

EXPOSITION

CAP SCIENCES

Grotte!

Que fait le microbiote ?

03
OCT
26

29
AOÛT
27



CAP
SCIENCES
Découvrons ensemble



Région
Nouvelle-
Aquitaine



BORDEAUX
MÉTROPOLE

Une exposition de:

cité
sciences
et industrie

En partenariat avec:

INRAE

WWW.CAP-SCIENCES.NET / HANGAR 20 – Quai de Bacalan – Bordeaux / 05 56 01 07 07

Présentation générale	3
<i>Les zones de l'exposition</i>	<i>3</i>
1) <i>Visite guidée de la digestion.....</i>	<i>3</i>
2) <i>Le microbiote se révèle.....</i>	<i>7</i>
3) <i>Le bien-être intestinal.....</i>	<i>9</i>
4) <i>Défi Curieux !</i>	<i>10</i>
Éclairages scientifiques	11
<i>Le système digestif</i>	<i>11</i>
<i>Les microorganismes</i>	<i>15</i>
<i>Le microbiote</i>	<i>17</i>
<i>La dysbiose</i>	<i>19</i>
Liens aux programmes scolaires	21
<i>Socle commun :</i>	<i>21</i>
<i>Parcours éducatifs.....</i>	<i>22</i>
<i>Cycle 2</i>	<i>22</i>
<i>Cycle 3</i>	<i>23</i>
<i>Cycle 4</i>	<i>24</i>
<i>Lycée général.....</i>	<i>25</i>
<i>Lycée professionnel</i>	<i>27</i>
Prolongements pour la classe.....	28
<i>En sciences.....</i>	<i>28</i>
Bibliographie	30
<i>Pour l'enseignant.....</i>	<i>30</i>
<i>Pour les élèves</i>	<i>31</i>
Vidéographie.....	32
<i>Pour l'enseignant.....</i>	<i>32</i>
<i>Pour les élèves</i>	<i>33</i>
Sitographie.....	34
Audiothèque	34
<i>Pour l'enseignant.....</i>	<i>34</i>
<i>Pour les élèves</i>	<i>34</i>
Animations à distance	35
Animations Edumedia	35
<i>1^{er} degré</i>	<i>35</i>
<i>2nd degré</i>	<i>35</i>

Présentation générale

Embarquez avec vos élèves à la découverte du microbiote. L'exposition est conçue d'après le livre « *Le charme discret de l'intestin* » de Giulia Enders, illustré par sa sœur Jill Enders. La jeune médecin allemande a mis en lumière avec humour l'importance de notre intestin et du microbiote.

L'exposition, fidèle à l'ouvrage, propose aux élèves un voyage ludique à travers le système digestif, s'appuyant sur des informations scientifiques mais aussi sur des astuces pour prendre soin de leur santé et de celle de leur microbiote. Après cette visite, ils ne verront plus leur « ventre » de la même manière...

Les zones de l'exposition

L'exposition est découpée en quatre parties :

- 1) La première partie permet de découvrir les différents **organes du système digestif**.
- 2) La deuxième partie présente le **microbiote intestinal** en expliquant comment il fonctionne mais aussi comment il est étudié par les scientifiques en laboratoire.
- 3) La troisième partie propose des pistes pour favoriser son **bien-être intestinal**.
- 4) Dans la dernière partie de l'exposition, le jeu « Défi curieux ! » propose d'approfondir certaines connaissances.

1) Visite guidée de la digestion

L'exposition présente des dispositifs exclusifs dédiés à la découverte de toutes les facettes de notre tractus digestif.

Le système digestif

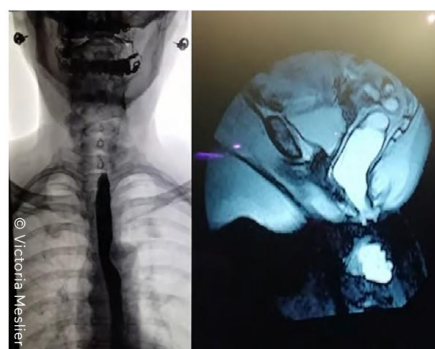
Miroir, ô mon miroir : les silhouettes allongées



Un jeu de miroirs permet au visiteur de superposer les organes de la digestion sur son propre corps pour comprendre leurs positions.

L'axe intestin-cerveau

Déglutition et défécation



Des films réalisés par rayons X et par IRM permettent de visualiser le processus de déglutition puis la progression du bol alimentaire jusqu'à la défécation.

