



Grenouille verte Nathalie Delatre <https://groupemares.org>

Exemple d'une fonction en interaction directe avec son environnement : la respiration

I- Les propriétés fonctionnelles des surfaces d'échange respiratoire:

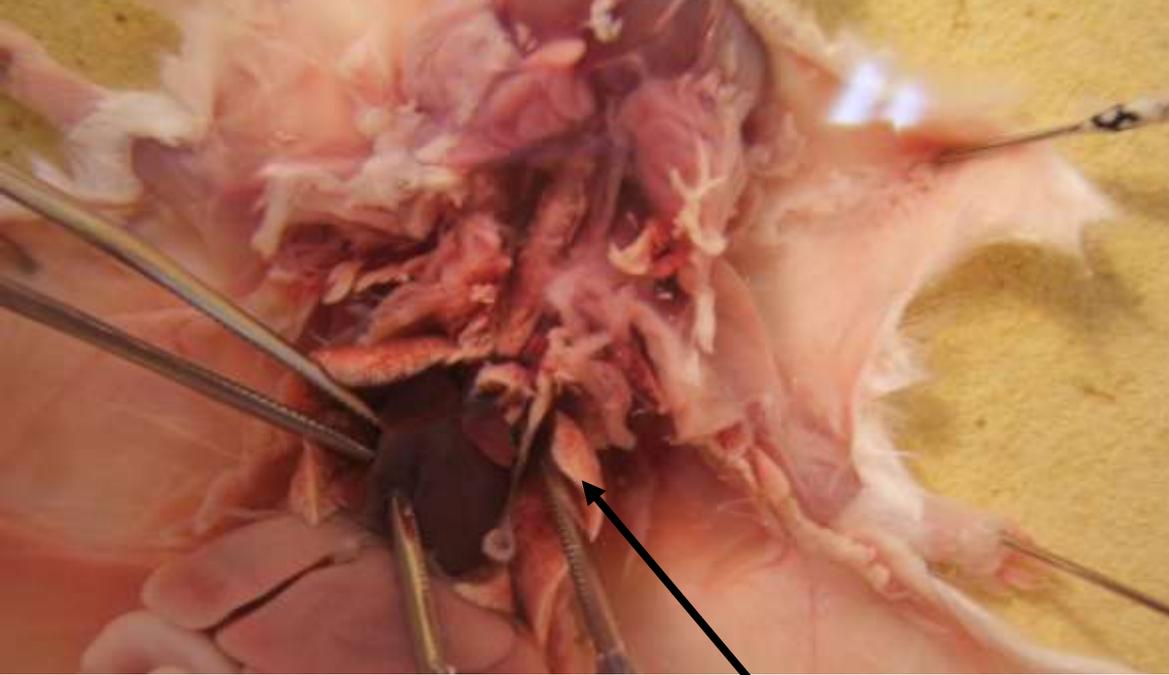
1. Deux exemples de surface d'échange respiratoire
2. Les échanges respiratoires reposent sur la diffusion : loi de Fick
3. Effets facilitateurs des phénomènes de diffusion par des mouvements de convection
4. Nature des échangeurs et milieu de vie (contraintes imposées par le milieu au niveau de la surface)
5. Surface d'échanges respiratoires et masse de l'organisme

II- Les appareils respiratoires des animaux : des dispositifs variés et adaptés aux milieux de vie

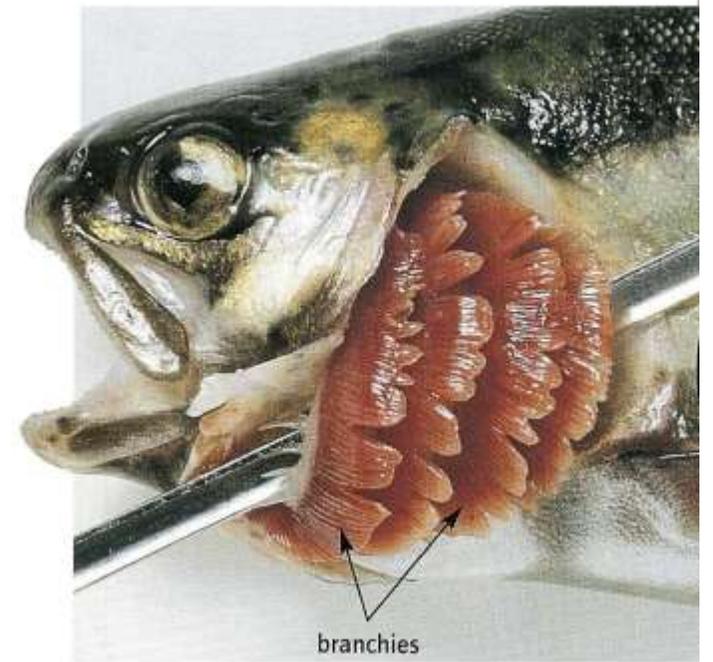
1. Quand il n'y en a pas ... Des dispositifs rudimentaires
2. Des convergences fonctionnelles rendent compte de l'efficacité des appareils respiratoires
 - A - en milieu aérien
 - B - en milieu aquatique
3. Convection externe et interne des fluides et optimisation des échanges respiratoires

III- Le transport des gaz respiratoires dans l'organisme

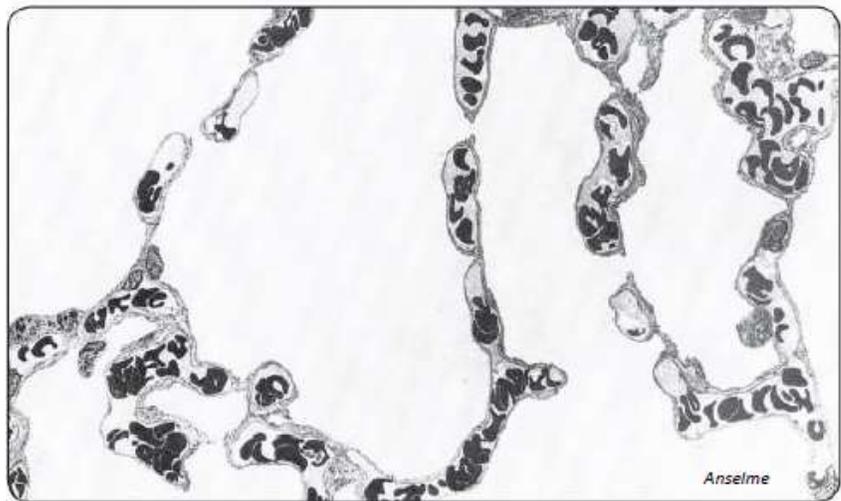
1. Mise en évidence du rôle du sang et des hématies dans le transport du O₂
2. L'hémoglobine, protéine de transport de O₂
3. Des propriétés de l'hémoglobine variables suivant l'environnement cellulaire
4. Transport du CO₂



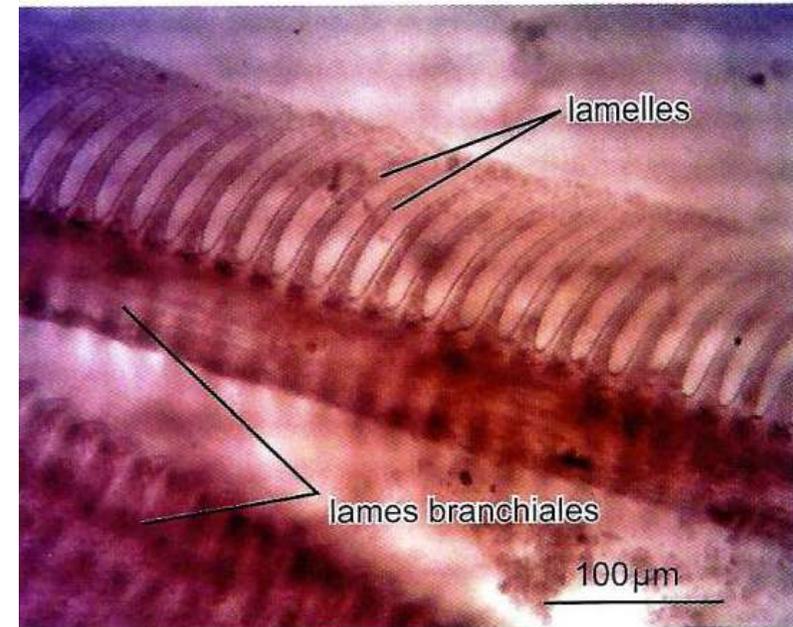
Lobe pulmonaire gauche



Détail des branchies



CT poumons
MO x 400



lamelles
lames branchiales
100µm

Loi de Fick:

$$F_{x1 \rightarrow 2} = -K_x \cdot (S/e) [P_{x2} - P_{x1}]$$

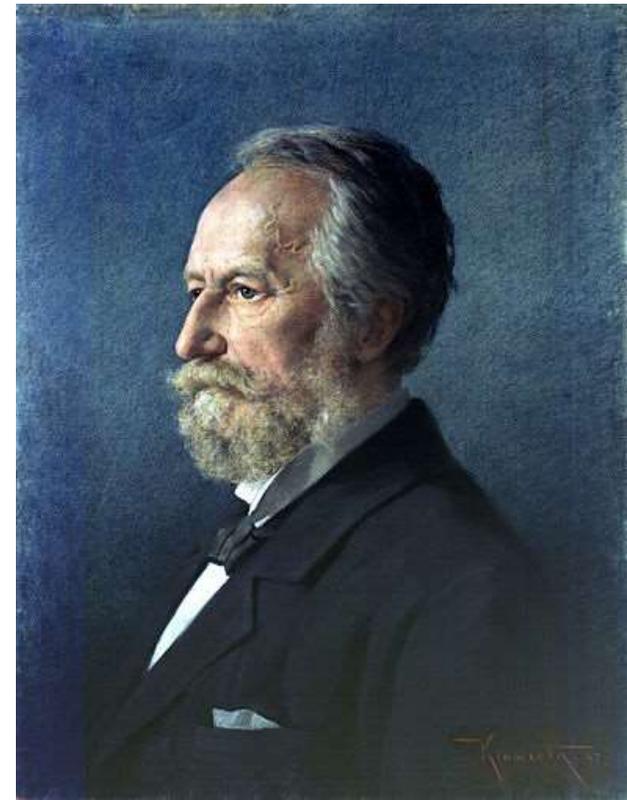
Avec F_x = flux du gaz x en mol.s⁻¹

K_x = constante de diffusibilité du gaz x, en mol.s⁻¹ .m⁻¹ .Pa⁻¹ (elle sera donnée si vous avez un calcul de flux)

S = surface d'échange en m²

e = épaisseur de la barrière d'échange en m

P_{xi} = pression partielle du gaz x, dans le compartiment i en Pa.



| Milieu considéré | O2 (mL. L ⁻¹) | PO2 (mm Hg) | CO2 (mL. L ⁻¹) | PCO2 (mm Hg) |
|------------------|---------------------------|-------------|----------------------------|--------------|
| Air | 210 | 160 | 0,3 | 0,23 |
| Eau de mer | 7 | 160 | 0,3 | 0,23 |
| Eaux douces | De 2 à 10 | 160 | 0,3 | 0,23 |

concentrations et pressions partielles du dioxygène et du dioxyde de carbone dans différents milieux pour une température de 18°C

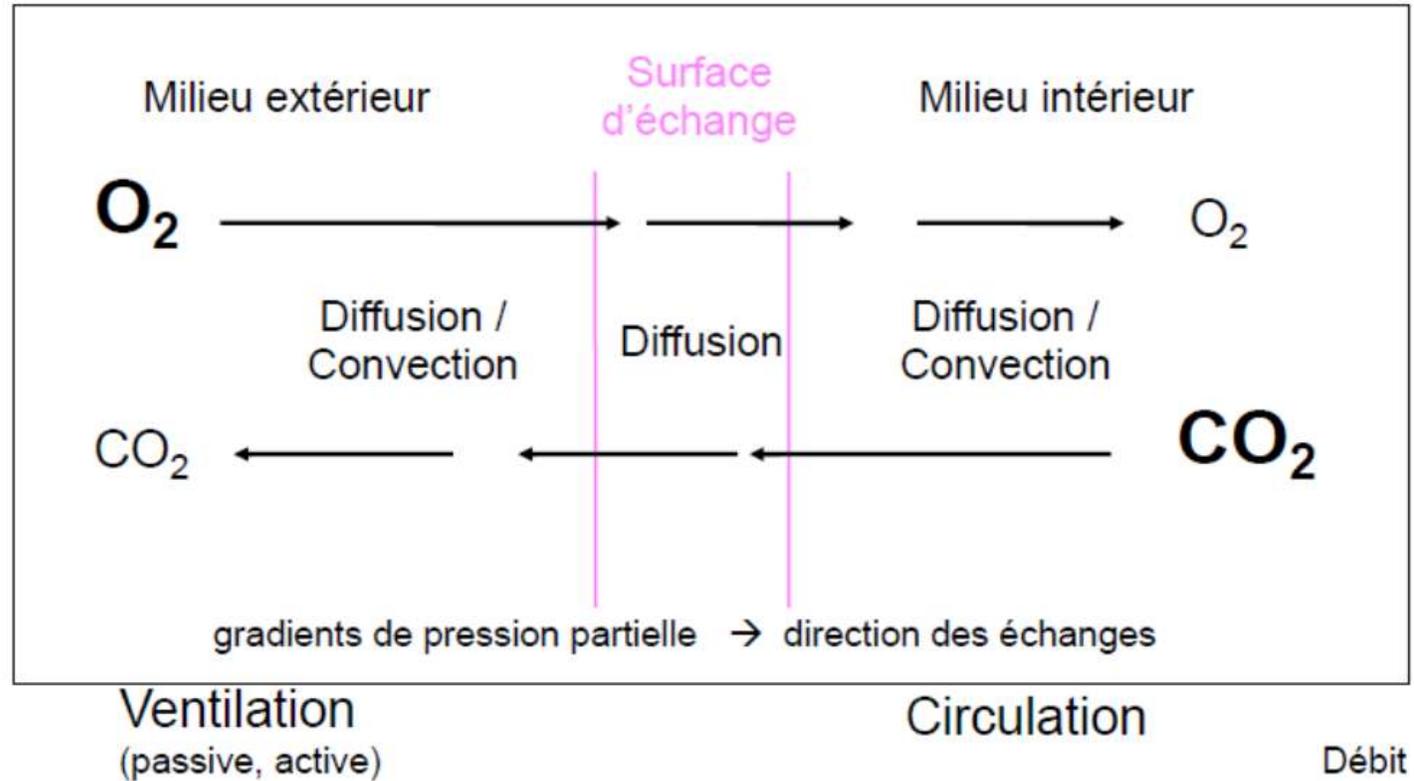
| Température (°C) | Eau douce (mL O2 par L d'eau) | Eau de mer (mL O2 par L d'eau) |
|------------------|-------------------------------------|-----------------------------------|
| 0 | 10,29 | 7,97 |
| 10 | 8,02 | 6,35 |
| 15 | 7,22 | 5,79 |
| 20 | 6,57 | 5,31 |
| 30 | 5,57 | 4,46 |

Effets de la température sur la solubilité du dioxygène (extrait Anselme , physiologie des animaux)

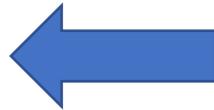
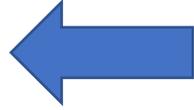
| Paramètres | Air | Eau |
|---|-------|---|
| Densité relative | 0,001 | 1 |
| Viscosité relative | 0,01 | 1 |
| Concentration O2 mL/L à 20° | 193 | 6,5 (eau douce à 20°) 5,2 (eau de mer à 20°) |
| Coefficient diffusion DO2 (cm ² /s) | 0,2 | 0,00002 |

Comparaison des caractéristiques de l'air et de l'eau en relation avec la respiration

