

Digestion - Absorption – Exercices – Devoirs

Exercice 1

Au cours de leur transit dans le tube digestif, les aliments subissent plusieurs étapes successives de transformation. Ainsi, le chyme est élaboré par actions mécanique et chimique de l'estomac sur le bol alimentaire.

1- Fonction sécrétoire (18 points)

- 1.1 Réaliser un schéma légendé de l'estomac.
- 1.2 L'ANNEXE 1 présente l'ultrastructure de différentes cellules de la muqueuse gastrique. Reporter sur la copie les titres et légendes de ces schémas.
- 1.3 Ces cellules produisent différentes sécrétions gastriques.
 - 1.3.1 Montrer la relation entre les caractéristiques structurales de ces cellules et leur fonction sécrétoire.
 - 1.3.2 Indiquer le(s) rôle(s) des produits de sécrétion de la cellule D dans la physiologie gastrique.
 - 1.3.3 La cellule C sécrète une endopeptidase libérée à l'état de proenzyme.
 - 1.3.3.1 Définir le terme d'endopeptidase. Expliquer l'importance de la sécrétion sous forme de proenzyme. Donner le nom de cette endopeptidase gastrique et préciser le mécanisme de sa formation. Indiquer la classe de cette enzyme et écrire la réaction chimique qu'elle catalyse (formules attendues).
 - 1.3.3.2 L'ANNEXE 2 présente la variation de l'activité enzymatique en fonction du pH. Commenter la courbe. Expliquer en quoi les modifications de pH entraînent les variations d'activité enzymatique observées. Conclure quant à l'activité de cette enzyme dans la lumière gastrique.
- 1.4 Préciser les caractéristiques histologiques et chimiques qui confèrent à la muqueuse gastrique son caractère de barrière.

2- Fonction motrice (14 points)

Le bol alimentaire est brassé et mélangé aux sécrétions dans l'estomac grâce aux contractions musculaires de sa paroi.

- 2.1 Présenter les caractéristiques histologiques de la paroi à l'origine de cette motilité.

- 2.2 Les cellules de la paroi musculaire présentent une activité métabolique importante mettant en jeu des réactions d'oxydation à partir de différents substrats tels que les acides gras et fournissant de l'énergie chimique sous forme d'ATP.

- 2.2.1 Indiquer le nom des voies aboutissant à la dégradation complète d'un acide gras.

- 2.2.2 L'ANNEXE 3 présente une partie de cette dégradation. Compléter ce document en indiquant les substrats, produits, enzymes et coenzymes manquants. Donner, dans les cadres prévus à cet effet, un titre pour chacune des étapes de cette voie.

- 2.2.3 L'ATP cellulaire est produit par le mécanisme de la phosphorylation oxydative. Dégager les caractéristiques de ce mécanisme (principe, localisation, structures impliquées et substrat terminal, modalités). Etablir le bilan énergétique de la dégradation totale d'une molécule d'acide palmitique. Donnée : On considère que la réoxydation d'une molécule de NADH,H⁺ et d'une molécule de FADH₂ permettent respectivement la formation de 3 et 2 molécules d'ATP.

- 2.3 La motilité de l'estomac est régulée par le système nerveux central et par des voies nerveuses intrinsèques. L'influx nerveux est acheminé *via* des fibres sympathiques et parasympathiques.

- 2.3.1 Caractériser ces deux types de fibres dans l'organisation générale du système nerveux.
- 2.3.2 En exploitant l'ANNEXE 4, identifier les différences anatomiques et fonctionnelles entre les systèmes nerveux orthosympathique et parasympathique. Présenter la réponse sous forme d'un tableau.

- 2.4 La durée de séjour du bol alimentaire dans l'estomac est variable. Citer plusieurs paramètres retardant la vidange gastrique.

3- Fonction endocrine de l'estomac (5 points)

L'estomac produit différentes hormones, la principale étant la gastrine.