Les organes, joyaux du corps humain

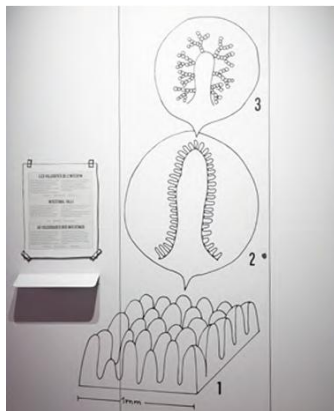


La communication cerveau-intestin est modélisée par un trajet lumineux reliant les deux organes. Il est accompagné d'un enregistrement de Giulia Enders qui explique le lien entre ces deux.



Des spécimens d'organes digestifs humains plastinés permettent de visualiser leurs réelles dimensions.

Villosités et microvillosités



L'intestin grêle forme des plis qui forment eux-mêmes des petites vagues. Sur un seul millimètre carré, il accumule une trentaine de villosités. En zoomant, chaque villosité est elle-même composée de microvillosités.

Fouiller les entrailles



La table d'autopsie virtuelle met en lumière les systèmes digestif, nerveux et sanguin ainsi que la circulation des gaz dans un corps.

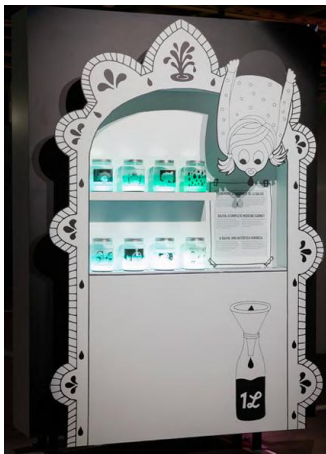
De la bouche à l'anus

Les élèves ouvrent la bouche du personnage imaginé par Jill Enders à qui on fait avaler une capsule munie d'une caméra. Ainsi, ils découvrent le tube digestif, filmé de l'intérieur, de la bouche à l'anus. A mesure que la vidéocapsule avance, l'organe digestif s'allume pour mieux se repérer. Le film dure en réalité 9h mais il a été accéléré en 3 minutes pour l'exposition !



La galerie des organes

Les pouvoirs de la salive



Des étagères, façon ancienne pharmacie, présentent des flacons remplis par les composants de la salive que nous produisons à hauteur de 1 litre par jour.

L'estomac, poche de guingois



Notre système digestif n'est pas un tube ou un tunnel vertical : l'estomac est dissymétrique. Cette position permet aux liquides d'aller plus rapidement dans l'intestin que des aliments solides. La mobilité du module permet d'observer comment une bulle d'air peut s'échapper.

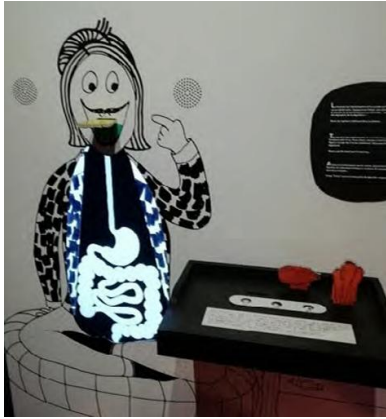
Sept mètres de long

Ce module permet d'éprouver les 7 mètres d'entrailles que constituent l'intestin grêle et le côlon en les déroulant de la silhouette et de faire la distinction entre les deux.

La chorégraphie de la digestion

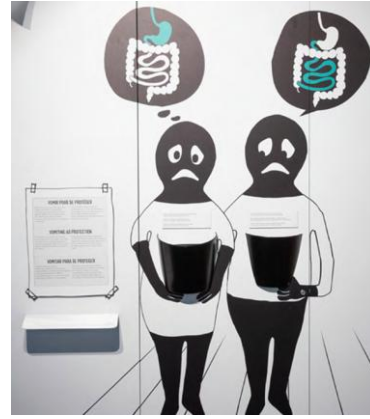
En choisissant une carotte, du pain blanc, du poulet ou des frites, les élèves observent 4 scénarii possibles de digestion via un film animé de Jill Enders.

Intolérance ou allergie ?



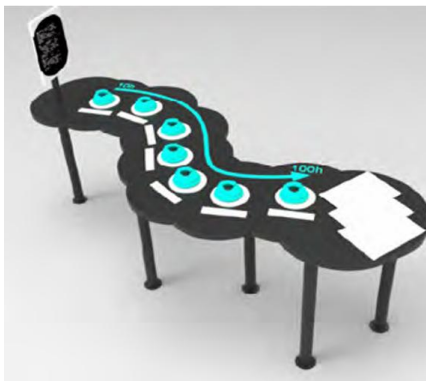
Le dispositif permet de faire la différence entre allergie ou l'intolérance alimentaire à partir d'exemples concrets : lait, blé, fructose et cacahuète. Les élèves découvrent les réactions de défense qui se mettent en place dans le corps.

