

Séquence 1

Quantifier l'effort et ses effets

Sommaire

1. Les besoins d'un muscle au cours d'un effort physique
2. Les modifications physiologiques permettant de répondre aux besoins des muscles
3. Synthèse de la séquence
4. Exercices
5. Devoir autocorrectif

Introduction

Au cours de l'activité physique, les muscles ont des besoins accrus. La couverture de ces besoins met en jeu de nombreux organes. Quels sont les besoins des muscles liés à l'effort ? Comment l'organisme satisfait-il ces besoins ?

1

Les besoins d'un muscle au cours d'un effort physique

Pour s'interroger

Le fonctionnement des muscles et des autres organes nécessite des nutriments et du dioxygène pour produire de l'énergie.

Des questions

- ▶ Comment peut-on quantifier les besoins du muscle en activité ?
- ▶ Existe-il des limites au travail musculaire ?

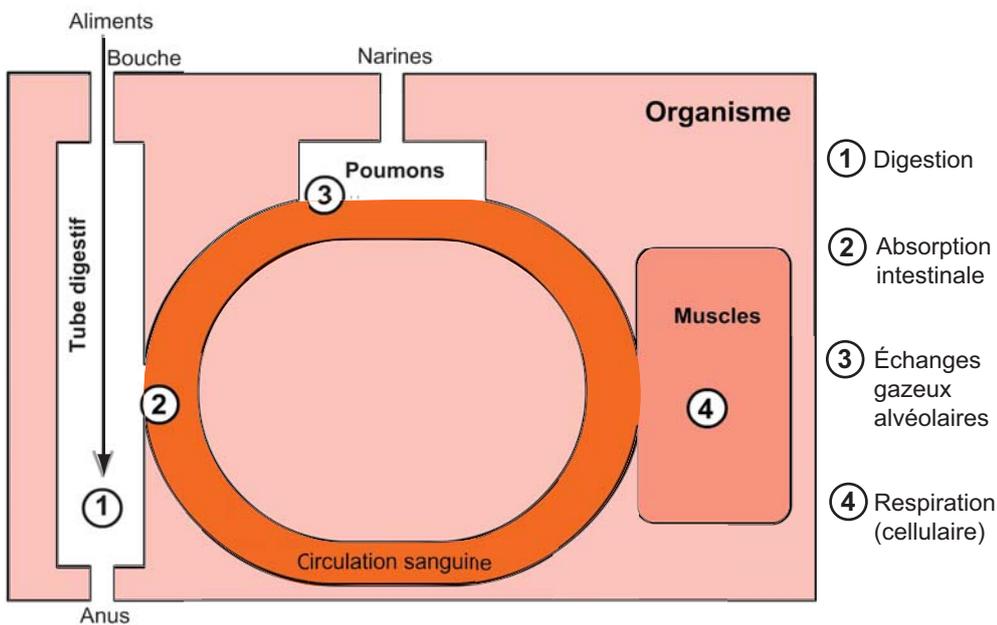
Activité 1 Représenter des informations sur un schéma.

Rappel Activité des muscles, échanges avec le sang, échanges avec le milieu extérieur.

Question Compléter le schéma en représentant le trajet et les échanges des nutriments, du dioxygène et du dioxyde de carbone, par des flèches (utiliser un code couleurs).



Document 1 Activité des muscles, échanges avec le sang, échanges avec le milieu extérieur



A

L'évaluation des besoins musculaires, au cours d'un effort physique

Au cours d'un effort physique, les muscles doivent produire davantage d'énergie nécessaire au travail musculaire.

► Comment les muscles en activité produisent davantage d'énergie ?

Les muscles sont des organes très irrigués traversés par les vaisseaux sanguins. Au cours d'un effort physique, ils sont sollicités et doivent produire de l'énergie pour se contracter.

Activité 2 Saisir des informations et représenter des informations sur un schéma

À l'aide de prises de sang, on a mesuré les quantités de dioxygène (O_2), de dioxyde de carbone (CO_2) et de glucose dans 1 mL de sang entrant dans un muscle et dans 1 mL de sang sortant d'un muscle. Ces mesures ont été effectuées au repos et durant un effort physique.

