

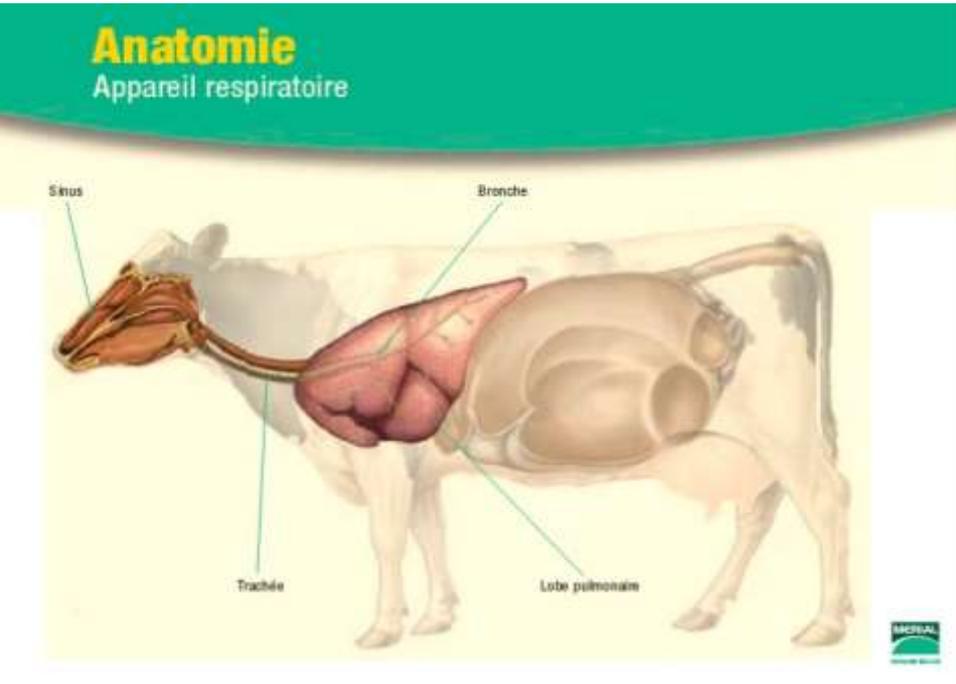
SV – B Interactions entre les organismes et leur milieu de vie



SV – B – 1 La respiration : une fonction en interaction directe avec le milieu



Echangeurs respiratoires et milieu de vie : exemple de deux Vertébrés



Chez les Mammifères :

- Vie en milieu aérien
- Appareil respiratoire pulmonaire → surfaces d'échange internalisées

Chez les Téléostéens :

- Vie en milieu aquatique
- Appareil respiratoire branchial → surfaces d'échange externalisées

Document 1. Quelques paramètres physico - chimiques de l'air et de l'eau importants pour la respiration.

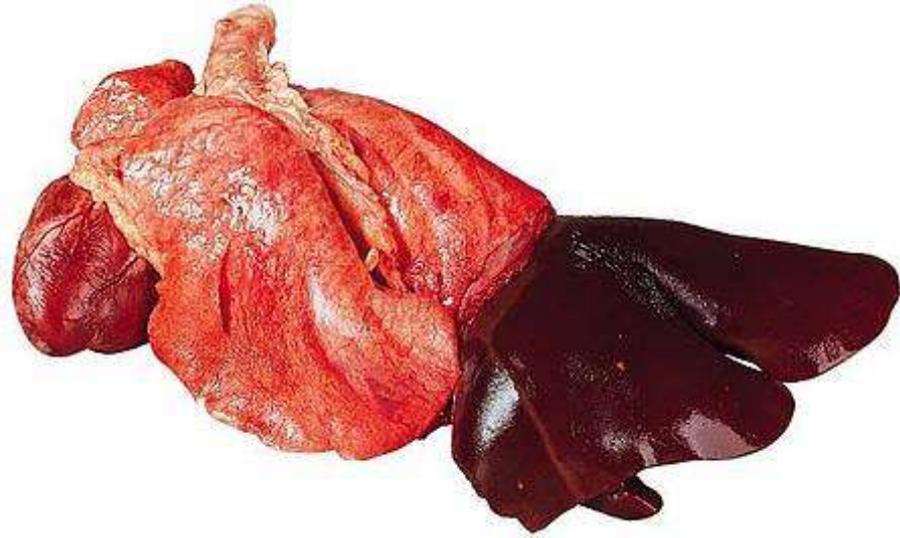
Paramètres	Eau	Air	Rapport eau/air
Concentration en O ₂ (mL/L)	7 5,8 pour l'eau de mer	209	~1/30
Masse volumique (kg.m ⁻³)	10 ³	1,3	~800/1
L de milieu/L de O ₂	143	4,8	~30/1
kg de milieu/L de O ₂	143	6,2.10 ⁻³	~23 000/1
Constantes de diffusibilité (mol.s ⁻¹ .m ⁻¹ .Pa ⁻¹)			
KO ₂	3,38.10 ⁻¹⁴	7,83.10 ⁻⁹	~1/200 000
KCO ₂	6,98.10 ⁻¹³	6,12.10 ⁻⁹	~1/10 000
Viscosité à 20 °C (cP = mPa.s)	1	0,02	50/1
Teneur en eau (ppmV)	10 ⁶	40 à 40000	≈ 25000 à 25/1

Echangeurs respiratoires et milieu de vie : exemple de deux Métazoaires à vie aquatique

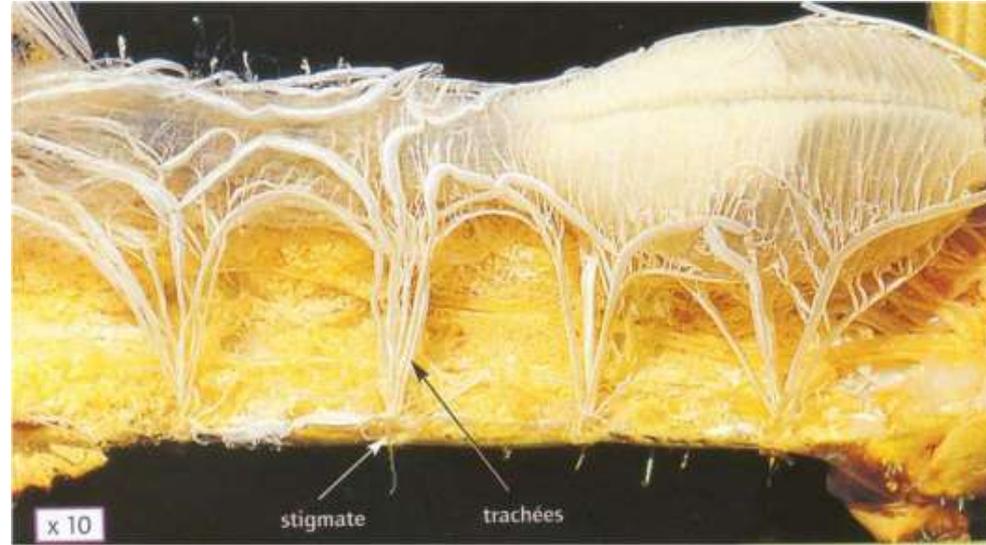


Les branchies des Téléostéens
et des Mollusques : une
organisation différente mais des
ressemblances → **convergence**

Echangeurs respiratoires et plan d'organisation : exemple de deux Métazoaires vivant en milieu aérien



Chez les Mammifères : des poumons richement vascularisés : prise en charge des gaz respiratoires par un liquide circulant, le sang



Chez les Insectes : un réseau de trachées ramifié en trachéoles en contact direct avec les tissus et cellules

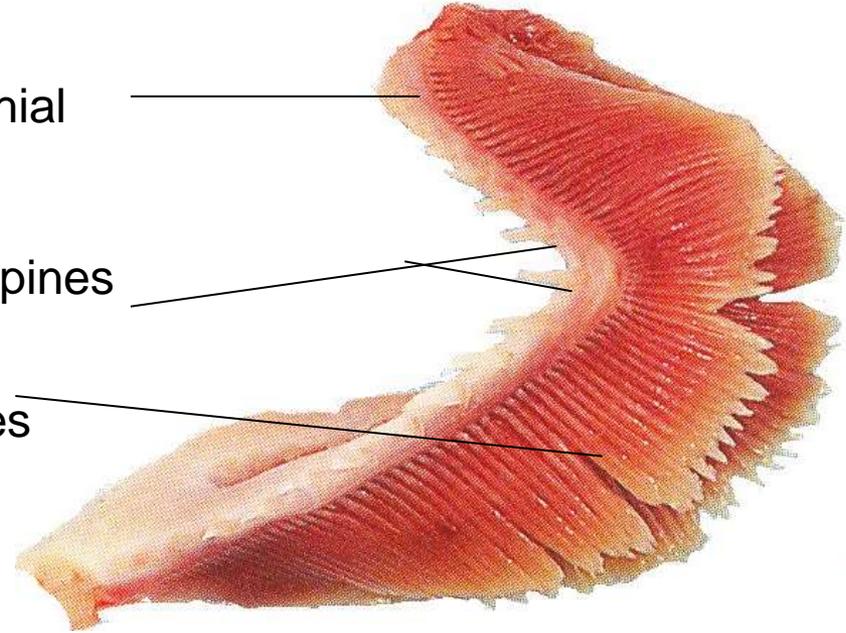
Branchies des téléostéens observées à l'œil nu



Arc branchial

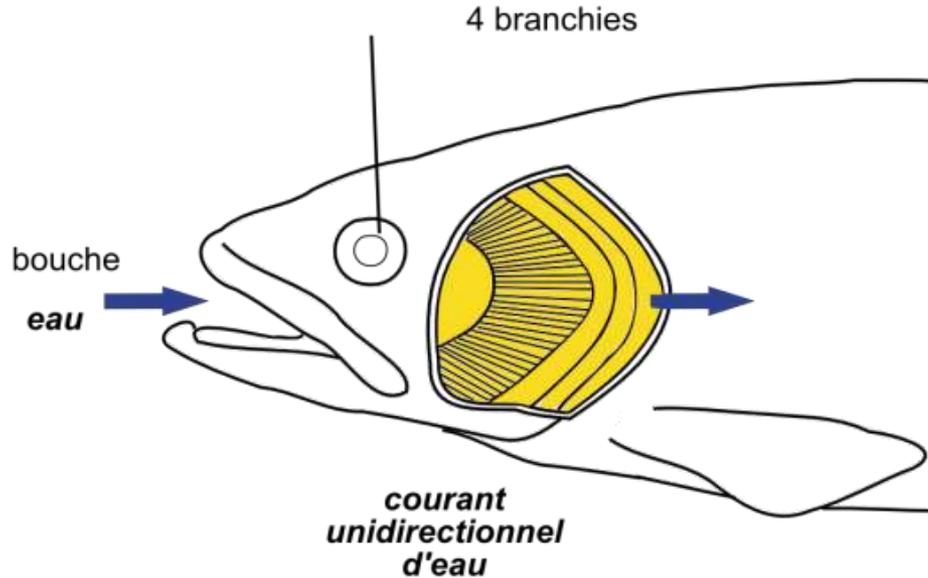
Branchiospines

2 lames
branchiales



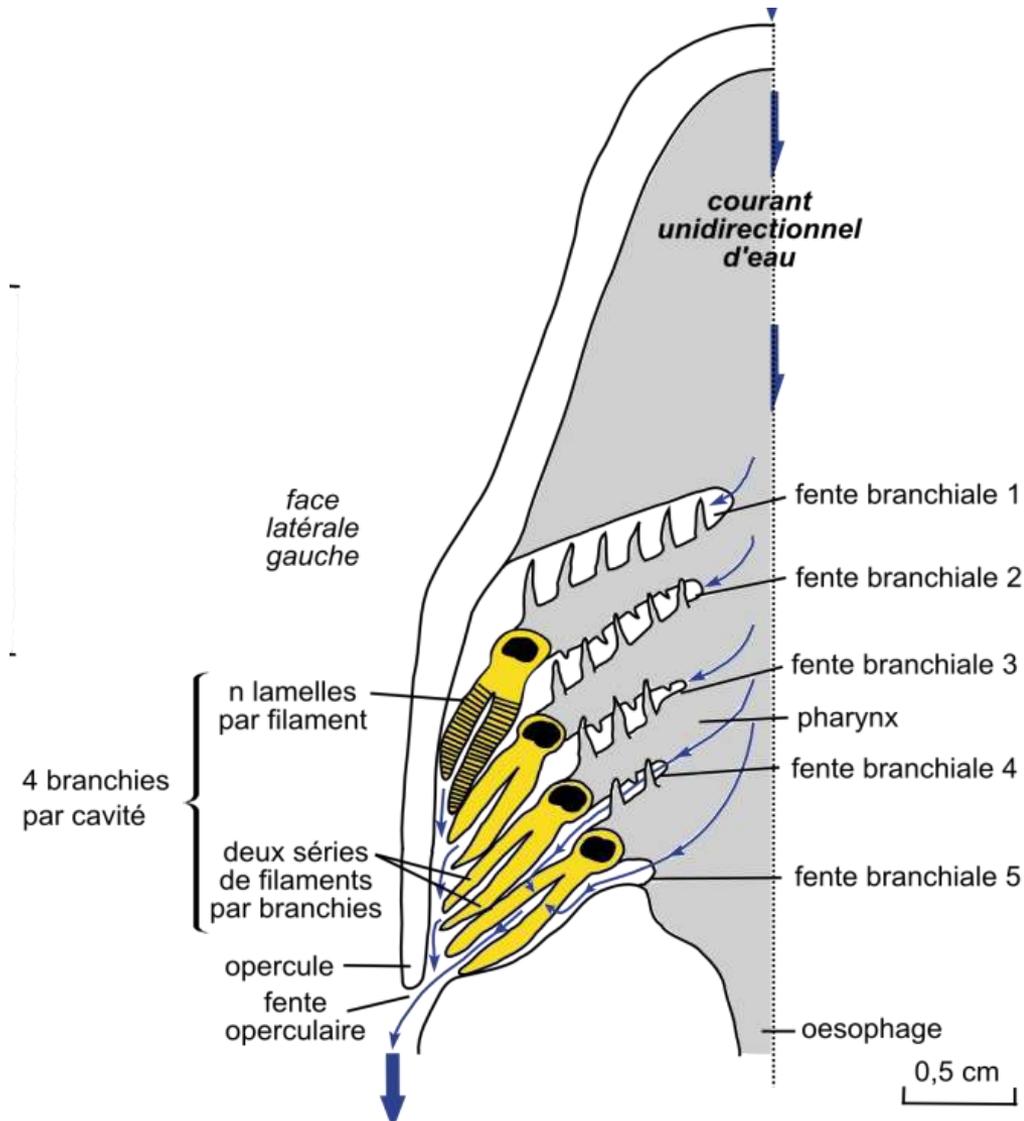
Paramètres	Eau	Air	Rapport eau/air
Concentration en O ₂ (mL/L)	7 <i>5,8 pour l'eau de mer</i>	209	~1/30
Masse volumique (kg.m⁻³)	10³	1,3	~800/1
L de milieu/L de O ₂	143	4,8	~30/1
kg de milieu/L de O ₂	143	6,2.10 ⁻³	~23 000/1
Constantes de diffusibilité (mol.s ⁻¹ .m ⁻¹ .Pa ⁻¹)			
KO ₂	3,38.10 ⁻¹⁴	7,83.10 ⁻⁹	~1/200 000
KCO ₂	6,98.10 ⁻¹³	6,12.10 ⁻⁹	~1/10 000
Viscosité à 20 °C (cP = mPa.s)	1	0,02	50/1
Teneur en eau (ppmV)	10⁶	40 à 40000	≈ 25000 à 25/1

Document 2a. Vue latérale gauche de la tête d'un téléostéen.



Paramètres	Eau	Air	Rapport eau/air
Concentration en O ₂ (mL/L)	7 <i>5,8 pour l'eau de mer</i>	209	~1/30
Masse volumique (kg.m⁻³)	10³	1,3	~800/1
L de milieu/L de O ₂	143	4,8	~30/1
kg de milieu/L de O ₂	143	6,2.10 ⁻³	~23 000/1
Constantes de diffusibilité (mol.s ⁻¹ .m ⁻¹ .Pa ⁻¹)			
KO ₂	3,38.10 ⁻¹⁴	7,83.10 ⁻⁹	~1/200 000
KCO ₂	6,98.10 ⁻¹³	6,12.10 ⁻⁹	~1/10 000
Viscosité à 20 °C (cP)	1	0,02	50/1
Teneur en eau (ppmV)	10 ⁶	40 à 40000	≈ 25000 à 25/1

Document 2b. Coupe frontale de la tête d'un téléostéen.

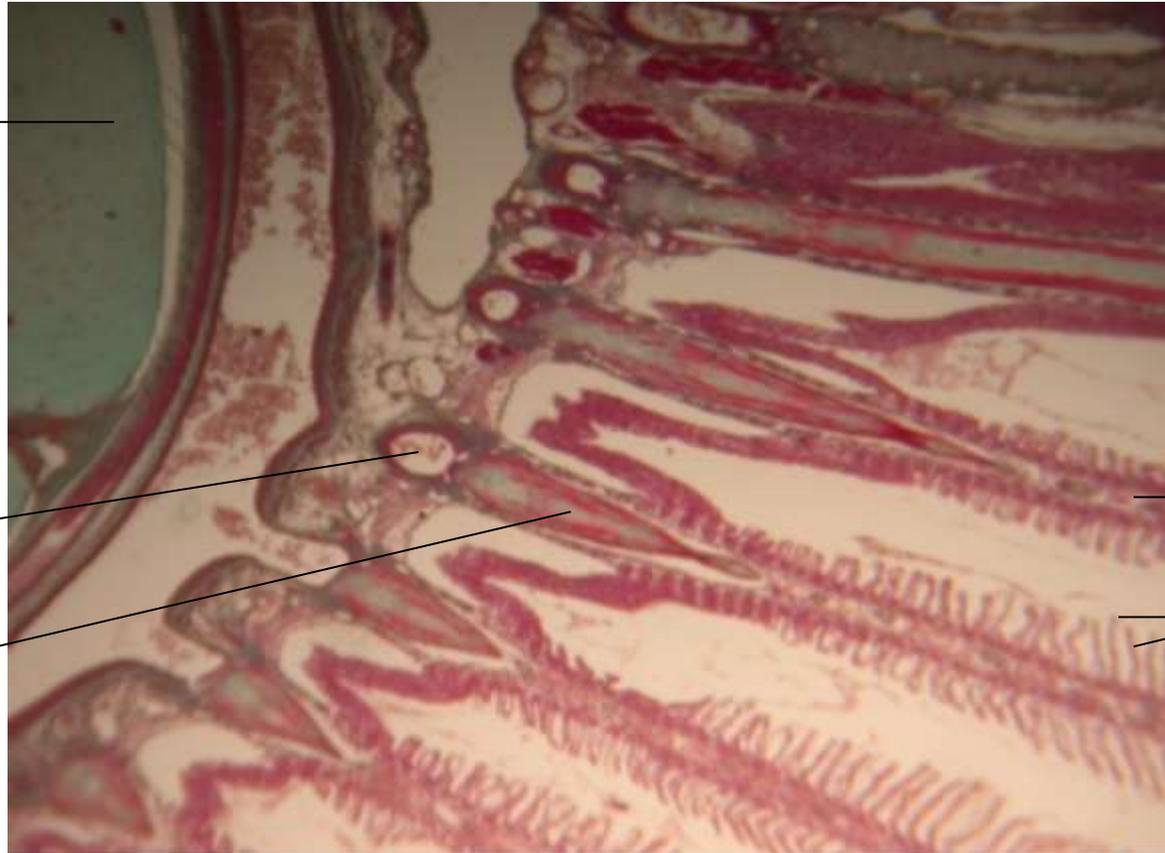


Histologie d'une branchie de téléostéen (M.O. x 40)

Arc
branchial

Artère
branchiale

Arête
branchiale

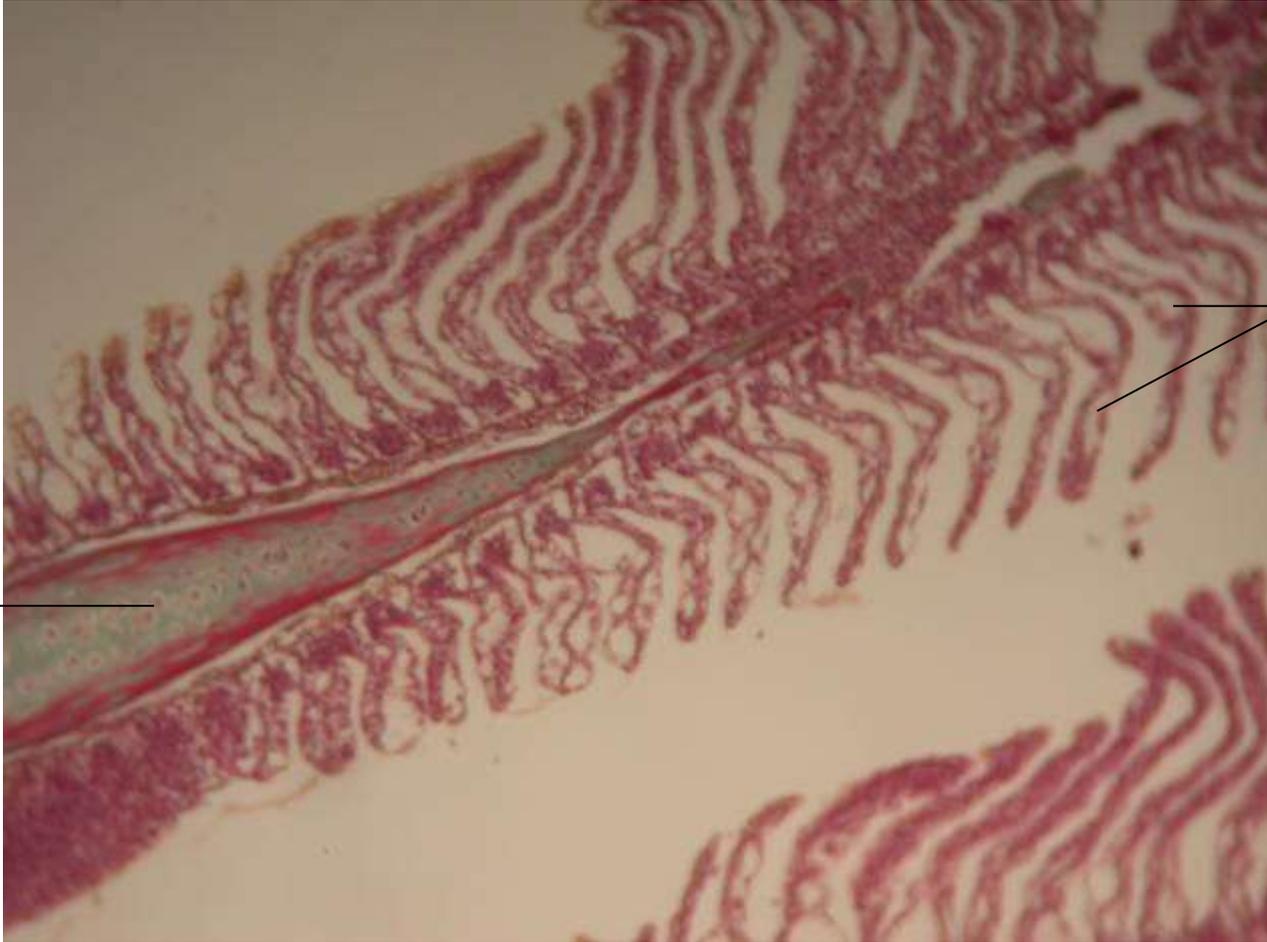


Filament
branchial

Lamelles
branchiales

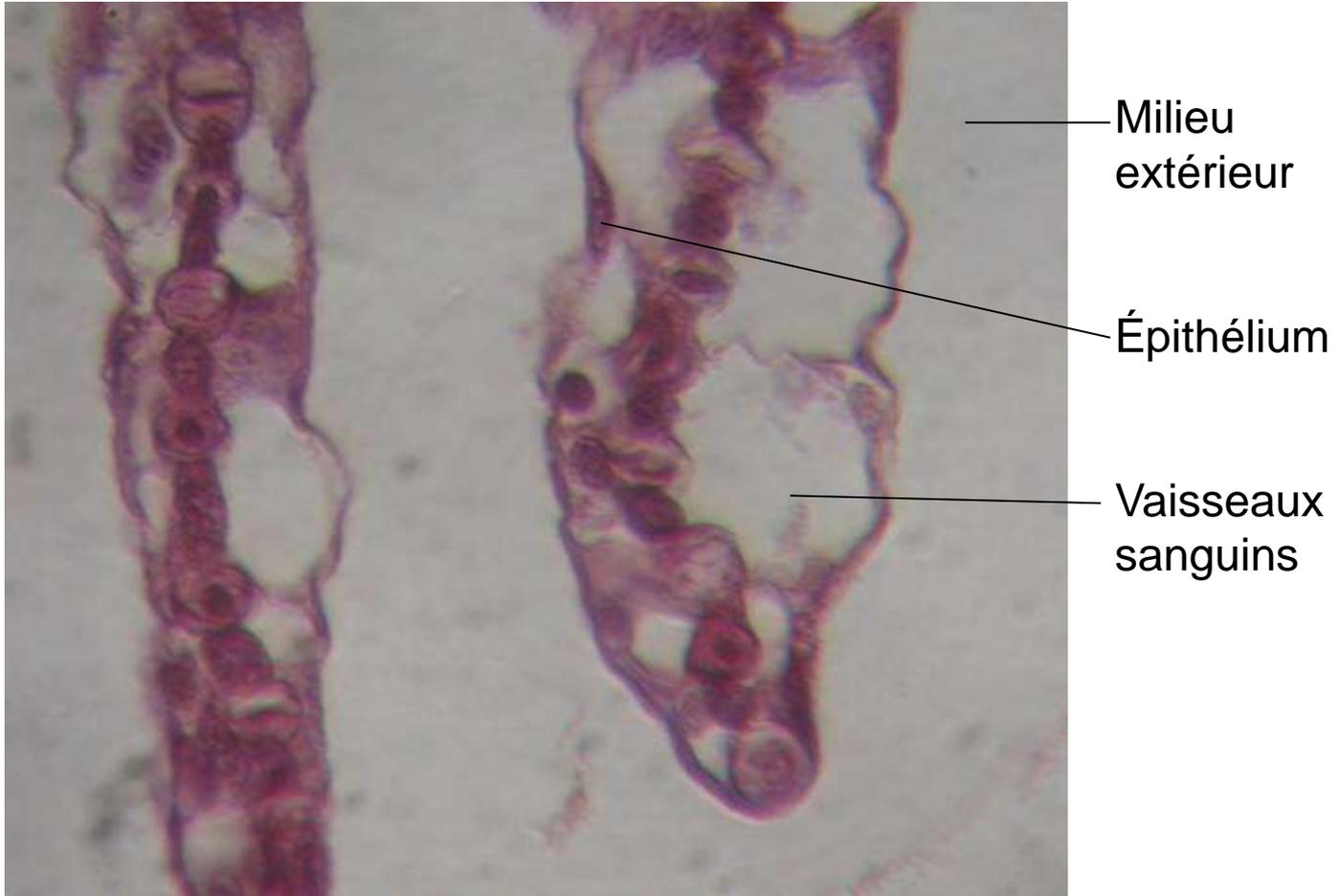
Détail d'un filament branchial (M.O. x 100)

