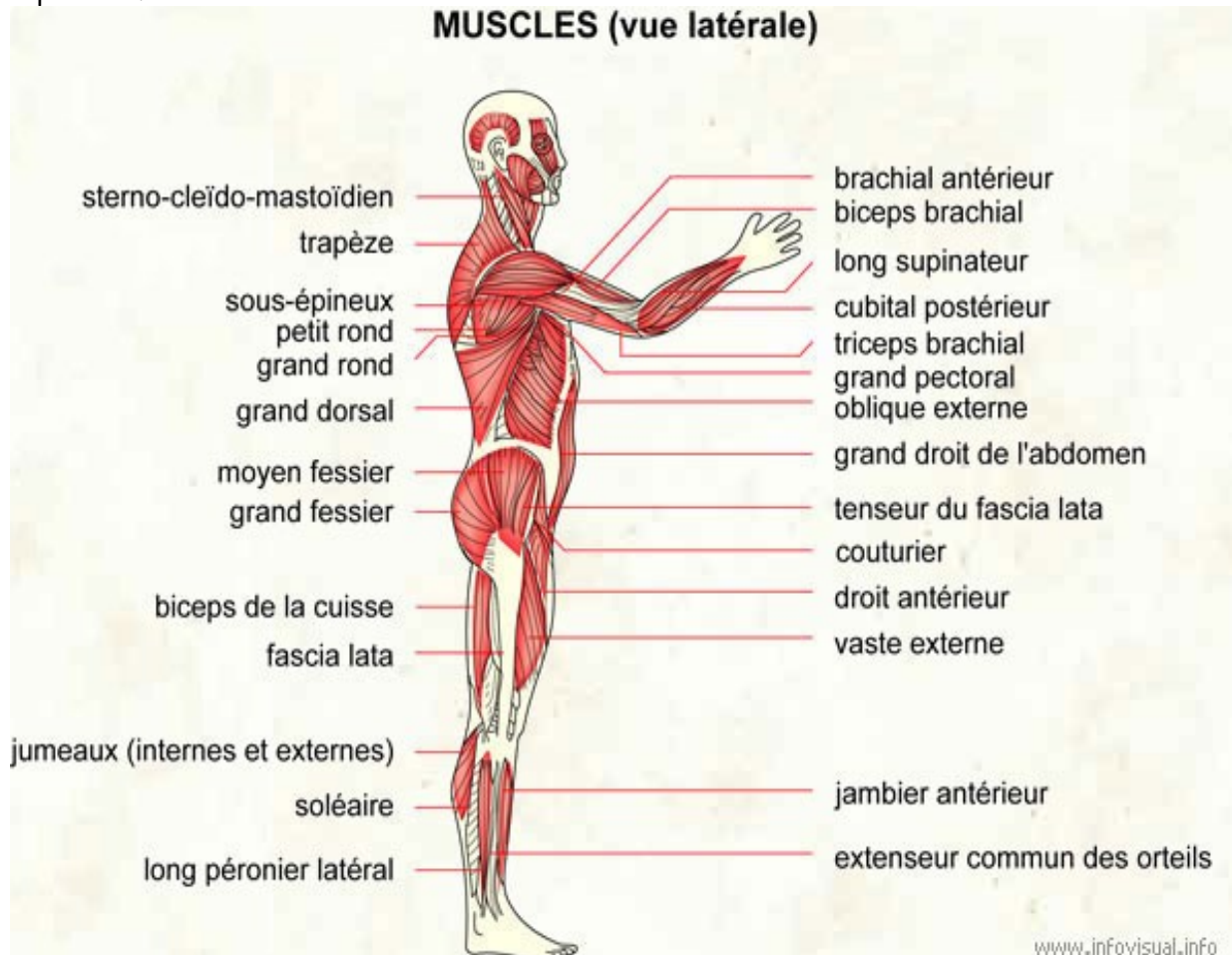


Thème 2 : Corps humain, sport et santé

Chapitre 5 : Les réponses de l'organisme à un effort physique.

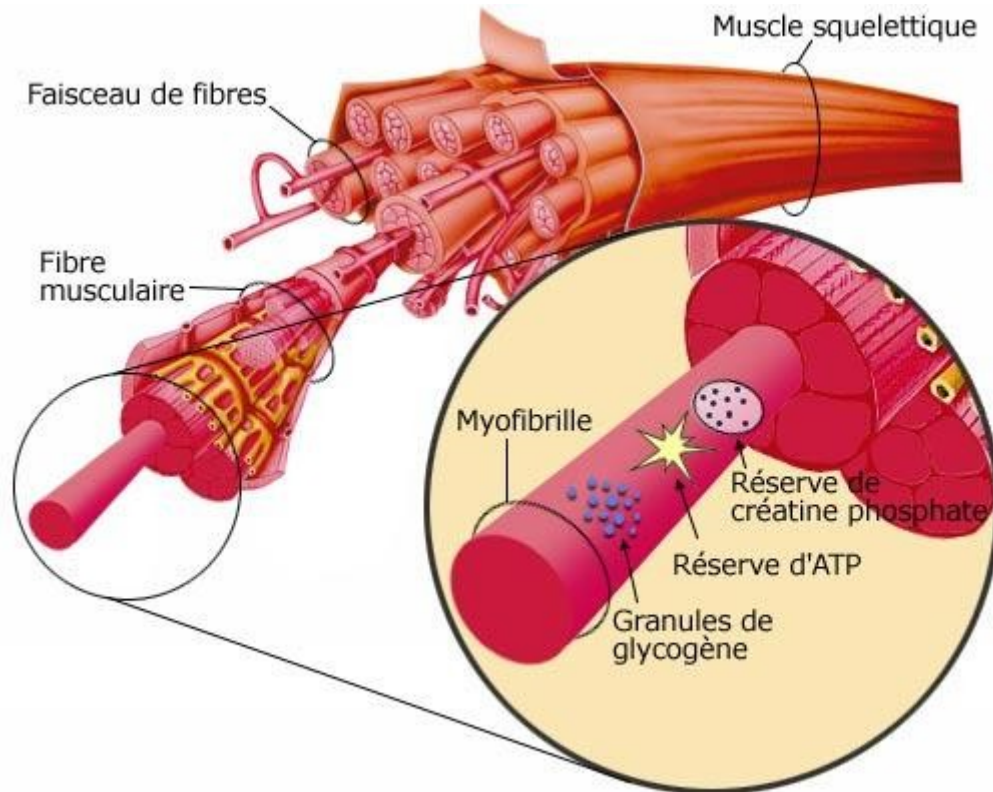
Lors d'un effort physique, le fonctionnement de l'organisme est modifié. Essoufflements, palpitations, fatigue sont les signes qui indiquent que tout l'organisme est mis à contribution. La pratique d'une activité physique nécessite une bonne santé générale.

Ce sont les muscles qui sont sollicités pour réaliser les mouvements indispensables à la pratique de toutes activités sportives.



Doc.1 : Quelques muscles susceptibles d'être sollicités pendant l'effort physique

Les muscles sont des organes composées de cellules musculaires dont la contraction entraîne celle du muscle.



Doc.2 : Structure détaillée d'un muscle composée de cellules musculaires ou fibres musculaires.

Chaque fibre musculaire ou cellule musculaire est composée de filaments ou myofibrilles permettant leur contraction et donc la contraction des muscles.

Pour en savoir plus avec internet sur la contraction musculaire : <http://www.snv.jussieu.fr/vie/dossiers/contractionmuscle/contractmuscle.htm>

Les cellules musculaires sollicitées lors d'un effort physique ont des besoins accrus en dioxygène et en nutriments que l'organisme doit assurer en modifiant de nombreux paramètres physiologiques comme l'activité cardiaque et l'activité ventilatoire qui augmentent.

