

Première

ST2S

Biologie et physiopathologie humaines

GUIDE PÉDAGOGIQUE

Sous la direction de Sonia Capra

Olivier d'Andria

Christine Berger

Michel Clerc

Christian Daniel

Christelle Marchand

Julie Trémillon



"Le photocopillage, c'est l'usage abusif et collectif de la photocopie sans autorisation des auteurs et des éditeurs. Largement répandu dans les établissements d'enseignement, le photocopillage menace l'avenir du livre, car il met en danger son équilibre économique. Il prive les auteurs d'une juste rémunération. En dehors de l'usage privé du copiste, toute reproduction totale ou partielle de cet ouvrage est interdite."

ISBN 978-2-216-11921-9

Toute reproduction ou représentation intégrale ou partielle, par quelque procédé que ce soit, des pages publiées dans le présent ouvrage, faite sans autorisation de l'éditeur ou du Centre français du Copyright (20, rue des Grands-Augustins, 75006 Paris), est illicite et constitue une contrefaçon. Seules sont autorisées, d'une part, les reproductions strictement réservées à l'usage privé du copiste et non destinées à une utilisation collective, et, d'autre part, les analyses et courtes citations justifiées par le caractère scientifique ou d'information de l'œuvre dans laquelle elles sont incorporées (Loi du 1^{er} juillet 1992 - art. 40 et 41 et Code pénal-art. 425).

© Éditions Foucher. Malakoff, 2012

Sommaire

PARTIE 1 Organisation et fonctionnement intégré de l'être humain

1	Anatomie et unité de l'organisme.....	9
	Découverte : Anatomie et physiologie	9
	I. La position anatomique et les plans anatomiques	
	Activité 1 La position anatomique.....	9
	Activité 2 Identification des plans anatomiques.....	9
	II. Les cavités corporelles et les séreuses	
	Activité 3 Identification des cavités corporelles.....	10
	Activité 4 Étude de la cavité thoracique	10
	Activité 5 Étude de la cavité abdomino-pelvienne.....	11
	III. Les appareils et les organes	
	Activité 6 Exploration de l'appareil digestif et de l'appareil urinaire	12
	IV. Le fonctionnement cellulaire	
	Activité 7 Les échanges permanents avec le milieu extérieur.....	12
	Activité 8 La production d'énergie dans la cellule	13
	V. Nécessité d'un liquide circulant : le sang	
	Activité 9 Le sang, un moyen de transport des molécules	13
	VI. Homéostasie et communication entre organes	
	Activité 10 Communication par voie hormonale.....	14
	Activité 11 Communication par voie nerveuse	14
	Exercices	15
2	De l'organe aux molécules.....	19
	Découverte : Les organes, des ensembles de tissus eux-mêmes formés de cellules.....	19
	I. Les niveaux d'organisation biologique	
	Activités.....	19
	Activité 1 Les niveaux d'organisation biologique et leurs moyens d'observation.....	19
	Activité 2 Observer un appareil respiratoire d'agneau ou de porc.....	20
	II. Les organes : des assemblages de tissus	
	Activité 3 Des tissus différents selon la fonction de l'organe : exemple de l'estomac	21
	III. Les tissus : ensembles de cellules différenciées	
	Activité 4 Observation de cellules différenciées : relations structure-fonctions ...	21

IV. L'ultrastructure cellulaire	
Activité 5 Présentation des organites d'une cellule intestinale.....	22
Activité 6 Mise en évidence expérimentale du rôle des mitochondries	22
Activité 7 Action coordonnée de plusieurs organites dans la synthèse protéique.....	23
V. Constitution et fonctionnement cellulaire grâce aux molécules	
Activité 8 Une protéine mal formée, un symptôme.....	23
Exercices	24

PARTIE 2 Motricité et système nerveux

3	Organisation de l'appareil locomoteur : le squelette	27
	Découverte : L'appareil locomoteur	27
	I. Anatomie du squelette	
	Activité 1 Observation et dénombrement des os du squelette.....	27
	Activité 2 Étude du rachis	28
	II. Exploration radiographique	
	Activité 3 Comprendre une radiographie.....	28
	Activité 4 Examens radiographiques des os fracturés.....	29
	III. Structure interne des os	
	Activité 5 L'os est un tissu vivant richement minéralisé	29
	IV. Structure des articulations mobiles	
	Activité 6 Découverte de l'articulation de la hanche	30
	V. Troubles musculo-squelettiques et coxarthrose	
	Activité 7 Épidémiologie de l'arthrose	31
	Activité 8 Troubles musculo-squelettiques.....	31
	Exercices	32
4	Commande de l'appareil locomoteur : le système nerveux.....	35
	Découverte : Tétraplégie et paraplégie.....	35
	I. Organisation des centres nerveux	
	Activité 1 Des pharaons à l'imagerie médicale : découverte du système nerveux	35
	II. Le tissu nerveux	
	Activité 2 Organisation histologique du tissu nerveux	36
	III. Organisation du système nerveux périphérique	
	Activité 3 Structure des nerfs et des fibres nerveuses	37
	IV. Techniques d'exploration du système nerveux par l'imagerie	
	Activité 4 Découverte de l'encéphale sain par scanographie	37
	Activité 5 L'IRM : de quoi s'agit-il ?	37

	V. Pathologies traumatiques associées au système nerveux	
	Activité 6 Des lésions cérébrales mises en évidence par scanographie et IRM ...	38
	Activité 7 Étude expérimentale des lésions médullaires et rachidiennes	38
	Activité 8 Étude de différents traumatismes du rachis	39
	Exercices	40
5	Physiologie nerveuse	43
	Découverte : La mise en évidence du réflexe rotulien	43
	I. Mise en évidence d'un potentiel de membrane d'une fibre nerveuse	
	Activité 1 Composition ionique à l'intérieur et à l'extérieur d'une fibre nerveuse au repos	43
	II. Origine du potentiel de membrane ou de repos d'une fibre nerveuse	
	Activité 2 Électrophysiologie d'une fibre nerveuse au repos	44
	III. Stimulation d'une fibre nerveuse ou d'un nerf et potentiels d'action	
	Activité 3 Détermination du seuil d'excitation d'une fibre nerveuse	44
	Activité 4 Origine ionique du potentiel d'action d'une fibre nerveuse	45
	IV. Propriétés du potentiel d'action	
	Activité 5 Stimulations comparées de fibres nerveuses et d'un nerf	45
	Activité 6 Propagation du potentiel d'action	46
	V. La maladie d'Alzheimer	
	Activité 7 De l'étude clinique à l'imagerie fonctionnelle	47
	Exercices	47
6	Organisation et physiologie musculaires	51
	Découverte : La myopathie	51
	I. L'organisation des muscles	
	Activité 1 Distinguer les différents types de muscles striés	51
	Activité 2 Observer des muscles squelettiques	52
	Activité 3 Comprendre l'ultrastructure des myofibrilles	52
	II. La commande de la contraction musculaire	
	Activité 4 Découvrir la notion d'unité motrice	53
	Activité 5 Analyser le rôle de l'acétylcholine	53
	Activité 6 Analyser des expériences pour comprendre le fonctionnement de la plaque motrice	54
	III. Le mécanisme de la contraction musculaire	
	Activité 7 Construire un schéma pour découvrir la contraction unitaire du muscle	55
	Activité 8 Analyser une courbe pour déduire le rôle du calcium	55
	IV. Une pathologie musculaire : la myopathie	
	Activité 9 Relier un processus physiologique à des symptômes	56
	Exercices	56

PARTIE 3 Alimentation

7	Aliments – Nutriments – Biomolécules.....	60
	Découverte : les aliments	60
	I. Aliments et nutriments	
	Activité 1 Distinguer aliments et nutriments.....	60
	Activité 2 Étude de la composition des aliments.....	61
	II. Les biomolécules	
	Activité 3 Mettre en évidence certaines biomolécules des aliments	62
	Activité 4 Étudier les macromolécules constitutives de la farine de blé	62
	III. Les micronutriments	
	Activité 5 L'iode, un exemple d'oligoélément.....	63
	Activité 6 Les vitamines	64
	Activité 7 La vitamine C, un exemple de vitamine	64
	Activité 8 Les besoins au cours de la vie	65
	Exercices	66
8	Équilibre alimentaire, facteur de santé.....	70
	Découverte : La pyramide alimentaire.....	70
	I. Les besoins et les apports énergétiques	
	Activité 1 Apports énergétiques d'une ration alimentaire	70
	Activité 2 Le régime alimentaire d'un semi-marathonien	71
	II. Les besoins et apports nutritionnels	
	Activité 3 Apports nutritionnels d'une ration alimentaire.....	71
	Activité 4 L'expérience d'Osborne et Mendel.....	72
	III. Facteurs de variation des besoins énergétiques et nutritionnels	
	Activité 5 Facteurs de variation de la ration alimentaire	73
	IV. Les déséquilibres alimentaires	
	Activité 6 Exemple de déséquilibre par excès.....	73
	Activité 7 Causes et conséquences de l'obésité.....	74
	Activité 8 Le rachitisme, une carence spécifique	74
	Activité 9 L'anorexie, une carence générale.....	75
	Exercices	76
9	Organisation de l'appareil digestif, techniques d'exploration et physiologie digestive	79
	Découverte : Les fibres alimentaires	79
	I. L'organisation de l'appareil digestif	
	Activité 1 Extraire des données pour légender l'appareil digestif.....	79
	II. L'exploration de l'appareil digestif	
	Activité 2 Explorer l'appareil digestif par fibroscopie	80

III. La physiologie digestive

Activité 3	Comprendre les aspects mécaniques de la digestion	80
Activité 4	Démontrer que la digestion nécessite des actions chimiques.....	81
Activité 5	Évaluer la nécessité de la digestion des macromolécules.....	82
Activité 6	Étudier le rôle du pH sur l'activité enzymatique	83
Activité 7	Analyser des résultats expérimentaux.....	83
Activité 8	Déterminer le rôle de la bile au cours de la digestion	84
Exercices	85

10 L'absorption digestive 88

Découverte : Les nutriments..... 88

I. Les différents compartiments liquidiens de l'organisme

Activité 1	Mesurer les volumes liquidiens de l'organisme	88
------------	---	----

II. Les données anatomiques de l'absorption digestive

Activité 2	La muqueuse intestinale, une surface adaptée pour l'absorption	89
Activité 3	Extraire des données pour identifier la vascularisation digestive	90
Activité 4	Observer la muqueuse intestinale au microscope optique	90

III. Les mécanismes de l'absorption digestive

Activité 5	Une visualisation du phénomène d'osmose	90
Activité 6	Analyser une expérience pour identifier le mécanisme de l'absorption du glucose.....	91
Activité 7	La voie d'absorption des lipides	92

IV. Une pathologie : l'alactasie

Activité 8	Savoir extraire des données d'un texte	93
Activité 9	Relier un processus physiologique à des symptômes	93
Activité 10	Analyser des données scientifiques.....	94
Exercices	95

PARTIE 4 Homéostasie

11 Le sang : un témoin de l'homéostasie..... 99

Découverte : le sang, un liquide biologique essentiel à la vie..... 99

I Le sang : un tissu liquide complexe

Activité 1	Les constituants du sang.....	99
Activité 2	La coagulation du sang	100
Activité 3	Identifier le rôle des constituants du sang	100

II La numération et formule sanguine (NFS) ou hémogramme – lignée érythrocytaire

Activité 4	Découverte de l'hémogramme	100
Activité 5	Exploration de la fonction érythrocytaire	101

III La numération et formule sanguine ou hémogramme – lignée leucocytaire

Activité 6	Identification des leucocytes sur un frottis sanguin.....	102
------------	---	-----

	Activité 7 La formule leucocytaire.....	102
	Activité 8 Les leucocytes <i>in situ</i>	103
	IV Examens biochimiques : les constituants du plasma	
	Activité 9 Ionogramme et bilan biochimique sanguin.....	103
	Activité 10 Explorations des différentes fonctions grâce au bilan sanguin	104
	Activité 11 Explorations du métabolisme lipidique.....	105
	Exercices	106
12	Un exemple d'homéostasie : la régulation de la glycémie	111
	Découverte : L'importance du petit déjeuner.....	111
	I. L'homéostasie glycémique	
	Activité 1 Mettre en évidence l'homéostasie glycémique	111
	Activité 2 Identifier les rôles du glucose dans l'organisme et l'importance de l'homéostasie glucidique	112
	II. Le rôle du foie	
	Activité 3 Mise en évidence du rôle du foie	112
	Activité 4 Rôle du foie dans la régulation de la glycémie	113
	III. Le rôle du pancréas	
	Activité 5 Mise en évidence du rôle du pancréas dans la régulation de la glycémie	114
	Activité 6 Mieux connaître le pancréas	114
	IV. La régulation de la glycémie	
	Activité 7 L'insuline	115
	Activité 8 Le glucagon.....	116
	Activité 9 La régulation de la sécrétion des hormones pancréatiques.....	116
	Exercices	117
13	Les diabètes sucrés : étude comparée des diabètes de type 1 et de type 2	122
	Découverte : La glycémie	122
	I. Le diagnostic du diabète	
	Activité 1 Étude de cas cliniques.....	122
	II. Étiologie et physiopathologie des deux types de diabètes	
	Activité 2 Histologie du pancréas d'un individu sain et d'un individu diabétique de type 1.....	123
	Activité 3 Le mécanisme du diabète	124
	Activité 4 Mise en évidence de deux types de diabètes.....	125
	Activité 5 Le déterminisme du diabète de type 2.....	125
	Activité 6 Les complications dégénératives.....	126
	III. Prévention et traitement des diabètes	
	Activité 7 Le traitement du diabète de type 1	127
	Exercices	127

1 Anatomie et unité de l'organisme

DÉCOUVERTE : ANATOMIE ET PHYSIOLOGIE

1. Rechercher la définition du mot « physiologie ».

Physiologie : étude des fonctions et des propriétés des organes et des tissus des êtres vivants.

2. Expliquer pourquoi l'anatomie et la physiologie sont complémentaires pour étudier un organisme vivant.

L'anatomie informe sur la structure, et la physiologie sur le fonctionnement d'un appareil ou d'un organe. Les informations sont de nature différente. La compréhension de la structure éclaire le fonctionnement (faire le lien structure-fonction).

ACTIVITÉS

Activité 1 La position anatomique

1. Décrire la position anatomique (document ci-dessus).

Position anatomique : position de l'organisme dans laquelle le corps est en position verticale, face à l'examineur, les bras le long du corps, les paumes des mains dirigées vers l'examineur.

2. Citer l'intérêt d'utiliser cette position.

Cette position est universellement utilisée.

Activité 2 Identification des plans anatomiques

1. À l'aide de ces trois définitions, identifier les plans indiqués sur la figure.

- Plan A : plan sagittal
- Plan B : plan frontal (ou coronal)
- Plan C : plan transversal (ou axial)

2. Repérer sur la figure les termes d'orientation correspondant à chaque plan : supérieur/inférieur, droit/gauche, antérieur/postérieur.

- Supérieur/inférieur : à positionner par rapport au plan C
- Droit/gauche : par rapport au plan A
- Antérieur/postérieur : par rapport au plan B.

Activité 3 Identification
des cavités corporelles

1. À l'aide de la figure ci-dessus, nommer les subdivisions de la cavité postérieure puis de la cavité antérieure.

- Cavité postérieure : cavité crânienne + cavité vertébrale
- Cavité antérieure : cavité thoracique + cavité abdomino-pelvienne

2. À l'aide de l'écorché, repérer dans chaque cavité les principaux organes.

- Cavité postérieure : encéphale + moelle épinière
- Cavité antérieure : cœur et poumons dans la cavité thoracique, estomac, foie, intestins... dans la cavité abdomino-pelvienne

3. Sous forme d'un tableau, présenter chaque cavité et ses subdivisions. Donner un exemple d'un organe qu'elles contiennent.

Cavité postérieure		
Cavité crânienne		Cavité vertébrale
Encéphale		Moelle épinière

Cavité antérieure		
Cavité thoracique	Cavité abdominale	Cavité pelvienne
Cœur	Estomac	Vessie

4. À l'aide de l'écorché, construire des phrases utilisant les termes d'orientation (supérieur/inférieur, droite/gauche, antérieur/postérieur) pour localiser des structures de l'organisme les unes par rapport aux autres. La cavité thoracique est en position supérieure par rapport à la cavité abdominale. La vessie est inférieure à l'estomac. Le foie est à droite de la rate. La rate est à gauche de l'estomac. Le cœur est antérieur à la colonne vertébrale. Les reins sont postérieurs aux intestins.

Activité 4 Étude de la cavité
thoracique

1. Nommer la structure qui délimite la cavité thoracique.

La cage thoracique et le diaphragme délimitent la cavité thoracique.

2. Nommer le plan de coupe de chaque figure. Justifier.

- Figure 4 : coupe frontale (coronale).
- Figure 5 : coupe transversale (axiale).

3. À l'aide de l'écorché, orienter la figure 5 en associant aux lettres A, B, C et D la partie droite, la partie gauche, la face postérieure et la face antérieure.

- A : face postérieure
- B : face antérieure
- C : partie droite
- D : partie gauche

4. Repérer sur l'écorché les organes énumérés ci-après, puis les identifier, grâce aux numéros de légendes, sur les figures 4 et 5 : veine cave supérieure, poumon droit, trachée, cœur, poumon gauche, artère aorte, œsophage, plèvre, péricarde, diaphragme, artère pulmonaire, bronchioles, bronches, veine pulmonaire, tronc pulmonaire.

Attention : certains mots sont communs aux deux figures.

- Figure 4 : 1. Trachée – 2. Veine cave supérieure – 3. Poumon droit – 4. Artère aorte – 5. Artère pulmonaire – 6. Poumon gauche – 7. Cœur – 8. Diaphragme
- Figure 5 : 1. Plèvre – 2. Œsophage – 3. Veine cave supérieure – 4. Artère aorte – 5. Péricarde – 6. Cœur – 7. Bronchiole – 8. Bronche souche – 9. Artère pulmonaire – 10. Veine pulmonaire – 11. Poumon gauche – 12. Tronc pulmonaire

5. Repérer les organes se situant dans le médiastin et les cavités pleurales. Préciser à quel appareil ils appartiennent. Présenter la réponse sous forme d'un tableau.

Cavité	Cavité thoracique				
Subdivision	Médiastin			Cavité pleurale	
Organe	Cœur et gros vaisseaux	Œsophage	Trachée	Poumon (bronches, bronchioles, plèvre)	Vaisseaux sanguins
Appareil	cardiovasculaire	digestif	respiratoire	respiratoire	cardiovasculaire

6. Nommer les séreuses présentes dans la cavité thoracique et les organes qu’elles entourent.
La plèvre entoure les poumons et le péricarde entoure le cœur.

Activité 5 Étude de la cavité abdomino-pelvienne

1. Nommer la structure qui sépare la cavité thoracique de la cavité abdomino-pelvienne. Donner la signification du terme cavité abdomino-pelvienne.
Le diaphragme sépare la cavité thoracique de la cavité abdomino-pelvienne. On parle de cavité abdomino-pelvienne car elle est constituée de deux sous-cavités (la cavité abdominale et la cavité pelvienne) qui ne sont pas séparées par une structure déterminée.

5. La cavité abdomino-pelvienne peut être subdivisée en cavité abdominale et en cavité pelvienne. Repérer les organes se situant dans les cavités abdominale et pelvienne et préciser à quel appareil ils appartiennent. Présenter la réponse sous forme d'un tableau.

Attention : certains organes peuvent à la fois appartenir à la cavité abdominale et à la cavité pelvienne.

Cavité	Cavité abdomino-pelvienne						
Subdivision	Cavité abdominale				Cavité pelvienne		
Organes	Rate	Foie, pancréas, estomac, intestin grêle, côlon	Reins, uretères	Artère aorte, veine cave inférieure	Vessie, uretères	Ovaires, utérus	Rectum
Appareils	Système immunitaire	digestif	urinaire	cardiovasculaire	urinaire	génital	digestif

Activité 6 Exploration de l'appareil digestif et de l'appareil urinaire

Donnée 1

1. Identifier les structures visibles sur chacun des trois clichés.

- Figure 8 : œsophage, cœur, cage thoracique, colonne vertébrale.
- Figure 9 : estomac, intestin grêle, colonne vertébrale.
- Figure 10 : côlons ascendant, transverse, descendant, rectum, bassin, colonne vertébrale, côtes.

2. Compte tenu du trajet emprunté par la préparation, en déduire les organes constituant successivement le tube digestif.

(Œsophage – Estomac – Intestin grêle – Côlon – Rectum.

3. Citer les organes de l'appareil digestif qui n'apparaissent pas sur ces clichés. En donner la raison.

Le foie et le pancréas sont des glandes annexes, et ne font pas partie du tube digestif : ils ne sont donc pas traversés par le produit de contraste.

Donnée 2

1. Identifier toutes les structures visibles sur le cliché.

Outre l'appareil squelettique naturellement radio-opaque (colonne vertébrale, côtes, os iliaques), les organes rendus visibles sont les reins, les uretères, la vessie.

2. Compte tenu du trajet emprunté par le produit iodé, en déduire les organes traversés par l'urine à partir de sa formation par filtration du sang.

Reins – Uretères – Vessie

Données 3 et 4

1. D'après le cliché de la figure 12, décrire l'anomalie visualisée par l'UIV. La formation d'un calcul bloque l'uretère.

2. Proposer une hypothèse expliquant cette anomalie.

La flèche indique une obstruction de l'uretère.

3. Faire le lien avec les symptômes décrits par le patient.

L'urine ne peut plus s'écouler jusque dans la vessie. La pression s'accroît dans le rein, d'où les violentes douleurs.

4. Expliquer pourquoi la lithotritie est un traitement de choix pour des calculs peu volumineux.

Les ultrasons sont appliqués à travers la peau. Il n'est pas nécessaire d'inciser. C'est un acte non invasif.

Activité 7 Les échanges permanents avec le milieu extérieur

1. D'après vos connaissances, légender la figure 13 en nommant les molécules 1 à 8, et les phénomènes A à D. Utiliser les propositions ci-dessous.

- 1) CO_2 – 2) O_2 – 3) Aliments – 4) Nutriments – 5) Déchets cellulaires (urée) – 6) Matières fécales – 7) Nutriments + O_2 – 8) CO_2 + déchets cellulaires.
A) Digestion – B) Respiration – C) Circulation du sang – D) Excrétion urinaire.

2) Traduire le schéma de la figure 13 en phrases expliquant :

- les phénomènes au niveau des poumons, de l'intestin, des reins, de chaque tissu ;
- leurs conséquences quant à la composition du sang.

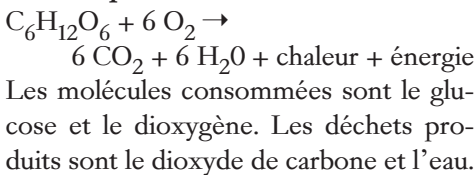
• Au niveau des poumons ont lieu des échanges gazeux entre l'air et le sang. Le

sang est enrichi en O_2 (hématose) et est débarrassé du CO_2

- Au niveau de l'intestin grêle a lieu l'absorption intestinale au cours de laquelle certains nutriments passent dans le sang.
- Au niveau rénal, le sang est filtré pour être débarrassé de certains constituants, comme les déchets produits par les cellules. Le liquide obtenu est l'urine.
- Au niveau des tissus, les cellules puisent dans le sang, nutriments et O_2 pour leurs synthèses et produisent CO_2 et autres déchets, tels que l'urée.

Activité 8 La production d'énergie dans la cellule

1. Le chimiste Lavoisier écrivait : « Rien ne se crée, rien ne se perd, tout se transforme ». Grâce à vos connaissances en chimie, équilibrer l'équation bilan présentée sur la figure 14. D'après cette équation, nommer les molécules qui sont consommées en permanence par les cellules et les déchets produits.



2. L'ensemble des phénomènes qui permet d'aboutir à cette équation bilan porte le nom de respiration cellulaire. Justifier cette appellation.

Pour assurer ses synthèses d'énergie (condition aérobie), chaque cellule consomme en permanence du dioxygène et produit du dioxyde de carbone, ce qui correspond à une respiration au niveau cellulaire.

Activité 9 Le sang, un moyen de transport des molécules

1. Analyser les résultats du tableau.

On retrouve le glucose radioactif dans l'œsophage, puis dans l'estomac, puis dans l'intestin grêle, puis dans le sang de la veine cave, de l'artère pulmonaire, de l'aorte. Enfin, on retrouve la radioactivité au niveau du CO_2 dans les mitochondries des myocytes.

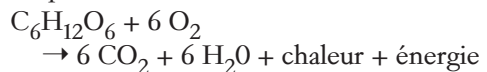
2. Décrire très précisément le trajet d'une molécule de glucose radioactif depuis son ingestion jusqu'au muscle de la cuisse en utilisant les informations de la figure 15.

Le glucose radioactif passe dans un premier temps dans l'appareil digestif : œsophage, estomac, intestin grêle, puis est retrouvé dans le sang de la veine cave car il a subi l'absorption intestinale.

Le glucose radioactif est transporté ensuite par le sang jusqu'aux myocytes. On le retrouve d'abord dans le sang de la veine cave qui passe ensuite dans le cœur, puis dans l'artère pulmonaire. Le sang entre dans les poumons, puis en sort par les veines pulmonaires. Le sang entre à nouveau dans le cœur, est éjecté dans l'aorte et arrive enfin au niveau du muscle de la cuisse. Pour finir, les atomes radioactifs contenus dans le glucose forment du CO_2 au niveau des mitochondries des myocytes.

3. À T7, expliquer l'obtention de CO_2 radioactif dans les mitochondries.

On explique l'obtention de CO_2 dont le carbone est radioactif alors que c'est du glucose dont le carbone était radioactif qui a été ingéré car le glucose est dégradé lors de la respiration cellulaire dont l'équation bilan est :



On constate que le C du CO_2 ne peut provenir que du C du glucose.

4. Si on poursuit les prélèvements après T7, on constate une présence de CO_2 dont le carbone est radioactif dans la veine cave, puis dans l'artère pulmonaire. La radioactivité finie par disparaître de l'organisme. Expliquer. Le CO_2 radioactif sort des myocytes est transporté par le sang dans la veine cave, entre dans le cœur, ressort dans l'artère pulmonaire.

Au niveau de poumons, les échanges gazeux s'effectuent, le CO_2 passe du sang vers l'air alvéolaire et est expiré, d'où sa disparition de l'organisme.

Activité 10 Communication par voie hormonale

À l'aide des données, décrire les étapes 1 à 4 du schéma de la figure 16 pour montrer la réponse de l'organisme face à une hyperglycémie.

Après un repas, on constate que la glycémie passe rapidement au-dessus de $1,2 \text{ g. L}^{-1}$.

On constate qu'il y a une forte concentration de glucose dans le sang : c'est l'hyperglycémie.

Le pancréas est capable de détecter cette hyperglycémie et sécrète alors de l'insuline qui passe dans le sang.

Lorsque le sang, chargé d'insuline et de glucose en excès passe à proximité des cellules cibles, on constate que le glucose pénètre dans les cellules.

Le sang retrouve alors une glycémie normale.

On en déduit que l'insuline en favorisant la synthèse des canaux membranaires spécifiques du glucose au niveau de ses cellules cibles, favorise l'entrée du glucose dans les cellules cibles et permet ainsi de diminuer la glycémie.

Activité 11 Communication par voie nerveuse

1. Décrire le schéma de la figure 17 présentant la réponse de l'organisme au froid.

Relier chacune des lettres A à D aux symptômes de la lutte contre le froid décrits dans la donnée 1.

Une baisse de la température au niveau de la peau est détectée par des thermorécepteurs cutanés. Le message est transmis au niveau de l'hypothalamus qui provoque alors :

- une vasoconstriction des artérioles cutanées (A) d'où pâleur et blanchissement des ongles ;
- une contraction des muscles horripilateurs (B), d'où chair de poule ;
- une contraction inconsciente (C) des muscles striés squelettiques, d'où grelottement et claquage de dents, et/ou volontaire (D), d'où décision de faire des mouvements.

2. D'après la donnée 2, expliquer l'intérêt pour l'organisme de maintenir sa température constante à 37°C .

D'après la donnée 2, la forme du site actif des enzymes dépend de la température. 37°C correspond à la température optimale pour un fonctionnement enzymatique efficace.

3. Décrire rigoureusement le schéma de la figure 18 pour expliquer le principe de la communication nerveuse.

Un récepteur nerveux est stimulé par la variation du paramètre qu'il surveille (le stimulus). Un nerf sensitif apporte l'information jusqu'au système nerveux central. Celui-ci traite l'information pour produire une réponse adaptée. C'est un nerf dit « moteur » qui apporte l'information aux muscles afin que leurs réponses (contraction ou relâchement) agissent sur le stimulus de départ.

4. À l'aide des données et des figures 17 et 18, identifier dans la réponse de l'organisme face au froid : le stimulus, le récepteur sensoriel, les centres nerveux et les organes effecteurs.

- Stimulus : baisse de la température cutanée
- Récepteurs sensoriels : thermorécepteurs cutanés
- Centres nerveux : hypothalamus
- Organes effecteurs : cellules musculaires de la paroi des artéριοles cutanées, muscles horripilateurs, muscles striés squelettiques.

5. À l'aide de la figure 19, mettre en relation la diversité des récepteurs

sensoriels de la peau et son rôle de relation avec le milieu extérieur.

On observe dans le derme et l'hypoderme la présence de nombreux récepteurs sensibles à divers stimuli :

- corpuscules tactiles pour la sensation du toucher ;
- récepteurs sensibles aux vibrations ;
- récepteurs sensible au chaud, au froid, à la pression ;
- thermorécepteurs.

La peau, ainsi équipée, permet une prise d'informations sur différents paramètres du milieu extérieur afin que l'organisme adopte un comportement adapté au monde qui l'entoure.

EXERCICES

QCM

Réponses correctes :

- 1) b
- 2) a, b
- 3) b, c
- 4) b, c
- 5) b
- 6) b

1 Plans de coupe

1. Indiquer les plans de coupe de chaque figure.

- Figure 1 : coupe sagittale
- Figure 2 : coupe transversale (ou axiale)
- Figure 3 : coupe frontale (ou coronale)

2. Identifier les organes repérés par les numéros sur les figures 1, 2 et 3.

1. Poumon 2. Cœur 3. Foie 4. Vertèbre 5. Vésicule biliaire 6. Foie 7. Rein 8. Estomac 9. Intestin 10. Vertèbre 11. Foie 12. Côlon ascendant 13. Estomac

3. Sur la figure 1, repérer à quel niveau ont été réalisées les coupes des figures 2 et 3.

La coupe de la figure 2 a été réalisée au niveau de la flèche 3 de la figure 1.

2 Les régions abdominales

1. À l'aide des termes d'orientation, construire des phrases permettant de localiser les 9 régions abdominales.

L'hypocondre gauche est en position latérale supérieure gauche, l'hypocondre droit en position latérale supérieure droite, l'épigastre en position supérieure médiane, le flanc droit en position inférieure par rapport à l'hypocondre droit, le flanc gauche en position inférieure par rapport à l'hypocondre gauche, l'ombilic en position médiane, la fosse iliaque est en position latérale droite inférieure, l'hypogastre en position médiane inférieure, la fosse iliaque gauche en position latérale gauche inférieure.

2. En utilisant les termes d'orientation « proximal » et « distal », et à l'aide de la figure ci-dessus, construire deux phrases permettant de positionner l'humérus par rapport au cubitus.

L'humérus est en position proximale par rapport au cubitus.

Le cubitus est en position distale par rapport à l'humérus.

3 Les principales séreuses

1. Nommer les principales séreuses situées dans la cavité antérieure de l'organisme.

Le péricarde (autour du cœur), la plèvre (autour des poumons) et le péritoine (autour de la plupart des organes de la cavité abdomino-pelvienne, sauf les reins)

2. Reproduire un schéma décalqué de la cavité thoracique ci-après. Représenter les séreuses présentes dans la cavité thoracique et les légénder avec précision.

Représenter le péricarde et la plèvre (feuillet viscéraux et feuillet pariétaux).

4 Organes, cavités, appareils

Organe	Cavité	Appareil
Cœur	Thoracique (médiastin)	Cardiovasculaire
Rate	Abdominale	Système immunitaire
Intestin grêle	Abdominale	Digestif
Estomac	Abdominale	Digestif
Trachée	Thoracique (médiastin)	Respiratoire
Rein	Abdominale	Urinaire
Côlon	Abdomino-pelvienne	Digestif
Poumon	Thoracique (pleurale)	Respiratoire
Ovaire	Pelvienne	Génital
Urètre	Abdomino-pelvienne	Urinaire
Vessie	Pelvienne	Urinaire

Organe	Cavité	Appareil
Utérus	Pelvienne	Génital
Œsophage	Thoracique (médiastin)	Digestif
Foie	Abdominale	Digestif

5 Vocabulaire médical

1. Expliquer dans quel cas le (o) de la racine est maintenu et dans quel cas il est supprimé.

Le (o) de la racine est maintenu si le suffixe commence par une consonne. Il est supprimé si le suffixe commence par une voyelle.

2. En suivant le modèle du tableau précédent, décomposer et rechercher la définition des termes suivants : ovariectomie, cardiopathie, hépatomégalie, urétérotomie, cystite, rectalgie, gastro-entérologie, splénectomie, pneumotomie, vaginite, orchialgie, prostatite, colopathie, néphrologie, urétrite.

Terme	Racine	Suffixe	Définition
Ovariectomie	Ovari(o) : ovaire	-ectomie : ablation	Ablation de l'ovaire
Cardiopathie	Cardi(o) : cœur	-pathie : toute pathologie	Pathologie cardiaque
Hépatomégalie	Hépat(o) : foie	-mégalie : augmentation de volume	Augmentation du volume du foie
Urétérotomie	Uréter(o) : urètre	-tomie : incision chirurgicale, section	Incision chirurgicale de l'urètre
Cystite	Cyst(o) : vessie (dans ce contexte)	-ite : inflammation	Inflammation de la vessie
Rectalgie	Rect(o) : rectum	-algie : douleur	Douleur au rectum
Gastro-entérologie	Gastr(o) : estomac entér(o) : intestin	-logie : étude	Spécialité de la médecine traitant de l'estomac et de l'intestin

Terme	Racine	Suffixe	Définition
Splénectomie	Splén(o) : rate	-ectomie : ablation	Ablation de la rate
Pneumotomie	Pneum(o) : poumon, air	-tomie : incision chirurgicale, section	Incision chirurgi- cale du poumon
Vaginite	Vagin(o) : vagin	-ite : inflammation	Inflammation du vagin
Orchidalgie	Orchid(o) : testicule	-algie : douleur	Douleur au testicule
Prostatite	Prostat(o) : prostate	-ite : inflammation	Inflammation de la prostate
Colopathie	Col(o) : côlon	-pathie : toute pathologie	Pathologie du côlon
Néphrologie	Néphr(o) : rein	-logie : étude	Spécialité de la médecine traitant du rein
Urétrite	Urétr(o) : urètre	-ite : inflammation	Inflammation de l'urètre

QCM

- 1) b-c-e
- 2) Aucune réponse exacte.
- 3) b-c-d
- 4) a
- 5) c
- 6) d

6 Le déplacement des molécules dans l'organisme

→ Attention, les énoncés des questions 1 et 2 sont ici modifiés par rapport à ceux du manuel.

1. À l'aide des légendes concernant les symboles colorés de la figure 7, titrer les phénomènes schématisés de 1 à 4 en choisissant parmi : absorption intestinale / échanges gazeux au niveau alvéolaire / filtration du sang et excrétion des déchets / échange au niveau tissulaire.

Localiser chaque phénomène 1 à 4 au niveau des repères A à D sur la silhouette.

- A) Échanges gazeux au niveau alvéolaire – B) Absorption intestinale – C) Filtration du sang et excrétion des déchets – D) Échanges au niveau tissulaire.
A/4 – B/2 – C/3 – D/1

2. Décrire précisément les échanges de molécules pour chaque phénomène 1 à 4.

- Schéma 1 : les nutriments et le dioxygène passent du sang vers les cellules, les déchets passent en sens inverse.
- Schéma 2 : passage des nutriments de la lumière intestinale vers le sang.
- Schéma 3 : le sang est débarrassé des déchets cellulaires pour former l'urine au niveau rénal.
- Schéma 4 : le dioxygène passe de l'alvéole vers le sang. Un déchet, le dioxyde de carbone, passe dans l'autre sens.

7 Les deux voies de communication dans l'organisme

1. Nommer les légendes 1 à 7 de la figure 9.

- 1) Cellule nerveuse – 2) Cellule endocrine – 3) Hormone – 4) Neurotransmetteur – 5) Cellule cible – 6) Hormone – 7) Récepteur de l'hormone.

2. À l'aide de la figure 9, décrire les caractéristiques de la communication nerveuse et de la communication hormonale.

- La communication nerveuse : un message nerveux se propage le long de l'axone de la cellule nerveuse et déclenche la libération de neurotransmetteurs. Ceux-ci se fixent sur leur cellule cible grâce à des récepteurs spécifiques, d'où une réponse spécifique.
- La communication hormonale : une cellule endocrine sécrète des hormones qu'elle déverse dans le sang. Le sang devient un moyen de transport de l'hor-

mone jusqu'à sa cellule cible (cellule possédant des récepteurs spécifiques de l'hormone), d'où une réponse spécifique.

3. Des expériences permettent de mettre en évidence qu'un organe intervient ou non dans un phénomène, par voie nerveuse ou hormonale. On estime que le déplacement d'un organe, c'est-à-dire le fait de le sectionner puis de le greffer ailleurs, interdit la communication nerveuse, car des nerfs ont été coupés, mais autorise la communication hormonale, car les vaisseaux sanguins colonisent rapidement l'organe à son nouvel emplacement.

À l'aide des données ci-dessus, interpréter les expériences 1 à 5 afin de mettre en évidence le type de communication nerveuse ou hormonale entre les organes intervenant dans la régulation de la glycémie (série A) et dans l'activité de chasse dans l'obscurité chez le crotale (série B).

• Série A :

Exp 1 : Expérience témoin qui montre que le rat est capable de réguler sa glycémie.

Exp 2 : Le pancréas intervient dans la régulation de la glycémie.

Exp 3 : Le pancréas intervient par voie hormonale dans la régulation de la glycémie.

Exp 4 : Les testicules n'interviennent pas dans la régulation de la glycémie.

• Série B :

Exp 5 : Les fossettes chez le serpent interviennent par voie nerveuse dans la recherche d'une proie dans l'obscurité.

8

Communication impliquée dans le retrait de la main en cas de brûlure

1. Identifier le type de communication impliquée dans cette réponse de l'organisme.

Communication nerveuse

2. Légender la figure.

1. Nerf moteur – 2. Muscle – 3. Nerf sensitif – 4. Thermorécepteur

2 De l'organe aux molécules

DÉCOUVERTE : LES ORGANES, DES ENSEMBLES DE TISSUS EUX-MÊMES FORMÉS DE CELLULES

1. Comparer l'organisation cellulaire de l'épiderme et celle du derme.

- L'épiderme est constitué de cellules jointives organisées sur une quinzaine de couches, alors que dans le derme, les cellules sont dispersées dans un réseau de fibres.

2. D'après la donnée 2, émettre une hypothèse sur les rôles respectifs de l'épiderme et du derme.

- Puisque les graves brûlures touchant l'épiderme en profondeur se compliquent parfois de surinfections, on en déduit le rôle protecteur de l'épiderme contre les micro-organismes.
- Puisque le derme d'une peau greffée ne retrouve son élasticité que deux ans après, on en déduit que le derme permet à la peau d'être élastique.

3. Expliquer en quoi l'organisation cellulaire de l'épiderme est parfaitement adaptée à sa fonction. Même question pour le derme.

- L'épiderme permet une protection de l'organisme contre les micro-organismes grâce à l'organisation des cellules serrées sur plusieurs couches qui forment un véritable « mur cellulaire ».
- Le derme assure l'élasticité de la peau grâce à sa richesse en fibres élastiques.

ACTIVITÉS

Activité 1 Les niveaux d'organisation biologique et leurs moyens d'observation

1. Identifier les moyens d'observation ou de mise en évidence A à D de la figure 1 en choisissant parmi : techniques d'imagerie médicale – microscope optique – réactifs colorés – microscope électronique.

A) Technique d'imagerie médicale – B) Microscope optique – C) Microscope électronique – D) Réactifs colorés.

2. À l'aide des données 1 et 2, identifier le moyen d'observation le plus adapté pour observer ou mettre en évidence les différents niveaux d'organisation 1 à 5, photographiés ou schématisés dans la figure 3.

1-A / 2-B+C / 3-C + D / 4-B+C / 5-B

Activité 2 Observer un appareil
respiratoire d'agneau ou de porc

1. En utilisant les connaissances en anatomie, identifier les organes de l'appareil respiratoire.

Organes visibles :

- trachée avec ses anneaux cartilagineux, œsophage et sa paroi musculuse (expliquer l'intérêt de la différence d'histologie des parois de la trachée et de l'œsophage en relation avec leur fonction) ;
- poumon, cœur, tissu adipeux, tissu conjonctif (montrer la solidité), diaphragme ;
- coupe transversale du poumon (montrer le parenchyme pulmonaire), les bronches

2. À l'aide d'un écouvillon, gratter un tissu de votre choix, déposer une goutte de bleu de méthylène entre lame et lamelle. Observer au grossissement total $\times 400$. Appeler le professeur pour valider la mise au point et décrire l'observation.

Observation de cellules avec leur noyau, leur membrane plasmique et quelques granulations cytoplasmiques.

3. La figure 4 est une représentation des différents niveaux d'organisation du corps humain.

Sur le modèle suivant, décrire la figure 4 en expliquant les niveaux d'organisation successifs.

L'organisme fonctionne grâce à plusieurs appareils. Les appareils sont constitués d'organes, eux-mêmes formés de plusieurs tissus, composés de cellules. Les cellules sont les plus petites unités de matière vivante : elles sont formées de molécules.

Préciser l'ordre de grandeur en m, cm, mm, μm ou nm pour chaque niveau d'organisation 1 à 7 de la figure 4.