- 3.1 *Présenter, éventuellement sous forme de schéma, les principaux facteurs modulant la sécrétion de gastrine.*
- 3.2 *Préciser les effets de la gastrine sur la physiologie de l'estomac et indiquer à quel moment de la digestion sa production est maximale.*

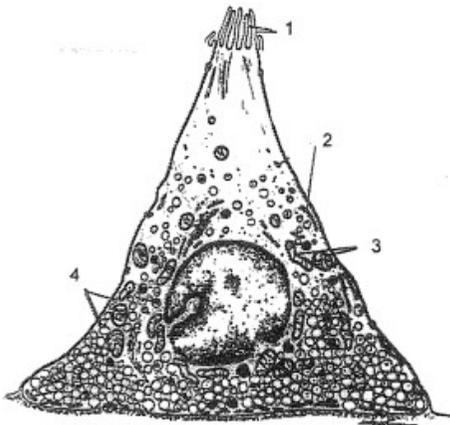
3.3 Récemment une nouvelle hormone produite par les cellules de la paroi gastrique a été mise en évidence et fait l'objet de nombreuses recherches. Cette hormone, appelée ghréline, semble activer la sécrétion de l'hormone de croissance et stimulerait l'appétit avant les repas. Elle agirait en inhibant les décharges cholinergiques et en accélérant la motricité digestive, par une diminution de l'activité vagale.
Expliquer les termes soulignés.

4- Conséquence des activités gastriques sur la digestion (3 points)

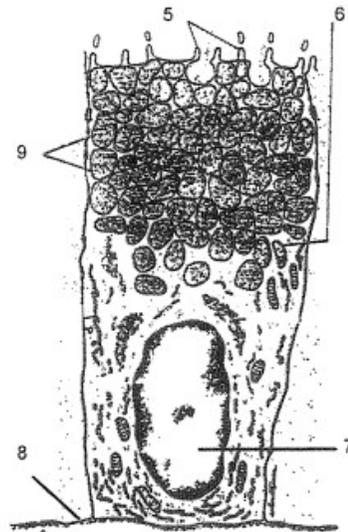
Présenter l'état d'avancement de la transformation du bol alimentaire à la sortie de l'estomac et les caractéristiques du chyme entrant dans le duodénum.