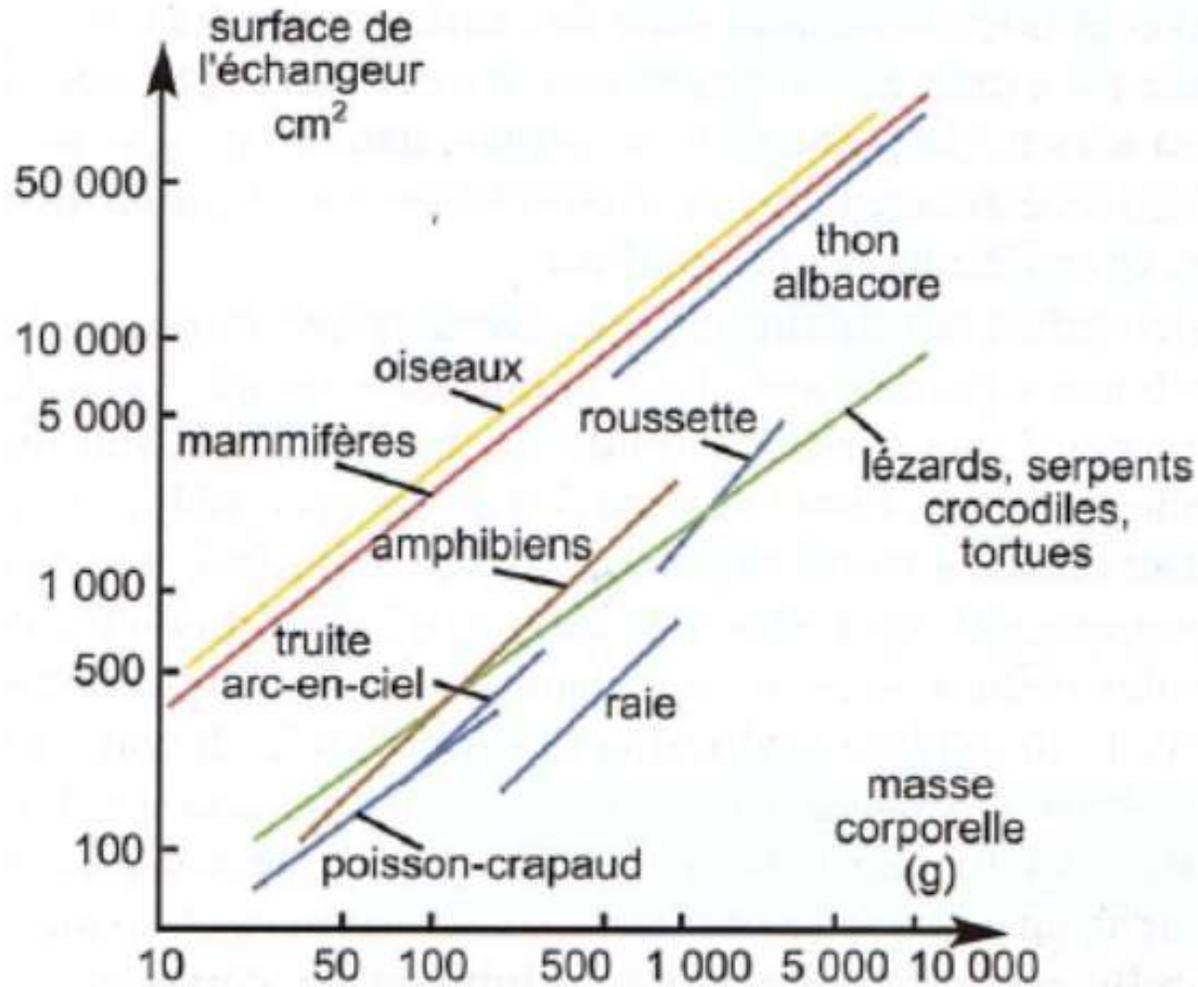
Phénomènes physiques accompagnant les surfaces d'échanges respiratoires



| Type d'échangeur | Corps de l'animal | Milieu extérieur | Exemples |
|-----------------------------|---|------------------|--|
| Tégument |  | eau | Annélides Oligochètes, Insectes Collemboles |
| Branchie |  | eau | Annélides Polychètes, Mollusques, Poissons, têtards d'Amphibiens |
| Poumon «d'eau» |  | eau | Holothuries + (cavité buccale d'Amphibiens, cloaque de larve d'Odonate) |
| Système trachéen |  | air | Arachnides, Insectes |
| Trachéo-branchie |  | eau | Nombreuses larves d'Insectes |
| Trachée et bulle de gaz |  | eau | Insectes aquatiques (Notonecte) |
| Branchie gazeuse (plastron) |  | eau | Insectes aquatiques (<i>Aphelocheirus</i>) |
| Poumon aérien |  | air | Gastéropodes Pulmonés, Vertébrés Tétrapodes |

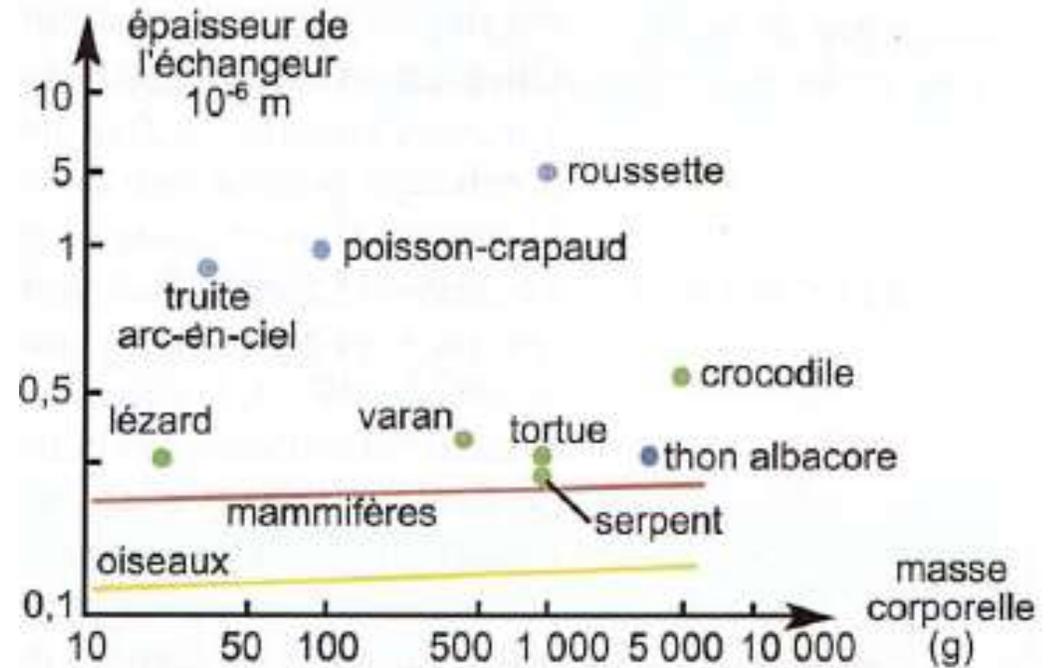


Modalités des principales surfaces d'échanges respiratoires entre l'animal et son milieu de vie

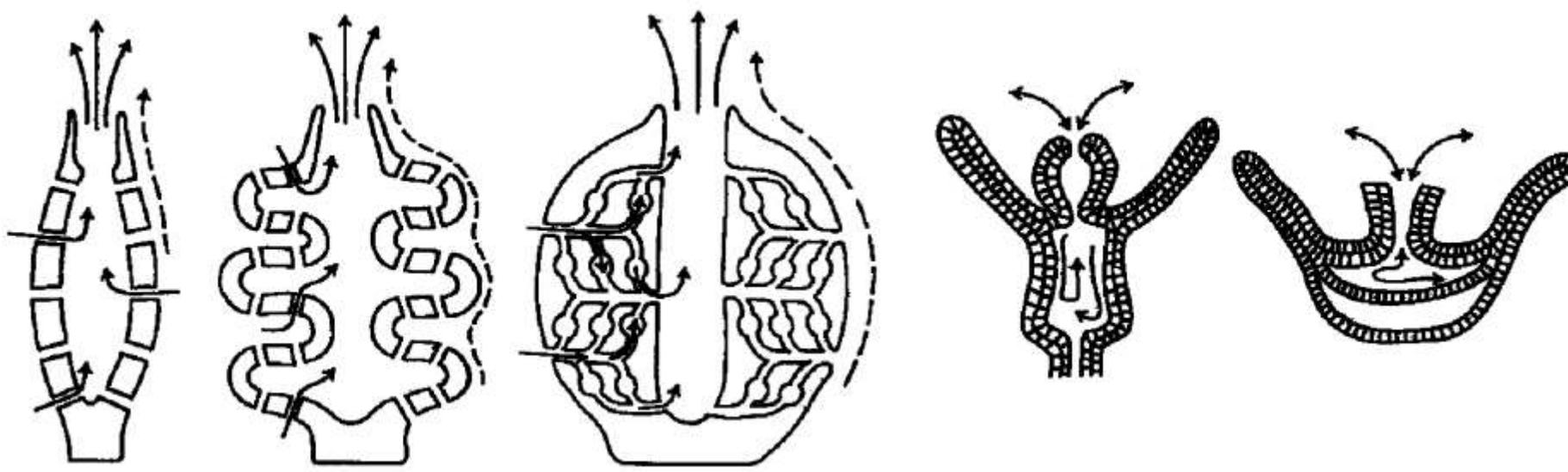


Surface de l'échangeur et masse corporelle

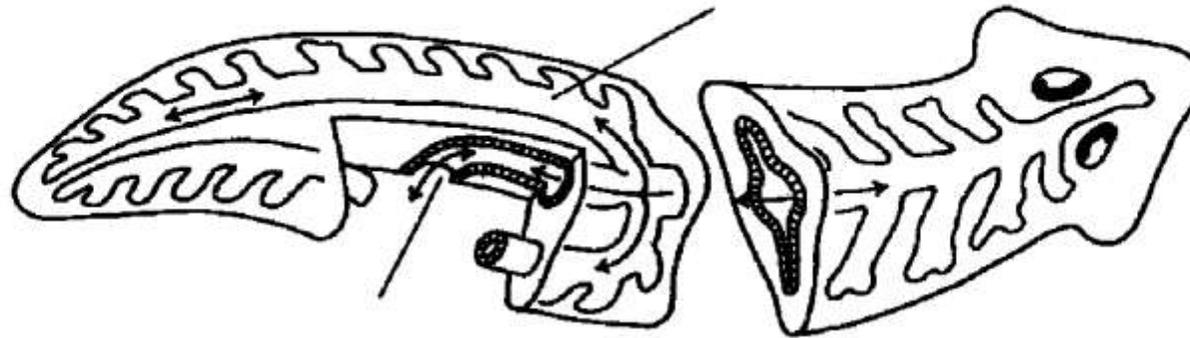
Perrier et coll, J'intègre



Epaisseur de l'échangeur et masse corporelle



Spongiaires et Cnidaires : des diblastiques

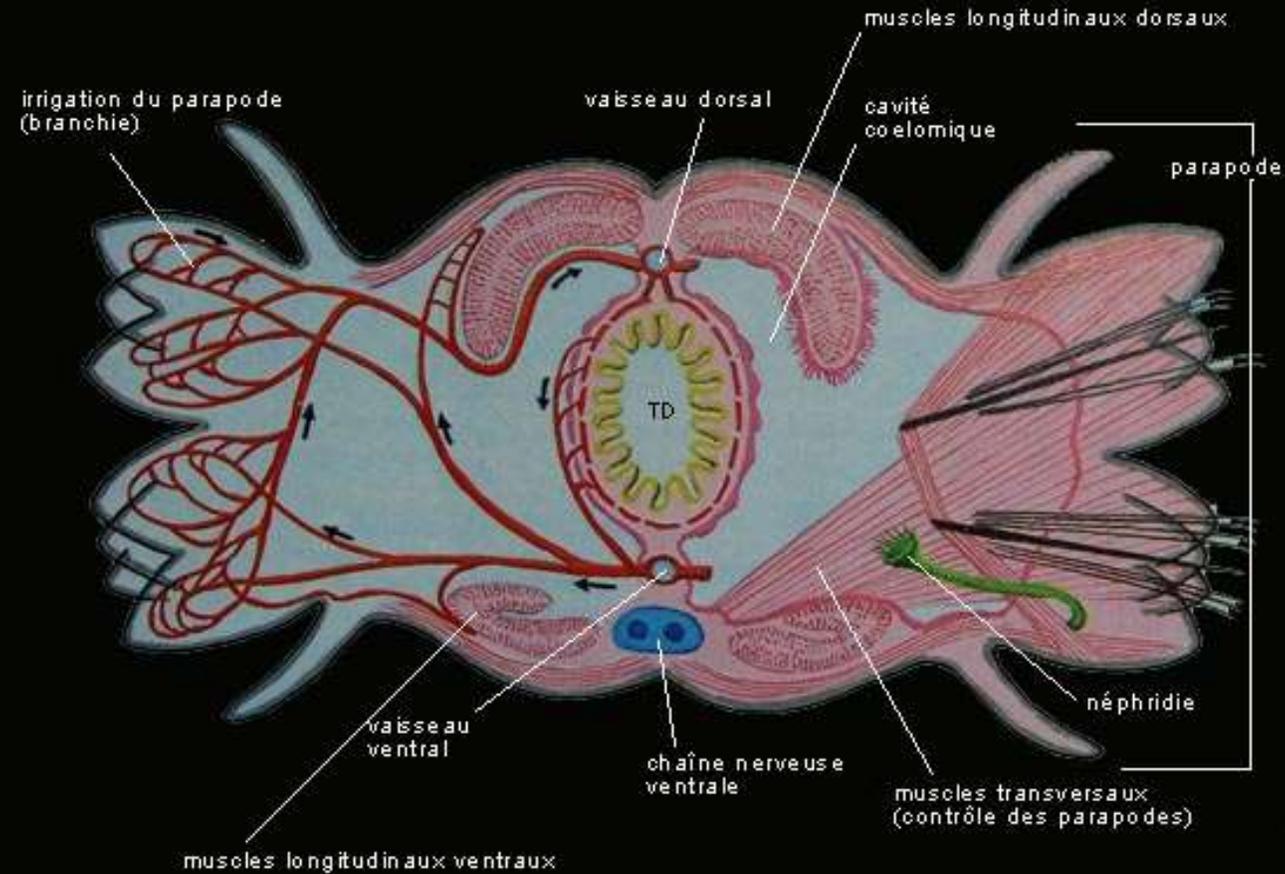


Planaires

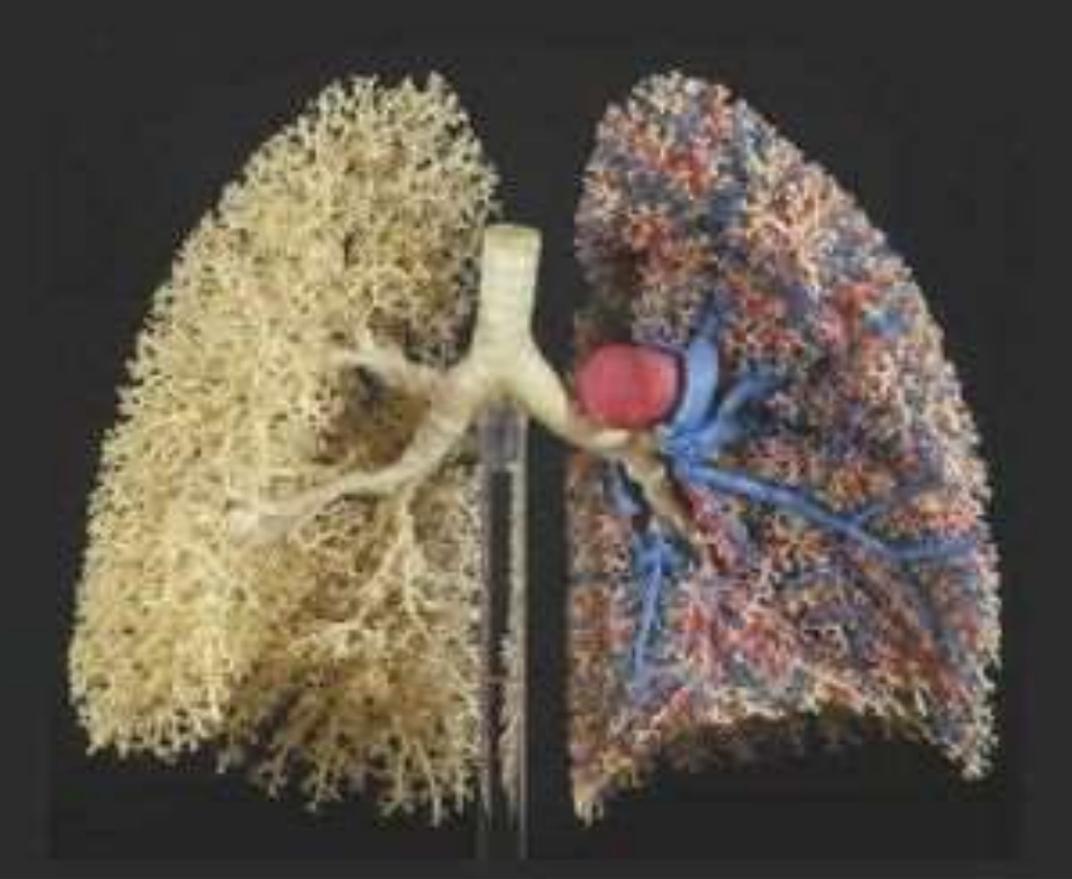
Des dispositifs rudimentaires

ANATOMIE D'UN ANNÉLIDE POLYCHÊTE (CT)