Arête
branchiale

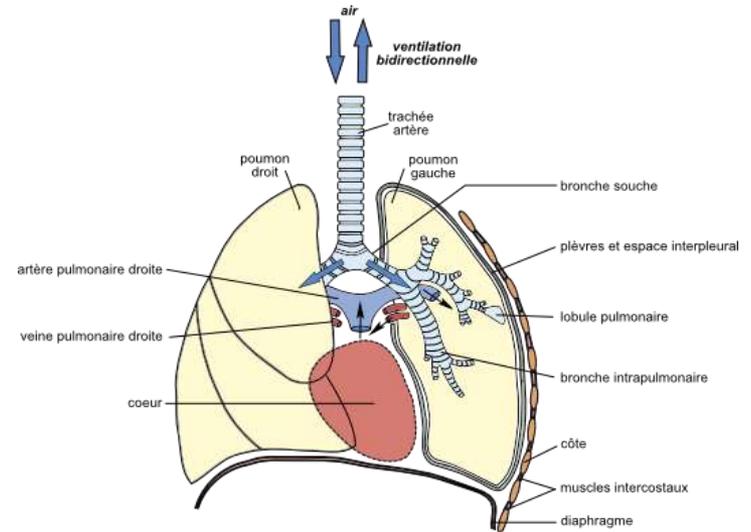
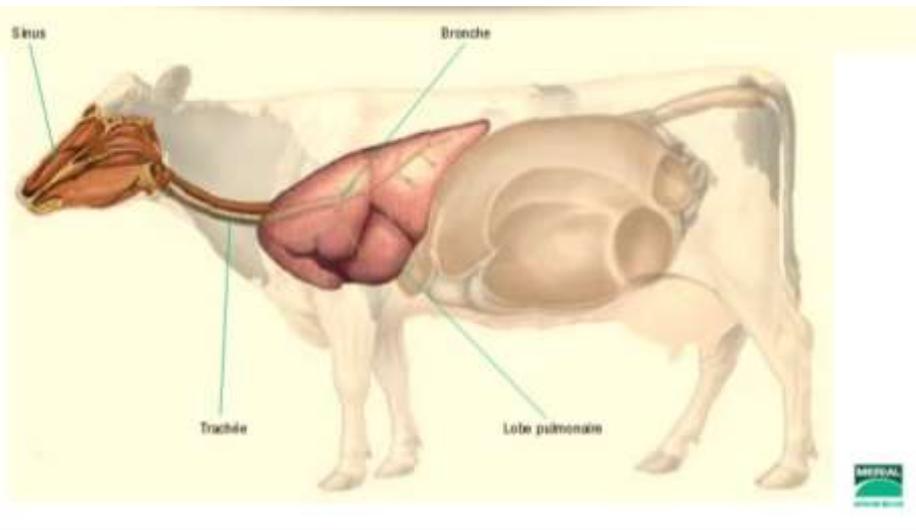


Lamelles
branchiales

Détail de l'extrémité d'une lamelle branchiale (M.O.x 400)

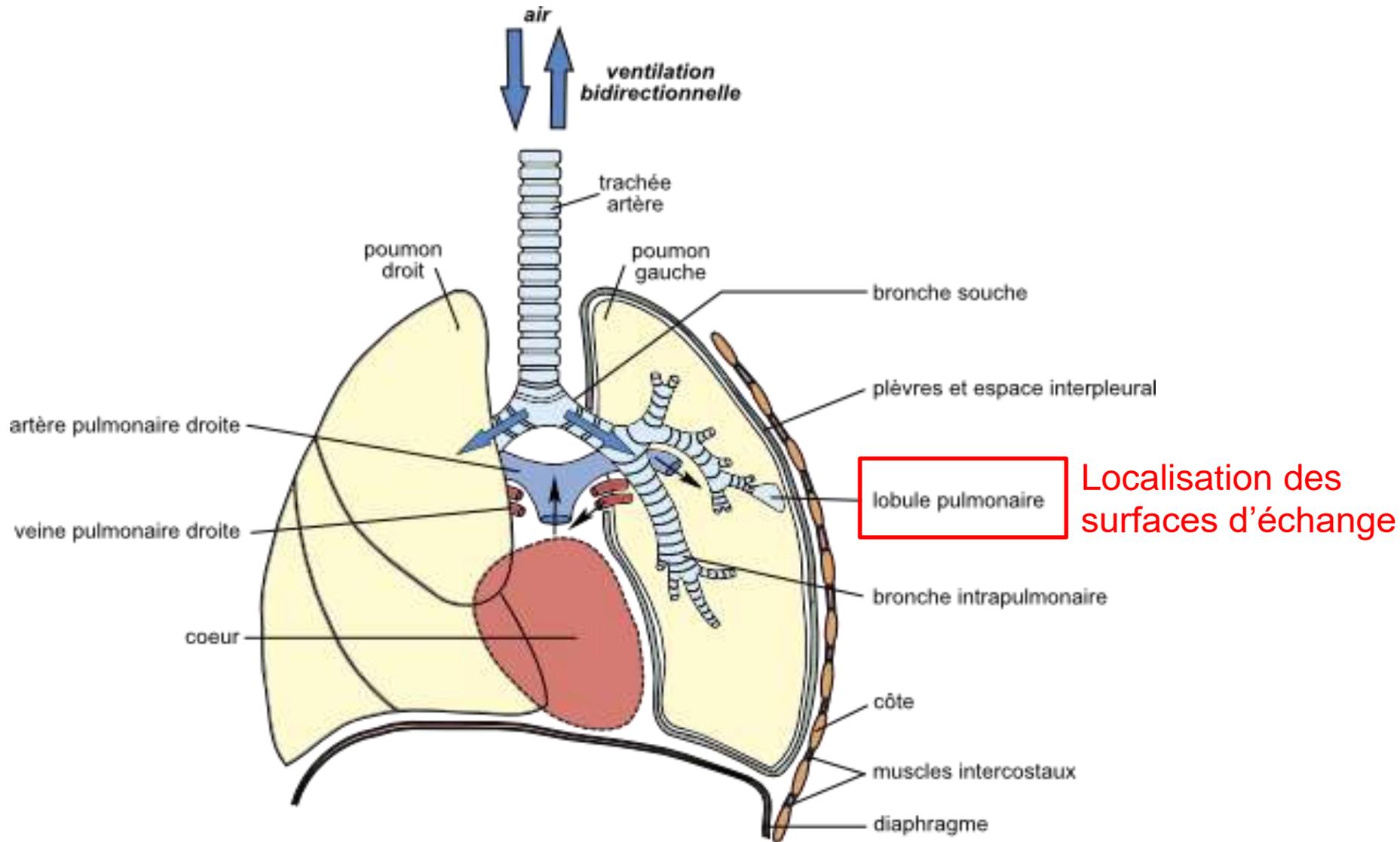


La respiration pulmonaire : une surface internalisée dans la cage thoracique

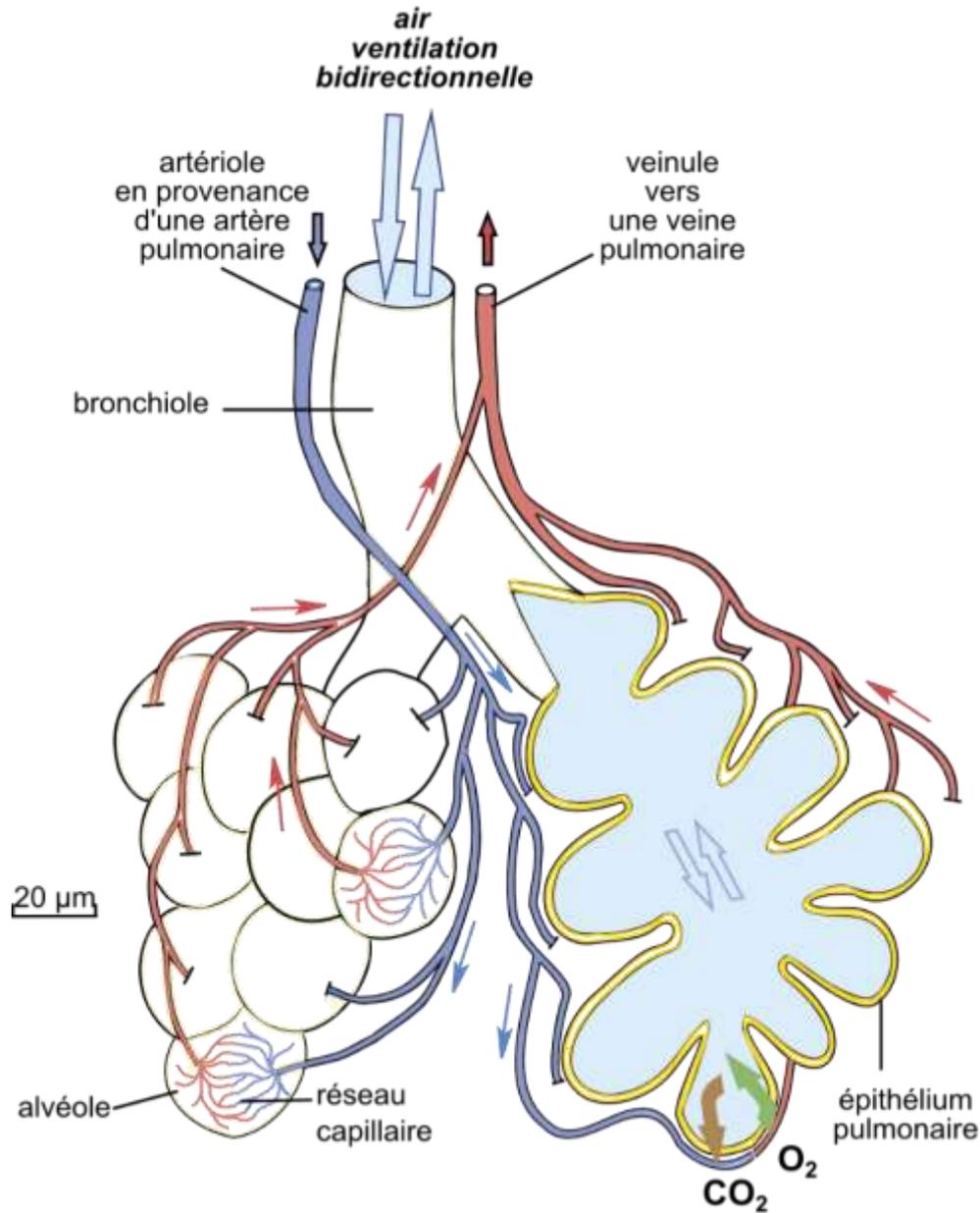


Paramètres	Eau	Air	Rapport eau/air
Concentration en O ₂ (mL/L)	7 <i>5,8 pour l'eau de mer</i>	209	~1/30
Masse volumique (kg.m⁻³)	10³	1,3	~800/1
L de milieu/L de O ₂	143	4,8	~30/1
kg de milieu/L de O ₂	143	6,2.10 ⁻³	~23 000/1
Constantes de diffusibilité (mol.s ⁻¹ .m ⁻¹ .Pa ⁻¹)			
KO ₂	3,38.10 ⁻¹⁴	7,83.10 ⁻⁹	~1/200 000
KCO ₂	6,98.10 ⁻¹³	6,12.10 ⁻⁹	~1/10 000
Viscosité à 20 °C (cP)	1	0,02	50/1
teneur en eau (ppmV)	10°	40 a 40000	≈ 25000 a 25/1

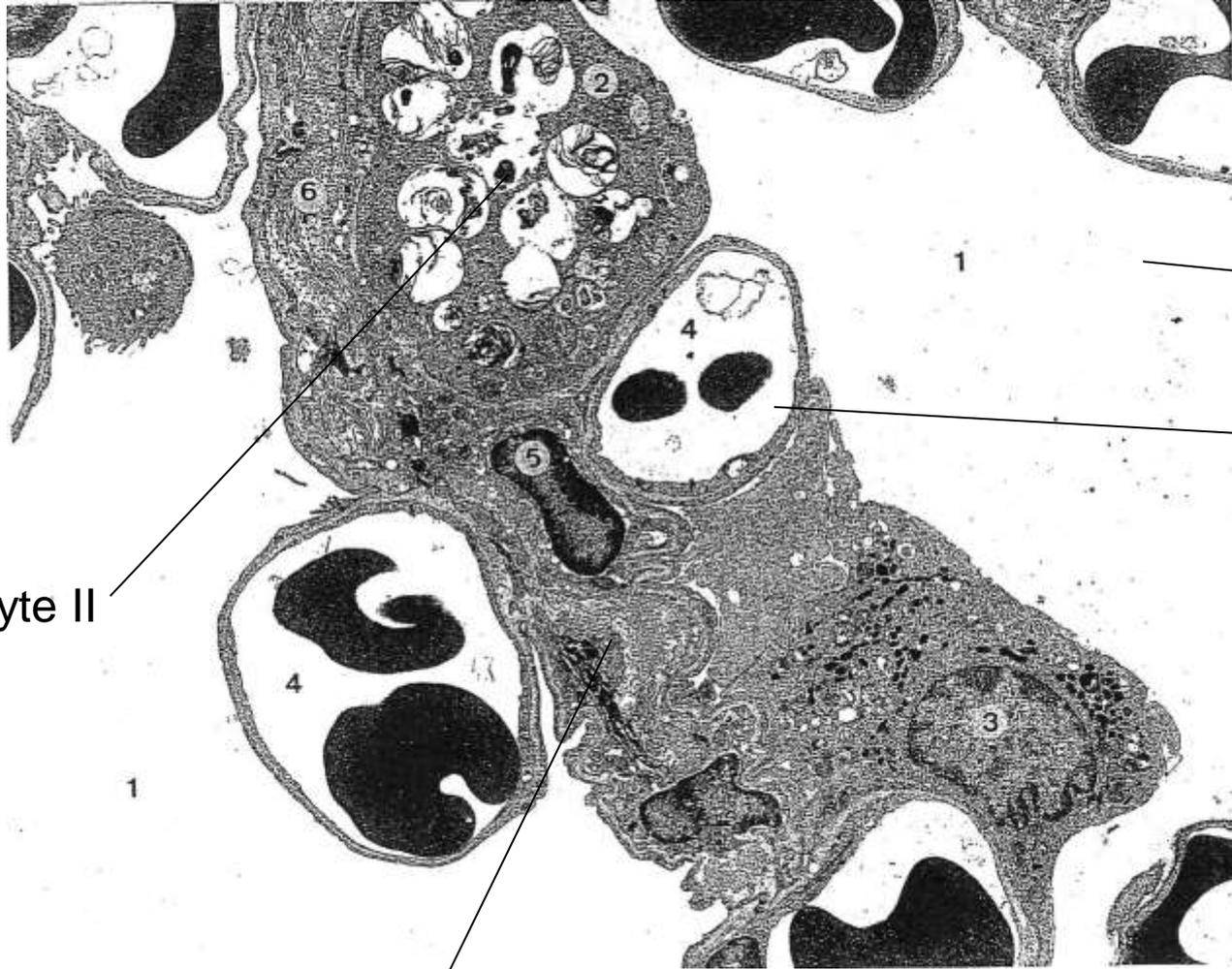
Document 3a. Vue interne, de face, des voies aériennes thoraciques et des poumons chez un Mammifère.



Document 3b. Structure d'un lobule pulmonaire.



Détail de l'épithélium alvéolaire (MET)



Alvéole

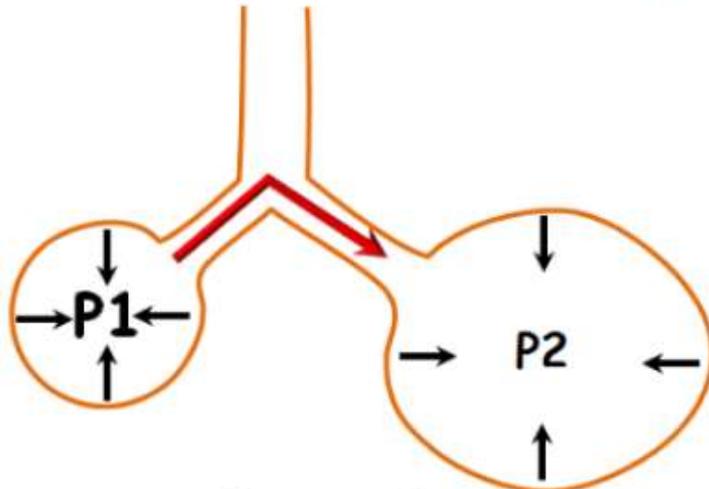
Capillaire

Pneumocyte II

Pneumocyte I

Rôles du surfactant

Loi de Laplace : $P = 2T/r$

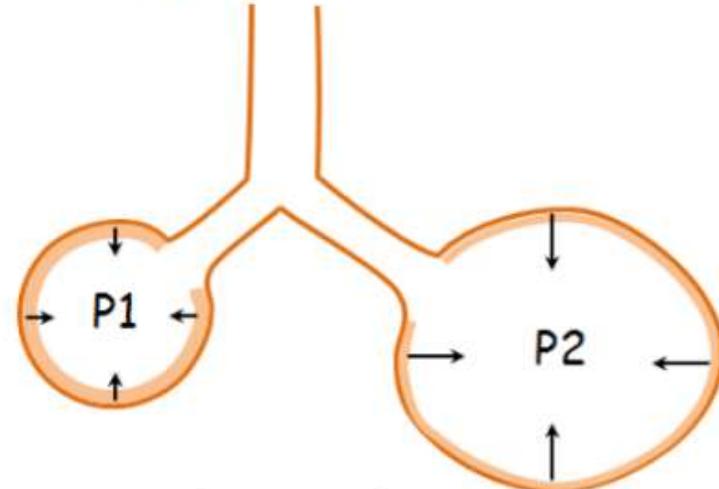


Sans surfactant

Petite alvéole	Grande alvéole
$r = 1$	$r = 2$
$T = 4$	$T = 4$
$P_1 = 8$	$P_2 = 4$

$P_1 > P_2$

→ La petite alvéole se vide dans la grande alvéole



Avec surfactant

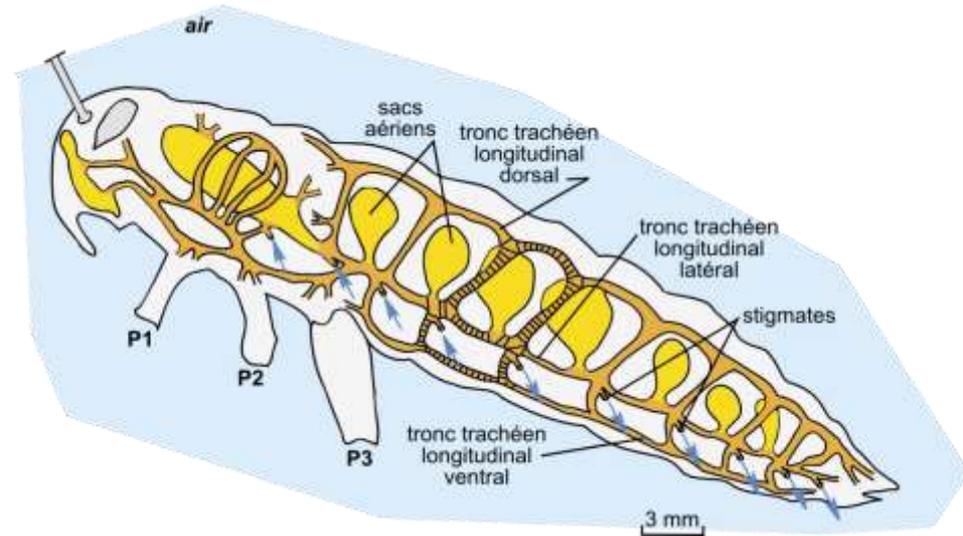
Petite alvéole	Grande alvéole
$r = 1$	$r = 2$
$T = 1$	$T = 2$
$P_1 = 2$	$P_2 = 2$

$P_1 = P_2$

→ Réduit les risques de collapsus

→ Réduit le travail mécanique de la ventilation

La respiration trachéenne : des surfaces internalisées



Paramètres	Eau	Air	Rapport eau/air
Concentration en O ₂ (mL/L)	7 <i>5,8 pour l'eau de mer</i>	209	~1/30
Masse volumique (kg.m⁻³)	10³	1,3	~800/1
L de milieu/L de O ₂	143	4,8	~30/1
kg de milieu/L de O ₂	143	6,2.10 ⁻³	~23 000/1
Constantes de diffusibilité (mol.s ⁻¹ .m ⁻¹ .Pa ⁻¹)			
KO ₂	3,38.10 ⁻¹⁴	7,83.10 ⁻⁹	~1/200 000
KCO ₂	6,98.10 ⁻¹³	6,12.10 ⁻⁹	~1/10 000
Viscosité à 20 °C (cP)	1	0,02	50/1
teneur en eau (ppmV)	10°	40 a 40000	≈ 25000 a 25/1

Stigmates vus de face (MEB)

Fourmi

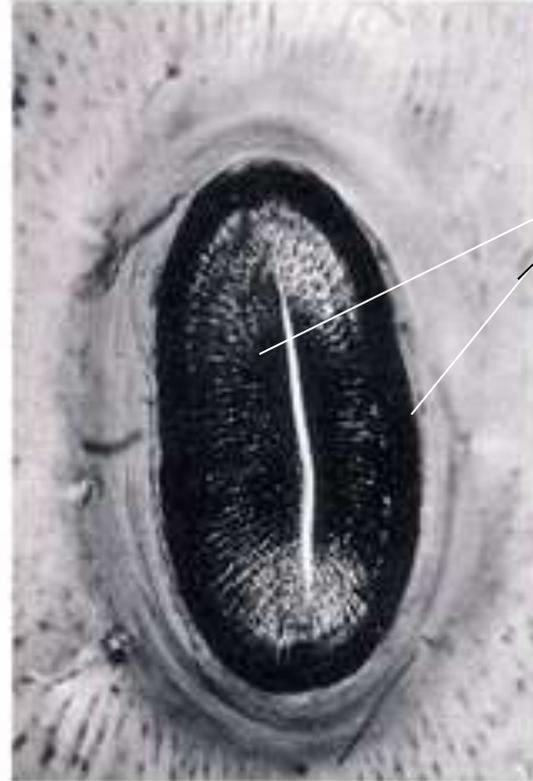
Sauterelle



A

ouvert

10 µm



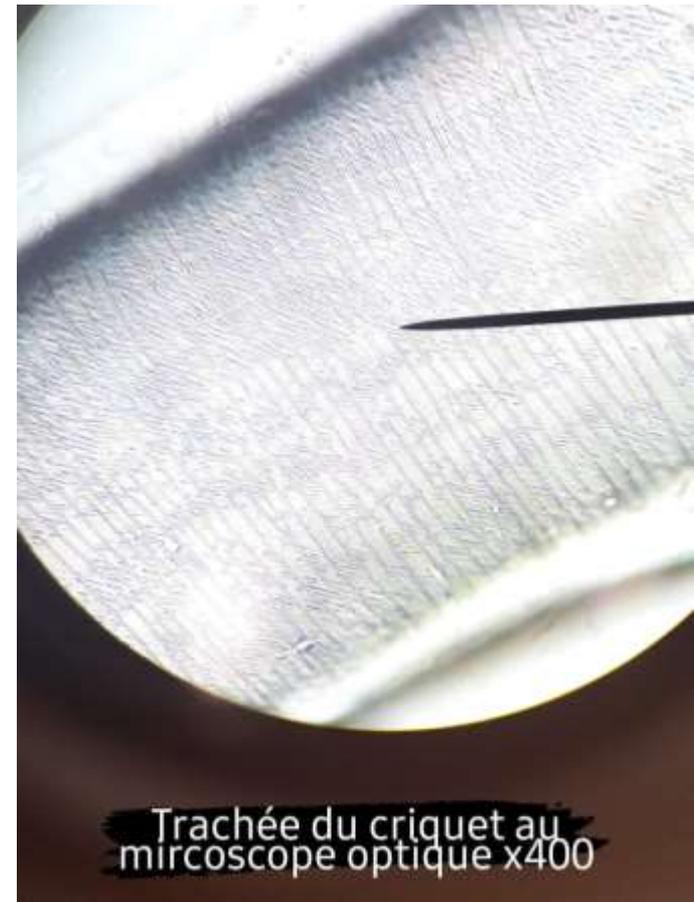
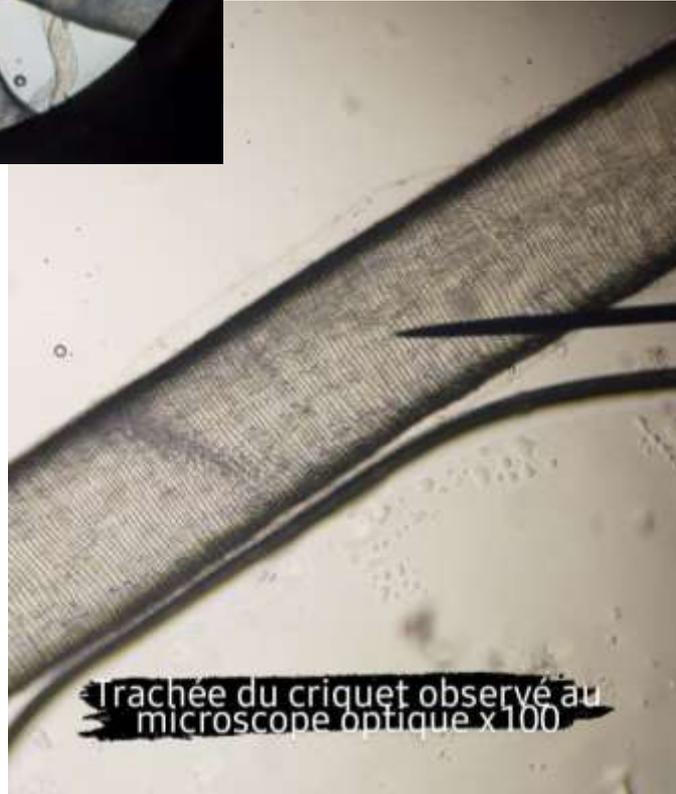
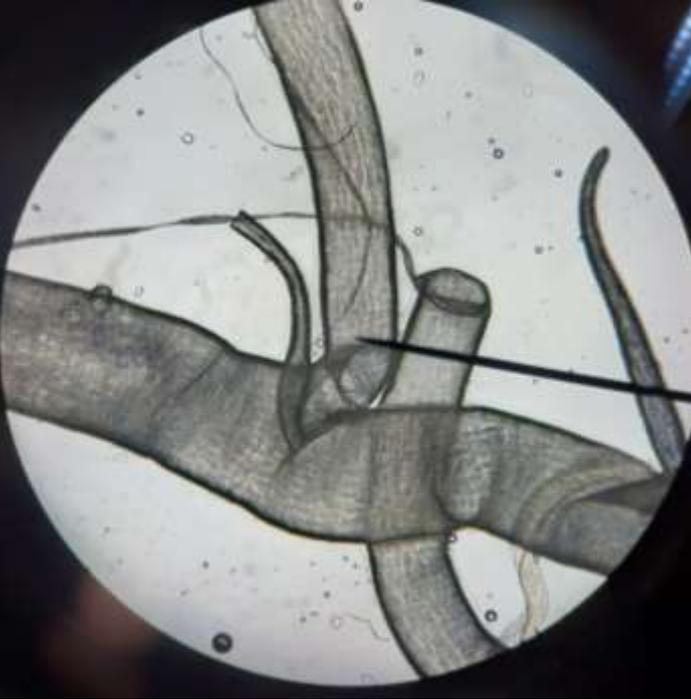
B