**ANNEXE 1 :
Schémas de l'ultrastructure de différentes cellules de la muqueuse gastrique.**

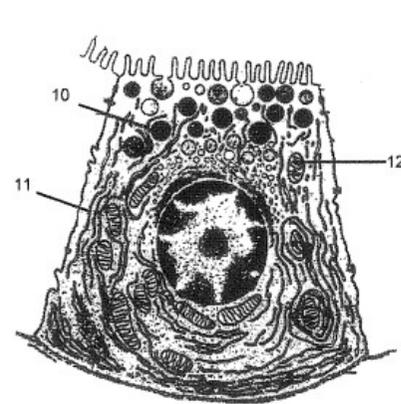
Cellule A



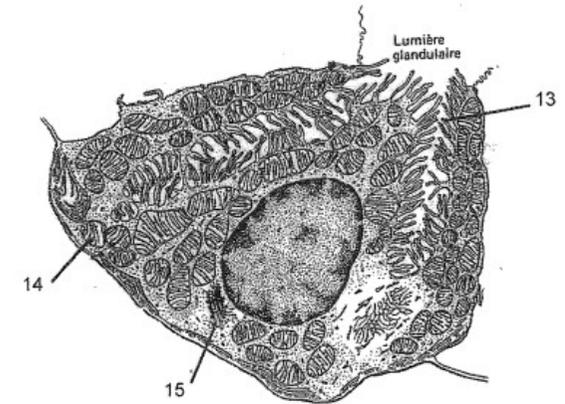
Cellule B



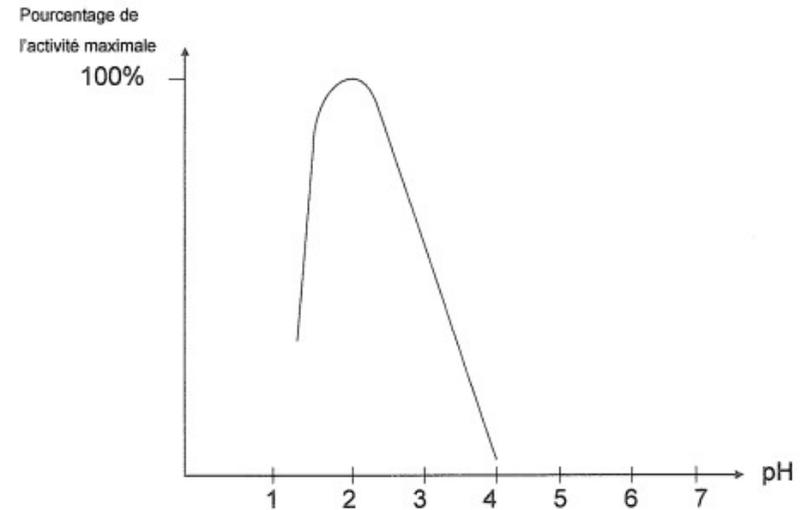
Cellule C