Vomir pour se protéger



Vomir n'est pas une punition : c'est le signe que notre cerveau et notre appareil digestif communiquent bien et nous protègent de substances toxiques ingérées.

La consistance des crottes



Sept maquettes tactiles de crottes bleues illustrent les différentes consistances des selles qui ont été définies selon l'échelle de Bristol.

Les sphincters



Le dispositif présente le fonctionnement des sphincters internes et externes ainsi que la communication consciente ou inconsciente entre l'intestin et le cerveau.

Bien en selle ?

En expérimentant deux positions : pieds au sol, puis surélevés, les élèves découvrent quelle position anatomique est la plus adaptée pour faire leurs besoins !



2) Le microbiote se révèle

Le petit peuple du ventre

Un passage à la loupe plonge les élèves en immersion dans l'intestin hérissé de villosités. C'est en passant à l'échelle microscopique que l'on prend conscience de l'existence et de l'importance de ces microorganismes qui ont élu résidence dans les creux confortables de notre intestin.

Sas d'entrée, les bactéries sont partout



Pour marquer le changement d'échelle entre nos organes et le monde des microorganismes qui peuplent nos intestins, on traverse un sas tapissé de villosités.

La table du microbiote



Cette table introductive permet de découvrir la composition et la richesse du microbiote intestinal. Le microbiote à toucher : grossis 100 000 fois permet d'observer la diversité de formes et de tailles des microorganismes. Le poids du microbiote varie de 200 g à 2 kg : des poids permettent aux élèves de peser la différence.

Rencontre avec des supers bactéries



Un mur graphique interactif attend les élèves. Un par un, ils touchent l'une des bactéries pour qu'elle raconte son histoire, son rôle et son mode de vie.

Microbiote glouton, microbiote marmiton



Ici on nourrit le microbiote ! Les bactéries digèrent les molécules venant du bol alimentaire.

La culture des bactéries anaérobies



Microscope, tubes à essai, instruments de culture en absence d'oxygène... Les élèves découvrent les techniques scientifiques pour étudier le microbiote intestinal. Ces bactéries ne sont pas faciles à étudier car beaucoup d'entre elles meurent en présence d'oxygène : elles sont anaérobies.

La métagénomique



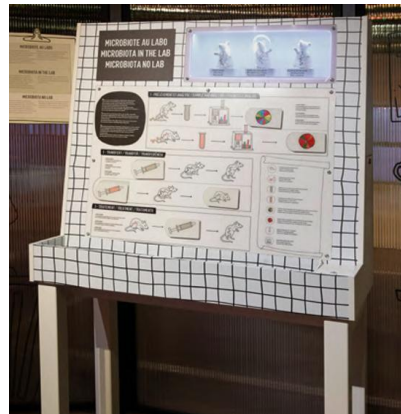
Avec ce film simple et didactique, les élèves comprennent qu'il est possible d'identifier les différents microorganismes présents dans le microbiote intestinal en utilisant directement leur séquence d'ADN.

Des souris sans bactéries



Dans la peau du laborantin... Les élèves manipulent à travers les gants les éléments de la chambre stérile. Balance, mètre, pipette... Pas facile de reproduire les gestes délicats des scientifiques !

Microbiote au labo



Les élèves doivent reconstituer un protocole expérimental sur le microbiote intestinal, mettant en jeu des souris axéniques. Cette manipulation leur permet de découvrir les six étapes de ce protocole.

3) Le bien-être intestinal

A chacun son microbiote



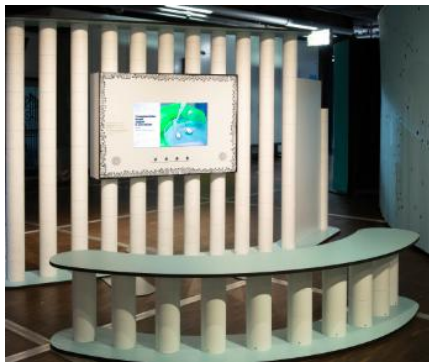
Un film explique comment s'installe le microbiote intestinal à la naissance et comment il évolue jusqu'à l'âge adulte. Notre microbiote est unique : il est influencé par notre mode de vie et notre régime alimentaire.