fermé

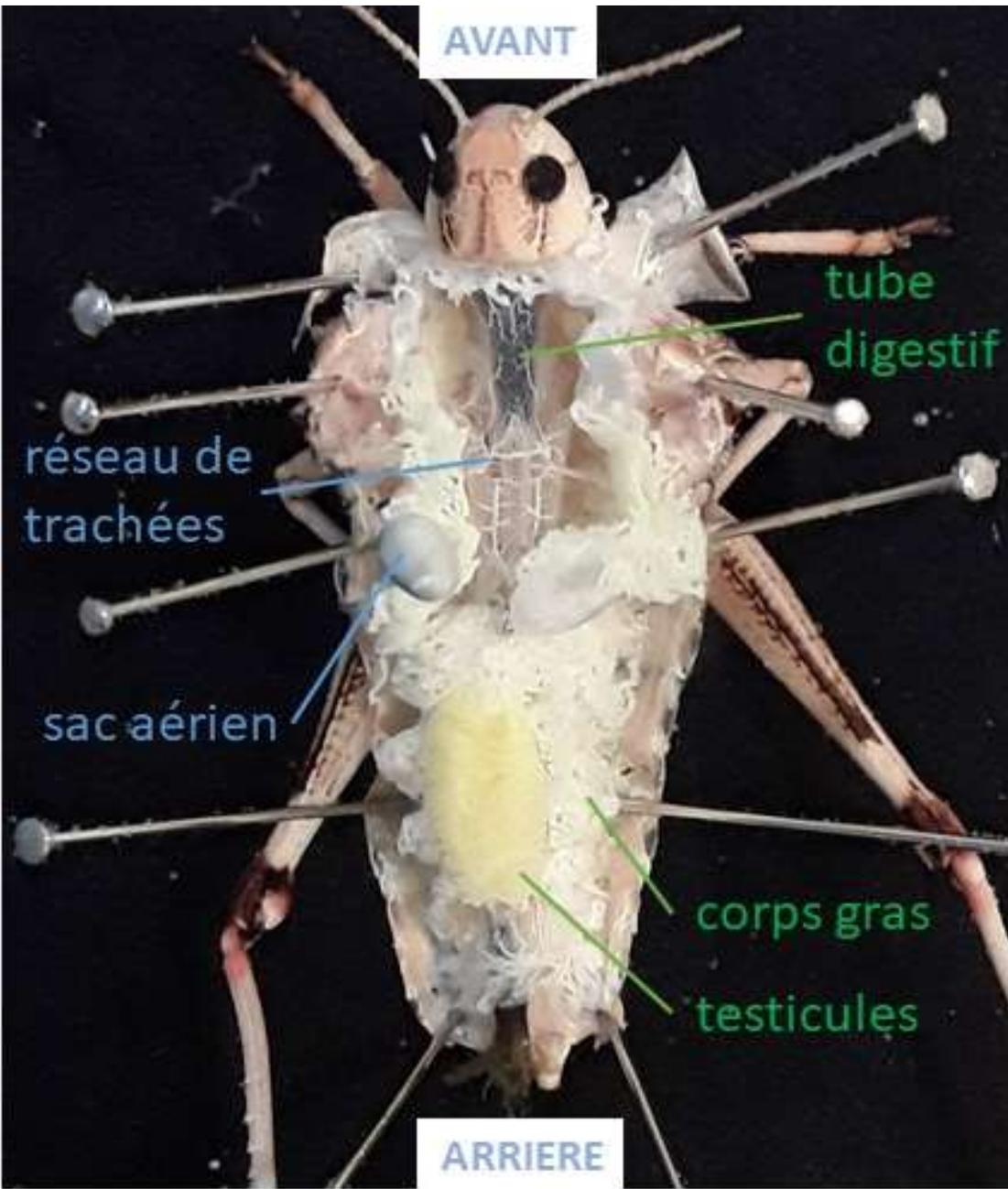
10 µm

Valves
d'occlusion

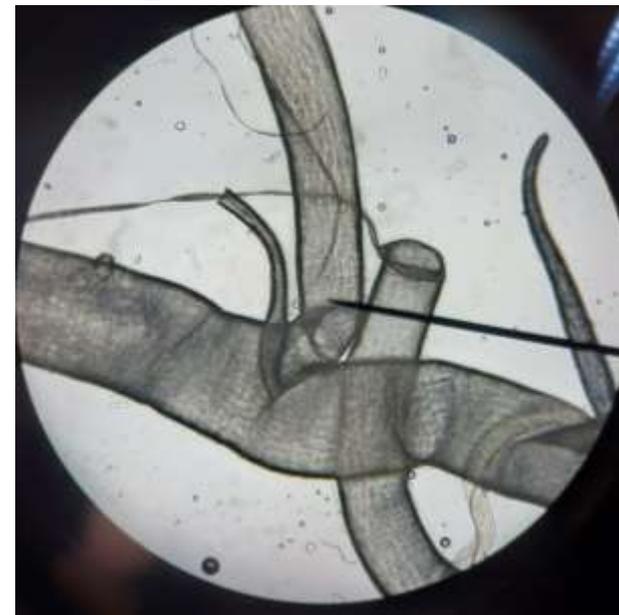
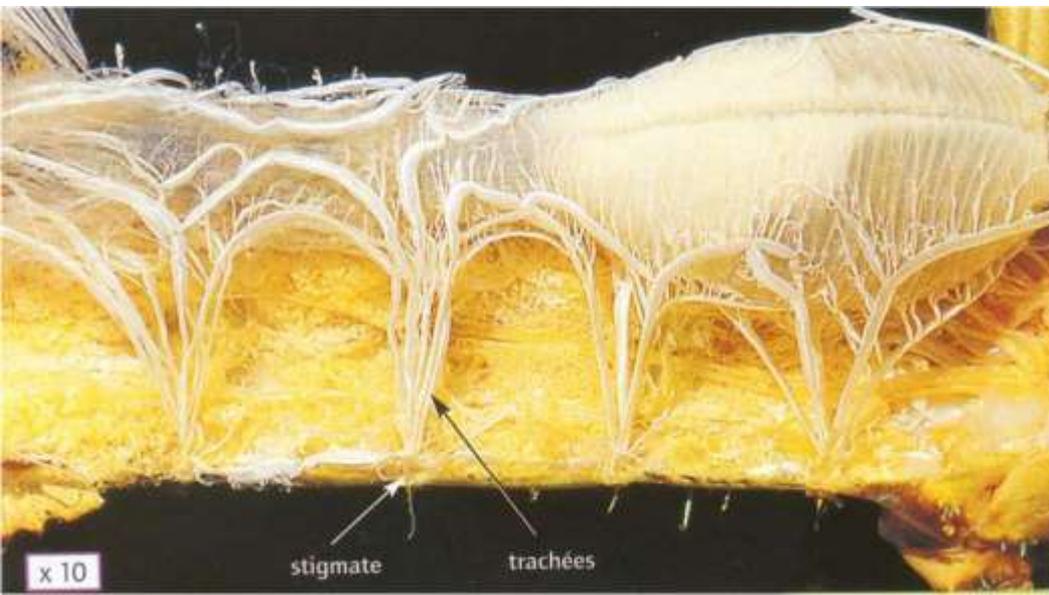
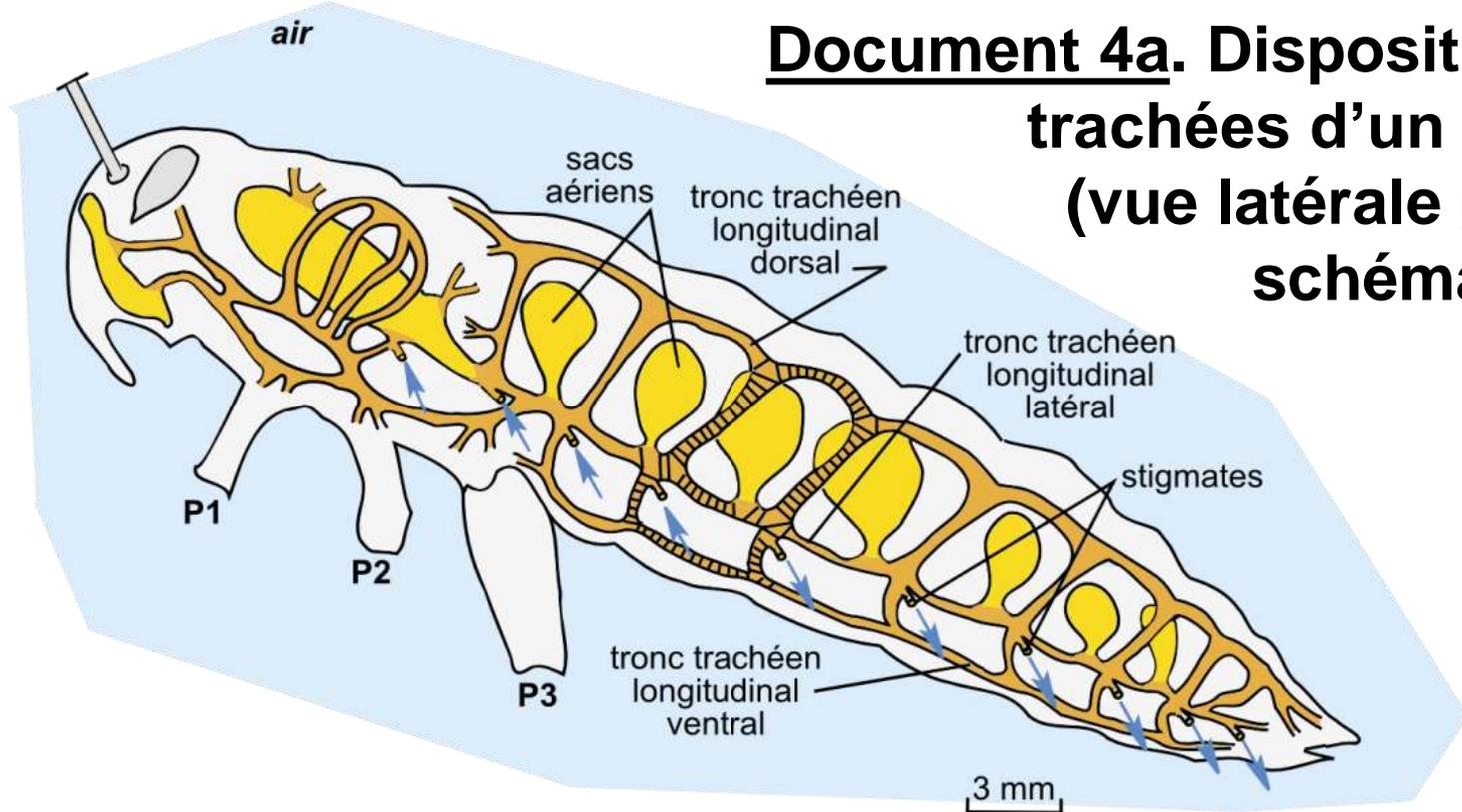
Les trachées observées en MO

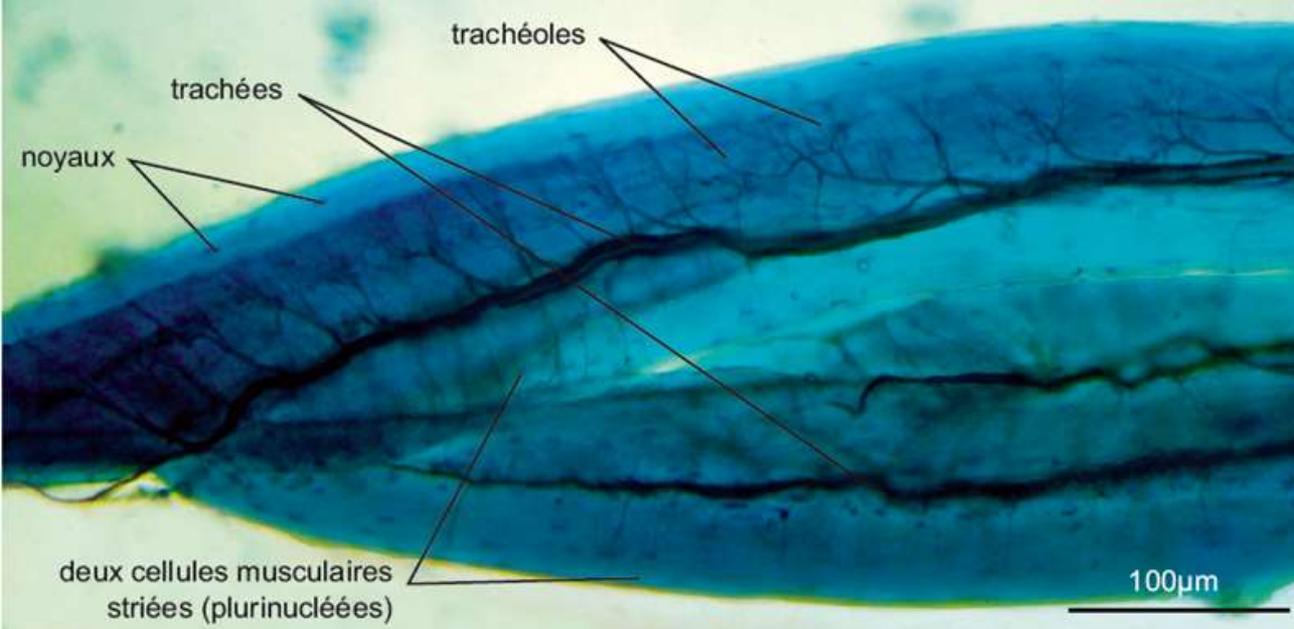


Observation des organes en place après ouverture médio-dorsale



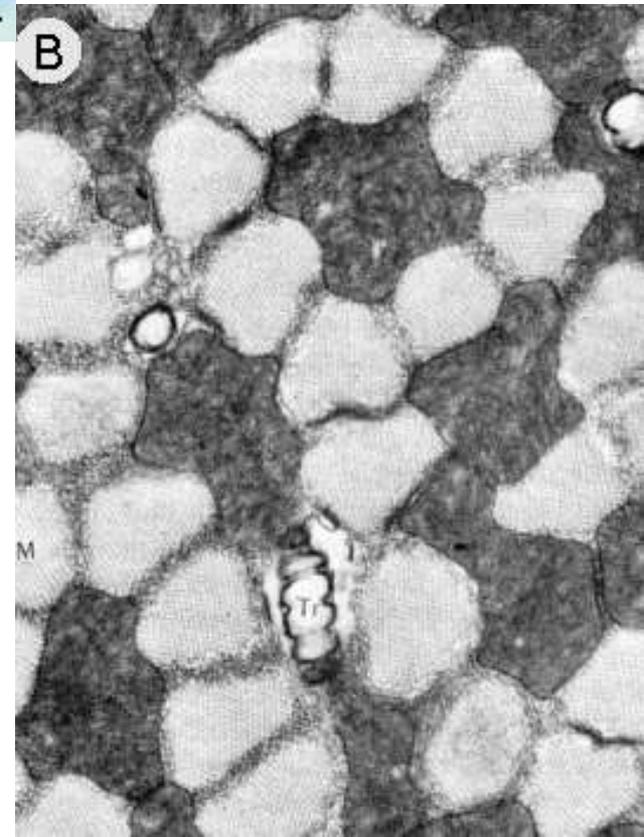
Document 4a. Disposition des trachées d'un insecte (vue latérale gauche schématique).



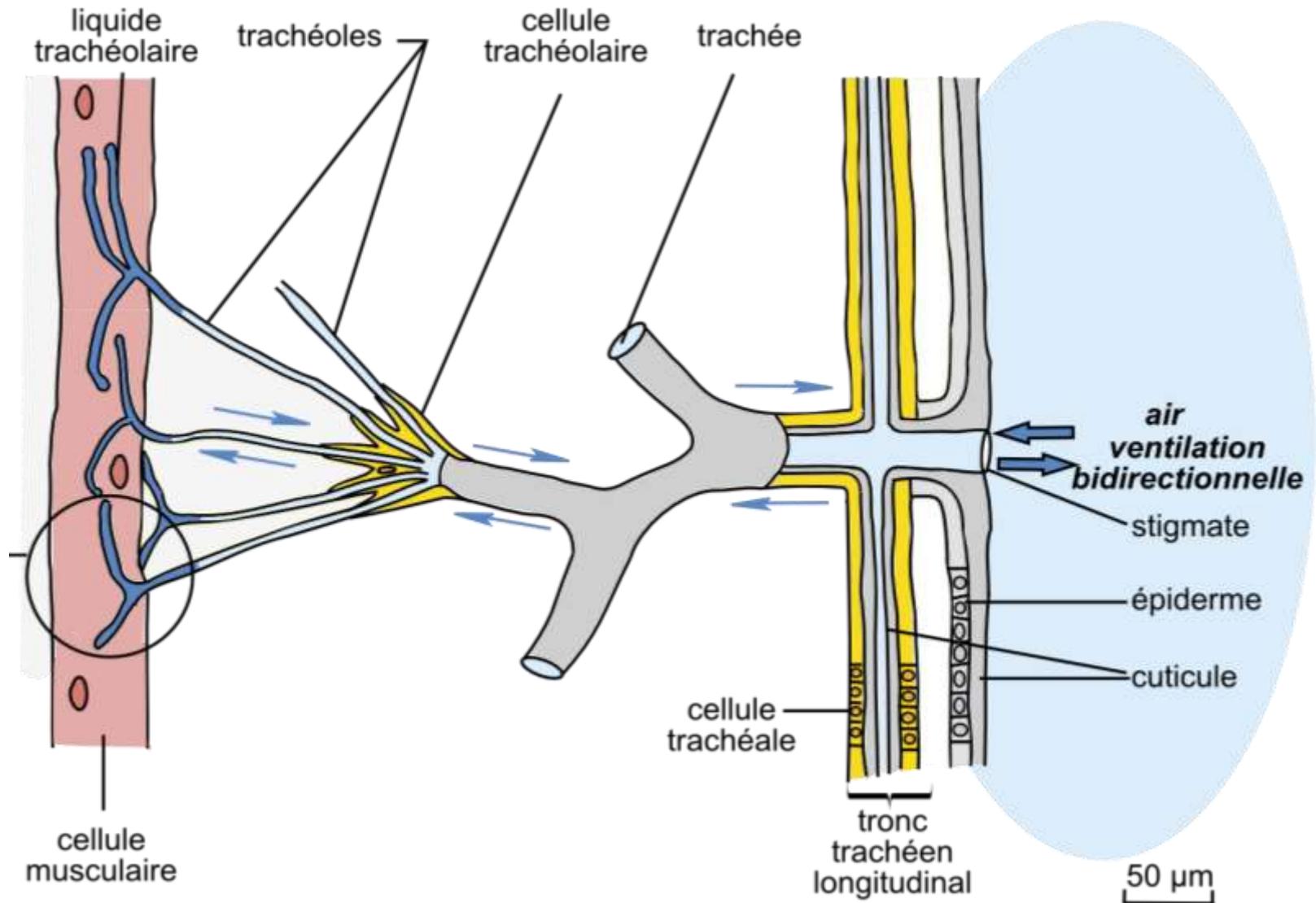


Système trachéen au contact de cellules musculaires striées (MO)

Coupe de muscle d'insecte (MET)



Document 4b. Des stigmates aux cellules.



Le flux de diffusion suit la première loi de Fick :

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

Avec :

F_x = flux du gaz x en mol.s⁻¹

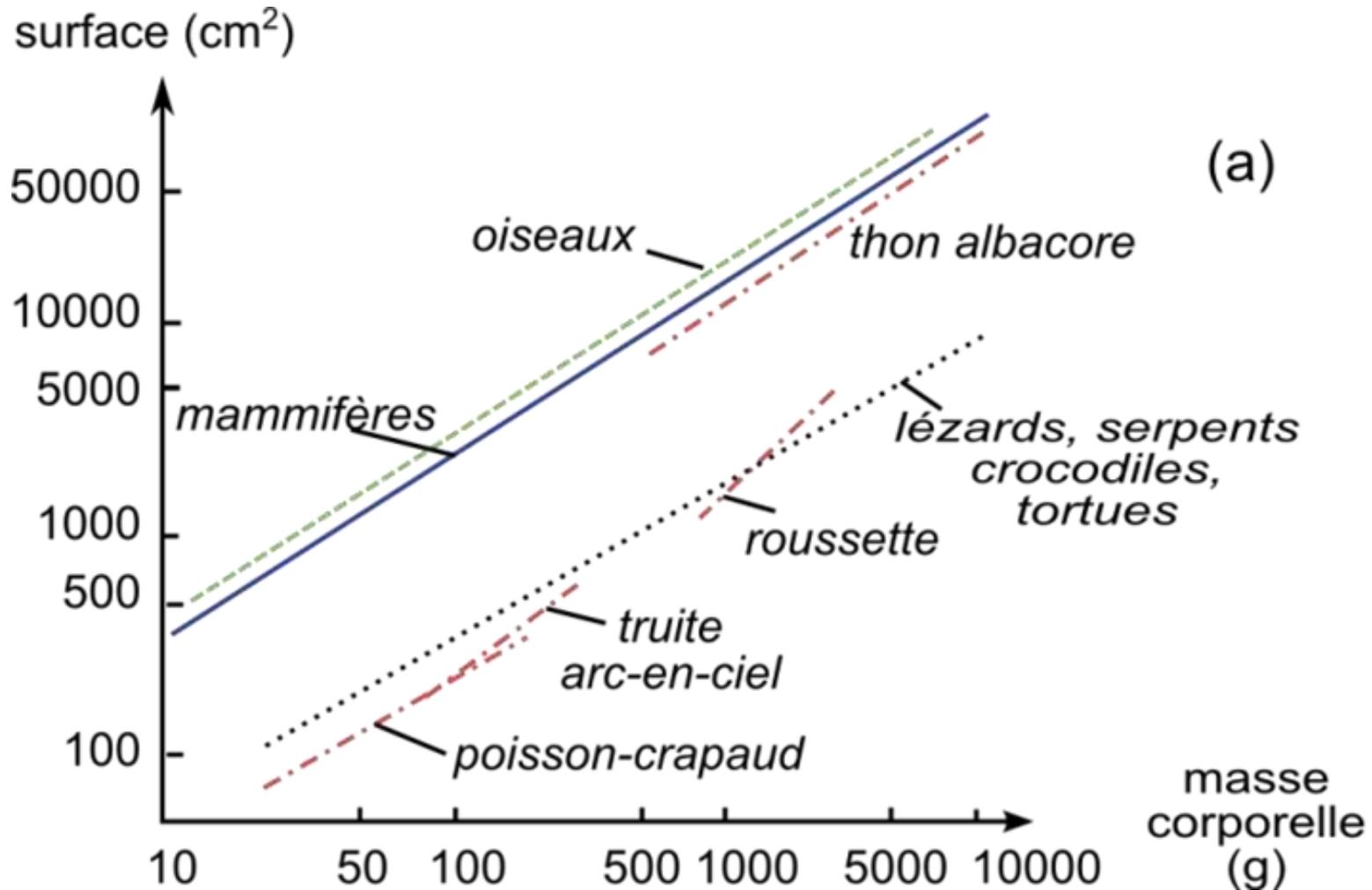
K_x = constante de diffusibilité du gaz x, en mol.s⁻¹ .m⁻¹ .Pa⁻¹

S = surface d'échange en m²

e = épaisseur de la barrière d'échange en m

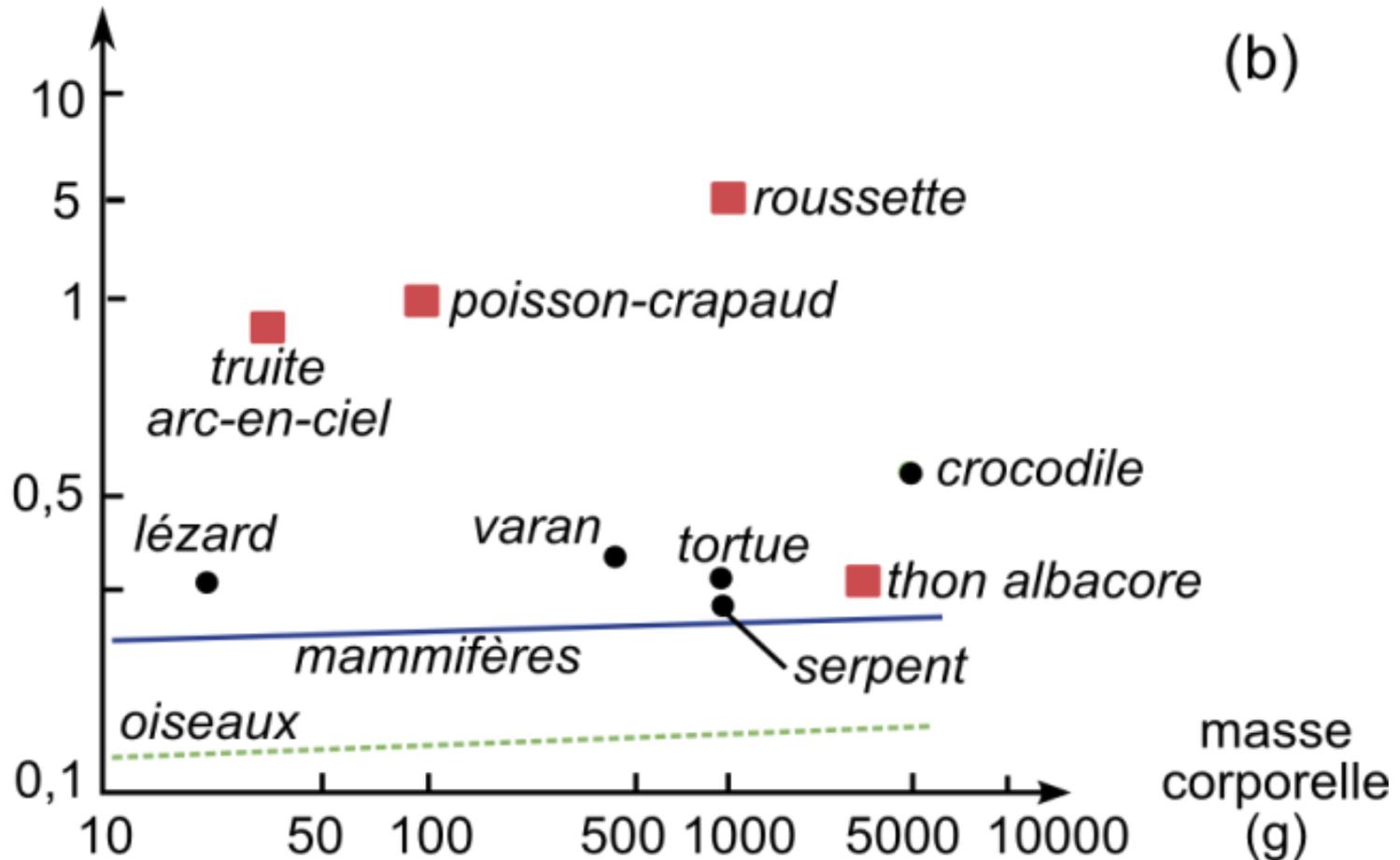
P_{xi} = pression partielle du gaz x dans le compartiment i en Pa

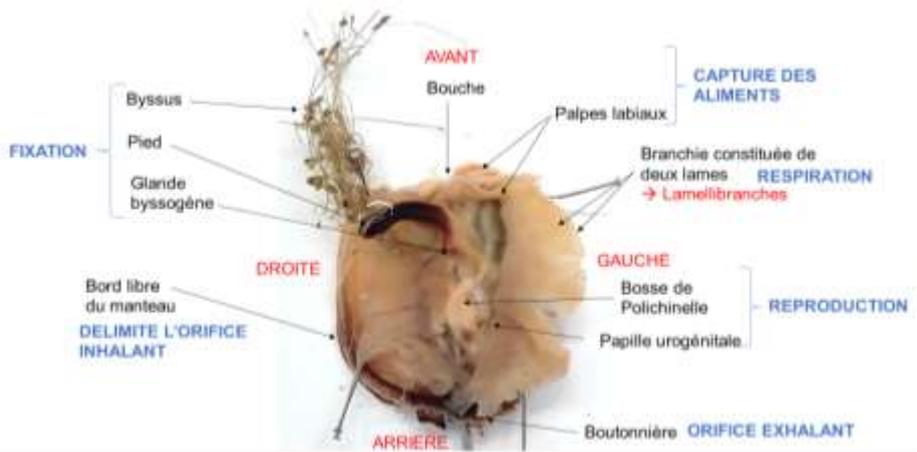
Document 5a. Relation entre surface de l'échangeur respiratoire et la masse corporelle chez des Vertébrés.