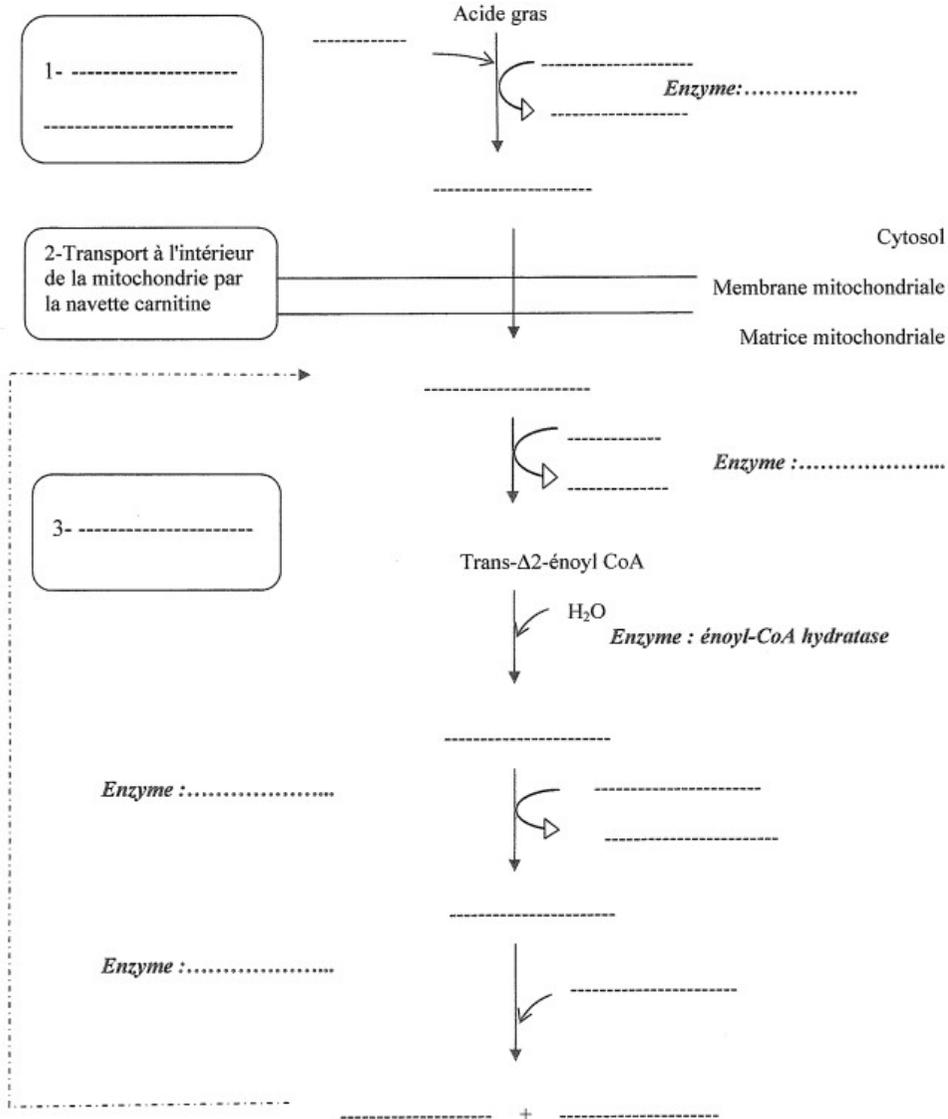
Cellule D



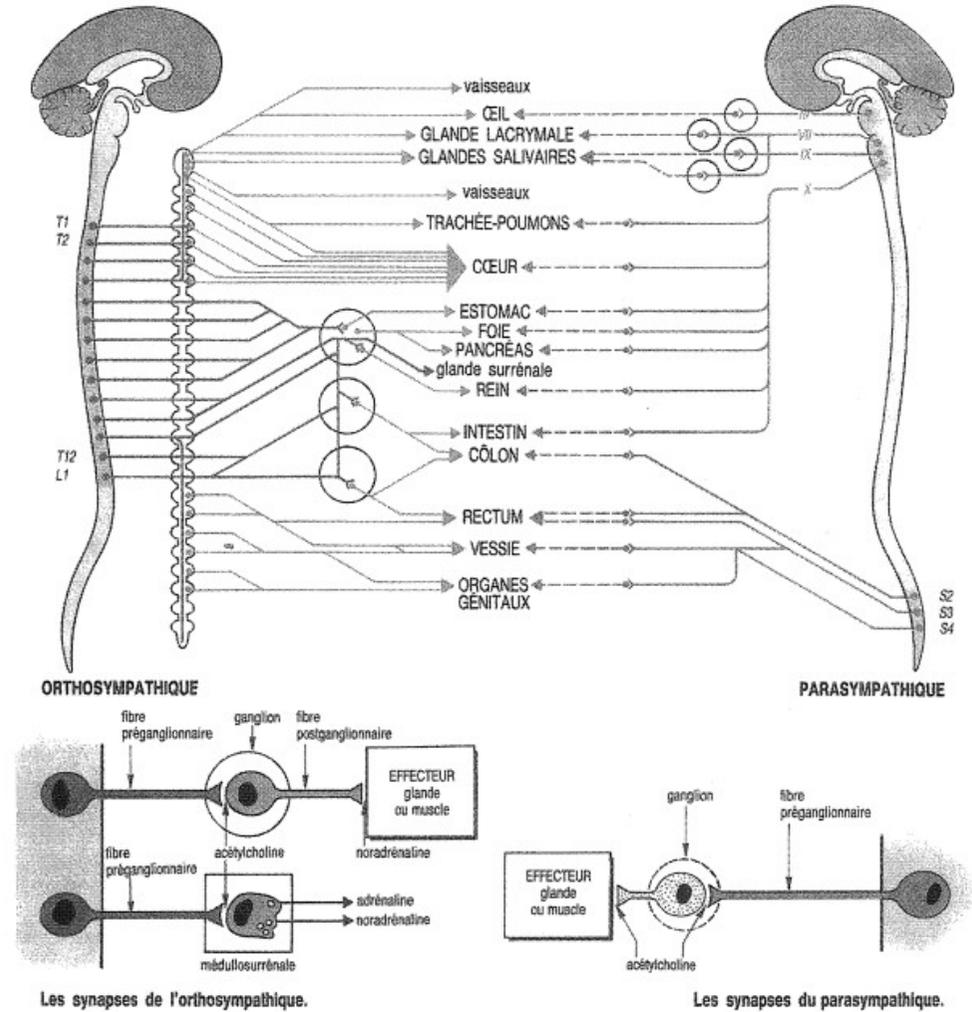
**ANNEXE 2 :
Influence du pH sur l'activité enzymatique de l'endopeptidase gastrique.**



ANNEXE 3 :
Schéma simplifié du catabolisme des acides gras (à rendre avec la copie).