Questions



1 Interpréter les résultats d'analyses de sang pour déterminer :

- quels sont les échanges effectués entre le muscle et le sang.
- quelle est l'évolution de ces échanges durant un effort physique.

Remarque

Un muscle est un ensemble de cellules musculaires.

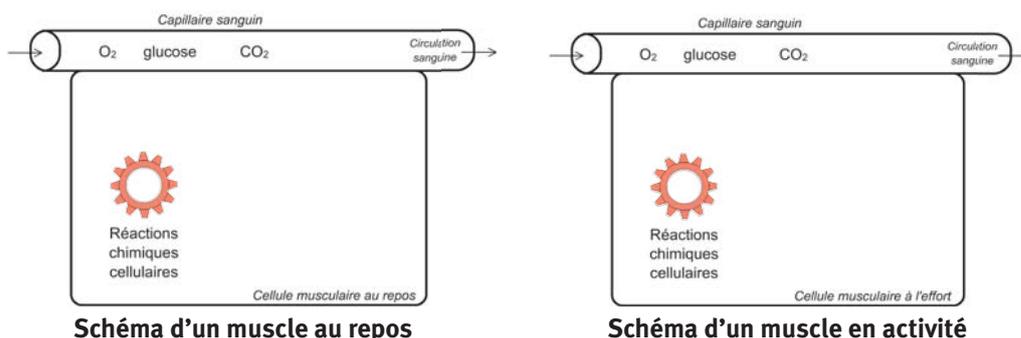
2 D'après vos connaissances, quel phénomène est mis en jeu ici ? Quel est le but de celui-ci ?

3 Compléter les deux schémas d'un muscle à partir des réponses précédentes.

Résultats d'analyse d'1 mL de sang

		Au repos	A l'effort
Sang entrant dans le muscle.	Dioxygène	200 μ l	200 μ L
	Dioxyde de carbone	490 μ L	490 μ L
	Glucose	900 μ g	900 μ g
Sang sortant du muscle	Dioxygène	150 μ L	20 μ L
	Dioxyde de carbone	530 μ L	700 μ L
	Glucose	870 μ g	500 μ g

Document 2



À retenir

Au cours de l'activité physique, les muscles richement irrigués consomment davantage d'O₂ et de nutriments qu'ils prélèvent dans le sang. Ils rejettent davantage de CO₂. L'augmentation de ces échanges est liée à la production d'énergie (une partie est utilisable pour le travail musculaire = contraction, l'autre partie est évacuée sous forme de chaleur) par respiration.

- Comment varient les consommations de dioxygène et de glucose de l'organisme au cours d'un effort physique, pour répondre aux besoins des muscles ?

B

La consommation d'O₂ de l'organisme au cours d'un effort physique

1. Mesures expérimentales de la consommation d'O₂

Activité 3 Utiliser des modes de représentation expérimentales et analyser des données.

Mesures de la consommation en O₂ d'élèves au cours d'efforts physiques différents, à l'aide du logiciel atelier scientifique.

► Problèmes biologiques :

- Quelle est la consommation d'O₂ de l'organisme au repos ?
- Quelle variation cette consommation subit-elle à l'effort ?

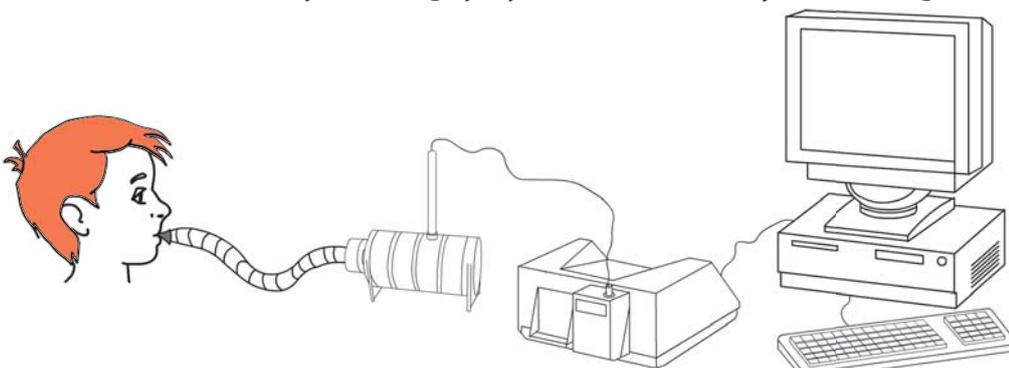
► Dispositif expérimental :