1- L'effort physique et ses effets :

1-1 : La réalisation d'un effort physique par les muscles : TP10

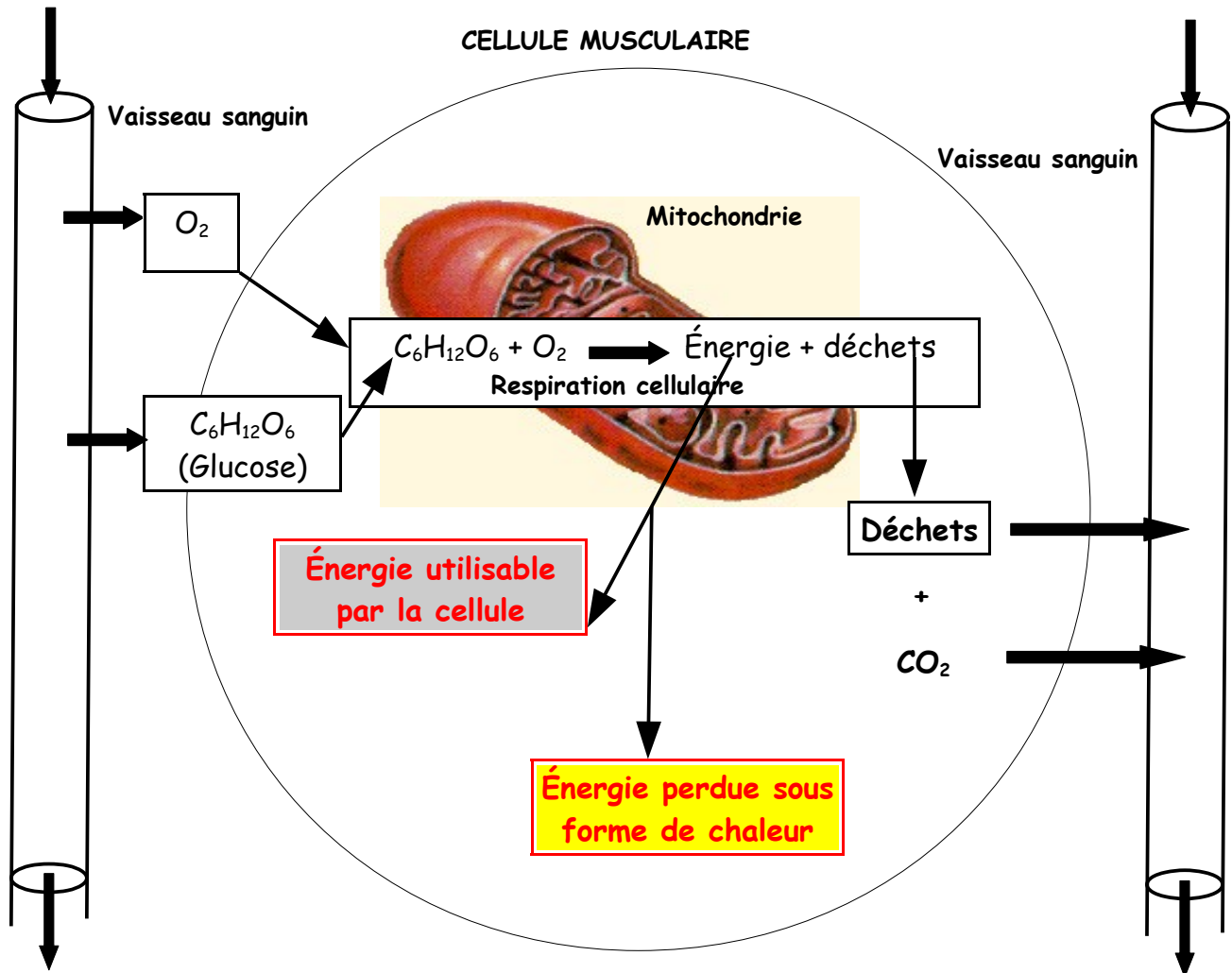
Lors d'un exercice physique, certains muscles travaillent plus qu'au repos. Ce surplus d'activité nécessite un **apport énergétique** supérieur aux cellules musculaires en activité.

Un effort physique nécessite une consommation de dioxygène, plus cet effort est intense et plus la consommation augmente. Cette consommation en dioxygène s'accompagne d'un rejet de dioxyde de carbone en quantité similaire au volume de dioxygène consommé.

Le muscle possède dans ces cellules des réserves de glucose sous forme d'une macromolécule de glycogène. Ce glycogène est directement accessible aux cellules musculaires qui le transforment en glucose en fonction de leurs besoins. La cellule musculaire possède donc des enzymes lui permettant de stocker le glucose d'origine alimentaire en glycogène et de fragmenter ce même glycogène en molécules de glucoses utilisables en fonction des besoins.

Pour en savoir plus avec internet : <http://www.snv.jussieu.fr/vie/dossiers/glucose-lipides/gluclip.htm>

Le muscle en activité, et donc les cellules musculaires, utilisent la **respiration cellulaire** pour prélever l'énergie des aliments simples (glucides ou lipides). Ainsi, le dioxygène permet au niveau cellulaire de prélever une partie de l'énergie d'un nutriment (glucose par exemple) pour permettre de produire de l'énergie mécanique nécessaire à la contraction musculaire et donc au travail musculaire. Une partie de l'énergie des nutriments est dissipée sous forme de chaleur. L'activité des cellules musculaires produit des déchets, comme le dioxyde de carbone, qui sont éliminés par l'organisme.



Doc.3 : Les besoins d'une cellule musculaire

Un effort physique implique un travail musculaire (exprimé en joules). Ce travail représente l'énergie mécanique développée par les muscles pour réaliser une contraction et permettre les mouvements.

Plus l'effort physique est intense, plus l'apport en dioxygène et en nutriments est important. Les muscles ont besoin de plus d'énergie. L'effort physique se traduit par une consommation plus importante de nutriments et de dioxygène.

Le muscle tire son énergie de la respiration cellulaire, c'est à dire de la dégradation de nutriments glucidiques et lipidiques en présence de dioxygène. Cette dégradation produit de l'énergie qui sert à la contraction musculaire et s'accompagne d'une libération de chaleur.

1-2 : Les limites de l'organisme face à l'effort : Le VO_2 max

Lorsque l'intensité de l'effort est maximale, la consommation et l'utilisation de dioxygène atteint une valeur seuil maximale appelée VO_2 max.

A partir de cette valeur, l'organisme utilise d'autres ressources énergétiques, limitées, qui ne font pas appel à la consommation de dioxygène.

L'effort ne peut être maintenu au delà de quelques minutes à des puissances égales ou supérieures au palier correspondant à la VO_2 max.

Question 1 page 197 :

Pour le sédentaire, la limite de consommation en dioxygène est atteinte pour 3,9 L/min. Pour le professionnel, la limite est de 5,29 L/min. Cela correspond à un VO_2 max en ml/kg/min de **39,8** (sédentaire) et **65,3** (professionnel).

Question 2 page 197 :

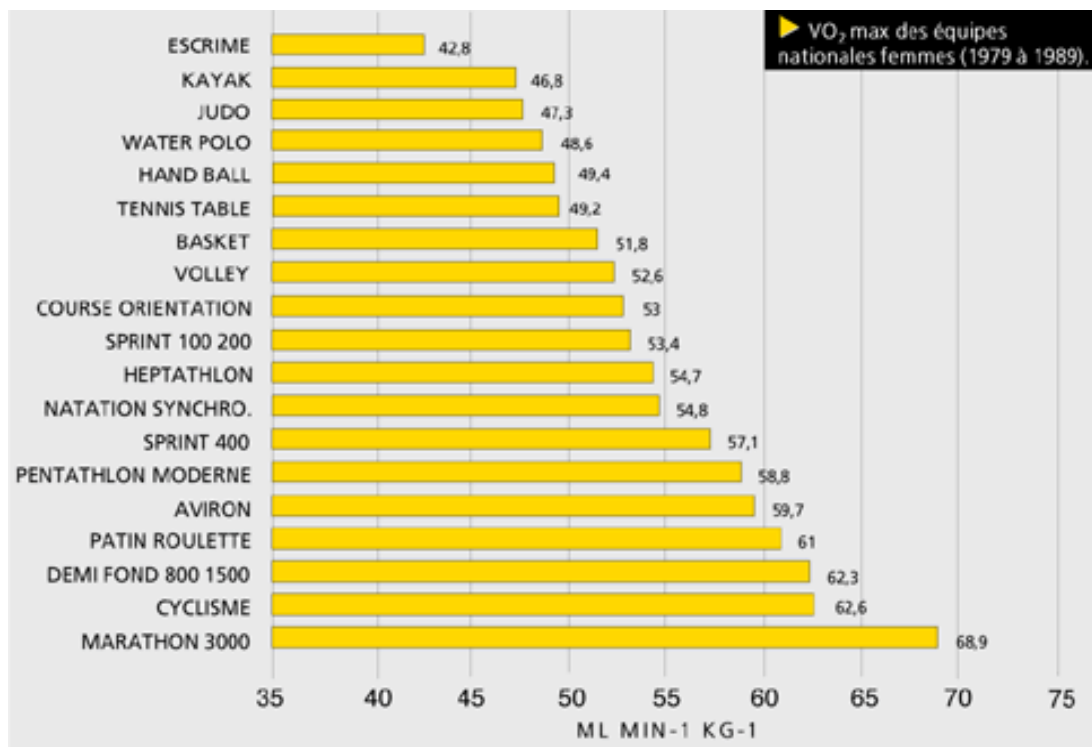
La différence de VO_2 max peut être liée à l'entraînement.

Question 5 page 197 :

Pour la cycliste professionnelle, le VO_2 max est de 53,57 ml/kg/min. Pour la femme sédentaire, il est de 44,41 ml/kg/min. En comparant les VO_2 max d'un cycliste homme et d'une cycliste femme à conditions physiques comparables, on peut émettre l'hypothèse d'une différence liée au sexe.