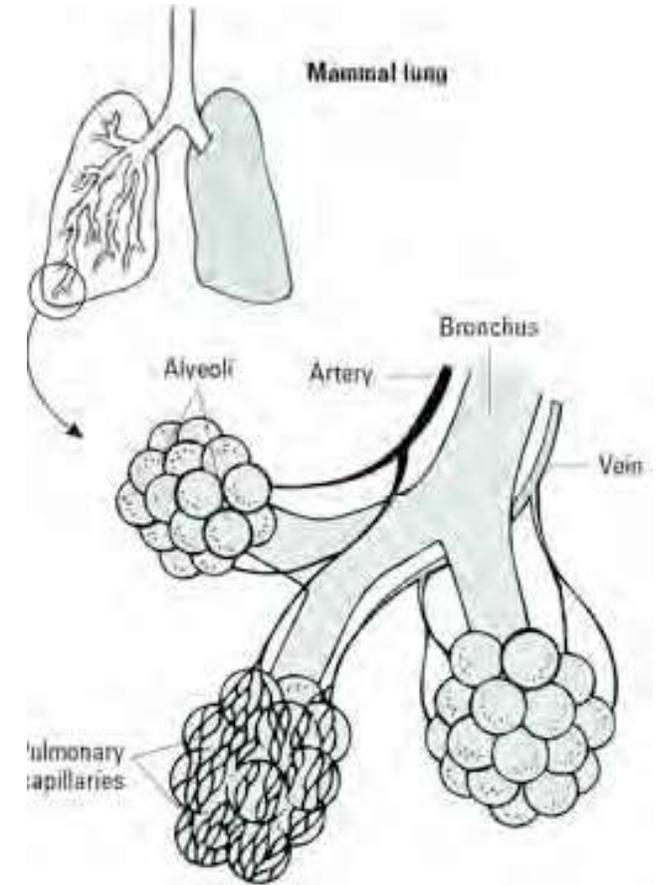
© Grzimek



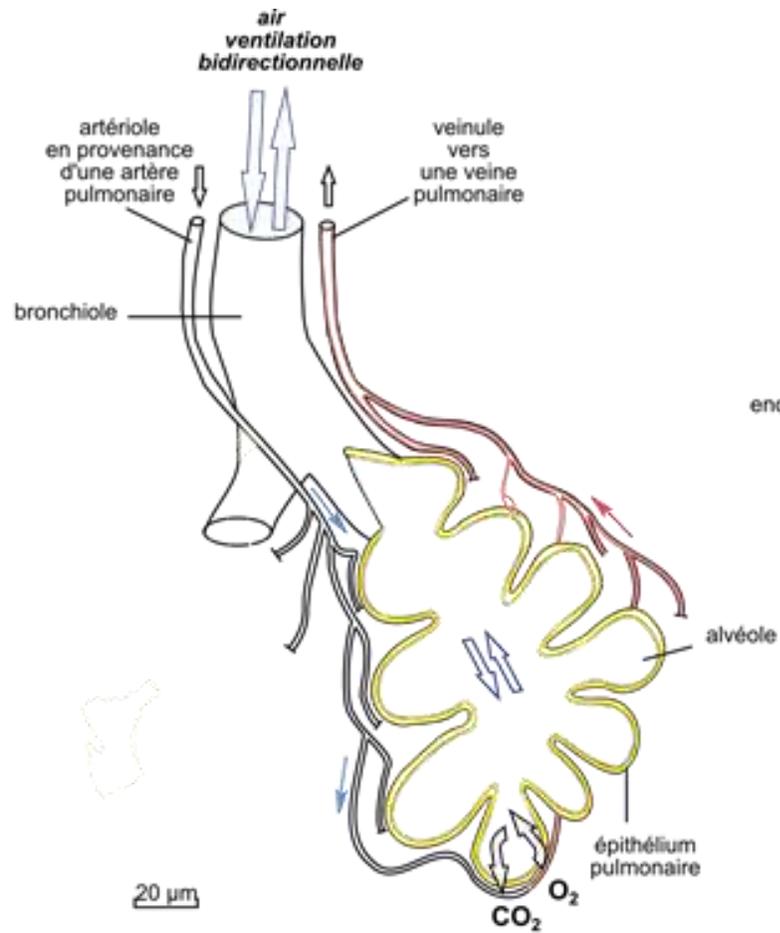
Les branchies de Néréis (source unisciel)



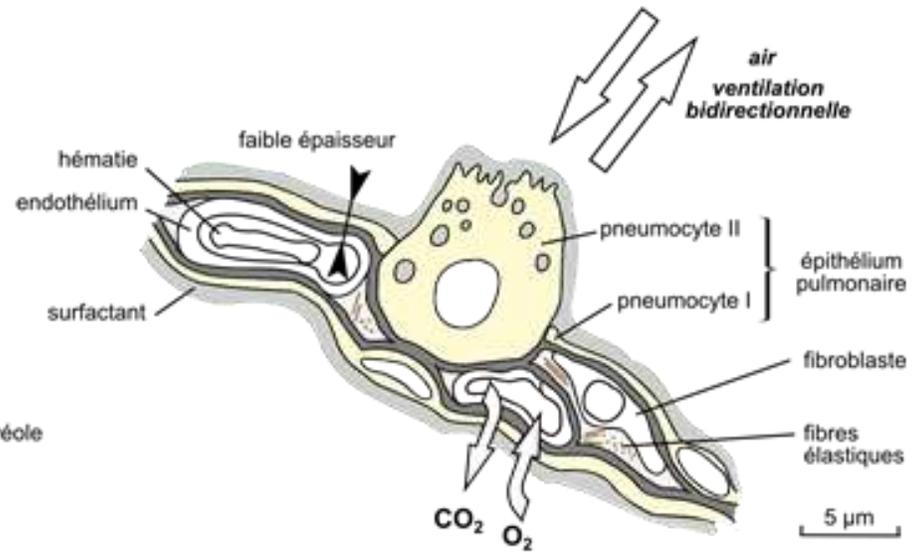
Moulage d'un poumon humain. On distingue les trois arbres assurant la circulation des fluides, le sang veineux (en bleu), le sang artériel (en rouge) et l'air dans l'arbre bronchique (en blanc). (extrait de PLS)



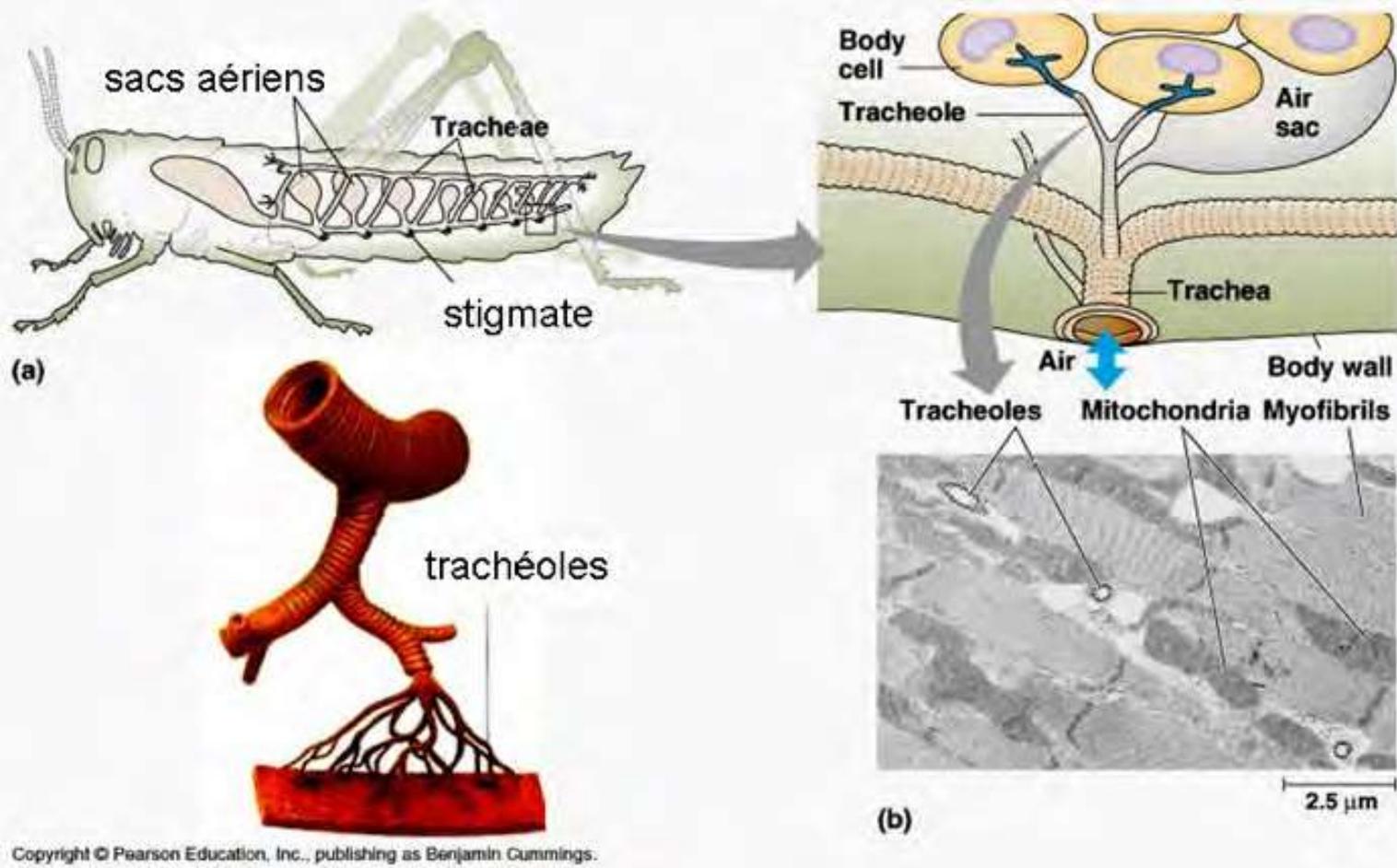
Alvéoles regroupées en lobules



a) Structure d'un lobule pulmonaire



b) Ultrastructure de la barrière alvéolo-capillaire



Observation des trachées après extraction (MO x 100)

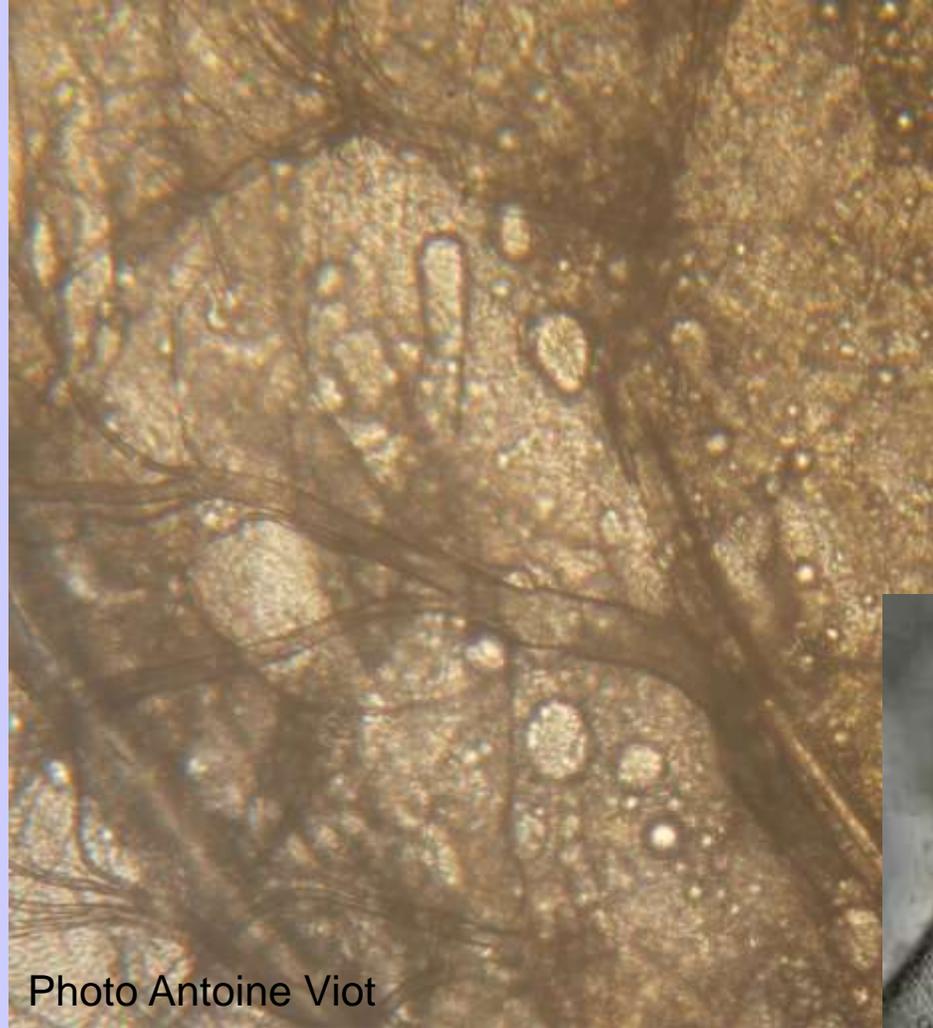


Photo Antoine Viot

Ténidies
(renforcements
d'épicuticule)