Organisme en m / Appareil en m ou cm / Organe en cm / Tissu en mm – Cellule en μm / Molécule en nm / Atome inférieur à 1 nm (de l'ordre de l'Angström)

4. Proposer la définition d'un appareil, d'un organe, d'un tissu, d'une cellule et d'une molécule.

- Un appareil regroupe un ensemble d'organes concourant tous à une même fonction.
- Un organe est un ensemble de tissus différents.
- Une cellule est l'unité de base des êtres vivants. Elle fonctionne grâce à des organites et est constituée de molécules.
- Une molécule est un ensemble d'atomes.

5. Classer les éléments suivants dans un tableau pour différencier les atomes, les molécules, les cellules, les tissus et les organes : eau H_2O , dioxygène O_2 , dioxyde de carbone CO_2 , carbone C, oxygène O, hématie, poumon, estomac, leucocyte, tissu musculaire, azote N, glucose ($\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$).

Éléments	Exemples
Atomes	C/O/N
Molécules	eau, dioxygène, dioxyde de carbone, glucose
Cellules	hématie, leucocyte
Tissus	tissu musculaire
Organes	poumon, estomac

Activité 3 Des tissus différents selon la fonction de l'organe : exemple de l'estomac

1. D'après vos connaissances, décrire le phénomène de brassage gastrique évoqué dans la donnée 3.

L'estomac broie mécaniquement les bouillies alimentaires (brassage gastrique).

2. Dans la donnée 3, relever les deux fonctions de l'estomac. Grâce à la donnée 2, déduire les deux types de tissus nécessairement présents dans la paroi de l'estomac pour assurer ses deux fonctions.

Brassage gastrique et sécrétion d'enzymes digestives.

La paroi de l'estomac doit donc contenir un puissant tissu musculaire pour permettre le brassage gastrique.

L'estomac digère aussi en sécrétant le suc gastrique, sa paroi doit par conséquent sécréter ces substances. On doit donc retrouver un tissu exocrine au sein de l'estomac.

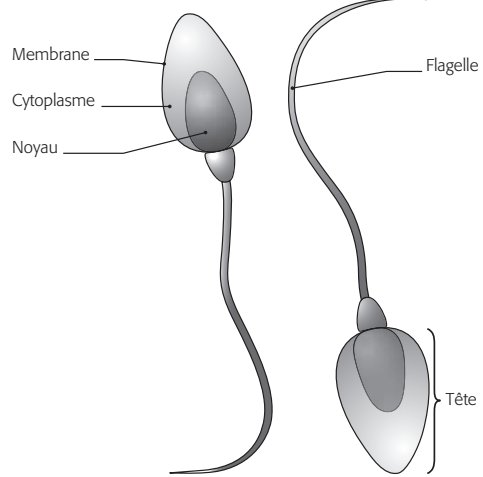
3. À l'aide de l'ensemble des données 2 à 5, déduire les noms des tissus A, B et C (figure 5) constituant la paroi de l'estomac.

A) Tissu exocrine (tissu en contact avec le chyme) – B) Tissu musculaire (trois couches orientées de différentes manières – circulaire, longitudinale et oblique – pour un broyage efficace) – C) tissu conjonctif (tissu le plus externe).

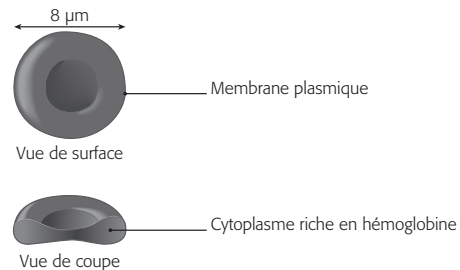
Activité 4 Observation de cellules différenciées : relations structure-fonctions

1. Réaliser un dessin d'observation d'un spermatozoïde. Ajouter les légendes : flagelle, noyau, membrane plasmique.

Schéma d'un spermatozoïde



2. Réaliser un dessin d'observation d'un globule rouge. Les frottis sanguin sont colorés de sorte que les noyaux des cellules apparaissent en violet. Les globules rouges n'ont pas de noyau (ils sont anucléés). Ajouter les légendes : membrane plasmique, cytoplasme contenant l'hémoglobine. Schéma d'un globule rouge



3. Comparer la structure des spermatozoïdes et celle des globules rouges (taille, forme, noyau, équipement particulier...). Expliquer en quoi la forme et la structure du spermatozoïde sont particulièrement bien adaptées à sa fonction.

- Le spermatozoïde est une petite cellule contenant très peu de cytoplasme. Il est équipé d'un flagelle.

- Le globule rouge est une cellule sphérique biconcave de petit diamètre conte-

nant essentiellement de l'hémoglobine, protéine pigmentée rouge capable de fixer ou de libérer des gaz respiratoires. Le spermatozoïde a pour fonction de transporter les informations génétiques paternelles, contenues dans son noyau, dans les voies génitales de la femme pour assurer la fécondation.

- Le flagelle assure la mobilité du spermatozoïde pour son déplacement autonome dans les voies génitales de la femme. Sa petite taille facilite son déplacement.

4. La figure 6 est une photographie de tissu nerveux obtenue après coloration au grossissement $\times 1\,000$. Expliquer en quoi la structure des cellules nerveuses est là encore parfaitement adaptée à leur fonction.

- Les cellules nerveuses assurent une communication entre elles ou avec d'autres types cellulaires.
- Les nombreuses ramifications (dendrites) assurent une multiplicité des connexions avec d'autres cellules.
- La longueur de certains prolongements (l'axone) permet une communication entre des cellules éloignées.

5. On dit que les spermatozoïdes, les globules rouges ou encore les cellules nerveuses sont des cellules différenciées. Dédurre un synonyme de cellule « différenciée ».

Cellules différenciées = cellules spécialisées dont la structure est adaptée à la fonction.

Activité 5 Présentation des organites d'une cellule intestinale

À l'aide des électronographies (figure 7, photographies prises au microscope électronique) A à E et de la description de chaque organite, nommer les légendes 1 à 11 du schéma

présentant l'ultrastructure d'une cellule intestinale (figure 8).

1. Mitochondrie – 2. Membrane plasmique – 3. Appareil de Golgi – 4. REL – 5. Lysosome – 6. Enveloppe nucléaire – 7. ADN – 8. Nucléole – 9. Noyau – 10. Ribosome – 11. RER

Activité 6 Mise en évidence expérimentale du rôle des mitochondries

1. Calculer la longueur « l » réelle de la mitochondrie photographiée sur la figure 9 en vous aidant de l'échelle fournie.

	Taille sur la photo	Taille réelle
Échelle	1,9 cm	0,4 μm
« l »	4,5 cm	$l = (4,5 \times 0,4) / 1,9 = 0,94 \mu\text{m}$

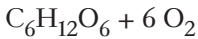
La longueur de la mitochondrie est d'environ 1 μm .

2. Analyser les expériences 1 et 2 afin d'identifier les organites responsables de la respiration au niveau des cellules.

- Condition de l'expérience 1 : on met une fraction de cytoplasme sans les mitochondries en présence de molécules dérivées du glucose et de dioxygène.
- Résultat : on constate que la teneur en dioxygène reste constante (9 mg.L^{-1}). Interprétation = le cytoplasme seul ne consomme pas de O_2 .
- Condition de l'expérience 2 : on fait maintenant la même expérience avec une fraction cytoplasmique contenant exclusivement des mitochondries.
- Résultat : la teneur en O_2 diminue. En effet, on passe de 9 mg.L^{-1} à 6 en 5 minutes. Interprétation : les mitochondries consomment de l' O_2 .

Conclusion : les mitochondries, en présence de molécules dérivées du glucose, consomment du dioxygène ; ce sont donc elles qui réalisent la respiration cellulaire.

3. D'après les connaissances en chimie, équilibrer l'équation bilan fournie dans la donnée 3.



→ 6 CO₂ + 6 H₂O + énergie + chaleur

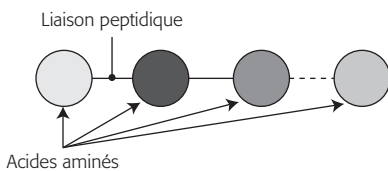
4. À partir des données 2 et 3, déduire le rôle des mitochondries dans les cellules.

On constate que la respiration cellulaire produit de l'énergie. Les mitochondries consomment donc du dioxygène afin de produire de l'énergie.

Activité 7 Action coordonnée de plusieurs organites dans la synthèse protéique

1. D'après la donnée 2, faire le schéma d'une protéine en représentant les acides aminés par des ronds.

Schéma d'une protéine (acide aminé + liaison peptidique)



2. Décrire les résultats de cette expérience afin de déduire les organites qui interviennent dans la synthèse protéique et leur ordre d'intervention.

- Condition expérimentale : on perfuse un pancréas avec des acides aminés radioactifs pendant 5 min puis avec des acides aminés non radioactifs.

- Résultat : on constate que les acides aminés radioactifs sont présents à t =

5 min au niveau du RER, puis 20 min plus tard, au niveau de l'appareil de Golgi, et enfin à t = 240 min, au niveau des vésicules golgiennes.

- Conclusion : comme les acides aminés sont les constituants des protéines, on en déduit que le RER et l'appareil de Golgi participent à la synthèse protéique.

Comme il est précisé que les ribosomes interviennent en premier, on en déduit que les ribosomes, le RER, l'appareil de golgi et enfin les vésicules golgiennes interviennent dans cet ordre dans l'assemblage des acides aminés, c'est-à-dire dans la synthèse protéique.

3. D'après la donnée 1, expliquer la localisation de la radioactivité à t = 240 min.

À t = 240 min, on constate que les acides aminés radioactifs sortent de la cellule pancréatique. On peut faire le lien avec le fait que les protéines synthétisées par le pancréas sont des enzymes digestives qui doivent donc agir au contact de la bouillie alimentaire et donc en dehors de la cellule pancréatique (cellules exocrines).

Activité 8 Une protéine mal formée, un symptôme

1. Choisir une maladie parmi les deux suivantes : la drépanocytose – la mucoviscidose.

- Drépanocytose : la protéine anormale est l'hémoglobine. Comme c'est l'hémoglobine contenue dans les globules rouges qui transporte le dioxygène dans le sang, une forme anormale de l'hémoglobine induit une forme anormale des globules rouges (en faucille, au lieu d'être bien ronds). Ceci engendre une moins grande quantité de O₂ contenue dans les globules rouges, et une difficulté de cir-

culatation de ces derniers. Le manque de O_2 provoque alors une asthénie (manque de force) car le O_2 permet normalement la synthèse d'énergie, et une splénomégalie, car c'est la rate qui dégrade les globules rouges anormaux ou morts.

• Mucoviscidose : la protéine anormale est une protéine présente au niveau des cellules épithéliales des muqueuses digestive, respiratoire et génitale. Elle provoque la fabrication d'un mucus trop visqueux qui va finir par encombrer les voies diges-

tives en gênant la digestion et l'absorption intestinale (d'où la maigreur du malade), les voies respiratoires (d'où la dyspnée), et les voies génitales (d'où une infertilité).

2. En recherchant sur Internet (liens conseillés par le professeur), identifier la protéine dont la synthèse incorrecte déclenche la maladie choisie, donner son rôle normal puis faire le lien avec les symptômes observés. Pas de corrigé type.

EXERCICES

QCM

- 1) a-b
- 2) b
- 3) b-e-f-g-j
- 4) b

1 Impacts de l'asthme et du tabagisme sur l'histologie de l'appareil respiratoire

1. À l'aide des repères A et B, situer l'air sur la coupe transversale de la trachée de la figure 2.

L'air est situé en « A » sur la figure 2.

2. À l'aide des informations données, nommer les légendes 1 à 4 du schéma de la paroi de la trachée de la figure 3.

1) Cellule épithéliale ciliée – 2) Mucus – 3) Tissu cartilagineux – 4) Tissu épithélial glandulaire exocrine (sécrétion du mucus)

3. En cas de crise d'asthme, le diamètre de la trachée et des bronches est extrêmement réduit. Expliquer la dyspnée (difficulté à respirer) du malade. En vous aidant de la figure 3, nommer le tissu qui peut être res-

ponsable de cette diminution de diamètre au niveau des bronches.

La crise d'asthme provoque une bronchoconstriction, d'où une résistance au passage de l'air jusqu'aux alvéoles, engendrant une difficulté à respirer.

C'est la contraction excessive du tissu musculaire lisse présent dans la paroi des bronches et de la trachée qui est responsable de la bronchoconstriction.

4. Décrire la figure 4 pour identifier les tissus C et D qui constituent la muqueuse bronchique saine, puis comparer la figure 4 et la figure 5 dans le but de montrer les effets du tabac sur la muqueuse bronchique.

- C : On observe des cellules jointives sur une à deux couches, équipées de cils vibratiles. Il s'agit donc d'un tissu épithélial pseudostratifié cilié.

- D : On observe des cellules dispersées dans un réseau de fibres, il s'agit donc d'un tissu conjonctif lâche.

Le tabagisme provoque la disparition des cils vibratiles en surface de la muqueuse.

5. D'après les données ci-dessus concernant le rôle des cils vibratiles au niveau de la trachée et des

bronches, expliquer la toux grasse du fumeur.

Comme les cils vibratiles sont normalement chargés d'évacuer le mucus bronchique vers l'œsophage, l'absence de cils vibratiles chez le fumeur provoque une accumulation du mucus. Le réflexe de toux se déclenche pour aider à dégager les voies respiratoires.

2 Relation structure-fonction au niveau tissulaire et cellulaire

1. D'après la figure 6, indiquer l'organisation de ce tissu et la particularité de ses cellules. En quoi la structure des cellules et leur organisation sont-elles adaptées à l'absorption intestinale ?

- Les cellules sont jointives sur une seule couche : il s'agit donc d'un tissu épithélial monostratifié. Les cellules épithéliales intestinales possèdent des replis de leur membrane plasmique au pôle apical : les microvillosités.
- L'absorption intestinale est le passage des nutriments de la lumière intestinale vers le sang ou la lymphe. Celle-ci est favorisée au niveau intestinale grâce à :
 - la finesse de la muqueuse intestinale (une seule couche de cellules) ;
 - l'augmentation de la surface d'échanges due aux microvillosités des entérocytes.

2. Légender la figure 7 qui présente l'ultrastructure de deux cellules intestinales (entérocytes). Citer les organites qui sont très présents dans les entérocytes. Dédire une caractéristique de l'absorption intestinale.

1) Microvillosité – 2) REL – 3) RER – 4) Appareil de Golgi – 5) Noyau – 6) Mitochondrie – 7) Cellule endothéliale

On remarque que le cytoplasme des entérocytes est particulièrement riche en mitochondries. Comme ces organites assurent

la synthèse d'énergie, on en déduit que l'absorption intestinale est un phénomène qui peut être consommateur d'énergie.

3 Mettre en évidence une caractéristique des molécules constituant la membrane plasmique.

Analyser les résultats obtenus et conclure sur une caractéristique des molécules constituant les membranes plasmiques.

À $t = 5$ min, on constate que les molécules fluorescentes vertes et rouges ne sont pas mélangées dans la membrane de l'hétérocaryon, alors qu'à $t = 40$ min, elles le sont.

Comme la fluorescence rouge marque les protéines membranaires humaines, et les vertes, les protéines membranaires de souris, on en déduit que les protéines membranaires humaines et de souris ont bougé au sein de la membrane de l'hétérocaryon. Les molécules constituant la membrane ne sont donc pas figées, elles peuvent se déplacer les unes par rapport aux autres : on peut donner l'image d'une « mosaïque fluide » pour illustrer le mouvement des molécules au sein des membranes plasmiques.

4 Mise en évidence expérimentale des différents modes de passage des molécules à travers la membrane plasmique.

1. Analyser cette expérience. Conclure sur les modes de passage des différentes molécules à travers la membrane.

- Au début de l'expérience, les molécules ou éléments radioactifs sont dans le milieu d'incubation.

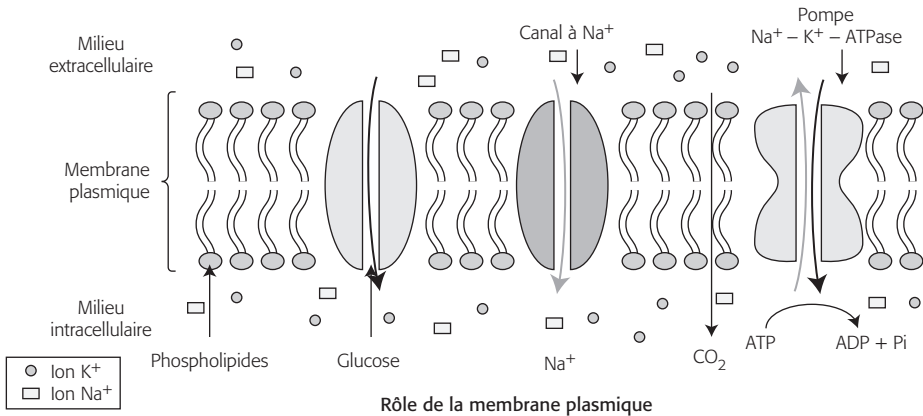
- Cinq minutes plus tard, on remarque la présence de CO_2 radioactif dans la bicouche lipidique et dans la bicouche lipidique lorsqu'elle est associée aux canaux protéiques : on en déduit que le CO_2 est capable de traverser la bicouche lipidique (mais on ne peut exclure qu'il n'emprunte pas du tout les canaux protéiques).

- On constate une absence de glucose et de sodium radioactifs dans la bicouche lipidique. Par contre, ces deux éléments se retrouvent dans la fraction contenant la bicouche lipidique lorsqu'elle est associée aux canaux protéiques.

- On en déduit que le glucose et le sodium traversent la membrane en passant par les canaux protéiques.

2. Faire un schéma simple d'une partie de la membrane artificielle contenant une bicouche lipidique et des canaux protéiques en localisant avec des flèches le passage du glucose, celui du sodium et celui du CO_2 .

Schéma : double couche de phospholipides (passage du CO_2) + canaux spécifiques du glucose (passage du glucose), canaux spécifiques du sodium (passage du sodium).



3

Organisation de l'appareil locomoteur : le squelette

DÉCOUVERTE : L'APPAREIL LOCOMOTEUR

1. Énoncer trois fonctions du squelette en illustrant chacune d'elles par un os approprié.

- Protection : scapula ou omoplate, os du crâne.
- Charpente de l'organisme : rachis ou colonne vertébrale.
- Locomotion : fémur s'articulant avec la hanche et la jambe.

2. La figure ci-dessus représente une ostéosynthèse réalisée chez Corinne après un accident de scooter. Nommer l'examen para-clinique qui a permis la réalisation de ce cliché.

L'examen est une radiographie du bras-avant-bras.

3. Corinne dit à ses camarades qu'elle s'est cassé le bras. Corriger et préciser son propos en rectifiant la région du corps traumatisée, l'os lésé et la nature de la lésion.

Corinne a eu une fracture au niveau de l'avant-bras, sur le cubitus ou ulna.

4. Nommer et décrire le traitement subi par Corinne pour traiter sa lésion osseuse.

Elle a subi une ostéosynthèse qui est une fixation chirurgicale des os fracturés au moyen d'une plaque vissée dans l'os à plusieurs endroits.

ACTIVITÉS

Activité 1 Observation
et dénombrement des os
du squelette

1. À l'aide du squelette du laboratoire, de vos connaissances et du tableau ci-dessus, recenser les différents os des membres supérieurs.

Membres supérieurs : humérus, radius, cubitus, carpe (8) métacarpes (5), phalanges (14) donc $30 \times 2 = 60$ os

2. Justifier le qualificatif de « flottantes » attribuées aux deux dernières paires de côtes.

Il y a 12 paires de côtes soit 24 côtes. 10 paires sont rattachées au sternum par du cartilage costal ; les deux dernières paires ne le sont pas et sont dénommées côtes flottantes.

3. Sachant que le rachis est formé de vingt-six os, recenser le nombre d'os composant le squelette axial.

Squelette axial : crâne et oreille moyenne : $8 + 6 = 14$; Face = 15 ; Cage thoracique :

24 + 1 = 25 ; Rachis = 26
Total = 80

4. Citer l'os mobile de la tête et nommer l'articulation rendant la mâchoire mobile.

C'est le maxillaire inférieur ; l'articulation est dénommée maxillo-temporale.

Activité 2 Étude du rachis

1. À l'aide de la donnée 1 et de la figure 5, compléter un tableau représentant, pour chaque segment du rachis, le nombre et la nomenclature des vertèbres, l'orientation antéro-postérieure de la courbure.

Segment	Nombre	Nomenclature	courbure A-P
Rachis cervical	7	C1 à C7	Convexe en avant
Rachis dorsal	12	D1 à D12	Convexe en arrière
Rachis lombaire	5	L1 à L5	Convexe en avant
Sacrum	5 soudées	S1 à S5	Convexe en arrière
Coccyx	4 soudées	Cx1à Cx4	Pointe vers l'avant

2. Citer la partie des vertèbres accessible à la palpation du dos par le médecin.

C'est l'apophyse épineuse qui est dorsale et palpable dans le dos.

3. À l'aide du texte de la donnée 2, quelle différence de gravité peut-on déduire d'une fracture du rachis au-dessus de L1 par rapport à une fracture en dessous de L3 ?

La moelle épinière s'arrêtant entre L2 et L3, une fracture en L1 peut présenter des risques de lésion médullaire alors qu'une fracture en L3 ne présentera plus de tels risques.

4. Analyser la figure 6 et nommer la déformation observée.

Il s'agit d'une déformation latérale du rachis nommée scoliose.

5. Expliquer la relation entre les deux situations citées en donnée 3 et cette déformation fréquente du squelette.

De mauvaises postures (jambes croisées), ou des charges lourdes mal équilibrées ou portées sur une épaule peuvent favoriser l'apparition d'une scoliose acquise ou aggraver une scoliose congénitale

Activité 3 Comprendre une radiographie

1. En utilisant le vocabulaire adéquat, décrire la figure 8 en indiquant les structures visibles.

La radiographie du thorax permet d'observer : les deux poumons, poumon gauche plus petit (il n'a que deux lobes), la cavité médiastinale contenant le cœur, le diaphragme, le squelette du thorax (côtes, sternum, colonne dorsale) et des éléments du squelette appendiculaire (clavicule, omoplate et humérus).

2. Classer les organes suivants (os, poumons, muscles) dans l'ordre de leur opacité croissante aux rayons X.

Les tissus classés du moins vers le plus opaque aux rayons X sont : poumons, muscle, os.

3. Indiquer le caractère sain ou pathologique d'une opacité pulmonaire, d'une clarté pulmonaire, d'une clarté osseuse.

• Une opacité pulmonaire est pathologique car elle montre la présence d'un foyer infectieux ou tumoral.

• Une clarté osseuse est également pathologique, car elle peut signifier une ostéoporose ou des tumeurs primitives osseuses ou des métastases.

• Seule une clarté pulmonaire est physiologique.

4. On présume qu’un enfant a avalé une pièce de monnaie. Citer l’examen qui sera réalisé pour en avoir la certitude.

Une pièce de monnaie étant un objet métallique radio-opaque, il suffit de réaliser une simple radiographie pour vérifier et suivre son évacuation dans le tube digestif.

Activité 4 Examens radiographiques des os fracturés

1. Identifier les principaux os ou massif osseux visibles sur les radiographies 9 à 12.

2. Nommer les articulations visibles sur les radiographies des figures 10 à 12.

3. Repérer sur les figures 9 à 11 le trait ou la zone de fracture, indiquer sa localisation sur l’os concerné en qualifiant pour la figure 11 le type de fracture et ses traitements possibles.

	Figure 9	Figure 10	Figure 11	Figure 12
Os	Crâne	Massif carpien, cubitus et radius	Fémur, tibia et péroné, rotule	Os iliaque gauche, fémur gauche
Articulation	Aucune	Poignet	Genou	Articulation de la hanche gauche ou coxo-fémorale
Fracture	Pariétale, en allant vers le temporal	Extrémité distale du radius à la jonction diaphyse – épiphyse	Crâne, de la voûte pariétale vers les zones temporales	Diaphyse du fémur

4. Nommer et décrire le traitement mis en jeu dans la figure 12.

Les fractures sont toutes fermées, avec un déplacement important pour la figure 11, et faible pour la figure 10. Les traitements des fractures des membres nécessitent au minimum une réduction puis une contention suivies d’une rééducation par kinésithérapie. Il suffira d’un plâtre pour assurer la contention d’une fracture bénigne du poignet (figure 10) chez l’adolescent. Une intervention chirurgicale peut s’avérer nécessaire pour une ostéosynthèse lorsque la fracture est plus importante et touche les membres inférieurs (figures 11 et 12). L’ostéosynthèse de la figure 12 a pour but de consolider le col du fémur par la pose de clou-plaques et vis lui permettant de remarcher plus rapidement.

5. Dans le cas d’une fracture ouverte de la jambe, citer le traitement médicamenteux nécessaire pour limiter le risque infectieux.

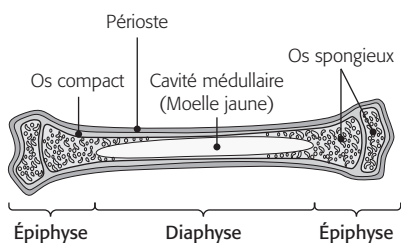
Il s’agit d’une antibiothérapie préventive pour éviter qu’une bactérie ne prolifère dans l’os où il serait ensuite difficile de la détruire.

6. Citer un risque d’une immobilisation prolongée et les traitements possibles.

Une immobilisation prolongée va favoriser le risque de coagulation sanguine et de thrombose veineuse, et l’amyotrophie (perte du volume musculaire). Un traitement anticoagulant et une rééducation kinésithérapique seront prescrits.

Activité 5 L’os est un tissu vivant richement minéralisé

1. À l’aide de la donnée 2 et de la figure 14, réaliser un schéma annoté de la coupe longitudinale d’un os long.



2. Citer le tissu à l'origine de la croissance en largeur et du renouvellement des os longs.

Il s'agit de l'enveloppe conjonctive du périoste qui permet la croissance en épaisseur des os.

3. Nommer les cellules osseuses et citer celles à l'origine de la formation et du remaniement des os.

- Ostéocytes : cellules assurant la sécrétion des protéines de l'os.
- Ostéoclastes : cellules détruisant l'os ancien (ostéolyse).
- Ostéoblastes : cellules assurant l'ostéogénèse.

4. Citer le tissu à l'origine de la fabrication des cellules sanguines.

L'hématopoïèse est assurée par la moelle osseuse rouge.

5. Lors d'un prélèvement de moelle osseuse, préciser, sur un os long, où sera réalisée la ponction de ce tissu.

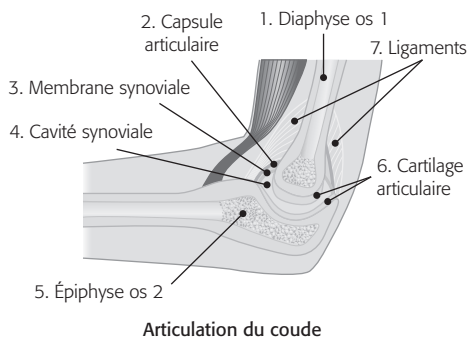
La moelle osseuse rouge est présente dans l'os spongieux, situé dans les épiphyses des os longs.

Activité 6 Découverte de l'articulation de la hanche

1. Sur le modèle de la hanche, retrouver la dénomination de l'articulation de l'épaule.

L'épaule est l'articulation scapulo-humérale.

2. À l'aide de la donnée 2, faire un schéma annoté d'une articulation mobile.



3. Citer le rôle principal de la synovie ; expliquer le gonflement d'une articulation blessée.

La synovie est un liquide fluidifiant la cavité synoviale et facilitant le jeu des surfaces du cartilage articulaire. En cas de traumatisme, l'hématome va provoquer une accumulation de synovie d'où le gonflement de l'articulation.

4. Citer le rôle des ligaments et distinguer une entorse d'une luxation. Après une entorse grave, nommer un traitement chirurgical réparateur.

- Les ligaments ont pour rôle de maintenir la présentation des os et de limiter l'amplitude des mouvements.
- Une entorse est une lésion ligamentaire, alors qu'une luxation est un déboîtement articulaire.
- La ligamentoplastie permet de reconstituer un ligament déchiré à partir de morceau de tendons prélevé au niveau des gros muscles.

5. À l'aide de la figure 16, proposer une définition de l'arthrose.

L'arthrose est une maladie dégénérative produisant la destruction progressive du cartilage articulaire et la déformation douloureuse des articulations mobiles.

Activité 7 Épidémiologie de l'arthrose

1. À l'aide des figures 16 et 17, décrire les lésions observées dans la coxarthrose.

La coxarthrose entraîne la mise en contact douloureuse, de l'os coxal et de la tête du fémur dont les cartilages articulaires ont été dégradés. Cela produit des frictions des pièces osseuses entraînant leur remaniement et la formation d'ostéophytes et de cavernes.

2. Retrouver les facteurs de risques de l'arthrose.

Vieillesse, génétique, surpoids, diabète sucré, goutte, traumatismes articulaires, malformations congénitales.

3. Citer les principales localisations de l'arthrose.

Les localisations de l'arthrose sont : hanche (coxarthrose), genou (gonarthrose), rachis (cervicarthrose, lombarthrose), mains et (doigts digitarthrose).

4. Citer et justifier le traitement de la coxarthrose observée sur la figure 18.

La figure 18 montre une intervention orthopédique pour une prothèse bilatérale de hanche qui reconstruit les épiphyses proximales des fémurs alors que l'os iliaque est consolidé par ostéosynthèse.

5. Proposer des moyens de prévention de cette maladie.

Prévention : un régime hygiéno-diététique pour limiter le surpoids, une activité physique régulière tout au long de la vie, l'évitement de sports traumatiques, l'élimination de tout risque de chute pour les personnes âgées.

Activité 8 Troubles musculo-squelettiques

1. Définir les deux symptômes et localiser le syndrome cité sur cette affiche (figure 19).

Tendinite : inflammation d'un tendon ; lombalgie : douleurs au niveau du rachis lombaire.

Le syndrome du canal carpien est un TMS localisé au poignet.

2. Analyser la donnée 1 afin de :

- calculer le pourcentage de travailleurs ayant fait l'objet d'un arrêt de travail ;

- calculer le pourcentage de travailleurs en arrêt maladie pour TMS.

Le pourcentage de travailleurs ayant eu un ou des arrêt(s) de travail : $2\,706/5\,250 = 52\%$

Le pourcentage de travailleurs en arrêts de travail pour TMS $790/2\,706 = 29\%$

3. Observer l'affiche et consulter le site. Citer quatre localisations principales des TMS.

Sur l'affiche, les coussins montrent les quatre grandes localisations des TMS : cou, coude, dos, poignet.

4. À l'aide du témoignage de l'aide soignante :

- citer le TMS auquel cette profession paramédicale est le plus exposée ;

- citer le traitement principal et la solution technique mise en place pour prévenir une récurrence.

Les aides-soignants sont très exposés aux lombalgies du fait de la manipulation des patients alités.

L'usage des porte-malades est nécessaire lorsque les patients présentent des surpoids importants ou de l'obésité.

Vrai ou faux

Les propositions vraies sont : c, e, g, i.
Revoir le cours pour comprendre l'inexactitude des autres propositions.

1 Squelette de la tête et du cou

1. Donner un titre à la figure 1 et indiquer, à l'aide des chiffres, la catégorie des os répertoriés : os pairs ou os impairs ?

• Titre de la figure 1 : Vue latérale du squelette céphalique.

1 : Os occipital (impair), 2 : Os temporal (pair), 3 : Os pariétal (pairs), 4 : Os frontal (impair), 5 : Os sphénoïde (impair), 6 : Os maxillaire supérieur (pair), 7 : Os maxillaire inférieur (impair), 8 : Os malaire ou jugal (pair).

2. Préciser les rôles de cette partie du squelette.

La boîte crânienne a pour fonction de protéger l'encéphale.

3. Utiliser la nomenclature du rachis pour nommer par leur sigle l'atlas et l'axis.

- L'atlas = C1
- L'axis = C2.

4. Recenser les mouvements importants autorisés par les articulations occipito-cervicales.

Ces articulations permettent une flexion/extension, une rotation de la tête par rapport au rachis cervical.

5. À l'aide de la figure 2 et de l'observation de la vertèbre C7, réaliser un schéma annoté d'une vertèbre type.

Voir figure 3, page 53 du manuel.

2 Imagerie médicale

1. Nommer cet examen et présenter son principe.

L'examen d'imagerie est la radiographie. La radiographie est un examen radiologique basé sur l'absorption différentielle des rayons X par le corps humain qui dépend de la densité des tissus traversés (faible pour les tissus mous et forte pour les tissus fortement minéralisés comme l'os).

2. Expliquer la signification des lettres C et O sur le schéma en relation avec les propriétés des tissus explorés.

Les rayons X résiduels sont réceptionnés sur un cliché radiologique dont l'observation définit des zones d'opacité (os d'aspect blanc) et des zones de clarté (tissus mous apparaissant gris).

3. Indiquer l'intérêt, les avantages et les inconvénients de ce type d'examen d'imagerie.

• **Intérêts :** diagnostic des fractures, d'une déminéralisation osseuse (ostéopénie ou ostéoporose), surveillance des réparations osseuses (cal osseux), contrôle d'une chirurgie orthopédique (ostéosynthèse, arthrodèse, pose de prothèses articulaires), diagnostic et suivi du traitement des déformations du rachis (lordose, cyphose, scoliose), diagnostic des lésions articulaires (entorses ménisques).

• **Avantages :** mise en œuvre rapide, adaptée à la prévention et au diagnostic de masse (fractures, tumeurs du sein, tuberculose).

• **Inconvénients :** la nocivité des rayons X limite le nombre d'examens (déconseillés chez la femme enceinte afin de protéger l'embryon ou le fœtus). Les

arthrographies sont invasives car elles nécessitent un produit de contraste iodé injecté dans la cavité articulaire. Les risques d'irradiation nécessitent la protection des manipulateurs en radiologie.

4. Une radiographie du thorax permet-elle de diagnostiquer une fracture lombaire ? Justifier.

Non, il faudrait une radiographie de la région abdomino-pelvienne

5. Une radiographie thoracique présente-t-elle un intérêt pour l'exploration des poumons ? Justifier.

Oui, car elle permet de voir si les poumons ne présentent pas d'opacité.

6. Décrire une radiographie thoracique saine en utilisant les termes adéquats (clarté et opacité).

Une radiographie pulmonaire saine doit montrer des zones de clarté au niveau des deux poumons. Les zones d'opacités se limitent à l'emplacement du cœur et au squelette (cage thoracique côtes sternum, clavicules).

3 Observation d'une radiographie osseuse

1. Décrire les os visibles et localiser la trace de la fracture.

La radiographie montre une partie des os du carpe et les extrémités distales du cubitus en haut et du radius en bas en position anatomique (supination). La fracture a concerné l'extrémité distale de la diaphyse du radius.

2. Décrire la zone fracturée puis citer le mécanisme qui l'a produit.

La zone fracturée a reformé du tissu osseux en formant un cal osseux grâce au périoste.

3. Cette fracture a-t-elle nécessité une ostéosynthèse ?

Non, car cette fracture chez l'enfant ne présente pas de déplacement important et l'os immobilisé s'est réparé naturellement.

4 Utilisation d'un produit de contraste

1. Définir les cinq termes en gras.

- Gonalgie : douleur au genou
- Arthrographie : radiographie d'une articulation
- Entorse : traumatisme articulaire ayant entraîné des lésions ligamentaires
- Ménisectomie : ablation d'un ménisque
- Arthroscopie : examen endoscopique de l'articulation

2. Identifier l'articulation douloureuse.
L'articulation touchée est le genou.

3. Citer les os qu'elle réunit.

Le genou réunit le fémur, le tibia et le péroné ainsi que la patelle (rotule).

4. Donner un titre en nommant l'articulation observée puis annoter la figure 5.

Coupe longitudinale ou sagittale du coude (*cf.* corrigé de l'activité 5).

5. Nommer les régions anatomiques proximale et distale séparées par cette articulation.

La région proximale est le bras, la région distale est l'avant-bras.

6. Citer l'os distal non schématisé.
Il s'agit du radius.

5 Une maladie articulaire

1. Donner un titre nommant cette articulation (noms courant et anatomique) puis légender cette figure.

Articulation de la hanche ou coxo-fémorale

1 : Os coxal ou iliaque ; 2 : Cartilage articulaire ; 3 : Tête du fémur ; 4 : Col du fémur ; 5 : Cavité synoviale ; 6 : Capsule articulaire.

2. Identifier la maladie dégénérative illustrée par les schémas et nommer les structures dégradées.

Il s'agit de l'arthrose qui dégrade progressivement le cartilage articulaire de la tête du fémur et de la cavité cotyloïde entraînant la formation d'ostéophytes douloureux et ankylosant.

3. Citer les traitements chirurgicaux proposés aux patients atteints d'une forme avancée de cette maladie.

La chirurgie pour la substitution de l'articulation arthrosique par une prothèse ou par une arthrodèse, intervention chirurgicale qui consiste à bloquer définitivement une articulation.

6

Syndrome du canal carpien

1. À quelle catégorie de pathologie appartient ce syndrome ?

Ce syndrome est un trouble musculo-squelettique.

2. Citer ses causes et la prise en charge possible pour la patiente.

Le syndrome du canal carpien est provoqué par la compression du nerf médian dans son passage dans le canal carpien au poignet. Comme les TMS, il peut être pris en charge comme une maladie professionnelle.

3. Observer la figure 7 et indiquer la nature du traitement choisi.

Le traitement ici est médicamenteux (anti-inflammatoires par infiltrations). Il

peut être aussi physiothérapique (ultrasons, ionophorèse, laser) ou chirurgical (pose d'une attelle nocturne et chirurgie par coupe du ligament transverse).

7

Constituants chimiques de l'os

1. À partir de l'analyse des résultats des expériences A à C, identifier pour chacune des expériences les constituants mis en évidence.

- L'expérience A montre la présence d'eau dans l'os.
- L'expérience B met en évidence que le tissu osseux renferme une grande quantité de sels minéraux dont du calcium qui permet de maintenir la forme solide des os.
- L'expérience C met en évidence la présence d'une quantité importante de protéines dans le tissu osseux qui réagissent positivement avec la réaction du biuret.

2. Dresser le bilan quantitatif (en pourcentage) des principaux constituants chimiques (minéraux et organiques) de l'os.

- La masse d'eau déshydratée est de $80 - 44 = 36$ g
- Le pourcentage d'eau dans l'os est donc de $36 \times 100/80 = 45 \%$
- Les minéraux représentent environ $100 \times (40-16) / 40 = 60 \%$ de la masse osseuse sèche ou 30% de la masse osseuse fraîche.
- La matière organique (cellules et protéines dont le collagène) ($100 \% - (45 \% + 30 \%)$) représente donc 25% de la masse osseuse fraîche.

4

Commande de l'appareil locomoteur : le système nerveux

DÉCOUVERTE : TÉTRAPLÉGIE ET PARAPLÉGIE

1. Indiquer la partie du système nerveux qui a été détruite ou sectionnée dans ces traumatismes.

Les traumatismes produisant des blessés médullaires touchent la moelle épinière (médullo = moelle).

2. Distinguer les paralysies dont souffrent Jean et Bernard.

Bernard souffre d'une paralysie des 4 membres et du tronc ; celle-ci est cependant partielle pour les membres supérieurs puisqu'il arrive à commander ses muscles triceps.

Jean souffre d'une paralysie des membres inférieurs et de la partie basse du tronc puisqu'il ne commande plus ses muscles abdominaux.

3. Les sportifs handisports en fauteuil peuvent atteindre des vitesses impressionnantes. Calculer la vitesse moyenne de Jean durant son marathon et justifier ses protections.

- Le temps de course de Jean est de 1 h 35 min, soit 95 minutes.

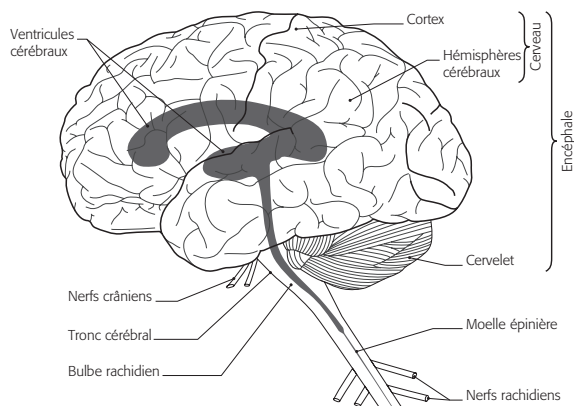
- La vitesse moyenne de Jean est de $42,2 \text{ km} / 95 \times 60 = 26,7 \text{ km/h}$, soit $7,4 \text{ m/sec}$.

Pour éviter un traumatisme crânien en cas d'accident, le port du casque est obligatoire (comme dans les courses cyclistes par exemple). Jean porte également des gants épais pour protéger ses mains contre les frictions et les brûlures dues au contact des arceaux de roue.

ACTIVITÉS

Activité 1 Des pharaons à l'imagerie médicale : découverte du système nerveux

1. En vous aidant des figures 1 et 2 et des données ci-dessus, réaliser un schéma annoté situant les 13 structures anatomiques en gras citées dans la donnée 1.



2. À partir de la citation d'Hippocrate, expliquer comment l'encéphale peut-être considéré comme un centre nerveux. Quelle est la démarche scientifique utilisée ici ?

Hippocrate observe que, lorsque le cerveau dysfonctionne, des perturbations touchent l'organe lui-même (troubles de l'intelligence) mais également d'autres organes du corps (convulsions du corps tout entier). La fonction du cerveau comme centre nerveux est découverte à travers son dysfonctionnement ; cette démarche scientifique consistant à déduire une fonction à partir de l'ablation ou du dysfonctionnement pathologique d'un organe est souvent utilisée en physiologie.

3. Hippocrate est bien connu des jeunes médecins lorsqu'ils s'apprentent à exercer la médecine. À l'aide d'Internet, rechercher le lien entre ce médecin grec et la déontologie médicale actuelle.

Le serment d'Hippocrate, attribué au médecin grec Hippocrate, a servi de base à l'ordre français des médecins pour la rédaction du code de déontologie médicale utilisé de nos jours. Lors de la présentation de leur thèse et pour obtenir leur titre de docteur en médecine, chaque nouveau médecin prête serment sur ce code de règles éthiques.

Activité 2 Organisation histologique du tissu nerveux

1. Comparer la localisation des substances blanche et grise au niveau des deux centres nerveux présentés en figures 4 et 5.