On mesure la consommation de dioxygène, au repos, pour un effort modéré et intense pendant deux minutes, à l'aide d'un dispositif EXAO.

Document 3

Dispositif expérimental :

De la respiration au graphique, comment sont analysés les échanges d'air



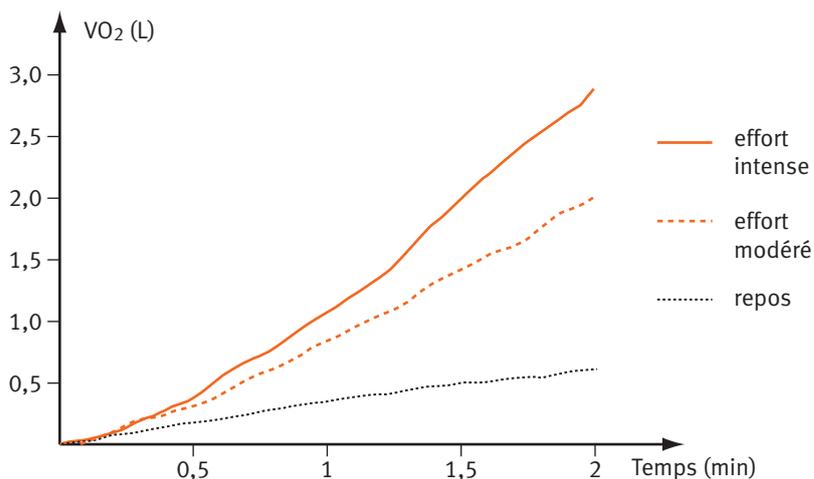
Le garçon souffle dans un appareil

L'air est analysé en passant sur une électrode

Une interface transforme les signaux de l'électrode en message électrique

Un ordinateur affiche les mesures, de quantité d'oxygène dans l'air expiré par exemple

Résultats : Consommation de dioxygène selon l'effort



Exploitation des résultats et conclusion :

Questions



1 Compléter le tableau suivant à partir des résultats obtenus.

Aide pour compléter le tableau :

- colonne 2 : lire les valeurs sur le graphe.
- colonne 3 : faire la moyenne à partir des résultats sur 2 minutes.
- Colonne 4 : à exprimer par « kilo d'élève ». (Masse de l'élève 48 kg).

Condition de la mesure	Consommation d' O_2 mesurée pour 2 mn	Consommation <i>moyenne</i> d' O_2 par minute	Consommation <i>moyenne</i> d' O_2 par minute et par kg
Repos			
effort modéré (10 flexions/min)			
effort intense (20 flexions/min)			

2 **Tracer** la courbe de la consommation moyenne d' O_2 par minute en fonction de l'intensité de l'effort.

Aide

Construire un graphique

Une graphe identifie la grandeur étudiée, c'est-à-dire ce que l'on mesure. Cette grandeur est représentée en ordonnée (y).