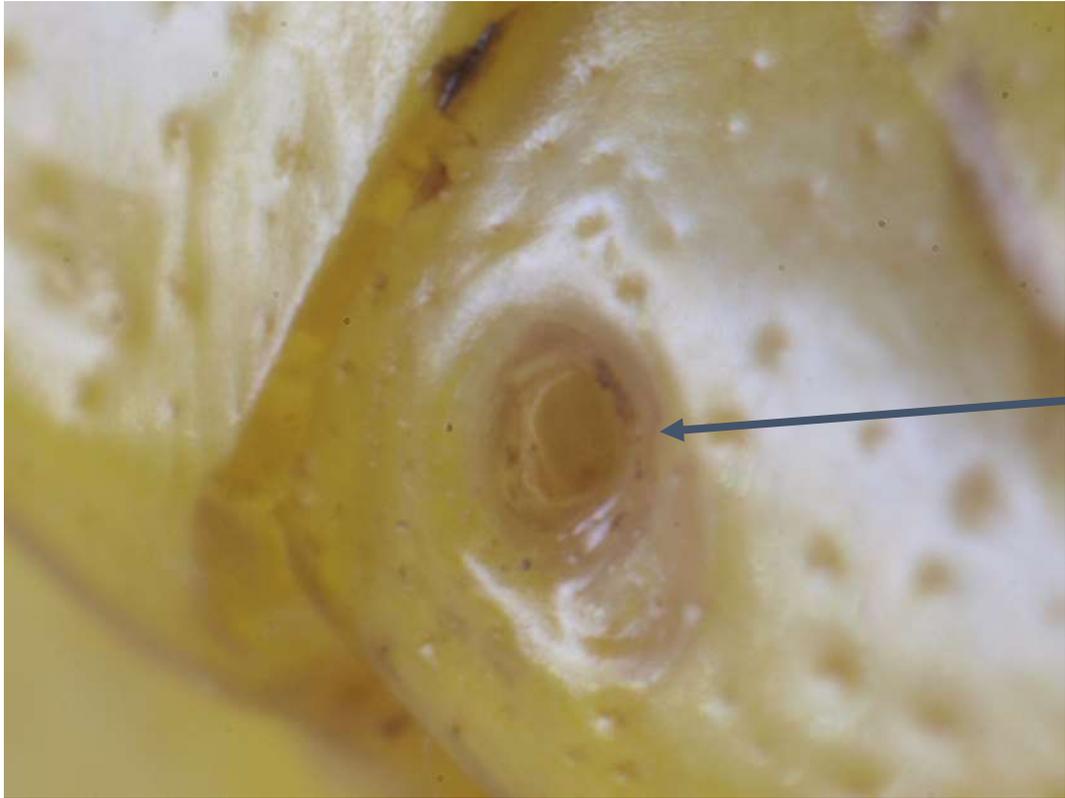
Tissu adipeux

Trachéole

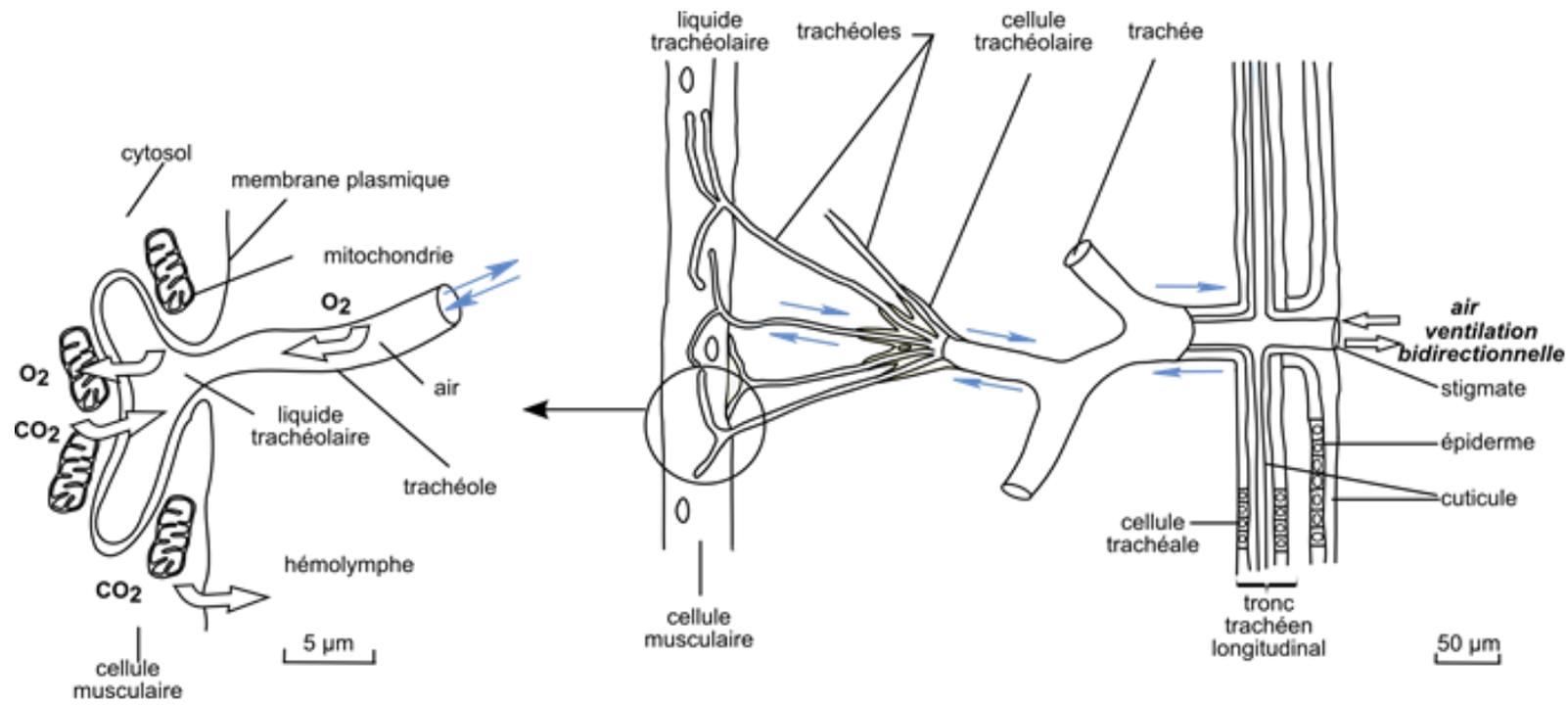


Trachée

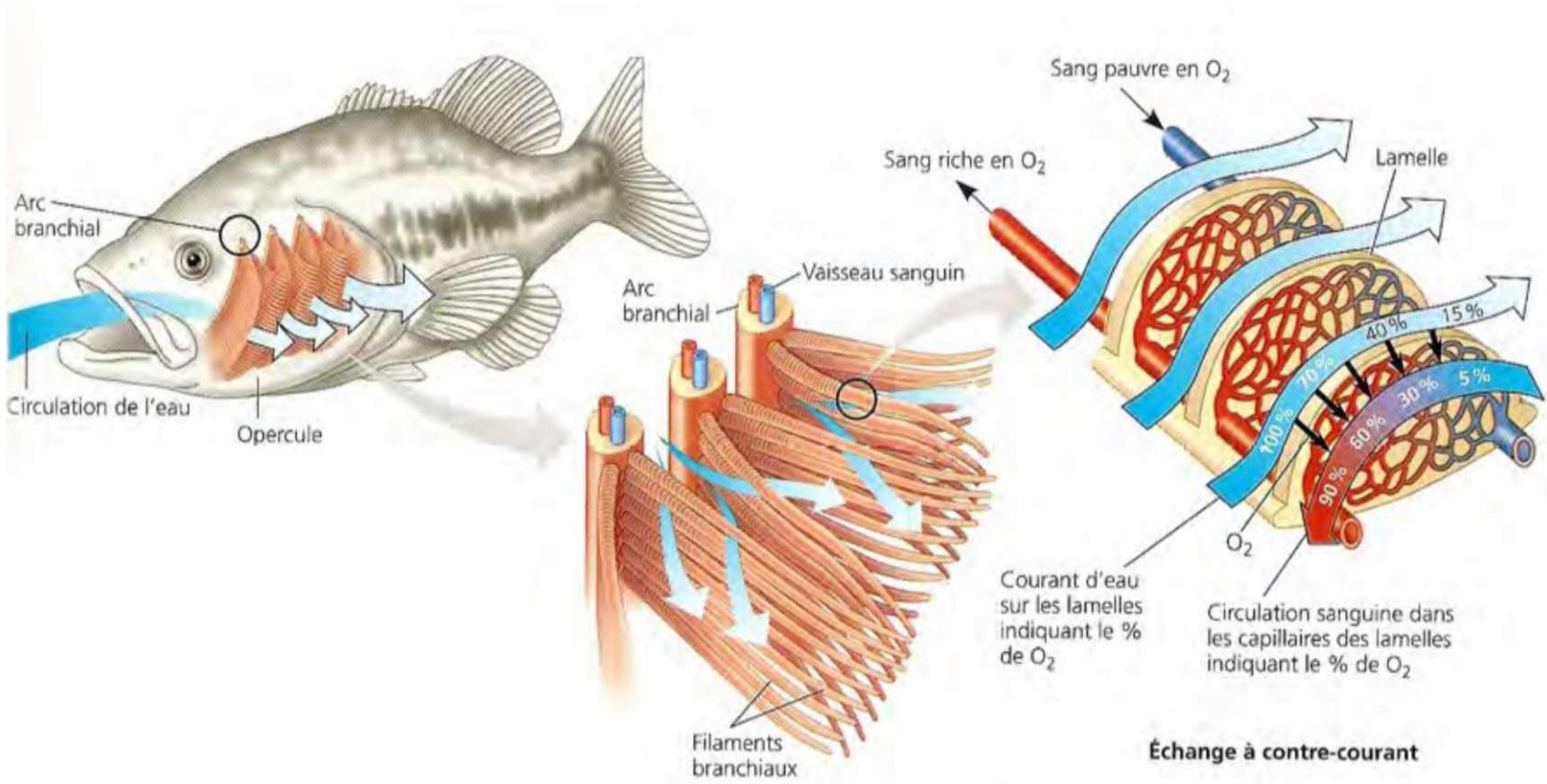
Gouttelette lipidique



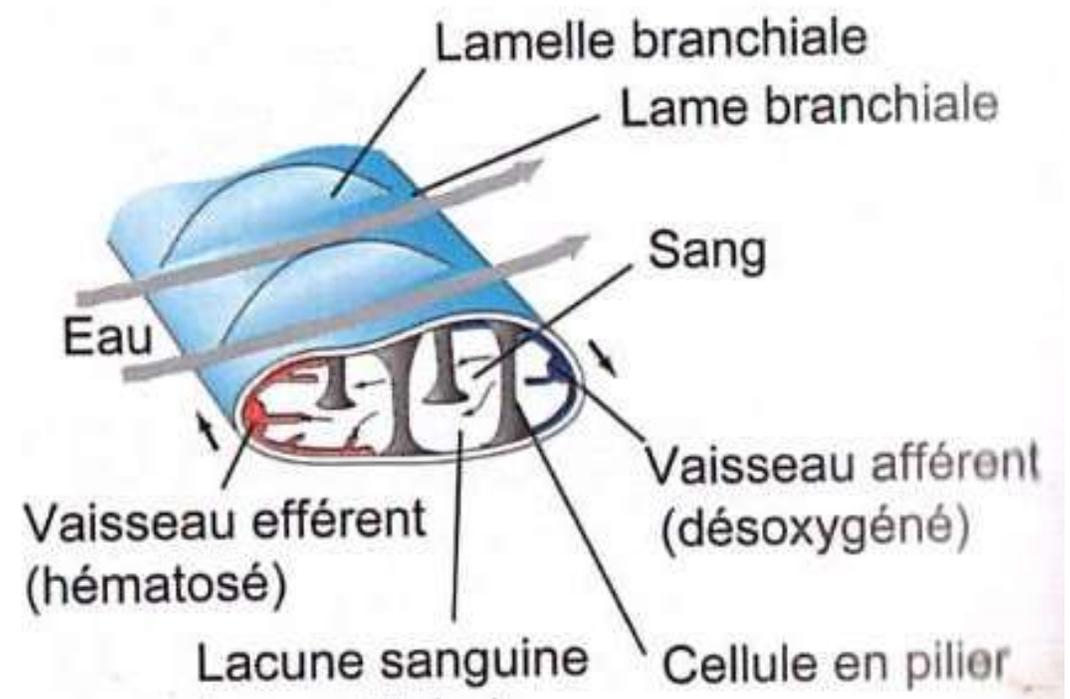
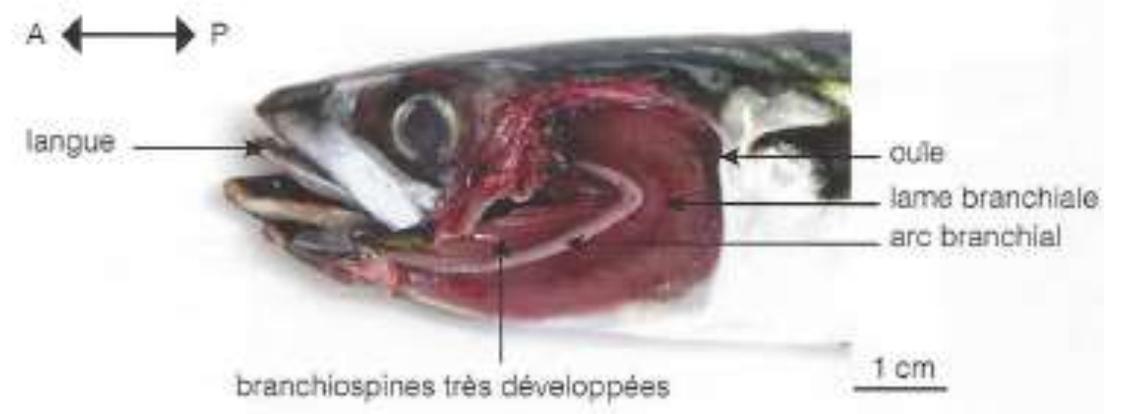
Stigmate



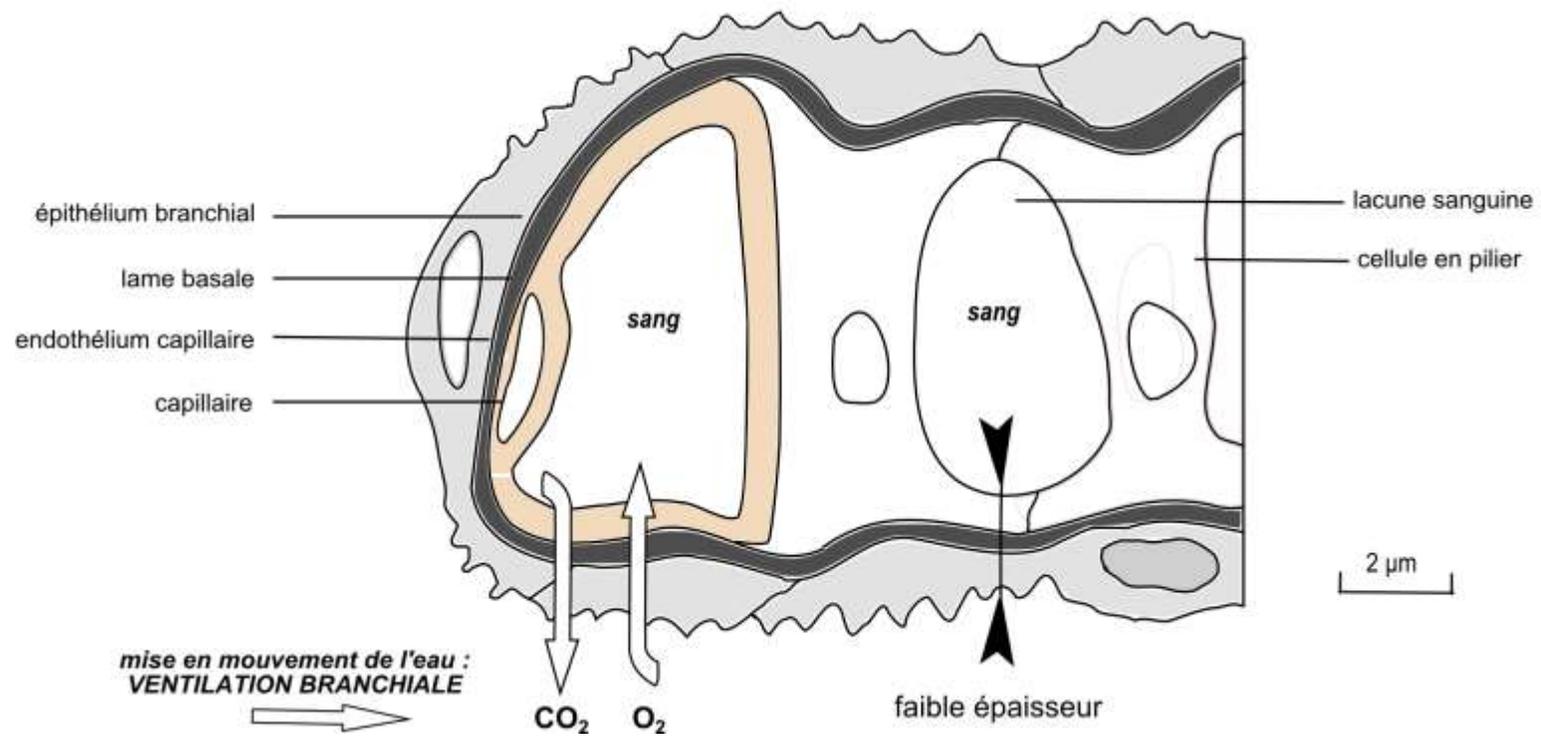
Organisation fonctionnelle de l'appareil trachéen (Perrier et coll, DUNOD)