Le VO_2 max dépend de l'âge de l'individu (il diminue avec l'âge), il dépend du sexe de l'individu (il est plus élevé chez les hommes quel que soit l'âge), il dépend de l'entraînement (il augmente avec l'entraînement) et il dépend de chaque individu (donc il est dépendante de facteurs génétiques).

Le VO_2 max peut être augmenté par l'entraînement mais elle dépend de la fréquence cardiaque maximale, elle est limitée par le développement de l'appareil cardiaque et non par l'appareil ventilatoire : le débit ventilatoire n'est pas un facteur limitant du VO_2 max, le facteur limitant est le débit cardiaque qui est limité par la fréquence cardiaque maximale qui dépend de l'âge ($FC_{max} = 220 - \text{âge}$).



Doc.4 : VO_2 max des équipes nationales femmes

1-3 : L'activité physique et la lutte contre l'obésité :

Question 1 : La cause principale de l'obésité est un déséquilibre énergétique : les apports sont supérieurs aux dépenses.

Question 2 : On peut émettre l'hypothèse qu'une alimentation trop riche (sucres, graisses) et/ou manque d'activité physique peuvent être à l'origine d'une augmentation de la prévalence de l'obésité.

Question 3 : Le doc.5 montre que le pourcentage de masse grasse est toujours plus faible chez les sportifs d'endurance que chez les sédentaires, homme ou femme. Ce résultat est expliqué par le doc.6 qui montre que les lipides constituent la source d'énergie principale du muscle pour les activités physiques à moins de 65% de VO_2 max environ (activités d'endurance). Les sportifs d'endurance perdent donc leurs réserves de graisse.

Question 4 : L'excès de masse corporelle est lié à un déséquilibre apports/dépenses. L'activité sportive augmente les dépenses énergétiques. Un régime hypocalorique diminue les apports énergétiques.

Question 5 : Lors d'exercices d'intensité modérée (25 à 65 % de VO_2 max), les lipides sont la source majoritaire du muscle. Ce type d'effort est donc plus propice à la perte de masse grasse. Dans la lutte contre l'obésité, il convient toujours de prendre aussi en compte la dépense énergétique totale. Ainsi, des exercices entre 45 et 65 % de VO_2 max offrent un bon compromis.

Question 6 : L'exercice physique modéré, mais prolongé, induit une consommation de lipides et permet de lutter contre l'excès de masse corporelle. Il doit être associé à des mesures diététiques.

Plus l'effort physique est intense, plus la quantité de nutriments consommée est importante. L'obésité est souvent la conséquence d'un apport en nutriments énergétiques supérieurs aux dépenses énergétiques de l'individu. L'effort physique permet d'augmenter la consommation par l'organisme de nutriments et de lutter contre l'obésité.

Pour en savoir plus avec internet :

<http://www.inserm.fr/thematiques/circulation-metabolisme-nutrition/dossiers-d-information/obesite>

<http://www.automesure.com/Pages/calculimc.html>

<http://www.inserm.fr/thematiques/circulation-metabolisme-nutrition/dossiers-d-information/obesite>

2 : L'apport de dioxygène et de nutriments aux cellules musculaires :

Un exercice physique se traduit au niveau de l'organisme par :

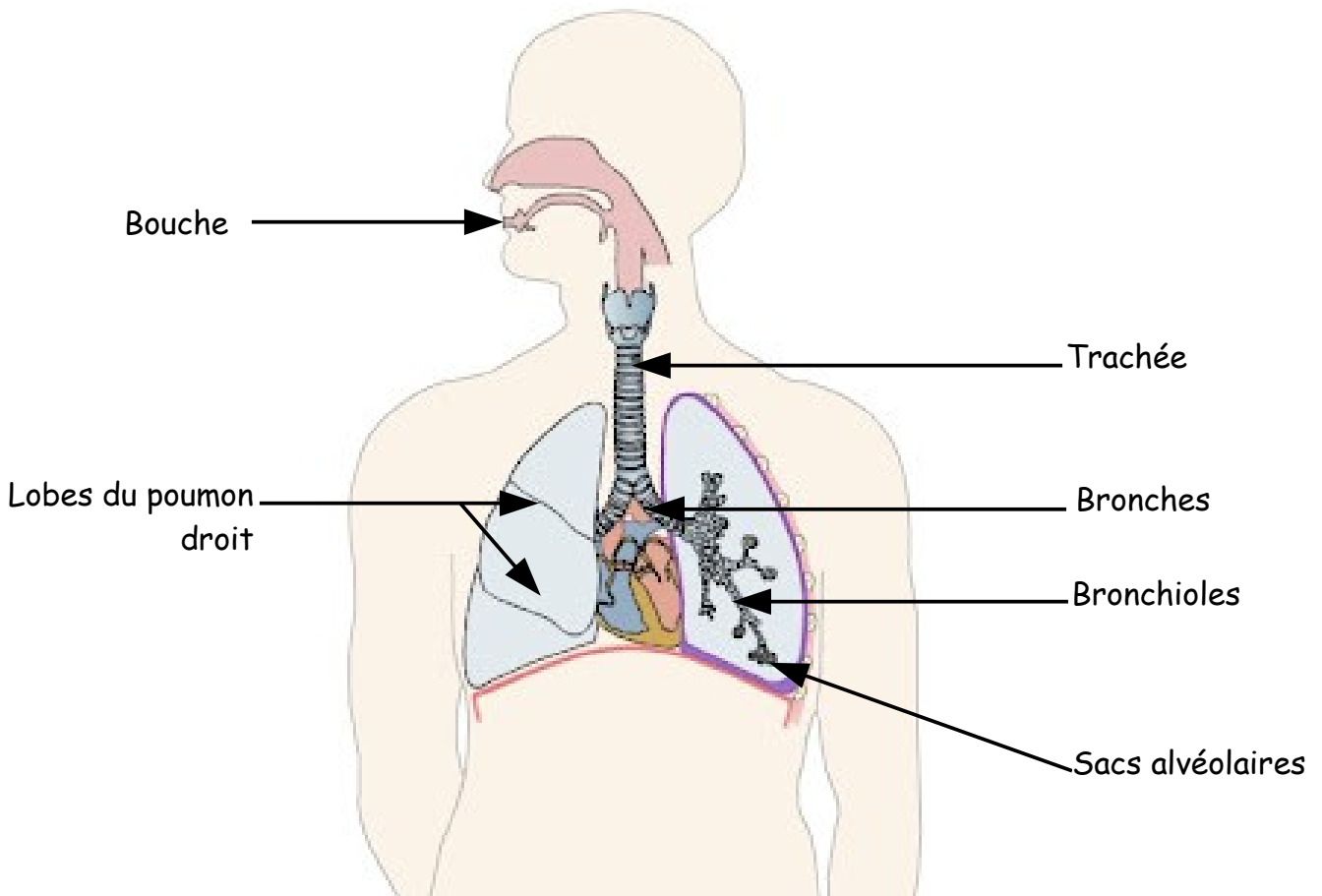
- une augmentation du rythme respiratoire
- une augmentation du rythme cardiaque
- une augmentation de la sudation
- une augmentation de la sensation de faim quelques heures après l'effort.

2-1 : Réponses de l'appareil respiratoire à un effort physique : TP11

2-1-1 : Organisation fonctionnelle de l'appareil respiratoire :

L'appareil respiratoire est composé :

- Des **voies respiratoires**, qui permettent les échanges d'air entre l'atmosphère et les poumons. Elles comprennent :
 - la cavité nasale, qui filtre, réchauffe et humidifie l'air ;
 - le pharynx, qui appartient également à l'appareil digestif ;
 - le larynx, qui permet en plus la phonation grâce à la présence de cordes vocales ;
 - la trachée, qui purifie, réchauffe et humidifie l'air, et sécrète un mucus protecteur.
- Des **voies intrapulmonaires**, qui amènent l'air des voies respiratoires jusqu'aux alvéoles pulmonaires. Ce sont :
 - les bronches, qui purifient, réchauffent et humidifient l'air, et sécrètent un mucus protecteur ;
 - les bronchioles.



Doc.5 : Organisation de l'appareil respiratoire chez l'homme.