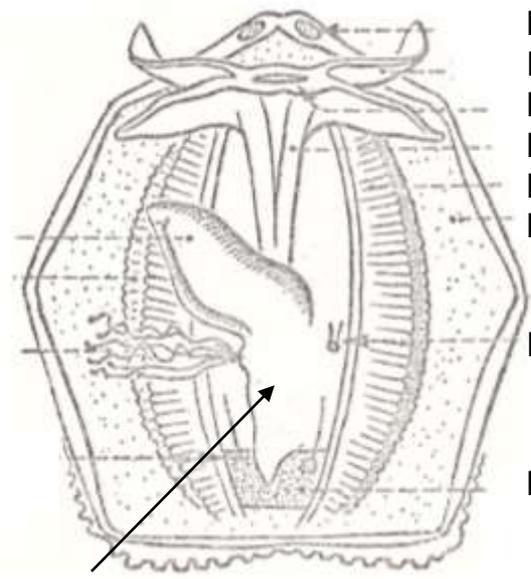
Document 5b. Relation entre épaisseur de l'échangeur respiratoire et la masse corporelle chez des Vertébrés.

épaisseur (μm)





Pied
 Branche
 Byssus
 Rein

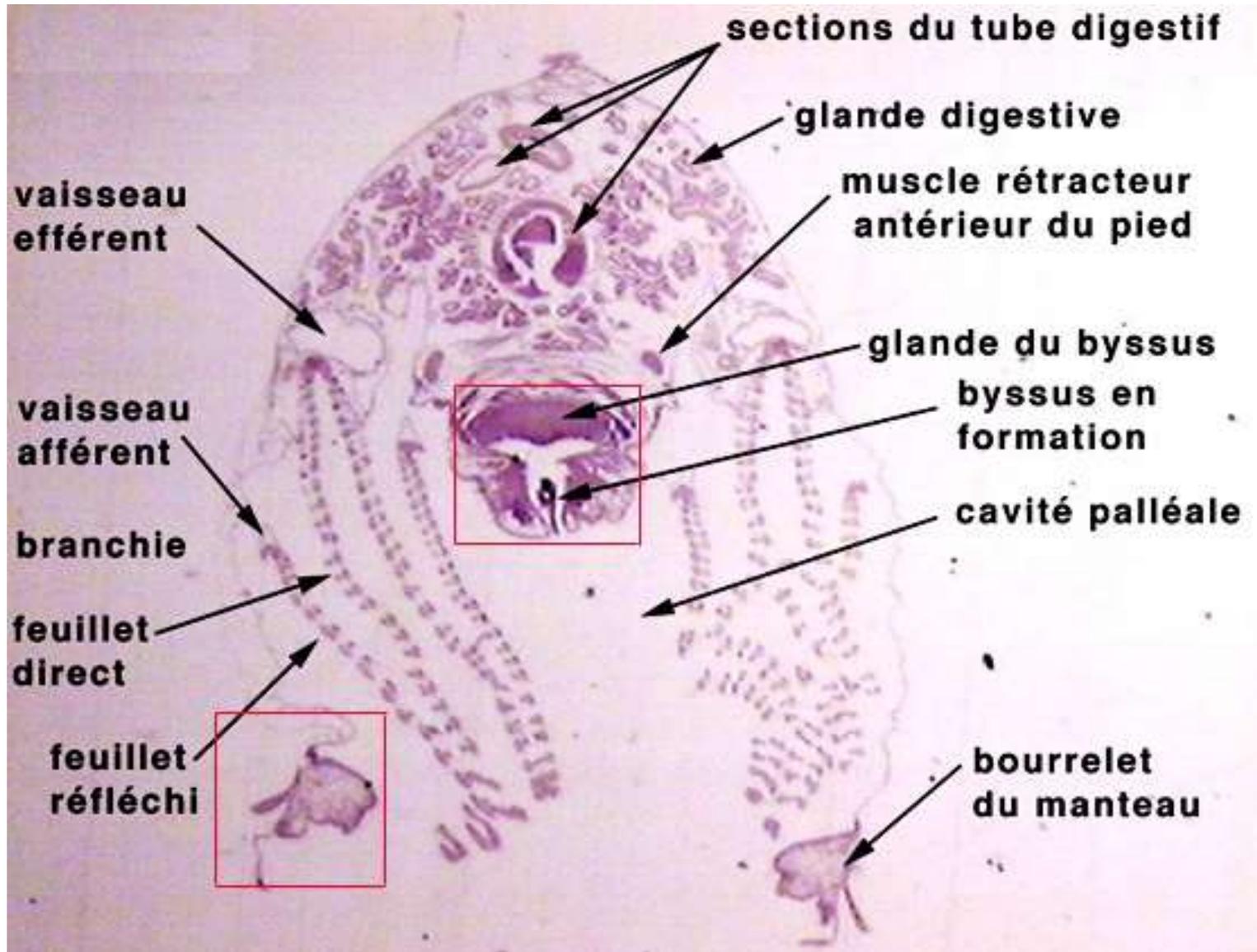


Bosse de Polichinelle
 (gonades)

Les organes en place dans la cavité palléale

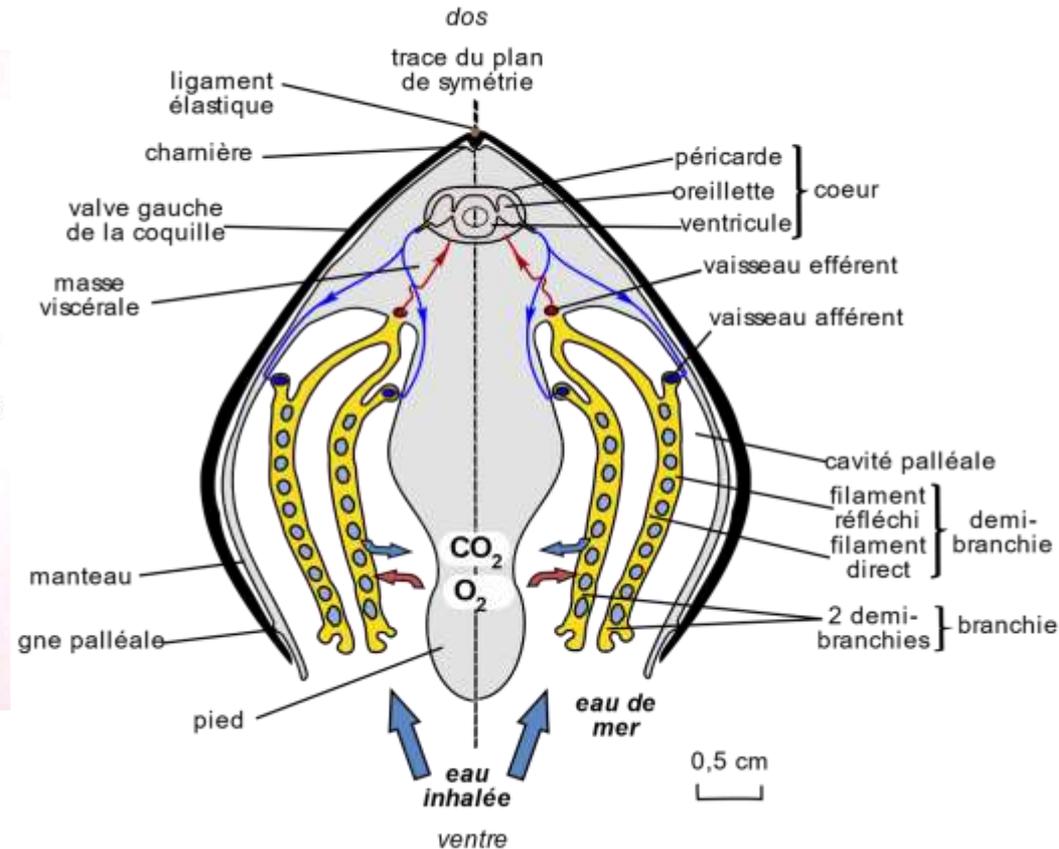
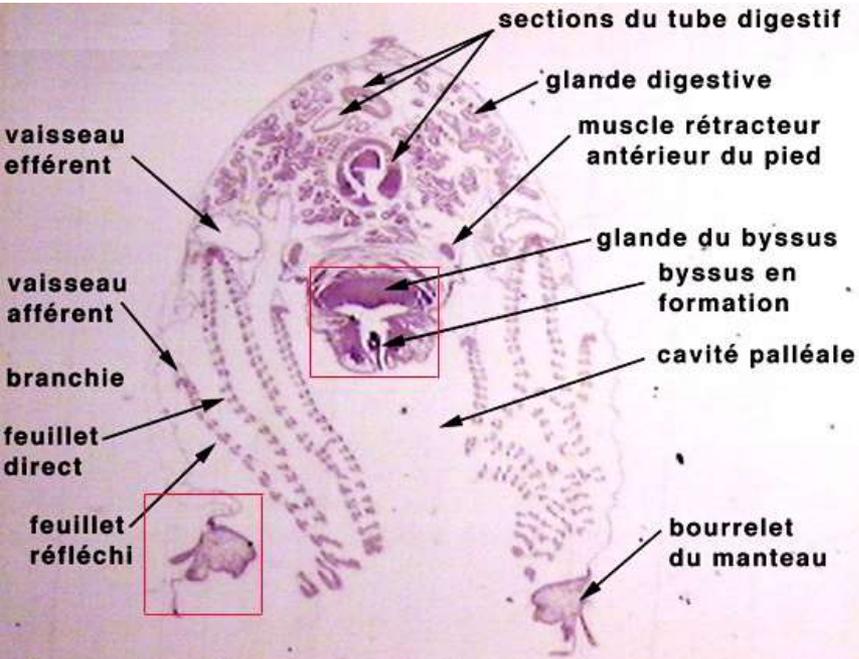
Coupe transversale d'une moule débarrassée de sa coquille

<http://nte-serveur.univ-lyon1.fr/nte/biologieanimale/boatp/mollusques/moule-ct1.html>



Document 6a. Coupe transversale schématisique de Moule : localisation des branchies.

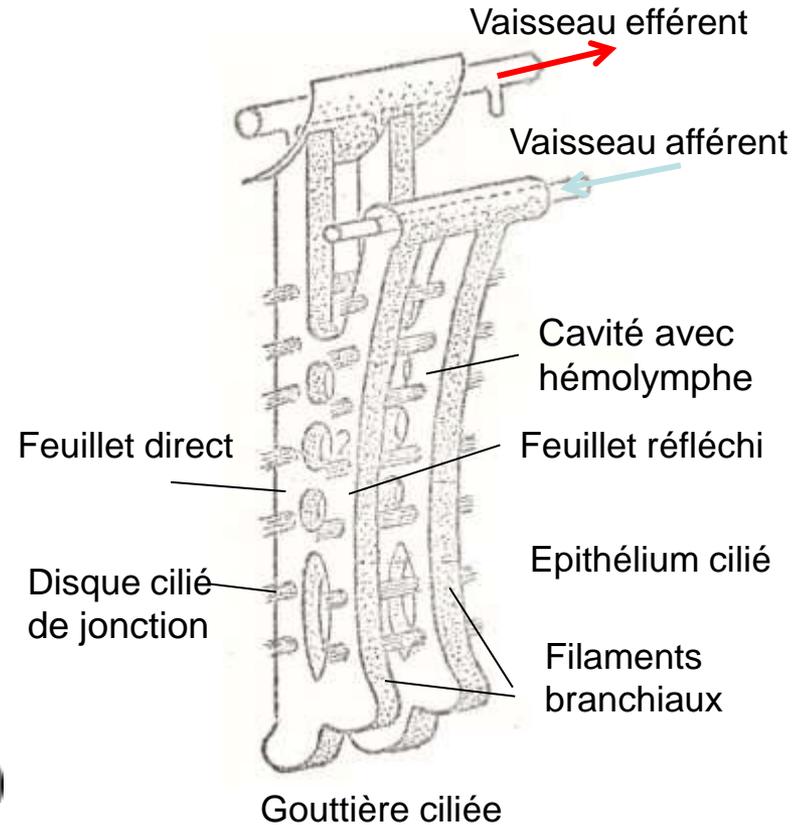
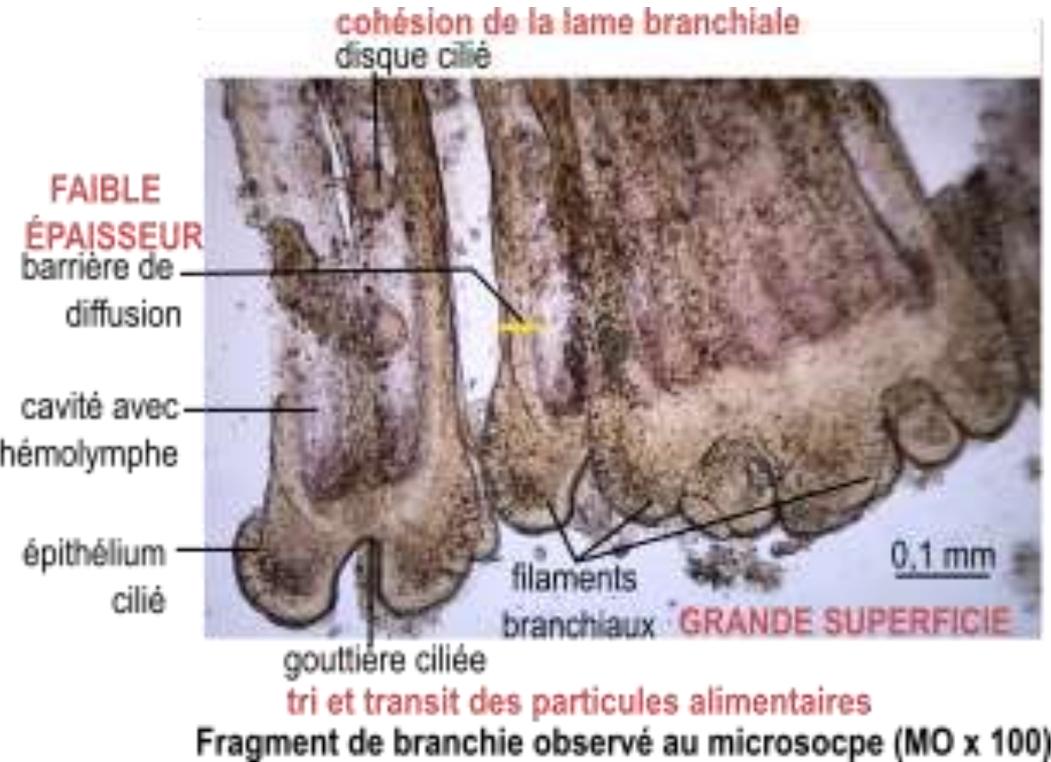
Coupe transversale d'une moule
débarassée de sa coquille



[http://nte-serveur.univ-](http://nte-serveur.univ-lyon1.fr/nte/biologieanimale/boatp/mollusques/moulect1.html)

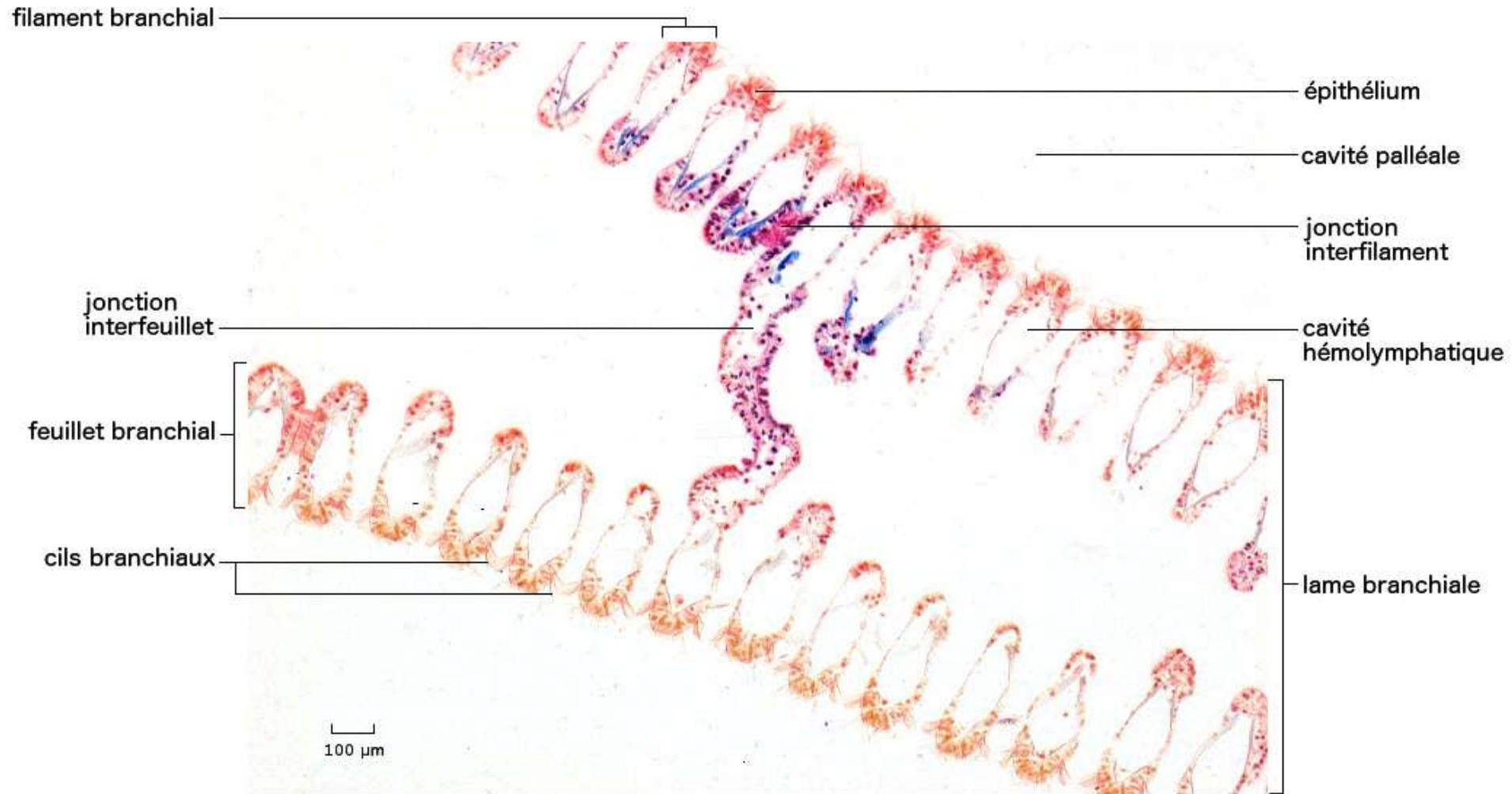
[lyon1.fr/nte/biologieanimale/boatp/mollusques/moulect1.html](http://nte-serveur.univ-lyon1.fr/nte/biologieanimale/boatp/mollusques/moulect1.html)

Observation microscopique d'un fragment de branchie



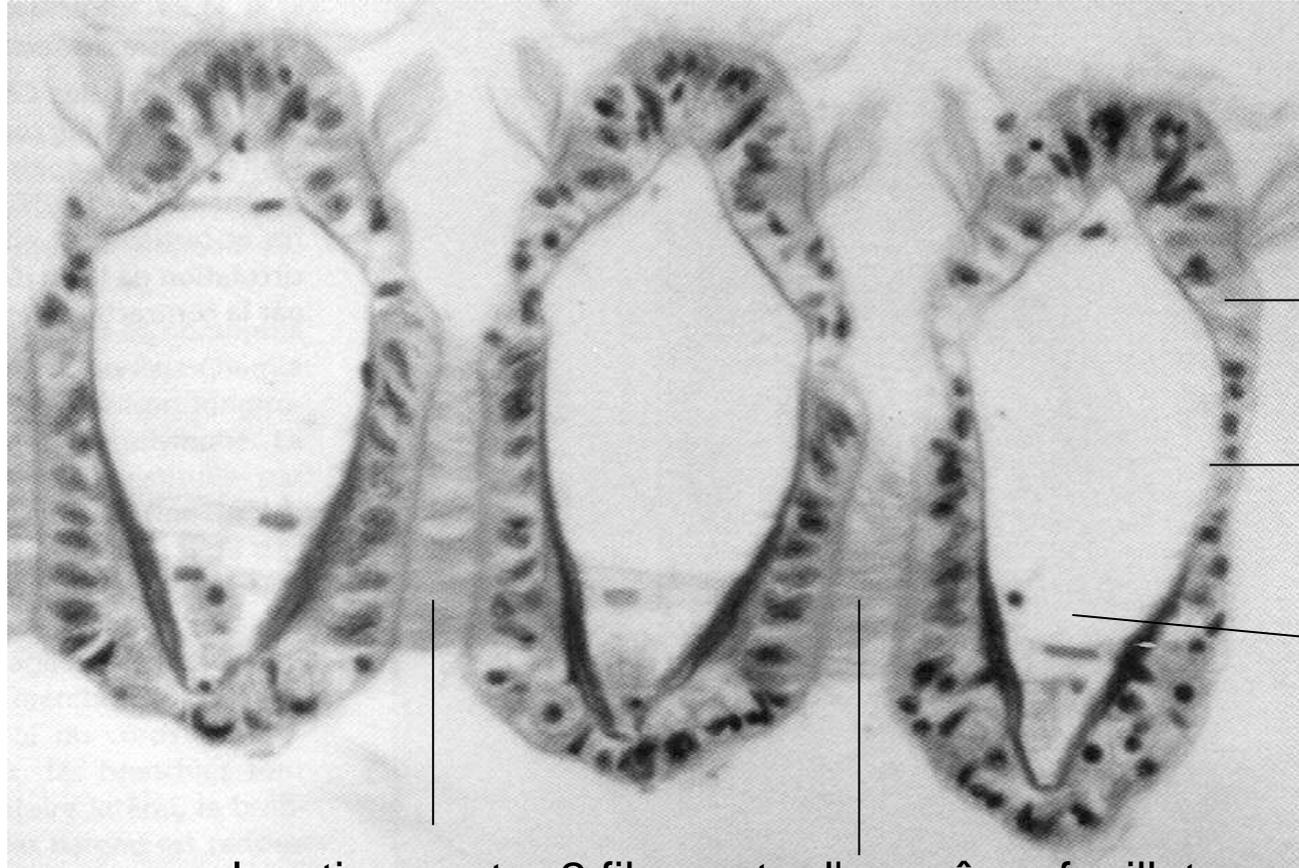
Organisation d'une lame branchiale

Coupe transversale d'une portion de branchie de Moule observée en MO



Coupe transversale de branchie de moule (détail)