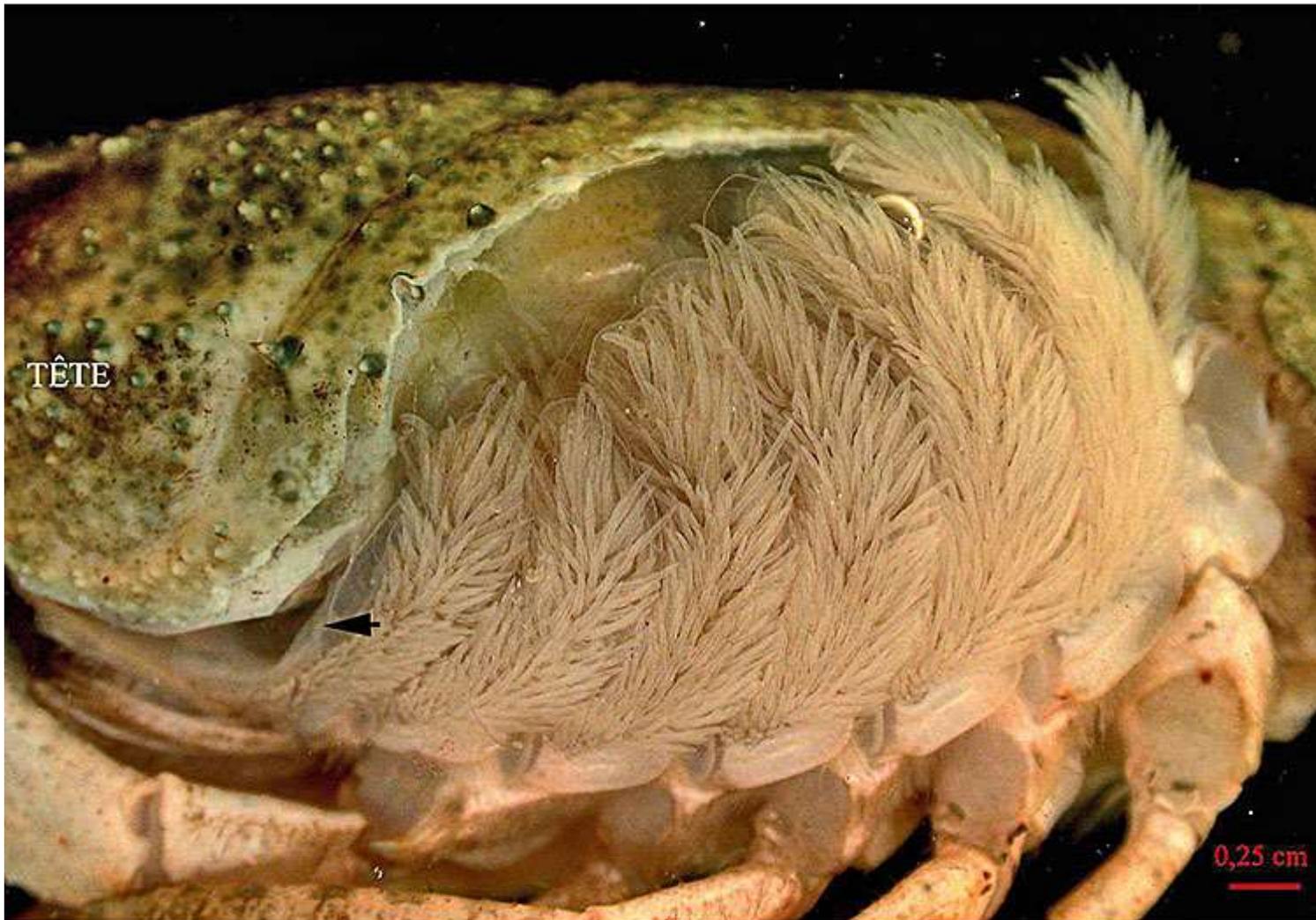
Échange à contre-courant



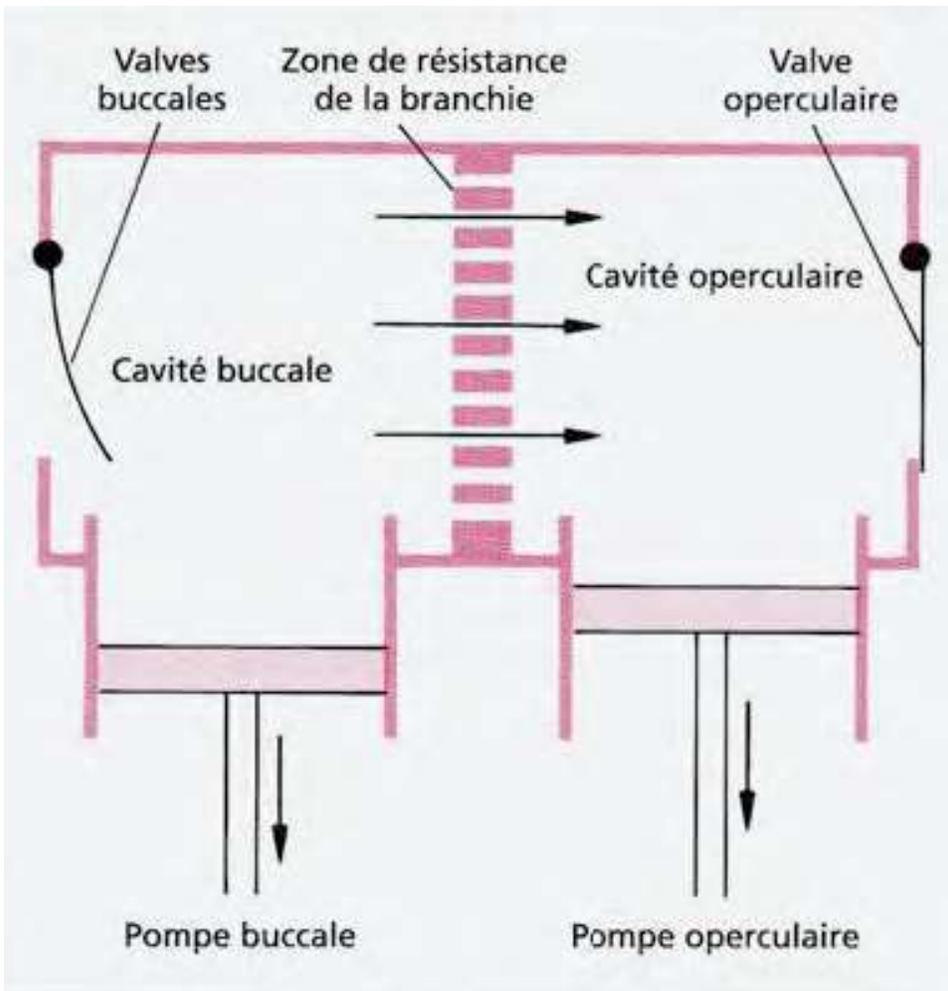
Cavité branchiale ouverte et branchie isolée (Segarra et al. 2014)



CHAMBRE BRANCHIALE GAUCHE d'ECREVISSE (après ablation du branchiostégite)

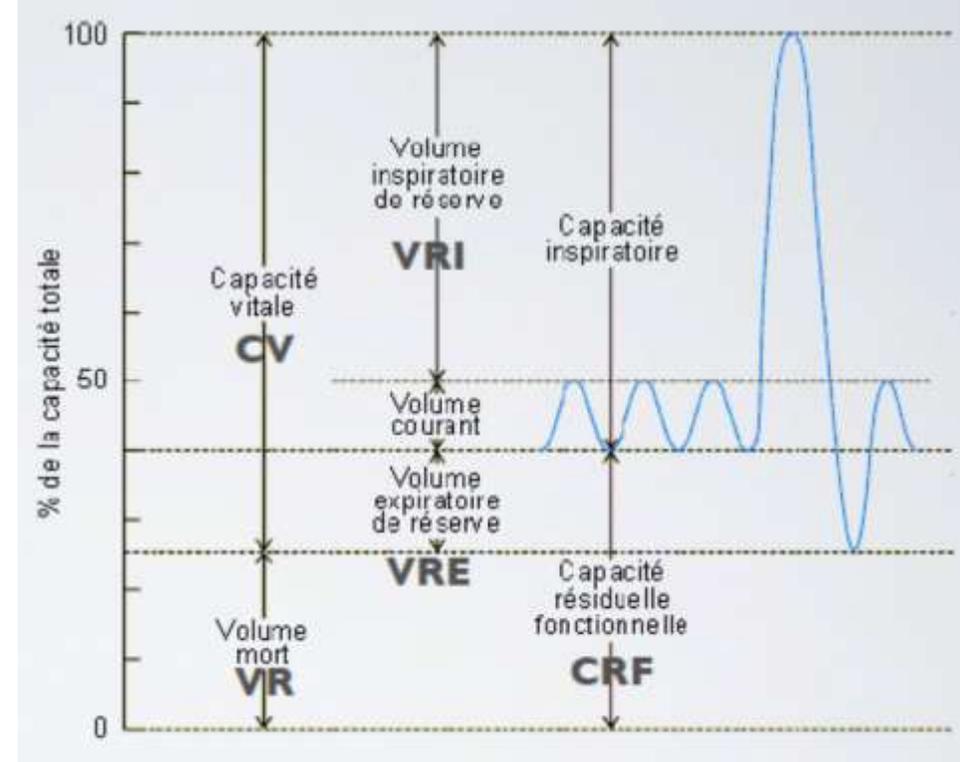
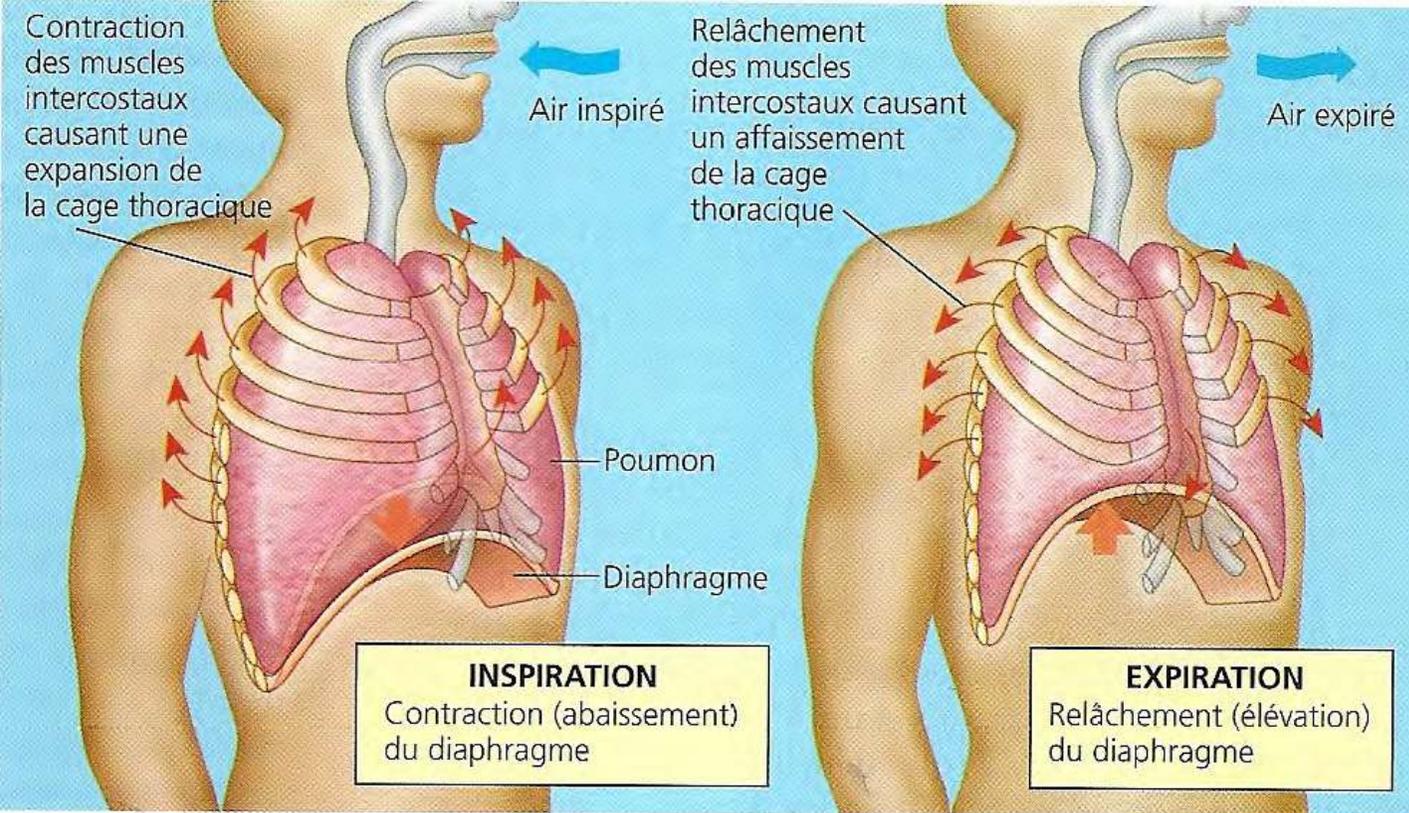


- le buissonnement des “podobranchies” recouvre les autres types de branchies
- en avant, le “scaphognatite” de pm2 (flèche) assure la sortie de l’eau, rentrée par les bords postérieur et ventral du branchiostégite



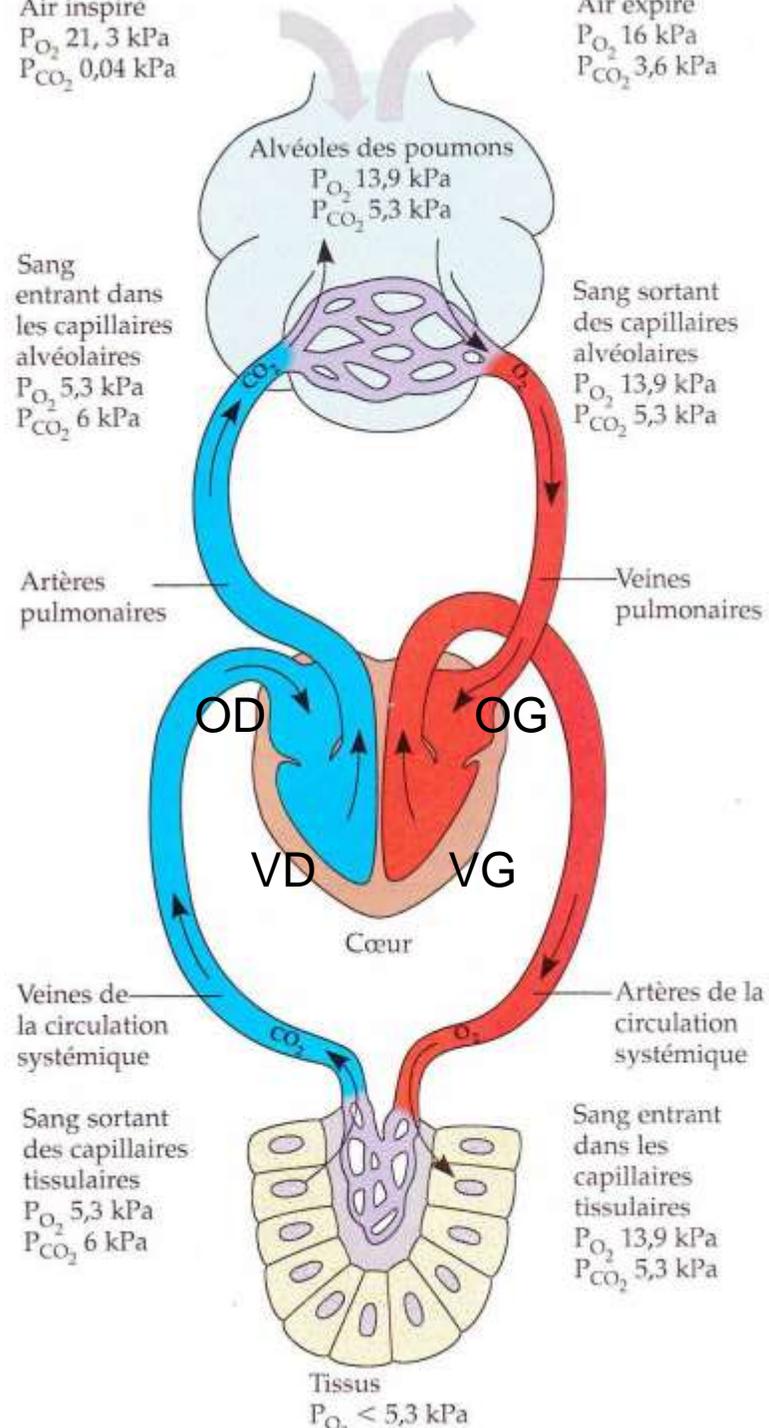
[respiration poissons](#)

Double pompe pour la respiration branchiale des poissons téléostéens



Respiration pulmonaire des mammifères et variations de la pression pulmonaire / pression atmosphérique

| | Air inspiré | Air expiré | Alvéolaire | Veineux | Artériel |
|-------------------------|-------------|------------|------------|---------|----------|
| PO ₂ (mmHg) | 150 | 120 | 100 | 40 | 95 |
| Pco ₂ (mmHg) | 0,3 | 28 | 40 | 46 | 40 |