• Sur la coupe transversale d'encéphale, on observe la substance grise principalement à l'extérieur, au niveau du cortex. Quelques îlots de substance grise à l'intérieur sont entourés de la subs-

tance blanche interne prédominante. L'encéphale est un centre gris.

• Sur la coupe de moelle épinière, la substance grise forme l'esquisse d'un « papillon » à l'intérieur, alors que la substance blanche est en position externe. La moelle épinière est donc un centre blanc.

2. Décrire les observations microscopiques représentées en figures 6 et 7. Conclure quant à l'organisation tissulaire de la substance grise de ces centres nerveux.

Les figures 6 et 7 montrent les structures présentes au niveau de la substance grise. Ce sont des corps cellulaires de neurones qui sont présents dans la substance grise.

3. La coloration au vert de méthyle-pyronine confirme-t-elle cette conclusion ? Justifier.

Oui, car la présence des acides nucléiques signale la localisation des noyaux des neurones situés toujours au centre des corps cellulaires.

4. Schématiser les éléments cellulaires visibles sur les figures 6 et 7. Légender ce schéma.

Cf. schéma du cours page 78.

5. Citer la proposition qui définit le mieux l'organisation tissulaire des centres nerveux. Justifier.

a) La substance blanche et la substance grise sont indépendantes et possèdent chacune des neurones distincts.

b) La substance grise est la continuité cellulaire de la substance blanche, qui contient les corps cellulaires des neurones.

c) La substance blanche est la continuité cellulaire de la substance grise, qui contient les corps cellulaires des neurones.

La proposition exacte est c).

Activité 3 Structure des nerfs et des fibres nerveuses

1. Décrire, à l'aide des figures 8 et 9, la structure d'un nerf.

Un nerf est constitué de plusieurs centaines de fibres nerveuses parallèles et de diamètre variant de 2 à 17 μm , entouré d'une enveloppe conjonctive, le péri-nèvre.

2. Expliquer pourquoi, dans l'expérience de Waller, on observe la dégénérescence du bout périphérique d'une fibre sectionnée.

La reconstitution de l'axone n'est possible qu'à partir du corps cellulaire où se situent les organites nécessaires (noyau, ribosomes, mitochondries, etc.). Le bout central est bien en relation avec le corps cellulaire et peut donc assurer la régénération de la fibre. Le bout périphérique ne l'est pas et ne peut donc que dégénérer.

3. Indiquer la condition nécessaire à la régénération d'une fibre nerveuse et l'intérêt médical qui peut en résulter.

La régénération n'est possible que si l'intégrité des gaines de Schwann et de myéline a été préservée. Après une section nerveuse, la neurochirurgie consiste à mettre bout à bout les faisceaux nerveux sectionnés. Les gaines de Schwann de chaque fibre en continuité peuvent permettre la régénération axonale des fibres sectionnées et aboutir à un retour de sensibilité ou de motricité dans le membre opéré.

Activité 4 Découverte de l'encéphale sain par scanographie

1. Indiquer le plan de coupe utilisé pour chacune de ces scannographies (figures 13 à 16).

Coupe transverse oblique.

2. Faire correspondre les plans OMx, OMy, OMz du topogramme aux figures 14, 15 et 16. Justifier.

- La coupe OMx correspond à la figure 15.
- La coupe OMy correspond à la figure 14.
- La coupe OMz correspond à la figure 16.

3. Indiquer les structures de l'encéphale aisément reconnaissables sur ces coupes.

- Le sillon, les circonvolutions et le cortex sont visibles sur la figure 15.
- Les ventricules latéraux sont visibles sur la figure 14, le cervelet est visible sur la figure 16.

4. Chez l'adulte, le cerveau représente 85 % du volume de l'encéphale. Si on assimile le cerveau à une sphère, la surface théorique du cortex cérébral est de 4,3 dm^2 . La surface réelle est de 22 dm^2 . Expliquer cette différence.

La surface réelle du cortex est cinq fois plus importante que la surface « dépliée », car le cortex forme de nombreux replis (circonvolutions et sillons visibles sur la figure 15).

Activité 5 L'IRM : de quoi s'agit-il ?

1. Distinguer le principe physique de l'IRM de celui de la scanographie.

L'IRM est un examen d'imagerie médicale non irradiant utilisant les **champs magnétiques** pour obtenir, en fonction de la composition chimique des tissus, des images anatomiques et fonctionnelles de grande résolution dans les trois plans de l'espace grâce au traitement informatique de l'image. La scanographie, elle, utilise les rayons X.

2. Expliquer deux contre-indications de l'IRM en lien avec le principe de cet examen.

Grossesse (1^{er} trimestre), porteurs de stimulateurs cardiaques, de prothèses

métalliques, d'implants auditifs ou obésité majeure.

3. L'hydrocéphalie est une accumulation de liquide céphalo-rachidien. Observer l'image IRM en la comparant à la figure 18 de l'activité 6 pour localiser cette pathologie.

L'hydrocéphalie est l'accumulation de Liquide céphalo-rachidien qui entraîne une dilatation des ventricules latéraux du cerveau. Les ventricules latéraux prennent un aspect ovoïde comprimant le tissu nerveux environnant et entraînent une hypertension intra-crânienne. On observe que les ventricules cérébraux sont beaucoup plus dilatés sur la figure 17 que sur la figure 18.

Activité 6 Des lésions cérébrales
mises en évidence par scanographie
et IRM

1. À l'aide de l'activité 1, légender la figure 18 (les structures 1 et 3 sont des cavités qui communiquent entre elles ; la structure 4 est colorisée en violet sur la figure 21).

1 : Ventricules latéraux ; 2 : Thalamus ; 3 : IVe ventricule ; 4 : Cervelet ; 5 : Moelle épinière ; 6 : Pont de Varole ; 7 : Bulbe rachidien.

2. Identifier les plans de coupe des figures 18, 19 et 20.

3. Observer les figures 19 et 20 et localiser le siège et la nature des lésions décrites.

	Figure 18	Figure 19	Figure 20
Plan de coupe	sagittal	transverse horizontal	frontal
Lésion	Aucune	Abcès toxoplasmique et œdème au cortex pariétal droit	Hémorragie cérébrale temporo-pariétale gauche

4. Indiquer la partie de l'encéphale visible à la fois sur les figures 19 à 21, nommer les deux moitiés qui la composent et citer la division qui la sépare.

On observe sur les figures 19 et 21 les hémisphères cérébraux gauche et droit séparés par le sillon inter-hémisphérique ou faux du cerceau.

Activité 7 Étude expérimentale
des lésions médullaires
et rachidiennes

1. Légender les structures 1 à 4 et indiquer à quelle hauteur du rachis se termine la structure 2.

1 : Bulbe rachidien, 2 : Moelle épinière, 3 : Nerfs rachidiens, 4 : Queue de cheval. La moelle épinière se termine au niveau de la première vertèbre lombaire.

2. Nommer les conséquences ou séquelles des lésions médullaires ou nerveuses pour ces quatre niveaux.

Lésions médullaires en C2 : mort ; en C6 : tétraplégie ; en D12 : paraplégie ; lésion nerveuse en L5 : troubles sphinctériens.

3. Rédiger une phrase de conclusion montrant le principal facteur de gravité dont dépend un traumatisme médullaire.

Lors d'une section de la moelle épinière, plus celle-ci est haute, plus les conséquences sont graves.

4. Une hémiplégie ou une monoplégie sont-elles dues à des lésions médullaires ? Quelle peut en être la cause ?

- Non, les causes d'une hémiplégie ou d'une monoplégie sont d'origine cérébrale (AVC) ou sont dues à une névrite.
- Expériences de Magendie.

5. Que peut-on déduire sur la localisation des corps cellulaires des neurones composant ces fibres nerveuses ?

Le nerf rachidien contient des fibres sensibles et des fibres motrices. C'est un nerf mixte. Les corps cellulaires sont situés à gauche de la section, au niveau du ganglion spinal ou dans la moelle épinière.

6. Citer le type de fibres (sensitives ou motrices) présentes dans la racine postérieure. Justifier.

La racine postérieure contient les fibres sensibles.

7. Citer le type de fibres (sensitives ou motrices) présentes dans la racine antérieure. Justifier.

La racine antérieure contient les fibres motrices.

8. Quelle est la probable localisation des corps cellulaires des neurones moteurs ?

Les corps cellulaires des motoneurones sont probablement situés dans la substance grise de la moelle épinière.

9. Justifier la dégénérescence du bout périphérique de la racine antérieure et d'une moitié longitudinale du nerf.

Après la section 3, il s'agit de la dégénérescence des fibres motrices qui ont été séparées de leur corps cellulaire situé dans la substance grise de la moelle épinière.

Activité 8 Étude de différents traumatismes du rachis

1. Observer la figure 26 et reconnaître le rachis cervical en distinguant :

a) l'empilement des corps vertébraux séparés par les disques intervertébraux ; b) le cordon médullaire continu ; c) les apophyses épineuses.

2. Repérer et préciser le niveau du pincement de la moelle épinière puis indiquer les conséquences d'une section complète de la moelle épinière à ce niveau.

Sur la figure 26, le pincement de la moelle épinière a lieu en C5.

Une section complète de la moelle à ce niveau entraîne tétraplégie et anesthésie du tronc et des membres.

3. Observer la figure 27 et identifier les disques intervertébraux (notés par exemple C6-C7) qui ont subi une hernie.

Sur la figure 27, les pincements de la moelle épinière ont lieu aux niveaux des disques entre C3-C4 et C6-C7.

4. Rechercher la définition des trois symptômes en gras ; en déduire les structures nerveuses autres que la moelle épinière victimes d'une compression lors d'une hernie discale.

• Définitions : voir lexique.

• Les séquelles sont : névralgie, parésie, paresthésie, conséquence de lésions nerveuses occasionnées par les hernies.

5. Citer l'intérêt diagnostique de l'IRM en neurologie.

Diagnostic des pathologies médullaires (tumeurs, hernies discales, fracture du rachis) ou cérébrales (tumeurs, accidents vasculaires cérébraux, maladies dégénératives).

6. Observer la figure 28 et expliquer les mouvements de la tête à l'origine de la lésion médullaire. Citer les conséquences d'un tel traumatisme. Dans un véhicule, citer les dispositifs permettant de minimiser les conséquences cervicales d'un choc arrière.

Le coup du lapin est une entorse cervicale grave et souvent mortelle : la tête est projetée brutalement en avant puis

en arrière au cours d'un choc automobile arrière entraînant la rupture cérébrale et médullaire. Un appui-tête, ou mieux

encore un siège baquet avec appui-tête intégré, évite ce type de lésion.

EXERCICES

Vrai ou faux

Les propositions vraies sont : 1, 3, 5, 8, 10. Revoir le cours pour comprendre l'inexactitude des autres propositions.

1 L'organisation générale du système nerveux

1. Proposer un titre et légender le schéma 1.

- Titre : Schéma général du système nerveux
- 1 : Encéphale
- 2 : Hémisphère cérébral gauche ;
- 3 : Hémisphère cérébral droit
- 4 : Cervelet
- 5 : Cerveau
- 6 : Bulbe rachidien
- 7 : Moelle épinière
- 8 : Nerfs rachidiens
- 9 : Queue de cheval
- 10 : Nerfs sciatiques

2. Citer les autres localisations de la substance nerveuse grise dans l'organisme (préciser interne ou externe).

La substance grise contient les corps cellulaires des neurones composant les fibres nerveuses. La substance grise existe sous forme de petits amas gris à l'intérieur du cerveau ou elle est principalement externe (cortex) et elle est interne sous la forme d'une aile de papillon dans la moelle épinière.

3. De quoi est constituée la substance nerveuse dite blanche ?

La substance blanche est composée des fibres nerveuses.

4. Nommer ces enveloppes en les citant du tissu nerveux vers l'os.

Les centres nerveux sont entourées de trois méninges : la pie-mère la plus interne, l'arachnoïde, la dure-mère la plus externe.

5. Nommer ce liquide et son prélèvement, puis indiquer l'endroit où sa ponction est généralement réalisée en justifiant votre réponse.

C'est le liquide céphalo-rachidien, on le ponctionne en dessous de L3 dans l'arachnoïde sans risque de léser la moelle épinière.

2 Scanner ou IRM

Choisir parmi les propositions suivantes celles qui peuvent être attribuées au scanner ou à l'IRM.

- 1, 5 et 6 sont attribuées à l'IRM.
- 3 est attribuée au scanner.
- Les autres propositions sont fausses (4), ou correspondent à un autre examen (2).

3 Réaliser des affiches sur l'imagerie médicale en coupe

1. Proposer un titre pour chacune des affiches.

• Titre 1 : La scanographie ou télémodensitométrie

- Sous-titres 1a) Un fin faisceau de Rayons X

- Sous-titre 1b) Absorption différentielle des rayons par balayage d'un plan de coupe transversal

• **Titre 2 : L'imagerie par résonance magnétique**

- Sous-titres 2a : Tube IRM avec électroaimant (champ magnétique fixe)
- Sous-titres 2b : Bobine radiofréquence en rotation (champ magnétique tournant)
- Sous-titres 2c : Bobine radiofréquence fixe (champ magnétique tournant arrêté)

2. Rédiger quelques lignes d'explication des schémas (définition et principe succinct de la scanographie).

Scanographie : examen d'imagerie médicale utilisant les rayons X et l'ordinateur. L'appareil détecte des coefficients d'absorption des rayons X pour chaque point de la coupe transversale et l'ordinateur construit une image de haute résolution.

4 Explorer l'encéphale

1. Proposer un titre précisant le plan de coupe.

Coupe sagittale de l'encéphale.

2. Annoter ce document.

(Aide : la structure 1 entoure les centres nerveux et la structure 3 contient un liquide circulant dans les centres nerveux.)

1 : Cortex

2 : Cerveau ou lobe pariétal

3 : Ventricule cérébraux latéraux

4 : Cervelet

5 : Tronc cérébral

6 : Moelle épinière

3. Indiquer la partie de l'encéphale visible sur la figure 4.

Le cerveau.

4. Décrire la particularité visible du cortex.

Le cortex cérébral, partie corticale superficielle des hémisphères cérébraux, présente une surface très plissée en rapport avec ces nombreux rôles fonctionnels.

5. Définir le symptôme souligné.

Une hémiparésie est une paralysie d'une moitié droite ou gauche du corps.

6. Analyser la conséquence de la lésion et déduire le trajet des voies nerveuses motrices du cortex jusqu'aux muscles.

La lésion du cortex moteur droit produit une paralysie de la partie gauche du corps, cela signifie que dans le trajet des fibres motrices qui partent du cortex et qui descendent dans la moelle épinière, il y a un croisement des fibres nerveuses.

5 Le mal du siècle et des transports routiers !

1. Définir les six termes soulignés.

• **Lombalgie** : douleurs au niveau du rachis lombaire.

• **Antalgique** : qui lutte contre les douleurs ;

• **Scoliose** : déformation latérale de la colonne vertébrale : dos en S.

• **Discopathie** : pathologie d'un disque intervertébral.

• **Sciatalgie** : névralgie ou douleur siégeant le long du nerf sciatique.

• **Hernie discale** : sortie du disque intervertébral hors de son emplacement normal (entre les corps vertébraux) pouvant comprimer la moelle épinière ou les racines rachidiennes.

2. Décrire sur la figure 5 la zone concernée par l'hernie.

On voit sur la figure 5 le glissement d'un disque (hernie) qui comprime les racines rachidiennes des nerfs sciatiques sortant par les trous de conjugaison entre L4-L5 et L5-S1 et provoque la sciatique.

3. On dit communément que « le mal de dos est le mal du siècle ». Citer, dans le cas de M. Sicart, les facteurs le

prédisposant à sa pathologie et proposer une prévention.

Un effort mal préparé (soulèvement maladroit de charges lourdes sans entraînement), l'excès de poids, la sédentarité, les vibrations, une position assise prolongée, ne permettent pas une bonne hygiène du rachis. Une bonne prévention consistera à porter une ceinture lombaire en cas d'efforts ou de longs trajets assis, et à renforcer sa musculature lombaire par des sports adaptés et à perdre du poids.

4. Citer les éléments du traitement étiologique prescrit à Monsieur Sicart pour traiter son hernie.

Le traitement étiologique est anti-inflammatoire ; on prescrit également du repos afin de limiter les sollicitations mécaniques sur le disque.

6

Accident de moto

1. Définir une fracture du rachis ainsi que les trois termes soulignés.

Une fracture du rachis peut concerner une ou plusieurs parties d'une vertèbre ou de plusieurs vertèbres et entraîner une déstabilisation importante de la colonne et des lésions nerveuses si celle-ci est grave.

• **Névralgie** : douleur siégeant le long d'un nerf.

- **Paresthésie** : trouble de la sensibilité.
- **Kinésithérapie** : traitement par les mouvements musculaires.

2. Mettre en relation les séquelles avec la nature du traumatisme subi.

Les séquelles (lombalgies, névralgies, paresthésies) au niveau des membres inférieurs sont liées à sa fracture mais également à l'atteinte des nerfs sciatiques.

3. Justifier les précautions prises durant le transport de Jean-Marc du lieu de l'accident à l'hôpital.

Ces précautions (matelas coque et hélicoptère permettant de limiter les vibrations lors du transport) visent à ne pas risquer des lésions médullaires si des fractures vertébrales hautes existaient (ce qui n'est pas le cas chez Jean-Marc).

4. Observer la figure 6 : montrer en quoi le traitement réalisé n'altère d'aucune façon la moelle épinière.

Le traitement d'ostéosynthèse consiste en une plaque vissée dans les vertèbres L4 et L5 et le sacrum afin de stabiliser la charnière lombo-sacrée. La moelle épinière s'arrêtant dans le canal rachidien au niveau de L2, il n'y a aucune conséquence de la présence de la prothèse sur ce centre nerveux. La queue de cheval a la possibilité de s'accommoder de la présence des vis.

5

Physiologie nerveuse

DÉCOUVERTE : LA MISE EN ÉVIDENCE DU RÉFLEXE ROTULIEN

1. Après la lecture du texte et l'observation du cliché, expérimenter prudemment, par binôme, la mise en évidence du réflexe rotulien (en cas d'absence de marteau à réflexe, une règle en fer pourra le remplacer).

2. Décrire la réponse réflexe obtenue et préciser les conditions de sa réussite.

Le réflexe rotulien se traduit par l'extension réflexe de la jambe après que le tendon du muscle quadriceps a été étiré par la percussion. Le muscle quadriceps extenseur réagit à cette stimulation par sa contraction. Il faut que le sujet soit assis jambe pendante dans un état de complète décontraction musculaire au niveau de ses membres inférieurs et qu'il n'ait pas de contrôle volontaire sur ces membres afin de laisser opérer le réflexe médullaire sans influence de son encéphale.

ACTIVITÉS

Activité 1 Composition ionique
à l'intérieur et à l'extérieur
d'une fibre nerveuse au repos

1. Distinguer un anion d'un cation et recenser le cation principal du compartiment intracellulaire et du compartiment extracellulaire.

Un cation est un ion chargé positivement, alors qu'un anion est chargé négativement. Le Na^+ est le principal cation extracellulaire, le K^+ est le principal cation intracellulaire.

2. À partir des informations de la figure 1, faire un schéma simplifié d'une fibre nerveuse en reportant les concentrations des principaux cations.

Voir figure 1, en reportant les concentrations du tableau.

3. Expliquer pourquoi les protéines ne peuvent pas traverser la membrane de la même manière que les ions.

Contrairement aux ions minéraux, les protéines sont des macromolécules qui ne peuvent pas traverser la membrane par des canaux protéines.

4. Représenter sur votre schéma, à l'aide de flèches, le gradient de concentration ionique expliquant l'échange ionique par diffusion facilitée au repos.

Prendre le modèle de la figure 2 en ne dessinant que les transports par diffusion facilitée dans le sens des gradients de concentration.

5. Citer le transport qui se trouve bloqué par l'ajout de cyanure dans le milieu. Expliquer le résultat observé lors de l'expérience de la donnée 3.

Il s'agit du transport actif réalisé par les pompes $\text{Na}^+ \text{K}^+ \text{ATPase}$.

Si ces pompes ne fonctionnent plus, seuls les transports facilités font transiter les ions ; et donc les ions Na^+ entrent dans la cellule et les ions K^+ sortent de la cellule produisant les modifications de concentration citées dans la donnée 3.

6. Quel type de transport assure le maintien de l'inégale répartition ionique observée ? Représenter son action sur le schéma précédent par des flèches de couleur.

Il s'agit du transport actif réalisé par les pompes $\text{Na}^+ \text{K}^+$ ATPase qui font entrer le K^+ et sortir les Na^+ en dépensant de l'énergie. Reprendre le modèle de la figure 2 pour compléter votre schéma.

Activité 2 Électrophysiologie

d'une fibre nerveuse au repos

1. Après avoir lu la donnée 1, définir puis expliquer le sigle « ddp ».

Une ddp est une différence de potentiel ou de quantité de charge électrique entre deux endroits de la cellule, ici de part et d'autre de la membrane plasmique.

2. Lorsque les deux électrodes sont à l'extérieur, donner la valeur de la ddp. Conclure sur le potentiel existant au niveau de la face externe de la membrane plasmique, en tout point de l'axone.

Avant la pénétration de RI, les deux électrodes sont externes, au même potentiel, donc la ddp constante = 0 mV.

3. Quel phénomène observe-t-on lorsque l'on plante la microélectrode dans l'axone ? Conclure sur le potentiel existant entre la face externe et la face interne de la membrane plasmique.

Après la pénétration de RI, le potentiel de repos ou de membrane est constant

et négatif = - 62 mV (- du côté interne, + du côté externe) puisque le spot est dévié horizontalement vers le bas (plaque-R2 positive et plaque - R1 négative).

4. À l'aide de la donnée 3, expliquer l'origine de la ddp négative du potentiel de repos.

Le potentiel de repos s'explique principalement par une sortie de K^+ qui crée un déficit de charge positive à l'intérieur de la membrane d'où une polarité plus négative à l'intérieur qu'à l'extérieur de la cellule. Le transport qui assure le maintien du potentiel fait sortir le sodium et rentrer le potassium agissant donc dans le sens des gradients croissants. Il s'agit donc de transports actifs.

Activité 3 Détermination du seuil

d'excitation d'une fibre nerveuse

1. D'après le tableau de la figure 4, citer les intensités de stimulation infraliminaires ou inefficaces. Justifier.

I_1, I_2, I_3, I_4 sont infraliminaires ou inefficaces puisqu'elles ne permettent pas de dépolariser la fibre nerveuse.

2. Encadrer la valeur de l'intensité seuil de stimulation de la fibre nerveuse à partir de laquelle on obtient la réponse observée sur la figure 4 et calculer l'amplitude en mV du potentiel d'action.

L'intensité seuil de stimulation de la fibre nerveuse est de 32 mA. L'amplitude en mV du potentiel d'action est de - 69 à +38 soit 117 mV.

3. Repérer, sur le graphe de la figure 4 représentant un potentiel d'action, les phases de dépolarisation, de repolarisation et d'hyperpolarisation. En

analysant ce graphe, expliquer ces termes.

La fibre nerveuse stimulée subit une phase de dépolarisation de sa membrane qui inverse son potentiel en devenant positif (+ à l'intérieur et - à l'extérieur) puis elle subit aussitôt une phase de repolarisation afin de retrouver un potentiel négatif à l'intérieur qui est temporairement plus important que la valeur du potentiel de repos, il s'agit d'une phase d'hyperpolarisation.

Activité 4 Origine ionique du potentiel d'action d'une fibre nerveuse

1. Rappeler la polarité de la membrane plasmique au repos, puis la signification du terme dépolarisation.

La membrane plasmique au repos est chargée positivement à l'extérieur et négativement à l'intérieur. Le mot dépolarisation signifie qu'il y a inversion de la polarité membranaire et donc de la DDP de repos.

2. Analyser les données 1 et 2 et formuler une hypothèse sur l'origine de la dépolarisation observée lors de la naissance d'un potentiel d'action.

L'amplitude du PA qui correspond principalement à la phase de dépolarisation dépend de la concentration extracellulaire en Na^+ . Si le gradient de concentration en Na^+ est diminué, la dépolarisation l'est aussi. La dépolarisation provient d'un passage des ions Na^+ au travers de la membrane.

3. Grâce au tableau, comparer la concentration en Na^+ intracellulaire en début et fin de dépolarisation. Ceci confirme-t-il l'hypothèse énoncée en question 2 ?

En fin de dépolarisation, la concentration en Na^+ intracellulaire devient plus élevée

que celle à l'extérieur. La dépolarisation est donc due à un flux entrant d'ions Na^+ .

4. Comparer les concentrations intracellulaires en Na^+ et en K^+ en début et en fin de repolarisation pour formuler une seconde hypothèse expliquant la seconde phase du potentiel d'action.

Concentration intracellulaires en Na^+ identiques en début et en fin de dépolarisation. Par contre, concentration en K^+ intracellulaire plus faible en fin de repolarisation qu'en début. Donc, la repolarisation est due à une sortie de K^+ .

5. Comparer la répartition ionique entre l'état de repos et l'état de la fibre en fin de phase de repolarisation, puis la ddp entre ces deux mêmes moments. Conclure.

La DDP est redevenue négative, comme au repos, cependant, la situation ionique en fin de repolarisation est l'inverse de l'état de repos ou de début de dépolarisation. Le sodium doit sortir de la fibre et le potassium doit rentrer.

6. Quels échanges sont nécessaires pour que la fibre retrouve son équilibre ionique initial ? Sachant que ces échanges sont impossibles si la fibre ne fabrique pas d'ATP, quels mécanismes mettent en jeu ces échanges ?

Ces échanges nécessitent un transport actif consommateur d'ATP assuré par les pompes qui font sortir le sodium et rentrer le potassium...

Activité 5 Stimulations comparées de fibres nerveuses et d'un nerf

1. Dédurre les intensités seuils d'excitabilité des fibres fa et fb par rapport aux intensités de stimulation I_1 à I_9 .

Le seuil d'excitabilité est situé entre la première intensité qui donne une

réponse et l'intensité précédente, soit entre I_1 et I_2 pour fa, et entre I_2 et I_3 pour fb.

2. Proposer une hypothèse pour expliquer ces différents seuils.

Ces fibres ne diffèrent que par leur diamètre, on peut faire l'hypothèse suivante : plus la fibre est grosse, plus son seuil est élevé.

3. On connaît deux lois qui régissent l'excitabilité du tissu nerveux : la loi du « tout ou rien » et la loi d'excitabilité croissante puis maximale ou loi de sommation. Attribuer à chaque structure (fibre et nerf) la loi qui correspond aux résultats expérimentaux.

On dit qu'une fibre obéit à la loi du « tout ou rien » car :

- si l'intensité est $<$ au seuil, pas de PA = rien ;

- si l'intensité est $>$ au seuil, quelle que soit sa valeur, les PA sont constants en amplitude et en durée = tout.

On dit que le nerf suit la loi d'excitabilité croissante puis maximale, car l'amplitude des PA augmente jusqu'à une intensité I_8

4. En considérant la structure d'un nerf, expliquer la loi d'excitabilité croissante puis maximale (= loi de sommation).

La loi qui régit le nerf est appelée *loi de recrutement des fibres* car le nombre de fibres excitées dépend de l'intensité de la stimulation et lorsque toutes les fibres sont excitées, on obtient le PA du nerf.

5. Expliquer pourquoi, sous l'électrode R_n , l'intensité I_9 , bien que supérieure à I_8 , donne une réponse de même amplitude que celle de I_8 .

I_9 bien que supérieure à I_8 donne le même PA puisque toutes les fibres nerveuses ont déjà été recrutées.

6. Les réponses du nerf et des fibres, bien que d'amplitudes différentes, sont dénommées potentiel d'action. Proposer une définition simple d'un potentiel d'action nerveux.

Un potentiel d'action est une variation stéréotypée (identique chez tous les individus) d'amplitude constante du potentiel de membrane produisant durant une courte durée l'inversion du potentiel de membrane.

Activité 6 Propagation du potentiel d'action

1. Calculer la vitesse de propagation du potentiel d'action dans la première expérience.

On rappelle qu'une vitesse est une distance parcourue pendant un temps donné. L'unité choisie sera le mètre par seconde ($m.s^{-1}$).

Vitesse exp 1 $V = 20 \text{ mm} / (3,2 - 0,7) = 60 / 2,5 \text{ ms} = 24 \text{ m/s}$.

2. La propagation du potentiel d'action sur une fibre est-elle constante ?

Pour une structure nerveuse donnée et dans les mêmes conditions de température, la vitesse de propagation est constante tout au long de la fibre ou du nerf et indépendante de la nature et de l'intensité du stimulus.

3. Analyser la donnée 2 pour identifier les paramètres de variation de cette propagation. Conclure en citant leur influence sur la vitesse.

La vitesse est plus élevée lorsque le diamètre de la fibre est important, la fibre est myélinisée, la température est élevée.

4. Citer une application médicale découlant d'une de ces influences.

Application : le froid ralentit l'activité nerveuse, les applications médicales sont l'anesthésie ou le ralentissement moteur observé dans l'engourdissement provoqué par l'hypothermie.

5. Comparer, à diamètre constant, la vitesse de propagation de l'influx nerveux dans les fibres nerveuses amyéliniques et les fibres nerveuses myélinisées.

La comparaison à température constante (37 °C) d'une fibre myélinisée de mammifère et d'une fibre amyélinique de grenouille qui ont à peu près le même diamètre (1 à 3 µm) indique que la présence de myéline accélère la vitesse de propagation des potentiels d'action.

Activité 7 De l'étude clinique
à l'imagerie fonctionnelle

1. Proposer une définition de la maladie d'Alzheimer (MA).

La maladie d'Alzheimer (MA) est une maladie neurodégénérative de type démence sénile produisant une dégradation intellectuelle et psycho-comportementale progressives et irréversibles. Elle affecte certaines parties de la substance grise du cerveau.

2. Relever les principaux signes cliniques décrits chez Mme Aloïs ayant permis le diagnostic de sa MA. À l'aide du cours, retrouver le terme médical approprié.

La MA se manifeste par : amnésie, la diminution des facultés de jugement

et de raisonnement, des changements d'humeur et de comportement ; dysphasie, aphasie, apraxie, agnosie, alexie.

3. Comment apprécie-t-on le niveau d'avancée de la MA et quels sont les domaines explorés pour mettre en évidence une détérioration de la mémoire et des capacités mentales ?

Le test psychométrique MMSE permet de quantifier par une note de 30 à 0 les déficits intellectuels et psycho-comportementaux et d'attribuer la forme légère, modérée ou sévère d'un patient Alzheimer. Les 5 domaines explorés sont : orientation temporo-spatiale, apprentissage, attention et calcul, fonctions du langage et praxies constructives.

4. À partir des figures 10, 11, 12 et 13, décrire et situer les localisations anatomiques des lésions observées dans la MA.

Les lésions cérébrales de la MA concernent le cortex cérébral et les hippocampes. La masse du cerveau diminue et les ventricules cérébraux se dilatent.

5. À partir de la figure 13, décrire les lésions anatomopathologiques et histologiques observées dans la MA.

Le cortex et les hippocampes subissent le dépôt de plaques séniles et la dégénérescence neurofibrillaire.

EXERCICES

Vrai ou faux

Les propositions vraies sont : 1, 3, 6, 8, 9.
Les autres propositions deviennent vraies après avoir été corrigé comme suit.

2	Le maintien du potentiel de repos nécessite une dépense énergétique liée au fonctionnement des pompes Na^+/K^+ .
4	La concentration extra-cellulaire en Na^+ est plus élevée que la concentration intra-cellulaire.
5	Les pompes Na^+/K^+ ATPase font entrer des ions K^+ contre la sortie d'ions Na^+ .
7	Un nerf suit la loi d'excitabilité croissante puis maximale ou loi de recrutement.
10	Une fibre nerveuse suit la loi d'excitabilité dite du « tout ou rien ».

1 Propriétés électrophysiologiques d'une fibre nerveuse

1. Justifier une ddp nulle entre les deux électrodes R_1 et R_2 en dehors de toute stimulation.

Les électrodes R_1 et R_2 étant au même endroit, elles ont le même potentiel électrique et leur DDP est donc nulle.

2. Indiquer pourquoi on n'obtient pas de potentiel d'action pour la stimulation S1.

La Stimulation S1 est infraliminaire, donc il n'y a pas de PA.

3. Comparer les potentiels d'action obtenus pour les stimulations S2, S3, S4 et S5.

Les stimulations S3, 4 et 5 sont supraliminaire. Présence d'un potentiel d'action d'amplitude constante.

4. Citer la propriété de la fibre nerveuse ainsi mise en évidence lors de l'expérience.

Loi du tout ou rien qui s'applique sur les fibres nerveuses.

2 Propriétés électrophysiologiques d'un nerf

1. Rappeler la différence structurale entre une fibre nerveuse et un nerf.

Une fibre nerveuse est formée d'un axone entouré de ses gaines de Schwann et parfois de myéline. Un nerf est constitué de plusieurs centaines de fibres nerveuses juxtaposées longitudinalement en faisceaux.

2. Indiquer pourquoi on n'obtient pas de potentiel d'action pour la stimulation S1.

La stimulation S1 est infraliminaire donc ne permet pas d'atteindre le seuil de dépolarisation de la fibre.

3. Comparer les potentiels d'actions obtenus pour les stimulations S2, S3, S4 et S5.

- La stimulation S2 est supraliminaire, son intensité permet de recruter un certain nombre de fibres nerveuses dépolarisées dont l'ensemble génère un potentiel d'action nerveux d'amplitude 500 mV.

- La stimulation S3, plus importante, permet de recruter davantage de fibres nerveuses dépolarisées dont l'ensemble génère un potentiel d'action nerveux d'amplitude 600 mV.

- Les stimulations S4 et S5, plus importantes, permettent de recruter toutes les fibres nerveuses dépolarisées et l'ensemble génère un potentiel d'action nerveux maximal d'amplitude 700 mV.

4. Citer la propriété du nerf ainsi mise en évidence lors de l'expérience *in vitro*.

La propriété du nerf ainsi mise en évidence est la loi d'excitabilité croissante puis maximale ou loi de recrutement des fibres nerveuses.

5. Analyser la figure 3. Conclure.

Les documents 2 et 3 n'ont pas la même échelle d'abscisse temps. Le document 3 a une échelle « contractée » d'environ 50 fois par rapport au document 2, ce qui ne permet pas d'individualiser chaque potentiel d'action d'une durée d'environ 4 ms. Par contre, il est possible d'observer les différences d'amplitude des potentiels d'action du nerf selon l'intensité de la stimulation.

3 Commande de l'appareil locomoteur

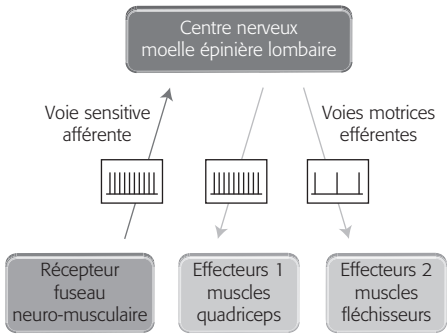
1. Quels sont les deux types d'effecteurs permettant le mouvement d'extension de la jambe ?

Ce sont les muscles extenseurs (quadriceps) et les fléchisseurs.

2. Compléter le tableau ci-dessous expliquant les sens et les directions, les niveaux d'activité nerveuse et leurs fonctions effectrices lors du réflexe rotulien.

Voie nerveuse	Sens et direction	Activité	Fonction musculaire
Voie sensitive	Afférente vers moelle épinière	Élevée	Aucune
Voie motrice effectrice 1	Efférente vers quadriceps	Élevée	Contraction
Voie motrice effectrice 2	Efférente vers fléchisseurs	Faible	Relâchement

3. Compléter le schéma simplifié figurant les principaux acteurs du réflexe rotulien (figure 6) et indiquer dans les cadres appropriés, à l'aide de la figure 5, le niveau d'activité électrique des voies nerveuses.



4. Calculer la vitesse de propagation des potentiels d'action au cours d'un réflexe rotulien en considérant une distance [rotule-moelle épinière] d'environ 0,8 m. Remarque : on négligera pour ce calcul les délais liés au franchissement des différentes synapses (relais entre les neurones).

$$V = \text{distance} / \text{temps} \quad \text{Distance} = 0,8 \text{ m} \times 2 = 1,6 \text{ m} ; \text{ Temps} = 40 \text{ ms} \quad \text{Vitesse} = 1,6/40.10^{-3} = 40 \text{ m.sec}^{-1}$$

4 Faire pour comprendre, comprendre pour faire

1. Justifier le tracé obtenu sur l'écran de l'oscilloscope en précisant le potentiel positif ou négatif des électrodes R1 et R2.

Les électrodes R1 et R2 étant toutes les deux en surface de la membrane, elles ont le même potentiel électrique positif mais leur DDP est nulle. Il ne peut donc pas mesurer le potentiel de repos de la fibre nerveuse.

2. Proposer la modification du montage nécessaire pour visualiser le potentiel de repos de la fibre nerveuse.

Il lui faut introduire la microélectrode R2 à l'intérieur de la fibre.

3. Décrire le tracé qui sera alors obtenu sur l'écran de l'oscilloscope et indiquer les nouveaux potentiels de chacune des électrodes R1 et R2.

R1 restera positive, R2 deviendra négative et le tracé présentera un spot constant à une DDP de -60 mV .

4. Indiquer les principaux flux ioniques expliquant la ddp du potentiel de repos.

Le potentiel de repos s'explique par une sortie de K^+ produisant une polarité plus négative à l'intérieur qu'à l'extérieur de la cellule. Pour maintenir le différentiel de concentration des ions K^+ et Na^+ , les pompes $\text{Na}^+ \text{K}^+ \text{ATPase}$ assurent le maintien du potentiel en faisant sortir Na^+ et rentrer K^+ agissant donc dans le sens des gradients croissants par transports actifs.

5. Indiquer le matériel nécessaire pour mesurer un potentiel d'action.

Il faut rajouter au dispositif un stimulateur branché à deux électrodes de sti-

mulation elles-mêmes en contact avec la fibre nerveuse.

6. Nommer le phénomène observé sur la figure 8, le décrire et donner son amplitude et sa durée.

La figure 8 montre un potentiel d'action nerveux obtenu sur une fibre nerveuse. C'est une variation brusque et rapide du la DDP membranaire en réponse à une stimulation de la fibre.

Son amplitude est de 110 à 120 mV, sa durée est de 3 à 4 millisecondes.

7. Annoter les vignettes de la figure 8 en justifiant les termes.

1 = Dépolarisation

2 = Repolarisation

3 = Hyperpolarisation

- Le mot dépolarisation veut dire que l'on fait baisser la polarité membranaire, et donc la DDP de repos.
- Le mot repolarisation veut dire que l'on fait ré-augmenter la polarité membranaire pour retrouver la DDP de repos.
- Le mot hyperpolarisation veut dire que la DDP membranaire est transitoirement un peu plus grande qu'au repos.

8. Dédire de cette expérience l'explication ionique de la phase 1.

La cocaïne bloquant le passage des ions Na^+ et produisant une diminution de l'amplitude du PA voire même sa suppression, on en déduit que la dépolarisation est bien due à l'entrée massive d'ions Na^+ dans la fibre.

9. Proposer une explication à cette observation.

Le cyanure empêchant la production d'énergie et produisant une suppression du PA, on en déduit que la réalisation d'un PA nécessite de l'énergie sous la forme de molécules d'ATP.

10. Conclure en indiquant pour les phases 2 et 3 les mouvements ioniques principaux et en précisant les transporteurs impliqués.

La repolarisation est due à la sortie d'ions K^+ par diffusion facilitée et l'hyperpolarisation traduit une sortie trop importante de K^+ par rapport à l'entrée de Na^+ .

6

Organisation et physiologie musculaires

DÉCOUVERTE : LA MYOPATHIE

1. Le Téléthon est une manifestation qui a lieu tous les ans au début du mois de décembre ; rechercher le but de cette manifestation.

Le téléthon est une manifestation organisée tous les ans en France (et dans d'autres pays également) par l'AFM (Association Française contre les Myopathies), en général le premier week-end du mois de décembre. Cette manifestation permet de collecter des fonds pour financer deux grands axes :

- des recherches sur les maladies neuromusculaires d'origine génétique ;
- des aides et accompagnements pour les malades atteints de myopathie et leur entourage.

2. Rechercher dans un dictionnaire le sens du terme « myopathie ».

Une myopathie est une maladie (racine -pathie) qui touche le tissu musculaire (racine -myo).

3. Décrire à l'aide du texte proposé l'évolution de la maladie.

D'après le court texte proposé, la maladie entraîne un dysfonctionnement musculaire : les muscles se fatiguent très vite et sont peu puissants. Il en résulte un apprentissage de la marche retardé (ici, à l'âge de trois ans et demi au lieu de 15 à 18 mois normalement), des difficultés pour marcher et se relever en cas de chute, et un recours progressif au fauteuil roulant.

Le texte montre les répercussions sur les membres inférieurs, mais d'autres muscles sont également touchés.

ACTIVITÉS

Activité 1 Distinguer les différents types de muscles striés

1. Indiquer, pour les muscles squelettiques, viscéraux et cardiaques, si la contraction est volontaire.

- Muscles squelettiques : la contraction est volontaire (on pense volontairement à plier l'avant bras sur le bras, à bouger les doigts, etc.).

- Muscles viscéraux : la contraction est involontaire (on n'a pas besoin de penser à fermer le sphincter vésical pour retenir l'urine, ou à contracter les muscles de la paroi du tube digestif pour y faire progresser les aliments).

- Muscle cardiaque : la contraction est involontaire (on n'a pas besoin de penser à faire fonctionner son cœur).

2. Donner différents exemples de chaque type de muscles striés squelettiques à l'aide de la figure 1.
(Liste non exhaustive)

Muscles en fuseau	Muscles plats	Muscles circulaires
Moyen adducteur Triceps brachial Jambier antérieur Droit antérieur de la cuisse	Grand pectoral Frontal Grand oblique de l'abdomen Grand droit de l'abdomen	Orbiculaire des lèvres Orbiculaire des paupières Sphincter vésical

Activité 2 Observer des muscles squelettiques

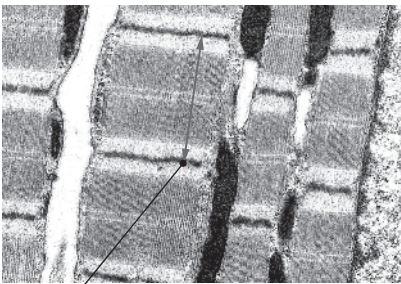
1. Indiquer en le justifiant si les fibres musculaires et les myofibrilles sont observables à l'œil nu.