Heusser S. & Dupuy H.G. Atlas de biologie animale (tome 2) p 51



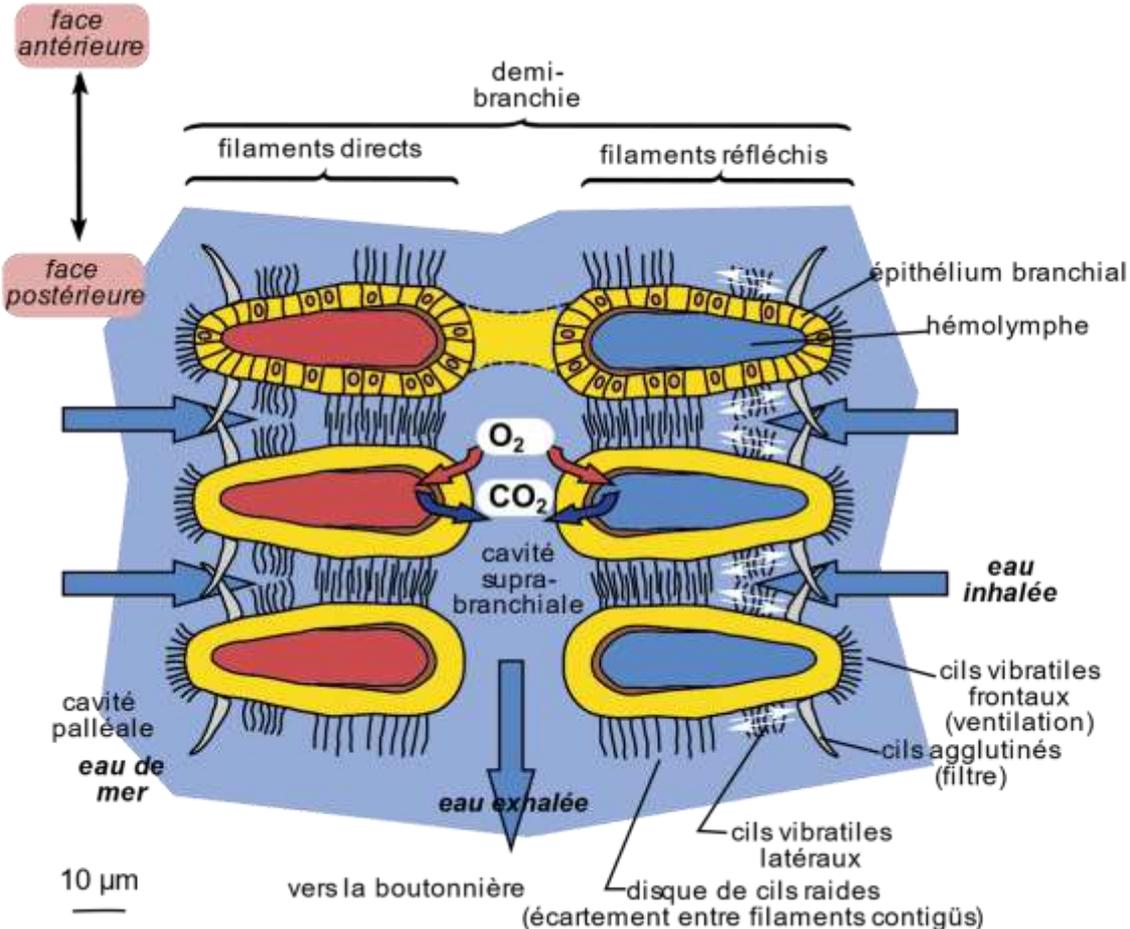
Épithélium cilié

Lame basale

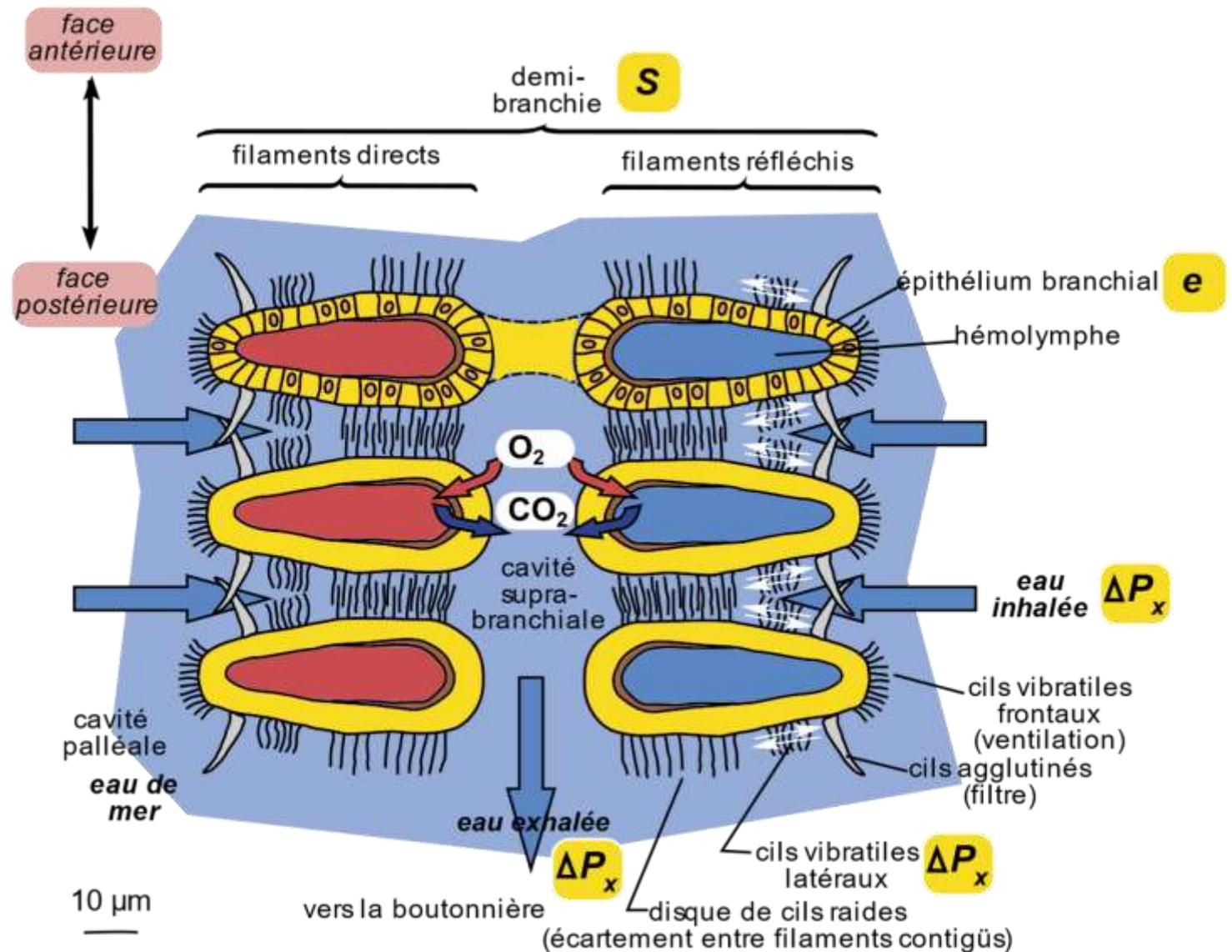
Sinus sanguin

Jonctions entre 2 filaments d'un même feuillet

Document 6b. Coupe transversale schématique d'une portion de branchie de Moule.



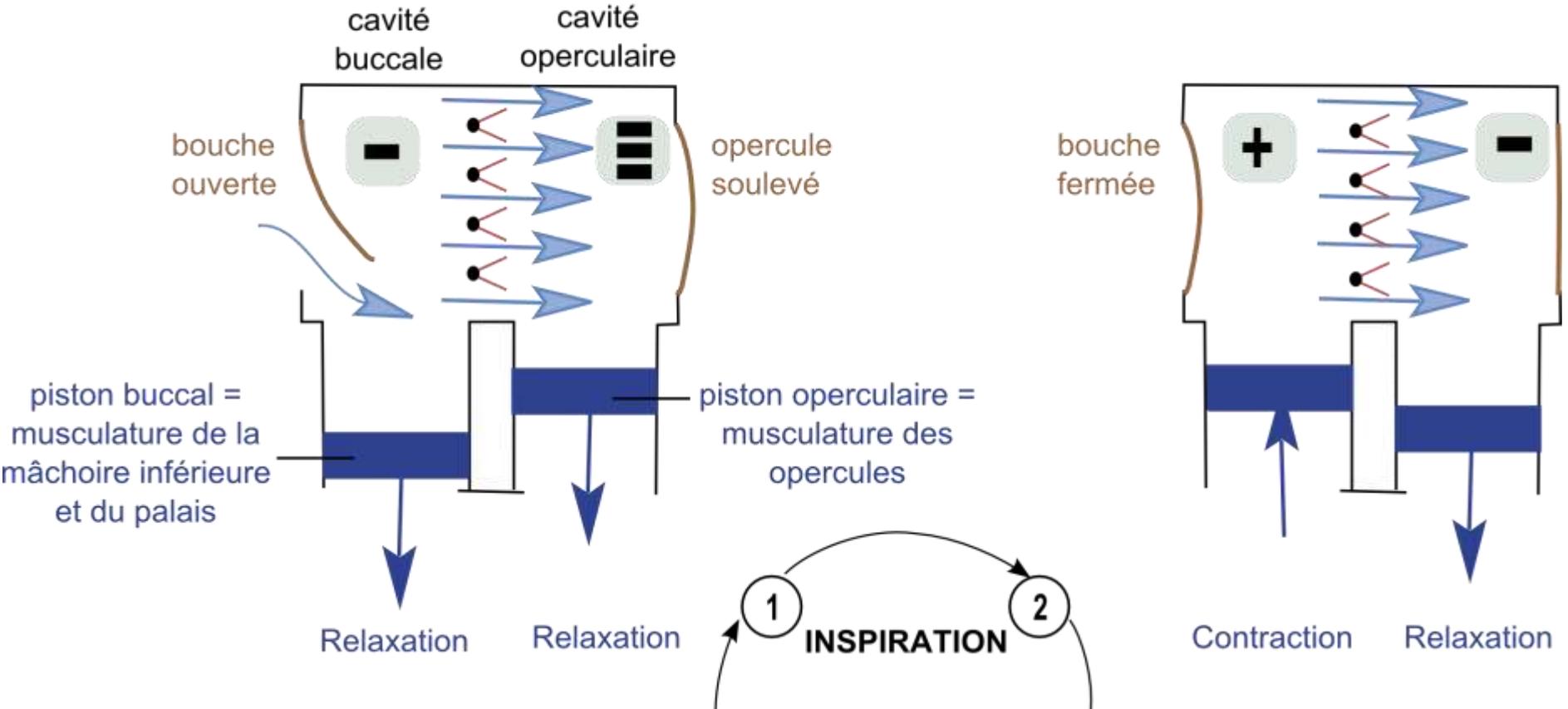
Document 6b. Coupe transversale schématique d'une portion de branchie de Moule.



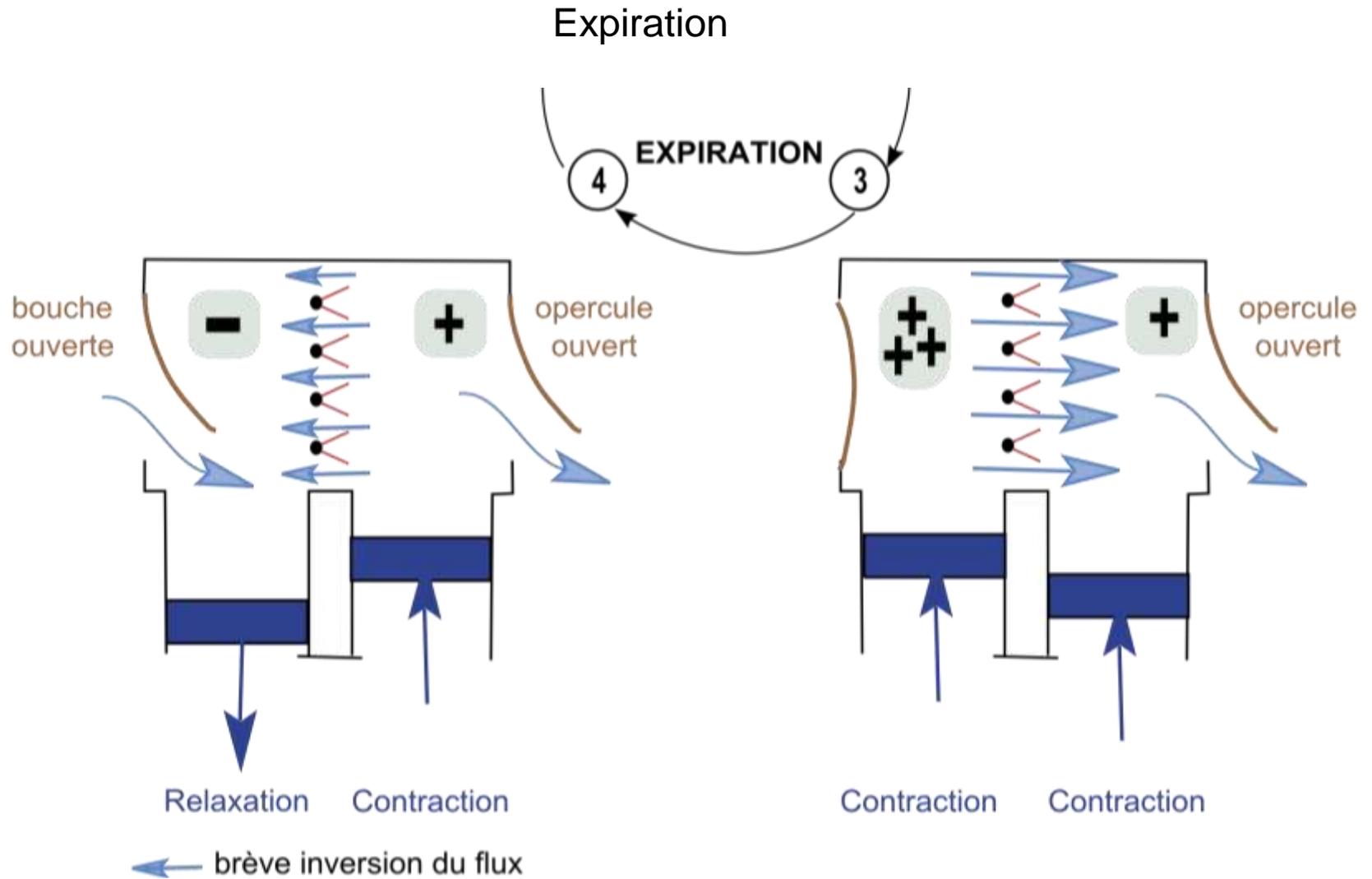
Document 7. Ventilation branchiale chez les Téléostéens.



Inspiration



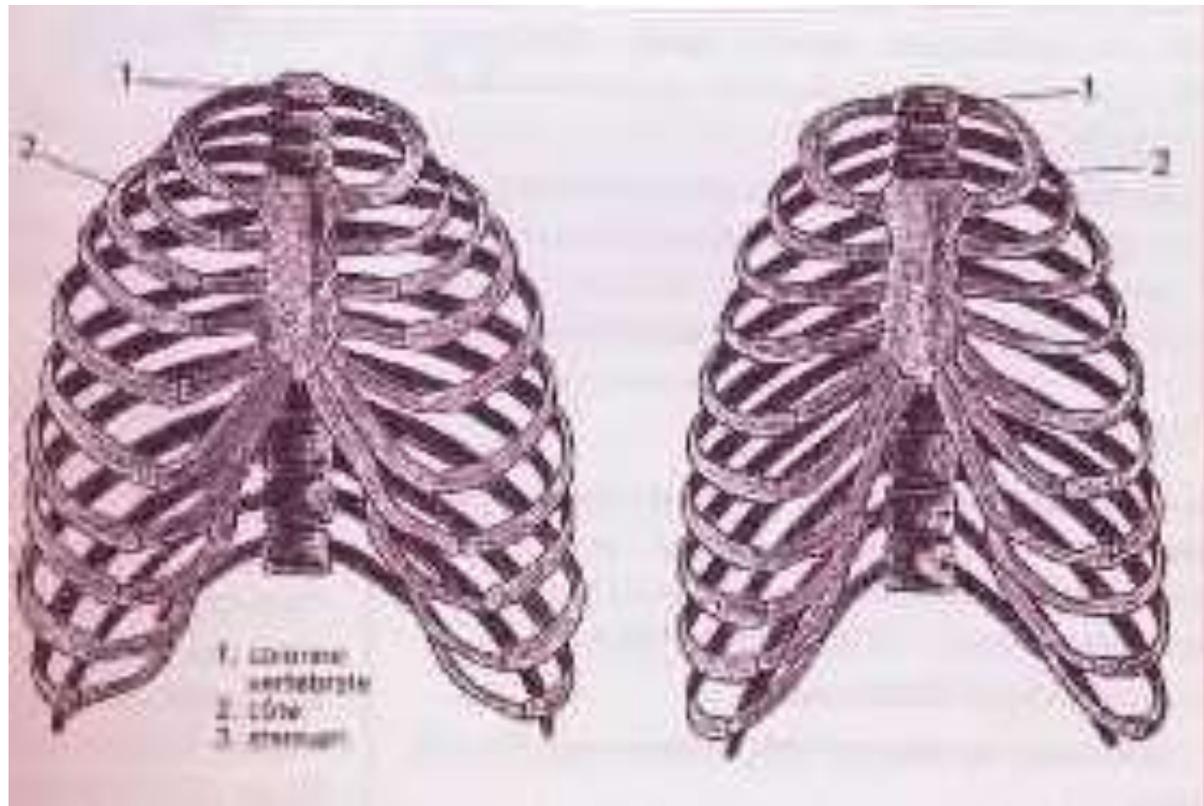
Document 7. Ventilation branchiale chez les Téléostéens.



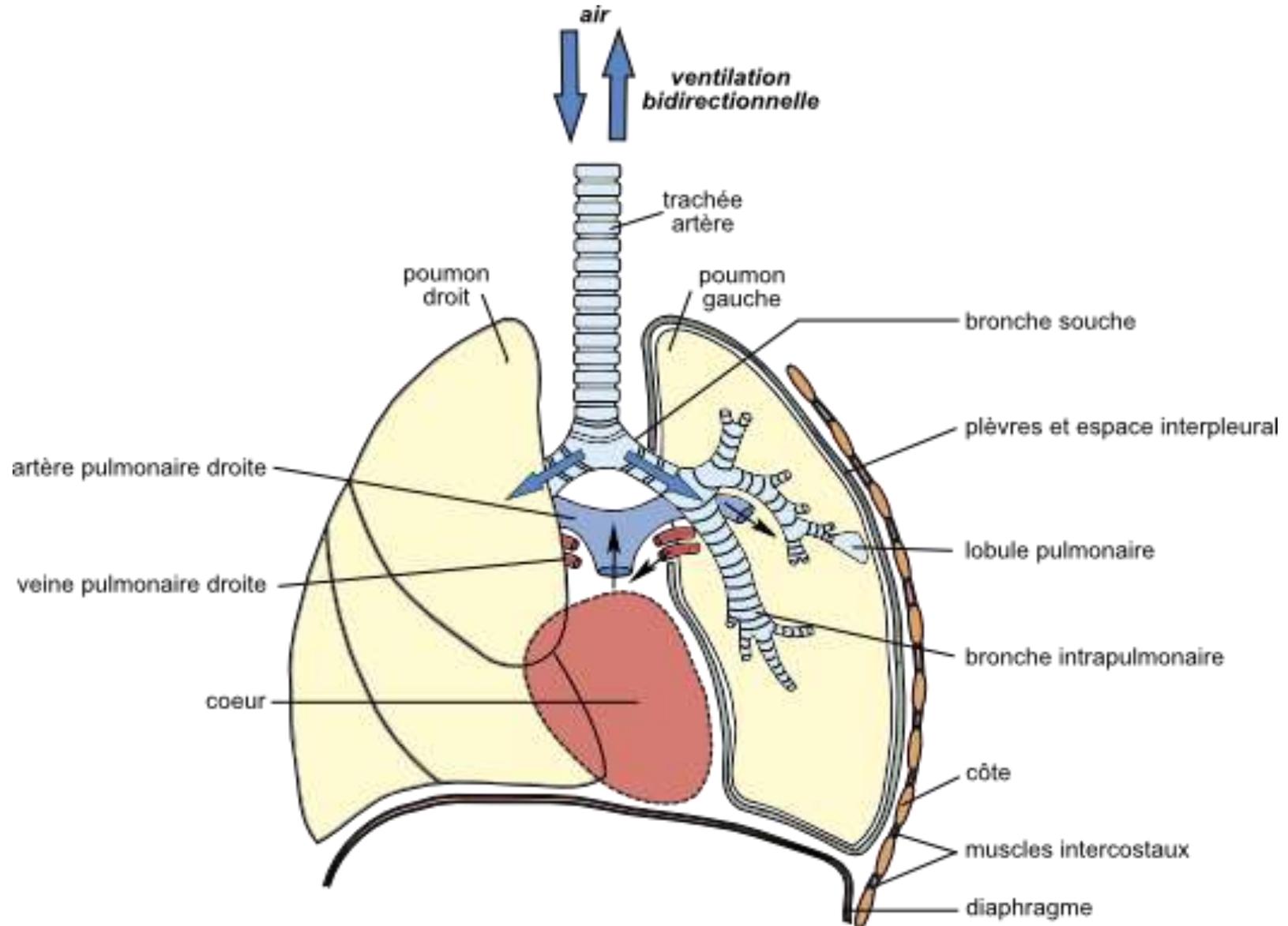
Variations de volume de la cage thoracique lors de la ventilation pulmonaire

Inspiration

Expiration

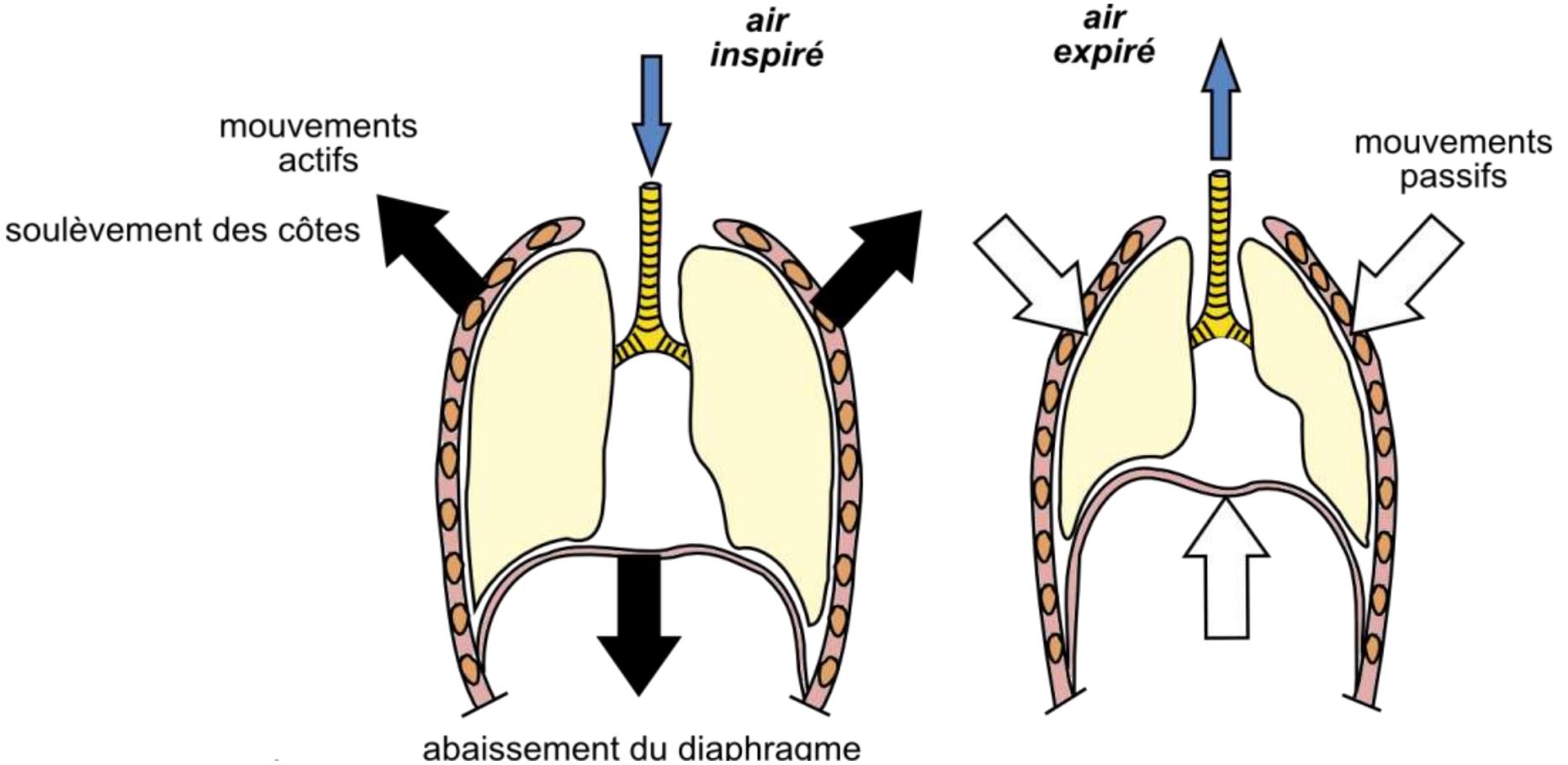


Document 3a. Vue interne, de face, des voies aériennes thoraciques et des poumons chez un Mammifère.