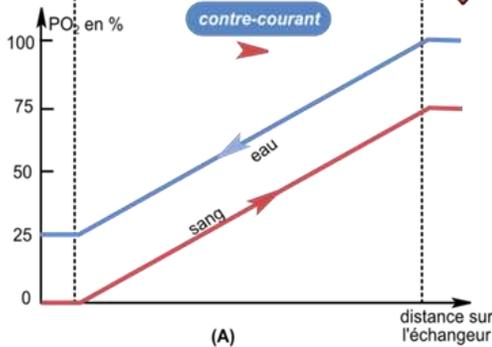
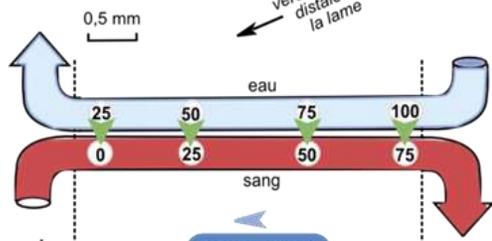
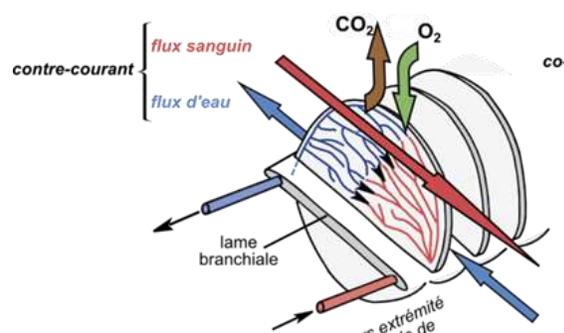


Vitesse diminue

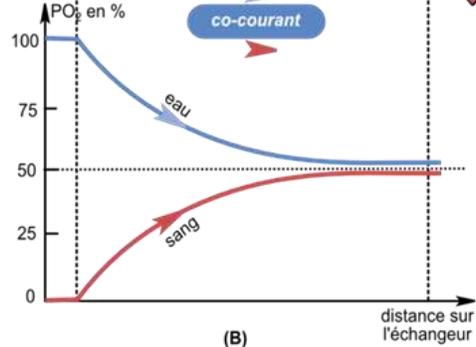
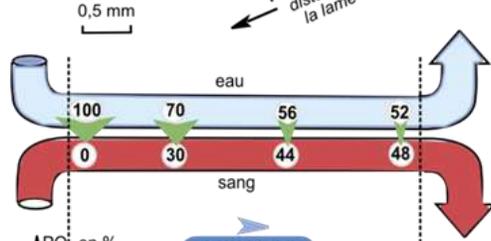
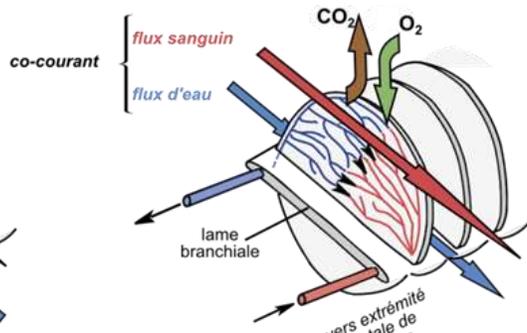
Rappel : double circulation chez les Mammifères

Vitesse diminue

Téléostéen

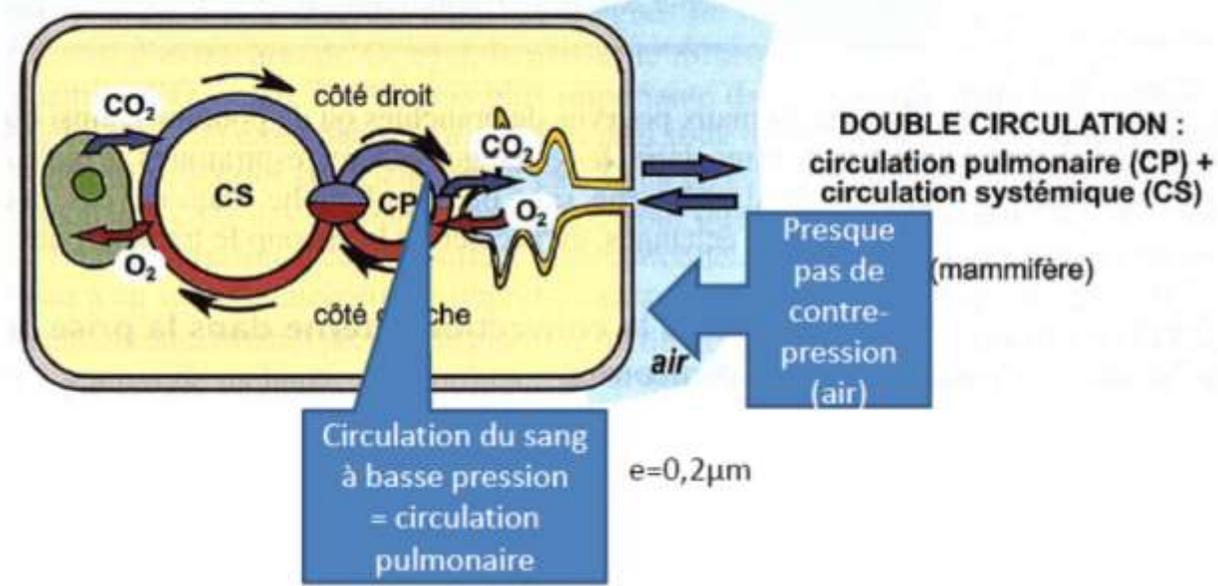


Témoin théorique



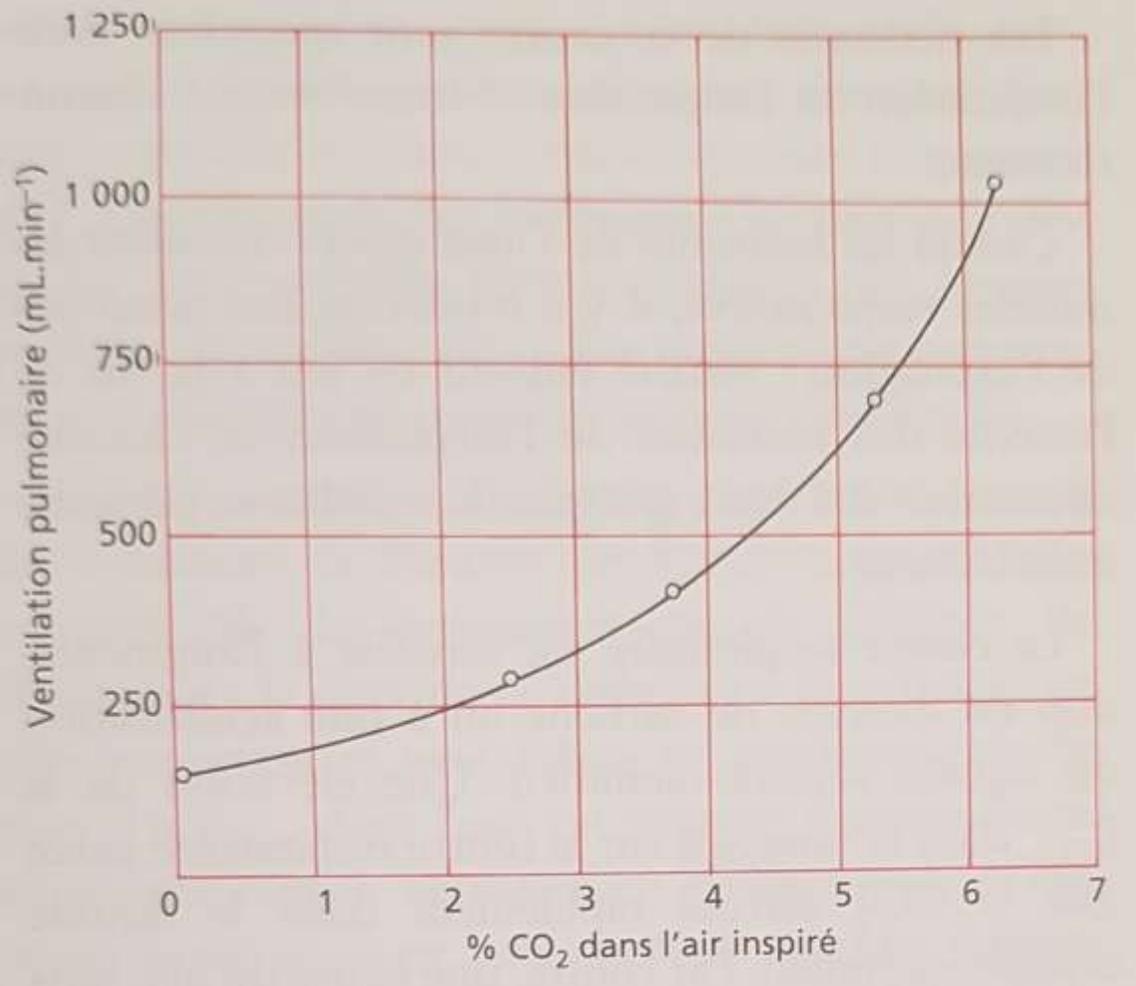
Système à contre courant chez les téléostéens

système circulatoire fermé (sang et lymphes interstitielle)



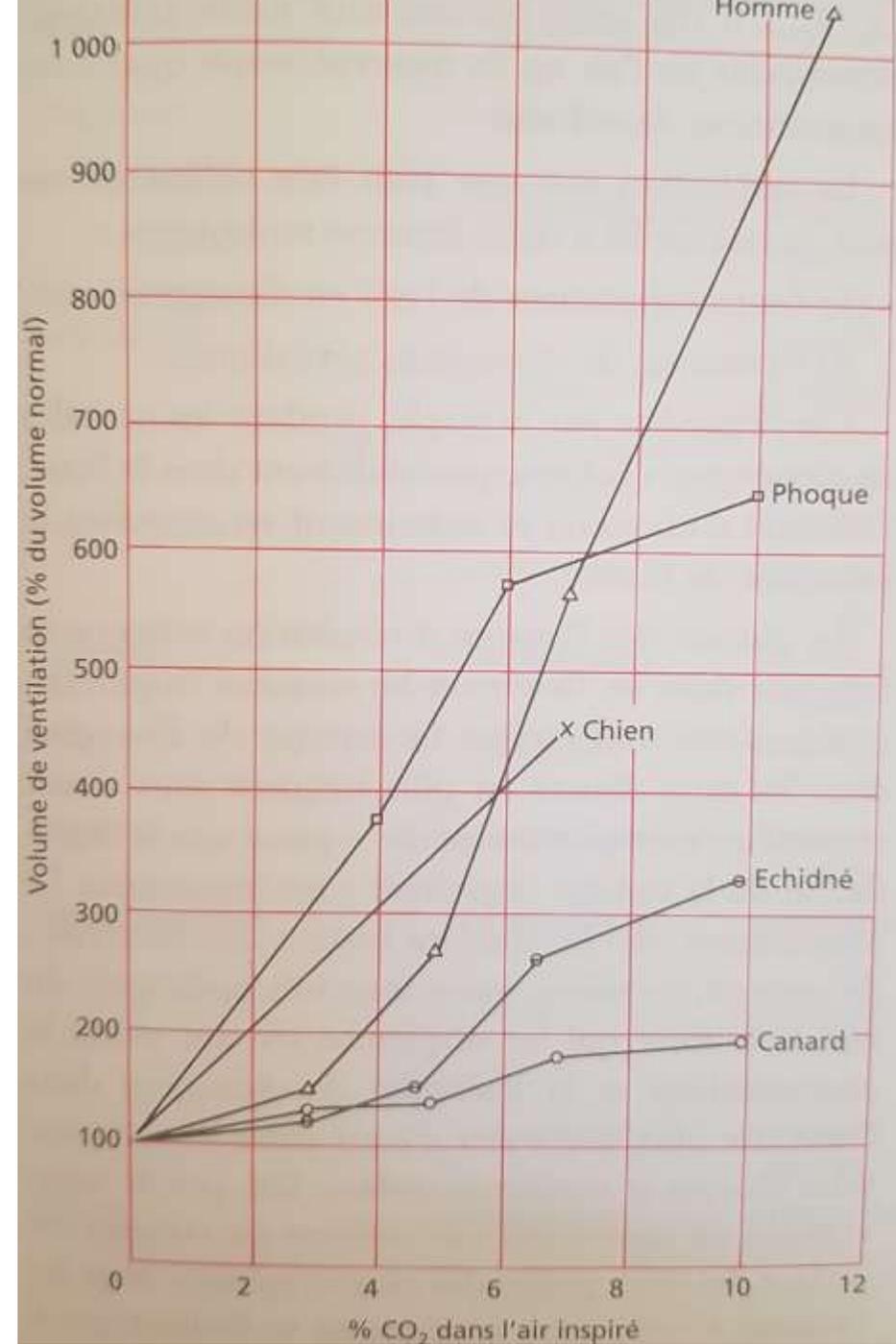
Double circulation chez les mammifères
La circulation du sang à basse pression permet l'existence d'une SER plus mince

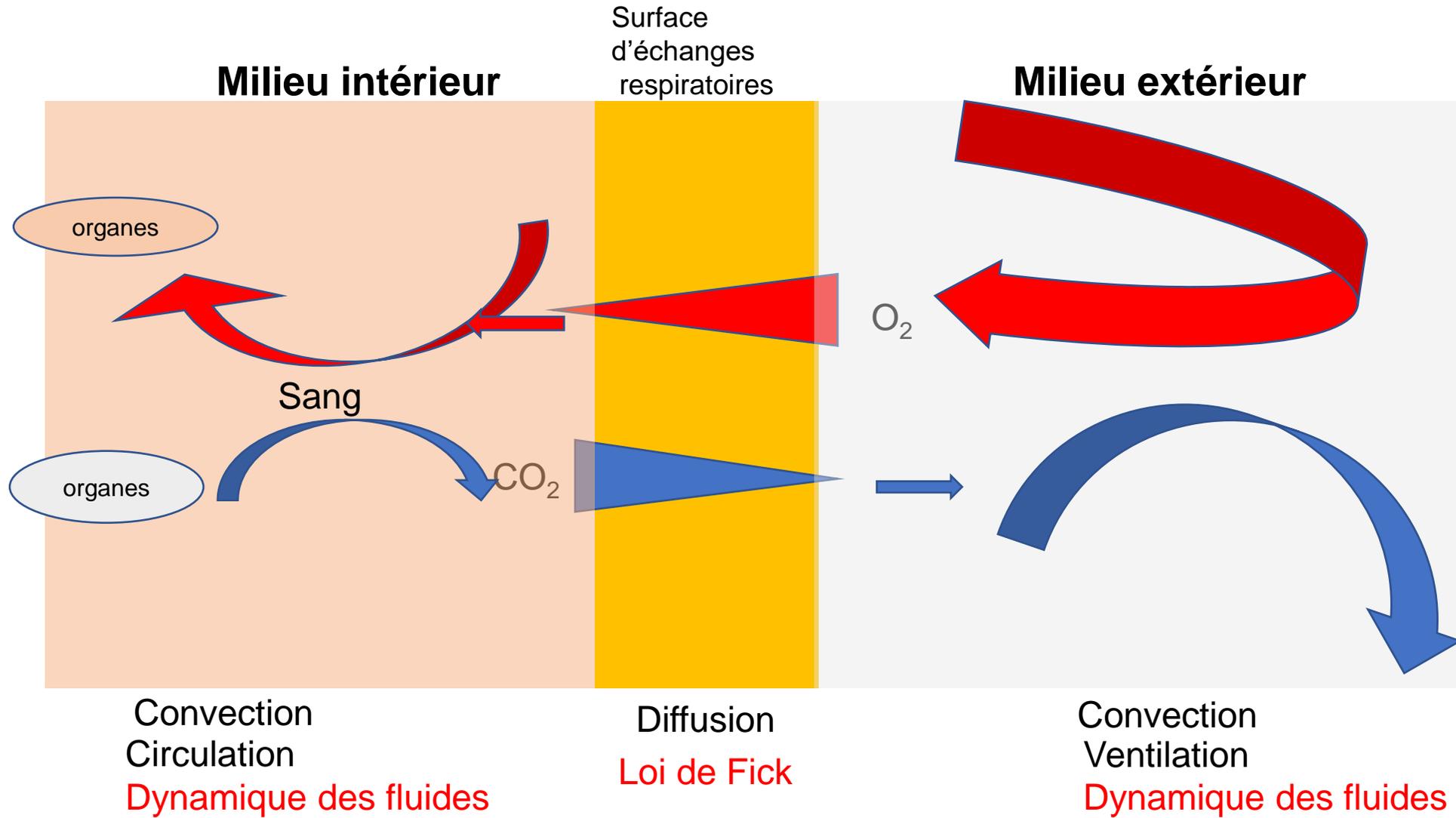
Dispositifs anatomiques optimisant les échanges respiratoires (Perrier et coll, DUNOD)