Les fibres musculaire sont observables à l'œil nu (taille pouvant atteindre jusqu'à plusieurs centimètres, et diamètre jusqu'à 50 µm) comme l'indique la donnée 1.
En revanche, les myofibrilles ne sont pas visibles à l'œil nu (diamètre d'environ 2 µm).

2. Réaliser un schéma de l'observation microscopique de la préparation de muscle strié squelettique.

3. Délimiter sur le schéma réalisé un sarcomère.

2) et 3) On peut observer des structures ressemblant à ceci :



Sarcomère

Activité 3 Comprendre l'ultrastructure des myofibrilles

1. Donner le nom des légendes 1 à 5 de la figure 6.

- Légende 1 : demi-disque clair
- Légende 2 : disque sombre
- Légende 3 : strie H
- Légende 4 : filament d'actine
- Légende 5 : filament de myosine

2. En utilisant l'ensemble des données de l'exercice, observer et analyser chacune des trois représentations A, B, C de la figure 4 pour retrouver à quel niveau du sarcomère (disque sombre, strie H, disque clair) correspond chacune de ces coupes.

- Sur le schéma A, on observe un seul type de filaments, fins et disposés en hexagone. La coupe est donc réalisée au niveau d'un disque clair.
- Sur le schéma B, on observe deux types de filaments : des filaments fins organisés en hexagone dont le centre est occupé par un filament épais. Il y a six filaments fins pour un filament épais. La coupe est donc réalisée au niveau d'un disque sombre.
- Sur le schéma C, on observe un seul type de filaments épais. La coupe est donc réalisée au niveau de la strie H du disque sombre.

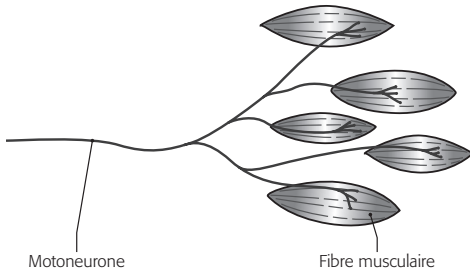
3. En déduire à quel niveau du sarcomère a été prise la photographie de la figure 5.

On observe sur la figure 5 les deux types de filaments, dans une structure ressemblant au schéma B. La figure 5 est donc une coupe transversale de sarcomère réalisée au niveau du disque sombre.

Activité 4 Découvrir la notion d'unité motrice

1. Schématiser une unité motrice du muscle droit supérieur de l'œil.

Un motoneurone innerve cinq fibres musculaires, d'où le schéma suivant :



2. Analyser les données du tableau 1 et proposer une relation entre les caractéristiques des unités motrices et les caractéristiques fonctionnelles de ces muscles.

Le muscle droit supérieur de l'œil a de petites unités motrices qui possèdent une grande précision et une faible force de contraction. Chaque motoneurone commande en moyenne cinq fibres musculaires. Le biceps brachial est un muscle ayant de grandes unités motrices douées d'une grande force de contraction mais d'une faible précision.

Un muscle est d'autant plus précis dans les mouvements déclenchés par sa contraction que le nombre d'unités motrices est grand et que la taille des unités motrices est petite.

Activité 5 Analyser le rôle de l'acétylcholine

1. Comparer les expériences 1 et 2 pour déduire l'effet de l'acétylcholine sur les vésicules closes.

L'expérience 1 constitue l'expérience témoin : les vésicules closes ne laissent

pas sortir spontanément le sodium. En ajoutant de l'acétylcholine, du sodium est sorti des vésicules (et est retrouvé dans le liquide nutritif). L'acétylcholine permet donc la sortie du sodium, c'est-à-dire l'ouverture des canaux à sodium (le sodium n'est pas passé simplement à travers la membrane : voir l'expérience 1).

2. Analyser l'expérience 3 ; prévoir alors les conséquences d'une injection de nicotine dans la plaque motrice d'un muscle strié squelettique.

La nicotine entraîne les mêmes effets que l'acétylcholine, c'est-à-dire une ouverture des canaux à sodium. L'injection de nicotine dans la plaque motrice d'un muscle strié doit donc conduire à une entrée de sodium dans la cellule postsynaptique, c'est-à-dire la cellule musculaire.

3. Analyser l'expérience 4 pour déduire les effets du curare sur les vésicules closes.

Le curare empêche la sortie de sodium hors des vésicules closes donc bloque les effets de l'acétylcholine.

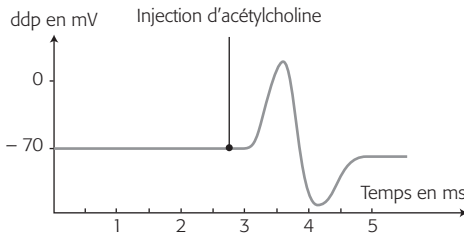
4. En raisonnant par analogie entre les organes électriques de la torpille et la plaque motrice, prévoir les effets de l'acétylcholine sur cette dernière.

Comme la nicotine, l'acétylcholine provoque une entrée d'ions sodium dans la cellule musculaire qui est ainsi dépolarisée.

5. Réaliser un graphique représentant le potentiel membranaire au niveau d'une plaque motrice en fonction du temps avant et pendant une injection d'acétylcholine sur une plaque motrice (penser aux phénomènes électriques du potentiel d'action).

L'injection d'acétylcholine va dépolariser la cellule musculaire (entrée d'ions sodium), ce qui va déclencher l'appari-

tion d'un potentiel d'action (la cellule musculaire est une cellule excitable).



Activité 6 Analyser des expériences pour comprendre le fonctionnement de la plaque motrice

1. Indiquer l'intérêt des expériences 1 et 2. Comment ces expériences sont-elles appelées ?

- L'expérience 1 montre que l'eau n'entraîne pas la contraction musculaire.
- L'expérience 2 montre qu'une stimulation du motoneurone entraîne la contraction musculaire.

Ces expériences sont des expériences témoin (témoin négatif pour l'expérience 1 et témoin positif pour l'expérience 2).

2. Analyser les expériences 3 à 8 pour en déduire le neurotransmetteur impliqué dans le fonctionnement des plaques motrices.

- Les expériences 3 et 4 montrent que l'acétylcholine entraîne une contraction musculaire, même sans stimulation du motoneurone.
- Les expériences 5 à 8 montrent que ni le GABA ni la noradrénaline ne peuvent seuls entraîner de contraction musculaire.

Le neurotransmetteur des plaques motrices doit donc être l'acétylcholine.

3. Analyser l'expérience 9, puis, grâce à la donnée 2, formuler une hypothèse sur le mécanisme d'action du

curare. En déduire pourquoi il est utilisé comme myorelaxant.

D'après l'expérience 2, une stimulation du motoneurone doit entraîner une contraction musculaire. Cependant, la présence de curare dans la plaque motrice empêche la contraction musculaire (expérience 9).

La structure spatiale du curare est très proche de celle de l'acétylcholine (donnée 2). On peut donc penser que le curare peut se fixer sur les récepteurs de cette dernière, mais sans entraîner les effets biologiques correspondants. La fixation du curare empêche celle de l'acétylcholine, qui ne peut ainsi plus agir : la contraction musculaire ne se produit plus, d'où l'effet myorelaxant.

4. En analysant les expériences 10 et 11 ainsi que les données sur la toxine botulique, proposer un mécanisme de fonctionnement pour les plaques motrices.

- D'après l'expérience 10, la toxine botulique empêche la contraction musculaire.
- D'après l'expérience 11, cet effet ne se manifeste pas si on ajoute de l'acétylcholine. Cela montre que l'action de la toxine botulique se réalise temporellement avant celle de l'acétylcholine.

La donnée 2 indique que la toxine botulique inhibe les phénomènes d'exocytose. On peut donc imaginer le fonctionnement suivant : l'arrivée d'un potentiel d'action sur le bouton synaptique entraîne une exocytose des vésicules de neurotransmetteur (présente à ce niveau en grande quantité ; voir figure 11). Ce neurotransmetteur est l'acétylcholine (voir question 2).

La libération de l'acétylcholine dans la fente synaptique entraîne la contraction musculaire (voir expérience 11).

5. À partir des expériences 12 et 13, indiquer le rôle du calcium dans le fonctionnement des plaques motrices.

Par le même raisonnement que précédemment, on peut dire que le calcium doit intervenir pour l'exocytose des vésicules d'acétylcholine.

Activité 7 Construire un schéma pour découvrir la contraction unitaire du muscle

1. Représenter sur un schéma un sarcomère au repos et un sarcomère en contraction moyenne ; respecter l'échelle suivante : un centimètre représente un demi-micromètre.

2. Analyser le tableau 4 et les schémas réalisés afin d'expliquer comment se réalise la diminution de taille d'un sarcomère lors d'une contraction musculaire.

1) et 2) Lors de la contraction, la taille des myofilaments ne varie pas, mais c'est leur « emboîtement » qui diminue : la taille de la strie H diminue.

3. Expliquer pourquoi le raccourcissement du sarcomère atteint une valeur limite (contraction maximale).
La contraction atteint une valeur limite lorsque l'emboîtement de l'actine et de la myosine est maximum : la strie H n'existe plus.

4. Indiquer pourquoi, alors que le raccourcissement d'un sarcomère est au maximum de $0,5 \mu\text{m}$, on observe un raccourcissement millimétrique ou centimétrique du muscle.

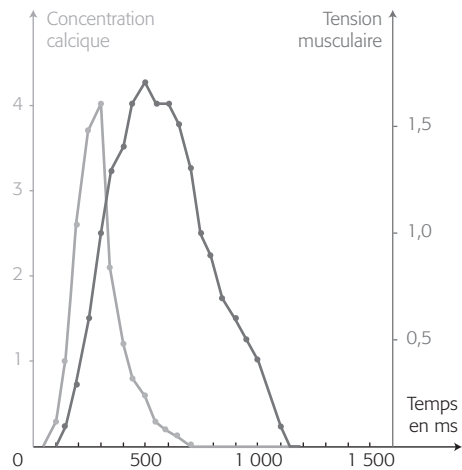
Chaque sarcomère a un raccourcissement de $0,5 \mu\text{m}$, mais une fibre musculaire comporte de nombreux sarcomères les uns à la suite des autres. Ainsi, s'il y

a par exemple 100 sarcomères à la suite l'un de l'autre, le raccourcissement total sera de $0,5 \mu\text{m} \times 100 = 50 \mu\text{m} = 0,5 \text{ mm}$ au total.

Activité 8 Analyser une courbe pour déduire le rôle du calcium

1. Tracer sur un même graphique les courbes correspondant aux données des tableaux 5 et 6.

On obtient le graphique suivant.



2. Analyser la courbe de la concentration calcique en fonction du temps.

La concentration calcique augmente environ 100 ms après l'excitation électrique, pour atteindre un maximum de 4 unités au bout de 300 ms après la stimulation. Elle revient à la valeur de repos après 700 ms.

3. Analyser la courbe de la tension musculaire en fonction du temps.

La tension musculaire augmente environ 150 ms après l'excitation électrique, pour atteindre un maximum de 1,7 unités au bout de 500 ms après la stimulation. Elle revient à la valeur de repos après 1150 ms.

4. Comparer les deux courbes pour en déduire la chronologie des phénomènes.

Les phénomènes mécaniques (tension musculaire) apparaissent après les variations de concentration calcique. On peut donc en déduire que c'est la variation de concentration calcique qui entraîne la tension musculaire.

Activité 9 Relier un processus physiologique à des symptômes

1. Rechercher dans un dictionnaire la signification des deux termes en italique de la donnée 2.

Une myopathie est une pathologie (racine -pathie) qui touche le tissu musculaire (racine -myo).

Une myasthénie est un manque de force (racine asthénie) au niveau musculaire (racine myo-). Les muscles produisent donc des contractions peu puissantes et se fatiguent très rapidement.

2. Expliquer les effets de l'absence de dystrophine sur la contraction des muscles.

Les myofibrilles permettent le raccourcissement des sarcomères, mais ce raccourcissement n'est pas « transmis » au myocyte car la dystrophine est absente. La taille des cellules musculaire varie donc peu lors de la contraction.

3. En déduire pourquoi une myasthénie apparaît en cas de myopathie de Duchenne.

D'après la question 2, les myocytes ne se raccourcissent pas, ou très peu, lors de la contraction ; le muscle ne peut donc pas se contracter, d'où la faiblesse musculaire.

4. Mettre en relation la myasthénie et les symptômes de la donnée 3.

La marche nécessite un travail musculaire important au niveau des membres inférieurs. Du fait de la myasthénie, la marche est difficile (l'apprentissage est donc tardif), et en cas de chute, la puissance musculaire développée permet difficilement de se relever. L'enfant doit donc s'aider en prenant appui sur ses genoux.

EXERCICES

Vrai ou faux

1. Vrai.
2. Faux. Les vésicules synaptiques contiennent de l'acétylcholine.
3. Faux. Les fibres musculaires contiennent plusieurs noyaux (situés en périphérie).
4. Vrai.
5. Faux. Les filaments fins sont ceux d'actine.
6. Vrai.
7. Faux. La taille des filaments ne diminue pas, c'est leur emboîtement qui varie.

8. Faux. La maladie est due à un problème de contraction musculaire, pas de sa commande.
9. Vrai.
10. Vrai.
11. Faux. La contraction musculaire est contrôlée par la concentration en Ca^{2+} .

1 Le fonctionnement des jonctions neuromusculaires

1. Indiquer le nom des légendes 1 à 6 de ce schéma.

1 : Acétylcholine	5 : Membrane présynaptique
2 : Bouton synaptique	6 : Vésicule de neurotransmetteur
3 : Canal ionique chimiodépendant	7 : Mitochondrie
4 : Sarcolemme (membrane postsynaptique)	

2. Donner le nom des molécules X et Y.

X : Calcium.

Y : Sodium.

3. Décrire chacune des phases A à F par une phrase.

- Phase A : arrivée du potentiel d'action nerveux.
- Phase B : entrée d'ions Ca^{2+} dans le bouton synaptique.
- Phase C : exocytose du neurotransmetteur.
- Phase D : Fixation du neurotransmetteur sur les récepteurs postsynaptiques.
- Phase E : Entrée de sodium dans la cellule musculaire et création d'une dépolarisation.
- Phase F : Destruction du neurotransmetteur.

4. Définir le terme neurotransmetteur et indiquer le nom de celui qui intervient dans la jonction neuromusculaire.

Un neurotransmetteur est une substance libérée par le système nerveux au niveau d'une synapse pour assurer la transmission d'une information. Dans les jonctions neuromusculaires, le neurotransmetteur est l'acétylcholine.

5. Indiquer les conséquences de l'évènement D sur la membrane postsynaptique.

La fixation de l'acétylcholine sur son récepteur modifie ce dernier, qui s'ouvre alors pour laisser entrer des ions sodium (Na^+). Ces ions sont chargés positivement, ce qui dépolarise localement la membrane postsynaptique et permet d'y créer un potentiel d'action.

2 Le mode d'action du curare

1. Analyser chaque expérience ; indiquer l'intérêt de l'expérience a.

- L'expérience a est une expérience témoin : une stimulation par ES permet d'enregistrer une réponse avec ER et provoque la contraction musculaire.
- L'expérience b montre que le curare ne bloque pas la transmission nerveuse le long du nerf (réponse enregistrée par ER) mais empêche la contraction du muscle.
- L'expérience c confirme que le curare ne bloque pas la transmission nerveuse, et montre en plus que le curare agit au niveau musculaire.
- L'expérience d montre que le muscle reste capable de se contracter en présence de curare, si on le stimule directement.

2. Conclure sur l'effet du curare et son niveau d'action.

Des expériences supplémentaires sont réalisées afin de préciser l'action du curare.

On peut conclure que le curare doit empêcher le passage de l'information du nerf vers le muscle. Il agit donc au niveau de la plaque motrice.

Lors de la contraction, les filaments d'actine et de myosine s'emboîtent davantage les uns dans les autres ce qui conduit à une diminution de la taille de la bande H et donc de la taille du sarcomère.

4 Comprendre des pathologies musculaires

1. Ces maladies sont-elles comparables à la myopathie de Duchenne ?

Les SMC ne sont pas comparables à la myopathie de Duchenne car, dans les SMC, il y a une anomalie au niveau de la

transmission synaptique, alors que pour la myopathie de Duchenne, l'anomalie se situe au niveau de la cellule musculaire.

2. Analyser les données et associer logiquement les déficits protéiques et les localisations histologiques ou groupes des SMC.

- Le déficit en RACH correspond à un SMC synaptique.
- Le déficit en AchE correspond à un SMC postsynaptique.
- Le déficit en CHAT correspond à un SMC présynaptique.

7

Aliments – Nutriment – Biomolécules

DÉCOUVERTE : LES ALIMENTS

1. Rechercher des exemples de denrées alimentaires illustrant la nécessité pour un aliment d'être accepté culturellement ou socialement.

Exemples d'aliments non acceptés culturellement : porc, chien, insectes, algues, etc.

2. Un aliment se doit d'être nourrissant mais aussi appétant (il doit exciter l'appétit) : rechercher les caractéristiques ou les propriétés de l'aliment qui le rendent appétant.

Qualités organoleptiques : aspect, texture (main, bouche), odeur, saveur...

ACTIVITÉS

Activité 1 Distinguer aliments et nutriment

1. Décrire la solution pour nutrition parentérale (figure 1). Doit-elle être considérée comme un aliment ou un mélange de nutriments ? Justifier la réponse.

Description : liquide jaunâtre en sachet plastique

Cette solution ne constitue pas un aliment : elle n'a aucun intérêt organoleptique d'après ce que l'on peut en juger, et son goût, caractéristique essentielle, n'est sans doute pas agréable (aucun arôme ajouté).

2. À partir de l'étude de la donnée 2, classer les nutriments en trois catégories en fonction de leur rôle. Donner des exemples de nutriments de chaque catégorie. Définir le mot nutriment.

Classement en trois catégories :

• **nutriments énergétiques** : glucose, acides gras ou triglycérides ;

• **nutriments structuraux** : acides aminés, lipides, minéraux ;

• **nutriments catalytiques** : nécessaires ou indispensables, mais en très faibles quantités : minéraux, oligo-éléments, vitamines. Ces nutriments ne sont ajoutés qu'en cas de prolongation de la nutrition parentérale du fait des réserves du patient. **Nutriment** : composant qui peut être injecté dans le sang (milieu intérieur), utilisable par les cellules pour leur survie et leur développement.

3. Consommer un sandwich permet de fournir des nutriments à l'organisme. Pourquoi le sandwich ne peut-il être assimilé à un mélange de nutriments ?

Le sandwich est un aliment élaboré, composé de plusieurs aliments eux-mêmes bruts (tomates, salade) ou plus ou moins transformés (pain, beurre, fromage). Il est appétissant en plus d'être nourrissant et ses constituants ne peuvent être directement utilisés par les cellules.

4. Analyser la composition des aliments constituant le sandwich. En déduire au moins trois caractéristiques nutritionnelles permettant de distinguer les aliments d'origine animale et ceux d'origine végétale.

On retrouve dans le sandwich les mêmes constituants : eau, protéines, glucides, lipides, minéraux et vitamines, mais à des taux très différents.

Les aliments d'origine végétale se distinguent des autres par :

- l'importance des glucides ;
- la présence de fibres (souvent de nature glucidiques) ;
- la faible teneur en lipides ;
- la présence de certaines vitamines, notamment la vitamine C (sauf dans le pain).

5. L'homme est omnivore : que signifie cet adjectif ? Rechercher les avantages de ce type de régime alimentaire. Justifier l'intérêt d'introduire des aliments végétaux dans un sandwich.

Omnivore signifie « qui mange de tout ». L'avantage est d'associer des aliments d'origine animale et végétale et de favoriser la diversité des apports en nutriments. Ceci rend la satisfaction des besoins nutritionnels plus aisée que dans un régime végétarien ou végétalien.

Les végétaux crus apportent des nutriments vitaminiques et des fibres (sans beaucoup augmenter l'apport énergétique).

Activité 2 Étude de la composition des aliments

Importance quantitative de l'eau dans les aliments

1. Expliquer l'effet du chauffage à 105 °C sur l'aliment.

Le chauffage à 105 °C vaporise l'eau des aliments et permet de les déshydrater.

2. Établir la formule permettant de déterminer la teneur en eau de 100 g d'aliment.

On détermine la part de l'eau dans l'aliment étudié et on ramène à 100 g : teneur en eau.

3. Comparer les valeurs obtenues avec celles figurant dans l'extrait de composition des aliments. Comment peut-on expliquer les différences constatées ?

Les résultats de la manipulation sont indicatifs, on ne garantit pas la déshydratation complète. Il y a également des différences significatives entre aliments : par exemple, un jambon plus gras est moins riche en eau.

Minéralisation d'un aliment

1. Analyser la figure 3 : expliquer le devenir de l'aliment chauffé en utilisant les termes déshydratation, calcination et minéralisation.

L'aliment subit une déshydratation à 105 °C, sans changer d'aspect de manière notable, puis une calcination avec transformation en carbone (noir) vers 300 °C, et une minéralisation à 500 °C. Lors de la minéralisation, tout le carbone et la matière organique sont volatilisé, ne persistent que les minéraux ou cendres.

2. Donner une définition simple des expressions « constituants organiques » et « constituants minéraux ou inorganiques ».

- Constituants organiques : ils contiennent du carbone.
- Constituants minéraux : ils ne contiennent pas de carbone.

3. Calculer la teneur en minéraux de la viande en grammes pour 100 g de viande. En déduire la teneur en matières organiques dans 100 g d'aliment.

ments frais. Calculer le pourcentage de minéraux dans la viande sèche.

$$\bullet \text{ Teneur en minéraux} = \frac{mC}{mH} \times 100$$

$$\text{soit } \frac{0,12}{10} \times 100 = 1,2 \%$$

$$\bullet \text{ Teneur en matières organiques} =$$

$$100 - \text{teneur en minéraux} ; \text{ soit } 98,8 \%$$

$$\bullet \text{ Teneur en minéraux de la viande sèche}$$

$$\frac{mC}{mH} \times 100 \quad \text{soit } \frac{0,12}{3} \times 100 = 4 \%$$

Activité 3 Mettre en évidence certaines biomolécules des aliments

1. Expliquer l'intérêt des témoins T1 et T2.

Intérêt des témoins : T1 est un témoin permettant de caractériser l'évolution de l'essai sans addition des réactifs. T2 est un témoin permettant de visualiser l'aspect des réactifs et leur évolution éventuelle (en cas de chauffage par exemple).

2. Travail pratique : tester les aliments disponibles avec les différents réactifs. Le travail est plus aisé sur des aliments liquides mais il peut être réalisé à partir d'aliments solides finement broyés dans de l'eau distillée puis filtrés sur gaze. Conclure à propos de la composition des aliments testés.

Manipulation.

On peut confronter les résultats obtenus avec la composition des aliments donnée par une étiquette informative ou une table de composition.

Activité 4 Étudier les macromolécules constitutives de la farine de blé

1. Identifier les constituants A, B et C de la farine d'après la donnée 2 et décrire leurs caractéristiques macroscopiques et microscopiques.

• A est de l'amidon (couleur bleu avec le lugol).

• B est de nature protéique (couleur violette avec la biuret), c'est le gluten.

• C est un glucide, non réducteur et différent de l'amidon (on peut assimiler C à la cellulose).

• L'amidon solide blanc, insoluble dans l'eau froide, est constitué de grains (grains d'amidon).

• La protéine du blé est un solide de texture caoutchouteuse : au microscope, on voit des fibres protéiques en réseau.

• La cellulose apparaît sous forme de fragments bruns (sons) dans la pâte. Elle est constituée de fibres rectilignes visibles au microscope.

2. Analyser le résultat des expériences de dialyse ; en déduire les caractéristiques (nature et constitution) des molécules A et B.

Analyse des dialyses

- Sac 1 : le boudin contient de l'amidon (réaction avec le lugol), l'amidon ne traverse pas la membrane de dialyse.

- Sac 2 : le boudin contient des protéines (réaction avec le biuret), les protéines (gluten) ne traversent pas la membrane de dialyse.

- Sac 3 : le boudin contient du glucose (réaction avec la liqueur de Fehling et avec le test glucose), le glucose traverse la membrane de dialyse.

- Sac 4 : le boudin contient des acides aminés (réaction avec la ninhydrine), les acides aminés traversent la membrane de dialyse.

A et B sont des polymères qui ne dialysent pas. A, l'amidon est un polymère de glucose ; l'hydrolyse de l'amidon libère les monomères de glucose qui traversent la membrane de dialyse. B, le gluten est un polymère d'acides aminés (protéine) ; l'hydrolyse des protéines libère des acides aminés qui dialysent.

3. Expliquer l'obtention de la texture du pain (figure 9) à partir de l'analyse de l'évolution des constituants de la farine lors des étapes de sa fabrication : pétrissage, levée, cuisson.

Texture du pain : le pétrissage permet d'hydrater les constituants de la farine et donne une pâte élastique homogène (figure 5). La levée est due à la fermentation du glucose par les levures, le CO₂ fait lever la pâte. La cuisson fige le réseau de gluten emprisonnant les bulles de CO₂, donnant la texture finale du pain.

4. Les polymères constitutifs des aliments sont essentiels à leur texture. Identifier les macromolécules à l'origine : de la texture plus ou moins ferme d'une viande, du moelleux du cœur d'une frite, du craquant d'une salade verte.

La texture de la viande est due aux fibres protéiques, essentiellement les fibres de collagène du tissu conjonctif.

La texture du cœur de la frite est due au gel d'amidon.

Le craquant de la salade verte est dû aux fibres, principalement la cellulose des parois cellulaires végétales.

Activité 5 L'iode, un exemple d'oligoélément

1. À l'aide d'un dictionnaire, définir les six termes suivants : goitre, endémique, crétinisme, œdème, hypothermie, oligoélément.

- Un goitre est une hypertrophie (augmentation de volume) de la thyroïde.
- Endémique est un adjectif signifiant « qui sévit de manière permanente dans une région ou au sein d'une population ».
- Le crétinisme est un état caractérisé par un retard mental, une faible taille et un métabolisme (activité cellulaire) ralenti.

• Un œdème est l'envahissement d'un tissu par un liquide (en général de la lymphe).

• Une hypothermie est une diminution de la température corporelle.

• Un oligoélément est un élément chimique minéral dont l'organisme a besoin en faibles quantités (apports alimentaires journaliers de l'ordre du milligramme ou du microgramme).

2. Justifier le fait que l'iode soit classé parmi les oligoéléments.

L'iode est un oligoélément car il est présent en faibles quantités dans l'organisme (50 µg), il est indispensable (nombreux troubles si absence) et fourni par l'alimentation.

3. Indiquer si les oligoéléments peuvent jouer un rôle structural dans l'organisme.

Les oligoéléments ne peuvent pas jouer de rôle structural car les quantités présentes dans l'organisme sont très faibles.

4. Préciser, à l'aide de la donnée 2, une origine probable de l'iode dans l'alimentation.

Les maladies de carence en iode étant inconnues dans les régions proches de la mer, on peut indiquer que l'iode alimentaire est d'origine marine.

5. Expliquer pourquoi l'arriération mentale due à la carence en iode est une arriération mentale évitable.

L'arriération mentale par déficit en iode est évitable car l'ajout d'iode dans l'alimentation (par exemple dans le sel de cuisine) permet d'éviter le goitre, et donc l'arriération mentale qui en résulte.

Activité 6 Les vitamines

1. Chercher la définition des cinq mots en italiques des données 1 à 2.

- Hydrosoluble est un adjectif signifiant « soluble dans l'eau ».
- Liposoluble est un adjectif signifiant « soluble dans les lipides ».
- Un catalyseur est une molécule accélérant la vitesse d'une réaction chimique (sans participer au bilan réactionnel).
- Un antioxydant est une molécule qui empêche l'oxydation d'autres molécules.
- Un précurseur est une molécule qui va en donner une (ou plusieurs) autre(s) au cours d'une série de réactions.

2. Pour une personne fatiguée dont les apports en énergie sont satisfaisants, on prescrit parfois la prise de vitamines afin de lui faire retrouver un certain tonus. Expliquer cette prescription médicale.

Les vitamines prescrites n'apportent pas d'énergie par elles-mêmes, mais elles permettent, par leur rôle catalytique, de mieux utiliser l'énergie apportée par les aliments.

3. Les affirmations suivantes vous semblent-elles correctes ? Justifier les réponses.

- a) Affirmation correcte, car les vitamines hydrosolubles seront moins « diluées » dans la vapeur que dans l'eau de cuisson (en revanche, la destruction par la chaleur sera toujours présente).
- b) Affirmation incorrecte, car la vitamine A est photosensible ; la brique opaque conserve donc mieux le lait.
- c) Affirmation correcte car lors du trempage (qui est en général plus long qu'un passage sous un jet d'eau), les vitamines hydrosolubles sont diluées dans l'eau de trempage.

d) Affirmation correcte car lors de l'ouverture, de l'air et donc de l'oxygène (oxydant) pénètre dans la bouteille, ce qui va détruire les vitamines sensibles à l'oxydation.

e) Affirmation incorrecte, car c'est principalement la température qui détruit la vitamine B1 ; cette dernière va donc rapidement se dégrader à température ambiante.

f) Affirmation correcte, car si le couteau est oxydable, l'oxydation par le métal du couteau va détruire la vitamine C (cependant, l'effet sera limité car l'épluchage n'est pas très long en général).

Activité 7 La vitamine C, un exemple de vitamine

1. En prenant appui sur des données historiques, préciser les caractéristiques d'une carence vitaminique.

Une carence vitaminique est due à un manque de la vitamine dans l'alimentation. Elle est en général en rapport avec une alimentation peu variée (céréales et lard, absence de végétaux frais pour les marins par exemple). Les troubles sont variés (ils dépendent de la vitamine considérée) et deviennent graves si la carence persiste. La prévention se réalise en ajoutant à l'alimentation habituelle de faibles quantités d'un aliment riche en vitamine manquante (jus de citron riche en vitamine C pour les marins).

2. Proposer une définition du terme vitamine. Quelle est la différence avec un oligoélément ?

Une vitamine est une molécule organique (contenant du carbone) dont l'organisme a besoin en faibles quantités (apports alimentaires journaliers de l'ordre du milligramme ou du microgramme). Elle diffère d'un oligoélément qui est minéral (ne contient pas d'atome de carbone).

3. Établir des liens entre les rôles physiologiques de la vitamine C et certains symptômes de la carence.

La vitamine C est nécessaire pour l'absorption du fer. En cas de carence, il y a déficit en fer pour la synthèse de l'hémoglobine, et anémie (état de faiblesse).

Elle intervient également pour la synthèse du collagène. En cas de carence, des problèmes liés au relâchement du tissu conjonctif apparaissent. Le déchaussement des dents et les saignements en sont des conséquences.

4. Analyser la figure 12. En l'extrapolant, peut-on prévoir les conséquences de l'ingestion de fortes doses de vitamine C sur sa concentration plasmatique ?

La courbe montre que la concentration plasmatique croît avec les apports alimentaires de vitamine C, mais elle tend vers un maximum.

Il est probable que l'ingestion d'une forte dose ait peu d'effet, si ce n'est la saturation du plasma en vitamine C. La vitamine excédentaire est éliminée de l'organisme (urine).

5. Que peut-on penser de l'effet bénéfique escompté lors de l'ingestion d'une quantité importante de vitamine C ?

L'ingestion d'une quantité importante de vitamine C ne produira pas un effet proportionnel à la quantité ingérée car l'excès de vitamine (par rapport aux besoins de l'organisme) sera éliminé par voie urinaire.

Activité 8 Les besoins au cours de la vie

1. Indiquer une catégorie d'aliments particulièrement riches en calcium.

Les aliments particulièrement riches en calcium sont les produits laitiers.

2. Justifier l'affirmation suivante : « La consommation d'aliments riches en calcium constitue de la prévention primaire. »

La prévention primaire a pour but de diminuer l'apparition de nouveaux cas d'une pathologie. La consommation d'aliments riches en calcium va permettre de constituer une masse osseuse importante et de diminuer la perte osseuse due à l'âge. Cela permettra de diminuer l'incidence de l'ostéoporose et des fractures. Il s'agit donc de prévention primaire.

3. Expliquer la fragilité osseuse observée en cas d'ostéoporose ; justifier alors les fractures du col du fémur, fréquentes chez les personnes âgées.

En cas d'ostéoporose, les os comportent moins de « matière » rigide et plus d'espaces remplis de lipides. Ils sont donc moins solides. Les personnes âgées étant souvent atteintes d'ostéoporose, leurs os sont fragiles et se brisent souvent, notamment au niveau des zones de fragilité comme le col du fémur (qui supporte le poids de toute la partie supérieure de l'organisme, mais pas dans l'axe du fémur).

4. En justifiant votre choix, indiquer la ration alimentaire en produits laitiers correspondant à un adolescent et celle correspondant à un adulte :

- ration A : un quart de litre de lait et 40 grammes de fromage ;
- ration B : 400 mL de lait et 75 grammes de fromage.

Les besoins en calcium d'un adolescent sont plus importants que ceux d'un adulte. La ration B contient plus de produits laitiers que la ration A, donc plus de

calcium. Elle correspond ainsi à la ration pour l'adolescent, et la ration A correspond à la ration pour un adulte.

EXERCICES

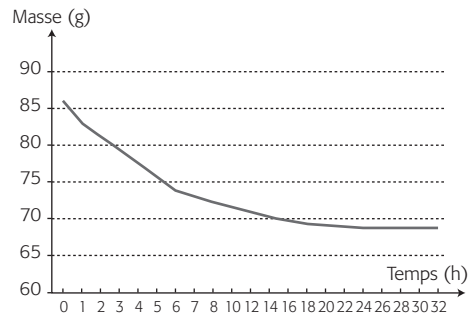
Vrai ou faux

1. Vrai.
2. Faux. Il existe seulement 20 acides aminés naturels.
3. Vrai.
4. Faux. Chaque vitamine a une action spécifique dans l'organisme.
5. Faux. Certains minéraux sont nécessaires en quantités importantes (par exemple le sodium).
6. Faux. Les acides gras insaturés possèdent au moins une double liaison (mais peuvent en contenir une, deux, trois).
7. Faux. Il existe 11 vitamines différentes.
8. Faux. Les acides aminés possèdent une fonction acide carboxylique et une fonction amine.
9. Faux. Un individu obèse a un excès de lipides. Les lipides sont hydrophobes, donc le pourcentage d'eau chez un obèse est plus faible que chez un individu maigre.
10. Vrai.
11. Faux. Les protéines sont des polymères d'acides aminés.
12. Faux. Les vitamines liposolubles sont apportées par les corps gras. De plus les fruits et légumes ne sont pas les seuls aliments à apporter des vitamines hydrosolubles.

1 Étude de l'os

1. Tracer la courbe exprimant ces résultats expérimentaux.

La courbe obtenue est la suivante.



2. Rappeler les deux états de l'eau respectivement en dessous et au-dessus d'une température de 100 °C. Indiquer alors l'effet du passage dans l'étuve sur le fragment osseux et en déduire pourquoi la masse reste constante à partir de 26 heures.

À moins de 100 °C, l'eau est sous forme liquide ; au-dessus de 100 °C, elle est sous forme de vapeur.

Lors du passage dans l'étuve, l'eau de l'os passe sous forme de vapeur et quitte l'os : ce dernier va se déshydrater. Au bout de 26 heures, la masse reste constante car toute l'eau de l'os qui pouvait partir est partie.

3. Calculer le pourcentage d'eau contenu dans l'os étudié.

Le fragment osseux pèse 86 grammes au début de l'expérience. Après passage à l'étuve, sa masse est de 68,6 grammes. Il a donc perdu $86 - 68,6 = 17,4$ grammes

d'eau. L'eau représente donc $(17,4 / 86) \times 100 = 20,2 \%$ de la masse osseuse.

4. Rappeler la nature des composés mis en évidence par la réaction du biuret.

Le composé principal de la gélatine est une protéine fibrillaire, le collagène. Une protéine est un polymère d'acides aminés.

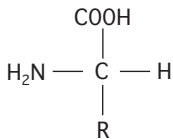
La réaction du biuret met en évidence la présence de peptides et/ou de protéines.

5. Donner la définition d'un polymère et celle d'un monomère.

- Un polymère est une molécule de très grande taille constituée par l'assemblage de molécules plus petites.
- Un monomère est l'une des unités assemblées pour former un polymère.

6. Représenter par un schéma un acide aminé.

Un acide aminé peut être représenté ainsi.



7. Indiquer comment les acides aminés peuvent se polymériser pour former une protéine ; donner le nom de la liaison impliquée.

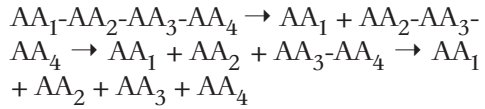
Les acides aminés se polymérisent par une liaison entre la fonction acide carboxylique d'un premier acide aminé et la fonction amine d'un second acide aminé. La liaison obtenue est appelée la liaison peptidique.

8. Indiquer le nom de tels enchaînements de quelques acides aminés.

Des enchaînements de quelques acides aminés sont appelés des peptides.

9. Indiquer la ou les séquences possibles pour le tétrapeptide analysé.

En notant AA un acide aminé, l'action de l'enzyme peut être schématisée ainsi.



On constate qu'on voit apparaître dans le milieu réactionnel l'acide aminé numéro 1, puis l'acide aminé numéro 2, puis les acides aminés 3 et 4.

Les séquences possibles sont donc Glycine – Sérine – Tryptophane – Acide aspartique

ou bien Glycine – Sérine – Acide aspartique – Tryptophane.

10. Indiquer le nom générique des composés obtenus après calcination.

Après calcination, le résidu obtenu est appelé cendres.

11. Calculer le pourcentage de calcium contenu dans l'os frais (avant calcination).

Le calcium constitue 45 % de la masse des cendres soit $(45 \times 45,8) / 100 = 20,61$ grammes.

Le fragment osseux étudié pesait 78 grammes. Le calcium représente donc $(20,61 / 78) \times 100 = 26,4 \%$ de la masse osseuse.

12. Rappeler les définitions de macronutriment et micronutriment.

- Un macronutriment est un nutriment dont les quantités nécessaires par jour se chiffrent en grammes ou en centaine de grammes.
- Un micronutriment est un nutriment dont les quantités nécessaires par jour se chiffrent en milligrammes ou en microgrammes.

13. Indiquer (en le justifiant) dans laquelle de ces deux catégories se classe le calcium.

Les besoins journaliers en calcium sont proches du gramme. Le calcium est donc classé parmi les macronutriments.

2 Les polymères glucidiques

1. Donner la définition de ces trois termes.

- Les oses sont les monomères glucidiques ; ils ne sont pas hydrolysables.
- Les diholosides sont des enchaînements de deux oses.
- Les polyosides sont des enchaînements de plusieurs centaines d'oses.

2. Indiquer ce que mettent en évidence ces deux tests biochimiques.

- Le test à la liqueur de Fehling met en évidence les glucides réducteurs : oses et certains diholosides.
- Le test au lugol met en évidence les polyosides.

3. Interpréter ces résultats et expliquer pourquoi on parle de foie lavé.

Le liquide de perfusion entrant dans le foie ne contient pas de glucides (les deux tests sont négatifs). En début d'expérience, le liquide sortant contient un ose, mais n'en contient plus après une vingtaine de minutes. Le foie est donc capable de libérer un ose (retrouvé dans le liquide de perfusion sortant), mais cette capacité s'épuise au bout de vingt minutes : le foie a été lavé de l'ose qu'il libérait.

4. Interpréter ce résultat expérimental.

On peut conclure qu'après plusieurs heures à 37 °C, le foie est de nouveau capable de libérer un ose. Il a donc synthétisé cet ose durant la période où il a été placé à 37 °C.

5. Rappeler la structure du glycogène et la comparer à celle du glucose.

Le glycogène est un polyside constitué par l'enchaînement de plusieurs milliers de molécules de glucose.

6. Proposer une explication de l'expérience du foie lavé en utilisant les dosages hépatiques de glycogène.

La quantité de glycogène diminue dans le foie au cours de l'expérience ; il y a en même temps synthèse de glucose. On peut envisager que le glycogène hépatique est hydrolysé pour fournir du glucose.

3 Utiliser le bon terme concernant les micronutriments

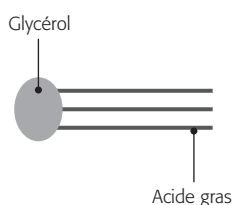
Remplacer les chiffres de ce texte par les termes appropriés.

1 : micronutriments	8 : hydrosolubles
2 : oligoéléments	9 : liposolubles
3 : vitamines	10 : carence
4 : catalytique	11 : scorbut
5 : traces	12 : rachitisme
6 : vitamines	13 : subcarences
7 : carbone	14 : anémie

4 Étude d'un triglycéride

1. Donner la définition d'un triglycéride et le représenter de façon simple par un schéma.

Un triglycéride est un assemblage entre une molécule de glycérol et trois acides gras. Il peut être schématisé de la façon suivante.



2. Analyser ce graphique et l'interpréter.

Le graphique montre bien la disparition des triglycérides, puis l'apparition des diglycérides (maximum vers 45 minutes), ensuite celle des monoglycérides (maximum vers 60 minutes) puis enfin du glycérol (maximum lorsque tous les glycérides ont été hydrolysés).

Par hydrolyse d'un triglycéride, on obtient un diglycéride, puis un monoglycéride et enfin le glycérol ; à chaque étape, il y a libération d'une molécule d'acide gras.

3. Indiquer laquelle et préciser l'allure de cette courbe.

Il manque la courbe représentant le pourcentage d'acides gras. Cette courbe est une droite croissante passant par l'origine (pas d'acides gras au temps 0 minutes).

4. Indiquer combien la solution contient de moles d'acides gras à la fin de la réaction.

Un triglycéride libère trois acides gras par hydrolyse. La solution finale doit donc contenir $1,5 \cdot 10^{-5} \cdot 3 = 4,5 \cdot 10^{-5}$ mole d'acides gras.