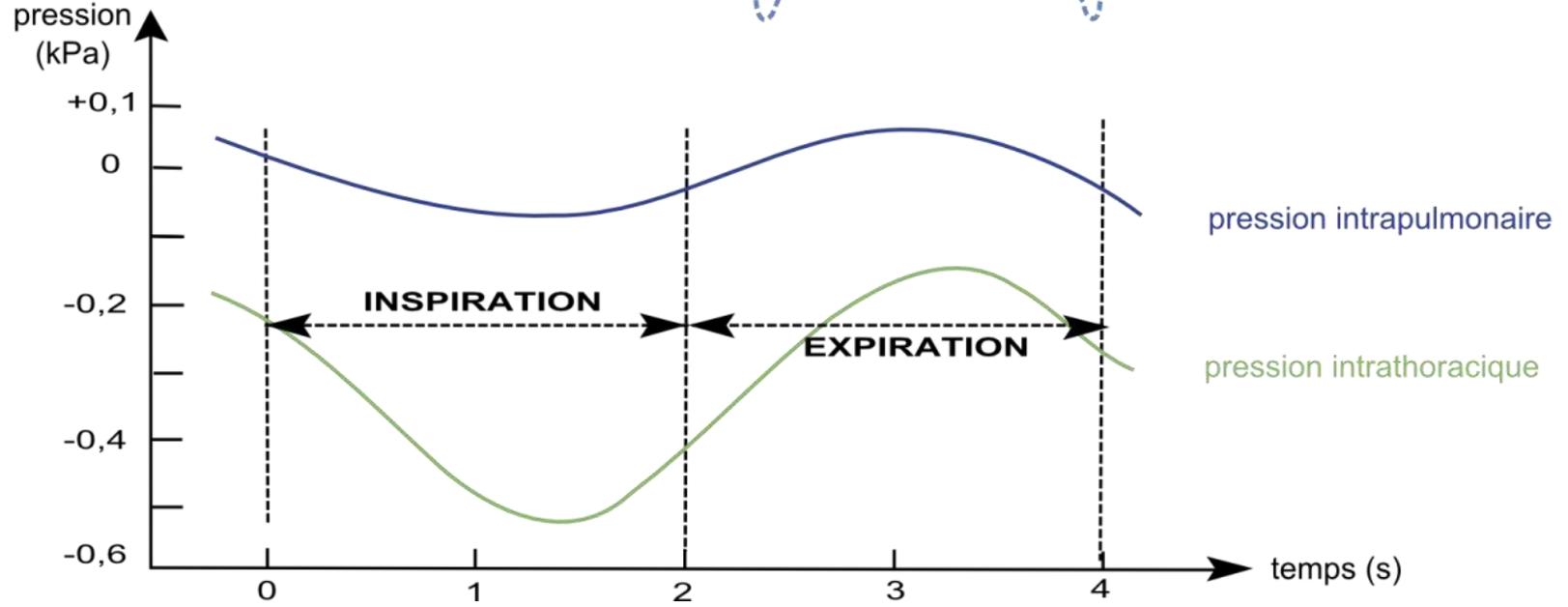
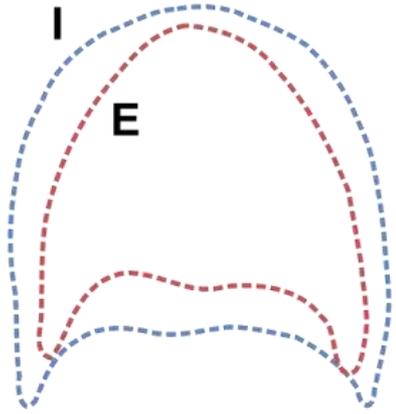
Document 8. Ventilation pulmonaire chez les Mammifères

(ex. de l'Homme).

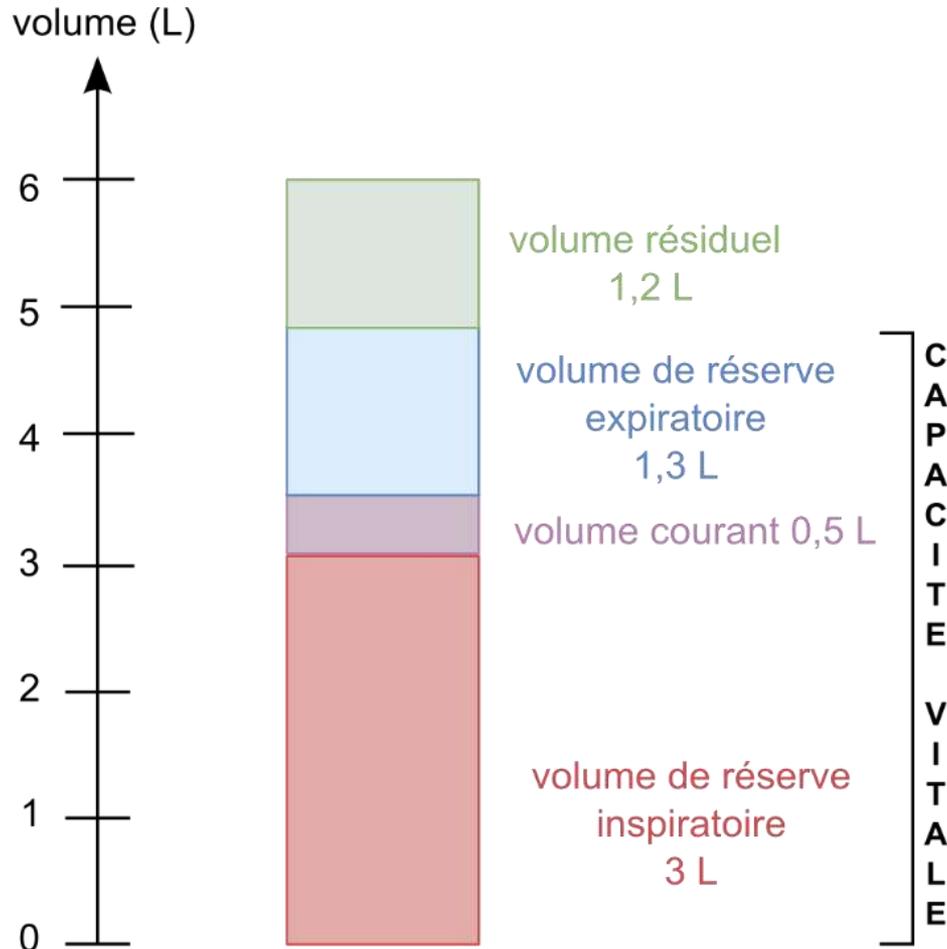


Document 8. Ventilation pulmonaire chez les Mammifères (ex.de l'Homme).

enveloppes de lacage thoracique:
en inspiration (I)
en expiration (E)



Document 9. Les volumes respiratoires (ex.de l'Homme).



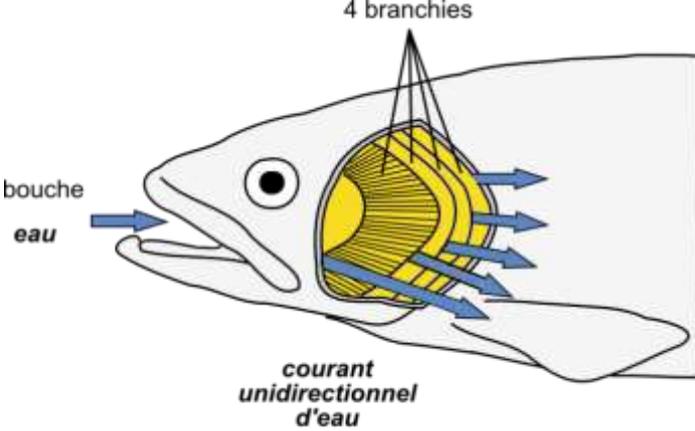
Volume courant (VC) : Volume d'air mobilisé à chaque cycle respiratoire, pendant une expiration ou une inspiration normale (non forcée).

Volume de réserve inspiratoire (VRI) : Volume d'air pouvant être inspiré au-delà du volume courant pendant une inspiration profonde (forcée).

Volume de réserve expiratoire (VRE) : Volume d'air supplémentaire pouvant être expiré lors d'une expiration forcée.

VR = volume résiduel = volume impossible à expirer.

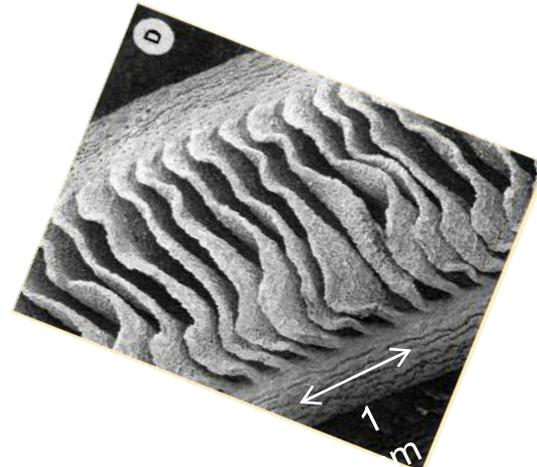
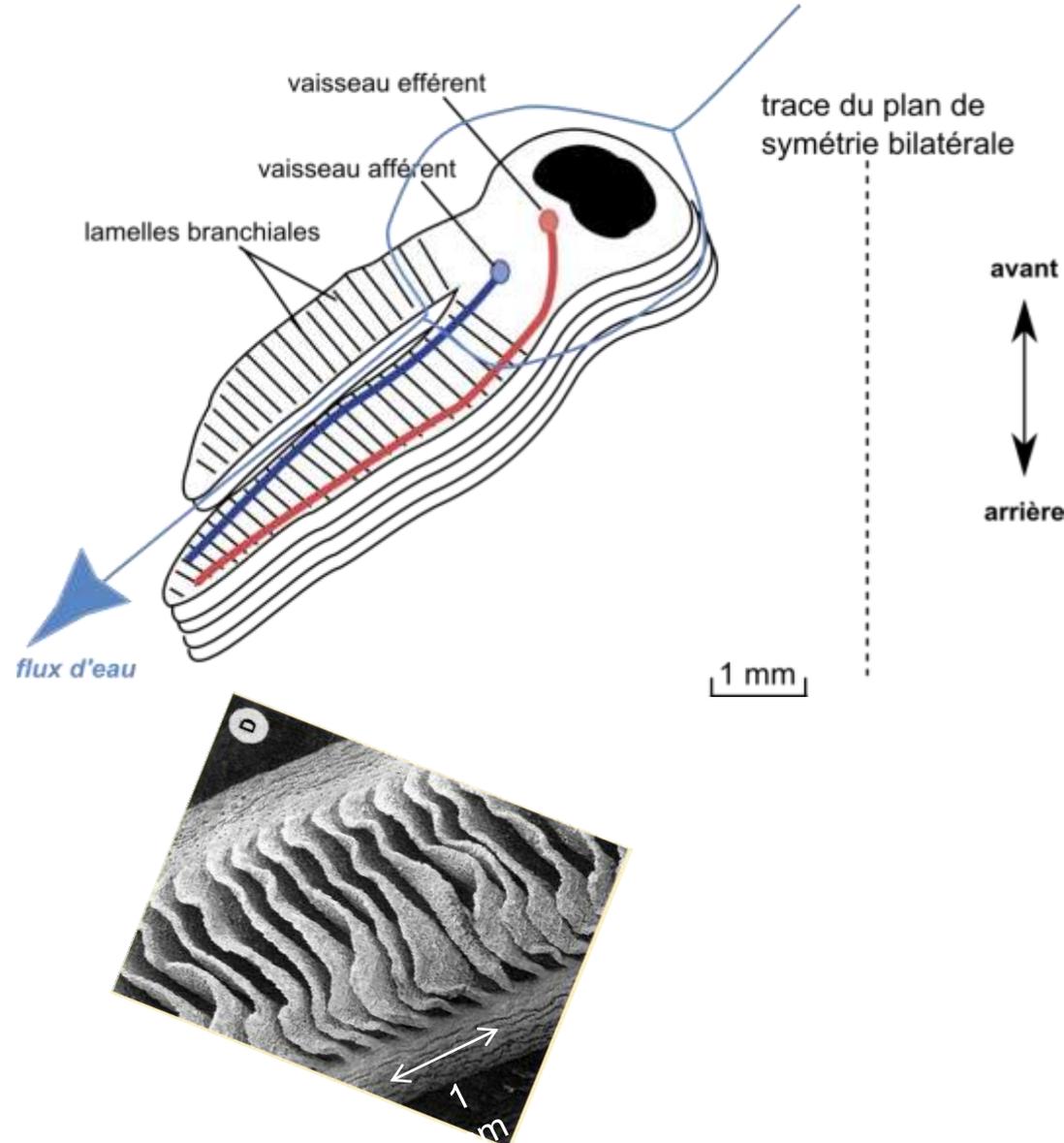
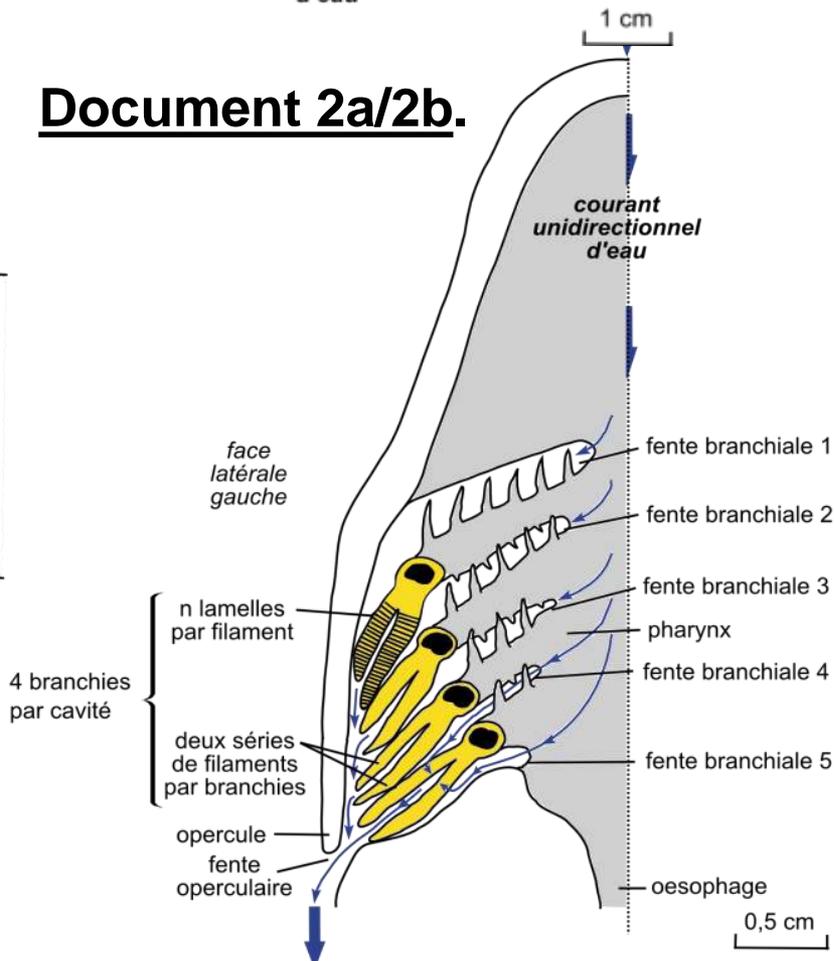
$$\text{Capacité vitale CV} = \text{VC} + \text{VRE} + \text{VRI}$$



Document 10. Circulation à contre-courant dans la branchie d'un Téléostéen

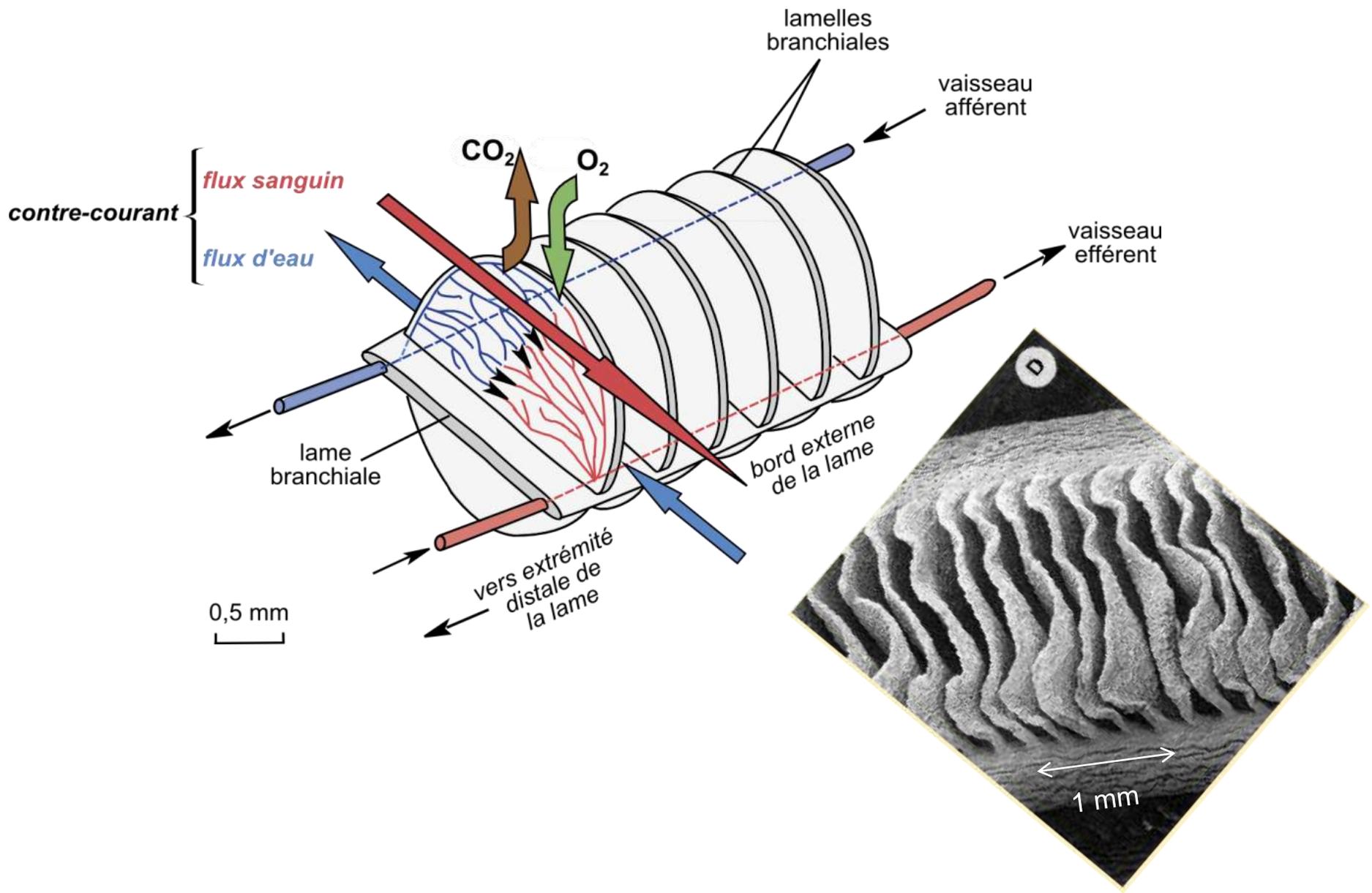
a) Circulation des fluides interne et externe au niveau d'une branchie.

Document 2a/2b.

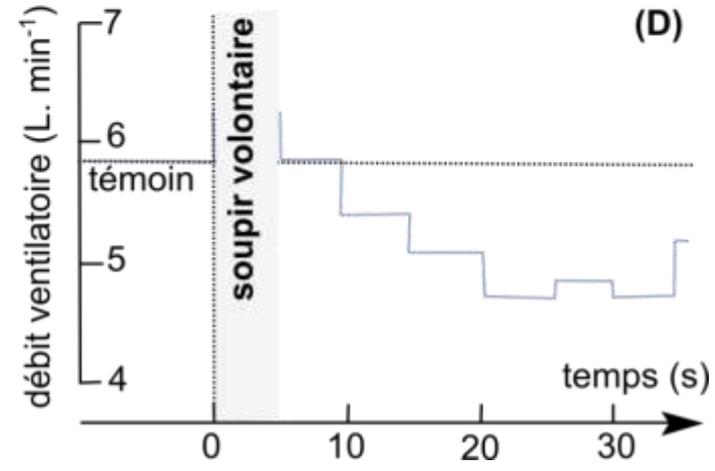
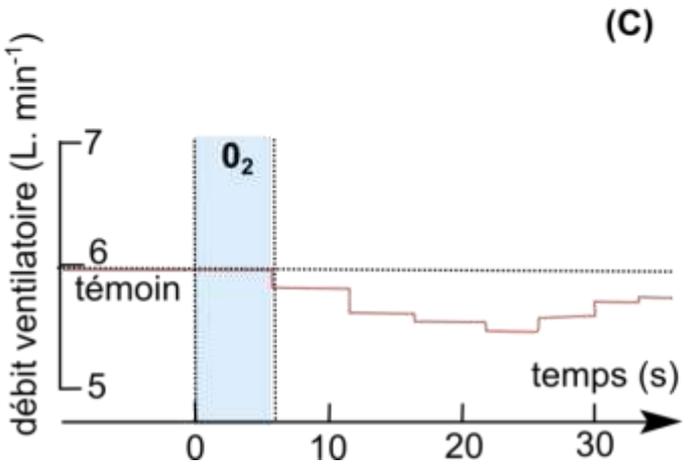
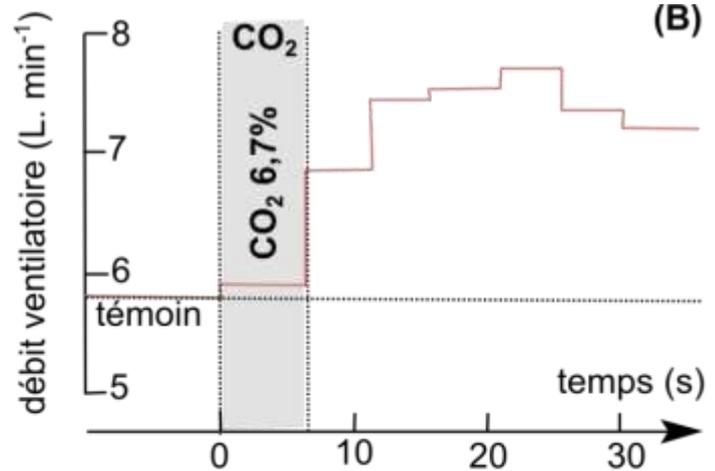
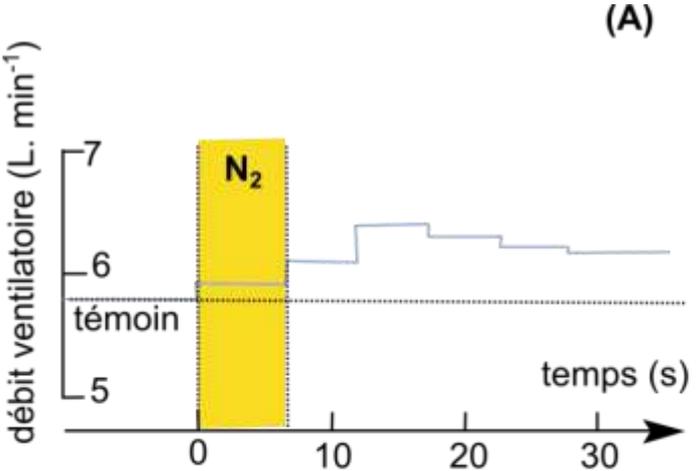


Document 10. Circulation à contre-courant dans la branchie d'un Téléostéen

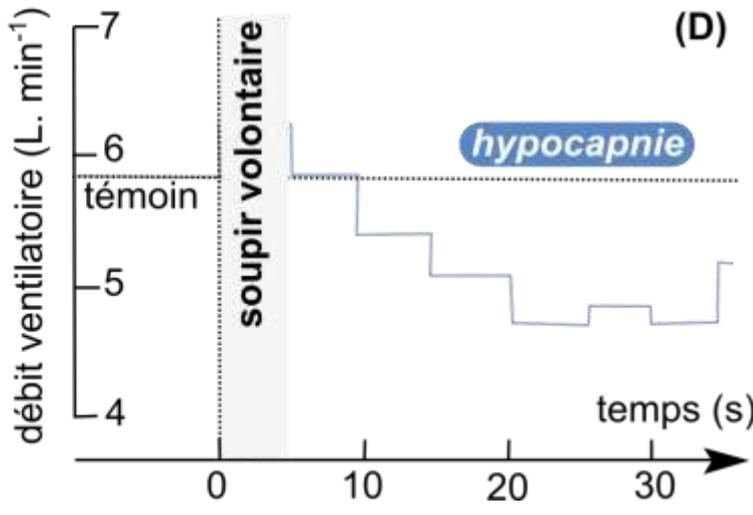
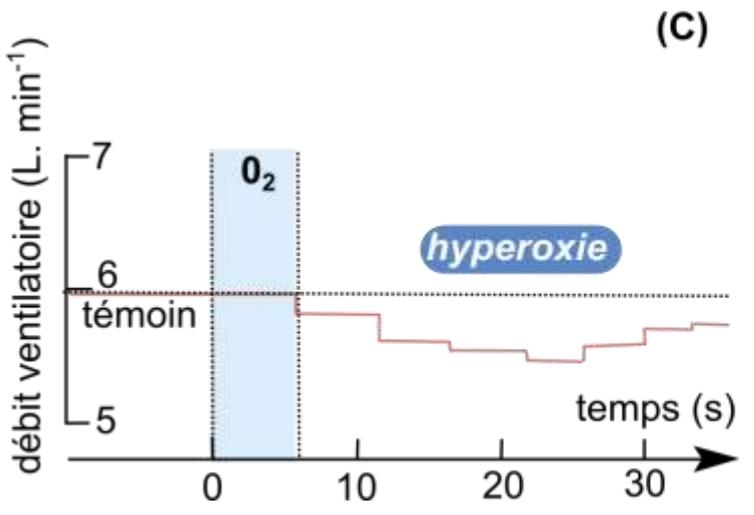
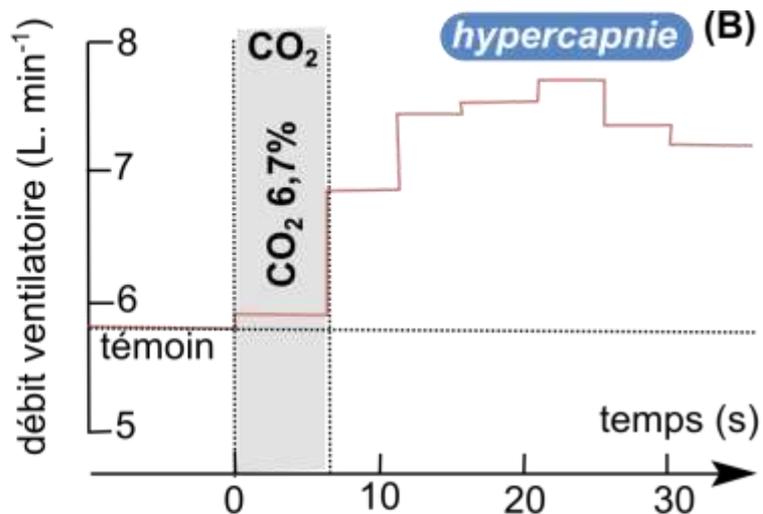
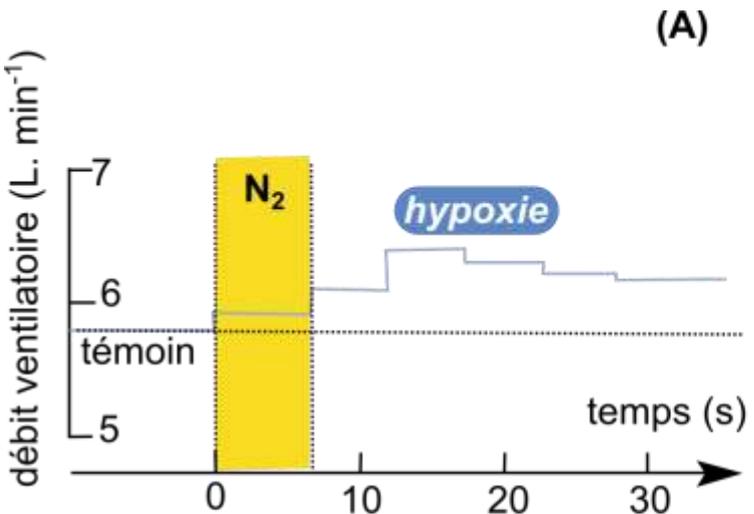
b. Détail du contre-courant à travers les lamelles branchiales.