ANNEXE 4 :
Organisation du système nerveux sympathique et parasympathique.
Selon « biologie humaine » de Périlleux, Anselme, Richard aux éditions Nathan



Exercice 2

Le microbiote constitue l'ensemble des micro-organismes vivant dans un environnement spécifique (être vivant ou support inerte). Le microbiote intestinal (ou flore intestinale) participe au fonctionnement de l'appareil digestif et semble également impliqué dans d'autres processus physiologiques de l'organisme. Le microbiote fait aujourd'hui l'objet de nombreux travaux de recherche.

1. Le microbiote et la digestion

Extrait d'un communiqué de presse de l'INRA – 17 janvier 2017

Microbiote : un nouvel éclairage sur le devenir des fibres alimentaires dans notre intestin

La dégradation des fibres alimentaires (et notamment des polysaccharides complexes) est une fonction majeure de notre microbiote intestinal que l'on situait jusqu'à présent uniquement dans le côlon. Or, grâce à des approches de métagénomique*, des chercheurs de l'INRA, en collaboration avec le CNRS, révèlent une activité fibrolytique au niveau de l'intestin grêle, plus précisément dans l'iléon. Publiés dans *Scientific Reports* le 16 janvier 2017, ces résultats conduisent à reconsidérer cette fonction de dégradation des fibres alimentaires et son impact sur la santé humaine.

* métagénomique : étude des gènes de l'ensemble d'une population bactérienne

Les aliments contiennent de nombreux polysaccharides. Certains, comme la cellulose, entrent dans la catégorie des fibres alimentaires. Leur dégradation est l'une des fonctions majeures du microbiote intestinal.

1.1. Définir le terme "polysaccharide".

1.2. Citer deux exemples de polysaccharides alimentaires n'appartenant pas à la catégorie des fibres.

1.3. Écrire la formule de la cellulose (l'association d'au moins trois unités est attendue). Nommer la liaison caractéristique.

Le **document 1** présente la réalisation d'un test à la liqueur de Fehling sur de la cellulose soumise au préalable à deux traitements différents.

1.4. Justifier l'apparition d'un précipité rouge brique dans ce test.
En déduire l'objectif de cette expérience.

1.5. Exploiter les résultats du document 1 et conclure sur le rôle du microbiote et des enzymes digestives vis-à-vis de la cellulose.

L'iléon semble être un lieu d'action du microbiote mais est aussi le lieu d'absorption de substances spécifiques.

1.6. Nommer les substances concernées par cette absorption.

Le **document 2** en annexe représente une coupe histologique d'iléon observée au microscope optique.

1.7. Reporter sur la copie les légendes du document 2.

1.8. Réaliser un schéma précis, légendé et titré, de la partie encadrée sur le document 2.

Outre les fibres alimentaires, le microbiote intestinal peut dégrader d'autres molécules non digérées par l'appareil digestif. Cela peut être le cas du lactose chez les adultes intolérants à ce glucide.

1.9. Nommer les molécules issues de la dégradation enzymatique du lactose ainsi que l'enzyme digestive responsable. Présenter, schéma légendé à l'appui, l'absorption de ces molécules par un entérocyte.

Le **document 3** présente les résultats d'une expérience réalisée sur les microbiotes de deux populations d'individus, les uns tolérants et les autres intolérants au lactose.

1.10. Analyser le document 3 et conclure sur les caractéristiques du microbiote chez les deux populations.

2. Rôle du microbiote dans le métabolisme lipidique

De nombreuses études et expériences ont permis de faire un lien entre obésité et microbiote.

2.1. Analyser les expériences décrites dans le **document 4**.

2.2. À l'aide des réponses fournies à la question 2.1, proposer un traitement envisageable de l'obésité.

L'augmentation de poids est associée à une augmentation de la masse grasse.

2.3. Nommer et décrire le principal type cellulaire qui compose la masse grasse (il est possible de réaliser un schéma légendé)

Données extraites des 12^{ème} Journées Francophones de Nutrition, 10-12 décembre 2014).