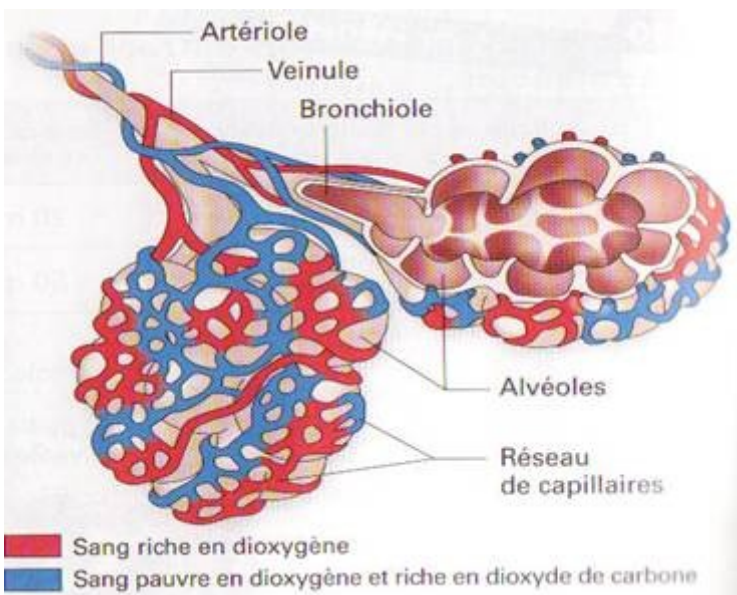
Trajet de l'air dans les voies respiratoires :

- l'air **inspiré** entre par la **bouche** et les **fosses nasales**, emprunte ensuite la **trachée artère** et se partage entre les deux **bronches** qui pénètrent dans chaque poumon. Ensuite cet air inspiré parcourt les poumons grâce aux **bronchioles** pour aboutir aux **alvéoles pulmonaires**.
- l'air **expiré** parcourt le trajet inverse, depuis les alvéoles pulmonaires jusqu'à la bouche.

La modification entre l'air inspiré et l'air expiré est la **différence en dioxygène** : l'air inspiré est plus riche en dioxygène que l'air expiré, ce qui implique le passage du dioxygène de l'air inspiré présent dans les alvéoles pulmonaires vers les capillaires sanguins.

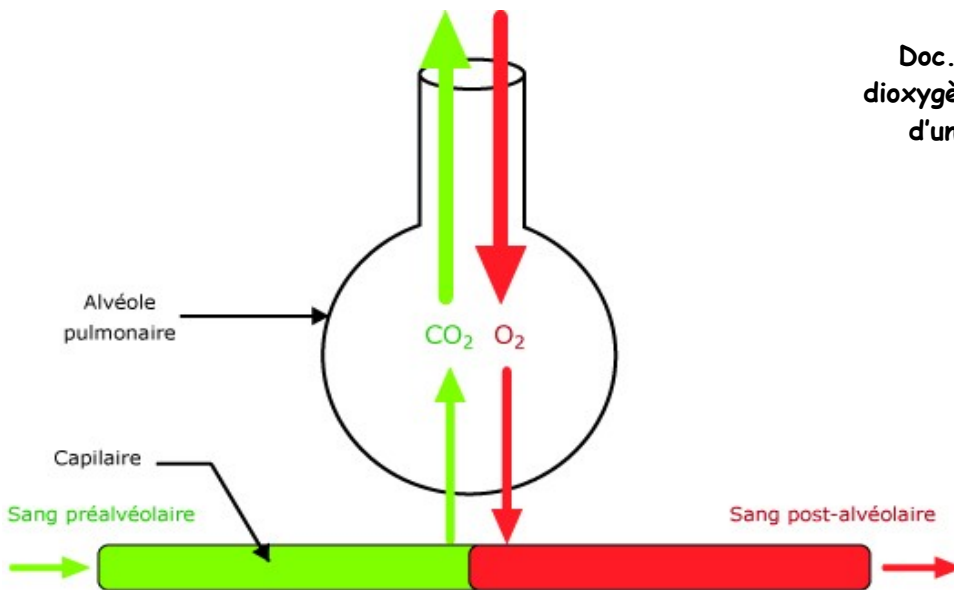
Le dioxygène de l'air inspiré se retrouve dans le sang des capillaires sanguins présents dans les alvéoles pulmonaires.

C'est au niveau des alvéoles pulmonaires que se réalisent les échanges gazeux entre le sang venant du cœur chargé en dioxyde de carbone et l'air extérieur riche en dioxygène.



L'observation au microscope optique d'une coupe de poumon de mammifère révèle que les **alvéoles pulmonaires** sont entourées par les **capillaires**. Leur **paroi très fine** est en contact étroit avec la **paroi fine des capillaires** ce qui facilite les **échanges de gaz** entre l'**air alvéolaire** et le **sang**. Le nombre élevé d'alvéoles pulmonaires (plusieurs millions par poumon) explique, avec la finesse de leur paroi, le fait qu'elles constituent une **grande surface d'échanges**.

Doc.6 : Schéma de l'organisation des sacs alvéolaires.



Doc.7 : Prise en charge du dioxygène par le sang au niveau d'une alvéole pulmonaire.

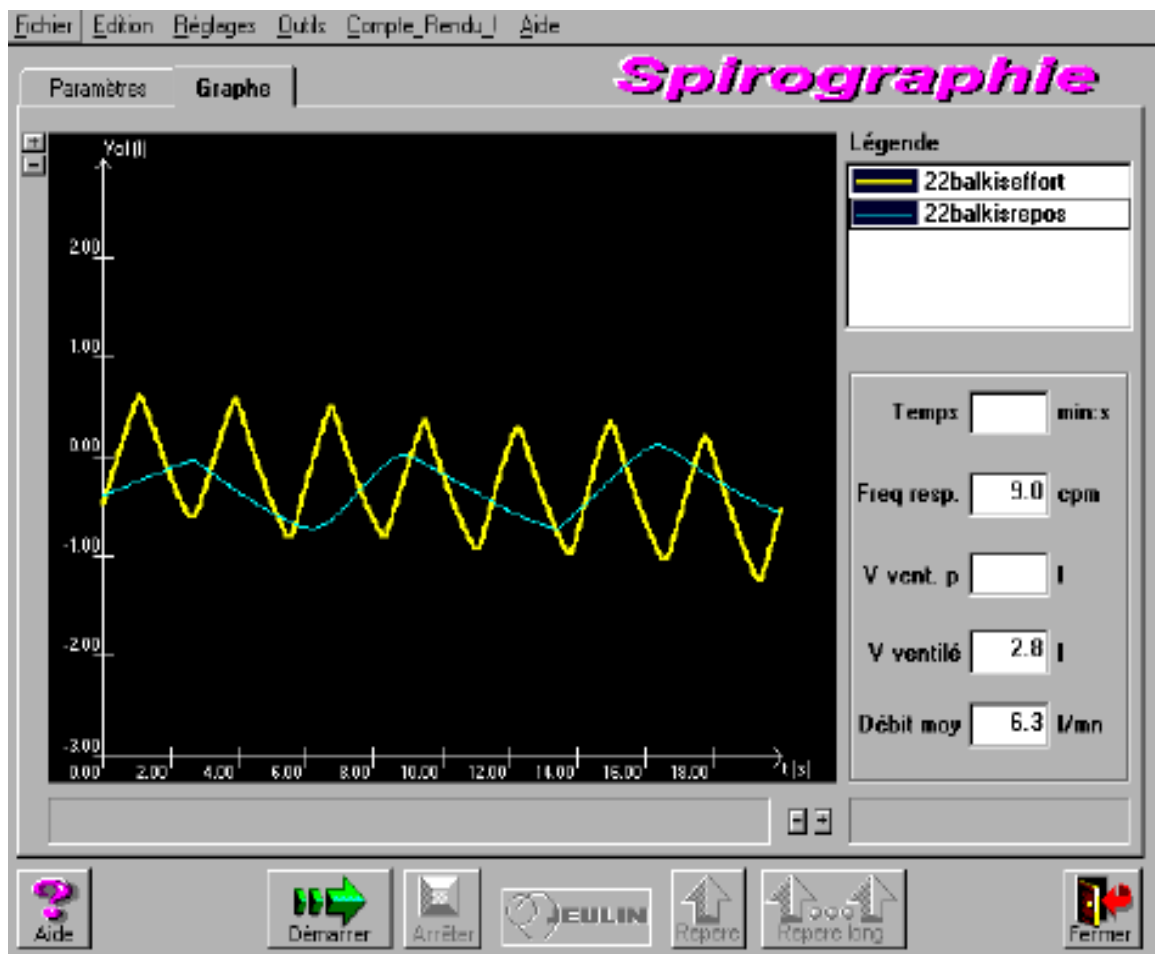
Teneur en O ₂ (mL.L ⁻¹)	Sang préalvéolaire	Sang post-alvéolaire
Au repos	140	200
Lors d'un effort	20-40	200

Le passage du dioxygène de l'air alvéolaire jusque dans le sang se fait par **diffusion** à travers les membranes. Cette diffusion est dépendante de la concentration en O_2 dans le sang. Plus, cette dernière est faible (cas d'un effort) plus la diffusion est efficace afin de rééquilibrer les pressions en gaz de part et d'autre des membranes.