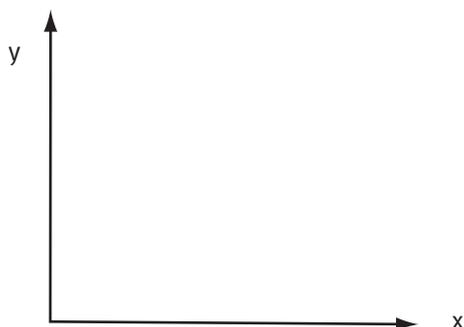
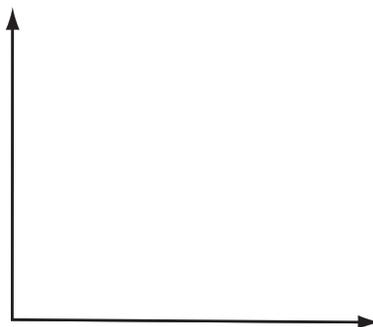
La courbe représente l'évolution de cette grandeur (y) en fonction de ce qui est en abscisse (x).

Aide

Son titre reflète donc la relation $y = f(x)$. C'est une phrase du type variation de (y) en fonction de « x »

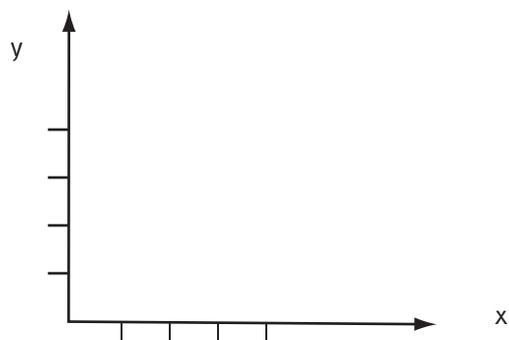
Construire un graphique.

- ▶ **Tracer** à la règle les axes à terminer par une flèche.
- ▶ **Reporter** en ordonnée (axe vertical y) le phénomène étudié (= paramètre mesuré) et l'unité le concernant.
- ▶ **Reporter** en abscisse (axe horizontal x) le facteur qui agit et l'unité employée. (par exemple le temps...).



y est fonction de x

- ▶ **Choisir** une échelle suivant les valeurs à reporter et graduer les axes. Les axes doivent être gradués à intervalles constants.



y est fonction de x

- ▶ **Reporter** les points suivants les coordonnées signalées.
- ▶ **Tracer** la courbe.
- ▶ **Indiquer** un titre prenant en compte le phénomène étudié y en fonction du facteur qui agit (= x)

- 3 **Répondre** aux problèmes biologiques, en utilisant les données du tableau.
- 4 Ces conclusions sont-elles en accord avec les besoins du muscle ?

À retenir

Pendant un effort physique, les besoins en dioxygène de l'organisme croissent ce qui provoque une augmentation de sa vitesse de consommation en dioxygène ou VO_2 . L'organisme ne possède pas de réserve de dioxygène et doit ainsi satisfaire immédiatement ses besoins.

► **Existe-il des limites à cette consommation ?**

2. Limite à la consommation de dioxygène

Activité 4 Utiliser l'outil informatique Trier les données en relation avec le sujet

Document 4 Un jeune sportif de 17 ans réalise dans un centre spécialisé un test d'effort sur une bicyclette ergonomique. Celle-ci permet une augmentation par paliers de la puissance de l'effort au cours du test. L'exercice conduit à la limite de l'épuisement, moment où le médecin prend la décision d'arrêter l'exercice. Au cours de ce test, divers paramètres sont mesurés, parmi lesquels la vitesse de consommation de dioxygène (ou VO_2). Voici les résultats :

Puissance de l'effort (en Watts)	0	60	90	120	150	180	210	240	270	300
VO_2 (en $mL \cdot min^{-1} \cdot Kg^{-1}$)	10.3	20.1	25.9	30.5	37.5	46.8	51.9	56.9	64.2	64.2

Questions



- 1 Construire le graphique représentant la VO_2 en fonction de la puissance de l'effort, à l'aide d'un tableur.

Aide

Représentation d'un tableau et d'un graphique à l'aide du logiciel « tableur grapheur » openOffice.calc

Ouverture d'un fichier

Fichier/ouvrir

Réalisation d'un tableau

Dans la colonne A, entrer les valeurs devant apparaître en abscisses.

Dans la colonne B, entrer les valeurs devant apparaître en ordonnées.