Le microbiote intestinal produit des métabolites particuliers à partir de l'**acide linoléique** (C18:2 $\Delta^{9,12}$) ou de l'**acide alpha-linolénique** (C18:3 $\Delta^{9,12,15}$). Ces métabolites influeraient sur le métabolisme lipidique hépatique.

2.4. Représenter la structure chimique (formule semi-développée) des deux acides gras soulignés.

Le catabolisme hépatique des acides gras implique leur activation préalable suivie du processus de bêta-oxydation. Cette voie est représentée sur le **document 5**.

2.5. Localiser le compartiment cellulaire dans lequel se déroule la β oxydation.

2.6. Reporter sur la copie les noms des quatre enzymes E1 à E4 et des deux composés a et b.

2.7. Citer les principaux devenir des composés b formés en phase post-prandiale dans les hépatocytes.

3. Le microbiote et la défense immunitaire (5,5 points)

Extrait d'un dossier réalisé par l'Inserm (février 2016)

Quand le microbiote rend service à l'organisme

...Des études montrent que le système immunitaire de souris axéniques* est immature et incomplet par rapport à celui de souris élevées normalement : dans l'épithélium intestinal de ces souris, les **plaques de Peyer**, inducteurs de l'immunité au niveau intestinal, sont immatures et les lymphocytes, effecteurs des réactions immunitaires, sont en nombre réduit. La **rate** et les **ganglions lymphatiques**, qui sont des organes immunitaires importants pour l'immunité générale de l'organisme, présentent aussi des anomalies structurelles et fonctionnelles. .../...

* souris axénique : souris sans microbiote

Les termes soulignés désignent une catégorie d'organes et tissus appartenant au système immunitaire.

3.1. Nommer cette catégorie et indiquer son rôle dans la défense immunitaire.

Les muqueuses jouent également un rôle primordial dans la défense immunitaire.

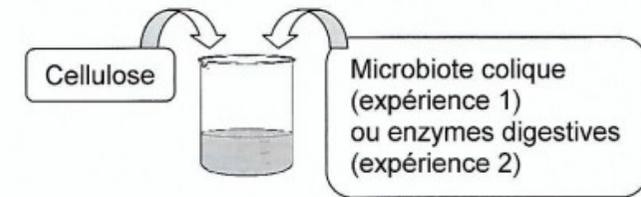
3.2. Citer le nom de la défense immunitaire associée aux muqueuses et expliquer succinctement son rôle.

3.3. Présenter les différents mécanismes « barrières » correspondant à cette défense immunitaire associée aux muqueuses.

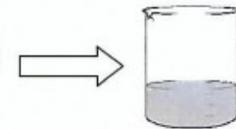
Document 1 : protocole des expériences et résultats

Protocole

Étape 1 : Mise en présence (Température 37°C)

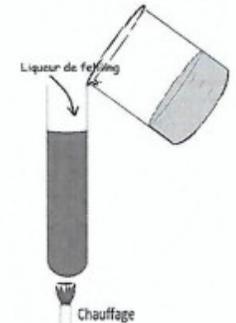


Étape 2 : Élimination du microbiote (expérience 1) ou des enzymes digestives (expérience 2)



Étape 3 : Test à la liqueur de Fehling (LF)

Les solutions issues des 2 expériences sont mélangées à de la LF (en milieu basique) puis chauffées.

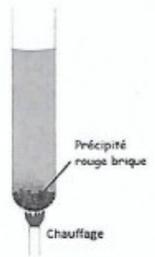


Résultats

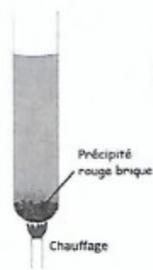
Témoin négatif (Eau + LF) :



Témoin positif (Glucose + LF) :