Le rôle de l'appareil respiratoire est de permettre le passage du dioxygène de l'air dans le sang (à la différence, le dioxyde de carbone emprunte le chemin inverse).

2-1-2 : Les modifications de l'appareil respiratoire lors de l'effort physique :

Les enregistrements spirométriques (réalisés par Esao) permettent de visualiser quelques caractéristiques de l'activité de l'appareil respiratoire :



Doc.8 : Enregistrement spirométrique au repos

- **Ventilation pulmonaire** : processus d'inspirations et d'expirations qui assurent le renouvellement de l'air dans les poumons.
- **Fréquence respiratoire** : nombre de cycle inspiration/expiration par minute
- **Débit ventilatoire** : Volume d'air échangé entre les poumons et le milieu extérieur par minute

$$\text{DEBIT VENTILATOIRE (L/min)} = \text{FREQUENCE RESPIRATOIRE (mouvements/min)} \times \text{VOLUME COURANT (L/mouvement)}$$

- les mesures montrent qu'un effort physique s'accompagne d'un accroissement du débit ventilatoire qui peut passer de 5 à 6 litres par minute à **120 litres par minute**.
- l'augmentation du débit résulte de l'accélération de la fréquence ventilatoire (qui passe de 16 mouvements par minute au repos à environ **40 à 50 mouvements** par minute pendant l'effort) et de l'accroissement du volume courant, qui peut passer de 0,5 L au repos à **3 L** au cours d'un effort intense et prolongé.

L'augmentation de l'activité musculaire est associée à une augmentation du volume courant et une augmentation de la fréquence respiratoire donc d'une augmentation du débit ventilatoire.

Cette augmentation du débit ventilatoire permet un approvisionnement plus important des cellules musculaires en dioxygène.

2-2 : Réponses de l'appareil cardiaque à un effort physique : TP11

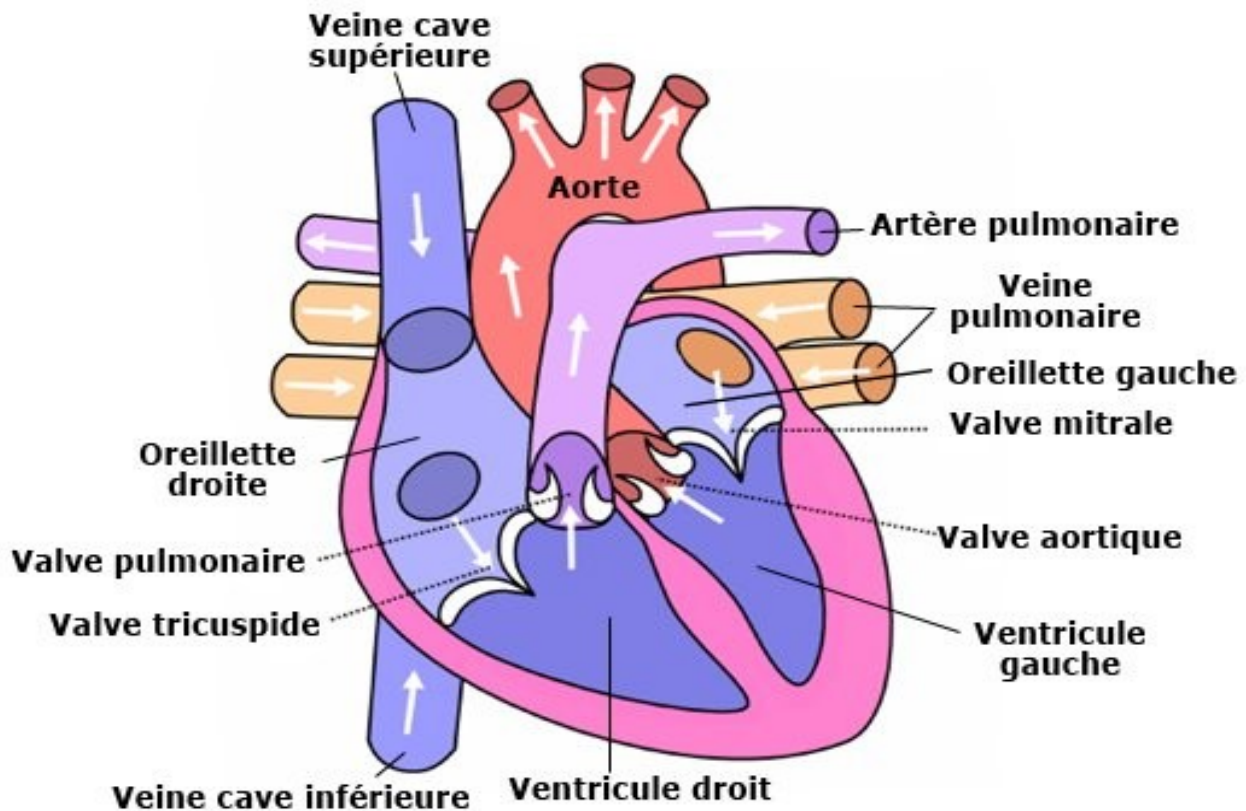
2-2-1 : Organisation fonctionnelle de l'appareil cardiaque :

Le cœur est un **muscle creux** appelé **myocarde**, cloisonné en deux parties indépendantes, séparées par une cloison et n'échangeant pas de sang entre elles : on parle de cœur droit et de cœur gauche.

Chaque partie contient deux cavités : une **oreillette** à paroi fine et un **ventricule** à paroi épaisse : la paroi du ventricule gauche est plus épaisse que celle du ventricule droit.

Des vaisseaux sont raccordés au cœur, ce sont :

- des **veines caves** au niveau de l'oreillette droite
- des **veines pulmonaires** au niveau de l'oreillette gauche
- de l'**artère aorte** au niveau du ventricule droit
- des **artères pulmonaires** au niveau du ventricule gauche

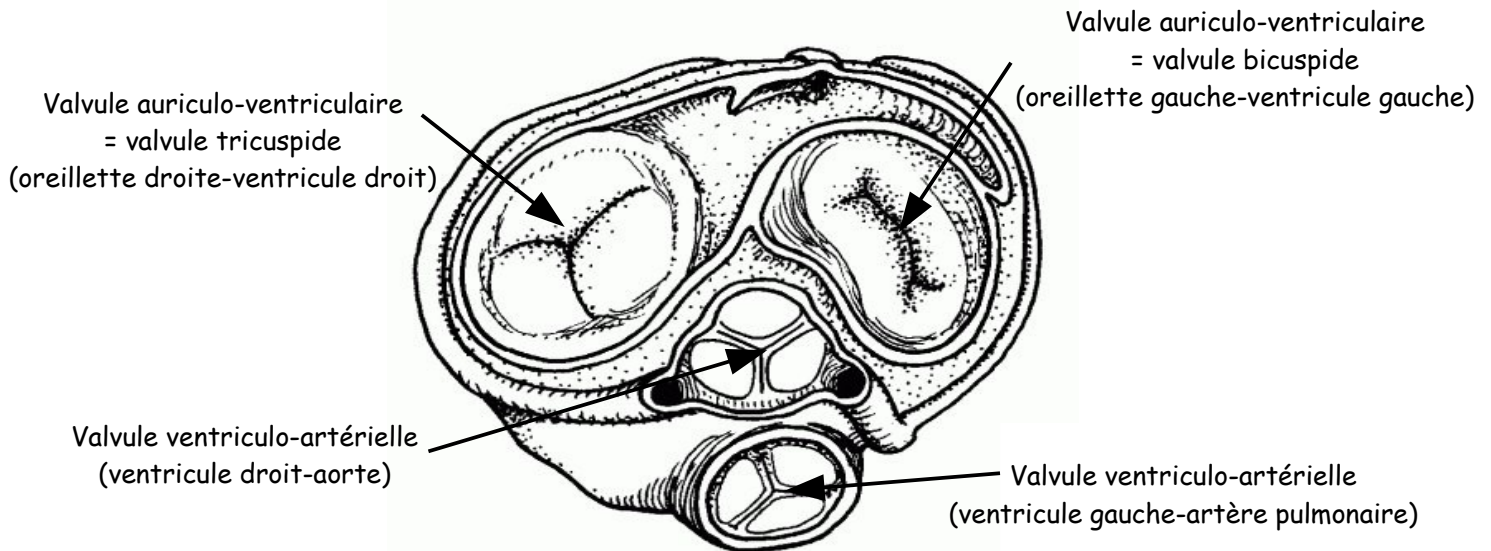


Doc.9 : Coupe schématique d'un cœur

Le sang dans le cœur **circule à sens unique** dans les deux parties du cœur : dans chaque partie le sang circule dans le sens veine-oreillette-ventricule-artère. Le sens de circulation à l'intérieur du cœur est imposé par les **valvules** :

