

PHYSIOLOGIE RESPIRATOIRE

I - GÉNÉRALITÉS ET DÉFINITIONS:

- Physiologie respiratoire : étude des échanges gazeux entre l'air et les tissus: tous les phénomènes qui concourent à assurer les échanges gazeux entre le milieu ambiant et la cellule vivante
- But de la respiration : délivrer aux tissus la quantité d'oxygène (O₂) nécessaire et éliminer le gaz carbonique (CO₂) produit
- Elle se déroule en cinq étapes:
 - *La ventilation pulmonaire* (respiration) : c'est le processus qui implique l'entrée et la sortie de l'air des poumons.
 - L'hématose: désigne l'échange gazeux qui se produit entre les capillaires des poumons et les alvéoles pulmonaires.
 - *Le transport des gaz respiratoires* : Désigne le transport de l'oxygène et du gaz carbonique des poumons aux les tissus, et leur sortie, assurées par la circulation sanguine.
 - La diffusion cellulaire
 - *La respiration interne* (respiration cellulaire) : c'est l'échange entre les cellules et le sang.
- ❖ Donc pour délivrer l'oxygène à tous les organes, Le processus de respiration nécessite 2 pompes:
 - Celle qui renouvelle l'air dans les poumons (c'est la cage thoracique, mobilisée par les muscles respiratoires)
 - celle qui permet de transporter le sang (c'est le cœur).
- ❖ L'appareil respiratoire a pour rôle de fournir de l'oxygène au sang et d'expulser du corps les déchets gazeux : donc assurer l'hématose
 - L'hématose est l'oxygénation du sang au niveau des poumons. C'est la transformation du sang veineux riche en CO₂, en un sang artériel riche en O₂.
 - 3 conditions :
 - Ventilation : circulation d'air dans les alvéoles.
 - Perfusion : circulation du sang au niveau des capillaires.
 - Diffusion : échange gazeux au travers de la paroi alvéolo-capillaire.
- ❖ L'oxygène sert de carburant au corps humain, c'est-à-dire qu'il permet de brûler les nutriments contenus dans l'alimentation. Le corps produit ainsi l'énergie nécessaire pour combler ses besoins.

II-RAPPELS D'ANATOMIE FONCTIONNELLE

Le système respiratoire est un ensemble d'organes qui a pour principale fonction d'assurer les échanges gazeux entre l'air atmosphérique et le sang.

• Il assure toutefois d'autres fonctions : fonctions d'épuration, immunitaire, métabolique, la phonation...

A-L'appareil respiratoire

Les organes des voies respiratoires supérieures

- Le nez
- Le pharynx
- Le larynx

Les organes des voies respiratoires inférieures

- La trachée
- Les bronches
- Les poumons (Les alvéoles pulmonaires)
- La plèvre

Le rôle des voies aériennes:

- ✓ La conduction de l'air
 - a. Conduire l'air chargé d'O₂ de l'extérieur au fond des alvéoles
 - b. Conduire l'air chargé de CO₂ du fond des alvéoles à l'extérieur
- ✓ Le conditionnement de l'air inspiré (réchauffement et l'humidification de l'air).
 - a. Mettre l'air à 37°C
 - b. Saturer l'air en vapeur d'eau
- ✓ Filtration et purification de l'air
 - a. Nez, poils
 - b. Tapis muco-ciliaire: La sécrétion de mucus, Les cils
 - c. Cellules à poussière : lymphocytes et macrophages
 - d. Toux: mécanisme réflexe (définition) ; purifie l'air des particules les plus grosses.

A

III. VENTILATION ET MECANIQUE VENTILATOIRE

1- définition

- ❖ La ventilation est l'ensemble des processus mécaniques de déplacement d'air à l'intérieur des poumons
- ❖ La mécanique ventilatoire est l'étude de l'ensemble de ces forces qui déplacent les poumons et la cage thoracique ainsi que les résistances opposées à ces forces.
- ❖ Celle-ci a pour but d'assurer le renouvellement cyclique (12-16 cycle/Mn à l'état normal) sans pause, de l'air dans l'espace alvéolaire et par conséquent contribue à l'hématose.
- ❖ Ainsi cette activité périodique détermine un volume courant et une fréquence définissant un débit ventilatoire (\dot{v}) qui dépendra des propriétés physiques statiques (Δv^3) et dynamiques ($\Delta \dot{v}$ et \ddot{v}) des structures thoraco-abdominales, pulmonaires et de l'air.