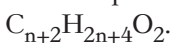
5. Définir un acide gras mono-insaturé.

Un acide gras mono-insaturé est un acide gras dont la chaîne carbonée comporte une seule double liaison carbone-carbone.

6. Donner la formule brute générale d'un acide gras mono-insaturé.

• Un acide gras saturé a pour formule semi-développée : $\text{CH}_3-(\text{CH}_2)_n-\text{COOH}$

Il a donc pour formule brute :



• Un acide gras mono-insaturé possède deux atomes d'hydrogène en moins (au niveau de la double liaison) et a donc pour formule brute $\text{C}_{n+2}\text{H}_{2n+2}\text{O}_2$.

7. Calculer la masse molaire d'un acide gras mono-insaturé en fonction de son nombre d'atomes de carbone (noté n).

• La masse molaire du carbone est de $12 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$.

• La masse molaire de l'hydrogène est de $1 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$.

• La masse molaire de l'oxygène est de $16 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$.

Un acide gras mono-insaturé comporte $(n+2)$ atomes de carbone, $(2n+2)$ atomes d'hydrogène et 2 atomes d'oxygène. Sa masse molaire est donc de :

$$(n+2) \times 12 + (2n+2) \times 1 + 2 \times 16 = 14n + 58 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

8. Calculer le nombre d'atomes de carbone de l'acide gras obtenu.

L'acide gras obtenu a une masse molaire de $254 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$. Donc $14n + 58 = 254$.

On en déduit que $n = 14$.

L'acide gras obtenu a donc 16 atomes de carbone (14 dans la chaîne carbonée et un à chaque extrémité).

9. Définir le terme hydrophobe, et donner son contraire.

Hydrophobe est un adjectif signifiant « qui se mélange mal avec l'eau ». Son contraire est hydrophile.

10. Pourquoi les triglycérides se regroupent-ils sous forme de gouttelettes dans le cytoplasme ?

Les triglycérides étant hydrophobes, ils se regroupent dans l'eau pour mettre en contact leurs surfaces hydrophobes et ainsi les « protéger » de l'eau qui les entoure.

11. Indiquer le rôle principal des triglycérides dans les cellules.

Les triglycérides jouent un rôle de stockage des lipides dans les cellules.

8

Équilibre alimentaire, facteur de santé

DÉCOUVERTE : LA PYRAMIDE ALIMENTAIRE

1. Observer l'illustration et indiquer les groupes d'aliments devant être consommés avec modération.

Les groupes d'aliments devant être consommés avec modération sont situés au sommet de la pyramide. Il s'agit des produits sucrés et des matières grasses.

2. Quelles pathologies risque-t-on de rencontrer si on consomme ces aliments en excès ?

Les maladies les plus courantes qui apparaissent suite à une surconsommation de produits sucrés et de matière grasse sont : le diabète de type 2, une augmentation de la masse graisseuse pouvant conduire à une obésité, une hypercholestérolémie, de l'athérosclérose et l'apparition de maladies cardiovasculaires.

ACTIVITÉS

Activité 1 Apports énergétiques d'une ration alimentaire

1. Calculer la masse totale (en g) de protides, de lipides et de glucides ingérés par cet homme.

- m protides : $21 + 36 + 32 + 8 = 97$ g
- m lipides : $11 + 17 + 60 = 88$ g
- m glucides : $12 + 245 + 63 + 70 = 390$ g

2. Calculer l'énergie (en kJ) apportée par les protides, les lipides et les glucides de cette ration alimentaire. Calculer ensuite l'apport énergétique total de cette ration alimentaire.

- Énergie potentielle des protides :
 $97 \times 17 = 1\,649$ kJ
- Énergie potentielle des lipides :
 $88 \times 38 = 3\,344$ kJ
- Énergie potentielle des glucides :
 $390 \times 17 = 6\,630$ kJ

L'énergie totale apportée par les biomolécules de cette ration alimentaire :

$$1\,649 + 3\,344 + 6\,630 = 11\,623 \text{ kJ}$$

3. Indiquer en pourcentage la part de protides, de lipides et de glucides dans l'apport énergétique de cette ration alimentaire.

On peut calculer la part de protides, lipides et glucides à partir de l'énergie totale apportée (calculée en question 2).

- Pourcentage de protides :
 $1\,649 / 11\,623 \times 100 = 14,2 \%$
- Pourcentage de lipides :
 $3\,344 / 11\,623 \times 100 = 28,8 \%$
- Pourcentage de glucides :
 $6\,630 / 11\,623 \times 100 = 57,0 \%$

4. En utilisant la donnée 3, conclure en justifiant si la ration alimentaire présentée est équilibrée.

Les valeurs obtenues sont très proches de celle de la donnée 3. Il y a juste une légère surconsommation en glucides au dépend des protides.

Activité 2 Le régime alimentaire d'un semi-marathonien

1. Calculer la quantité d'énergie que dépensera M. Hurdler pendant le semi-marathon puis pendant la journée entière.

La dépense d'énergie suite au semi-marathon s'élève à 7500 kJ.

$$(((2 \times 60) + 30) \times 50)$$

La dépense pour la journée du semi-marathon s'élève donc à 20 800 kJ.
(13 300 + 7 500)

2. À l'aide de la donnée 2, calculer l'énergie totale qu'apportera le petit déjeuner pris par M. Hurdler.

L'énergie apportée par le petit déjeuner est de 2397,25 kJ.

3. Ce repas suffira-t-il à compenser l'énergie dépensée par M. Hurdler pendant la course ? Justifier.

Non, ce repas ne sera pas suffisant pour compenser la perte d'énergie induite par la course. L'apport énergétique est trop faible par rapport à la dépense.

4. À l'aide des données 3 et 4, calculer la quantité d'énergie apportée par la boisson énergétique consommée tout au long de la course. Conclure.

La course dure 150 minutes, M. Hurdler consommera donc 10 fois sa boisson énergétique (150 / 15). La boisson apportera au total 1 190 kJ ($10 \times (7 \times 17)$). Au final, le coureur aura un apport énergétique de 3487 kJ ($1\,190 + 2\,297$), ce qui

est encore insuffisant pour compenser la perte énergétique de 7 500 kJ due au semi-marathon.

5. Quels conseils nutritionnels donneriez-vous à M. Hurdler pour le reste de la journée ?

M. Hurdler devra encore consommer 17 302 kJ pour éviter un déficit énergétique au cours de la journée. Il devra donc augmenter sa ration alimentaire en quantité ou consommer plus d'aliments énergétiques.

Activité 3 Apports nutritionnels d'une ration alimentaire

1. Dans le logiciel Dietetik, cliquer sur Fichier, puis Nouveau. Chercher puis ajouter les différents aliments en appuyant sur le signe +. Indiquer la quantité dans la fenêtre qui vient de s'ouvrir et cliquer sur OK.

Pas de corrigé type.

2. Vérifier si les apports en vitamines et en minéraux sont suffisants.

Pour les minéraux, quantité de calcium : 427,47 mg, de fer : 18,2 mg, de magnésium : 549,8 mg, de sodium : 3,0 g, de phosphore : 1714,8 mg.

Pour les vitamines, quantité de vitamine A : 0,85 mg, de vitamine D : 9,7 µg, de vitamine B₁ : 2,75 mg, de vitamine B₂ : 2,83 mg, de vitamine C : 91,25 mg.

Les apports sont insuffisants pour le calcium si l'on compare avec les valeurs sur tableau, cela pourra expliquer la raison de la fracture, une carence en calcium pouvant conduire à de l'ostéoporose. En revanche on remarque que les valeurs du magnésium, du sodium et du fer sont un peu trop élevées. Il n'y a aucune carence en vitamine.

3. Conclure sur les apports énergétiques de la ration alimentaire de Mme Broke.

Les protides présents dans la ration alimentaire de Mme Broke lui apportent 1 683 kJ soit 19,4 % des AEJ. Les lipides apportent 1 938 kJ, soit 22,3 % des AEJ, et les glucides apportent 5 066 kJ, donc 58,3 % des AEJ.

4. Quels conseils diététiques donneriez-vous à Mme Broke ?

Mme Broke devrait consommer plus de produits laitiers et moins de sel. Il faudrait également réduire ses apports en magnésium et en phosphore. Elle ne consomme pas assez de lipides, contrairement aux protides et aux glucides. Il faudra donc augmenter la quantité de matière grasse et de produits lipidiques d'origine animale et végétale dans sa ration alimentaire.

Activité 4 L'expérience d'Osborne et Mendel

1. Quel est le rôle du lot 1 par rapport au lot 2 ?

Le lot numéro 1 sert de témoin. Il permet de voir comment évolue la masse des rats avec un régime alimentaire normal, et donc de pouvoir faire une comparaison avec le lot numéro 2.

2. Interpréter la courbe de croissance des jeunes rats nourris avec de la caséine.

La croissance des jeunes rats nourris avec la caséine est croissante puis stable à partir du 100^e jour. Il y a donc augmentation de la masse des rats jusqu'à ce que celle-ci se stabilise à la fin de leur croissance.

3. Interpréter la courbe de croissance des jeunes rats nourris avec de la zéine.

La masse des rats nourris uniquement avec la zéine diminue lorsqu'ils suivent ce régime alimentaire.

4. Interpréter l'effet de l'addition de l'acide aminé tryptophane.

Lorsque l'on ajoute l'acide aminé tryptophane à la zéine, on observe une augmentation légère de la masse des rats puis un déclin au bout du 70^e jour. Si la perte de masse est réversible, l'acide aminé tryptophane seul ne suffit pas à la résorber.

5. Interpréter l'effet de l'addition de tryptophane et de lysine.

Lorsque l'on ajoute l'acide aminé lysine à la zéine et au tryptophane l'augmentation de la masse des rats est immédiate et aussi rapide que lorsque ceux-ci sont nourris avec de la caséine.

6. Conclure sur cette expérience.

Le manque d'un acide aminé peut bloquer la synthèse protéique qui nécessite la présence de tous les acides aminés. Pour compenser ce manque, l'organisme hydrolyse ses protéines (au début, les protéines musculaires, ce qui permet de libérer des acides aminés faisant défaut mais conduit à une perte de masse corporelle.)

7. En déduire une règle d'hygiène alimentaire simple.

L'alimentation doit contenir des protéines végétales et animales afin de fournir tous les acides aminés nécessaires au fonctionnement de l'organisme.

8. Un régime alimentaire végétarien (absence de viande et de poissons) ou un régime alimentaire végétalien (absence de tout produit d'origine animale : viande, poissons, œufs, produits laitiers...) sont-ils compatibles avec une alimentation équilibrée ? Justifier.

Le régime végétarien peut être équilibré en acides aminés du fait de la présence de produits laitiers (contenant des acides aminés d'origine animale) dans la ration alimentaire. Le régime végétalien peut conduire à une carence en acides aminés (lysine et

tryptophane) qui ne sont pas présents dans les protéines d'origine végétale.

Activité 5 Facteurs de variation de la ration alimentaire

1. Énumérer les différents facteurs qui font varier les besoins énergétiques d'un individu. Justifier à l'aide des données 1 et 2.

Les facteurs de variation des besoins énergétiques d'un individu sont l'âge, le sexe et l'activité physique de la personne.

2. Citer les causes de ces variations en besoins énergétiques.

Les hommes sont plus musclés que les femmes et les muscles consomment plus d'énergie que la graisse. La quantité d'énergie nécessaire aux muscles augmente en fonction de leur activité. Un muscle au repos demandera donc moins d'énergie qu'un muscle qui fournit un travail. En fonction de l'âge, l'individu sera en croissance, la création de nouveaux tissus réclame également de l'énergie. Dans le cas de la gestation c'est la mère qui fournira l'énergie nécessaire aux besoins de son enfant.

3. Calculer l'apport énergétique journalier recommandé pour une femme de 43 ans faisant un footing d'une demi-heure chaque jour. Cette femme a un apport énergétique journalier réel de 17 600 kJ. Comparer cette valeur avec celle obtenue précédemment. Quelle conséquence cet apport énergétique aura-t-il sur sa santé ?

Cette femme aura un besoin énergétique de 9 500 kJ (8 400 + 1 100). Elle consomme beaucoup plus que ce que requiert son besoin énergétique, l'énergie non consommée sera donc stockée sous la forme de graisse, ce qui l'exposera aux complications liées au surpoids et à l'obésité.

4. À l'aide de la donnée 3, citer les quatre catégories de personnes pour lesquelles les besoins nutritionnels en calcium sont les plus élevés. Justifier ces besoins.

Les quatre catégories de personnes sont :

- les adolescents, qui auront besoin de calcium pour la synthèse de leurs os pendant leur croissance ;
- les femmes au-delà de 55 ans et les hommes au-delà de 65 ans pour lutter contre l'ostéoporose ;
- les femmes enceintes ou allaitantes qui apportent le calcium nécessaire à la croissance osseuse de l'enfant.

5. À partir de la donnée 4, formuler une hypothèse expliquant la différence de besoin en fer entre la femme enceinte et la femme allaitante.

Lorsque la femme est enceinte, ses besoins en fer sont plus importants car ce minéral sera utilisé pour synthétiser l'hémoglobine de l'enfant à naître, contrairement à la femme allaitante.

Activité 6 Exemple de déséquilibre par excès

1. Calculer l'IMC de M. Fatchap. Conclure.

L'IMC est de $115 / 1,92^2 = 31,2$. D'après la donnée 2, M. Fatchap est atteint d'obésité.

2. Calculer l'apport énergétique total de cette ration alimentaire. Conclure.

L'apport énergétique total de cette ration alimentaire est de 15 294 kJ. Cette valeur est beaucoup trop élevée, elle devrait se rapprocher de la valeur de 11 300 kJ.

3. Proposer, en les justifiant, des modifications de cette ration alimentaire pour que celle-ci soit conforme aux besoins énergétiques.

Il faudrait que M. Fatchap évite les collations du matin et de l'après-midi, ce qui ramènerait l'apport énergétique à 12 953 kJ. En effet, l'activité physique et professionnelle de M. Fatchap ne justifie pas la prise de ces collations. Il devrait également réduire les portions consommées, notamment au niveau de l'alcool (1 verre), des viandes (100 g), ce qui ramènera l'apport énergétique à 11 410 g.

Activité 7 Causes et conséquences de l'obésité

1. Définir les termes en gras à l'aide d'un dictionnaire et de vos connaissances en étymologie.

- Tendinites : inflammations des tendons.
- Lombalgies : douleurs aux lombaires.
- Obésité : excès en tissu adipeux entraînant des complications physiologiques.
- Hypertension : élévation de la pression artérielle.
- Diabète de type 2 : affection perturbant la régulation de la glycémie et conduisant à une polyurie, une polydipsie, un amaigrissement et à une hyperglycémie.
- Infarctus du myocarde : nécrose d'une partie non irriguée du muscle cardiaque
- Athérosclérose : affection de la paroi artérielle due à un dépôt de graisse dans la paroi, qui entraîne une réaction fibreuse et un durcissement de celle-ci.

2. Réaliser un tableau permettant de classer les causes et les conséquences de l'obésité.

Causes	Conséquences
Déséquilibre alimentaire	Tendinites
Grignotage	Lombalgies
Arrêter de fumer	Hypertension artérielle
Sédentarité	Diabète de type 2
Stress	Maladies cardio-vasculaires
Facteurs héréditaires	Infarctus du myocarde
Manque d'activité physique	Athérosclérose

3. Décrire le schéma du principe du by-pass et expliquer l'intérêt de pratiquer cette opération.

Le principe du by-pass gastrique a pour objectif de réduire la capacité de stockage de l'estomac et la longueur de l'intestin grêle, limitant sa capacité d'absorption des nutriments énergétiques. Cette opération permettra donc un amaigrissement important.

4. Citer l'élément posé lors d'une gastroplastie.

Lors d'une gastroplastie, on pose un anneau gastrique au niveau de l'estomac.

Activité 8 Le rachitisme, une carence spécifique

1. Citer le rôle de la vitamine D.

La vitamine D facilite la fixation du calcium au niveau des os.

2. Décrire les symptômes du rachitisme.

L'individu aura son squelette déformé car l'os n'aura pas été suffisamment minéralisé pendant sa croissance et la masse de l'individu fera pression sur son squelette au niveau notamment des jambes. Un individu atteint de rachitisme aura les jambes arquées.

3. Donner les causes du rachitisme.

Le rachitisme est du à une carence en vitamine D, en calcium (donc un déséquilibre nutritionnel). Le manque d'exposition au soleil peut entraîner une carence en vitamine D.

4. À l'aide de la donnée 3, expliquer pourquoi on donnait autrefois chaque matin de l'huile de foie de morue aux enfants.

D'après le tableau, l'huile de foie de morue est le produit contenant la plus forte quantité de vitamine D : on donnait donc une huile fortement concentrée en

vitamine D pour éviter le rachitisme lors de la croissance.

5. Aujourd’hui, les pédiatres prescrivent des ampoules de vitamines D aux jeunes enfants. Relever des arguments pour expliquer pourquoi cet apport en vitamine D a lieu en hiver.
La vitamine D est naturellement synthétisée par la peau lors de son exposition au soleil. En été, l’exposition au soleil est normalement maximale du fait de l’ensoleillement. En revanche en hiver, les jours sont plus courts et la météo moins clémente, on prescrit donc la vitamine D à cette période où la peau est moins exposée.

Activité 9 L’anorexie,
une carence générale

1. Réaliser un tableau comparatif des deux types d’anorexie.

	Anorexie « vraie »	Anorexie mentale
Causes	Physiologiques (cancers, malformations).	Psychologiques (trouble du comportement alimentaire).
Catégories de personnes atteintes	Toutes les personnes.	Jeunes femmes de 15 à 22 ans majoritairement.
Conséquences	Amaigrissement, malnutrition, com- plications annexes liées à la maladie ou à la malforma- tion initiale.	Amaigrissement, fonte musculaire, anémie, troubles du rythme car- dique, trouble du transit, aménorrhée, ostéoporose,...
Traitement	Traitement des atteintes physiologiques.	Traitement psychologique et nutritionnel.

2. On peut diagnostiquer une anorexie mentale grâce à la règle des trois A. Relever trois signes cliniques présents dans le texte commençant par la lettre A.
Anorexie, aménorrhée, amaigrissement.

3. Trouver dans le dictionnaire la définition de ces trois mots.
• Anorexie : perte de la sensation de faim.
• Aménorrhée : absence de menstruation.
• Amaigrissement : diminution de la masse corporelle.

4. Expliquer le processus de perte de poids chez une personne anorexique.
La personne anorexique va diminuer ses apports énergétiques et nutritionnels. Ceux-ci seront alors insuffisants pour combler les besoins journaliers, provoquant un amaigrissement rapide. Il y a aura dans un premier temps diminution de la masse grasseuse, car le corps récupérer de l’énergie au niveau des lipides puis diminution de la masse musculaire.

5. « On notera ainsi un fort amaigrissement et une fonte musculaire. » Trouver une hypothèse scientifique expliquant la fonte musculaire.
L’organisme de la personne anorexique va utiliser les protéines musculaires afin de récupérer de l’énergie et des acides aminés nécessaires à la création de nouvelles protéines.

6. Pourquoi l’anorexie est-elle qualifiée de carence générale ?
Dans le cas d’une anorexie mentale ou « vraie », la ration alimentaire est globalement insuffisante, que ce soit au niveau énergétique ou nutritionnel. Il y aura donc apparition d’avitaminose ou de carence en minéraux en plus d’un déficit énergétique.

Vrai ou faux

- a. Les fibres glucidiques améliorent le transit intestinal.
- b. Pour avoir une alimentation équilibrée, il faut ingérer 30 % de lipides, 55 % de glucides et 15 % de protides.
- c. Le rachitisme est une maladie de carence spécifique.
- d. Les acides aminés indispensables sont apportés uniquement par l'alimentation.
- e. L'obésité est évaluée par le calcul de l'IMC.
- f. Les lipides sont les nutriments les plus énergétiques : 1 g de lipides apporte 38 kJ.
- g. Une des dernières façons de soigner l'obésité est de faire une gastroplastie.
- h. L'être humain doit consommer autant de lipides d'origine animale que de lipides d'origine végétale.
- i. Le terme anorexie signifie : perte de la sensation de faim.
- j. Il existe deux acides gras indispensables.

1 Analyse du déjeuner d'une femme adulte

1. Calculer, à l'aide des données du tableau, l'apport énergétique total de ce repas.

L'énergie totale est de 4 829 kJ.

2. Rappeler l'apport énergétique journalier d'une femme adulte de référence. Conclure.

L'apport énergétique d'une femme adulte de référence est de 9 200 kJ. Avec ce seul repas du midi, cette femme a mangé l'équivalent de la moitié de ces besoins énergétiques. Cela n'est pas grave si cela est compensé par l'apport énergétique du petit-déjeuner et du soir.

3. Calculer la répartition énergétique de ce repas (en pourcentage) en glucides, lipides et protides. Conclure.

Cette femme a son apport énergétique réparti de la façon suivante : 20,1 % de protides, 32,7 % de lipides et 47,2 % de glucides. Cette ration alimentaire est un peu déséquilibrée : il y a trop de lipides et de protides consommés par rapport aux glucides. Il faudra compenser avec le repas du soir.

4. Proposer des améliorations à cette ration alimentaire.

On peut améliorer cette ration en augmentant la quantité de lentilles consommées et en diminuant la quantité de steak et de crème.

2 Se nourrir, mais pas n'importe quand...

1. Expliquer les variations des dépenses énergétiques sur 24 heures. Indiquer quand ces dépenses sont le plus importantes.

Les dépenses énergétiques sont plus importantes au cours de la journée lors des phases d'éveil et ceci pour les dépenses banales et celles liées à l'activité physique. Les dépenses banales augmentent durant la matinée jusqu'à 17 h puis diminuent. Les dépenses liées à l'activité physique sont légèrement plus importantes en matinée.

2. Justifier l'association pain/beurre/confiture et une boisson sucrée pour le petit déjeuner. Indiquer les conséquences possibles pour un individu qui ne prendrait pas le temps de déjeuner le matin.

L'association proposée fournit des glucides à assimilation rapide, des glucides

à assimilation lente et des lipides permettant à l'organisme de compenser les dépenses énergétiques. Si le petit déjeuner est insuffisant, il y a un risque d'hypoglycémie, car l'organisme est à jeun depuis environ 12 heures.

3. Indiquer les conséquences à long terme du grignotage sur la masse corporelle, en réalisant un schéma de l'enchaînement des différents processus biologiques impliqués : variation de la glycémie, de l'insulinémie, utilisation ou stockage des glucides et des lipides.

Grignotage → Glycémie augmentée → Insulinémie augmentée → Stockage des lipides et des glucides → Prise de poids

3 Consultation

1. Définir les mots en gras.

- Dyspnée : difficulté à respirer.
- Tachycardie : Augmentation de la fréquence cardiaque.
- Gonalgies : douleur au niveau des genoux.
- Hypertension artérielle : augmentation de la pression artérielle.
- Cardiologue : médecin spécialiste du cœur.

2. Calculer l'IMC de M. Pounds. Conclure sur le niveau d'obésité de M. Pounds.

$IMC : (98 / 1,70^2) = 33,91$

M. Pounds est atteint d'obésité.

3. Indiquer les causes possibles de son état physiologique révélées par l'interrogatoire.

- Aucun sport en dehors des cours.
- Sédentarité au domicile.
- Alimentation déséquilibrée riche en lipides et en glucides.

4. Citer les pathologies que le cardiologue risque de détecter.

Il est possible que le jeune homme soit atteint d'hypercholestérolémie, d'athérosclérose, voir d'une maladie cardiovasculaire.

5. Proposer quatre mesures hygiéno-diététiques pour traiter le cas de l'adolescent.

Pratiquer un sport au moins ½ heure chaque jour.

Arrêter les collations.

Diminuer les quantités ingérées lors des repas.

Augmenter la quantité de fruits et de légumes à consommer.

6. Proposer un traitement à M. Pounds en argumentant ce choix.

M. Pounds consomme beaucoup d'aliments énergétiquement très riches. Un by-pass semble être envisageable car il diminuera la quantité d'aliments ingérés et la capacité d'absorption de l'intestin.

4 Étude du kwashiorkor

1. Donner la définition des termes en italique.

- *Malnutrition* : trouble lié à un régime alimentaire déséquilibré provoquant des carences ou des excès.
- *Œdèmes* : accumulation de liquide dans les tissus conjonctifs.
- *Amyotrophie* : diminution du volume des muscles.
- *Anémie* : déficit de la capacité de transport du dioxygène par le sang.
- *Albuminémie* : concentration d'albumine dans le sang.
- *Anorexie* : perte de la sensation de faim.
- *Diarrhées* : émission importante de selles trop liquides.

2. Calculer l'apport énergétique apporté par 100 g de bouillie de maïs. L'apport énergétique est de 1 464 kJ

3. Sachant qu'un enfant de 6 mois a besoin de 3 500 kJ/j, calculer la quantité de bouillie de maïs qu'il devra ingérer. Conclure.

$$3\,500 / 1\,464 \times 100 = 239 \text{ g.}$$

Cette quantité de bouillie est tout à fait consommable en une journée. Il n'y a normalement pas de déséquilibre énergétique.

4. Définir l'expression « acide aminé indispensable ».

Un acide aminé indispensable est nécessaire pour le bon fonctionnement de notre organisme qui ne peut le synthétiser. Il sera donc apporté par l'alimentation.

5. Comparer la composition des protéines du lait maternel et celles des protéines végétales.

Il apparaît que les protéines végétales sont riches en leucine, contrairement aux protéines du lait maternel qui contiennent en revanche de la lysine que les protéines végétales ne possèdent pas. Les protéines du lait maternel possèdent également plus de tryptophane.

6. Conclure quant à la qualité nutritionnelle des protéines.

Les protéines du lait maternel sont de meilleure qualité que les protéines végétales. En effet, elles apportent tous les acides aminés indispensables et en quantité suffisante.

7. Formuler une hypothèse sur la cause du kwashiorkor grâce à votre analyse et à vos connaissances. Expliquer de façon logique les symptômes répertoriés dans la question 1 en gras.

Le kwashiorkor est sûrement dû à un manque en acides aminés indispensables non présents, ou présents en trop faible quantité, dans la bouillie de maïs.

- Amyotrophie : pour récupérer des acides aminés indispensables, les muscles seront hydrolysés, provoquant une diminution de leur volume.

- Anémie : l'hémoglobine ne peut être synthétisée correctement par manque d'acide aminé : il y aura donc des difficultés lors du transport du dioxygène par le sang.

- Albuminémie basse : l'albumine étant une protéine, elle nécessite des acides aminés indispensables indisponibles. Elle ne pourra donc pas être synthétisée.

- Anorexie : l'extrême fatigue et les troubles digestifs provoquent une perte de la sensation de faim.

8. Proposer un exemple de nourriture adaptée aux enfants souffrant de kwashiorkor.

Dans certaines contrées d'Afrique, on donne du lait de chèvre mélangé à du sang aux enfants. Une association française a aussi lancé la production de pain de spiruline, algue riche en acides aminés indispensables, distribuée chaque matin avant d'aller à l'école.

9

Organisation de l'appareil digestif, techniques d'exploration et physiologie digestive

DÉCOUVERTE : LES FIBRES ALIMENTAIRES

1. Citer des aliments riches en fibres.

Les aliments apportant des fibres sont principalement les fruits et légumes frais (voir chapitre 7), ainsi que les céréales complètes pour les fibres insolubles. On peut citer comme aliments les avocats, les figues, les artichauts, les mûres, les pommes, les pruneaux, les tomates, les haricots verts, le son de blé, les corn-flakes aux céréales complètes...

2. Bien que non digérées, les fibres alimentaires sont importantes pour l'organisme : expliquer leur intérêt.

Les fibres alimentaires permettent de réguler le transit intestinal : les fibres insolubles retiennent l'eau, ce qui permet de donner un certain volume aux selles ; les fibres solubles lubrifient le tube digestif, ce qui permet aux selles de glisser plus facilement dans ce dernier.

ACTIVITÉS

Activité 1 Extraire des données pour légender l'appareil digestif

À partir des informations fournies, légender la figure 1 qui représente l'appareil digestif.

1	Cavité buccale	13	Glandes parotides
2	Langue	14	Pharynx
3	Glandes sublinguales	15	Œsophage
4	Glandes sous-maxillaires	16	Estomac
5	Épiglotte	17	Pancréas
6	Diaphragme	18	Côlon transverse
7	Foie	19	Jéjunum
8	Vésicule biliaire	20	Côlon descendant
9	Duodénum ou ampoule de Vater	21	Côlon sigmoïde
10	Côlon ascendant	22	Rectum
11	Appendice	23	Anus
12	Iléon		

Activité 2 Explorer l'appareil digestif par fibroscopie

1. En réfléchissant au principe de la fibroscopie, expliquer pourquoi cet examen se réalise à jeun.

L'examen se réalise à jeun car on veut observer la paroi interne du tube digestif. Si le patient n'est pas à jeun, les aliments contenus dans le tube digestif gênent l'observation.

2. Indiquer l'intérêt d'insuffler de l'air dans l'appareil digestif au cours d'une fibroscopie.

L'air insufflé va dilater le tube digestif (comme un ballon de baudruche que l'on gonfle), ce qui va décoller les parois et « ouvrir » la lumière du tube digestif. Cela permet de mieux faire passer le fibroscope et facilite l'observation en dilatant la cavité.

3. Expliquer pourquoi les risques d'infection sont importants lors d'une fibroscopie.

Un fibroscope est un appareil comportant des pièces en mouvement (mise au point, prélèvement) et une partie optique (observation). La stérilisation ne peut donc pas être trop poussée (chaleur pas trop importante, produits chimiques relativement doux) sinon les pièces mobiles sont endommagées et la partie optique perd ses qualités (lentilles déformées ou devenant opaques).

4. Indiquer les informations supplémentaires que peut apporter une biopsie lors d'une fibroscopie.

Une biopsie permet une analyse visuelle plus poussée (le tissu peut être placé sous microscope) ainsi qu'une analyse biochimique éventuelle.

Activité 3 Comprendre les aspects mécaniques de la digestion

1. À l'aide d'un schéma de l'appareil digestif, indiquer les organes principaux où se déroulent les phénomènes mécaniques de la digestion.

Les organes principaux où se déroulent les phénomènes mécaniques sont la bouche et l'estomac. Ces organes sont soulignés sur le schéma.

2. Définir le bol alimentaire et situer sur le schéma précédent le bol alimentaire, le chyme et le chyle.

Le bol alimentaire est constitué par la salive et les morceaux d'aliments résultant de la mastication.

Le bol alimentaire, le chyme et le chyle sont représentés par des couleurs différentes sur le schéma.

3. Commenter la donnée 3.

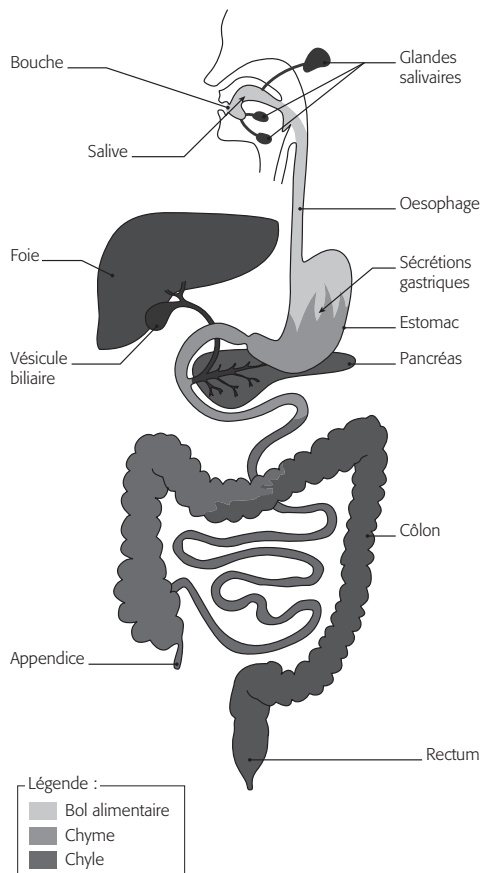
En l'absence de mastication, les aliments forment des morceaux plus gros ; les actions chimiques pour rendre le bol alimentaire fluide (passage au chyme) sont donc plus longues d'où une digestion difficile et lente.

4. Sur le schéma réalisé en question 1, situer les différentes sécrétions chimiques évoquées dans le texte.

Les sécrétions chimiques évoquées sont la salive et les sécrétions gastriques.

5. Les actions mécaniques et chimiques ont-elles lieu en même temps ou sont-elles dissociées (dans le temps et/ou l'espace) ?

Les actions mécaniques et chimiques ont lieu en même temps et peuvent se dérouler au même endroit (par exemple dans l'estomac).



Activité 4 Démontrer que la digestion nécessite des actions chimiques

1. Indiquer dans l'expérience de la donnée 1 l'intérêt d'utiliser des tubes en bois.

Les tubes en bois sont rigides : les actions mécaniques ne peuvent donc pas s'exercer sur leur contenu. S'il y a digestion, cette dernière sera due aux actions chimiques.

2. Préciser pourquoi Spallanzani utilise des parois couvertes de trous.

La présence de trous permet aux différentes sécrétions chimiques de pénétrer dans les tubes et d'agir sur leur contenu.

3. Analyser l'expérience de la donnée 1 et conclure.

Après 22 heures dans l'organisme, la chair de veau cuite et mâchée a disparu du

tube. Pour sortir du tube, les fragments de viande ont du voir leur taille réduite et leur consistance liquéfiée : une digestion s'est produite. Comme les actions mécaniques de digestion sont impossibles à l'intérieur des tubes (qui sont rigides), il faut envisager l'existence d'une digestion chimique.

Remarque : cette expérience montre l'existence d'une digestion chimique, mais elle ne montre pas qu'il n'y a pas de digestion mécanique.

4. Justifier le maintien des tubes sous les aisselles durant l'expérience de la donnée 2.

Le maintien des tubes sous les aisselles permet de les maintenir à une température proche de celle régnant dans l'organisme (mais cependant plus faible).

5. Expliquer pourquoi la durée de digestion dans l'expérience de la donnée 2 est plus importante que lors d'une digestion dans l'organisme.

La digestion est plus longue pour trois raisons :

- la température sous les aisselles est légèrement plus faible que dans l'organisme ;
- il n'y a pas ici d'actions mécaniques ;
- les sécrétions salivaires (pour aider à la digestion de l'amidon du blé) et gastriques (pour aider à la digestion de la viande) sont ici absentes.

6. Analyser l'expérience de la donnée 2 et conclure.

L'expérience montre que les sucs gastriques recueillis sont capables de réaliser une digestion de la viande et du blé. Ils contiennent donc un « principe actif » chimique (on parle maintenant d'enzyme) qui permet la digestion.

Activité 5 Évaluer la nécessité
de la digestion des macromolécules

1. Rappeler le protocole des tests à l'eau iodée (= lugol) et à la liqueur de Fehling.

- Pour le test à l'eau iodée, il faut ajouter l'eau iodée (incolore ou légèrement jaune) à la solution à tester.
- Pour le test à la liqueur de Fehling, il faut ajouter la liqueur de Fehling (coloration bleue) à la solution à tester puis chauffer.

2. Indiquer les molécules mises en évidence par chacun de ces tests.

- L'eau iodée met en évidence les polysaccharides : apparition d'une coloration bleue foncée en présence d'amidon (et d'une coloration brun-acajou en présence de glycogène).
- La liqueur de Fehling met en évidence les glucides réducteurs par l'apparition d'un précipité rouge brique après chauffage. En pratique, elle met en évidence le glucose.

3. Réaliser l'expérience de façon à compléter le tableau 1, en notant un signe + lorsque le composé recherché par le test est présent, et un signe – lorsque le composé recherché par le test est absent.

On peut obtenir les résultats suivants.

Cristallisoir	Solution dans le boudin de dialyse	Test réalisé sur la solution du cristallisoir après 1 heure d'agitation	
		Liquueur de Fehling	Lugol
a	A : eau distillée + amylase	–	–
b	B : empois d'amidon	–	–
c	C : solution de glucose	+	–
d	D : empois d'amidon + amylase	+	–

4. Analyser l'expérience du cristallisoir a et indiquer son intérêt.

L'expérience a montre que, sans empois d'amidon ou de glucose au départ, il n'en apparait pas spontanément. Il s'agit d'une expérience témoin.

5. Analyser l'expérience du cristallisoir b et conclure.

L'expérience b montre que l'amidon ne peut pas sortir du boudin de dialyse : la molécule est trop grosse pour passer par les pores. Il n'est donc pas retrouvé dans la solution du cristallisoir.

6. Analyser l'expérience du cristallisoir c et conclure.

L'expérience c montre que le glucose peut sortir du boudin de dialyse : la molécule est assez petite pour passer par les pores. Le glucose est donc retrouvé dans la solution du cristallisoir.

7. Analyser l'expérience du cristallisoir d et conclure sur le rôle de l'amylase.

L'expérience c montre que l'amylase « transforme » l'amidon en glucose qui peut alors sortir du boudin de dialyse (test à la liqueur de Fehling positif). En revanche, l'amidon ne sort pas directement puisqu'on n'en retrouve pas dans le cristallisoir (test au lugol négatif).

8. Expliquer le rôle possible de l'amylase au cours de la digestion dans l'organisme.

L'amylase permet d'hydrolyser l'amidon en glucose, de plus petite taille. Le glucose peut franchir la paroi du tube digestif du fait de sa petite taille, ce que ne peut pas faire l'amidon.

Activité 6 Étudier le rôle du pH sur l'activité enzymatique

1. Rappeler le nom de la molécule chimique mise en évidence par l'eau iodée.

L'eau iodée met en évidence la présence d'amidon par l'apparition d'une coloration violette.

2. Indiquer ce que signifie une absence de coloration violette lors de l'ajout d'eau iodée.

L'absence de coloration violette signifie une absence d'amidon.

3. Expliquer pourquoi la coloration violette disparaît lorsque les prélèvements sont effectués après plusieurs minutes.

Lorsqu'on ajoute l'amylase, l'amidon commence à être hydrolysé et disparaît donc. Après quelques minutes, tout l'amidon a été hydrolysé et il n'y a donc plus d'amidon : la coloration violette disparaît.

4. Tracer la courbe exprimant le temps de fin d'hydrolyse en fonction du pH.

Il faut mettre le pH en abscisse et le temps de fin d'hydrolyse (donc de disparition de la coloration violette) en ordonnée.

5. Analyser la courbe obtenue pour en déduire si le pH a une influence sur l'activité de l'amylase salivaire.

On observe que la courbe est décroissante jusqu'à environ $\text{pH} = 6,5$. Le temps de fin d'hydrolyse est variable suivant le pH, ce qui montre que le pH a une influence sur l'activité de l'enzyme.

6. Déterminer alors le pH d'action maximale de l'amylase salivaire.

Le pH optimal correspond à celui pour lequel l'enzyme est la plus active, donc au temps de fin d'hydrolyse le plus court. Ce pH optimum se situe entre $\text{pH} = 6,5$ et $\text{pH} = 7$.

7. Sachant que le pH gastrique est d'environ 4, indiquer si l'amylase salivaire est active au niveau gastrique.

Au niveau gastrique, l'enzyme est très peu active.

Activité 7 Analyser des résultats expérimentaux

1. Expliquer l'intérêt du tube 1. Comment le nomme-t-on ?

Le tube 1 permet de montrer qu'il n'y a pas d'hydrolyse spontanée de l'ovalbumine. Il s'agit d'un tube témoin.

2. En comparant les tubes 1 à 4, indiquer les conditions expérimentales permettant la digestion de l'ovalbumine.

Les tubes 2 et 3 montrent que l'acide chlorhydrique seul ou la pepsine seule ne permettent pas l'hydrolyse. Il faut qu'il y ait pepsine et acide chlorhydrique ensemble pour hydrolyser l'ovalbumine : la pepsine doit agir en milieu acide. Il faut également une température de 38°C .

3. Analyser les résultats obtenus pour les tubes 5 et 6 afin de déduire une information supplémentaire sur les conditions d'action de la pepsine.

Les tubes 5 et 6 montrent que la pepsine n'agit pas en milieu basique.

4. Préciser le paramètre étudié pour les tubes 7 et 8.

Les tubes 7 et 8 permettent d'étudier l'effet de la température sur l'activité de la pepsine.

5. Interpréter les résultats obtenus dans les tubes 7 et 8 pour conclure sur l'effet du paramètre étudié.

Les tubes 7 et 8 montrent que la pepsine n'agit pas à 100°C ni à 0°C .

6. Préciser pour les tubes 9 et 10 si les conditions expérimentales de pH et de température sont correctes pour l'hydrolyse de l'ovalbumine.

Dans les tubes 9 et 10, les conditions de pH (présence d'acide chlorhydrique) et de température (38 °C) sont correctes pour l'action de la pepsine.

7. Proposer une explication pour le résultat obtenu dans le tube 9.

La pepsine qui a bouilli n'est plus active (malgré des conditions expérimentales correctes) : les hautes températures dégradent le principe actif de la pepsine qui n'est plus fonctionnelle.

8. Indiquer en comparant les tubes 9 et 10 si les hautes et les basses températures ont les mêmes effets sur les enzymes digestives.

- Les basses températures ne dégradent pas la pepsine puisqu'un retour à 38 °C permet de retrouver l'activité enzymatique.
- Les hautes températures dégradent l'enzyme (tube 9) : phénomène irréversible.
- Les basses températures inactivent l'enzyme (tube 10) : phénomène réversible.

Activité 8 Déterminer le rôle de la bile au cours de la digestion

1. Rappeler la structure chimique des triglycérides en précisant leurs constituants élémentaires. Indiquer les produits obtenus par hydrolyse des triglycérides.

Un triglycéride est un ester entre une molécule de glycérol et trois molécules d'acides gras. Les constituants élémentaires sont donc le glycérol et les acides gras.

Par hydrolyse des triglycérides, on retrouve les constituants élémentaires.

2. Observer la figure 7 pour décrire l'effet de la bile sur le mélange entre l'eau et les lipides.

La bile permet un mélange entre les lipides et l'eau (sans bile, ces deux constituants sont nettement séparés).