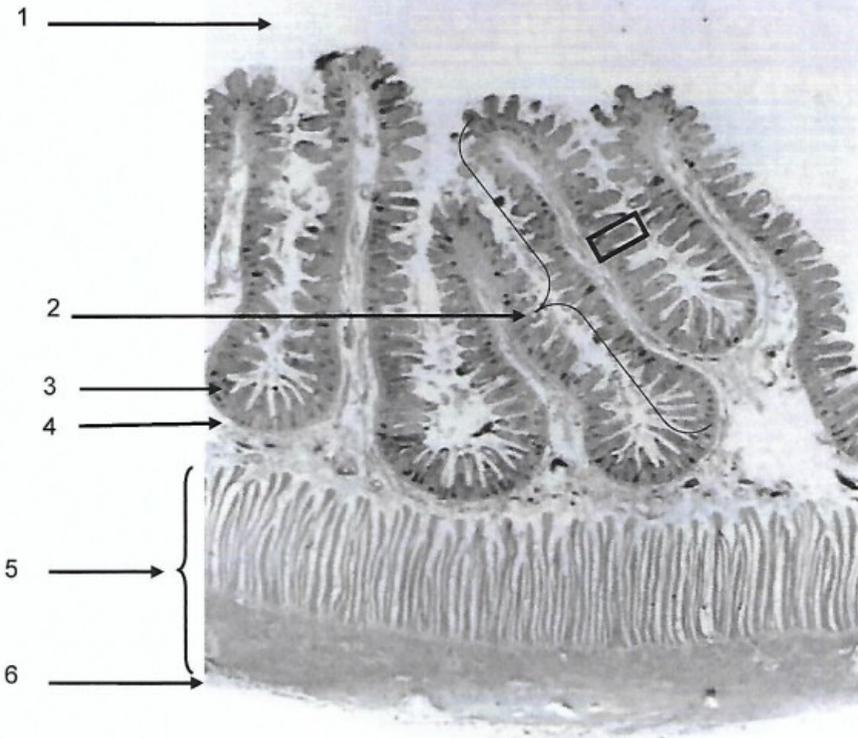
Résultat de l'expérience 1 :



Résultat de l'expérience 2 :



Document 2 : Photographie d'une coupe histologique d'iléon (microscope optique X 100)



Document 3 : catabolisme du lactose par le microbiote

Le catabolisme du lactose par le microbiote produit notamment du butyrate.

Expérience : Mise en culture *in vitro* de bactéries du microbiote provenant d'individus tolérants et intolérants au lactose. On ajoute du lactose et on suit l'évolution de la production de butyrate au cours du temps.

Tableau : Résultats obtenus montrant l'augmentation, au cours du temps, de la concentration du butyrate provenant de la dégradation du lactose par les bactéries issues des deux populations d'individus.

| Temps (en heure) | Concentration butyrate (en mmol/L) | |
|------------------|------------------------------------|-------------|
| | Tolérants | Intolérants |
| 0 | 0 | 0 |
| 1/2 | 0 | 0,25 |
| 1 | 0 | 1,1 |
| 2 | 0,8 | 2 |
| 3 | 1,4 | 3 |
| 5 | 2,2 | 5,2 |

Document 4 : microbiote et obésité

MICROBIOTE ET OBÉSITÉ CHEZ LA SOURIS

L'équipe de Jeffrey Gordon (*Washington University, USA*) a publié, en 2004, la première mise en évidence de l'effet du microbiote sur la prise de poids, en utilisant des souris axéniques (c'est à dire sans microbiote).

Extrait de la publication :

Expérience 1 : des souris axéniques sont obtenues après avoir été prélevées stérilement *in utero* puis placées dans une enceinte stérile, nourries d'abord au lait de souris stérilisé, puis avec un aliment solide également stérile. Les chercheurs ont constaté que les souris élevées de façon conventionnelle avaient 60% de masse grasse supplémentaire par rapport aux souris axéniques.

Expérience 2 : réalisation du transfert du microbiote de souris conventionnelles à des souris axéniques.

Dans les deux semaines suivant l'inoculation, on constate une augmentation de la masse grasse des souris axéniques.

Expérience 3 : réalisation du transfert du microbiote de souris obèses ou du microbiote de souris minces à des souris axéniques receveuses.

La prise de poids était plus importante chez les souris ayant reçu le microbiote des souris obèses.

Document 5 : Un tour "d'hélice" de la β oxydation