2-Mécanique ventilatoire

Ce renouvellement de l'air alvéolaire nécessite :

◆ **Un phénomène actif:** Mécanique active des muscles respiratoires

- ✓ qui nécessite la contraction des muscles respiratoires
- ✓ dont le rôle est de mobiliser la cage thoracique
- ✓ Surtout muscles inspiratoires : diaphragme, intercostaux externes, ± scalènes, SCM

◆ **Un phénomène passif:** Mécanique ventilatoire passive

- résistances pulmonaire et thoracique (statique)
- résistances dynamiques des voies aériennes (forces de frottement tissulaire)
- expiration : passive; ± abdominaux, intercostaux internes

La ventilation est finement régulée.

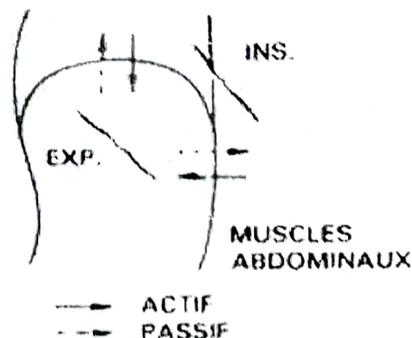
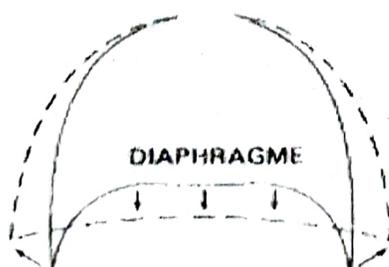
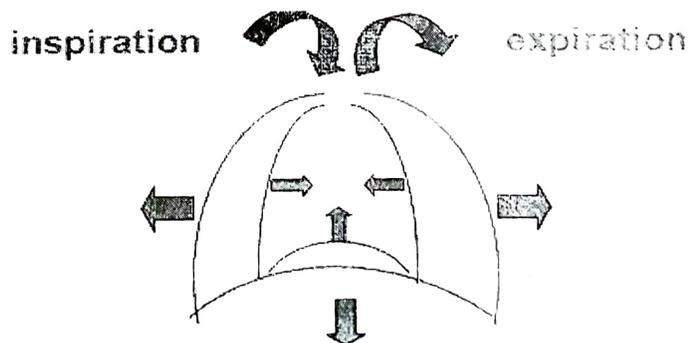
3-Le système ventilatoire

1. La cage thoracique
2. Les voies aériennes
3. Les poumons
4. Les muscles respiratoires
 - a. Les muscles inspiratoires
 1. Diaphragme
 2. Intercostaux externes
 3. Inspiratoires accessoires
 - b. Les muscles participant à l'expiration forcée
 1. Intercostaux internes
 2. Muscles abdominaux

