers d'une surface de contact entre le sang et le milieu extérieur :
 - surface corporelle humide chez les vers et les amphibiens adultes : respiration cutanée ;
 - branchies chez les poissons, les amphibiens à l'état larvaire et certains invertébrés aquatiques comme les moules, les crevettes... : respiration branchiale ;
 - poumons chez de nombreux vertébrés (amphibiens adultes, reptiles, oiseaux et mammifères) et quelques invertébrés (mollusques type escargot, arthropodes comme certaines araignées et scorpions) : respiration pulmonaire.
- Le deuxième, limité au groupe des arthropodes, insectes surtout, se fait sans intervention du système sanguin. Des canaux ou trachées mettent toutes les cellules du corps directement en contact avec le milieu : il s'agit d'une respiration trachéenne :
 - chez les insectes à respiration aérienne, les trachées communiquent avec l'extérieur par des orifices : les stigmates ;
 - chez les insectes à respiration aquatique, des trachéo-branchies permettent le passage du dioxygène de l'état dissous dans l'eau, à l'état gazeux dans les trachées.

Les mouvements respiratoires permettent le renouvellement de l'air ou de l'eau chez la plupart des animaux :

- mouvements vibratiles chez les éponges ;
- compression des trachées par mouvements du corps chez les insectes ;
- mouvements des opercules des branchies chez les poissons ;
- mouvements des côtes chez les reptiles ;
- mouvements combinés des côtes et du diaphragme chez les mammifères.

Certains animaux, comme les vers de terre, réalisent leurs échanges gazeux par toute la surface cutanée, sans mouvements respiratoires.

Il existe différentes façons de produire l'énergie. La respiration n'est pas le seul système utilisé dans le monde vivant pour produire de l'ATP. La fermentation est un processus qui permet aussi la dégradation de substances organiques mais de manière incomplète. Le résidu organique renferme encore de l'énergie potentielle. La fermentation a un rendement énergétique inférieur à celui de la respiration.

Par exemple : la fermentation lactique produit de l'acide lactique sous l'action de bactéries ; la fermentation alcoolique produit de l'alcool éthylique sous l'action de levures ; la fermentation acétique produit de l'acide acétique sous l'action de bactéries qui utilisent l'alcool éthylique et le transforment en vinaigre...

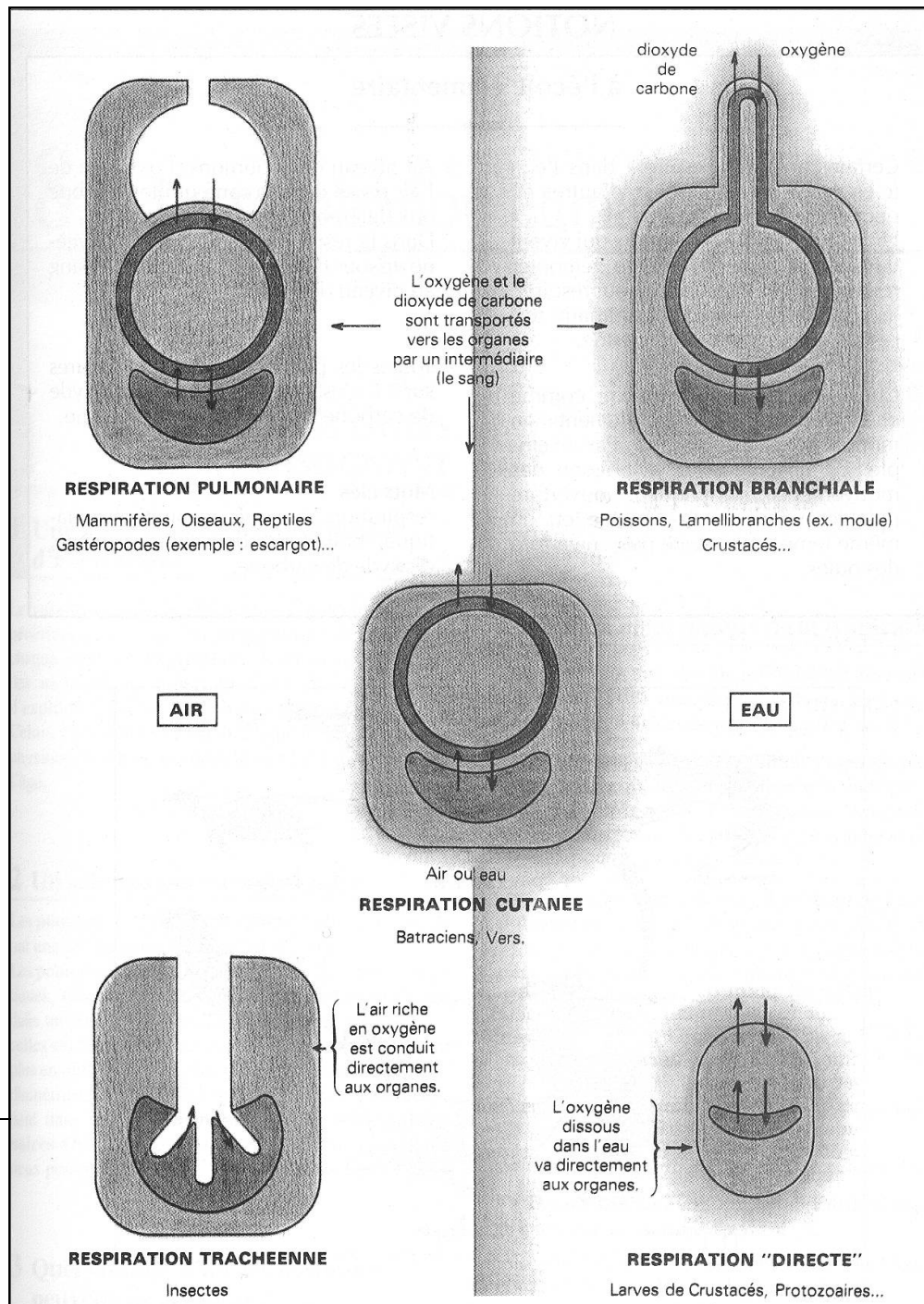


Figure 8
Les différents systèmes respiratoires chez les animaux