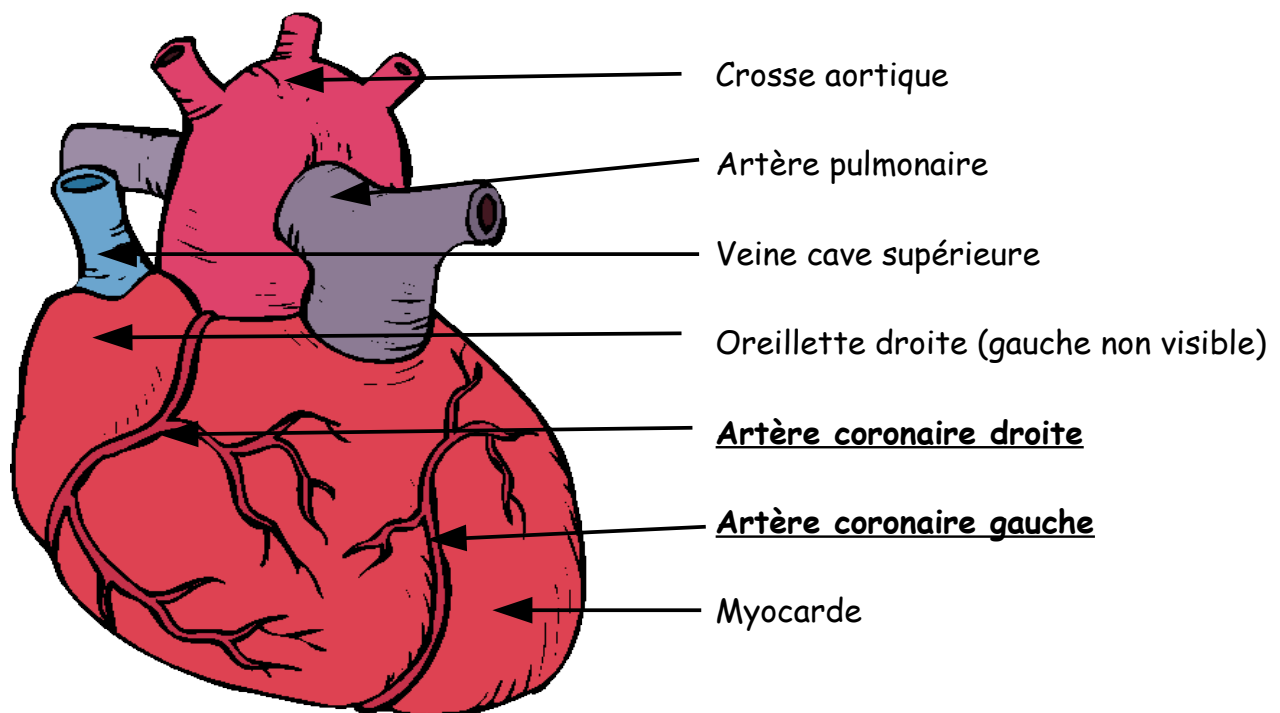
- les **valvules auriculo-ventriculaires (VAV)** entre les oreillettes et les ventricules empêchent le reflux du sang des ventricules dans les oreillettes au moment de la contraction cardiaque.
- les **valvules ventriculo-artérielles (VVA)** entre les ventricules et les artères empêchent le reflux de sang dans les ventricules au moment du relâchement du muscle cardiaque.

La fermeture d'une valve se fait par rapprochement des lames qui la composent.



Doc.10 : Coupe transversale d'un cœur visualisant les valvules

Le cœur possède une circulation qui lui est propre (comme pour tout organe) : l'irrigation du tissu cardiaque ou myocarde est assuré par les **artères et veines coronaires**.



Doc.11 : Vaisseaux propres au cœur

2-2-2 : Les étapes d'un cycle cardiaque :

Le cœur est un muscle animé de contractions rythmiques qui mettent le sang en mouvement dans les vaisseaux sanguins que sont les artères et les veines.

Le sang dans le cœur circule à sens unique dans les deux parties du cœur : dans chaque partie le sang circule dans le sens **veine-oreillette-ventricule-artère**.

- le cœur droit reçoit le sang sans pression provenant de l'ensemble des organes par l'oreillette droite grâce aux veines caves, le sang passe dans le ventricule droit puis est expulsé par les artères pulmonaires.

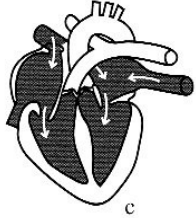
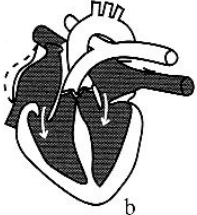
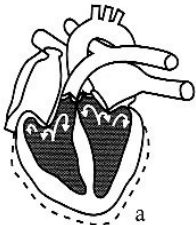
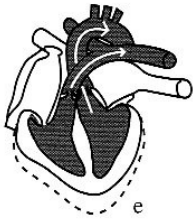
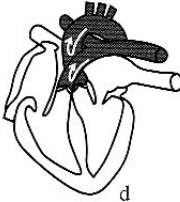
- le cœur gauche reçoit le sang en provenance des poumons par l'oreillette gauche grâce aux veines pulmonaires, le sang passe dans le ventricule gauche puis est expulsé sous pression dans l'artère aorte.

Chaque **battement cardiaque** correspond à une répétition constituant un cycle cardiaque (ou révolution cardiaque) qui se compose en deux phases :

- une **phase de remplissage** du cœur ou **diastole** qui correspond à un relâchement du muscle cardiaque.

- une **phase d'éjection du sang** ou **systole** qui correspond à une contraction des ventricules.

Chaque phase se déroule de façon synchrone (en même temps) du côté gauche et du côté droit du cœur.

Schémas d'un cycle cardiaque dans l'ordre chronologique.	Phases du cycle cardiaque	Etat de fermeture ou d'ouverture des valvules.		Etat de contraction ou de relâchement des cavités cardiaques.
	Diastole générale	VAV : Ouvertes	VVA : Fermées	Oreillettes : Relâchées Ventricules : Relâchés
	Systole auriculaire	VAV : Ouvertes	VVA : Fermées	Oreillettes : Contractées Ventricules : Relâchés
	Systole ventriculaire	VAV : Fermées	VVA : Fermées	Oreillettes : Relâchées Ventricules : Contractés
	Systole ventriculaire	VAV : Fermées	VVA : Ouvertes	Oreillettes : Relâchées Ventricules : Contractés
	Diastole générale	VAV : Ouvertes	VVA : Fermées	Oreillettes : Relâchées Ventricules : Relâchés

← Un cycle cardiaque = Un battement cardiaque →

	Diastole générale (0,5 sec)	Systole auriculaire (0,1 sec)	Systole ventriculaire (0, 2 sec)	
Valves auriculo-ventriculaires	O	O	F	F
Valves artérielles	F	F	F	O
Conséquences	Remplissage passif des ventricules (2/3)	Remplissage actif des ventricules (1/3)	Mise du sang sous pression	Éjection du sang dans les artères (VES)
	← Phase de remplissage →		← Phase d'éjection →	

Le cycle cardiaque ou **révolution cardiaque** est l'ensemble des évènements qui se produisent pendant un battement cardiaque, qui est décomposé en deux phases :

- une **phase de remplissage** des ventricules : le sang arrive par les veines (au cœur droit et gauche), il s'écoule librement dans les oreillettes et les ventricules ; les valvules auriculo-ventriculaires sont ouvertes. Le cœur est complètement relâché, c'est la **diastole générale** dont la durée est de 0,5 seconde. La contraction des oreillettes ou systole auriculaire termine le remplissage des ventricules et les valvules ventriculo-artérielles se ferment (cette phase dure environ 0,1 seconde).

- une **phase d'éjection** où après s'être contactées les oreillettes se relâchent (**diastole auriculaire**) et les ventricules commencent à se contracter, il y a fermeture des valvules auriculo-ventriculaires. Pendant une fraction de seconde toutes les issues sont fermées et la paroi des ventricules comprime le sang, puis lorsque la pression est suffisante les valvules ventriculo-artérielles s'ouvrent et le sang est éjecté dans les artères. C'est la **systole ventriculaire** qui dure 0,3 seconde. Puis les ventricules se relâchent : **diastole ventriculaire** et les valvules artérielles se referment pour éviter un reflux de sang dans les ventricules.

Pour un cœur qui bat à une fréquence de 75 battements par min, un **cycle cardiaque dure environ 0,8 seconde**. A chaque cycle, le volume de sang éjecté par un ventricule est de 60 à 80 ml. En multipliant par la fréquence, on obtient un **débit cardiaque** de 5 L/min au repos. Comme les cœurs sont installés en **série (le sang passe dans la partie droite et ensuite dans la partie gauche)**, les débits des cœurs droit et gauche sont identiques.