Document 11. Modulation de la ventilation chez l'homme en fonction de la composition de l'air inspiré.

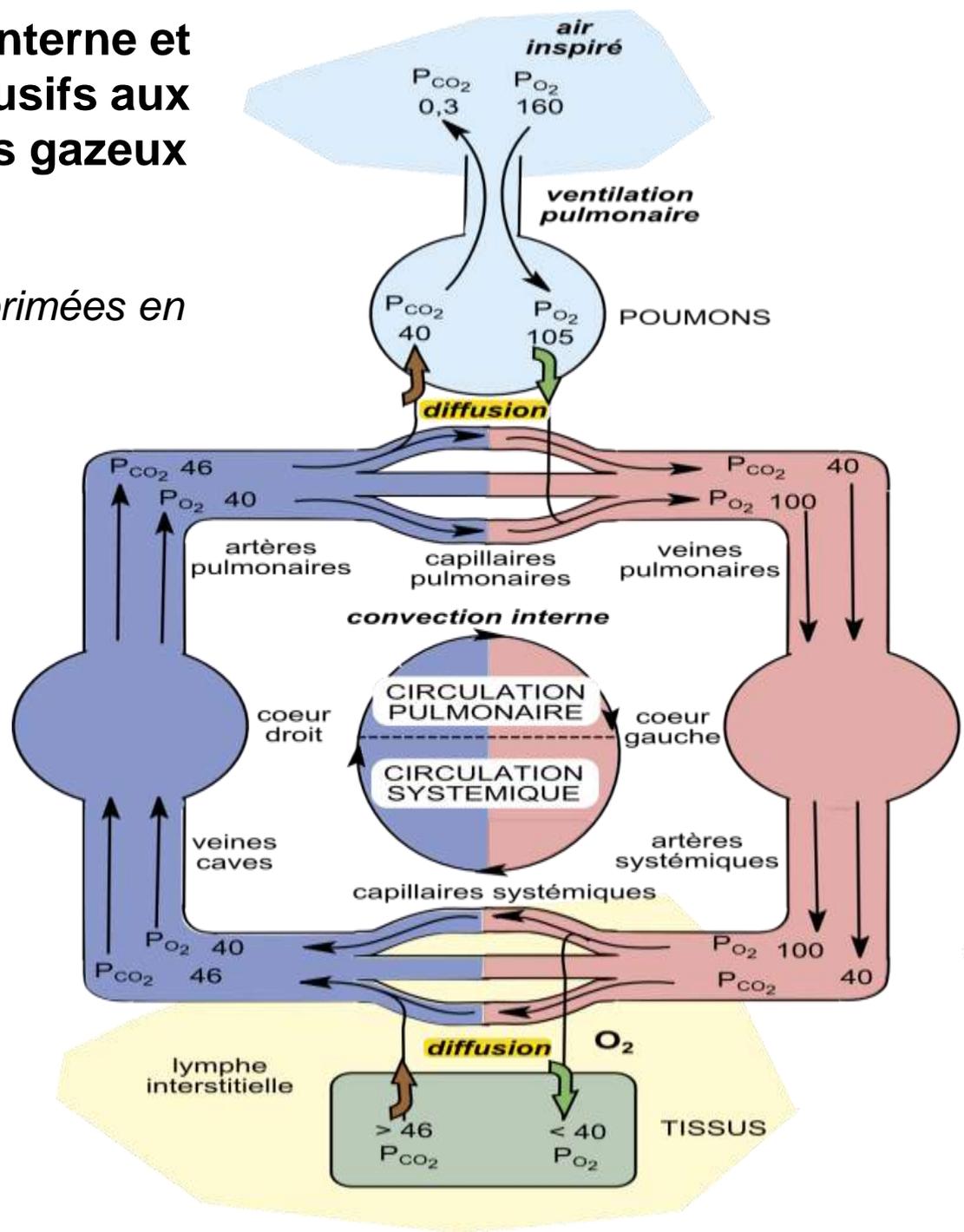


Document 11. Modulation de la ventilation chez l'homme en fonction de la composition de l'air inspiré.



Document 12. Convection interne et maintien des gradients diffusifs aux deux niveaux des échanges gazeux chez l'Homme.

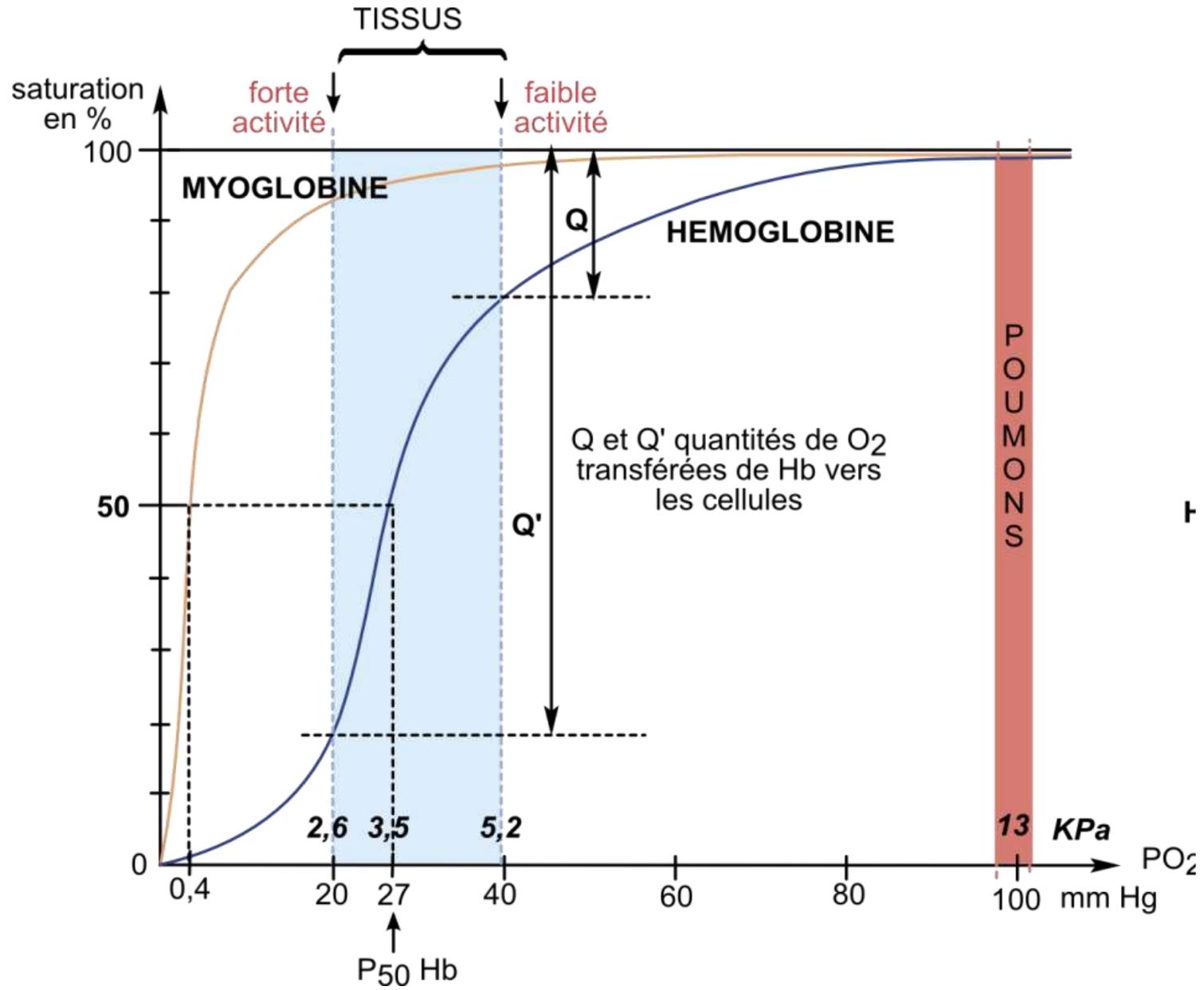
Les pressions partielles sont exprimées en mmHg



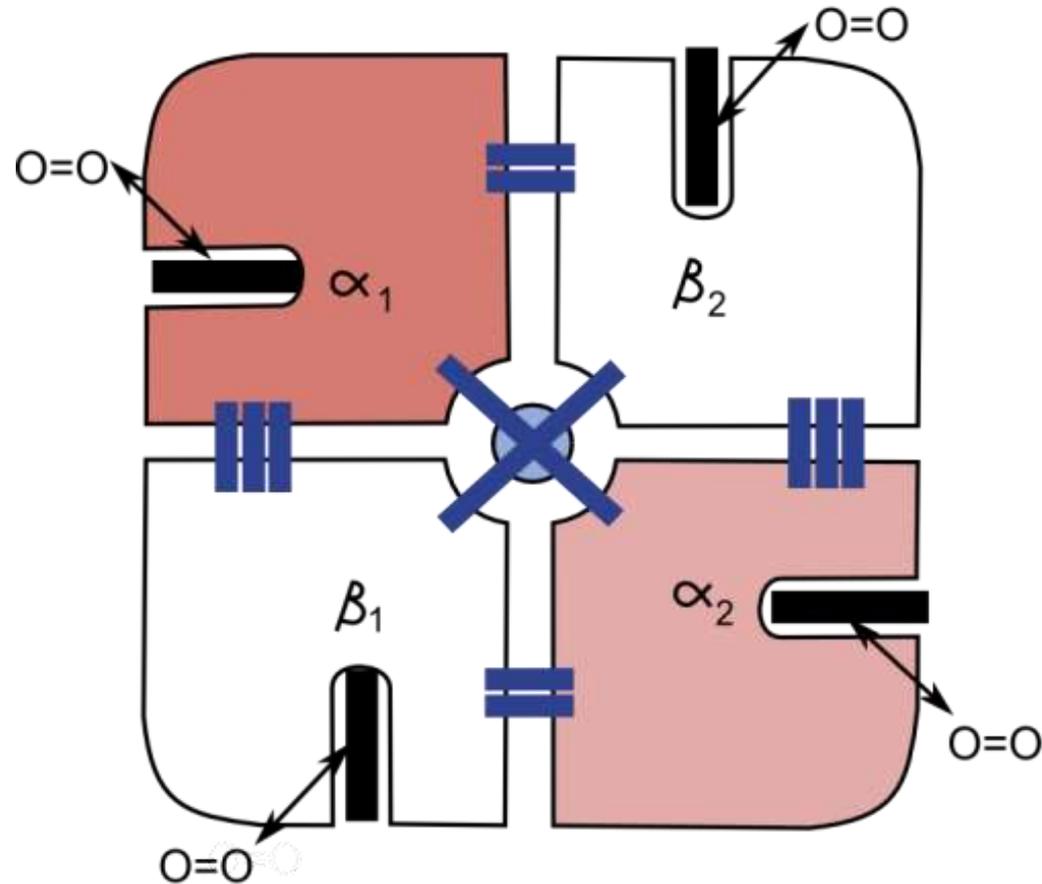
Document 13. Teneurs en gaz respiratoires du sang dans la grande circulation.

	O_2		CO_2	
	Sang artériel	Sang veineux	Sang artériel	Sang veineux
Quantité totale de gaz transporté par le sang (mL/L de sang)	203	155	484	520
Quantité de gaz combiné	200 (Hb)	154 (Hb)	460 (dont Hb)	493 (dont Hb)
Quantité de gaz dissous (mL/L de sang)	3	1	24	27

Document 14. Courbes de saturation de l'hémoglobine et de la myoglobine humaines.



Document 15. Représentation schématisque de la molécule d'hémoglobine.



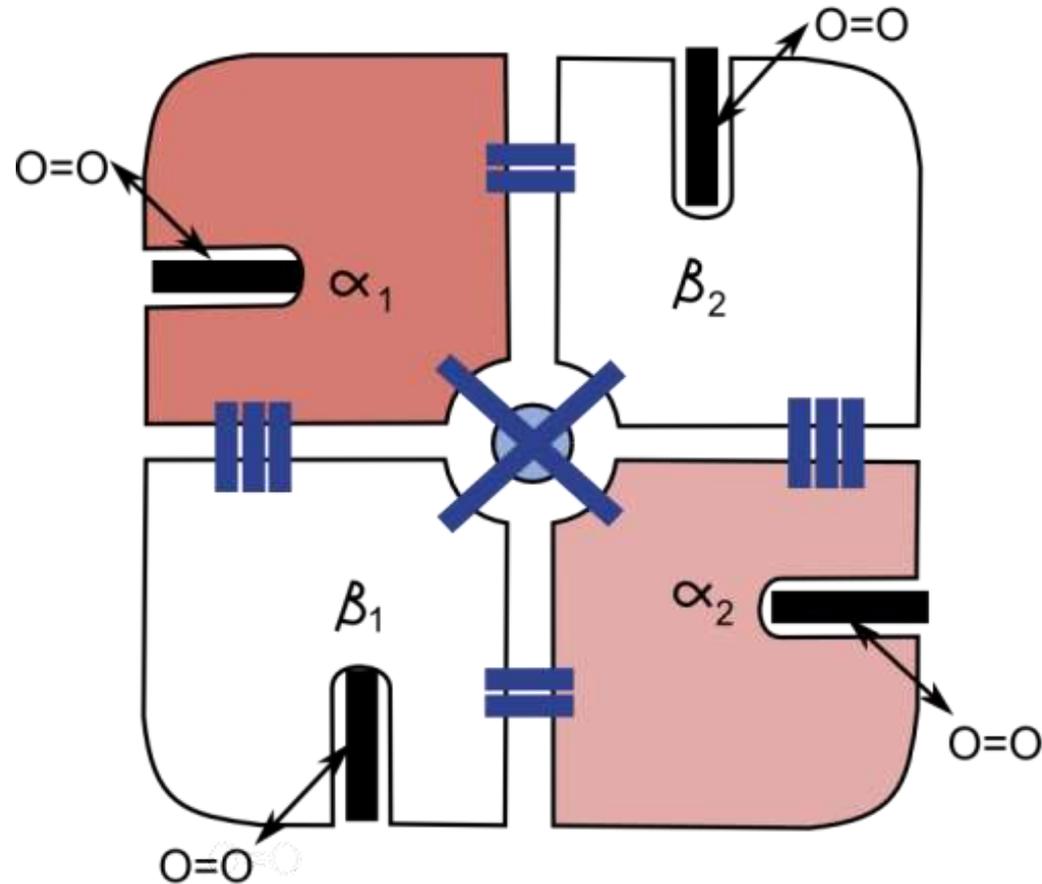
● 2,3-BPG ■ hème 1 nm

liaisons faibles très nombreuses |||

liaisons faibles peu nombreuses ||

liaisons faibles très peu nombreuses |

Document 15. Représentation schématisique de la molécule d'hémoglobine.



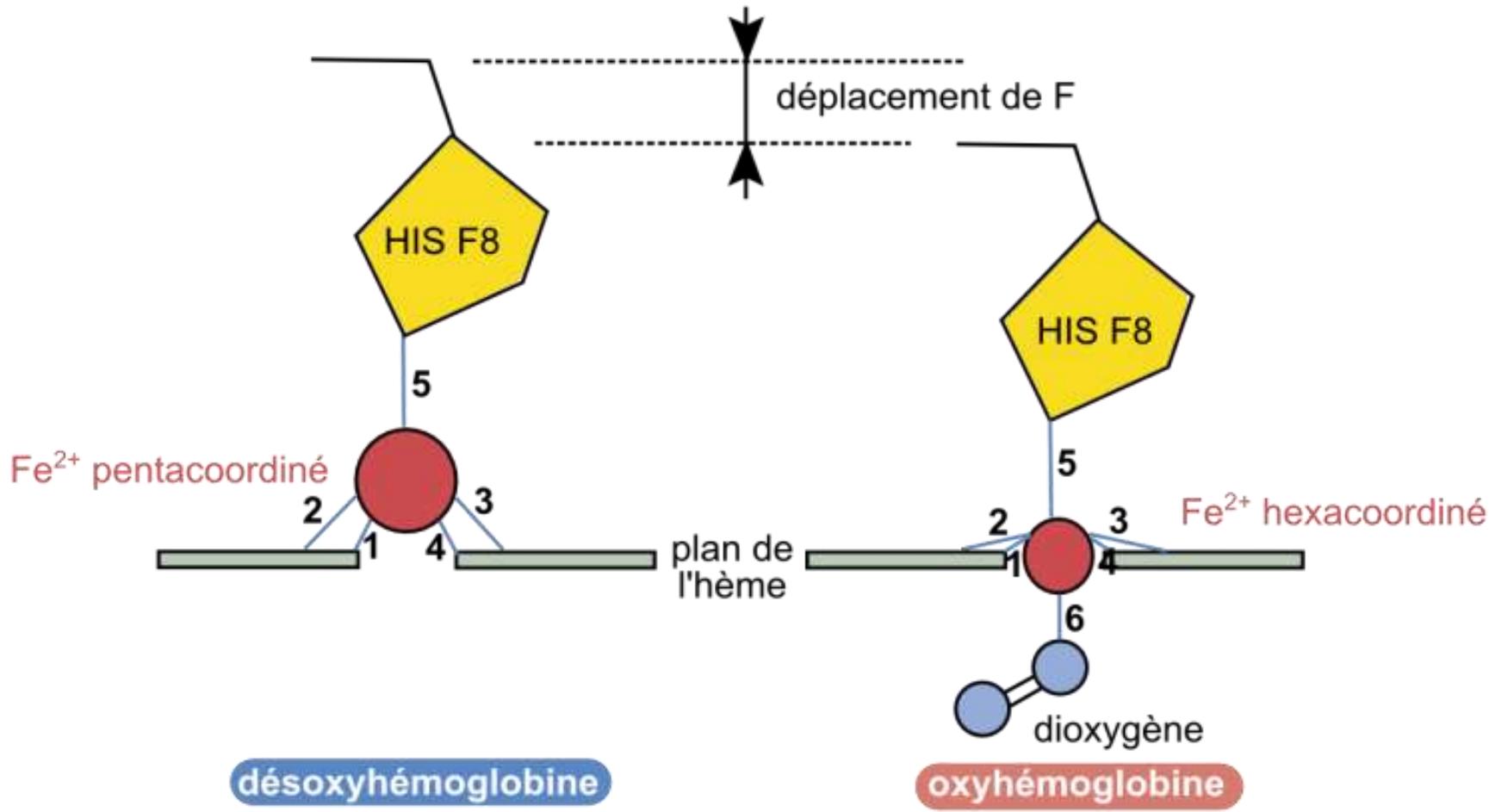
● 2,3-BPG ■ hème 1 nm

liaisons faibles très nombreuses |||

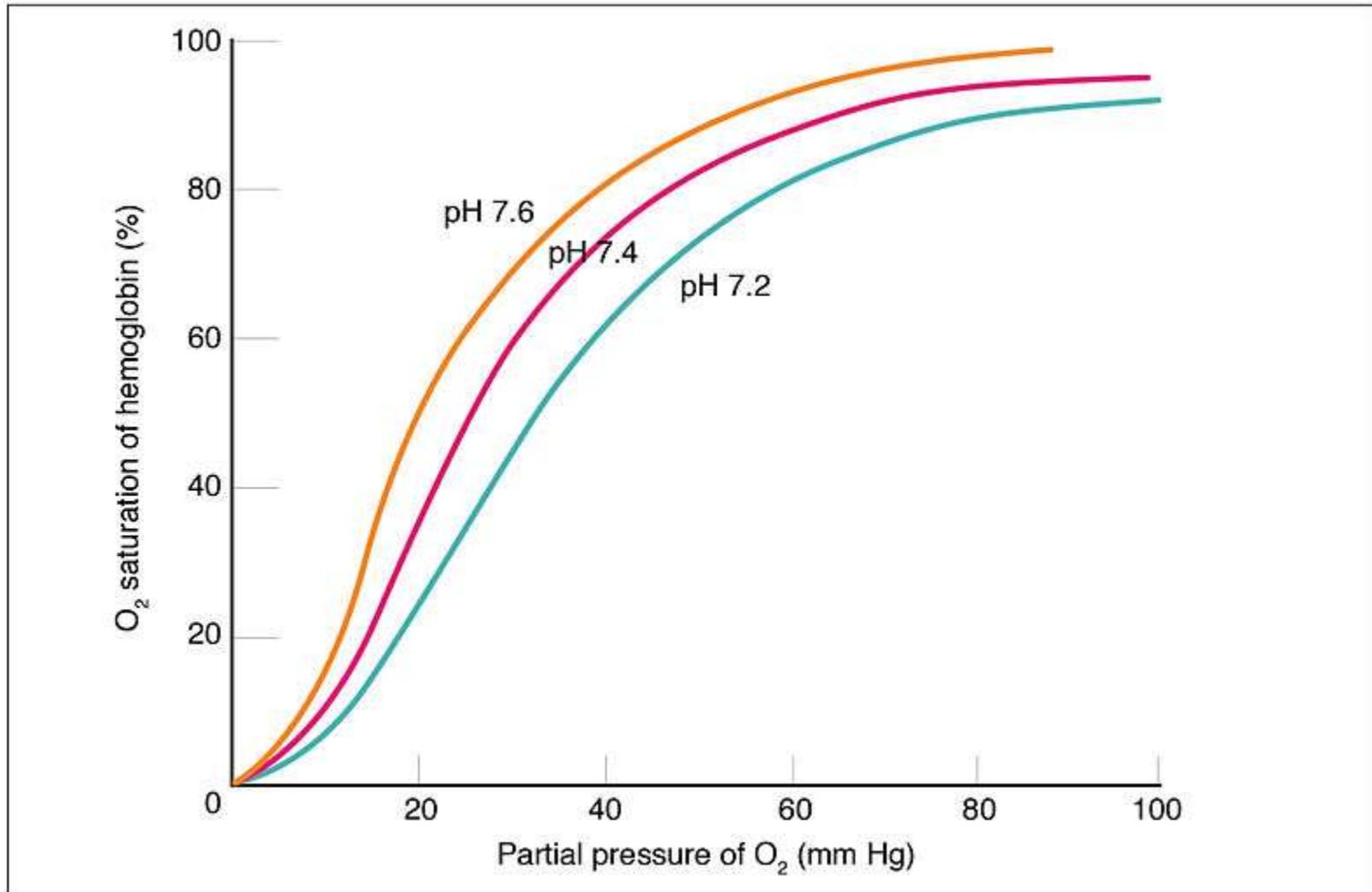
liaisons faibles peu nombreuses ||

liaisons faibles très peu nombreuses |

Document 17. Conséquences de la fixation d'O₂ sur l'hème d'une globine.

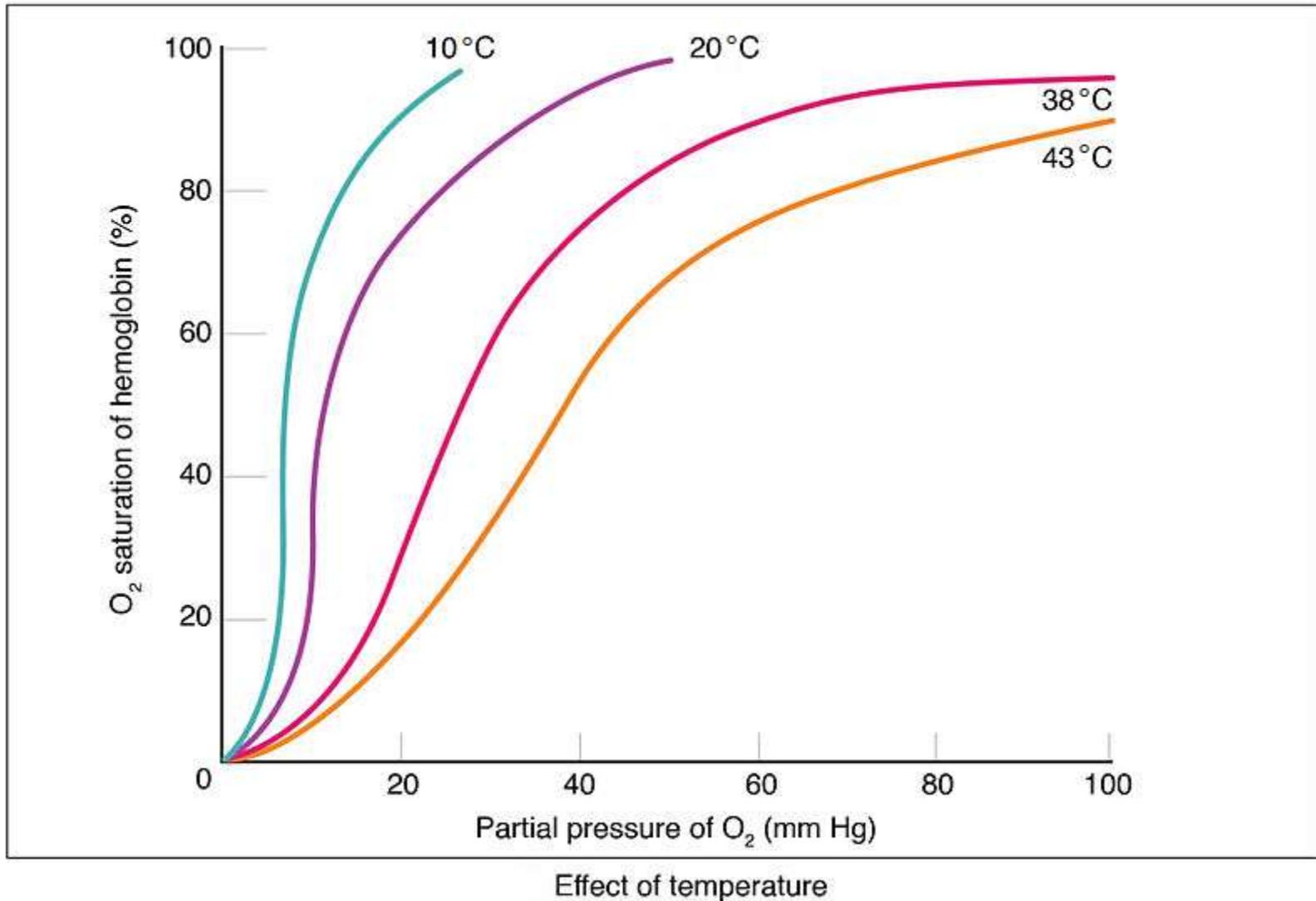


Document 18. Effets du pH sur la saturation de l'hémoglobine.