(En cas de plusieurs graphes, indiquer dans la première ligne les éléments pour lesquels les mesures x et y sont réalisées. Dans chacune des colonnes, entrez les valeurs que vous voulez voir apparaître en ordonnées.)

Sélectionnez l'ensemble des cases puis cliquer sur l'icône « bordure (rectangle dans barre d'outils) pour faire figurer en traits pleins l'ensemble des lignes et colonnes.

Aide

Réalisation d'un graphique

Sélectionner le tableau en cliquant (gauche) sur la première case à sélectionner et étirer en faisant glisser sans lâcher le bouton jusqu'à la dernière case du tableau. Cliquer sur **insertion** puis **diagramme**.

Dans la fenêtre qui s'ouvre

- ▶ choisir « 1ère ligne et colonne comme étiquette » si celles-ci doivent apparaître dans le graphique.
 - ▶ Choisir successivement « **suivant, graphique de type $y=f(x)$ (avec des données en colonne), suivant** », **écrire** les titres (général et axes) puis « **créer** », le graphique apparaît. D'autres modèles de présentation peuvent être sélectionnés.
- Pour changer
- ▶ la police, **clic droit** sur l'élément à modifier, **propriété de l'objet, caractère**, faire les modifications voulues.
 - ▶ Couleur et épaisseur des courbes, **double clic** sur la courbe puis faire les modifications désirées, en cas d'impression toutes les courbes doivent être noires.

- 2 Ces résultats sont-ils en accord avec les résultats expérimentaux précédents.
- 3 Quelles informations supplémentaires apportent-ils quant à la puissance de l'effort pouvant être fourni et au volume de dioxygène consommé.

À retenir

Il y a une limite à la consommation de dioxygène = $VO_2\text{max}$ = consommation maximale de dioxygène par minute par kg. Ce paramètre est en relation, en autres, avec le nombre de globules rouges présents dans le sang. Les globules rouges sont les transporteurs de dioxygène.

La $VO_2\text{max}$ détermine ainsi une puissance maximale (aérobie) de l'effort musculaire pouvant être produit.

Remarque

La réalisation d'un effort de 270 W à 300W, ($VO_2\text{max}$ atteinte) se déroule grâce à des filières produisant de l'énergie au sein des muscles sans nécessité d'oxygène (= filières anaérobies). Ces filières sont limitées dans le temps. La respiration est qualifiée de filière aérobie. (= nécessité de dioxygène).

- ▶ **Sommes-nous tous égaux face à la $VO_2\text{max}$?**
- ▶ **La $VO_2\text{max}$ est-elle un paramètre physiologique constant pour tous ?**

Activité 5 Saisir des informations et les mettre en relation avec un problème posé.

Les facteurs de variations de la $VO_2\text{max}$

Questions



- 1 Déterminer les facteurs de variations de la $VO_2\text{max}$
- 2 Relever les sports pour lesquels la $VO_2\text{max}$ est la plus élevée et préciser s'il s'agit de sports d'endurance ou des sports nécessitant des efforts brefs.

Document 5 Tableau représentant les variations de la VO_2 max, suivant le sexe, l'âge et le type d'activité sportive

Disciplines sportives	Age (ans)	VO2 max homme (mL.min-1.kg-1)	VO2 max femme (mL.min-1.kg-1)
Aviron	18-34	60-73	56-64
Base-ball	18-34	46-56	44-53
Basket-ball	18-30	45-55	42-53
Canoë	20-35	53-66	47-55
Course de fond	18-28	61-76	55-70
Cyclisme	18-30	62-76	49-65
Equitation	16-30	46-52	35-45
Football	16-29	53-63	42-54
Golf	20-35	44-52	37-49
Gymnastique	16-27	52-57	37-52
Haltérophilie	20-30	39-50	36-49
Handball	18-30	47-58	41-53
Marche	20-35	52-60	48-53
Natation	14-27	50-65	42-55
Patinage artistique	14-25	55-67	48-55
Patinage de vitesse	16-30	57-70	49-60
Ski de fond	18-30	60-80	57-70
Ski alpin	18-30	52-62	49-55
Sprint	18-30	54-60	49-58
Tennis	18-30	52-63	49-56
Triathlon	18-29	61-75	53-66
Volley-ball	18-30	49-54	42-53

À retenir

La VO_2 max est variable selon différents facteurs : le sexe, le type d'activité physique, l'âge, le dopage (voir pour en savoir plus), en autres...