Pour en savoir plus avec Internet :

- Logiciel « cœur », à télécharger pour mieux comprendre le fonctionnement du cœur : <http://pedagogie.ac-toulouse.fr/svt/serveur/lycee/perez/coeur/coeurpp.htm>

- Vidéo sur le fonctionnement des valves cardiaques : <http://www.intellego.fr/soutien-scolaire--/aide-scolaire-svt/video-des-valves-cardiaques-mitrale-aortique-et-tricusvide-par-echographie/42745>

2-2-3 : Les modifications de l'activité du cœur lors de l'effort physique :

Le cœur est un muscle animé de mouvements rythmiques ce qui permet de mettre le sang en mouvement. Deux paramètres vont caractériser l'activité cardiaque et ses modifications au cours de l'effort physique :

- la **fréquence cardiaque** correspond au **nombre de battements du cœur par minute**. Ce paramètre rend compte de l'activité du cœur : au repos cette fréquence est en moyenne de 60 à 80 battements par minute, lors d'un effort physique cette fréquence augmente mais ne peut dépasser une FC maximale déterminée par l'équation suivante : $FC_{max} = 220 - \text{âge}$. La fréquence cardiaque **augmente** au cours de l'effort physique.

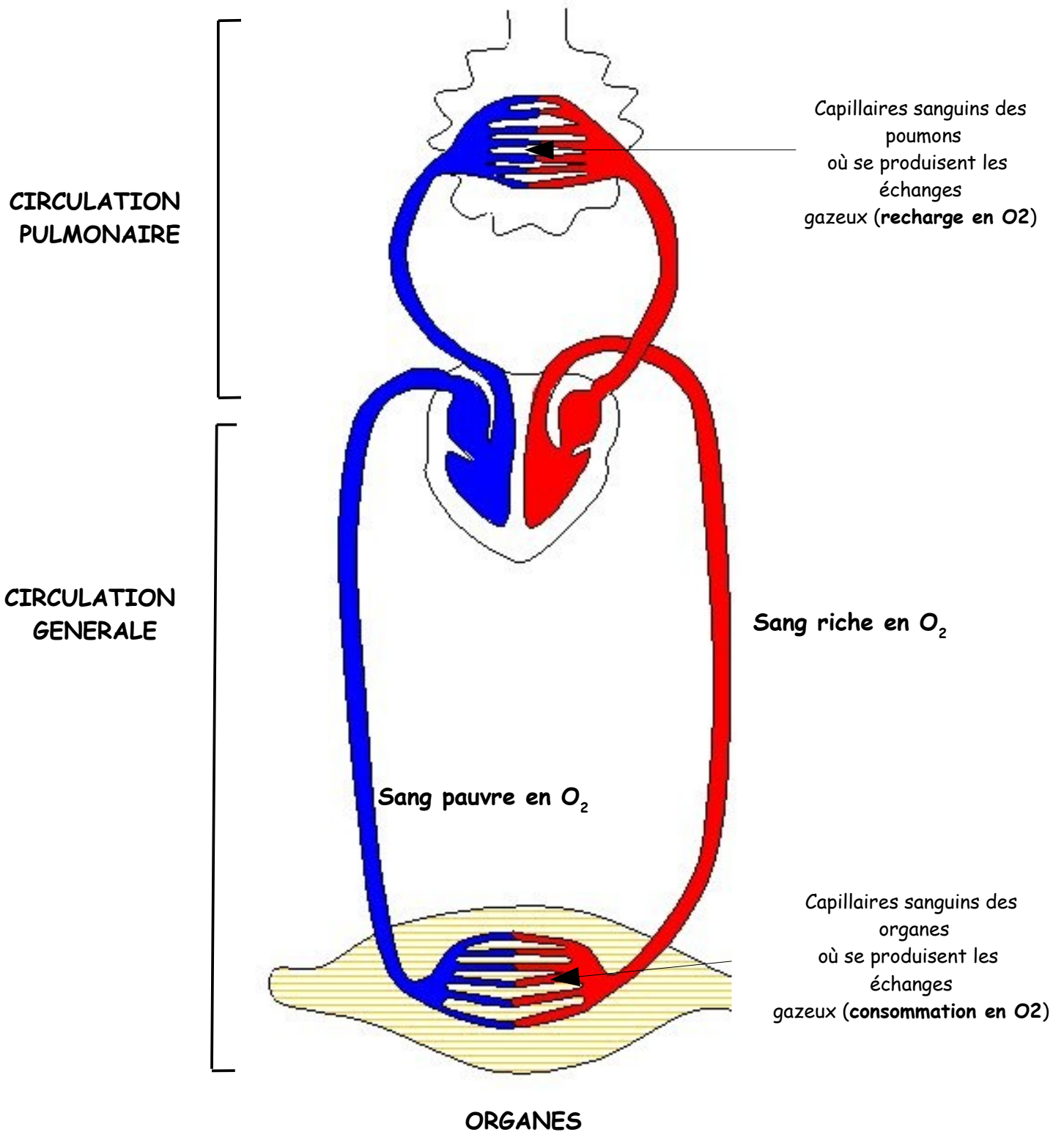
- le volume des ventricules à la fin de leur remplissage et devant être expulsé lors de la systole ventriculaire est d'environ 125 ml de sang (**VES** ou volume d'éjection systolique), mais il peut atteindre 250 ml. Ainsi pendant l'effort, la **puissance des contractions cardiaques** augmente, ce qui permet d'éjecter plus de sang dans les artères.

- le **débit sanguin** décrit par la formule ci-dessous augmente aussi. Il faut savoir que le débit du cœur droit et du cœur gauche sont égaux, ce qui est différent c'est la pression sanguine qui règne dans chaque partie du cœur. La pression sanguine dans le cœur gauche est forte car le muscle cardiaque est épais ce qui favorise cette mise sous pression (elle est plus faible dans le cœur droit car le myocarde est beaucoup moins épais).

DEBIT CARDIAQUE (L/min)	=	FREQUENCE CARDIAQUE (battements/min)	x	VOLUME D'EJECTION SYSTOLIQUE (L/battement)
-----------------------------------	----------	--	----------	--

2-2-4 : Les modifications de la circulation sanguine dans l'organisme :

La circulation pulmonaire et la circulation générale sont disposées en série : elles sont placées l'une à la suite de l'autre.



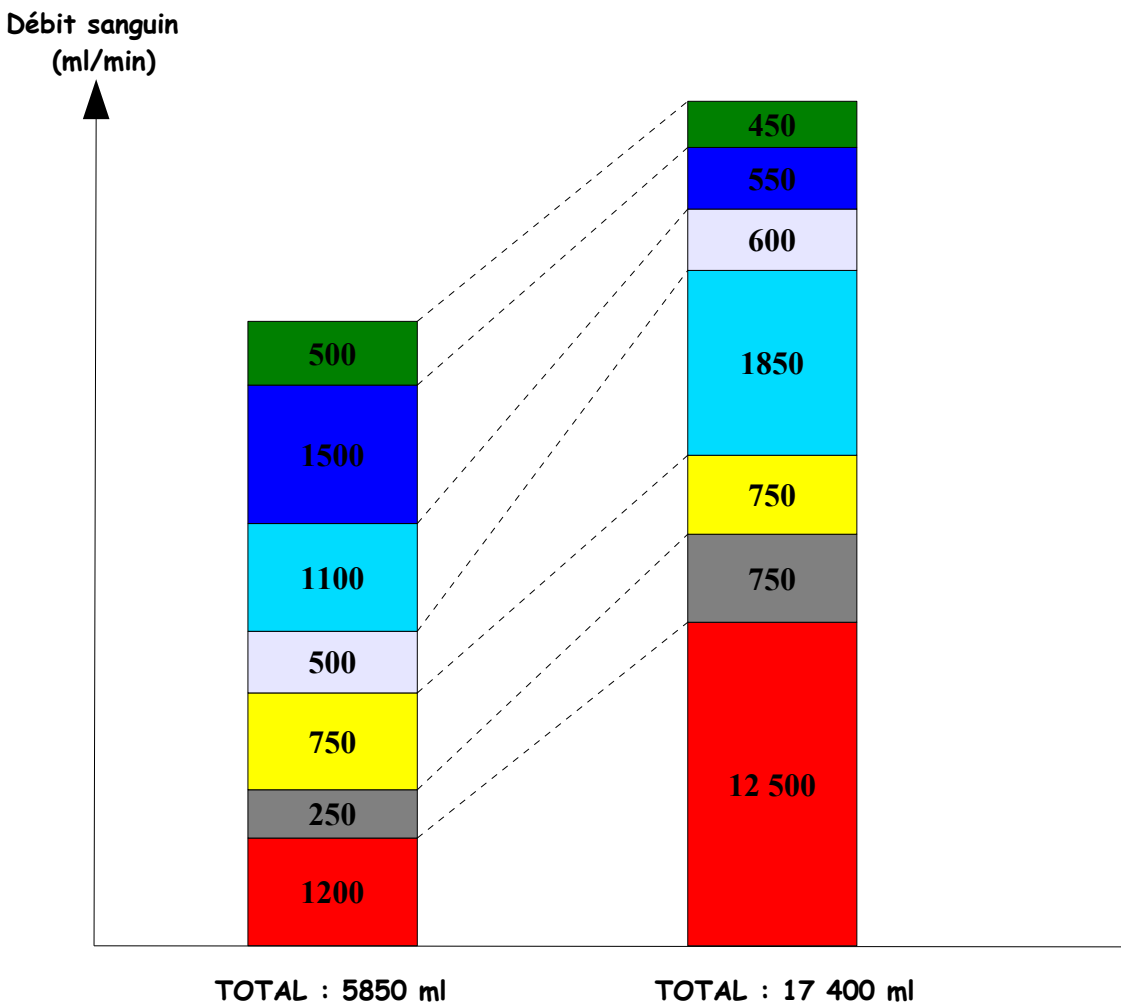
Doc.12 : Double circulation du sang dans l'organisme