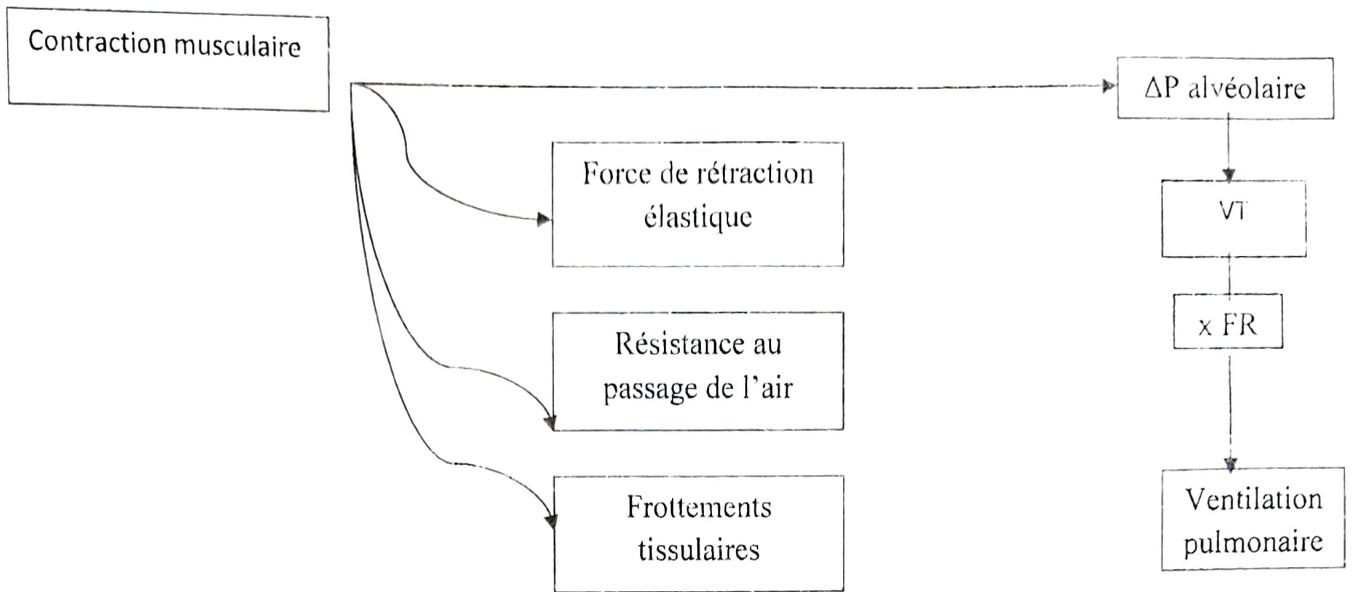
Repos :

• inspiration =
phénomène actif

• expiration =
phénomène passif



Rôle de la contraction musculaire :



5. Les modes de ventilation :

a-Ventilation calme :

Inspiration active : Contraction diaphragmatique (75%) , muscles intercostaux externes (25%)

Expiration passive : Recul du poumon par traction élastique

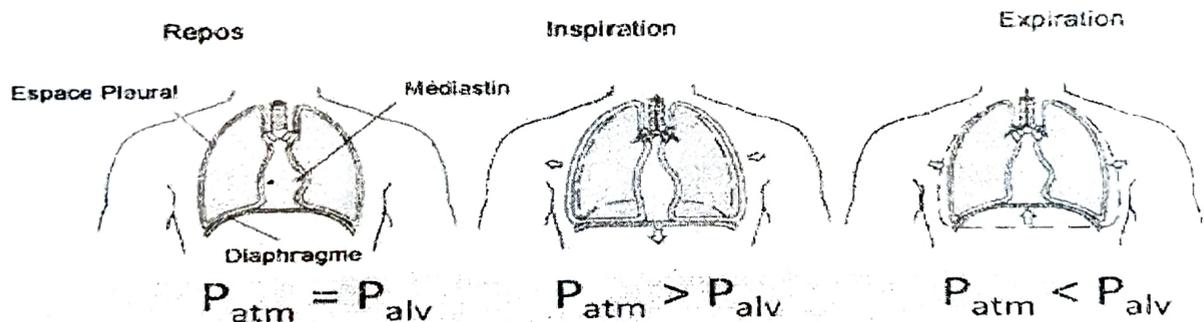
b-Ventilation forcée ou effort :

Inspiration : Mise en jeu des muscles respiratoires accessoires (sterno-cléido-mastoïdien, scalènes).

Expiration : Muscles intercostaux internes, abdominaux.

6. Rôle des pressions dans la ventilation

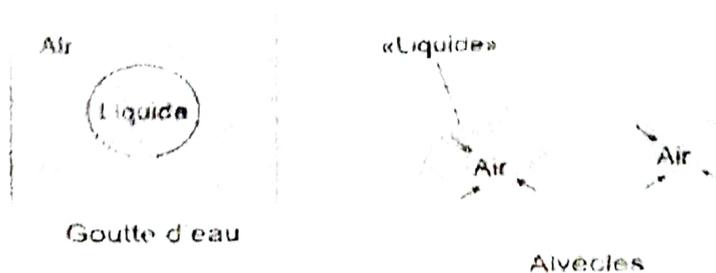
L'air pénètre et sort des poumons par le biais de variation de pression.