Mangez des fibres !



Ce jeu de la marchande revisité peut se jouer seul ou à deux. Les élèves ont pour mission de choisir les aliments permettant d'ingérer les 30g de fibres nécessaires quotidiennement.

Transplantation fécale, une greffe pas comme les autres



Ce film permet de découvrir une nouvelle thérapie : la transplantation fécale, destinée au traitement d'infections récurrentes à *Clostridium difficile*. Bien que prometteuse et donnant de l'espoir aux personnes malades, cette pratique n'est pas sans difficultés et comporte des limites.

Des bactéries dans le décor



Un décor de maison modélise les espaces où sont concentrées les bactéries. Des scénettes sensibilisent les élèves sur les comportements pouvant entraîner des conséquences néfastes sur la biodiversité de ces bactéries, notamment la prise d'antibiotiques ou une hygiène trop zélée. Des astuces sont proposées, notamment en matière d'hygiène, pour respecter la biodiversité et la présence des bactéries dans notre système digestif.

Les astuces



Un mur de rouleaux de papier toilette abrite 11 astuces pour prolonger ces notions du bien-être intestinal et entretenir son microbiote dans sa vie quotidienne.

4) Défi Curieux !



DÉFI CURIEUX ! est une forme de médiation scientifique reprenant les codes des jeux télévisés, afin d'enrichir les connaissances liées aux sciences de manière ludique. Il mettra en compétition 2 équipes d'élèves.

Les équipes devront s'affronter au travers de quiz et d'épreuves physiques, qui mettront à rude épreuve leurs compétences intellectuelles, collaboratives et de mémorisation. Ils seront amenés à réinvestir les savoirs développés dans l'exposition, faire preuve d'esprit critique pour déjouer les pièges des idées reçues et faire appel à des connaissances culturelles personnelles.

Au programme : connaissances générales sur les microorganismes, l'anatomie du système digestif, les facteurs influençant l'état du microbiote, les nouvelles technologies au service de la compréhension du microbiote...

Déroulement :

Deux équipes sont constituées : « les bactéries » et « les champignons » ! Elles vont s'affronter sur 3 manches. L'équipe gagnante est celle qui aura accumulé le plus de points lors de la dernière manche.

- 1ère manche : Les élèves jouent individuellement aux couleurs de leur équipe en répondant à un QCM à 3 possibilités de réponse.

- 2ème manche : Les élèves collaborent en trinôme ou binôme, toujours dans leur équipe sur un QCM à 4 possibilités de réponse.

- 3ème manche : Défi final – le meilleur duo ou trio des « bactéries » et des « champignons » s'affrontent sur le plateau pour représenter leur équipe. Qui sera l'équipe gagnante ?

Éclairages scientifiques

Le système digestif

Histoire de la compréhension de la digestion

Depuis très longtemps, les Hommes savent que la digestion s'effectue en plusieurs étapes : mastication, passage à travers les différents conduits et cavités du tube digestif, assimilation...¹.

Pendant l'Antiquité, plusieurs hypothèses coexistent pour expliquer le processus de digestion : coction par la chaleur, putréfaction, trituration et absence de modification (ou distribution des aliments crus).

« La théorie la plus répandue et la plus pérenne est celle de la coction ou cuisson par la chaleur innée, due à Hippocrate. Selon cette doctrine, exposée notamment dans l'Ancienne médecine, la cuisine des aliments sur le feu pour les rendre comestibles se prolonge par une cuisson interne dans l'estomac qui les transforme en nourriture assimilable par les parties du corps ».