Le sang qui quitte les poumons est toujours saturé en dioxygène : on parle de **recharge du sang** en dioxygène. Ce sang saturé en dioxygène arrive aux organes qui le consomment, d'où un sang veineux moins riche en dioxygène qui retourne au cœur par les veines caves.

Les organes de la circulation générale sont disposés en **parallèle**, ce qui assure une distribution indépendante de sang aux différents organes.

Lors d'un effort physique, le débit sanguin dans les organes varie : il est augmenté dans certains organes et diminué dans d'autres. La disposition en parallèle du sang dans les organes permet cette adaptation de la circulation générale à l'effort physique :

- le débit est **augmenté** dans les **muscles** (pour permettre de réaliser l'effort physique souhaité), dans le **cœur** (pour assurer le travail mécanique supplémentaire) et dans les vaisseaux de la **peau** (pour permettre une dissipation vers l'extérieur de la chaleur produite lors de l'effort)
- le débit est **diminué** au niveau des organes de l'**appareil digestif** et des autres **organes** (rein par exemple)
- il reste **constant** au niveau du **cerveau**.

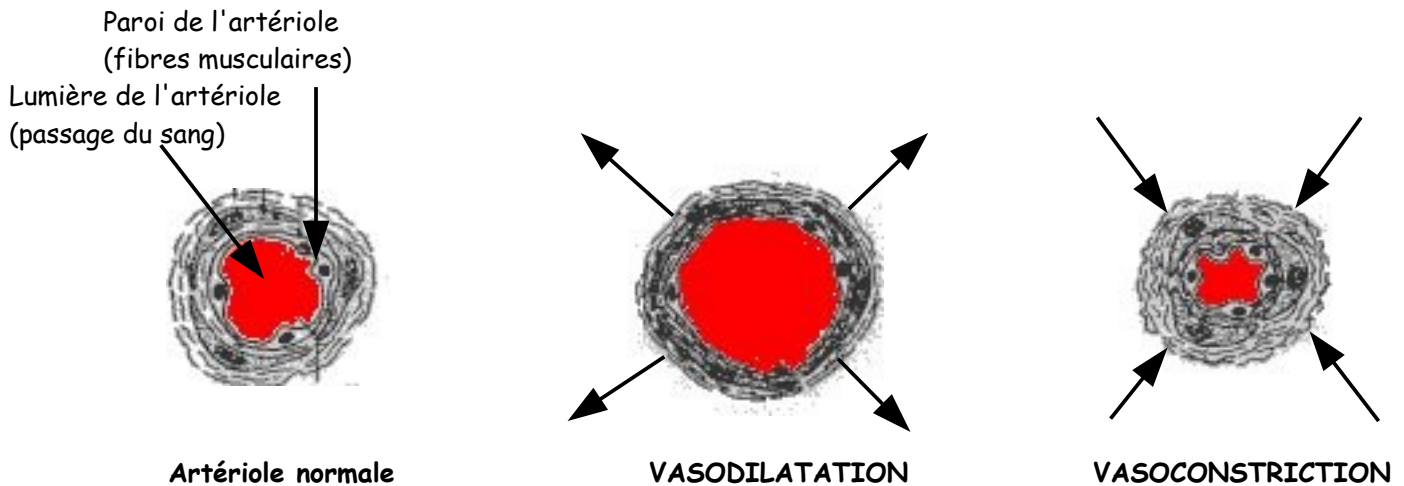


Doc.13 : Débits sanguins dans différents organes au repos et lors d'un exercice physique

Cette variation du débit sanguin est contrôlée par les variations du diamètre des artérioles qui irriguent ces différents organes.

- il y a **vasodilatation** (augmentation du diamètre d'un vaisseau sanguin par relâchement des fibres musculaires de la paroi) des artérioles au niveau des muscles du cœur et de la peau.

- il y a **vasoconstriction** (diminution du diamètre d'un vaisseau sanguin par contraction des fibres musculaires de sa paroi) des artérioles au niveau des autres organes.



Doc.14 : Variation du diamètre des artérioles.

Ces deux phénomènes : **disposition parallèle** et **modifications du diamètre** des artérioles sont responsables d'une modification de la distribution des débits sanguins entre les différents organes au cours de l'activité physique.

L'**apport préférentiel** de dioxygène aux muscles en activité résulte de la vasodilatation des artérioles des muscles associée à une redistribution des débits sanguins dans les différents organes de la circulation générale, disposées en parallèle.

Lors d'un effort physique, l'augmentation rapide de l'activité des fonctions cardiaque et respiratoire est une adaptation qui permet à l'organisme de prélever davantage de dioxygène et de glucose, ce sont les cellules musculaires qui ont le plus de besoins. Ceci a pour conséquence une plus grande production d'énergie par les muscles en activité. Avec l'entraînement, l'organisme devient plus performant.

Correction des exercices du manuel :

Exercice 5 page 215 :

1- On observe une diminution régulière de la vitesse du sang au fil du trajet dans les artères, de l'aorte (32 cm/sec) jusqu'aux capillaires (1 cm/sec). Cette diminution est étroitement liée à l'augmentation de la section totale des vaisseaux (de 32 cm² pour l'aorte à 2 800 cm² pour les capillaires).

Ce phénomène s'explique ainsi : un ensemble de vaisseaux dont la section totale est grande présente un volume total plus important. Un certain volume de sang arrivant dans un volume plus grand (dans un réseau de capillaires par exemple) voit sa vitesse d'écoulement diminuer.

2- dans les réseaux de capillaires musculaires, l'augmentation de la section de vaisseaux équivaut à l'augmentation de la surface d'échange, et entraîne une baisse importante de la vitesse du sang : ces deux phénomènes favorisent les échanges entre le sang et le muscle et améliorent l'approvisionnement de ce dernier en nutriments et en dioxygène.

Exercice 6 page 215 :

1- chez les trois individus, on observe que l'augmentation du volume d'éjection systolique suit celle de la consommation de dioxygène. Plus l'effort requiert du dioxygène, plus le volume systolique est important. Celui-ci atteint des valeurs plus importantes selon le degré d'entraînement du sujet : le volume systolique maximal de l'athlète est proche de 160ml, supérieur à celui du lycéen entraîné (106 ml), lui même supérieur à celui du lycéen non entraîné (88 ml).

2- Le débit cardiaque est le produit de la fréquence cardiaque par le volume d'éjection systolique. Pour une consommation de dioxygène de 2L/min, on calcule un débit de 14,4 L/min pour l'athlète, 14,6 L/min pour le lycéen entraîné et 15,7 L/min pour le lycéen non entraîné.

3- On constate que, pour une consommation de 2L de dioxygène par minute, le débit cardiaque du sportif est proche de celui des autres sujets, malgré une fréquence cardiaque moindre. Le cœur d'un sujet entraîné doit donc fournir un travail moindre pour satisfaire une consommation de dioxygène donnée. Un sportif entraîné dispose alors d'une marge de performance cardiaque qui lui permettra de fournir un effort d'intensité plus élevée pendant plus longtemps.

Exercice 7 page 215 :

1- Les valves auriculo-ventriculaires sont situées entre les oreillettes et les ventricules. Leur mauvaise fermeture entraîne un reflux sanguin partiel du sang des ventricules vers les oreillettes lors de la systole ventriculaire. Ainsi le volume d'éjection systolique diminue.

2- Une activité physique intense nécessite un débit cardiaque élevé. La baisse du volume d'éjection systolique chez les porteurs d'une telle malformation va provoquer une augmentation dangereuse de la fréquence cardiaque pour maintenir un débit cardiaque suffisant. Pratiquer une activité physique intense présente donc un danger pour le cœur d'un sujet porteur de cette anomalie.