3. Indiquer si le pH est acide ou basique dans chacun des tubes à la fin de l'expérience de la donnée 2.

La phénolphtaléine est rose en milieu basique et incolore en milieu neutre ou acide. Le contenu des tubes 1, 2 et 3 est donc basique à la fin de l'expérience alors que le contenu du tube 4 est neutre ou acide.

4. En comparant les tubes 1 à 4, indiquer les conditions nécessaires à l'hydrolyse des lipides.

Dans le tube 4, le milieu s'est acidifié. Il y a donc eu apparition de substances acides. Or l'hydrolyse des triglycérides libère des acides gras. On peut donc dire que l'hydrolyse des triglycérides s'est effectuée uniquement dans le tube 4. On peut conclure que l'hydrolyse des triglycérides nécessite la présence simultanée de bile et de pancréatine.

5. À l'aide de l'analyse des données 1 et 2, proposer un rôle pour la bile lors de la digestion.

Les lipides alimentaires ne se solubilisent pas spontanément dans l'eau (figure 7, tube sans bile). Or, les enzymes digestifs sont en solution aqueuse ; ces enzymes ne peuvent donc pas agir directement sur les lipides, car lipides et enzymes sont dans deux phases différentes.

En présence de bile, les lipides et les solutions aqueuses se mélangent (figure 7, tube avec bile) ce qui permet l'action des enzymes sur les lipides et donc leur digestion (tube 4 de la donnée 2).

EXERCICES

Vrai ou faux

Sélectionner les phrases exactes et corriger de façon concise les autres propositions.

- a) Faux : le péristaltisme a lieu tout le long du tube digestif.
- b) Vrai.
- c) Faux : la paroi intestinale est formée de quatre couches concentriques (péritoine, musculuse, sous-muqueuse et muqueuse).
- d) Faux : la fibroscopie de l'appareil digestif ne nécessite pas l'utilisation d'un produit de contraste car l'observation est directe.
- e) Vrai.
- f) Faux : les organes annexes de l'appareil digestif sont nécessaires pour la digestion car ils fournissent les sécrétions digestives.
- g) Vrai.
- h) Faux : en absence de bile, la digestion des lipides est impossible.
- i) Faux : la fibroscopie digestive peut provoquer des hémorragies importantes, mais c'est assez rare.
- j) Vrai.

1 Savoir légender un schéma

1. Annoter ce schéma et indiquer le nom des organes dans lequel passe le chyme. Le schéma représente la région hépatique de l'appareil digestif.

1 Diaphragme	9 Œsophage
2 Canal hépatique	10 Cardia
3 Canal cystique	11 Estomac
4 Vésicule biliaire	12 Pylore
5 Canal cholédoque	13 Pancréas
6 Ampoule de Vater	14 Jéjunum
7 Duodénum	15 Canal pancréatique
8 Foie	

Les organes dans lesquels passe le chyme sont l'estomac, le duodénum et le début du jéjunum (il y a ensuite transformation en chyle).

2. Préciser, pour chaque organe du tube digestif, les actions mécaniques qui y ont lieu et les sécrétions qui s'y déversent.

Organe du tube digestif	Actions mécaniques	Sécrétions déversées
Cavité buccale	Mastication	Salive
Œsophage	Péristaltisme	Aucune
Estomac	Brassage	Suc gastrique
Duodénum	Péristaltisme	Sécrétions pancréatiques + bile
Jéjunum	Péristaltisme	Aucune
Iléon	Péristaltisme	Aucune
Côlon	Péristaltisme	Aucune
Rectum	Péristaltisme	Aucune

2 Le rôle du pancréas dans la digestion

1. Indiquer l'origine de la bile et celle du suc pancréatique.

La bile est produite par le foie, puis stockée dans la vésicule biliaire avant son utilisation au cours de la digestion. Le suc pancréatique est pour sa part produit par le pancréas.

2. Indiquer le mécanisme de contrôle de ces deux sécrétions mis en évidence par l'expérience décrite.

L'expérience décrite met en évidence un contrôle s'effectuant par voie sanguine (seul lien restant entre la partie de l'organe 14 et le reste de l'organisme). Il s'agit donc d'un contrôle hormonal. Ce contrôle est déclenché par la présence de substances acides dans le duodénum. De façon physiologique, l'arrivée du chyme (qui est acide) dans le duodénum provoque, par

voie hormonale, l'arrivée de bile et de suc pancréatique qui sont nécessaires à la transformation du chyme en chyle.

3. Quel est le pH du milieu autour de la tranche de pancréas au bout de 24 heures ?

Le tournesol étant devenu rouge, le pH au bout de 24 heures est acide autour de la tranche de pancréas.

4. Rappeler la nature chimique d'un triglycéride et les produits libérés par son hydrolyse.

Un triglycéride est un triester formé par estérification entre trois acides gras et une molécule de glycérol. Par hydrolyse d'un triglycéride, on retrouve le glycérol et les trois acides gras.

5. Sachant que le constituant majoritaire de l'huile d'olive est un triglycéride, interpréter cette expérience et indiquer la substance qui a permis les transformations chimiques.

Au bout de 24 heures, le milieu à proximité de la tranche de pancréas a été acidifié. Il y a donc eu libération d'acides. Ces acides proviennent de l'hydrolyse du triglycéride de l'huile d'olive qui libère des acides gras. Le pancréas contient donc des substances qui permettent l'hydrolyse des triglycérides. Ces substances sont des lipases.

6. Rappeler la nature biochimique d'une protéine et les constituants obtenus par hydrolyse.

Une protéine fait partie des protides. Elle est constituée par un enchaînement d'acides aminés unis par des liaisons peptidiques. L'hydrolyse d'une protéine permet de libérer des acides aminés.

7. Analyser les expériences réalisées dans chacun des tubes.

Une coloration violette indique la présence de protéines : l'hydrolyse n'a pas eu lieu. En revanche, une coloration

bleue indique qu'il n'y a plus de protéines (il y en avait initialement avec la viande) : elles ont été hydrolysées et ont donc disparues. On constate que l'hydrolyse ne se réalise que dans le tube 1.

8. En déduire les conditions d'action des enzymes pancréatiques.

- Les tubes 1 à 3 montrent l'effet de la température : l'hydrolyse se réalise à 37 °C, mais pas à 80 °C ou à 0 °C.

- Les tubes 1 et 4 montrent l'effet du pH : l'hydrolyse se réalise en milieu basique (tube 1) mais pas en milieu acide (tube 4). On peut donc dire que les enzymes pancréatiques agissent à 37 °C, en milieu basique.

3 Nécessité de la bile pour digérer les lipides

1. Indiquer le nom de l'organe qui synthétise la bile.

La bile est fabriquée par le foie.

2. Citer le rôle de la vésicule biliaire.

La vésicule biliaire est un organe de stockage : la bile est produite en permanence par le foie, mais nécessaire uniquement durant les périodes de digestion. Il y a donc nécessité d'un organe de stockage pour les périodes où l'on ne digère pas ; cet organe est la vésicule biliaire.

3. Expliquer, à l'aide de vos connaissances, les résultats de l'observation de Claude Bernard.

Les chylifères sont lactescents lorsqu'ils contiennent des lipides, c'est-à-dire lorsque l'absorption des lipides s'est réalisée. Claude Bernard constate que l'absorption des lipides se réalise après que les sécrétions hépatiques ont rejoint le tube digestif. Ceci peut s'expliquer ainsi : les sécrétions pancréatiques contiennent les enzymes nécessaires pour hydrolyser les lipides (lipases) ; sans ces enzymes,

les lipides ne sont pas hydrolysés et ne peuvent pas être absorbés du fait de leur grande taille. En revanche, l'hydrolyse libère des molécules plus petites qui peuvent être absorbées.

4. En comparant les expériences de Claude Bernard et de Dastre, indiquer les conditions requises pour la digestion des lipides.

Dans l'expérience de Dastre, on constate que l'absorption des lipides ne peut se faire que si l'intestin a reçu de la bile. Cette absorption reflète en fait le phénomène de digestion des lipides.

En comparant les expériences de C. Bernard et de Dastre, on peut dire que la digestion des lipides ne s'effectue que si le tube digestif a reçu à la fois la bile et les lipases pancréatiques.

5. Justifier ces conditions à l'aide de vos connaissances sur le rôle de la bile.

Les lipides alimentaires ne se solubilisent pas spontanément dans l'eau. Or

les enzymes digestifs sont en solution aqueuse ; ces enzymes ne peuvent donc pas agir directement sur les lipides car lipides et enzymes sont dans deux phases différentes.

En présence de bile, les lipides et les solutions aqueuses se mélangent, ce qui permet l'action des enzymes sur les lipides et donc leur digestion.

6. Expliquer cette constatation médicale.

Lorsque les canaux biliaires sont bouchés, la bile ne parvient plus au niveau du tube digestif. La digestion des lipides ne peut donc plus se réaliser, et les lipides ne peuvent plus être absorbés. Ils restent donc dans le tube digestif, d'où les stéatorrhées.

7. Proposer une mesure simple pour limiter ces stéatorrhées.

Pour limiter les stéatorrhées, il faut limiter l'apport alimentaire de lipides complexes.

10 L'absorption digestive

DÉCOUVERTE : LES NUTRIMENTS

1. Indiquer où se trouvent les nutriments immédiatement après la digestion.

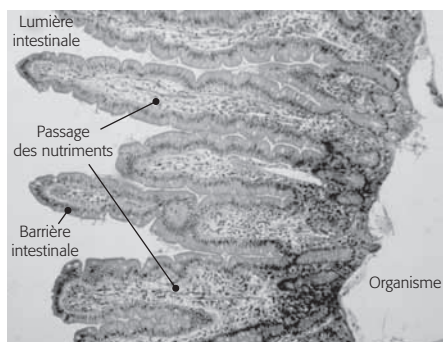
Immédiatement après la digestion, les nutriments se trouvent encore dans la lumière du tube digestif.

2. Indiquer le sens de passage de ces molécules à travers la barrière intestinale.

Les nutriments passent de la lumière du tube digestif vers le milieu intérieur de l'organisme.

3. Quel système de distribution semble le plus adapté pour amener ensuite ces molécules aux cellules ? En déduire le devenir probable des molécules après absorption.

Les nutriments doivent ensuite être distribués à toutes les cellules de l'organisme. Le système circulatoire semble particulièrement adapté à ce rôle car il fait circuler le sang partout dans l'organisme. Après absorption, les molécules doivent donc sans doute passer dans le sang.



ACTIVITÉS

Activité 1 Mesurer les volumes liquidiens de l'organisme

1. Rappeler la relation générale liant la concentration d'une substance, le volume de solvant contenant cette substance et la masse ou la quantité de matière de cette même substance.

Notons C la concentration de la substance, V le volume de solvant, m la masse de la substance et n la quantité de matière de cette substance.

• Si on raisonne avec la masse : $C = m/V$; C est le plus souvent exprimée en g.L^{-1} .

• Si on raisonne avec la quantité de matière : $C = n/V$; C est le plus souvent exprimée en mol.L^{-1} .

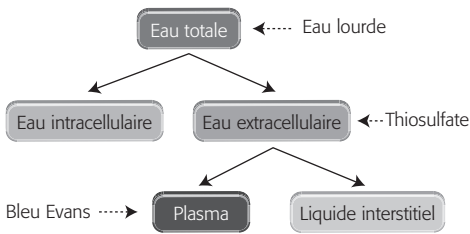
2. Indiquer pour chaque substance injectée le volume liquidien qu'elle permet de calculer.

L'eau lourde diffuse dans tous les compartiments ; elle permet donc de calculer le volume total d'eau dans l'organisme.

Le thiosulfate diffuse dans tous les compartiments sauf le compartiment intracellulaire ; il permet donc de calculer le volume du compartiment extracellulaire c'est-à-dire le volume de plasma plus le volume de liquide interstitiel.

Le bleu Evans diffuse uniquement dans le plasma ; il permet donc de calculer le volume plasmatique.

Ceci peut être résumé ainsi :



3. Calculer le volume total d’eau présent chez cet individu.

Pour calculer le volume total d’eau, il faut utiliser l’eau lourde. Cette dernière a été diluée 2 300 fois : elle se trouve dans un volume final 2 300 fois plus grand que le volume initial qui est de 20 millilitres. Le volume final est donc de $20 \times 2\,300 = 46\,000$ millilitres soit 46 litres.

Le volume total d’eau présent chez cet individu et donc de 46 litres.

4. Calculer la quantité de bleu Evans injectée à monsieur Water.

$C = n/V$ soit $n = C \times V$.

On a injecté un volume de bleu Evans de 1 cm^3 soit 1.10^{-3} litres à la concentration de 3 mol.L^{-1} . La quantité de matière est donc de $3 \times 1.10^{-3} = 3.10^{-3}$ moles de colorant.

5. Calculer le volume de plasma de monsieur Water.

Le bleu Evans injecté (3.10^{-3} moles) se répartit dans le plasma où il se retrouve à la concentration de $0,001\text{ mol.L}^{-1}$. Comme le volume plasmatique vaut $V = n/c$, le volume plasmatique vaut $V = 3.10^{-3}/0,001 = 3$ litres.

6. Calculer le volume de liquide interstitiel. On ne tiendra compte pour cela que des trois compartiments liquidiens principaux.

On peut calculer le volume du liquide extracellulaire grâce au thiosulfate :

$V = m/C$ soit ici $V = 1/0,047 = 21,3$ litres. Le liquide extracellulaire représente 21,3 litres, dont 3 litres de plasma (question 5). Le liquide interstitiel représente $21,3 - 3 = 18,3$ litres.

7. Déduire des résultats précédents le volume de liquide intracellulaire.

L’eau totale représente 46 litres et l’eau extracellulaire représente 21,3 litres. L’eau intracellulaire correspond donc à $46 - 21,3 = 24,7$ litres.

8. Indiquer le pourcentage par rapport à la masse corporelle que représente chacun des volumes déterminés.

En sachant que 1 litre d’eau pèse 1 kilogramme, on peut calculer les différents pourcentages par rapport à la masse corporelle qui est de 74 kilogrammes.

Volume liquidien	Calcul	Pourcentage
Eau totale	$(46/74) \times 100$	62,2 %
Volume plasmatique	$(3/74) \times 100$	4,1 %
Liquide interstitiel	$(18,3/74) \times 100$	24,7 %
Liquide intracellulaire	$(24,7/74) \times 100$	33,4 %

Activité 2 La muqueuse intestinale, une surface adaptée pour l’absorption

1. À partir de la donnée 1, calculer la surface qu’aurait le tube digestif s’il était assimilé à un cylindre (la surface d’un cylindre est donnée par la formule : surface = longueur \times diamètre $\times \pi$).

On applique la formule donnée :
 surface = longueur \times diamètre $\times \pi$
 avec longueur = 9 mètres et diamètre = 3 centimètres = 0,03 mètre.
 D’où une surface de $0,85\text{ m}^2$.

2. Indiquer si la valeur obtenue vous semble compatible avec une surface d'échanges.

Cette valeur est faible et donc peu adaptée pour une surface d'échanges.

3. Repérer sur la figure 1 les valvules conniventes, les villosités et les microvillosités intestinales.

- Les valvules conniventes correspondent au schéma 3 de la figure 1.
- Les villosités correspondent au schéma 4 de la figure 1.
- Les microvillosités correspondent au schéma 5 de la figure 1.

4. À l'aide de cette figure, indiquer pourquoi le tube digestif représente une surface d'échanges d'environ 250 m².

Les replis formés par les valvules conniventes, les villosités et les microvillosités augmentent la surface interne de la muqueuse digestive.

Activité 3 Extraire des données pour identifier la vascularisation digestive

À l'aide de ces différentes données, indiquer les noms des légendes 1 à 9 de la figure 2.

1 : Veine cave inférieure	6 : Citerne de Pecquet
2 : Veine sus-hépatique	7 : Ganglion lymphatique
3 : Veine porte hépatique	8 : Chylifères
4 : Canal thoracique	9 : artère mésentérique
5 : Artère hépatique	

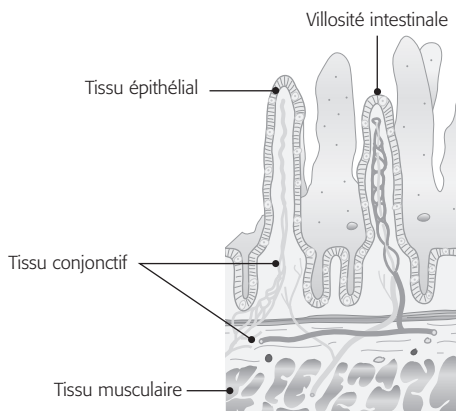
Activité 4 Observer la muqueuse intestinale au microscope optique

1. Réaliser un schéma de la coupe d'intestin grêle observée au microscope optique.

2. Identifier sur cette coupe les différents types de tissus constituant la paroi de l'intestin grêle (tissu conjonctif, tissu épithélial, tissu musculaire). Légender alors le schéma réalisé.

et 2.

On peut réaliser un schéma de ce type.



3. Indiquer la conséquence de la présence des microvillosités pour la surface intestinale.

Les microvillosités permettent d'augmenter la surface du pôle apical des cellules épithéliales, ce qui augmente la surface d'échanges.

4. Mettre cet effet en relation avec la fonction de la muqueuse digestive.

La surface d'échange entre contenu du tube digestif et milieu intérieur étant augmentée, les échanges se réaliseront de façon plus efficace.

Activité 5 Une visualisation du phénomène d'osmose

1. Calculer pour chaque tube la concentration en NaCl.

Pour chaque tube, le volume final est de 12 mL soit $12 \cdot 10^{-3}$ L.

La masse de NaCl apportée par chaque tube est de $27 \cdot V$ avec V = volume de solution de NaCl apportée (en litre).

La concentration en NaCl sera donc de $(27 \times V) / 12.10^{-3}$ en g.L^{-1} .



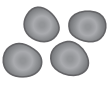
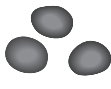



D'où les concentrations dans chaque tube :

Tube	0	1	2	3	4	5	6
Concentration (g.L^{-1})	0	2,25	4,5	6,75	9,00	11,25	13,50

2. Réaliser une observation microscopique du contenu de chaque tube.

3. Faire un schéma de chaque observation microscopique.

On peut observer les aspects suivants.

Tube	0	1	2
Schéma			
Tube	3	4	5
Schéma			
Tube	6		
Schéma			

4. Proposer une explication aux phénomènes observés dans cette expérience (donnée 5).

- Dans le tube 4, les hématies ont un aspect classique : la concentration dans le tube est équivalente à celle du plasma.
- Dans les tubes 3 et 2, la concentration diminue ; il y a entrée d'eau dans les hématies par osmose (leur cytoplasme est plus concentré que le milieu dans lequel elles baignent). Les hématies se gonflent d'eau et leur taille augmente légèrement.
- Dans les tubes 0 et 1, l'eau a tellement pénétré dans les hématies que celles-ci ont éclaté. Il reste donc dans le tube une solution d'hémoglobine (colorée en rouge).

• Dans les tubes 5 et 6, la concentration augmente ; il y a sortie d'eau des hématies par osmose (leur cytoplasme est moins concentré que le milieu dans lequel elles baignent). Les hématies perdent de l'eau et ont tendance à se recroqueviller sur elles-mêmes.

Activité 6 Analyser une expérience pour identifier le mécanisme de l'absorption du glucose

1. Indiquer l'intérêt de l'expérience 0.

L'expérience 0 est l'expérience témoin : sans glucose dans le liquide d'incubation, on ne retrouve pas de glucose dans les « sacs » d'intestin retourné.

2. Indiquer ce qu'apporte la comparaison des expériences 1, 2 et 3.

On comparant les expériences 1 et 2, on constate que la présence de NaCl permet une absorption du glucose, mais que la présence de KCl ne permet pas cette absorption. On peut donc dire que soit NaCl est nécessaire, soit KCl inhibe le transport du glucose.

L'expérience 3 permet de trancher entre ces deux hypothèses : en présence de choline et de NaCl, l'absorption du glucose est stoppée. Il y a donc nécessité du sodium pour le transport du glucose (la choline prend la place du sodium mais bloque le système du fait de sa taille importante).

3. Dédurre de l'expérience 4 une caractéristique du transport du glucose à travers la membrane des entérocytes.

En présence de dinitrophénol, donc en absence d'ATP, le transport du glucose est arrêté. On peut donc dire que le transport du glucose nécessite de l'ATP donc un apport d'énergie.

4. Justifier le terme de transport actif couplé au sodium qui est employé pour l'absorption intestinale du glucose.

Le transport intestinal du glucose est un transport actif, car il se réalise avec consommation d'énergie et il est couplé au sodium car sans sodium, le transport ne fonctionne pas.

Activité 7 La voie d'absorption des lipides

1. Donner les légendes correspondant aux numéros 1 à 6 de la figure 6.

1 : Microvillosité	4 : Appareil de Golgi
2 : Réticulum endoplasmique rugueux	5 : Vésicule (sans doute lipidique)
3 : Mitochondrie	6 : Noyau

2. Les organites 2 et 3 sont particulièrement abondants dans les entérocytes ; rappeler leurs rôles respectifs.

- Le réticulum endoplasmique rugueux permet la synthèse des protéines.
- Les mitochondries fournissent l'énergie (synthèse d'ATP).

3. Justifier l'abondance dans les entérocytes des organites 2 et 3.

Les entérocytes doivent fabriquer les apoprotéines en quantités importantes. Il faut donc beaucoup de réticulum endoplasmique rugueux (pour la synthèse de ces protéines) et de mitochondries (pour fournir l'énergie nécessaire pour cette synthèse).

4. Expliquer pourquoi la structure des lipoprotéines facilite le transport des lipides.

Dans les lipoprotéines, les lipides (hydrophobes) sont au centre et « protégés » de l'eau par les apoprotéines.

5. Rappeler la taille d'une hématie. À l'aide de la figure 5, calculer la taille d'un pore de la paroi des capillaires sanguins.

Une hématie mesure environ sept micromètres de diamètre pour deux micromètres d'épaisseur.

Sur la figure 5, l'hématie mesure environ 1,3 cm et le pore 1 mm ; il est donc 13 fois plus petit que l'hématie. Sa taille est donc d'environ $7 \mu\text{m}/13 = 0,5 \mu\text{m}$.

6. Justifier le passage des lipides par la voie lymphatique (et non sanguine) après absorption.

Les lipoprotéines, formées de lipides et de protéines, sont de très grosses structures. Elles ne peuvent pas passer par les pores des capillaires sanguins. En revanche, la taille des pores dans les capillaires lymphatiques permet leur entrée dans ces derniers.

7. En tenant compte de l'anatomie, indiquer l'avantage de la voie sanguine de prise en charge des nutriments après absorption, bien que les pores sanguins soient de plus faible diamètre que les pores lymphatiques. Après absorption par la voie sanguine, les nutriments sont directement dirigés vers le foie qui peut les stocker (cas des glucides) ou les métaboliser.

8. Préciser comment les lipides absorbés peuvent atteindre le foie.

Les lipides sont absorbés par la voie lymphatique. Ils passent par la citerne de Pecquet, le canal thoracique, et rejoignent la veine sous-clavière gauche (donc la circulation sanguine). Le sang les transporte ensuite vers le foie (passage par le demi-cœur droit, la petite circulation, le demi-cœur gauche et la grande circulation).

Activité 8 Savoir extraire des données d'un texte

1. Définir les termes suivants : symptôme, ballonnement, diarrhées, vomissement, enzyme.

- Un symptôme est une manifestation d'une pathologie.
- Un ballonnement est un gonflement de l'abdomen dû à des gaz présents dans le tube digestif.
- Une diarrhée est la présence de selles liquides et abondantes.
- Un vomissement est un rejet par la bouche du contenu gastrique.
- Une enzyme est un catalyseur biologique : substance qui permet d'accélérer une réaction chimique.

2. Distinguer l'intolérance au lait et l'intolérance au lactose ; préciser celle qui a une origine digestive.

- L'intolérance au lait est l'incapacité pour l'organisme de tolérer des quantités importantes de lait : des manifestations désagréables à graves apparaissent en cas d'ingestion de lait.
- L'intolérance au lactose est l'incapacité pour l'organisme de tolérer des quantités importantes de lactose, l'un des composants du lait. C'est l'intolérance au lactose qui a une origine digestive.

3. Citer les différentes causes de l'alactasie.

L'intolérance au lactose peut avoir trois causes :

- diminution de la production de lactase (enzyme hydrolysant le lactose) du fait de l'âge ;
- absence génétique de production de lactase ;
- altération de la muqueuse intestinale.

4. En se rappelant (chapitre 9) que la lactase est située sur la membrane apicale des cellules intestinales,

expliquer pourquoi une gastro-entérite peut conduire à une intolérance au lait.

En cas de gastro-entérite, les cellules de la paroi digestive sont abîmées du fait de l'inflammation. Elles ne fonctionnent plus correctement et synthétisent moins (voire pas du tout) de lactase. Cette diminution de production de lactase entraîne une plus faible digestion du lactose, d'où l'apparition de l'intolérance au lactose, et donc au lait.

5. Préciser l'intérêt d'une production importante de lactase au moment de la naissance.

La production de lactase doit être importante au moment de la naissance car l'alimentation est alors uniquement lactée.

6. Montrer, à l'aide d'un exemple, que des facteurs environnementaux peuvent agir sur le fonctionnement de l'organisme.

La donnée 2 indique que le maintien d'une part importante de lait dans l'alimentation peut retarder la diminution de la production de lactase. Un facteur environnemental (l'alimentation) peut donc avoir une influence sur le fonctionnement de l'organisme (la production de lactase).

Activité 9 Relier un processus physiologique à des symptômes

1. Analyser chacune de ces expériences pour en déduire les molécules échangées et le sens de passage de ces molécules.

- L'expérience 1 est l'expérience témoin : lorsqu'il y a de l'eau dans le boudin de dialyse, il n'y a aucune modification du boudin.
- Dans l'expérience 2, le volume du boudin augmente : il y a eu entrée d'eau.

- Dans l'expérience 3, le volume du boudin augmente davantage : il y a eu une entrée d'eau plus importante que dans l'expérience 2.
- Dans l'expérience 4, le volume du boudin ne change pas : les passages d'eau sont globalement nuls. En revanche, le glucose et le galactose peuvent sortir du boudin.
- Dans l'expérience 5, le volume du boudin ne change pas : les passages d'eau sont globalement nuls. Ni le lactose ni la lactase ne peuvent sortir du boudin.

2. Mettre en relation les résultats obtenus et les propriétés de la membrane de dialyse utilisée.

- Dans les expériences 2 et 3, l'intérieur du boudin est plus concentré que le milieu d'incubation. Le lactose ne pouvant pas sortir du boudin (masse molaire supérieure au seuil de coupure), c'est l'eau qui va s'échanger par osmose : elle va entrer dans le boudin, ce qui explique l'augmentation de volume observée. Le phénomène est plus prononcé dans l'expérience 3 car le boudin contient plus de lactose.
- Dans l'expérience 4, l'intérieur du boudin est initialement plus concentré que le milieu d'incubation. Mais le glucose et le galactose peuvent sortir du boudin (masses molaires inférieures au seuil de coupure) pour équilibrer les concentrations, et il n'y a presque pas de mouvement d'eau.
- Dans l'expérience 5, le lactose est hydrolysé en glucose et galactose par la lactase, ce qui ramène aux conditions expérimentales de l'expérience 4.

3. En assimilant le tube digestif à un boudin de dialyse, expliquer pourquoi un manque de lactase dans le tube digestif peut entraîner des diarrhées.

En l'absence de lactase, le lactose n'est pas hydrolysé et ne peut pas être

absorbé ; il reste donc dans la lumière du tube digestif. Cela correspond aux conditions de l'expérience 4. Il y a donc passage d'eau par osmose du milieu intérieur (entourant le tube digestif) vers le tube digestif dont le contenu se charge d'eau. Les selles deviennent donc liquides d'où les diarrhées.

Activité 10 Analyser des données scientifiques

1. Indiquer, lors d'un test de tolérance au lactose, la valeur de l'augmentation de la glycémie qui doit être observée en cas d'alactasie totale.

En cas d'alactasie totale, le lactose n'est pas du tout hydrolysé. Il n'y a donc pas de production de glucose et l'augmentation de la glycémie est nulle.

2. Expliquer pourquoi, chez une personne normale, il n'y a pas d'augmentation de la concentration d'hydrogène dans l'air expiré au niveau pulmonaire.

Chez une personne sans alactasie, le lactose est hydrolysé en glucose et galactose qui sont absorbés par l'organisme. Il ne reste donc pas de glucides dans le tube digestif, et les bactéries intestinales ne peuvent donc pas produire d'hydrogène.

3. Citer le test qui se rapproche le plus des conditions physiologiques de la digestion et de l'absorption.

Le test le plus proche des conditions physiologiques est le test de tolérance au lactose qui mesure la digestion du lactose puis l'absorption de l'un de ses produits de digestion.

4. Indiquer le résultat d'un test génétique en cas d'alactasie due à un ulcère.
En cas d'alactasie due à un ulcère, les entérocytes sont abîmés et produisent moins de lactase, mais leurs gènes fonctionnent normalement. Un test génétique (qui mesure le niveau d'activité des gènes) ne détectera donc pas ce type d'alactasie.

EXERCICES

Vrai ou faux

- a. Vrai.
- b. Vrai.
- c. Faux : un aliment trouvé dans l'estomac est dans le milieu extérieur à l'organisme.
- d. Faux : chaque villosité intestinale contient une artériole, une veinule et un capillaire lymphatique.
- e. Vrai.
- f. Faux : la lymphe correspond au liquide interstitiel lorsqu'il est canalisé.
- g. Vrai.
- h. Faux : la veine porte hépatique amène le sang de l'intestin vers le foie.
- i. Faux : les microvillosités intestinales sont situées au pôle apical des entérocytes.
- j. Vrai.
- k. Vrai.
- l. Vrai.

1 Reconnaître le milieu intérieur

1. Sur la partie A, mettre en relation les numéros de 1 à 12 avec les légendes suivantes : intestin, foie, rein, artère aorte, artère hépatique, artère mésentérique, artère rénale, veine porte hépatique, veine rénale, veine sus-hépatique, veine cave inférieure, vaisseau lymphatique.

5. Indiquer en le justifiant si la lactase de Madame Z. est fonctionnelle.
Après ingestion de lactose, la glycémie de Madame Z augmente. Il y a donc eu absorption de glucose, produit à partir du lactose ingéré. On peut donc dire que le lactose a été hydrolysé, ce qui signifie que la lactase de Madame Z est fonctionnelle.

1 : Veine cave inférieure	7 : Rein
2 : Veine sus-hépatique	8 : Artère aorte
3 : Foie	9 : Artère hépatique
4 : Veine porte hépatique	10 : Intestin
5 : Vaisseau lymphatique	11 : Artère mésentérique
6 : Veine rénale	12 : Artère rénale

2. Sur la partie B, mettre en relation les numéros 13 à 16 avec :
- le compartiment intracellulaire ;
- les différents liquides du compartiment extracellulaire en les nommant.

13 : Plasma	15 : Liquide intracellulaire
14 : Liquide interstitiel	16 : Lymphe

2 Le devenir d'un repas

1. Rappeler les produits obtenus par digestion de la pomme de terre et du beurre.

La digestion de la pomme de terre (donc de l'amidon) fournit comme produit final du glucose.

La digestion des acides gras fournit des acides gras car ces molécules sont déjà les constituants de base des lipides.

2. Indiquer précisément où se trouvent ces produits à la fin de la digestion.

À la fin de la digestion, ces produits se trouvent dans la lumière du tube digestif.

3. Définir l'absorption digestive.

L'absorption est le passage des nutriments depuis la lumière du tube digestif dans le milieu intérieur, par franchissement de la barrière intestinale.

4. Préciser quelles sont ces structures puis donner un titre au schéma ci-dessous qui représente l'une de ces structures ; indiquer le nom des légendes 1 à 5 de ce schéma.

Les structures permettant d'augmenter la surface du tube digestif sont des replis de la muqueuse. On distingue trois niveaux de replis suivant leur taille : les valvules conniventes, les villosités et les microvillosités (des plus grands aux plus petits).

• Titre du schéma : schéma d'une villosité intestinale

1 : Entérocyte	4 : Chylifère central
2 : Cellule sécrétrice	5 : Veinule
3 : Artériole	

5. Indiquer les couleurs conventionnelles à utiliser pour colorier les vaisseaux de ce schéma (légendes 3, 4 et 5).

- Le vaisseau 3 doit être colorié en rouge : sang hématosé.
- Le vaisseau 5 doit être colorié en bleu : sang non hématosé.

Il n'y a pas de couleur conventionnelle pour les vaisseaux lymphatiques (vaisseau 4).

6. Analyser cette expérience pour en déduire le lieu d'absorption des glucides.

Jusqu'à l'estomac compris, la quantité de glucide est équivalente à celle de l'alimentation : l'absorption des glucides n'a pas commencé.

Du duodénum jusqu'à l'iléon, la quantité de glucides dans le tube digestif diminue : les glucides sont absorbés.

Dans le côlon, la quantité de glucides est très faible et similaire à celle retrouvée dans les selles : il n'y a plus de variation, donc plus d'absorption.

On peut donc conclure que l'absorption des glucides se réalise au niveau de l'intestin grêle.

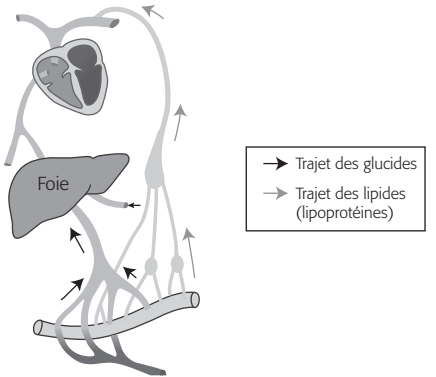
7. Indiquer comment se réalise l'entrée du glucose dans les entérocytes.

Le glucose entre dans les entérocytes grâce à un transport actif couplé au sodium : transport consommant de l'énergie et faisant également entrer en même temps du sodium.

8. Donner le nom des légendes a à m du schéma ci-dessous ; indiquer à l'aide de ce schéma le trajet suivi par les glucides après absorption.

a : Veine cave supérieure	g : Veine sous-clavière gauche
b : Veine cave inférieure	h : Canal thoracique
c : Cœur	i : Citerne de Pecquet
d : Veine sus-hépatique	j : Artère hépatique
e : Veine porte hépatique	k : Ganglion lymphatique
f : Intestin	l : Chylifère
	m : Artère mésentérique

Après absorption, les glucides passent par la voie sanguine : veine porte hépatique.



9. Indiquer comment se réalise cette pénétration, et la mettre en relation avec une propriété physico-chimique des lipides.

Les lipides ne nécessitent pas de transporteur pour pénétrer dans les entérocytes car les lipides sont lipophiles et que

la membrane des entérocytes est formée de lipides. La pénétration se réalise par simple diffusion.

10. Expliquer le devenir des lipides dans les entérocytes et justifier la nécessité de ce devenir particulier.

Dans les entérocytes, les lipides s'associent avec des protéines (les apoprotéines) pour former des lipoprotéines : structures comportant des lipides au centre et des protéines en périphérie. Ces structures sont nécessaires pour permettre le transport des lipides (qui sont hydrophobes) dans le milieu intérieur (qui est aqueux).

11. Indiquer le trajet suivi par les lipides après passage dans les entérocytes.

Après passage dans les entérocytes, les lipides passent par les chylifères, puis les ganglions lymphatiques, la citerne de Pecquet, le canal thoracique et rejoignent la circulation sanguine au niveau de la veine sous-clavière.

12. Analyser les résultats de ce tableau pour déduire l'un des rôles du foie.

La glycémie dans le vaisseau d (veine sus-hépatique) correspond au sang ressortant du foie.

La glycémie dans le vaisseau e (veine porte hépatique) correspond au sang arrivant au foie.

- En milieu d'après-midi, la glycémie est la même dans les deux vaisseaux.
- Après un repas, le sang arrivant au foie est chargé de glucides résultant de la digestion et de l'absorption intestinale. En revanche, après passage dans le foie, le sang possède une glycémie plus faible, comparable à celle observée durant l'après-midi. Le foie est donc capable de « retirer » du glucose en excès dans le sang.

• Le matin au réveil, l'organisme est à jeun et le sang arrivant au foie a une glycémie basse. Après passage du sang dans le foie, la glycémie est revenue à une valeur comparable à celle observée durant l'après-midi. Le foie peut donc « ajouter » du glucose dans le sang lorsque celui-ci en manque.

• Durant une course à pied, l'organisme consomme beaucoup de glucose, et la glycémie a tendance à diminuer. Le sang arrivant au foie a une glycémie basse. Après passage du sang dans le foie, la glycémie est revenue à une valeur proche de celle observée durant l'après-midi. Comme le matin au réveil, le foie peut donc « ajouter » du glucose dans le sang. On peut donc conclure que le foie peut « retirer » du glucose du sang si ce dernier en contient trop et il peut également en « ajouter » lorsque le sang en manque. Le foie permet donc de réguler la glycémie.

3 Un cas pathologique

1. Calculer le volume de plasma de Paul.

La relation entre la concentration de bleu Evans C, le volume plasmatique V et la masse de colorant m est la suivante : $C = m/V$ soit $V = m/C$.

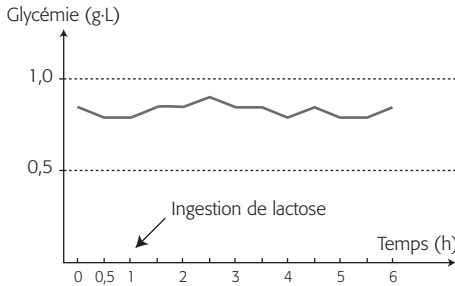
Ici, $m = 2,5$ grammes et $C = 900 \text{ mg.L}^{-1} = 0,9 \text{ g.L}^{-1}$. Donc $V = 2,5/0,9 = 2,78$ litres.

2. Définir le terme alactasie.

Une alactasie est une absence (totale, ou plus généralement partielle) de lactase, enzyme hydrolysant le lactose en glucose et galactose.

3. Tracer la courbe exprimant ces résultats.

On obtient la courbe suivante.



4. En déduire si Paul souffre d'alactasie.

On constate que la glycémie après ingestion de lactose ne varie pas (par rapport aux variations physiologiques normales). On en déduit qu'il n'y a pas eu d'entrée de glucose dans l'organisme après ingestion du lactose. Celui-ci n'a donc pas été hydrolysé (sinon, son hydrolyse aurait libéré du glucose qui aurait été absorbé,

provoquant une augmentation de la glycémie).

On peut donc déduire que Paul doit souffrir d'alactasie.

5. Faire la relation entre ces résultats et les diarrhées de Paul.

Lorsque Paul ingère du lait, le lactose de ce dernier n'est pas hydrolysé du fait de l'alactasie. Le lactose ne peut donc pas être absorbé et reste dans la lumière intestinale. La concentration du contenu intestinal est donc plus élevée que ce qu'elle est normalement, du fait de la présence du lactose. Il en résulte par osmose une rétention d'eau dans le tube digestif : les selles deviennent liquides, d'où l'apparition de diarrhées.

Ce phénomène se manifeste notamment après le petit-déjeuner qui (vu l'âge de Paul) comporte une part importante de lait. Les diarrhées apparaissent ainsi vers dix heures du matin.

11

Le sang : un témoin de l'homéostasie

DÉCOUVERTE : LE SANG, UN LIQUIDE BIOLOGIQUE ESSENTIEL À LA VIE

1. Rappeler ce qu'est le sang en le décrivant et en le localisant dans l'organisme.

Le sang est un liquide rouge qui circule dans les vaisseaux, il est vital ; en cas de rupture d'un vaisseau, il coagule.

2. Quels rôles attribuez-vous au sang ?

Depuis le chapitre 1 on sait que le sang intervient dans la nutrition des cellules des tissus, dans la fourniture de O_2 aux cellules, dans le transport des hormones...

3. Pourquoi le don de sang doit-il être sécurisé ? Donner un exemple de pathologie transmise par le sang.

Il y a eu des accidents de transfusion, par exemples des cas de transmissions de maladies au receveur à cause du sang d'un donneur contaminé. Il s'agit principalement de maladies virales (Sida, hépatites, etc.).

ACTIVITÉS

Activité 1 Les constituants du sang

1. Listez les constituants du sang.

Le sang comporte le plasma (phase liquide) et les cellules : hématies, leucocytes ainsi que des plaquettes.

2. La figure 1, tube 2, permet de visualiser trois fractions du sang. Légender cette figure et conclure sur l'importance relative de ces fractions.

Que peut-on déduire de la comparaison de couleur entre les tubes 1 et 2 ?

Après centrifugation on obtient : a = plasma b = leucocytes c = hématies. Le plasma est le constituant le plus abondant, puis viennent les hématies. Il y a très peu de leucocytes. Les hématies sont responsables de la couleur rouge du sang. La couleur rouge varie en fonction

des contacts avec l'air (oxygénation) : couleur rouge vif si le sang est oxygéné, rouge sombre s'il ne l'est pas.

3. Observer la figure 2 et décrire les éléments figurés du sang (cellules et fragments de cellules). Estimer les tailles relatives de ces constituants de nature cellulaire.

On observe :

- les hématies, cellules en forme de disque comportant une dépression centrale ;
- de rares leucocytes : ils sont de taille équivalente à celle des hématies, plutôt sphériques, avec une membrane irrégulière (aspect irrégulier, présence de villosités).
- des plaquettes, éléments cellulaires de très petite taille ($2/3 \mu m$) et souvent en amas (colorés en bleu).

Activité 2 La coagulation du sang

1. Décrire le résultat de la coagulation du sang observé en cas de prélèvement sur un tube sec en vous aidant de la figure 4.

La coagulation se traduit par la formation d'un caillot rouge sombre emprisonnant les hématies et l'expulsion de sérum, un liquide de composition très proche de celle du plasma.

2. Citer les constituants du sang impliqués dans la coagulation. Quelle distinction doit-on faire entre plasma et sérum ? Identifier un constituant plasmatique déficient dans le sérum.

La coagulation met en jeu les plaquettes (dénombrées avant une intervention chirurgicale pour évaluer les capacités du sang du malade à coaguler) et le fibrinogène du plasma. Plasma (phase liquide du sang) et sérum (expulsé par le caillot) ne diffèrent que par le fibrinogène, absent du sérum puisqu'il a polymérisé pour former le réseau de fibrine qui emprisonne les globules.