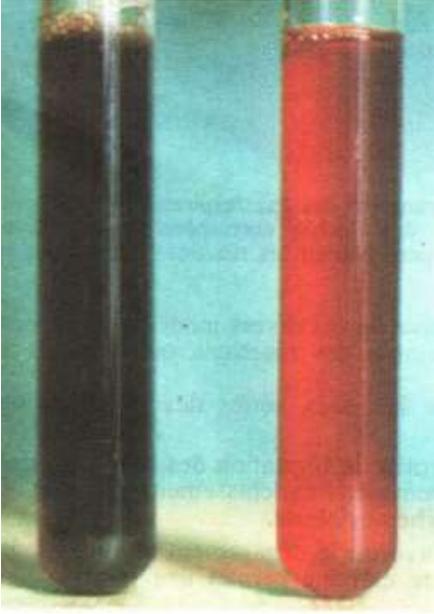
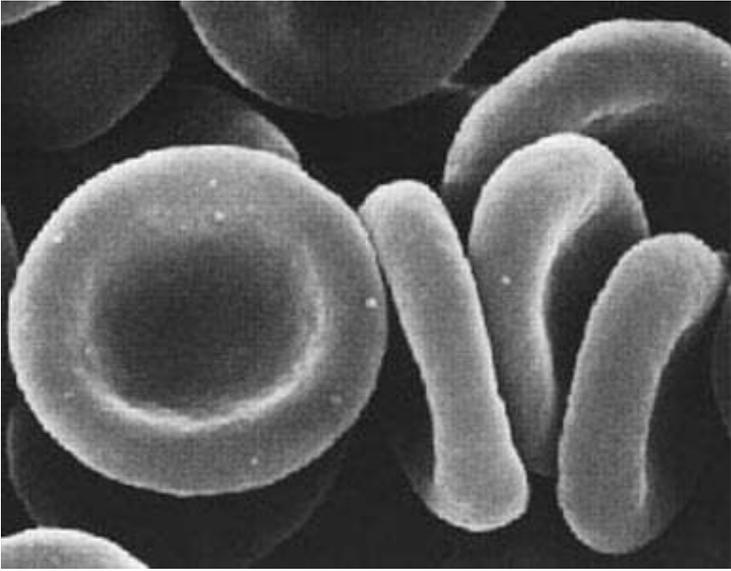
Variation du volume ventilé chez le poulet selon le % de CO₂ inspiré

Contrôle ventilation (schmitt-Nielsen)



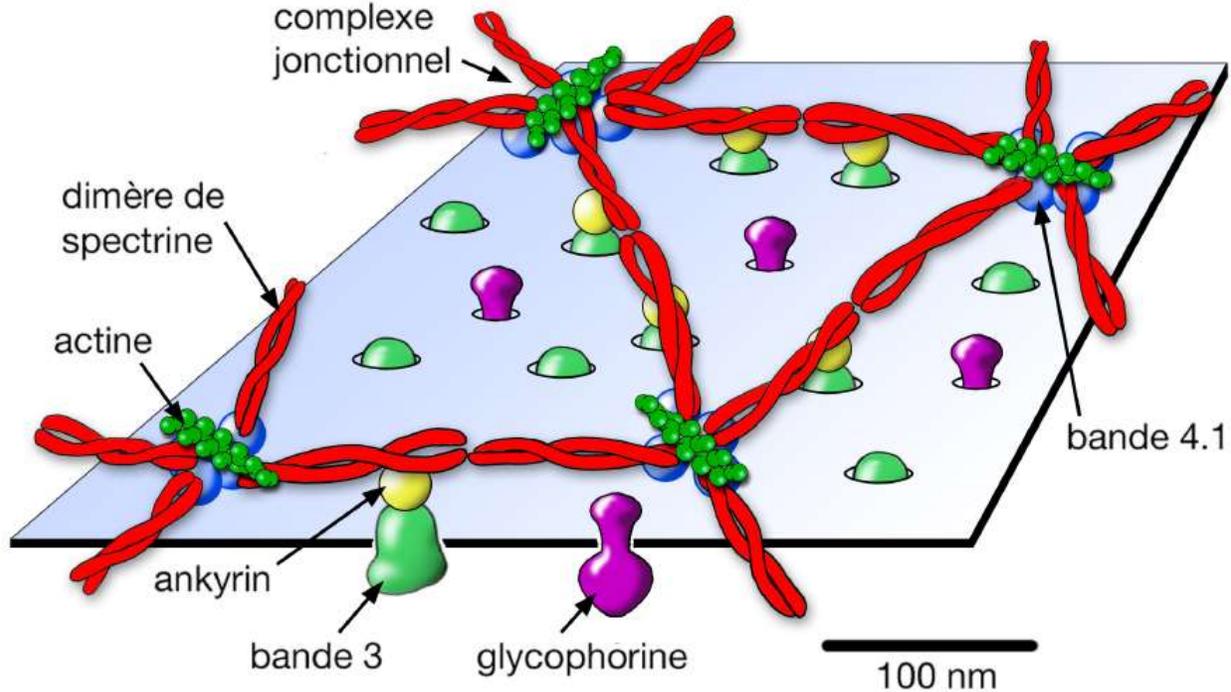


Convections externe et interne des fluides maintiennent les gradients de pression partielle

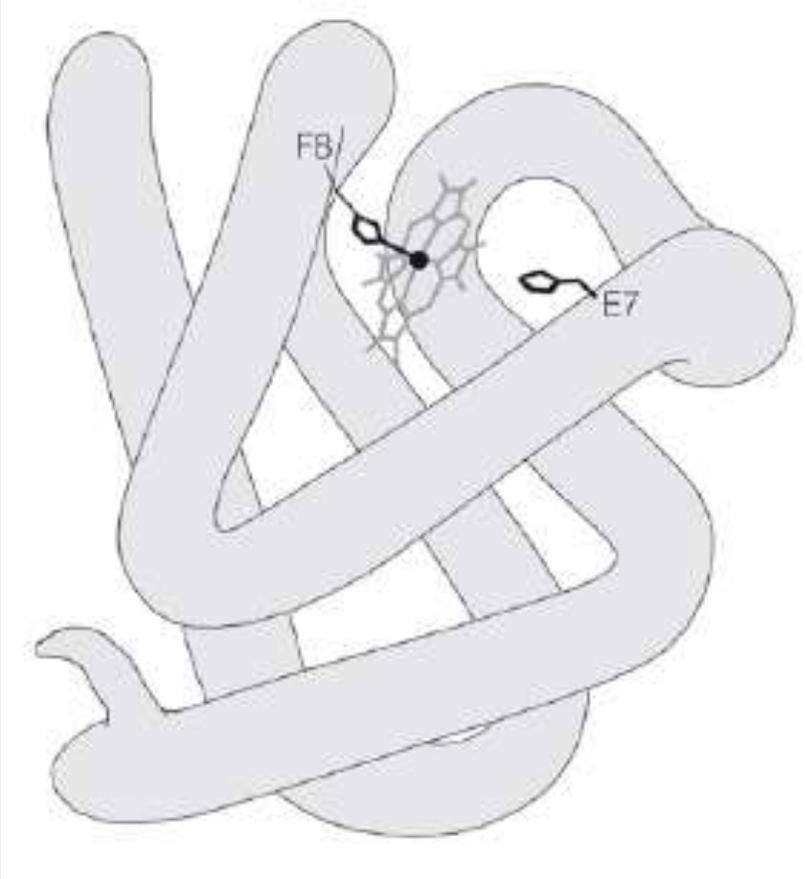


Solution d'hématie sans O₂

Solution d'hématie en présence d'O₂



Le squelette sous membranaire de l'hématie

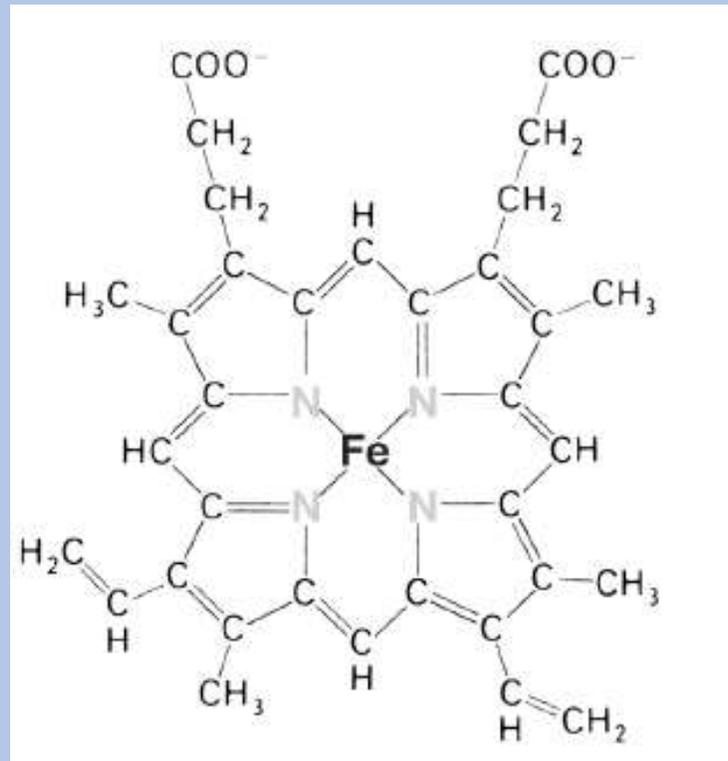


brunoanselme.files.wordpress.com/2011/11/hc3a9moglobinemyoglobine-poly.pdf

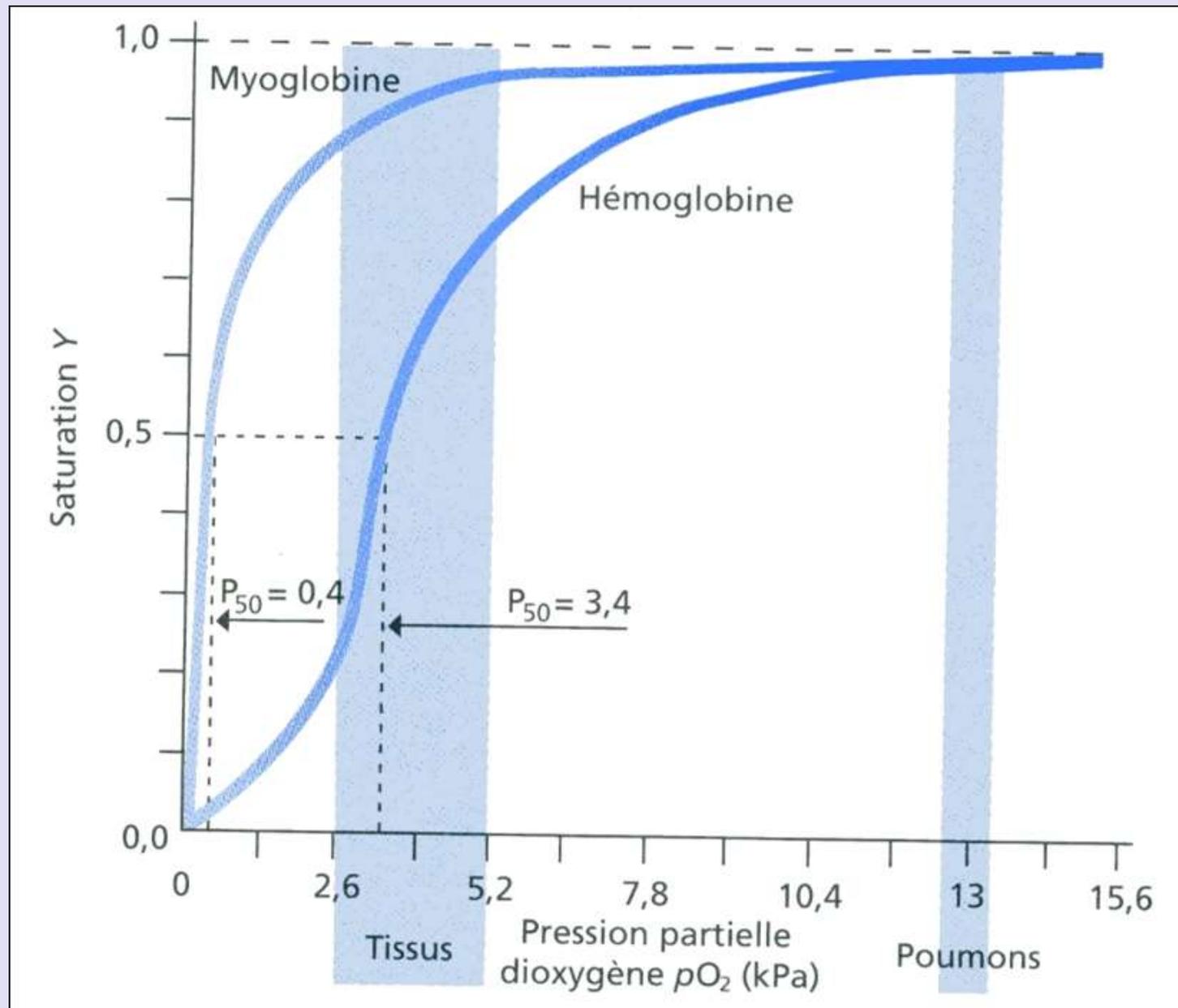
La myoglobine :
protéine à structure tertiaire



L'hémoglobine :
protéine à structure
quaternaire

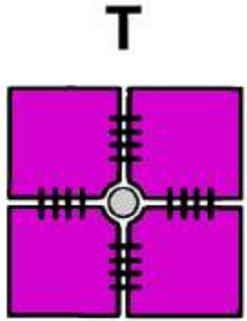


L'hème : noyau plan tétrapyrrole

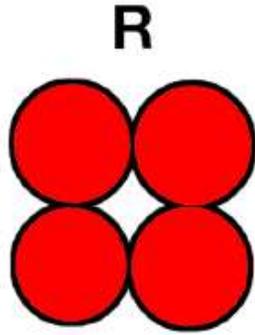
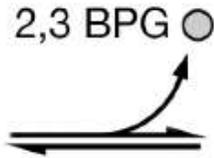


Courbe de saturation en O_2 de l'hémoglobine et de la myoglobine.

(PEYCRU P. et coll., " Biologie 1^{ère} année BCPST, Dunod Ed., 2007).



- Forme T :
- faible affinité pour O_2
 - liaisons salines entre les sous-unités
 - molécule moins compacte



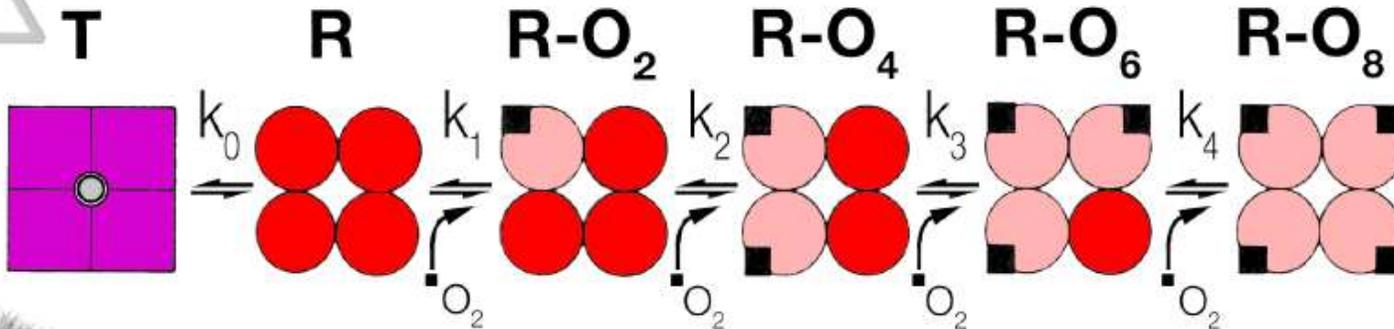
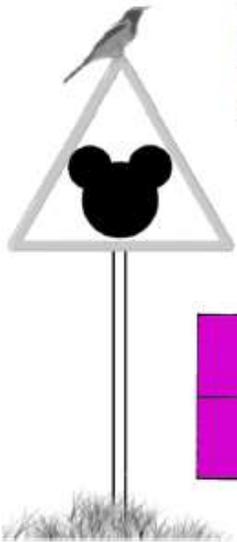
- Forme R :
- bonne affinité pour O_2
 - pas de liaisons salines entre les sous-unités
 - molécule plus compacte

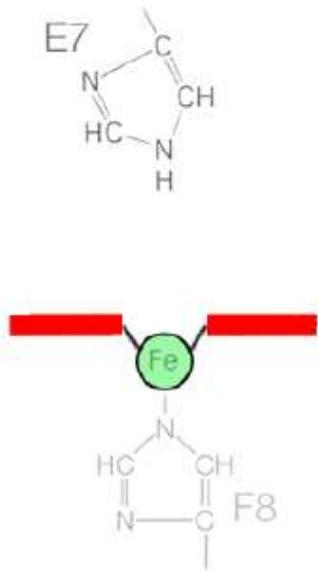


Le modèle concerté d'allostérie suppose que toutes les sous-unités restent synchrones, "concertées". Ainsi, lorsqu'un dioxygène est fixé sur un site, les autres sites changent aussi de conformation avec l'atome de fer cette fois mieux positionné.