C'est un paramètre particulièrement important pour les sports d'endurance, car il détermine un potentiel physiologique pour améliorer ses performances.

► **Comment la VO_2 max conditionne-t-elle les performances physiques ?**

En course à pied la VO_2 max est atteinte pendant une course à vitesse maximale et régulière de 4 à 8 min, selon le niveau des sujets testés.

Cette vitesse nommée **vitesse maximale aérobie (VMA)** est directement influencée par la valeur de la VO_2 max de chacun.

On peut bien sûr courir plus vite si l'on court moins longtemps, toutefois cela fait appel à d'autres filières énergétiques anaérobies limitées dans le temps.

La VO_2 max conditionne ainsi les performances sportives pour les sports d'endurance : la vitesse de la course (VMA) et aussi la capacité à produire un effort continu durant une période de temps plus ou moins longue.

Activité 6 Saisir des informations et les mettre en relation avec ses connaissances

Question

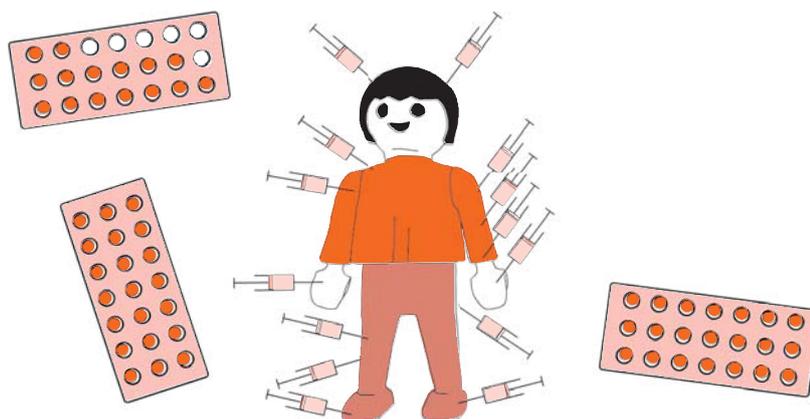


Document 6

A partir des informations extraites du texte et de vos connaissances, déterminer les facteurs pouvant augmenter la VO₂ max.

EPO... ou des Excès Pour un peu plus d'Oxygène

L'effort physique ne peut être maintenu que si le sang apporte par ses hématies une quantité de dioxygène suffisante pour la contraction des cellules musculaires. Comment disposer de plus d'hématies, pour mieux approvisionner les muscles ?



L'exercice physique est lié à l'apport de dioxygène par les globules rouges. On peut donc penser qu'en facilitant cet apport de dioxygène, le résultat d'un sportif de haut niveau, en particulier pour les sports d'endurance, s'améliorera. Cet accroissement du « potentiel aérobie » (l'apport de dioxygène) peut être obtenu assez facilement, et de manière naturelle, par un entraînement en altitude. Dans ces conditions en effet, la production des hématies est augmentée sous l'effet d'une hormone libérée par le rein : l'érythropoïétine ou EPO. Cette hormone agit sur la moelle osseuse en amplifiant la synthèse de globules rouges.

Ces mêmes effets peuvent être obtenus par l'injection, par voie sanguine, soit de substituts sanguins transporteurs de dioxygène (émulsions de perfluorocarbures, solutions d'hémoglobine...), souvent improprement qualifiés de « sang artificiel », soit directement d'érythropoïétine de synthèse. Cette dernière technique de dopage artificiel est utilisée par les sportifs peu soucieux des règles d'équité sportive, car l'injection n'est décelable que sur quelques jours, alors que l'effet bénéfique subsiste une à deux semaines.