7. Compliances et résistances pulmonaires

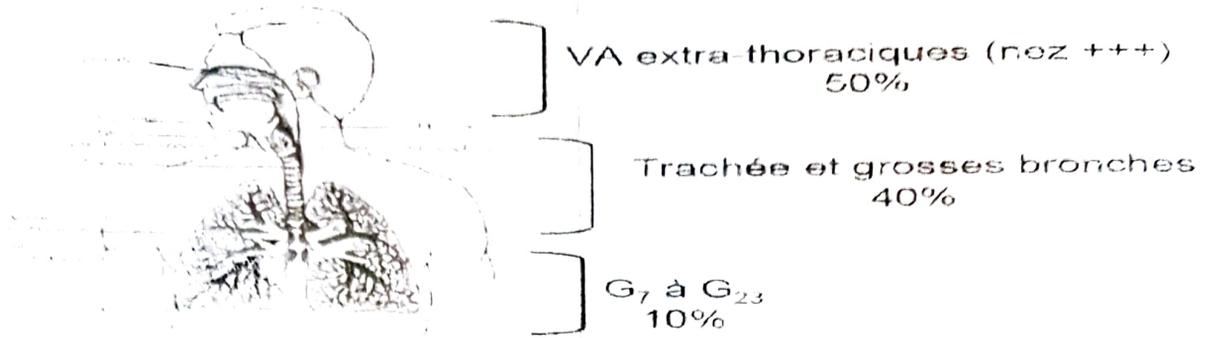
a- Rôle des compliances pulmonaires dans la ventilation

- La compliance pulmonaire est la facilité d'étirements des poumons.
- Un poumon compliant : inspiration facile : nécessité de faible changement de pression pour de grand volume
- Les facteurs influençant la compliance pulmonaire sont :
 - La tension de surface : due à l'attraction des molécules de surface entre elles (H₂O).
 - Surfactant : rôle stabilisant des tensions alvéolaires.



b- Résistances pulmonaires

En respiration nasale



c- Le calibre des voies aériennes ainsi que les résistances sont sous la dépendance de différents facteurs :

❖ VA supérieures

a. Facteurs mécaniques :

- p^o transpulmonaire
- Gravité
- interaction des groupes musculaires pharyngés

b. Facteurs nerveux :

- Activité des nerfs moteurs des muscles pharyngés
- Reflexes (dilatateurs du pharynx, nauséux)

c. Facteurs anatomiques :

- rétrécissent du calibre pharyngé

❖ VA inférieures :

d. Facteurs mécaniques :

- Traction latérale par le tissu conjonctif

e. Facteurs nerveux et chimiques :

- SN sympathique : broncho dilatation
- SN parasympathique : broncho constriction

f. Facteurs anatomiques :

- obstruction de la lumière bronchique

8. les volumes pulmonaires :

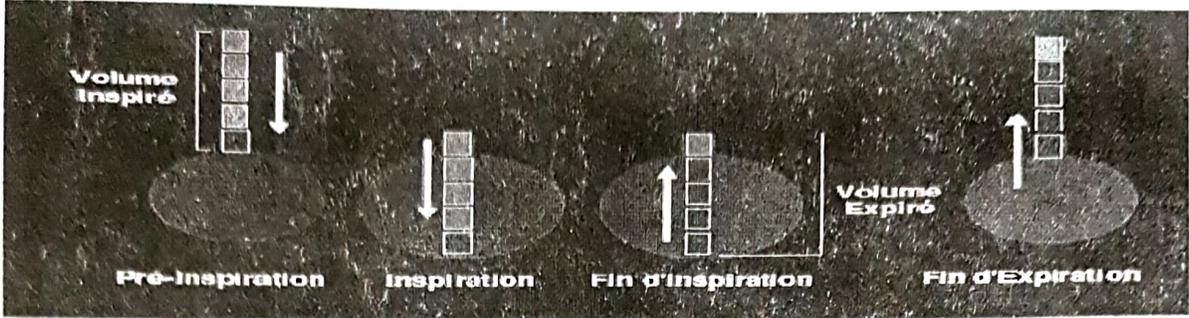
- Volume courant (VT): volume mobilisé à chaque cycle inspiratoire pendant une respiration calme: 0.5l
- Volume de réserve inspiratoire (VRI): volume maximal qui peut être inspiré en plus du volume courant en inspiration profonde maximale. 2.5l
- Volume de réserve expiratoire (VRE): volume maximal pouvant être expiré en plus du volume courant en expiration profonde maximale: 1.5l
- Volume résiduel (VR): volume d'air restant dans les poumons après une expiration profonde maximale.
- Capacité vitale : plus grand volume mobilisable = VT + VRI + VRE.
- Capacité pulmonaire totale (VPT) = capacité vitale + volume résiduel: 5.5l.
- Capacité résiduelle fonctionnelle = volume de réserve expiratoire + volume résiduel.