3. Rechercher la signification du terme « hémostasie » et donner son importance physiologique.

Hémostase : hém = racine signifiant *sang* + stase, suffixe signifiant *arrêt* ou *stable*. Ici, il signifie *arrêt du saignement*. L'hémostase est essentielle pour arrêter les hémorragies en rendant le sang solide (caillot). Le caillot adhère aux parois du vaisseau lésé et obture la lésion vasculaire (donnée 2).

Activité 3 Identifier le rôle des constituants du sang

Déduire de cet extrait les principaux rôles du sang.

Les hématies transportent l'oxygène vers les cellules et permettent à ces der-

nières de produire l'énergie nécessaire à leur activité (important pour le muscle en particulier). Le sang intervient dans la défense de l'organisme (en particulier les anticorps du plasma). Les plaquettes interviennent dans la lutte contre les hémorragies.

Activité 4 Découverte de l'hélogramme

1. Trouver le sens des racines et des termes médicaux figurant dans les données :

- racines : érythr(o), hémat(o), hém(o), leuc(o), thromb(o) ;

- termes médicaux : anémie, érythropénie, hématologie, hélogramme, hémopathie, leucocytose, hyperleucocytose, leucopénie, polyglobulie, thrombocytose et thrombopénie.

On peut se référer à un dictionnaire médical ou utiliser Internet, par exemple le site <http://georges.dolisi.free.fr/>.

Pas de corrigé type. On peut également se référer au lexique du livre élève.

2. À partir de la donnée 1, lister les éléments figurés du sang en les classant en fonction de leur importance quantitative.

Liste des éléments figurés du sang classés selon leur importance quantitative (concentration cellulaire) : hématies, plaquettes, leucocytes dont polynucléaires neutrophiles, lymphocytes, monocytes, polynucléaires éosinophiles, polynucléaires basophiles.

3. Analyser la fiche de résultats. En vous appuyant sur la donnée 2, conclure sur l'existence d'une hémopathie chez M. Le Goad.

L'analyse ne révèle aucune anomalie importante, seulement une teneur un peu faible ou limite en plaquettes. On peut conclure à l'absence d'hémopathie.

Activité 5 Exploration de la fonction érythrocytaire

1. Déterminer les valeurs de l'hématocrite pour les individus 1 et 2 (figure 5). Sachant que les résultats correspondent à des valeurs normales, expliquer les différences constatées.

Hématocrites : 0,41 (ou 41 %) pour l'individu 1 et 0,48 (ou 48 %) pour l'individu 2.

2. L'hématocrite est plus faible chez la femme (individu 1) que chez l'homme (individu 2).

2. Comment expliquer que le médecin se réfère à la concentration de l'hémoglobine du sang plutôt qu'à la concentration des hématies du sang pour décider d'une transfusion ?

La transfusion est nécessaire quand le sang du malade ne transporte pas assez de dioxygène pour la respiration cellulaire. C'est donc le critère quantité de transporteur (quantité d'hémoglobine) qui est pris en compte.

3. À partir de la donnée 3 et en vous aidant des données 1 et 2 de l'activité 4, identifier le type de pathologie dont souffre Mme Mude. Justifier la réponse.

L'analyse ne révèle aucune anomalie importante, seulement une teneur un peu faible ou limite en plaquettes.

4. Observer les hématies de la figure 6 dont le cytoplasme a été coloré. Comment expliquer la plage claire au centre des cellules ? Identifier les anomalies des hématies de Mme Mude (figure 7). Ces anomalies sont-elles en accord avec les résultats de l'hélogramme (donnée 3) ?

N.B. Ne pas tenir compte des nuances de couleur rose/rouge liées à la technique de coloration.

Mme Mude est anémiée : teneur en hémoglobine inférieure à 11,5 g/dL.

Plage claire : l'hémoglobine est responsable de la coloration des hématies : celles-ci ont une forme de disque évidé en son centre, d'où une plus faible épaisseur d'hémoglobine au centre. On observe de très grandes plages claires dans les hématies de Mme Mude, et un déficit d'hémoglobine constaté à la lecture des résultats d'analyse de sang chez Mme Mude (seul critère valable pour justifier l'anémie).

5. Mme Mude retrouve la santé et une activité normale après quelques mois de traitement médicamenteux à base de fer. Expliquer la réussite de ce traitement et la disparition des symptômes de la maladie qui l'avait conduite à consulter.

Le manque de fer, micronutriment à l'origine de l'anémie, entraîne un déficit de synthèse de l'hémoglobine. Il est corrigé par une supplémentation en fer dans l'alimentation. Les symptômes : (teint pâle, et surtout essoufflement lors d'un exercice physique), sont dus à un manque de capacité de transport d'O₂ par le sang.

6. Expliquer l'intérêt d'un dopage par autotransfusion ou par utilisation d'EPO. Les cyclistes ne peuvent prendre part aux grandes courses que si leur hématocrite ne dépasse pas une valeur seuil (50 % pour les hommes et 47 % pour les femmes). Expliquer l'intérêt de cette mesure.

En cas de dopage par autotransfusion, l'individu ajoute des hématies dans son système circulatoire : il possède donc plus d'hémoglobine et plus de capacité

de transport d'O₂, d'où une plus grande capacité d'effort musculaire. De même, l'EPO stimule la production d'hématies et leur libération dans le sang. L'Hématocrite, naturellement inférieur à 50 %, permet de déceler une teneur anormale en hématies et indirectement le dopage.

Activité 6 Identification des leucocytes sur un frottis sanguin

1. Indiquer des critères simples pour identifier hématies, leucocytes et thrombocytes.

Critères simples pour identifier les éléments figurés du sang : hématies : pas de noyau, par ailleurs, elles sont très abondantes et toutes identiques. Leucocytes : noyau bien apparent, divers types. Plaquettes : petites dimensions, fragments cellulaires.

2. Repérer un granulocyte neutrophile sur le frottis et le décrire : dimensions, forme, aspect du cytoplasme et du noyau. Justifier sa dénomination de « neutrophile ». Pour quelle raison appelle-t-on indifféremment des cellules « polynucléaires » ou « granulocytes » ? Évaluer l'importance quantitative de ce type de cellules par rapport aux autres leucocytes.

Repérage granulocyte neutrophile : plus grand que l'hématie, de forme sphérique, son noyau comporte plusieurs lobes, le cytoplasme granuleux couleur violet. Neutrophile : affinité pour les colorants à la fois acides et basiques. Granulocyte parce que le cytoplasme est granuleux, polynucléaire parce que l'aspect du noyau, pluri-lobé, donne l'impression qu'il en existe plusieurs. Les PN sont nettement majoritaires dans une formule leucocytaire d'individu en bonne santé.

3. Repérer un monocyte et un lymphocyte sur le frottis, et décrire leurs caractéristiques cytologiques.

Le lymphocyte possède un gros noyau par rapport à la cellule, il y a peu de cytoplasme qui paraît homogène. Le monocyte est une grosse cellule au noyau de forme caractéristique (souvent réniforme).

4. Rechercher un granulocyte éosinophile et un granulocyte basophile Justifier leur dénomination. Il est possible que vous ayez des difficultés à en trouver, en particulier des basophiles. Que pouvez-vous en conclure ?

Éosinophile : affinité pour les colorants acide (éosine) et basophile : fixe les colorants alcalins (basiques). Si on n'en trouve pas, c'est parce qu'il y en a très peu. Ils peuvent ne pas être présents sur la zone du frottis explorée, ou ne pas être observés pour un ensemble de 200 leucocytes comptés. On ne peut parler d'anomalie pour autant.

Activité 7 La formule leucocytaire

1. Déterminer la formule leucocytaire de Mme Arzul à partir des résultats fournis puis la comparer aux valeurs de référence. Que peut-on en conclure ?

Formule leucocytaire Arzul. Leucocytes totaux : 5 300 par μL

Cellule	Nombre pour 200 cellules	%	Nbre/ μL sang
Polynucléaires neutrophiles	116	58	3 074
Polynucléaires éosinophiles	7	3,5	186
Polynucléaires basophiles	1	0,5	26
Lymphocytes	60	30	1 590
Monocytes	16	8	424

© Editions Foucher

On peut conclure que la formule leucocytaire est dans les limites des références et ne présente pas d'anomalie.

2. Que révèle la formule leucocytaire de Mme Bouellou ?

La formule leucocytaire de Mme Bouellou révèle une hyperleucocytose avec neutrophilie (accroissement des neutrophiles entraînant un taux élevé de leucocytes).

3. Le médecin diagnostique une appendicite aiguë et l'adresse au chirurgien. Après appendicectomie, l'examen du pus présent dans l'appendice montre de très nombreux polynucléaires neutrophiles et des bactéries. Certains neutrophiles sont au contact des bactéries, d'autres sont lésés ou morts. Que peut-on en déduire concernant le rôle des neutrophiles ? Comment expliquer le résultat de la NFS ?

Les granulocytes neutrophiles interviennent dans la lutte contre les infections bactériennes (ils jouent un rôle dans la destruction des bactéries).

Neutrophilie : augmentation de la libération de neutrophiles dans le sang. Ils transitent par le sang pour rejoindre le foyer infectieux (ici la région de l'appendice).

4. Analyser le résultat de formule leucocytaire de M. Poullkalon.

M. Poullkalon présente une éosinophilie.

5. Plusieurs examens visant à identifier l'origine de ses douleurs gastriques n'ont jusque-là pas donné de résultat. Dès réception de la NFS, son médecin lui prescrit un traitement antiparasitaire (antihelminthes = vermifuge) qui fait rapidement disparaître troubles et revenir la NFS dans les valeurs normales. En déduire l'inté-

rêt de la NFS et identifier le rôle des polynucléaires éosinophiles.

Intérêt de la NFS : ici, détecter une parasitose. Plus généralement, les diverses agressions subies par l'organisme entraînent une réaction de défense se traduisant par une modification de la formule leucocytaire. Les granulocytes éosinophiles interviennent dans la lutte contre les parasites, ici des vers parasites.

Activité 8 Les leucocytes *in situ*

1. Décrire les leucocytes présents sur la figure 9.

Les leucocytes sont des cellules d'aspect plutôt sphériques, présentant de multiples évaginations membranaires, sorte de replis membranaires en surface. Les monocytes sont plus gros que les lymphocytes.

2. Comment expliquer la présence des différents leucocytes au niveau de la plaie ?

La présence des leucocytes au niveau d'une plaie peut s'expliquer par leur arrivée sur un lieu confronté à un début d'infection.

Activité 9 Ionogramme et bilan biochimique sanguin

1. Définir les termes médicaux en gras dans la donnée 1. En déduire la signification du suffixe « émie ». Quand peut-on utiliser les termes : hyponatrémie, hypophosphatémie, hypercalcémie, hyperkaliémie ?

Termes médicaux : voir lexique (le suffixe -émie indique un paramètre en rapport avec le sang).

2. Analyser l'ionogramme de Mme Poan. Révèle-t-il une anomalie ? Construire un tableau ordonnant les cations et anions du plasma en fonction de leur concentration. Conclure sur leur importance respective.

Ionogramme normal

Cation	Concentration mmol.L ⁻¹
Sodium	136,6
Magnésium	22
Potassium	3,8
Calcium	2,2
Chlorures	100
Hydrogénocarbonates	27
Phosphates	1,4

Les principaux ions du plasma sont Na⁺ et Cl⁻. D'autres ions, comme le calcium, le potassium et les phosphates sont présents mais très minoritaires.

3. Additionner les concentrations molaires des ions de l'ionogramme et évaluer leur place dans l'osmolarité du plasma. Que peut-on en conclure ?

Total des ions dosés : 292,4 mmol.L⁻¹. Donc les ions sont presque à eux-seuls responsables de la pression osmotique du plasma.

4. Justifier l'utilisation possible de l'eau physiologique, solution de NaCl à 9 g.L⁻¹, contenant donc 154 mmol.L⁻¹ d'ions Na⁺ et autant d'ions Cl⁻, au contact de tissus ou en injection.

L'eau physiologique a une concentration en ions de 308 mmol.L⁻¹, soit une pression osmotique équivalente à celle du plasma (elle est dite isotonique), et elle comporte les ions nettement prédominants dans le plasma (Na⁺ et Cl⁻). On pourra l'utiliser au contact des tissus sans qu'elle perturbe les échanges d'eau.

5. L'homéostasie se traduit par la constance du milieu intérieur, milieu avec lequel les cellules échangent. Justifier l'utilisation de l'ionogramme comme témoin de l'homéostasie.

L'ionogramme permet de vérifier la composition ionique, donc la composition minérale du liquide extracellulaire avec lequel les cellules échangent. Une perturbation de l'une de ces concentrations, variation de moins de $\pm 5\%$, est considérée comme anormale et perturbe le fonctionnement des cellules.

Activité 10 Explorations

des différentes fonctions grâce au bilan sanguin

1. Identifier deux types de rôles du plasma à partir de la donnée 1.

La nutrition (apport glucose aux cellules) et l'excrétion (transferts des déchets vers le rein).

2. Que peut-on déduire de l'analyse de l'électrophorégramme en ce qui concerne les protéines du sérum ? Donner une caractéristique essentielle des protéines, expliquant que, malgré leur importance massive, elles ne représentent qu'une très faible part de la pression osmotique du plasma.

Analyse de l'électrophorégramme : il montre une diversité des protéines. Les albumines, qui migrent le plus loin, sont majoritaires. Les globulines migrent moins loin (ce sont de plus grosses molécules) et comportent au moins quatre sous populations.

Les protéines sont des polymères de très grande masse molaire. Elles représentent donc une faible concentration molaire et une faible pression osmotique.

3. Donner la signification du suffixe « urie » et rechercher la définition de diurèse.

« urie » : en lien avec l'urine, diurèse : production d'urine sur une journée.

Activité 11 Explorations du métabolisme lipidique

1. Définir le terme « sidérémie » et situer son intérêt dans un bilan sanguin. Pourquoi le médecin prescrit-il généralement ce dosage en association avec celui de la ferritine ?

Sidérémie : teneur en fer du plasma. Sa détermination permet de connaître la concentration en fer disponible pour la production d'hémoglobine, donc d'hématies. Le dosage de la ferritine permet d'apprécier les réserves en fer de l'organisme. Ces deux paramètres permettent d'apprécier le risque d'anémie.

2. En utilisant une propriété caractéristique des lipides, expliquer la difficulté de leur transport et la lactescence du plasma après un repas riche en lipides.

Les lipides sont hydrophobes, ils repoussent l'eau et sont donc difficilement transportés par le plasma. Après un repas riche en graisses, la lactescence est en rapport avec l'abondance des lipides (triglycérides) transportés dans le plasma après absorption intestinale.

3. À propos d'un bilan lipidique, il est courant d'utiliser les termes de « bon » et de « mauvais » cholestérol. À quelles données du bilan s'appliquent ces termes ? Indiquer

l'intérêt de connaître le rapport cholestérol/HDL. Justifier.

- « Bon cholestérol » : il est transporté dans le sang en direction du foie pour être excrété dans la bile

- « Mauvais cholestérol » : il est transporté dans le sang en direction des cellules ; le problème vient d'un excès de cette forme de cholestérol.

Le cholestérol total (cholestérolémie) rend compte du total du cholestérol plasmatique (bon et mauvais). Les HDL transportent le cholestérol vers la bile et correspondent au « bon cholestérol ». Si le rapport Cholestérol/HDL est élevé, il y a peu de bon cholestérol et beaucoup de mauvais. Ce rapport est intéressant pour évaluer le risque cardio-vasculaire.

4. Justifier le constat et les conseils formulés par le médecin de Mme Le Goff. Pourquoi est-il important de lutter contre l'hypercholestérolémie bien avant l'apparition des troubles ?

Le médecin repère une concentration légèrement élevée en cholestérol total, sans qu'il y ait de risque majeur puisque le rapport Cholestérol/HDL reste nettement inférieur à 4,5. Il apprécie aussi le risque en fonction du patient, de son âge notamment. Les conseils alimentaires sont destinés à éviter l'accroissement de la cholestérolémie, en particulier de sa fraction LDL.

Il est souhaitable de lutter contre l'hypercholestérolémie bien avant l'apparition des troubles car le cholestérol en excès s'accumule dans les plaques d'athérome durant des dizaines d'années sans que les troubles se manifestent. Ces troubles sont particulièrement graves (infarctus, etc.).

EXERCICES

QCM

1. Le sang : réponses exactes à sélectionner : b, d, e.

a : le sang représente plus de 5 % de la masse corporelle (environ 8 %).

c : le sang est un tissu liquide comportant des cellules en suspension dans le plasma.

2. Les hématies : réponses exactes à sélectionner : b, c.

a : les hématies ont plusieurs appellations (érythrocytes, globules rouges), mais pas « microcytes »

d : les hématies sont produites par la moelle osseuse et détruites principalement par la rate.

e : la durée de vie des hématies est d'environ 4 mois.

3. Les leucocytes : réponses exactes à sélectionner : a, d.

b : les leucocytes sont très minoritaires dans le sang (environ 1 millième du volume sanguin).

c : les leucocytes n'interviennent pas dans la lutte contre les hémorragies.

e : sont éliminés du sang collecté, leur rôle dans la défense de l'organisme ne peut bénéficier au receveur.

4. La formule leucocytaire : réponses exactes à sélectionner : a, c, d.

b : la liste des leucocyte n'est pas organisée selon leur importance quantitative.

e : varie selon les individus et en particulier selon leur besoins pour la défense de l'organisme.

5. Le plasma : réponses exactes à sélectionner : b, c.

a : le sérum est du plasma qui a coagulé, sa composition est proche du plasma mais il manque une protéine, le fibrinogène.

d : le cation principal du plasma est le sodium (Na^+), K^+ est un cation intracellulaire.

e : le cholestérol est un lipide et ne peut être dissous dans le plasma riche en eau, il y circule sous forme de lipoprotéines.

1 Vocabulaire

Donner le terme technique correspondant aux définitions ou aux situations suivantes.

a. Anémie : concentration d'hémoglobine dans le sang inférieure à la normale.

b. NFS ou hémogramme : analyse de sang portant sur les cellules : hématies, divers leucocytes, thrombocytes.

c. Hypoprotéïnémie : concentration de protéines dans le plasma inférieure à la normale.

d. Hyperkaliémie : concentration de potassium dans le plasma supérieure à la valeur de référence.

e. Hyposidérémie : concentration de Po dans le plasma inférieure à la valeur de référence.

f. Natriurie : concentration en sodium de l'urine.

g. Leucopénie : concentration des leucocytes inférieure à la valeur de référence (moins de 1 000 leucocytes par μL de sang).

h. Hypercholestérolémie : excès de cholestérol dans le sang (par exemple 4 g de cholestérol par litre de sérum).

i. Polyglobulie : augmentation de la masse des hématies dans le sang, elle contribue à augmenter l'hématocrite (par exemple, hématocrite de 60 %).

j. Acidose : pH du sang trop acide (le pH normal est de 7,4).

2 Analyse d'hémogramme

1. M. Klaon souffre-t-il d'anémie ? Justifier votre réponse. Préciser le rôle de l'hémoglobine.

M. Klaon souffre d'anémie puisque son taux d'hémoglobine sanguin est inférieur à 13 g/dL. C'est une anémie légère (teneur proche du seuil de référence), on remarquera que le nombre d'hématies est élevé/références.

L'hémoglobine a pour rôle principal le transport du dioxygène dans le sang (entre les poumons et les tissus).

2. Définir l'hématocrite et commenter sa valeur en lien avec la concentration des hématies et le volume globulaire moyen.

L'hématocrite est le rapport Volume hématies / Volume sang. Sa valeur est abaissée chez M. Klaon et inférieure à la référence (homme). On constate que le nombre d'hématies est élevé mais elles sont de petite taille, d'où le faible volume qu'elles occupent dans le sang.

3. Définir l'hémolyse. L'hémolyse a-t-elle des conséquences sur les résultats du bilan sanguin ?

L'hémolyse correspond à la lyse des hématies (rupture de la membrane des cellules). L'hémolyse pourrait se traduire par une réduction de la concentration des hématies dans le sang (érythropénie). Pour M. Klaon ce n'est pas le cas, la moelle osseuse produit des hématies en quantité suffisante pour compenser l'hémolyse, par contre elles sont de plus petite taille et moins chargées en hémoglobine.

4. Décrire les thrombocytes et donner leur rôle.

Les thrombocytes sont des fragments de cellules de quelques micromètres de diamètre. Ils interviennent dans l'hémostase c'est-à-dire la lutte contre les

hémorragies et en particulier dans la formation du caillot sanguin.

5. Donner le rôle des leucocytes.

Les leucocytes sont des cellules spécialisées dans la défense de l'organisme, ils sont véhiculés par le sang et agissent dans les tissus.

3 Frottis sanguin et infection bactérienne

1. Identifier les différents éléments figurés du sang visibles sur ce frottis et donner leurs principales caractéristiques. Ce champ microscopique est-il en accord avec le résultat de la formule leucocytaire ? Justifier.

Les éléments figurés sont des cellules ou des fragments de cellules. On distingue figure 1 :

- des hématies, petites cellules sans noyau ;
- des polynucléaires neutrophiles ou granulocytes neutrophiles, leucocytes dont le noyau, de couleur violet foncé, est plurilobé et le cytoplasme, également violacé, est granuleux.

Remarque : on aperçoit des plaquettes sanguines (thrombocytes) : très petits éléments de couleur violet foncé.

Les polynucléaires neutrophiles sont nettement majoritaires au sein des leucocytes, il est logique de les voir en plus grand nombre sur le frottis.

2. Analyser les résultats fournis par le laboratoire et exprimer les anomalies constatées avec les termes médicaux adaptés.

Les résultats d'analyse révèlent une hyperleucytose (plus de 10 000 leucocytes par μL) et une neutrophilie (plus de 7 000 P.N. par μL)

3. Le médecin diagnostique une angine bactérienne aiguë. Établir un

lien logique entre cette pathologie et les résultats de le NFS.

Le médecin diagnostique une infection bactérienne aiguë. Il est logique d'avoir un bilan leucocytaire avec accroissement des P.N., ces leucocytes intervenant dans les premières phases de la lutte contre les infections bactériennes.

4 Bilan sanguin et suivi de traitement

1. Indiquer les prélèvements sur lesquels sont réalisés les deux types d'examens, NFS et biochimie.

La NFS est réalisée sur un prélèvement de sang (sang veineux prélevé au niveau du bras en général). Les examens biochimiques portent sur le plasma ou le sérum, mais pas sur le sang complet. Ici la biochimie est faite sur du plasma puisqu'il y a un dosage de fibrinogène.

2. Commenter les résultats de la NFS en utilisant les termes médicaux appropriés.

La NFS montre un abaissement de tous les paramètres. Ainsi M.X. est anémié (moins de 12,5 g/dL d'hémoglobine) et souffre d'érythropénie (moins de 4×10^{12} hématies/L). Il a également trop peu de plaquettes – thrombopénie – et de leucocytes – leucopénie.

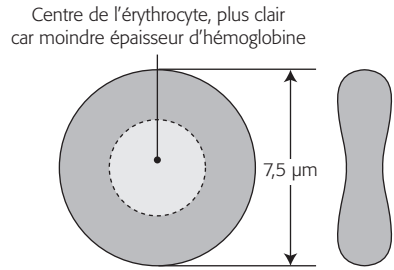
Ce type de troubles est en lien avec le traitement anticancéreux qui empêche la reproduction des cellules précurseur des hématies.

3. Identifier les constituants du sang visibles sur ce cliché.

On aperçoit des érythrocytes et des thrombocytes, aucun leucocyte n'est visible sur la figure 2.

4. Réaliser un schéma annoté des cellules visibles sur la figure 2 en les représentant de face et de profil.

Les érythrocytes sont des cellules sans noyau.



5. Préciser le rôle de ces cellules.

Les hématies sont responsables du transport du dioxygène par le sang. Leur cytoplasme est chargé en hémoglobine, une protéine de couleur rouge qui fixe réversiblement O_2 et assure son transport vers les cellules.

6. Indiquer le tissu à l'origine des anomalies sanguines observées chez M. X. Quel serait l'effet de l'EPO sur ce tissu ?

C'est la moelle osseuse qui produit les cellules sanguines, l'EPO stimule la production des érythrocytes et leur libération dans le sang.

7. Expliquer l'effet attendu du traitement par l'EPO sur l'asthénie.

L'état d'asthénie ou fatigue peut être amélioré par un meilleur approvisionnement des cellules en O_2 , celles du muscle en particulier. Le dioxygène est nécessaire à la respiration cellulaire et donc à la production d'énergie pour l'activité cellulaire.

8. Les règles de vie que s'impose M. X. vous paraissent-elles justifiées par les résultats de sa NFS ? Justifier votre réponse.

M. X. prend des mesures d'hygiène en évitant le contact avec les malades et les lieux fréquentés par le public, il limite ainsi les risques de contamination par des agents pathogènes. Ceci est justifié par la leucopénie, un déficit en leucocytes entraîne des défenses anti-infectieuses moins efficaces.

M. X. prend également des précautions vis-à-vis du risque de coupure et d'égratignure de la peau (gants de protection et absence de rasoir à lames notamment), ceci s'explique par la thrombopénie. Les plaquettes, en quantité insuffisante chez lui, assurent la défense contre les hémorragies.

9. Indiquer les termes correspondant à la concentration plasmatique en Na^+ , K^+ , Cl^- , protéines.

Teneur plasmatique en Na^+ = natrémie, en K^+ = kaliémie, en Cl^- = chlorémie, protéines = protéinémie.

10. Citer trois fonctions du sang en rapport avec les constituants du plasma (tableau II). Pour chacune d'entre elles, identifier un constituant qui y correspond.

Trois fonction du sang assurées par le plasma :

- nutrition des cellules : le glucose est la principale source d'énergie des cellules ;
- excrétion : l'urée est le principal déchet azoté de l'organisme ; l'urée transite par le plasma avant d'être éliminée dans l'urine par le rein ;
- lutte contre les hémorragies : le fibrinogène permet la formation du caillot qui obstrue la lésion vasculaire à l'origine de l'écoulement du sang.

On pourrait aussi citer l'homéostasie ionique (natrémie, kaliémie), de nombreuses fonctions spécifiques (transport, régulation, etc.) liées aux protéines plasmatiques.

11. Le sang est un témoin de l'homéostasie. Définir l'homéostasie et justifier l'affirmation à l'aide d'un exemple.

L'homéostasie se définit comme étant la constance du milieu intérieur, milieu de vie des cellules qui est renouvelé grâce au sang. Elle se traduit par de faibles variations de valeur des paramètres de

composition du plasma (voir variations autorisées de la natrémie, de la kaliémie, de la glycémie dans le tableau II). On peut admettre que ces paramètres chimiques, mais aussi la température, le pH, sont maintenus constant grâce à la circulation sanguine.

6 Allergie – Dépistage par des analyses de sang

1. La teneur en protéines sériques est normale (70 g.L^{-1}). Définir plasma et sérum. Pourquoi le sérum est-il moins concentré en protéines que le plasma ?

Le plasma est la phase liquide du sang, le liquide dans lequel baignent les cellules. Après coagulation du sang, le caillot expulse le sérum, un liquide proche mais différent du plasma. Le sérum est un peu moins riche en protéines que le plasma puisqu'il ne contient pas de fibrinogène, la protéine responsable de la formation du caillot.

2. Indiquer la particularité des molécules de protéines par rapport aux autres constituants du sérum. Citer quatre rôles assurés par ces protéines.

Les protéines sont des polymères ou macromolécules, ce sont donc de très grosses molécules. Les protéines ont des fonctions spécifiques comme :

- le transport de constituants plasmatiques : cas des protéines transporteuses du fer, des hormones, des lipides...
- la défense de l'organisme : cas des anticorps ;
- la régulation du fonctionnement des cellules : cas des hormones de nature protéique...

3. La figure 3 (B) rend compte des résultats de l'électrophorégramme de M. B., que l'on peut comparer à un électrophorégramme normal (A).

Préciser à quelles catégories de protéines appartiennent les pics repérés sur les tracés. Repérer l'anomalie sur l'électrophorégramme de M. B.

L'électrophorégramme permet de fractionner et de repérer les diverses catégories de protéines plasmatiques :

1 = albumine / 2 = alpha globulines / 3 bêta globulines / 4 Gammaglobulines ou anticorps.

M. B. présente un pic de γ globuline anormal, certaines γ globulines sont donc en quantité nettement trop importante.

4. Le médecin diagnostique une allergie alimentaire. Le système immunitaire réagit de façon trop importante contre un antigène normalement inoffensif. Le diagnostic est confirmé par l'analyse de la formule leucocytaire de M. B. dont un extrait figure ci-dessous.

Cellules	Valeur	référence
Leucocytes/ μ L	6 000	4 000 à 10 000
Polynucléaires neutrophiles/ μ L	3 000	1 500 à 7 000
P.éosinophiles/ μ L	900	100 à 400
P.basophiles/ μ L	50	< 100

Définir la formule leucocytaire. Quelles sont les données qui manquent à l'extrait fourni ? Comment expliquer l'appellation « polynucléaire » attribué à certains leucocytes ?

La formule leucocytaire comprend le résultat du dénombrement des leucocytes du sang : nombre total par unité de volume (ici le μ L) et résultat pour chaque catégorie de leucocytes (dénombrement et pourcentage).

Il manque les résultats pour les lymphocytes et les monocytes.

Les polynucléaires présentent un noyau irrégulier, comportant plusieurs lobes.

5. Préciser le rôle des leucocytes figurant dans le tableau. Pourquoi la formule leucocytaire conforte-t-elle le diagnostic ?

Principaux rôles des leucocytes :

-les polynucléaires neutrophiles interviennent dans la lutte contre les infections bactériennes ;

-les polynucléaires éosinophiles interviennent dans la lutte contre les parasites, mais leur nombre est aussi accru dans des cas d'allergie ;

-les basophiles ont également un rôle dans les allergies.

On constate une augmentation des polynucléaires éosinophiles qui peut être en lien avec une allergie alimentaire.

12

Un exemple d'homéostasie : la régulation de la glycémie

DÉCOUVERTE : L'IMPORTANCE DU PETIT DÉJEUNER

1. À quelle cause attribue-t-on souvent le manque de concentration et la sensation intense de fatigue qui surviennent souvent dans la matinée, en absence de prise de petit déjeuner ?

La cause souvent évoquée est l'hypoglycémie.

2. Comment expliquer que certaines personnes, bien que ne prenant pas de petit-déjeuner, ont une glycémie normale et sont totalement insensibles au « coup de barre » du matin ?

La glycémie est correctement régulée, l'hypoglycémie est évitée grâce à l'utilisation des réserves de glucose qui sont en quantité suffisantes.

ACTIVITÉS

Activité 1 Mettre en évidence l'homéostasie glycémique

1. Que peut-on déduire des données concernant la glycémie à jeun chez un individu en bonne santé ? Définir l'homéostasie glucidique.

La glycémie à jeun est voisine de 1 g.L^{-1} chez un individu en bonne santé. L'homéostasie glucidique, c'est le maintien de la valeur de la glycémie à une valeur sensiblement constante malgré les fluctuations engendrées par les repas et l'activité des tissus.

2. Analyser l'évolution de la glycémie au cours de la journée chez un individu en bonne santé. Conclure quant à l'homéostasie glucidique.

Analyse de l'évolution de la glycémie (courbe verte) au cours de la journée :

La glycémie à jeun, légèrement inférieure à 1 g.L^{-1} , augmente rapidement jusqu'à $1,5 \text{ g.L}^{-1}$ après le petit déjeuner, puis revient à la valeur de 1 g.L^{-1} en 4 heures. Le phénomène se reproduit après chaque repas, l'hyperglycémie étant plus ou moins marquée. Les mécanismes de l'homéostasie glucidique permettent de faire revenir la glycémie à 1 g.L^{-1} après un apport de glucose dans le sang, suite à un repas.

3. Analyser l'évolution de la glycémie au cours de la journée chez un individu malade. Identifier la pathologie affectant les malades et justifier votre réponse.

Chez le malade, la glycémie à jeun est supérieure à 2 g.L^{-1} , par la suite, elle augmente encore fortement après les repas (jusqu'à des maxima d'environ $3,3 \text{ g.L}^{-1}$). La maladie en cause est le diabète (hyperglycémie tout au long de la journée ici).

Activité 2 Identifier les rôles du glucose dans l'organisme et l'importance de l'homéostasie glucidique

1. Rappeler le rôle du glucose dans la cellule.

Le glucose constitue une source d'énergie utilisable par toutes les cellules, et en particulier pour le neurone dont c'est la seule source d'énergie.

2. Comparer l'intensité de la consommation de glucose par les trois types de tissus lors du jeûne dans l'expérience de la figure 2. Analyser les effets des prises alimentaires sur cette consommation.

Les trois types de tissus sont l'encéphale, les muscles au repos et le tissu adipeux.

Comparaison de l'intensité de la consommation de glucose par les tissus chez le rat anesthésié.

- À jeun, le tissu nerveux est le plus intense consommateur de glucose (25,5 ng/g/min) ; le muscle en consomme peu (4 ng/g/min soit six fois moins), le tissu adipeux n'utilise pratiquement pas de glucose.
- Après une prise alimentaire, la glycémie tend à augmenter et l'utilisation du glucose par les cellules également : environ + 35 % pour le tissu nerveux et 100 % pour le tissu musculaire ; le tissu adipeux reste un très faible utilisateur de glucose.

3. Expliquer l'importance de la consommation de glucose par les muscles sur une journée.

Les muscles utilisent le glucose, surtout après les repas. Ils représentent une masse de tissu très importante, d'où leur part prépondérante dans l'utilisation du glucose par l'organisme (plus des 2/3).

4. Justifier l'importance de l'homéostasie glucidique en expliquant l'origine des troubles observés en cas d'hypoglycémie.

L'homéostasie glucidique est essentielle pour le fonctionnement du tissu nerveux. Les troubles surviennent en cas d'hypoglycémie et peuvent être mortels. Les signes cliniques observés découlent tous d'un dysfonctionnement du système nerveux. Le glucose étant la seule source d'énergie pour le neurone, celui-ci ne peut fonctionner normalement en cas de privation en glucose, et il arrête de fonctionner en cas de glycémie trop basse (coma mortel).

Activité 3 Mise en évidence du rôle du foie

1. Décomposer les termes suivants pour définir leur sens : glycogène, glycogénogenèse, glycogénolyse, néoglucogenèse.

- Glycogène : génère du glucose ; ici, sert de réserve de glucose
- Glycogénogenèse : génère du glycogène ; ici, processus de synthèse du glycogène
- Glycogénolyse : détruit du glycogène ; ici, processus de dégradation du glycogène avec production de glucose.
- Néoglucogenèse : nouvelle production de glucose ; ici, production de glucose non pas à partir de glycogène, mais à partir de molécules qui ne sont pas des glucides.

2. Pour chaque étape de l'expérience, noter la présence ou non de glucose, et décrire ce qui s'est passé. Analyser les résultats de l'expérience dite du « foie lavé » en considérant chacune des étapes.

Analyse du déroulement de l'expérience du foie lavé

- Étape 1 : le glucose est présent dans le liquide de macération des cubes de foie, donc dans le foie.
 - Étape 2 : après lavage des cubes de foie, le glucose n'est plus présent dans le liquide de macération des cubes de foie, donc dans le foie lavé.
 - Étape 3 : après incubation des cubes de foie durant 20 minutes à 37 °C, le glucose est présent dans le liquide de macération, et donc dans le foie.
- Le foie, débarrassé de son glucose (lavage) en produit lors de l'incubation à 37 °C.

3. Interpréter les résultats de l'expérience à l'aide des données 2 et 3. Comment expliquer que l'expérience ne puisse pas être reproduite avec un foie prélevé sur un animal à jeun et conservé plus d'une semaine ?

Interprétation : avant l'expérience, le foie stocke du glycogène ; lorsqu'il ne contient plus de glucose (foie lavé), il en produit par glycogénolyse.

Si le foie provient d'un animal à jeun, il est pauvre en glycogène ; ce glycogène peut disparaître totalement avant l'expérience.

4. Le foie intervient également dans le maintien de la glycémie en période de jeûne prolongé. Quelle peut être son action ?

Le foie peut produire du glucose par néoglucogénèse : ceci est essentiel lorsque le stock de glycogène est épuisé.

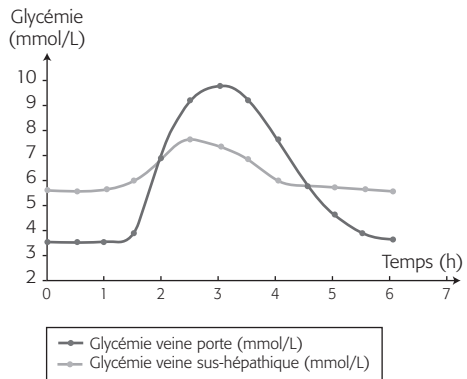
Activité 4 Rôle du foie dans la régulation de la glycémie

1. Décrire l'irrigation du foie.

Le foie reçoit du sang de deux vaisseaux : d'une artère, comme c'est le cas pour tout organe, ici l'artère hépatique, mais aussi de la veine porte qui fournit 60 à

80 % du sang total. Après avoir irrigué le tissu hépatique, le sang quitte le foie par les veines sus-hépatiques pour rejoindre la circulation générale.

2. Tracer les courbes « Évolution de la glycémie dans les veines hépatiques en fonction du temps » à partir du tableau de valeurs.



3. Comparer les valeurs de la glycémie dans le sang des deux types de veines reliées au foie :

- durant une période de jeûne (on admettra que c'est le cas avant le repas) ;
- après un repas ;

En déduire le rôle du foie dans le maintien de la glycémie au cours de chacune des périodes.

Comparaison de glycémies veineuses :

- en période de jeûne : la glycémie est basse dans la veine porte hépatique et normale dans la veine sus-hépatique ;
- en période post-prandiale : jusqu'à 3 heures, la glycémie augmente fortement dans la veine porte hépatique et plus faiblement dans la veine sus-hépatique ; par la suite, on revient progressivement à la situation initiale, la glycémie restant plus élevée dans la veine porte jusqu'à 4,5 h.

On peut en déduire que, durant le jeûne, le foie libère du glucose dans le sang.

Suite à un repas, le foie prélève du glucose provenant de l'intestin et le stocke.

4. En intégrant les résultats de l'expérience du foie lavé, proposer un résumé de la fonction du foie dans le maintien de la glycémie. Vous utiliserez les termes techniques adaptés.

Le foie joue un rôle essentiel dans le maintien de la glycémie tout au long de la journée.

- Suite à un repas, le glucose absorbé après digestion des aliments est retenu par le foie qui le stocke sous forme de glycogène (phénomène de glycogénogenèse). Quand l'apport de glucose en provenance de l'intestin se tarit, le foie libère du glucose dans la circulation par glycogénolyse. Ce glucose contribue à maintenir la glycémie dans la circulation générale tant que les réserves de glycogène sont suffisantes.
- En période de jeûne, le foie produit du glucose à partir de molécules non glucidiques (acides aminés, glycérol, etc.) et le libère dans le sang, permettant le maintien de la glycémie (néoglucogenèse).

Activité 5 Mise en évidence du rôle du pancréas dans la régulation de la glycémie

1. Définir les termes et expressions : pancréatectomie, greffe ectopique, endocrine, exocrine.

- Pancréatectomie : ablation du pancréas
- Greffe ectopique : greffe à un endroit différent de l'emplacement anatomique normal.
- Endocrine : qui sécrète dans le sang (milieu intérieur)
- Exocrine : qui sécrète dans le milieu extérieur.

2. Analyser la donnée 1 pour en déduire le rôle du pancréas dans la régulation de la glycémie. La donnée 2 confirme-t-elle ce rôle ? Justifier.

L'ablation du pancréas est responsable d'une hyperglycémie : le pancréas a donc un effet hypoglycémiant. L'intégrité de l'organe n'est pas nécessaire pour obtenir l'effet régulateur sur la glycémie. La donnée 2 confirme l'effet hypoglycémiant puisque l'effet hyperglycémiant, obtenu suite à l'ablation, est supprimé par la greffe de pancréas au cou de l'animal. Peu importe la position anatomique, le pancréas greffé est relié au système circulatoire et agit par l'intermédiaire du sang.

3. Démontrer que le pancréas intervient par le biais d'une hormone. Quel est l'effet de cette hormone sur la glycémie ?

Le pancréas agit à condition d'être relié au système circulatoire. Il agit par le biais d'une molécule présente dans l'extrait pancréatique, c'est donc une glande endocrine. L'hormone est hypoglycémiante. Les organes cibles ne sont pas précisés, on peut envisager le foie.

Activité 6 Mieux connaître le pancréas

1. Justifier l'appellation glande mixte utilisée pour le pancréas.

Le pancréas est une glande mixte : endocrine, puisque sécrétant une hormone hypoglycémiante et exocrine, puisque sécrétant le suc pancréatique dans le duodénum.

2. Observer la coupe histologique de pancréas et en déduire les principales caractéristiques des deux structures du pancréas : endocrines et exocrines.

- Histologie du pancréas

Les structures endocrines, 2 % de la masse pancréatique, sont les îlots de Langerhans. Ils se présentent sous forme d'amas de cellules avec des vaisseaux sanguins.

Les acini sont des groupes de cellules libérant leur sécrétion dans une partie centrale qui communique avec des canaux évacuant ses sécrétions vers l'intestin : ils constituent partie exocrine du pancréas.

3. Citer les principales cellules pancréatiques impliquées dans la régulation de la glycémie. Justifier votre réponse.

Principales cellules :

- cellules β des îlots : elles sécrètent l'hormone hypoglycémiant qui fait défaut en cas de diabète expérimental dû à l'alloxane ;
- cellules α des îlots : elles sécrètent une hormone hyperglycémiant, produite en quantité excessive en cas de glucagonome.

4. Présenter une synthèse de vos connaissances concernant l'insuline. Pourquoi doit-elle être injectée pour traiter le diabète ?

L'insuline est une hormone hypoglycémiant, sécrétée par les cellules β des îlots de Langerhans. Elle est de nature protéique et utilisée pour le traitement du diabète. Sa nature protéique la rend sensible aux protéases digestives (elle est donc digérée), elle justifie la nécessité de l'injecter aux patients diabétiques.