Actuellement, le marché mondial de l'EPO représente 2 milliards d'euros. C'est le produit de synthèse le plus vendu au monde, dont 80 % à des fins de dopage.

Cependant, c'est oublier les effets pervers d'un tel dopage. L'élévation du taux de globules rouges dans le sang provoque en effet un épaississement

du sang dont l'écoulement dans le système circulatoire est alors beaucoup moins fluide. Il s'ensuit des risques non négligeables d'infarctus cérébraux et myocardiques, ainsi que d'embolie pulmonaire (formation de petits caillots dans les vaisseaux capillaires du cerveau, du cœur ou encore des poumons, entraînant l'arrêt de fonctionnement de l'organe mal irrigué). De plus, l'utilisation répétée d'EPO peut déclencher des maladies immunitaires, des hypertensions, ou encore des cancers de la moelle osseuse...



La consommation de nutriments d'un muscle au cours d'un effort physique

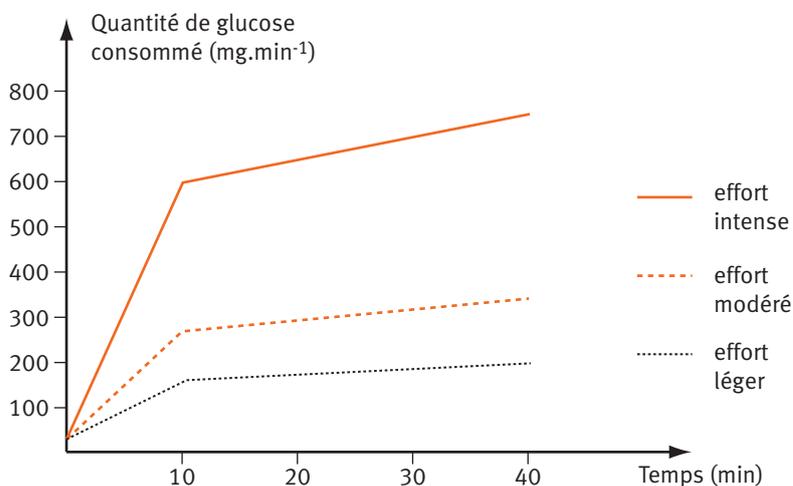
Les muscles en activité, pour produire davantage d'énergie ont des besoins accrus en dioxygène mais aussi en nutriments, par exemple le glucose.

- **Comment varie la consommation en glucose (= nutriment) en fonction de l'intensité de l'effort ?**

1. Mesure de la consommation de glucose

Activité 7 Saisir des données en relation avec le problème posé et poser un problème.

Document 7 Le graphique ci-dessous représente la consommation de glucose sanguin par les muscles des membres inférieurs en fonction de la puissance de l'effort physique. Les mesures sont faites au repos, à 10 minutes et à 40 minutes.



Questions



- 1 Calculer la consommation moyenne de glucose en gramme par minutes par minute en fonction de la puissance de l'effort physique.
- 2 Répondre au problème posé.
- 3 Quel problème les données précédentes posent-elles concernant notre rythme alimentaire ?

À retenir

La consommation de nutriments dépend de l'intensité de l'effort physique.

2. Mobilisation des réserves

Activité 8 Adopter une démarche explicative et élaborer une synthèse

À partir de l'analyse des documents (8, 9 et 10), de leur mise en relation, et des connaissances :

Questions



- 1 Montrer que l'organisme possède des réserves de nutriments (localisation, forme de stockage) mobilisables au cours d'un effort physique.
- 2 Montrer qu'ainsi l'exercice physique contribue à se maintenir en bonne santé.
Un guide d'exploitation est à votre disposition.