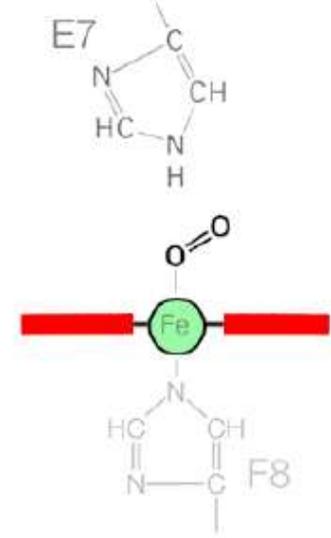
Illustrations de Bruno Anselme
Professeur au lycée Fenelon
Paris

Le modèle stipule que les constantes k_1, k_2, k_3, k_4 sont telles que la fixation de dioxygène est de plus en plus favorisée lorsque l'hémoglobine se charge.



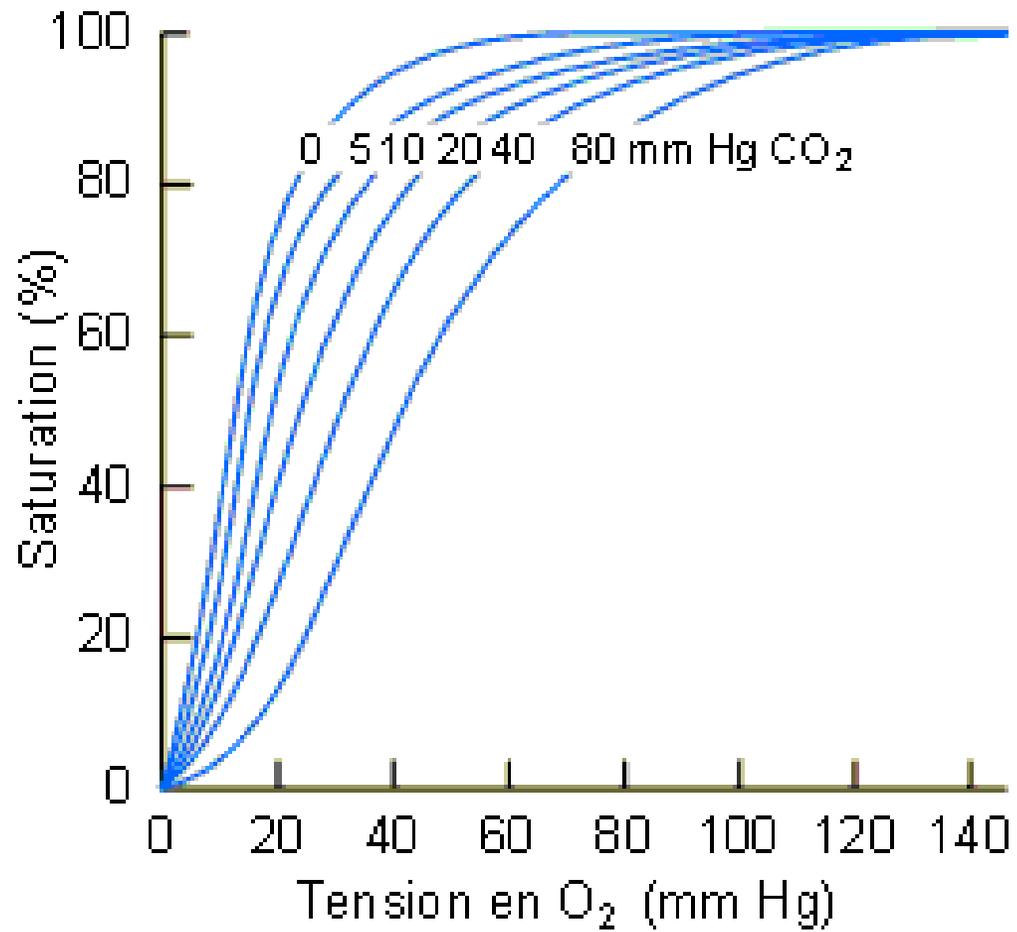


Désoxyhémoglobine

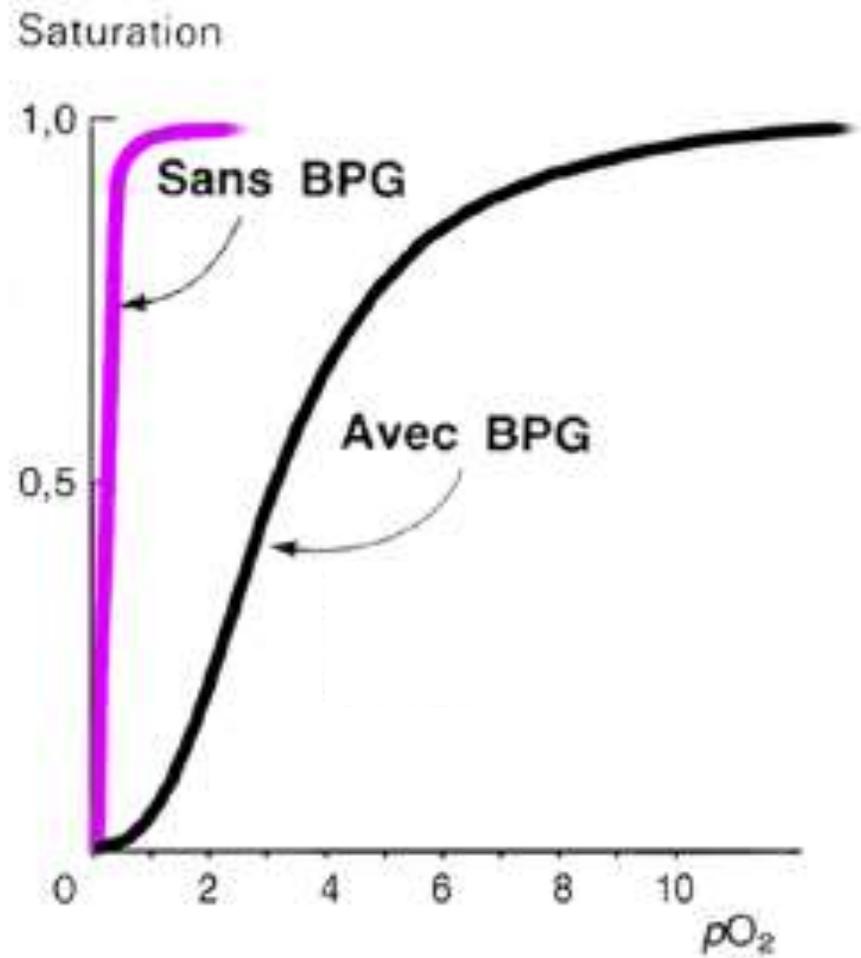


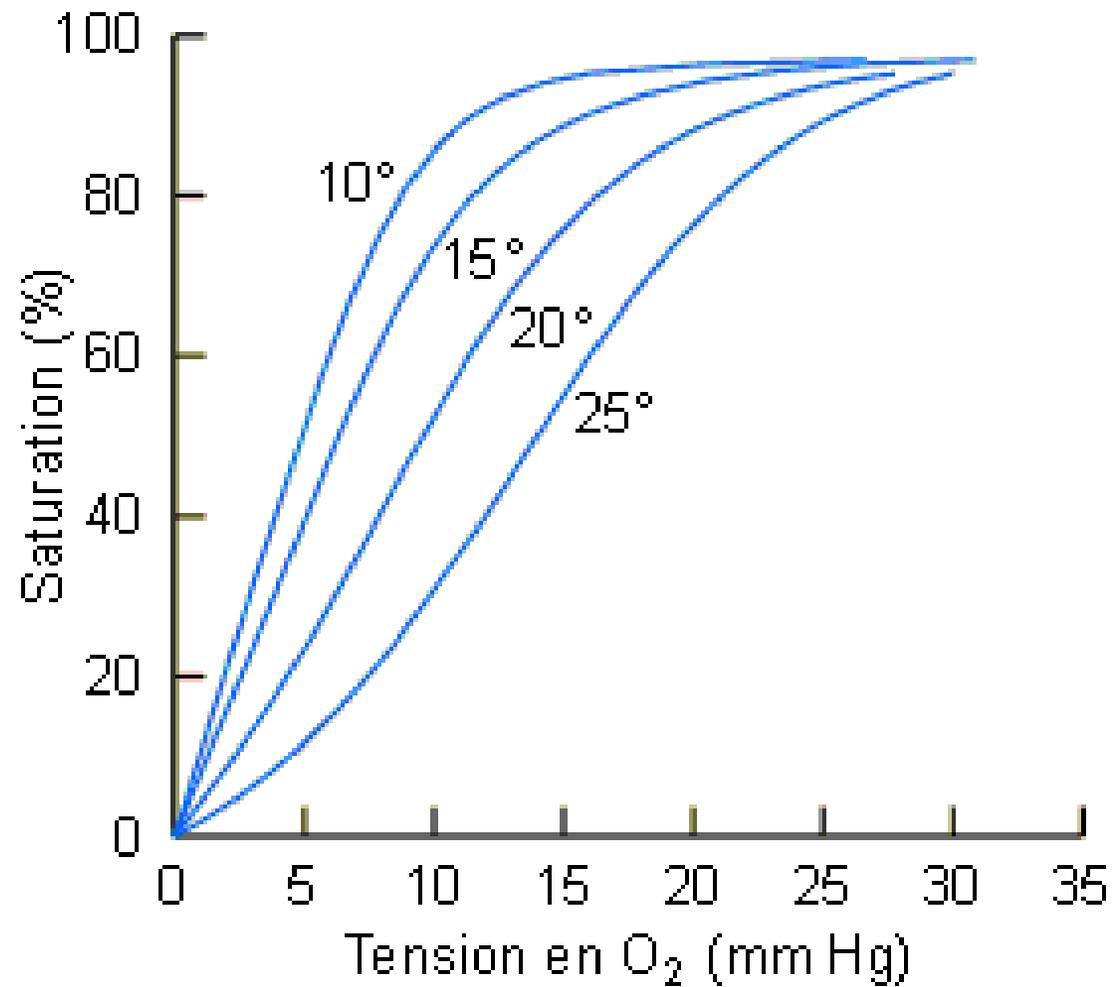
Oxyhémoglobine

Mauvaise affinité pour le O2
car le fer n'est pas inséré dans le plan de l'hème



Effet Bohr

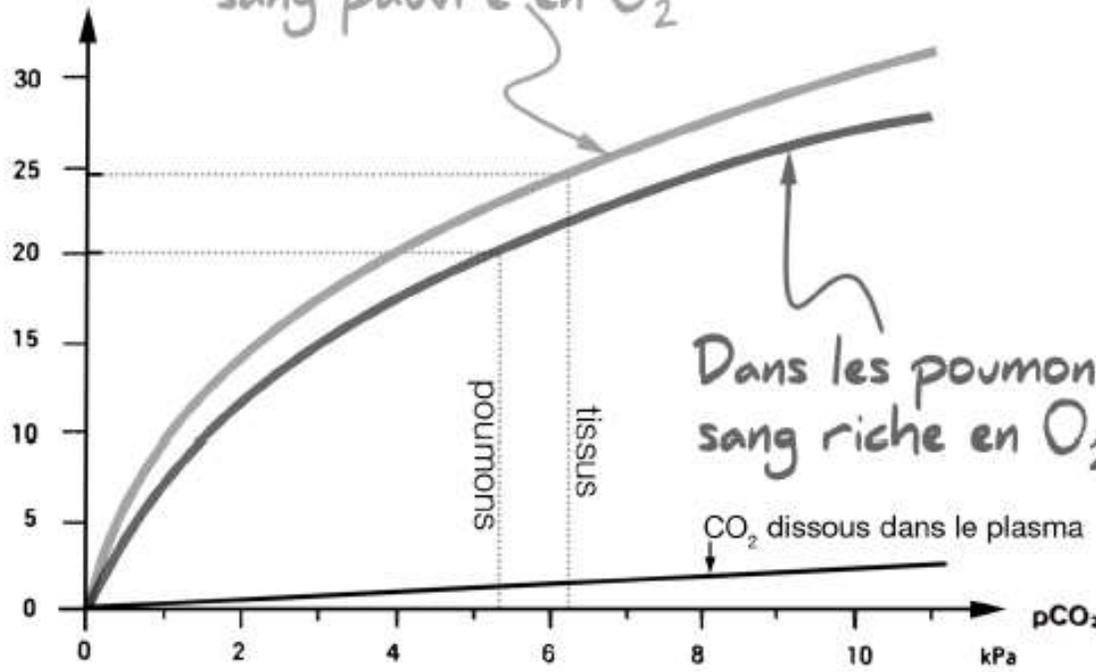




Effets de la température étudiés ici sur l'hémocyanine (les résultats sont similaires pour l'hémoglobine)

Effet Haldane

[CO₂] du sang
mmol/L



Dans les tissus :
sang pauvre en O₂

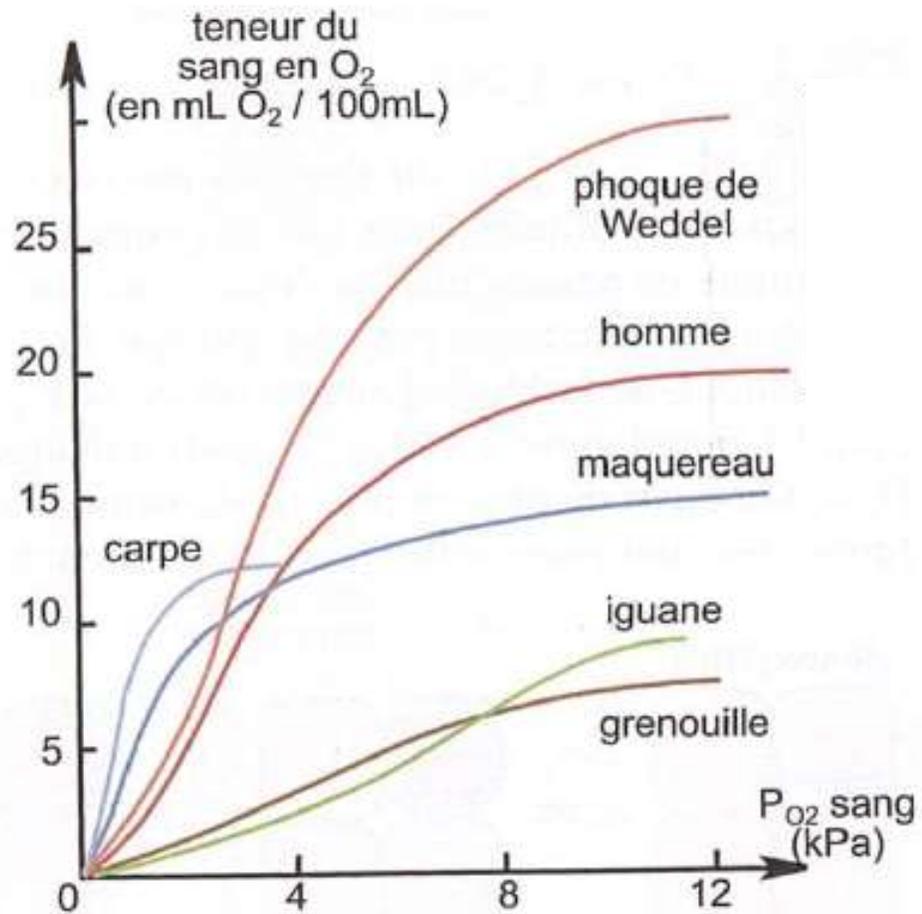
Dans les poumons :
sang riche en O₂

poumons

tissus

CO₂ dissous dans le plasma

Extrait de Bruno Anselme



Pouvoir oxyphorique du sang chez certaines espèces de vertébrés (extrait du j'intègre)