V-LA VENTILATION ALVEOLAIRE :

- Les alvéoles sont le lieu des échanges gazeux
- Ils sont séparés du milieu extérieur par une zone de conduction (l'arbre bronchique et les voies aériennes supérieures) qui ne participent pas aux échanges, c'est une zone inerte dite espace mort anatomique.
- Cet espace mort anatomique réduit l'efficacité ventilatoire.
 - ❖ Les différents espaces morts
- Anatomique ou espace mort en série: zone de conduction. Pas de surface d'échange. ≈ 150 ml.
- Espace mort alvéolaire ou en parallèle: C'est le volume pulmonaire ventilé et peu ou pas perfusé (la perfusion est inefficace)
- Physiologique = espace mort anatomique + Espace mort alvéolaire
- Chez l'adulte sain : espace mort physiologique très proche de l'espace mort anatomique.

❖ Composition des gaz alvéolaires

Au cours d'un même cycle ventilatoire la composition du gaz alvéolaire varie, ceci est dû au fait que la ventilation est un phénomène périodique et les échanges gazeux alvéolo-capillaires sont un phénomène continu



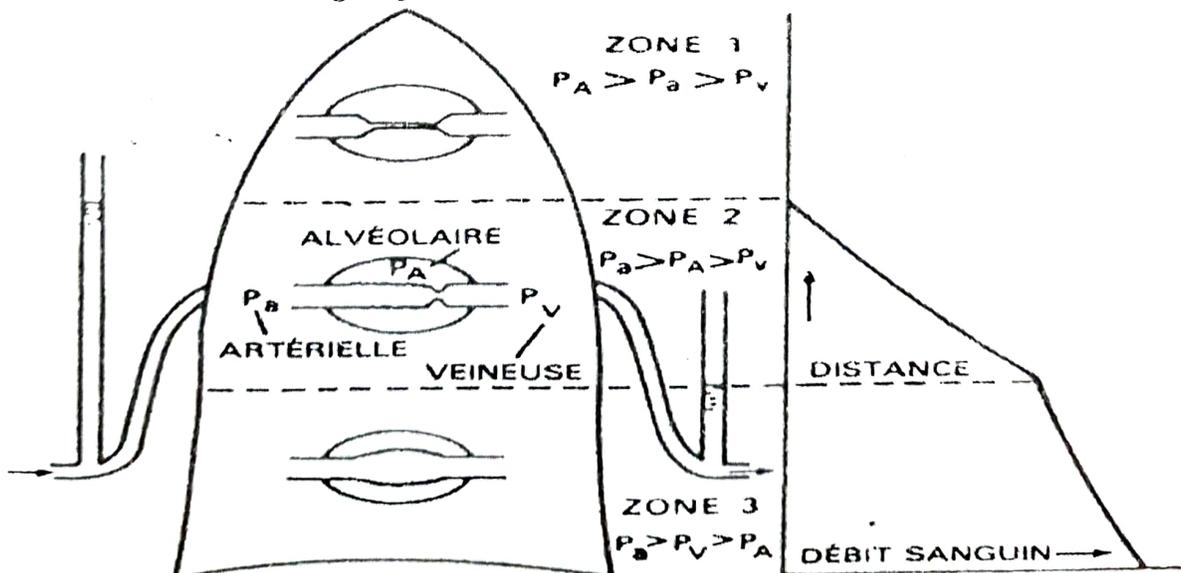
VI. CIRCULATION PULMONAIRE

- A. Circulation pulmonaire = c. fonctionnelle
 - a. Artères pulmonaires // aux bronches
 - b. Capillaires = réseau dense dans les parois alvéolaires
 - c. Veines pulmonaires
 - d. Circulation à basse pression
- B. Circulation bronchique = c. nourricière
 - e. Irrigue les voies aériennes conductrices jusqu'aux bronchioles terminales
 - f. Drainage par les veines pulmonaires
 - g. Anastomoses avec circulation pulmonaire
- C. Circulation lymphatique

Organisation de la circulation pulmonaire

- Zone proximale:
 - Grosses artères élastiques ($> 500\mu\text{m}$)
 - Volume = 150 ml
 - Distensible, non résistive
 - Chambre de compression: énergie restituée pendant la diastole
 - Rôle unique: le transport
- Zone distale:
 - Petites artères musculaires et artérioles
 - Peu distensible, très résistive = barrage
 - Fonctions multiples et complexes:
 - Échanges gazeux et de fluides
 - Filtrage mécanique et métabolique
 - Recrutement des populations cellulaires participant à la défense du poumon

Distribution du débit sanguin pulmonaire



Zones de west

VII. INEGALITE VENTILATION/PERFUSION

- ❖ Le rapport V_a/Q = ventilation alvéolaire totale/ débit sanguin pulmonaire total (*débit cardiaque systémique*)
- ❖ $V_a/Q = 0.8$
- ❖ Ne prédit pas des échanges gazeux locaux
- ❖ Sujet sain : régions les mieux ventilées sont les mieux perfusées
- ❖ Distribution régionale du rapport V_a/Q
 - Aux sommets
 - ventilation > perfusion
 - rapport V_a/Q élevé
 - Aux bases
 - ventilation < perfusion
 - rapport V_a/Q bas
 - Partie médiane
 - ventilation = perfusion
 - rapport V_a/Q idéal (= 1)

VIII. DIFFUSION ALVEOLOCAPILLAIRE

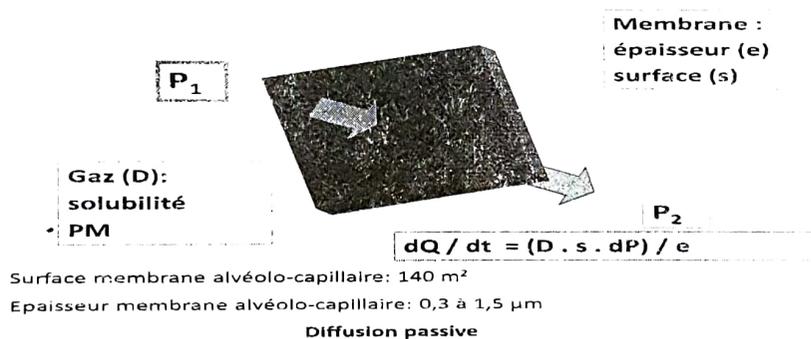
Les échanges se font par *diffusion des gaz* à travers de la membrane alvéolo-capillaire

La différence de pression d'un gaz entre le sang et l'air alvéolaire conditionne la vitesse de diffusion.

Facteurs interviennent

- a. La surface d'échange disponible : (pneumectomie, emphysème)
- b. La différence de pression partielle de part et d'autre de la barrière
- c. La solubilité du gaz dans les tissus ($CO_2 = 20 \times O_2$)
- d. L'épaisseur de la barrière alvéolo-capillaire (ex : fibrose)