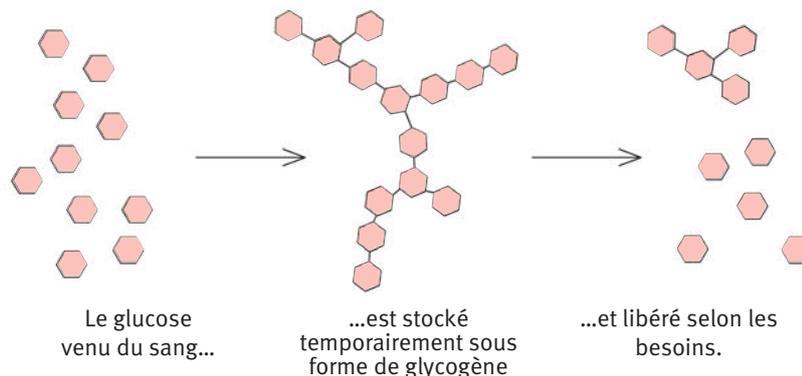
Document 8 Les réserves énergétiques de l'organisme estimées pour un homme de 70kg

Le glycogène est une source de glucose, et les triglycérides d'acides gras. Glucose et acides gras sont des nutriments directement utilisables par les organes (production d'énergie au cours de la respiration).

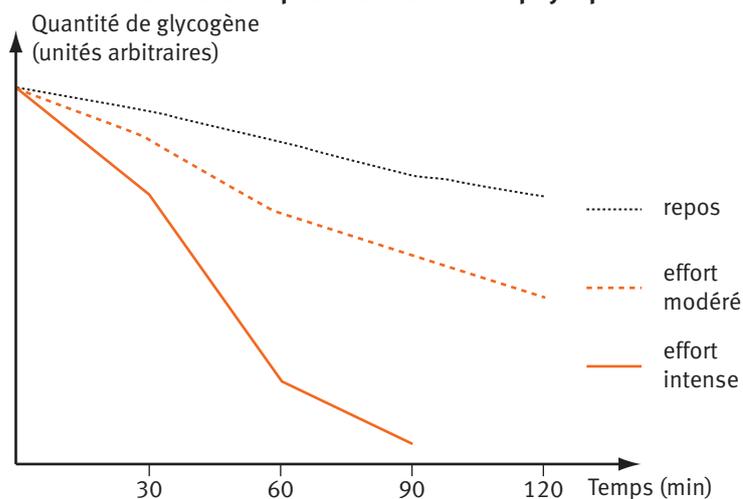
Glucides	Glycogène hépatique (foie)	80 à 90g
	Glycogène musculaire	300 à 350 g
	Glucose du milieu intérieur	15 g
Lipides	Triglycérides des muscles	300 g
	Triglycérides du tissu adipeux (graisse)	10 à 15 kg

Document 9 Le cytoplasme des cellules musculaires est le siège de nombreuses réactions biochimiques dont les réactions de synthèse et de dégradation des molécules de glycogène.

Dans la cellule musculaire :



Document 10 Courbe représentant la variation de la teneur en glycogène des muscles inférieurs en fonction de la puissance de l'effort physique



À retenir

Les réserves énergétiques sont mobilisées au cours d'un effort physique pour répondre aux besoins des muscles en nutriments énergétiques.
L'excès de réserves énergétiques au sein d'un organisme conduit à l'obésité.
Ainsi en mobilisant les réserves énergétiques, l'exercice physique réduit les réserves énergétiques et aide à lutter contre l'obésité
L'exercice physique est un des facteurs qui aident à lutter contre l'obésité.

Bilan du chapitre

Un exercice physique représente un travail musculaire mesurable qui nécessite un apport énergie.

Au cours d'un exercice, l'énergie est fournie par la respiration, qui utilise le dioxygène et les nutriments.

L'effort physique augmente la consommation de dioxygène :

- plus l'effort physique est intense, plus la consommation de dioxygène augmente ;
- il y a une limite à la consommation de dioxygène : $VO_2\text{max}$

Ce paramètre conditionne ainsi une puissance maximale des muscles = PMA et pour un sport de course à pied une vitesse maximale aérobie

La consommation de nutriments dépend aussi de l'effort fourni.

L'exercice physique est un des facteurs qui aident à lutter contre l'obésité.

- **Nouveau problème : comment sont satisfaits les besoins en dioxygène de l'organisme ?**