Activité 7 L'insuline

1. L'insuline est-elle une hormone hypoglycémiant ou hyperglycémiant ? Justifier.

L'insuline est hypoglycémiant, elle fait chuter la glycémie. Son effet est particulièrement net après un repas, lorsque la glycémie tend à augmenter suite à l'absorption de glucose.

2. Analyser l'expérience présentée en donnée 2 pour en déduire la localisation des principales cellules cibles

de l'insuline. Où se situe le récepteur cellulaire de l'insuline ?

L'analyse de la donnée 2 montre que l'insuline se fixe sur les cellules hépatiques, les cellules musculaires, les cellules adipeuses. Ces cellules sont donc les principales cellules cibles de l'insuline. Par contre, les cellules nerveuses ne sont pas des cellules cible.

L'insuline est mise en évidence sur la membrane plasmique, et pas dans le cytoplasme. Le récepteur de l'insuline se situe donc dans la membrane plasmique.

3. Rappeler la nature du glycogène puis analyser la courbe présentée figure 7. Que peut-on en déduire concernant l'action de l'insuline ?

Le glycogène est un polymère de glucose. La figure 8 montre que, suite à l'ablation du pancréas, la teneur (le taux) de glycogène hépatique décroît régulièrement dans le foie (de 0 à 33 minutes). Dès le début des injections d'insuline, le phénomène s'inverse, le glycogène est stocké par le foie.

L'insuline est donc nécessaire pour éviter la glycogénolyse (effet anti-glycogénolytique) et nécessaire pour activer la glycogénogenèse.

4. Analyser la donnée 4 pour en déduire les effets de l'insuline sur les cellules musculaires.

In vitro, l'insuline favorise la pénétration du glucose dans le muscle et le stockage du glycogène musculaire. On en déduit donc ses effets : elle favorise la pénétration du glucose dans les cellules et stimule la glycogénogenèse.

5. Au vu des actions de l'insuline sur le foie et les muscles, justifier son effet hypoglycémiant, notamment après un repas (période post-prandiale).

L'effet hypoglycémiant de l'insuline est expliqué par le fait qu'elle favorise la

pénétration du glucose dans les cellules, au niveau du muscle en particulier, ainsi que le stockage du glucose sous forme de glycogène, au niveau du foie et du muscle. Ces actions permettent de comprendre le retour à une glycémie normale en période post-prandiale.

6. Pourquoi, en l'absence d'insuline, y-a-t-il utilisation massive des acides gras par les cellules musculaires ?

En absence d'insuline, le glucose ne pénètre pas dans les cellules musculaires qui utilisent les lipides plasmatiques à sa place.

Activité 8 Le glucagon

1. Analyser les graphes de la figure 8 pour en déduire le rôle du glucagon dans la régulation de la glycémie.

La perfusion de glucagon (injection continue de glucagon dans le système circulatoire), entraîne une forte augmentation de la glycémie ; on observe un retour à la glycémie normale environ 1 heure après l'arrêt de la perfusion. En parallèle, on observe une chute des réserves de glycogène hépatiques durant la perfusion. Le glucagon est donc une hormone hyperglycémisante qui agit sur le foie en stimulant la glycogénolyse.

2. Résumer les principales caractéristiques du glucagon : nature, origine, cellules cibles, effets cellulaires. Préciser son rôle dans l'homéostasie glucidique.

Le glucagon est une hormone hyperglycémisante de nature peptidique, produite

par les cellules alpha des îlots de Langerhans ; elle agit sur les cellules hépatiques et provoquent la glycogénolyse avec pour conséquence la libération de glucose dans le sang.

Elle intervient dans l'homéostasie glucidique en période inter-prandiale, c'est-à-dire lorsque l'absorption digestive est achevée et que la glycémie tend à décroître à la suite de l'utilisation du glucose par les cellules.

Activité 9 La régulation de la sécrétion des hormones pancréatiques

1. Analyser les courbes de la figure 10 pour en déduire le mécanisme du contrôle de la sécrétion de l'insuline.

Les graphiques de la figure 10 montrent que la courbe donnant la concentration d'insuline à la sortie du pancréas suit l'évolution de la concentration du glucose dans la perfusion. On en déduit que la sécrétion d'insuline par le pancréas est directement fonction de la glycémie : elle augmente quand la glycémie augmente et diminue quand la glycémie diminue.

2. Quelle sera la réponse du pancréas à la prise d'un sirop glucosé à jeun ? Analyser ses conséquences sur la glycémie.

La prise d'un sirop à jeun entraîne une absorption intestinale de glucose et une hyperglycémie, d'où la sécrétion d'insuline qui fait chuter la glycémie qui revient à une valeur normale, proche de 1 g L^{-1} .

EXERCICES

QCM

1. Le glucose : réponses exactes à sélectionner : a, c.

b : le glucose n'entre pas librement dans la plupart des cellules : il faut la présence d'un transporteur membranaire qui est dépendant de la présence d'insuline.

d : le glucose est en petite quantité dans l'organisme (20-25 g), mais il y a des stocks de glycogène (100 à 300 g).

e : le glucose n'est pas éliminé dans l'urine, la glycémie reste dans des limites inférieures au seuil d'élimination urinaire chez des personnes en bonne santé.

2. Le foie dans la régulation de la glycémie : réponses exactes à sélectionner : b, c, d, e.

a : le foie stocke du glucose, en libère dans le sang, mais ne l'utilise pratiquement pas comme source d'énergie (utilisation d'acides gras).

3. Le pancréas dans la régulation de la glycémie : réponses exactes à sélectionner : b, c.

a : le pancréas est une glande, il ne comporte que des cellules sécrétrices, il contrôle la glycémie mais n'a aucun rôle de stockage du glucose.

d : l'absorption intestinale du glucose n'est pas régulée, elle dépend de l'efficacité de la digestion.

e : le système nerveux échappe à l'action des hormones pancréatiques.

4. L'insuline : réponse exacte à sélectionner : d.

a : les cellules des acini sont exocrines, elles sécrètent des enzymes digestives dans un canal aboutissant dans le duodénum.

b : l'insuline fait diminuer la glycémie, elle est hypoglycémiante.

c : l'insuline favorise le stockage du glycogène hépatique pour soustraire du glucose au plasma.

e : c'est l'inverse, l'insuline est antilipolytique ; elle diminue la libération de d'acides gras par le tissu adipeux, ce qui a pour effet de diminuer leur disponibilité comme source d'énergie pour les cellules.

5. Le glucagon : réponses exactes à sélectionner : b, c.

a : le glucagon est sécrété par les cellules α des îlots.

d : le glucagon n'agit que sur le foie, la glycogénolyse musculaire dépend de l'activité musculaire.

e : le foie ne consomme que très peu de glucose et le glucagon favorise au contraire la libération de glucose par le foie.

1 Définitions

Donner le terme technique correspondant aux définitions suivantes.

a. Glycémie = concentration de glucose dans le plasma ou le sang.

b. Glycogénogenèse = production d'un polymère de stockage à partir de glucose.

c. Glycogénolyse = dégradation du glycogène.

d. Néoglucogenèse = synthèse de glucose à partir de composés non-glucidiques.

e. Hypoglycémiant = qui abaisse la glycémie.

f. Insulinosécréteur = qui augmente la sécrétion d'insuline.

g. Endocrine = qui sécrète dans le milieu intérieur.

h. Cellule cible = cellule possédant des récepteurs membranaires à une hormone.

i. Hormone = molécule sécrétée dans le sang, capable de modifier l'activité de cellules possédant des récepteurs membranaires spécifiques.

j. Lipolyse = processus de dégradation des lipides ou hydrolyse des triglycérides.

2 Le foie et son rôle dans le maintien de la glycémie

1. Identifier les légendes 1 à 5.

Légendes :

- 1 = veine sus-hépatique.
- 2 = foie (lobe hépatique).
- 3 = artère hépatique.
- 4 = veine porte hépatique.
- 5 = artère mésentérique.

2. Indiquer le sens de circulation dans les vaisseaux repérés sur le schéma.

Le sang circule de l'aorte vers les organes dans les artères (vers le foie dans l'artère hépatique, vers l'intestin dans l'artère mésentérique). Après des échanges au niveau des capillaires tissulaires, le sang repart par une veine ; il circule de l'intestin vers le foie dans la veine porte hépatique et du foie vers la veine cave dans la veine sus-hépatique.

3. Analyser les résultats expérimentaux et en déduire le rôle du foie.

L'expérience porte sur l'influence du foie sur la glycémie.

- En période de jeûne (pas d'apport de glucose à l'organisme), on constate que la glycémie passe de 4 à 5,5 mmol/L lorsque le sang traverse le foie. Il y a donc libération de glucose par le foie.
- Après un repas, la glycémie de la veine porte hépatique est particulièrement élevée (13,8 mmol/L) du fait de l'absorption intestinale de glucose. La glycémie sus-hépatique est beaucoup plus faible (6,1 mmol/L) et à peine supérieure à la glycémie à jeun. Il y a donc rétention de glucose par le foie.

On en déduit que le foie est un organe régulateur de la glycémie : il contribue à la maintenir constante (glycémie proche de 5,5 mmol/L).

On sait que le foie stocke du glucose sous forme de glycogène. En dehors des repas, le foie utilise les stocks de glycogène pour maintenir la glycémie grâce à la glycogénolyse. Après un repas, le foie contribue à maintenir la glycémie en stockant du glycogène grâce à la glycogénogenèse.

4. Analyser les résultats expérimentaux.

- En période de jeûne prolongé, le stock de glycogène hépatique diminue. Il chute en trois jours pour se stabiliser à un niveau très faible par la suite (quelques grammes de glycogène résiduel).
- En cas d'alimentation riche en glucides, le stock de glycogène augmente pour se stabiliser à un niveau qui paraît être un maximum (80 g dans le cas de l'expérience).

L'expérience montre les limites du rôle du foie. Les stocks de glycogène sont limités, ils sont utilisés en trois à quatre jours. Ces stocks sont portés à un maximum en cas de repas riches en glucides.

5. Justifier le régime alimentaire pratiqué par les coureurs de marathon (42,2 km). La plupart d'entre eux consomment des pâtes en accompagnement du plat principal pendant les 3 jours précédents l'épreuve et tous font une pasta-party (repas essentiellement à base de pâtes) en guise de dîner la veille de l'épreuve.

Les coureurs de marathon doivent fournir un effort prolongé ; pour maintenir la glycémie, les stocks de glycogène hépatique sont essentiels. Le fait de consommer des glucides de type amidon durant plusieurs jours (en particulier des pâtes) permet de stocker un maximum de glycogène dans le foie. Il en résulte une meilleure capacité à éviter l'hypoglycémie durant la course.

3 Exploration de la fonction endocrine du pancréas

1. Nommer les deux types de structures histologiques en rapport avec cette mixité et légender la figure 2.

• Le pancréas sécrète des enzymes digestives au niveau des acini (90 % de la masse de la glande). Il sécrète aussi des hormones dans le sang au niveau des îlots de Langerhans.

• Légendes : 1 = tissu conjonctif / 2 = vaisseaux sanguins (capillaires) / 3 = celles endocrines des îlots de Langerhans / 4 = cellule exocrine d'un acinus.

2. En déduire le rôle du pancréas dans le maintien de la glycémie. Préciser son mode d'action. Justifier.

• En cas d'ablation du pancréas, on observe une hyperglycémie : le pancréas a donc un effet hypoglycémiant.

• L'injection de cellules des îlots rétablit l'homéostasie glucidique c'est-à-dire une glycémie proche de 5,5 mmol/L. Ce sont donc ces cellules qui, à elles seules, assurent la régulation de la glycémie. Elles sécrètent des hormones permettant de maintenir la glycémie.

3. Analyser l'expérience représentée ci-dessus pour en déduire le rôle de l'insuline.

L'injection d'insuline fait chuter la glycémie de 5,5 à 2 mmol/L en 30 minutes ; la molécule d'insuline a donc un effet fortement hypoglycémiant. La glycémie revient à la normale après un délai d'environ 60 minutes.

On peut en déduire que l'insuline est l'hormone hypoglycémiant produite par le pancréas (elle est présente dans les extraits pancréatiques obtenus à partir de cellules des îlots de Langerhans).

4. Analyser les données du tableau, en déduire le rôle du glucagon et de

l'insuline au niveau du foie et dans la régulation de la glycémie. Justifier votre réponse.

On se place dans le cas d'un organisme dont le foie ne stocke ni ne libère du glucose.

• L'injection de glucagon provoque la libération de glucose par le foie, la quantité libérée augmente avec la quantité de glucagon injectée.

• En présence de glucagon (dose modérée), l'injection d'insuline réduit la libération de glucose hépatique. L'inhibition de la libération de glucose par le foie augmente avec les quantités d'insuline injectées.

Le foie contient du glycogène. L'expérience montre que le glucagon active la glycogénolyse hépatique, d'où un effet hyperglycémiant, alors que l'insuline inhibe la glycogénolyse hépatique déclenchée par le glucagon. Les effets sont donc antagonistes, et d'autant plus importants que les quantités d'hormone augmentent.

5. Comparer l'évolution des courbes 1 et 2. Que peut-on en déduire quant à la sécrétion d'insuline par le pancréas ?

Les courbes 1 (glycémie) et 2 (insulinémie) ont la même allure. Quand la glycémie augmente, l'insulinémie aussi (c'est le cas jusqu'à 1 heure après le repas). Par la suite, la glycémie diminue, la sécrétion d'insuline aussi, pour tendre vers zéro.

On en déduit que la sécrétion d'insuline est fonction de la glycémie ; pour une glycémie de 5,5 mmol/L (valeur de la glycémie à jeun) elle est presque nulle, mais elle augmente en cas d'hyperglycémie.

6. Comparer l'évolution des courbes 1 et 3. Que peut-on en déduire quant à la sécrétion de glucagon par le pancréas ?

Les courbes 1 (glycémie) et 3 (glucagonémie) évoluent en sens inverse. Quand la glycémie augmente, le taux plasmatique

de glucagon diminue. Quand la glycémie est proche de 5,5 mmol/L, le taux plasmatique de glucagon est élevé (115 µg/L), il diminue (environ 90 µg/L) une heure après le repas (on peut envisager que le glucagon n'est plus sécrété). Par la suite quand la glycémie diminue, le taux de glucagon plasmatique augmente légèrement (le glucagon est à nouveau sécrété).

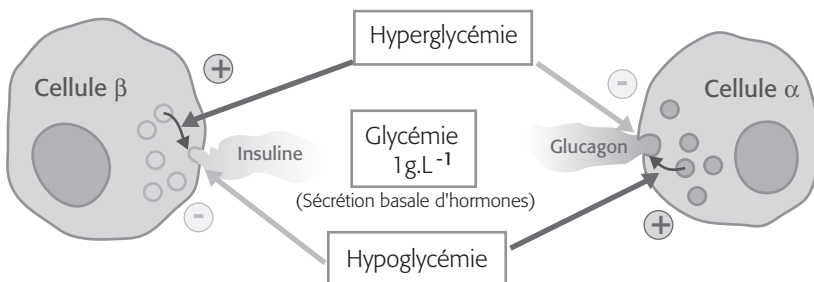
N.B : Courbe 3, les deux mesures réalisées 20 et 40 minutes après le repas (qui montrent une sécrétion accrue de glucagon), sont difficilement interprétables.

On en déduit que le pancréas sécrète du glucagon en fonction de la glycémie. La sécrétion est d'autant plus faible que la glycémie augmente au-dessus de la valeur normale.

7. Expliquer l'évolution de la glycémie après un repas.

Durant la phase d'absorption intestinale, la glycémie augmente. Il en résulte une sécrétion accrue d'insuline qui favorise le stockage de glucose par le foie (et le muscle) et permet de modérer l'évolution de la glycémie et de la faire baisser (hormone hypoglycémisante). Le glucagon, hormone hyperglycémisante, n'est pas ou peu sécrété tant que la glycémie est supérieure à 5,5 mmol/L ou 1 g/L. Il le sera par la suite lorsque la glycémie tend à baisser.

8. Réaliser un schéma simple récapitulant les effets de la glycémie sur la sécrétion d'insuline et de glucagon.



4 Homéostasie glucidique

1. Citer la valeur moyenne d'une glycémie normale mesurée à jeun. Pourquoi cette mesure doit-elle être faite à jeun ?

La valeur moyenne de la glycémie à jeun est de 1 g/L. Il faut faire le dosage à jeun car la glycémie varie en fonction des prises alimentaires.

2. Que peut-on conclure concernant l'homéostasie glucidique du patient en considérant les valeurs obtenues pour la glycémie capillaire ?

Les quatre mesures de glycémie capillaire montrent une fluctuation entre 0,7 g/L et 1,8 g/L. Une seule mesure est supérieure aux objectifs glycémiques (après le déjeuner).

On peut difficilement conclure à une anomalie, l'hyperglycémie relevée après le repas pouvant résulter d'un apport très important en glucose alimentaire.

3. Comment peut-on expliquer l'évolution de la glycémie pour la mesure faisant suite au déjeuner ?

Suite au déjeuner, la glycémie augmente fortement du fait de l'absorption digestive du glucose qui dépend de la composition du repas.

4. Analyser la courbe obtenue par la technique du holter. Justifier le diagnostic « patient diabétique » donné par le médecin.

La glycémie mesurée en continu révèle de fortes variations : l'hyperglycémie est

maximale à minuit (3,3 g/L) et chute en cours de nuit jusqu'à 0,5 g/L. Par la suite, la glycémie tend à remonter au cours de la journée. On note une hyperglycémie très marquée, mais très irrégulière.

Le médecin conclut à un diabète du fait de l'hyperglycémie très nette. Il n'y a pas de régulation efficace, et donc pas d'homéostasie glucidique.

5. Obtiendrait-on les mêmes courbes si l'on mesurait la glycémie dans la veine porte et dans les veines sus-hépatiques de l'individu ? Justifier la réponse pour les deux cas.

Les courbes de glycémie seraient différentes dans la veine porte et les veines sus-hépatiques :

- dans la veine porte, la glycémie est très variable et dépend de l'absorption de glucose au niveau intestinal, donc des repas, des prises alimentaires de glucides ;

- dans les veines sus-hépatiques, elle dépend moins des prises alimentaires, du fait du rôle régulateur exercé par le foie. Les valeurs se rapprochent de celles de la glycémie veineuse mesurée sur une prise de sang au bras.

Toutefois, dans le cas d'un malade diabétique, la régulation n'est pas efficace.

13

Les diabètes sucrés : étude comparée des diabètes de type 1 et de type 2

DÉCOUVERTE : LA GLYCÉMIE

1. Définir le terme « glycémie » et donner la valeur de la glycémie attendue chez un individu non diabétique à jeun.

Glycémie : concentration de glucose dans le sang. Sa valeur chez un individu non diabétique à jeun est d'environ 1 g.L^{-1} ou $5,5 \text{ mmol.L}^{-1}$.

2. L'hyperglycémie est un signe caractéristique d'un diabète non traité. Définir ce terme.

Hyperglycémie : augmentation de la concentration de glucose dans le sang (ou concentration de glucose dans le sang supérieure aux valeurs de référence).

ACTIVITÉS

Activité 1 Étude de cas cliniques

1. Définir l'étude clinique et distinguer ses différents temps.

L'étude clinique est une étude réalisée lors de la rencontre entre le patient et le médecin, soit au chevet du malade, soit en consultation au cabinet du médecin. Les différents temps sont : l'interrogatoire et l'examen physique (ou clinique).

2. Définir les examens paracliniques et donner des exemples d'examens paracliniques.

Les examens paracliniques, ou examens complémentaires, permettent de recueillir des informations supplémentaires pour doser ou vérifier la présence d'un composant, ou vérifier le fonctionnement d'un organe, ou visualiser une structure etc. Ils sont réalisés pour la plupart en

laboratoire d'analyses médicales, ou en service d'imagerie médicale. Exemples : examens biologiques (glycémie, NFS, ECBU...), radiographie, échographie...

3. Associer chaque photographie de l'activité avec un temps de l'étude clinique ou avec les examens paracliniques.

- Figure 1 : examen clinique.
- Figure 2 : examen paraclinique.
- Figure 3 : examen clinique.
- Figure 4 : examen paraclinique.
- Figure 5 : examen clinique.
- Figure 6 : examen clinique.

4. Dédire des deux questions précédentes la définition d'un signe clinique et celle d'un signe paraclinique.

- Signe clinique : information recueillie par le médecin lors de l'examen clinique.

• Signe paraclinique : information recueillie par le médecin lors de l'examen paraclinique.

5. Chercher la définition des termes en gras dans la donnée 1 et le tableau de la donnée 2.

- Polydipsie : soif excessive.
- Polyurie : sécrétion d'urine en quantité abondante.
- Protéinurie : présence anormale de protéines dans les urines.
- Glycosurie : présence anormale de glucose dans les urines.
- Cétonurie : présence anormale de corps cétoniques dans les urines.
- Glycémie à jeun : concentration de glucose dans le sang avant un repas (en général le matin avant le petit déjeuner).

6. D'après les données précédentes, classer sous forme d'un tableau les signes cliniques et paracliniques de Julien.

Signes cliniques	Signes paracliniques
Polydipsie, polyurie, amaigrissement	Glycosurie, cétonurie, hyperglycémie à jeun

7. Chercher la définition des termes en gras dans la donnée 5.

- Cholestérolémie : concentration de cholestérol dans le sang.
- Triglycéridémie : concentration de triglycérides dans le sang.

8. Définir et calculer l'IMC de monsieur A. Conclure.

L'IMC (Indice de masse corporelle) est un indice permettant de définir la corpulence d'un individu.

$$\text{IMC} = \text{Poids (en kg)} / \text{Taille}^2 \text{ (en m)}$$

$$\text{IMC} = 91 / (1,75)^2 = 29,7 \text{ kg.m}^{-2}$$

Monsieur A. est en surcharge pondérale.

9. Répertorier les signes cliniques, d'une part, puis les signes paracliniques, d'autre part, de monsieur A.

Signes cliniques	Signes paracliniques
Surcharge pondérale	Hyperglycémie à jeun, hypercholestérolémie, hypertriglycéridémie

10. Comparer les signes cliniques et paracliniques de Julien et de monsieur A. Présenter sous forme d'un tableau les signes du diabète de type 1 et de celui de type 2.

Les signes cliniques sont différents dans les deux cas.

Dans le diabète de type 1, on observe un amaigrissement, une polyurie et une polydipsie, alors que le diabète de type 2 concerne plutôt des personnes en excès pondéral.

Signes paracliniques : dans les deux types de diabètes, on constate une hyperglycémie à jeun. Le diabète de type 1 de Julien se caractérise aussi par une cétonurie et une glycosurie. Monsieur A. présente une hypercholestérolémie et une hypertriglycéridémie (à relier à son excès pondéral).

	Diabète de type 1	Diabète de type 2
Signes cliniques	Amaigrissement, polyurie, polydipsie	Surcharge pondérale éventuelle
Signes paracliniques	Hyperglycémie à jeun, glycosurie, cétonurie	Hyperglycémie à jeun (parfois cétonurie et glycosurie)

Activité 2 Histologie du pancréas d'un individu sain et d'un individu diabétique de type 1

1. Observer au grossissement total (× 100 et × 400) une préparation histologique de pancréas sain. Localiser les acini et les îlots de Langerhans.

2. Réaliser un schéma comportant titre et légendes.

3. Observer au grossissement (× 100 et × 400) une préparation histologique de pancréas atteint de diabète.

4. Réaliser un schéma comportant titre et légendes.

5. Identifier les légendes des figures 7, 8 et 9.

- Figure 7 : 1. Îlot de Langerhans.
- 2. Capillaire sanguin 3. Acinus.
- Figure 8 : 4. Îlot de Langerhans.
- Figure 9 : 3. Acinus.

6. Comparer la micrographie du pancréas sain (figure 7) avec celles des pancréas d'individus diabétiques (figures 8 et 9). En déduire la cause de l'apparition du diabète de type 1 sur le plan histologique puis sur le plan physiologique.

Le pancréas sain et le pancréas d'individu diabétique possèdent tous deux des îlots de Langerhans et des capillaires sanguins. On observe dans la figure 8 un envahissement d'îlots de Langerhans par des lymphocytes, déclenchant dans un premier temps une insulite, puis, à terme, une disparition des îlots de Langerhans (figure 9).

L'apparition du diabète de type 1 est donc la destruction par les lymphocytes des îlots de Langerhans, qui ne peuvent plus remplir leur fonction endocrine (régulation de la glycémie).

7. Rappeler la définition d'une glande endocrine puis citer les sécrétions des cellules α et β .

Glande endocrine : glande dont la sécrétion se déverse dans le sang.

Les cellules α sécrètent le glucagon (hormone hyperglycémiante) et les cellules β sécrètent l'insuline (hormone hypoglycémiante).

8. Comparer la masse du pancréas et la masse des cellules endocrines des individus non diabétiques et celles des individus diabétiques. En déduire la cause de l'apparition du diabète de type 1.

On observe chez le diabétique de type 1 que la masse totale du pancréas est divisée

par 2 par rapport au pancréas non diabétique. Cette diminution de masse concerne le pancréas endocrine, qui ne représente qu'un tiers de la masse normale d'un pancréas endocrine sain. Parmi les cellules endocrines, les cellules α sont légèrement affectées, mais les cellules β ont, elles, totalement disparu du pancréas diabétique.

L'apparition du diabète de type 1 est donc causée par la destruction spécifique des cellules β des îlots de Langerhans.

Activité 3 Le mécanisme du diabète

1. Analyser la donnée 1. Établir une hypothèse expliquant la diminution progressive des cellules β chez les souris NOD.

Avant l'apparition d'un diabète de type 1 chez ces souris, des anticorps dirigés contre l'insuline apparaissent, des cellules immunitaires envahissent les îlots de Langerhans et les cellules β sont irréversiblement détruites. Une greffe d'îlots de Langerhans permet de retarder l'apparition du diabète. Ainsi, le diabète de type 1 est lié à la disparition des cellules β des îlots de Langerhans. La diminution progressive des cellules β est probablement due à leur destruction par les cellules immunitaires qui infiltrent les îlots.

2. D'après les données 2 et 3, envisager si une telle hypothèse est transposable à l'espèce humaine.

Comme pour les souris NOD, on observe chez ces enfants la présence d'anticorps dirigés contre l'insuline, puis une diminution progressive de la masse des cellules β avant l'apparition du diabète de type 1. Ainsi, l'hypothèse de la destruction des cellules β par le système immunitaire est transposable à l'espèce humaine.

3. Justifier l'appellation de « maladie auto-immune » pour le diabète de type 1.

On peut parler de maladie auto-immune car c'est le système immunitaire de l'individu lui-même qui produit des cellules immunitaires dirigées contre ses propres cellules β .

4. Énumérer les arguments justifiant une prédisposition génétique au diabète de type 1.

Ce diabète se rencontre spécifiquement chez les souris NOD obtenues par des croisements consanguins. Des anticorps anti-insuline apparaissent très tôt chez des enfants dont l'un des parents est diabétique.

5. Quel moyen thérapeutique peut-on envisager pour traiter ce type de diabète ?

Pour compenser la perte des cellules β , on peut envisager une insulinothérapie, ou une greffe d'îlots, ou une greffe de pancréas.

Activité 4 Mise en évidence de deux types de diabètes

1. Analyser chacune des courbes obtenues. En déduire quel patient est sensible à l'insuline et lequel a une sensibilité à l'insuline réduite.

Au temps 0, les deux patients ont une glycémie à plus de 2 g.L^{-1} . Ils sont tous deux en hyperglycémie.

- La glycémie du patient 1 diminue en 30 minutes à $1,8 \text{ g.L}^{-1}$, puis s'élève à $2,4 \text{ g.L}^{-1}$ en 80 minutes avant de redescendre vers sa valeur d'origine. Malgré l'injection de glucose, la glycémie a diminué grâce à l'insuline.

La glycémie du patient 2 ne cesse de s'élever, pour atteindre $3,6 \text{ g.L}^{-1}$ en 90 minutes. La glycémie continue de s'ac-

croître au-delà. La glycémie augmente à cause du glucose injecté, mais l'insuline n'a aucun effet pour diminuer la glycémie. Le patient 1 a un diabète sensible à l'insuline, alors que le patient 2 a un diabète insensible à l'insuline.

2. Formuler une hypothèse permettant d'expliquer chacun des deux types de diabètes mis en évidence.

- Le patient 1 souffre d'un diabète de type 1 qui peut s'expliquer par une carence en insuline par destruction des cellules β (cf activité 3).

- Le patient 2 développe un autre type de diabète, au cours duquel les cellules cibles de l'insuline deviendraient résistantes à l'insuline.

Activité 5 Le déterminisme du diabète de type 2

1. Justifier l'étude du groupe de Mexicains non Pimas.

Le groupe de Mexicains non Pimas est un groupe témoin. Il sert à comparer la prévalence du DT2 des autochtones par rapport aux Pimas.

2. Analyser les résultats. En déduire l'importance respective des facteurs génétiques et environnementaux dans le déterminisme du diabète de type 2.

Le pourcentage de DT2 chez les Mexicains Pimas est plus important (facteur 2 chez les femmes) que chez les Mexicains non Pimas.

Le pourcentage d'obèses et le nombre d'heures d'activité physique sont similaires entre les Mexicains non Pimas et les Mexicains Pimas.

Il y a donc un facteur génétique en faveur du développement d'un DT2 chez les Pimas par rapport aux Mexicains non Pimas.

Le pourcentage de DT2 est beaucoup plus élevé chez les Américains Pimas (d'un facteur 4 chez les femmes et d'un facteur 7 chez les hommes) par rapport aux Mexicains Pimas. Le pourcentage d'obèses est augmenté d'un facteur 4 à 6, et le nombre d'heures d'activité physique est considérablement réduit (3 à 4 fois moins d'heures par semaine). Il existe donc en plus des facteurs environnementaux (obésité, manque d'activité physique) qui influencent la survenue du diabète de type 2.

L'augmentation due aux facteurs environnementaux est beaucoup plus importante que celle due aux facteurs génétiques.

3. Proposer des mesures hygiéno-diététiques pour lutter contre le diabète de type 2.

Réduire l'obésité par une alimentation équilibrée et développer une activité physique.

Activité 6 Les complications dégénératives

1. Chercher la définition des termes en gras dans les données précédentes.

- Vasodilatation : augmentation du diamètre d'un vaisseau sanguin.
- Rétinopathie : pathologie de la rétine.
- Cécité : fait de devenir aveugle.
- Néphropathie : pathologie du rein.
- Albuminurie : présence anormale d'albumine dans les urines.
- Neuropathie : pathologie nerveuse.
- Anesthésie : perte de tout mode de la sensibilité.
- Gangrène : putréfaction des tissus.

2. Expliquer pourquoi les patients dont le diabète est mal équilibré présentent des troubles de la circulation.

Une personne dont le diabète est mal équilibré présente des hyperglycémies

fréquentes. D'après la donnée 1, il y a alors une augmentation du débit et de la viscosité du sang, qui exerce une pression plus grande sur la paroi des vaisseaux. La paroi subit des lésions, d'où les troubles de la circulation.

3. D'après les données 2, 3 et 4, citer les organes touchés par des complications liées au diabète. Justifier pourquoi ces organes sont particulièrement touchés.

Les principaux organes touchés sont les yeux (rétinopathies, cécité), les reins (néphropathies) et les nerfs (neuropathies). Ces organes sont plus particulièrement touchés car ce sont des organes très irrigués par de nombreux capillaires sanguins (complications microvasculaires).

4. Expliquer à l'aide des données précédentes pourquoi les diabétiques subissent davantage d'amputations.

Les diabétiques ont des atteintes vasculaires qui peuvent provoquer un défaut d'irrigation du pied. Les neuropathies sont responsables d'anesthésies à la douleur. En cas de plaie au pied, le diabétique ne ressent pas la douleur et la blessure s'infecte rapidement jusqu'à l'installation de la gangrène.

5. Pour chaque donnée, proposer des mesures préventives.

- Donnée 1 : équilibrer le diabète pour éviter les hyperglycémies.
- Donnée 2 : consultation régulière d'un ophtalmologue pour dépister au plus tôt une éventuelle rétinopathie.
- Donnée 3 : surveillance des fonctions rénales par des bilans réguliers.
- Donnée 4 : surveillance des réflexes ostéotendineux, recherche de neuropathies sensitives.
- Donnée 5 : examen très régulier des pieds.

Activité 7 Le traitement du diabète de type 1

1. Justifier le traitement du diabète de type 1 par injection d'insuline.

Les cellules β étant détruites, il y a insulino-pénie. L'insulinothérapie est un traitement substitutif.

2. Dégager à partir de la photographie de la figure 14 le principe du fonctionnement de la pompe à insuline externe.

La pompe à insuline externe est constituée d'un boîtier programmable contenant l'insuline, d'une fine tubulure et d'une aiguille permettant l'injection de l'insuline sous la peau. Selon la programmation établie avec le médecin traitant, l'insuline est injectée en continu et/ou sous forme de « bolus » à certains moments de la journée.

3. Dégager les avantages de la pompe par rapport aux injections sous-cutanées.

La pompe évite les injections pluriquotidiennes, améliore donc la qualité de vie du diabétique, évite les « oublis », favorise une meilleure régulation de la glycémie (notamment grâce à la perfusion en continu), et permet une meilleure adaptation aux activités de la vie quotidienne (grâce à la programmation en fonction des activités prévues).

4. Rechercher en quoi consiste la greffe d'îlots.

Les îlots de Langerhans sont isolés du pancréas (par digestion enzymatique) puis purifiés (par centrifugation en gradient de densité). Ils sont ensuite injectés dans la veine porte hépatique et vont coloniser le foie. Plusieurs injections sont souvent nécessaires. Au bout de quelques semaines, l'insulinothérapie devient inutile. Cette greffe nécessite toutefois un traitement immunosuppresseur chronique.

EXERCICES

QCM

1. a, b, d. (Une hyperglycémie est un signe paraclinique et non clinique. Un excès pondéral est plutôt présent en cas de diabète de type 2.)
2. a, c. (Ce sont les cellules β qui sont détruites, il y a donc un défaut d'insuline.)
3. a, b. (La glycosurie n'est observée que si l'hyperglycémie est importante, au-delà de 9 mmol. L⁻¹.)
4. b, c, d.
5. b, d.
6. b, d.

1 Histologie et étiologie du diabète de type 1

1. Comparer les deux micrographies.

La figure 1 montre un îlot de Langerhans sain entouré d'acini pancréatiques. La figure 2 montre un îlot de Langerhans envahi par des lymphocytes. La partie exocrine n'est pas touchée.

2. Le diabète de type 1 est une maladie auto-immune. À l'aide de la question précédente, justifier cette appellation.

C'est une maladie auto-immune car il y a infiltration de lymphocytes qui vont détruire l'îlot. Le système immunitaire de l'individu réagit contre lui-même.

3. En utilisant les connaissances sur la régulation de la glycémie, expliquer l'hyperglycémie observée dès le début du diabète.

Il y a destruction des cellules β : il n'y a plus de sécrétion d'insuline (qui est hypoglycémisante).

2 Diagnostic du diabète de type 1

1. Expliquer en quoi consiste un test d'hyperglycémie provoquée.

Le patient ingère une solution glucosée (75 g de glucose dans 250 mL d'eau). La glycémie est suivie régulièrement pendant quelques heures.

2. Représenter sous forme de courbes la glycémie et la glycosurie de chaque adolescent en fonction du temps.

3. Analyser ces courbes. En déduire quel est l'adolescent dont l'état physiologique est normal et quel est celui qui présente des signes de diabète.

- La glycosurie de l'adolescent A est toujours nulle. Sa glycémie est normale au temps 0. Elle s'élève pendant la première heure puis retourne progressivement à la normale. Cette augmentation est due à l'absorption du glucose. L'hyperglycémie est rapidement jugulée, donc cet adolescent régule normalement sa glycémie. Il n'est pas atteint de diabète.

- La glycémie de l'adolescent B au temps 0 est trop importante. Elle s'élève encore pendant 90 minutes et ne redescend que très lentement. L'hyperglycémie perdure au-delà de 270 minutes. Une glycosurie apparaît dès 30 minutes, s'accroît, diminue légèrement mais demeure présente au-delà de 270 minutes, ce qui traduit une hyperglycémie massive. Cet adolescent présente un défaut de régulation de sa glycémie.

4. Citer et définir les signes paracliniques du diabète mis en évidence par ce test.

- Hyperglycémie : augmentation de la concentration de glucose dans le sang.

- Glycosurie : présence anormale de glucose dans les urines.

3 Glycémie et insulinémie dans le diabète

1. Rappeler la valeur de la glycémie normale à jeun.

La glycémie normale à jeun est de $5,5 \text{ mmol.L}^{-1}$ (1 g.L^{-1}).

2. Analyser la courbe 1 en fonction de l'emploi du temps et de l'alimentation des sujets.

La glycémie s'élève lors de chaque prise alimentaire, et plus particulièrement lorsqu'elle comporte une part importante de glucides. Elle reste dans des valeurs normales de la glycémie.

3. Comparer les courbes 1 et 2. En déduire si ces courbes correspondent au groupe témoin ou au groupe de diabétiques.

Les deux courbes sont en parallèle l'une de l'autre. L'insulinémie s'élève dès lors que la glycémie augmente et réciproquement. Elle régule l'hyperglycémie. Le groupe A est donc le groupe témoin.

4. Comparer les courbes 1 et 3 d'une part, 2 et 4 d'autre part. En déduire le mode d'action de l'insuline et la cause du diabète étudié.

La glycémie traduite sur la courbe 1 se situe dans des normes physiologiques, alors que celle de la courbe 3 montre une hyperglycémie très élevée (11 mmol.L^{-1}) même à jeun. Cette hyperglycémie double encore après les prises alimentaires, et ne redescend que très pro-

gressivement sans jamais retrouver des valeurs physiologiques.

L'insulinémie du groupe A répond normalement aux variations de la glycémie. En revanche, l'insulinémie du groupe B reste presque toujours constante. Elle ne suit jamais les variations de la glycémie et ne permet pas de la faire diminuer.

L'insuline agit par voie sanguine, en réponse à une hyperglycémie.

Le diabète des adolescents du groupe B correspond à un défaut de sécrétion d'insuline.

4 Étude clinique

1. Définir les termes en gras dans le texte ci-dessus.

- Polyurie : sécrétion d'urine en quantité abondante.
- Polydipsie : soif excessive.
- Hématurie : présence anormale de sang dans les urines.
- Hyperglycémie : augmentation de la concentration de glucose dans le sang.
- Hypercholestérolémie : augmentation de la concentration de cholestérol dans le sang.
- Glycosurie : présence anormale de glucose dans les urines.
- Protéinurie : présence anormale de protéines dans les urines.

2. Reproduire le tableau ci-dessous et classer les signes présentés par M. X. Rappeler ceux du diabète de type 1.

Signes	Cas de M. X	Le diabète de type 1
Signes cliniques	Polyurie, polydipsie, hématurie, surcharge pondérale	Polyurie, polydipsie, polyphagie, amaigrissement
Signes paracliniques	Hyperglycémie à jeun, hypercholestérolémie, glycosurie, protéinurie	Hyperglycémie à jeun, glycosurie, cétonurie

3. Expliquer l'apparition de la glycosurie et de la polyurie.

L'hyperglycémie est très importante. Tout le glucose filtré au niveau rénal ne peut pas être réabsorbé dans le sang, et une partie du glucose est excrété dans l'urine, d'où la glycosurie. Les urines sont plus concentrées. Par effet d'osmose, l'eau passe dans les urines, ce qui augmente leur volume (polyurie).

4. Relever dans le texte trois facteurs favorisant le diabète de type 2 dans le cas de M. X.

Sédentarité, tabagisme, antécédents familiaux, HTA, surcharge pondérale.

5. Le médecin conseille à M. X de suivre des mesures hygiéno-diététiques pour lutter contre son diabète. Citer toutes les mesures préconisées dans le cas de M. X et les justifier.

Pratique d'une activité physique pour lutter contre la surcharge pondérale, arrêt du tabac pour lutter contre l'hypertension et ses complications, régime alimentaire équilibré pour lutter contre l'hyperglycémie et l'hypercholestérolémie.

6. Le médecin prescrit à M. X un traitement médicamenteux hypoglycémiant. Envisager le risque encouru par M. X en cas d'erreur de dosage.

En cas de surdosage, M. X risque une hypoglycémie. En cas de sous-dosage, il risque une hyperglycémie.

7. D'après les signes relevés, un organe est probablement touché par une complication liée au diabète. Nommer cet organe, et justifier les signes observés.

M. X a probablement une atteinte rénale car il présente une hématurie et une protéinurie. La fonction de filtration rénale est touchée : des protéines et du sang

sont donc anormalement présents dans l'urine.

8. Après plusieurs années de traitement, la glycémie de M. X est mesurée sur 24 heures. Son médecin lui prescrit une insulinothérapie.

a) Analyser la courbe de la glycémie de M. X. Justifier le traitement par insulinothérapie.

La glycémie de M. X est normale entre 0 et 3 h ($1 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$), mais elle montre des variations très importantes, avec des pics atteignant $4 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$. La glycémie n'est pas correctement régulée, le traitement précédent n'est plus adapté, ce qui explique le passage à l'insulinothérapie.

b) Indiquer le mode d'administration de l'insuline, et expliquer pourquoi elle ne peut pas être administrée par voie orale.

L'insuline est administrée par injection sous-cutanée. Elle ne peut pas être administrée par voie orale car l'insuline est une protéine qui serait digérée.

9. D'autres complications sont à redouter dans le cas d'un diabète mal équilibré, à cause de microangiopathies ou de macroangiopathies. Citer ces complications et les organes touchés. Proposer des mesures de suivi pour dépister au plus tôt ces complications.

- Parmi les microangiopathies : rétinopathies (responsables de cécité), neuropathies (pouvant conduire à des pertes de sensibilité).

- Parmi les macroangiopathies : atteinte des artères coronaires (infarctus du myocarde), atteinte des artères des membres inférieurs (amputations).

Mesures de suivi : consultation régulière d'ophtalmologue, surveillance par le médecin traitant des réflexes, de la sensibilité, bilans glucidiques et lipidiques réguliers, etc.

NOTES

Compositeur : STDI – Illustrations médicales : Florence Ollé
Éditions Foucher – 92247 Malakoff – Août 2012 – 01 – SB-CPS/EG

Imprimé en France par JOUVE