❖ - La loi de Fick



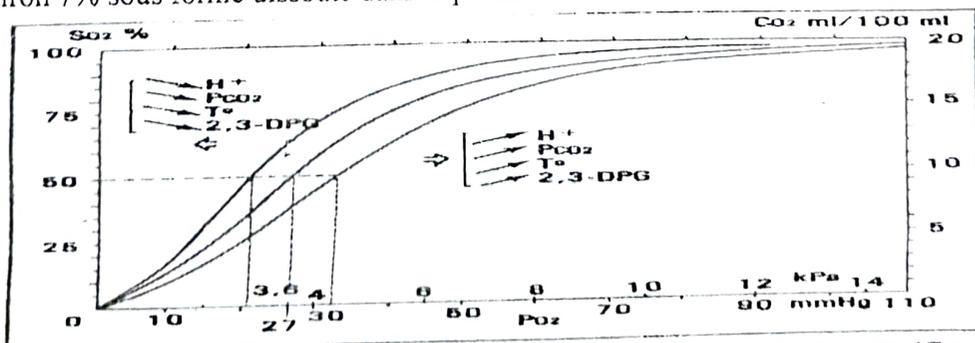
IX. TRANSPORT DE L'O₂ ET DU CO₂

◆ Transport de l'oxygène

- a. 3% dissout, 97% lié à l'hémoglobine
- b. Relation sigmoïde entre P_{aO_2} / S_{aO_2}

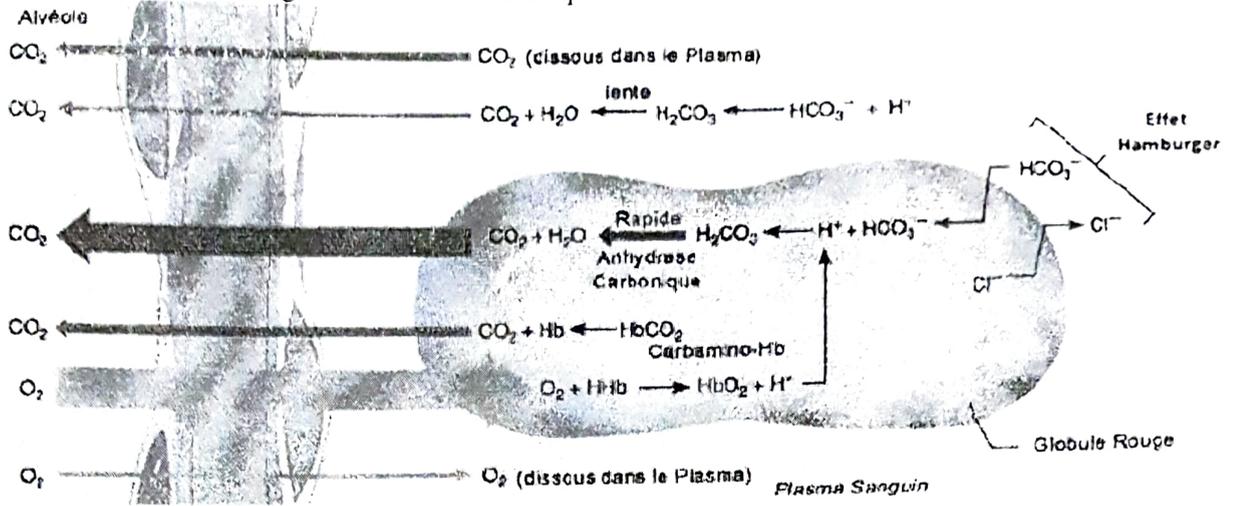
◆ Transport du gaz carbonique

- a. En majorité sous forme d'ions bicarbonate HCO_3^-
- b. Environ 25% sous forme liée à l'hémoglobine
- c. Environ 7% sous forme dissoute dans le plasma



17.1 Courbe de saturation de l'hémoglobine en oxygène (S_{O_2}) en fonction de la pression partielle d'oxygène dans le sang (P_{O_2}). Au milieu : courbe normale ; les déviations vers la droite ou vers la gauche sont représentées avec leurs causes principales. La valeur normale de P_{O_2} pour $S_{O_2} = 50\%$ (P_{50}) est de 3,6 kPa (27 mmHg). La déviation des courbes de saturation entraîne une modification de la P_{50} .

thèse du transport des gaz au niveau alveolocapillaire



X. CONTROLE DE LA VENTILATION

- Activité rythmique automatique et permanente
- Prend naissance au niveau du troc cérébral
- Modifiée par de multiples facteurs