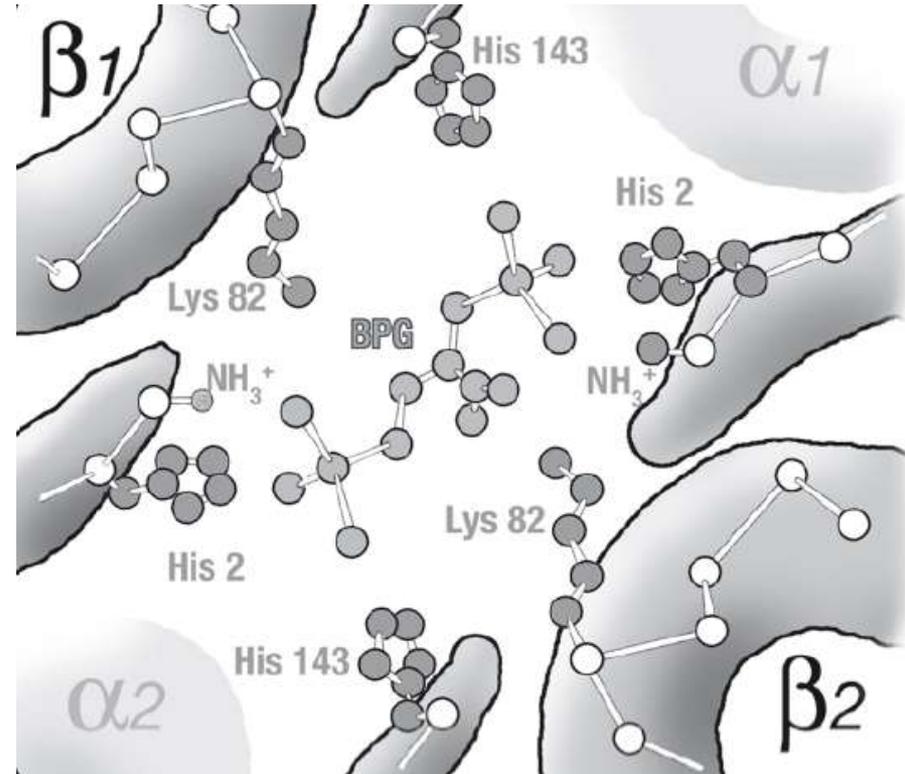
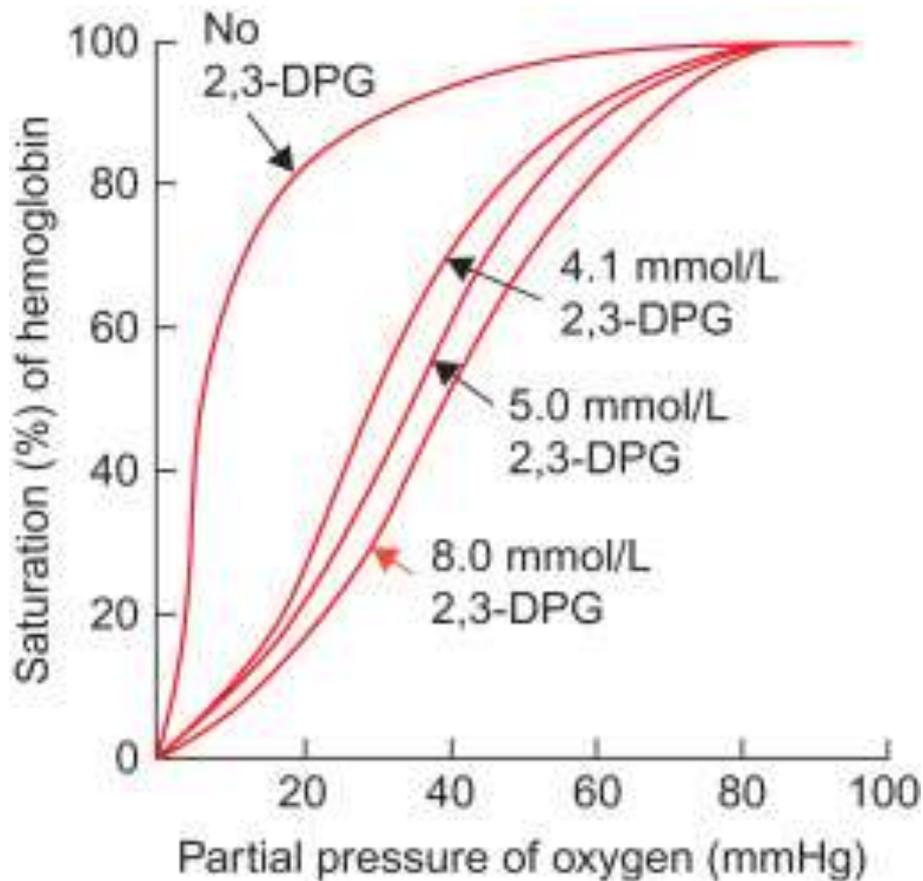
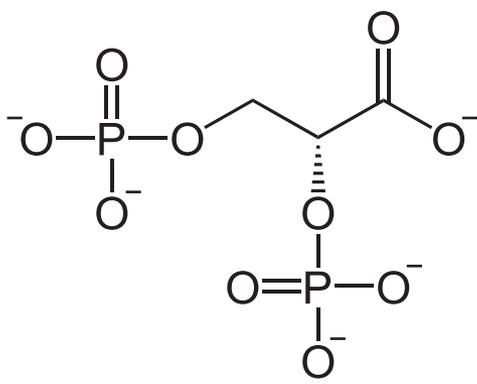


(b) Effect of pH

Document 19. Effets de la température sur la saturation de l'hémoglobine.



Document 20. Effets du 2,3 DPG sur la saturation de l'hémoglobine.



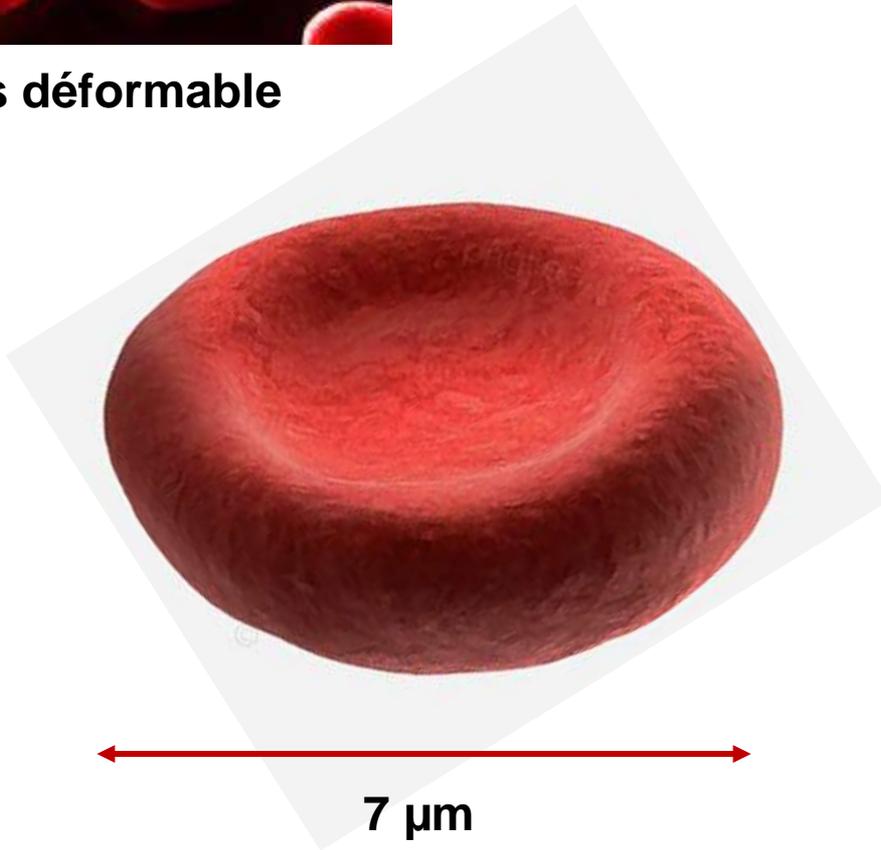
La molécule de 2,3 DPG est logée au cœur du tétramère, liée de façon ionique à des radicaux des sous-unités b de l'hémoglobine.

(B. Anselme)



L'hématie, relations structure - fonction

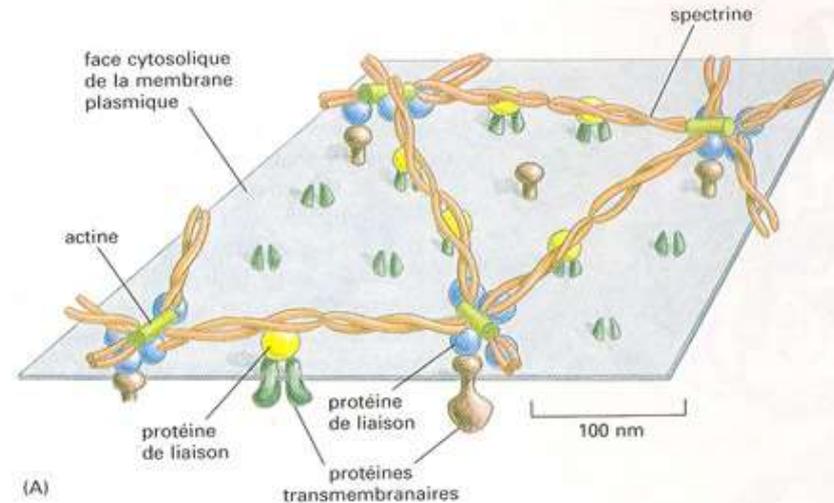
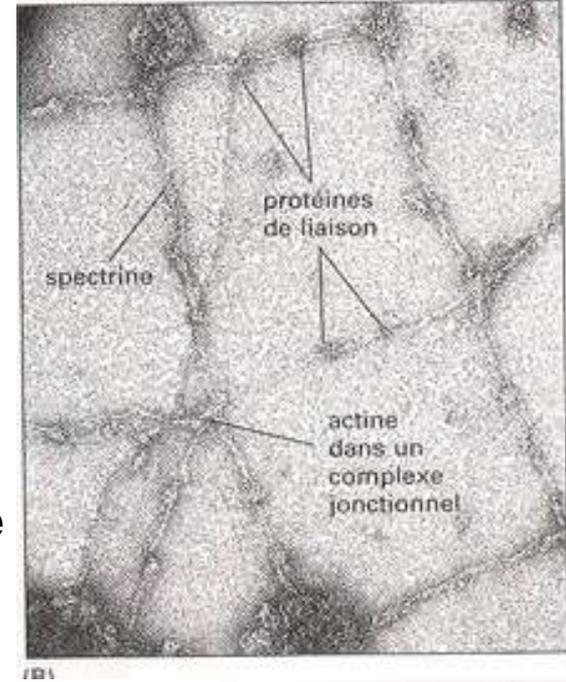
Très déformable



Volume = $90 \mu\text{m}^3$
Surface = $130 \mu\text{m}^2$

→ Rapport S / V optimisé

Spectrine
→ résistance mécanique et élasticité



Localisation de la spectrine, protéine membranaire des hématies humaines (B. Alberts et al. «Biologie moléculaire de la cellule » 4^e édition, Médecine-Sciences - Flammarion).

Document 21. Les formes de transport du CO₂ dans le sang.

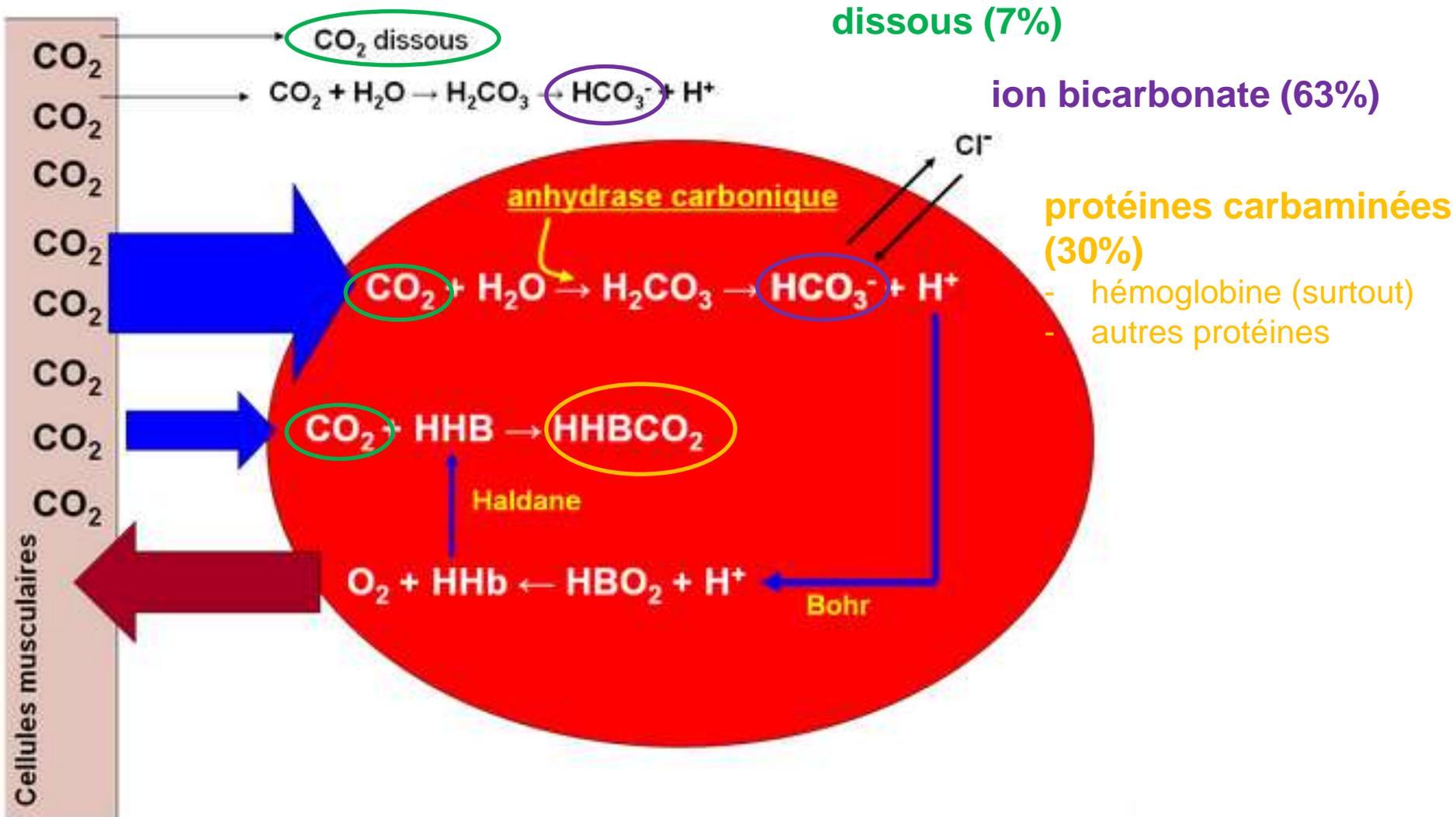
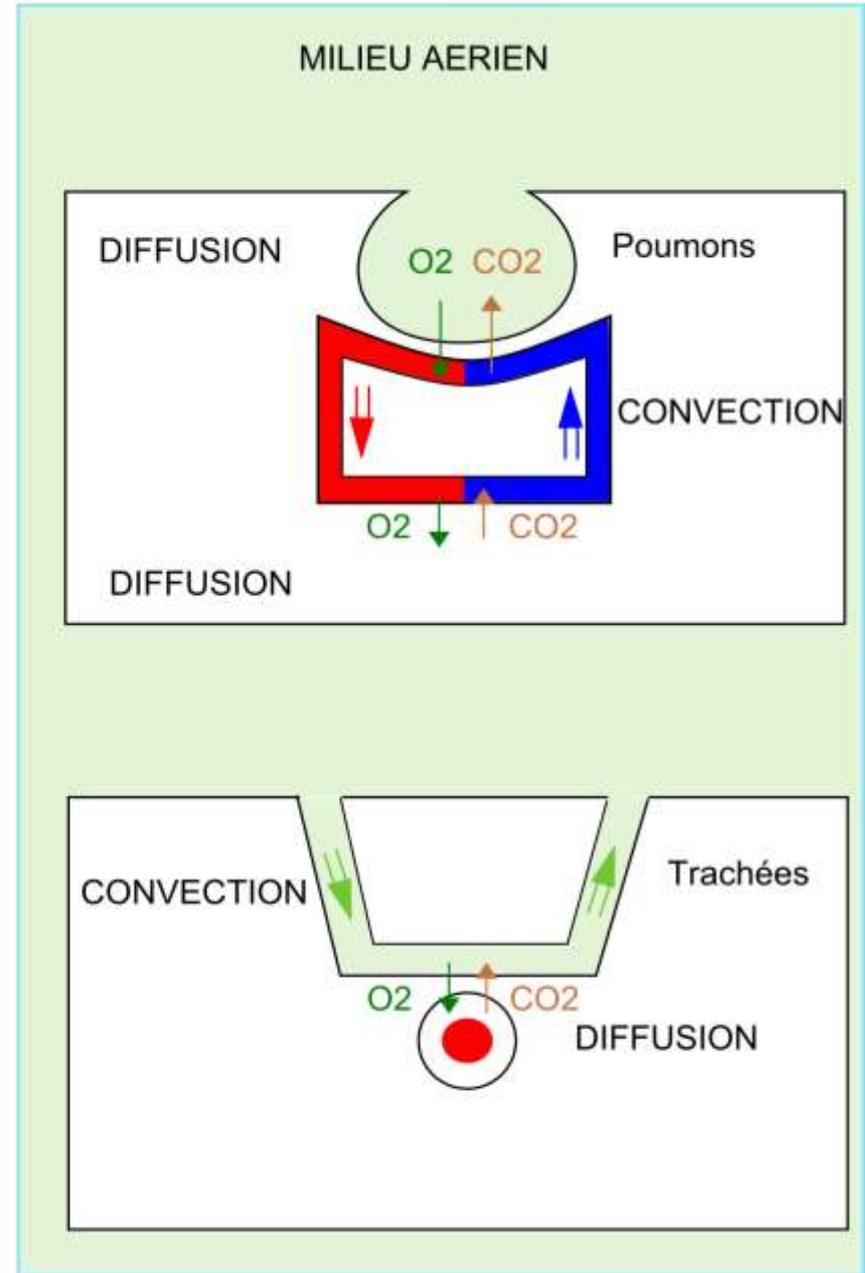
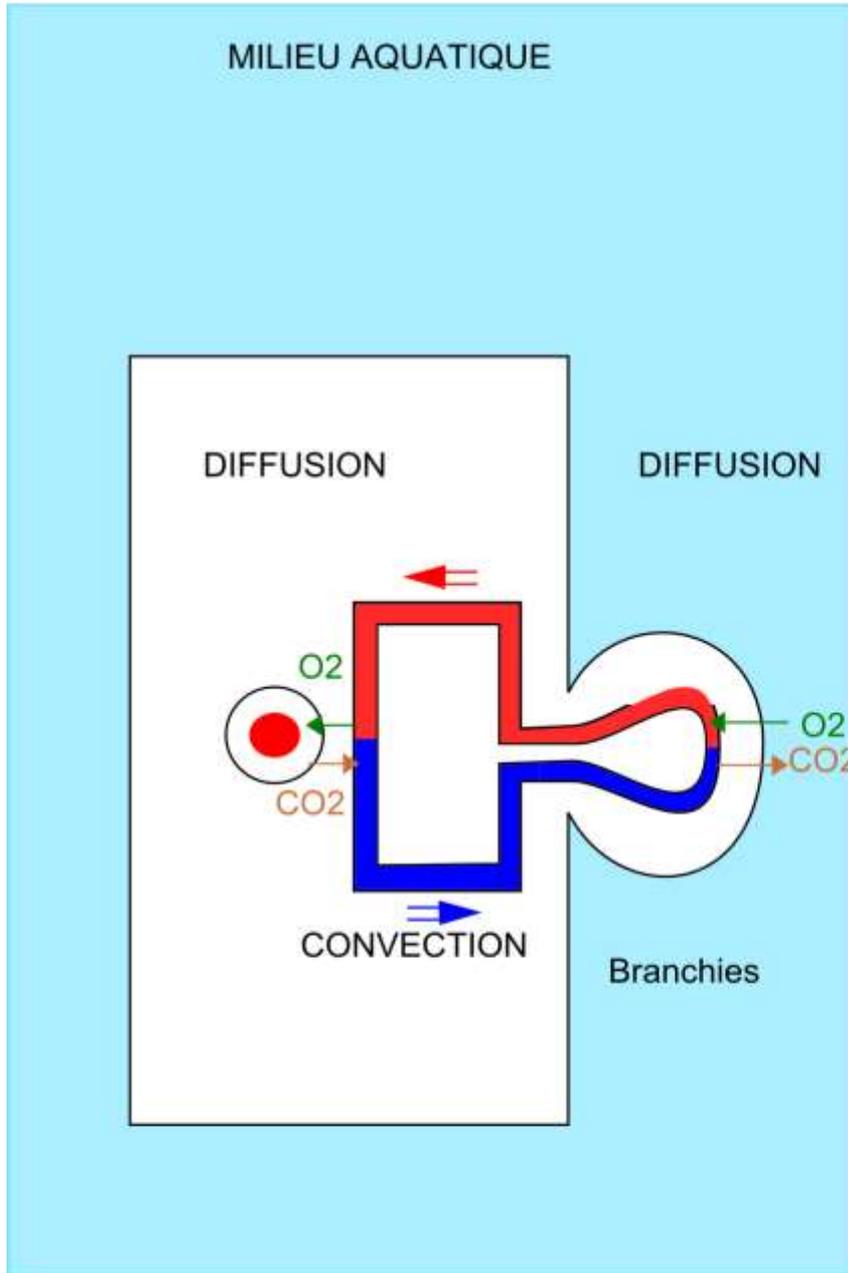
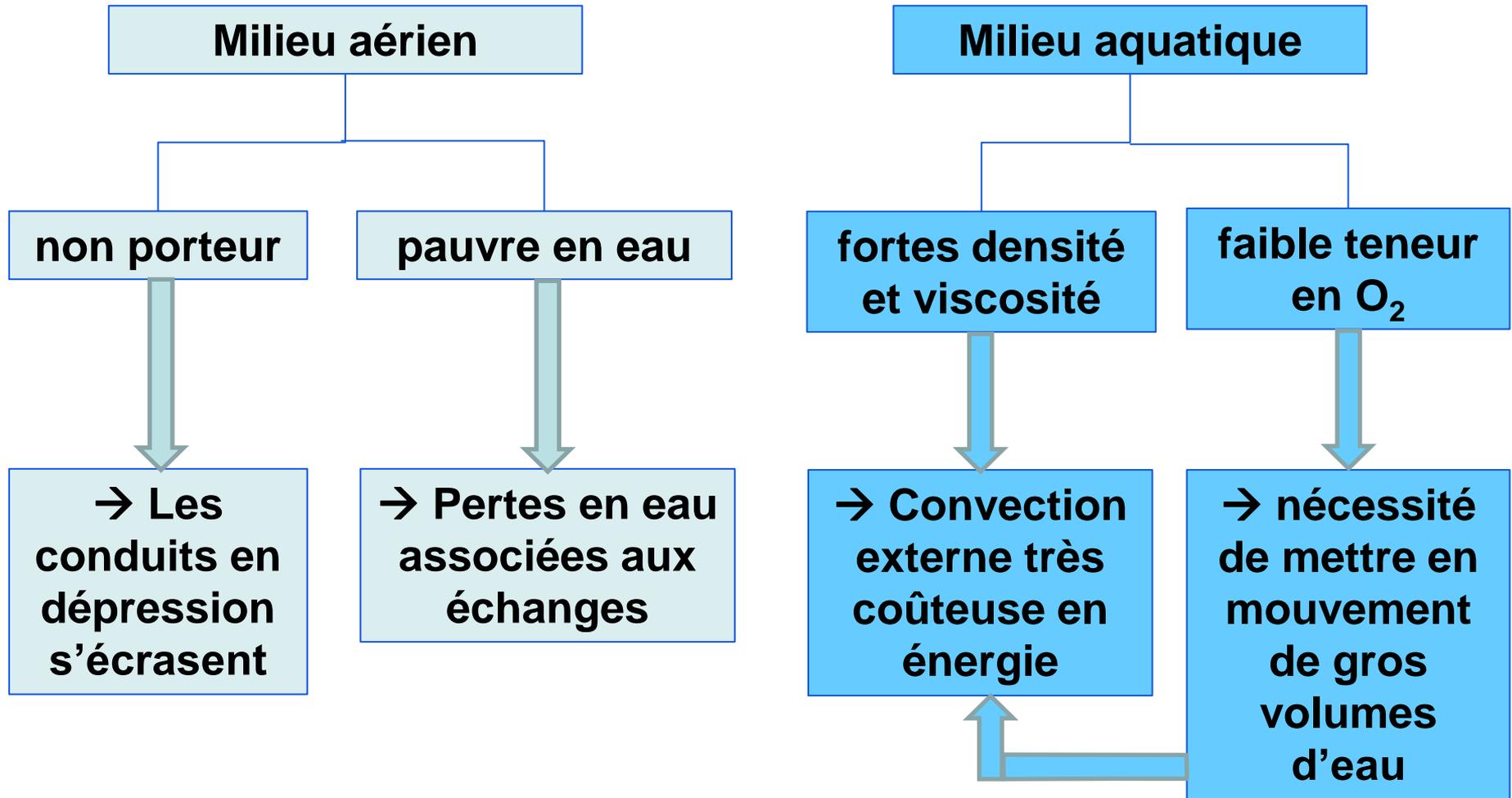


Schéma – bilan : modalités des échanges gazeux respiratoires et milieu de vie



Un appareil respiratoire est soumis à des contraintes différentes selon le milieu de vie



L'appareil respiratoire d'un animal dépend de son plan d'organisation et de convergences évolutives

Contraintes fonctionnelles

- grande surface
- faible épaisseur
- convection externe +/- interne (loi de Fick)

Contraintes du milieu de vie

- milieu aérien non porteur et pauvre en eau
- milieu aquatique dense et visqueux et pauvre en O₂

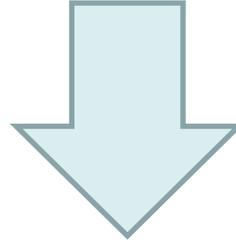
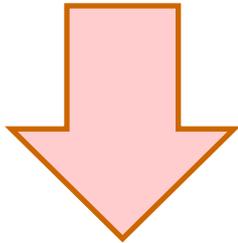
Type d'appareil respiratoire

Plan d'organisation du taxon

Caractéristiques communes à tous les animaux

Caractéristiques communes aux animaux vivant dans le même milieu

CONVERGENCES ANATOMIQUES OU FONCTIONNELLES



+

=