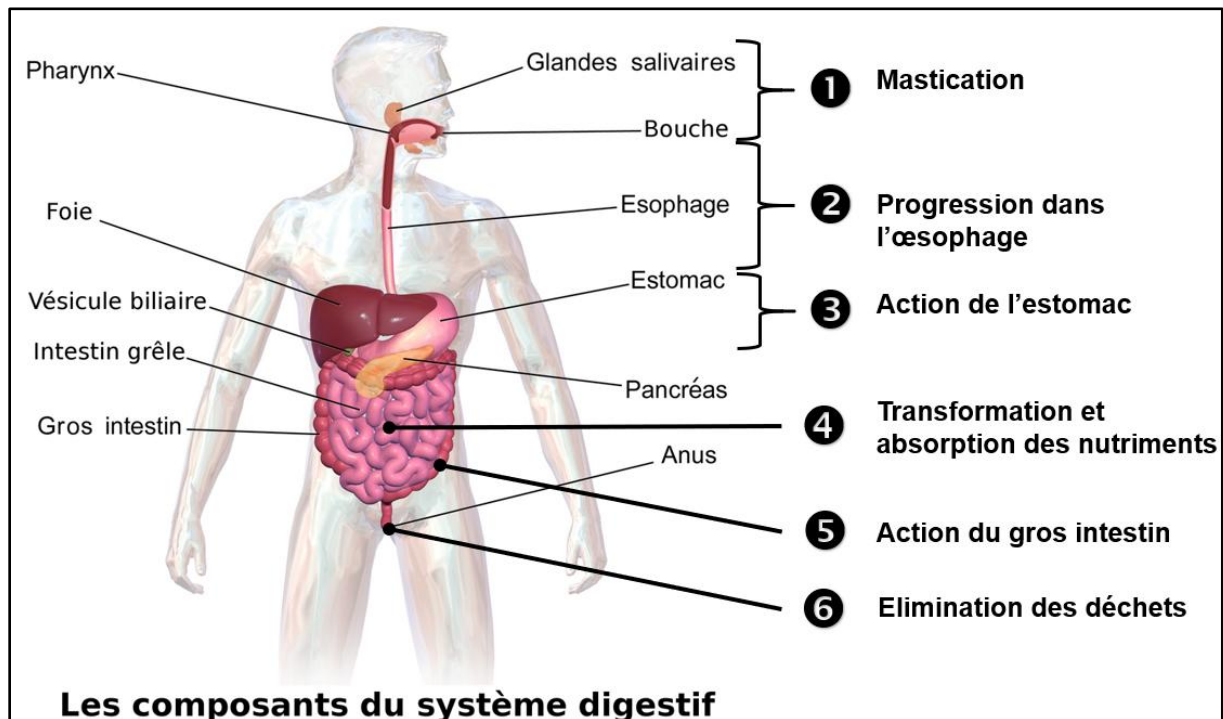
Au fil du temps, les expériences et les théories se poursuivent mais pendant longtemps, l'explication privilégiée est celle de l'action mécanique (les contractions de l'estomac désagrègent les aliments en particules de plus en plus petites) même si des scientifiques comme Jean Astruc s'opposent à cette théorie en 1714. Il défend l'idée que la digestion n'est pas qu'une trituration mais une « fermentation » qui s'opère sous l'action de la salive, de la bile et du suc pancréatique.

Ce sont les expériences de René-Antoine Ferchault de Réaumur (1752) et de Lazzaro Spallanzani (1783) qui vont réellement démontrer le caractère chimique de la digestion :

- Réaumur utilise des petits tubes de laiton ouverts aux extrémités et contenant de la viande qu'il fait avaler à des oiseaux. En les observant après régurgitation, il montre que la digestion est chimique. En effet, même à l'intérieur du tube, la viande a été réduite en une substance molle.
- Spallanzani reprend ces expériences en faisant varier des paramètres comme l'aliment, l'animal ou la température. Il expérimente aussi sur lui-même. Il testera même l'action des sucs gastriques in vitro. Pour cela, il récupère le suc gastrique des oiseaux et le met dans des tubes dans lesquels il ajoute de la viande. Une expérience témoin dans un tube contenant de l'eau lui permet d'affirmer que la digestion se fait aussi par une action chimique puisque la viande qui est dans le tube contenant du suc perd sa consistance contrairement à celle qui est dans le tube contenant de l'eau.

¹ Théories et imaginaire de la digestion dans l'Antiquité, Antoine Pietrobelli, <https://univ-reims.hal.science/hal-03468820/document>

Les étapes de la digestion² :



https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Blausen_0316_DigestiveSystem-fr.png

1) Mastication

La mastication est l'action de broyage des aliments qui se fait par les dents dans la bouche. C'est la première étape de la digestion au cours de laquelle deux éléments vont entrer en jeu :

- **Les dents** permettent d'écraser les aliments en petits morceaux pour pouvoir les avaler, faciliter l'action des sucs digestifs, briser les fibres, et commencer la digestion des glucides.
- **La salive³** qui est un mélange d'eau, de protéines, d'électrolytes et de sels minéraux, permet de transformer les aliments mâchés en une masse molle appelée **bol alimentaire** qui glissera plus facilement dans l'œsophage. De plus, la salive a une action chimique qui permet déjà de transformer certains composants des aliments pour les rendre plus facilement assimilables par notre organisme. La salive permet en particulier de commencer à digérer l'amidon. Un adulte produit environ 1 litre de salive par jour (mais cette quantité n'est pas constante, on salive par exemple plus debout que assis, et très peu la nuit).

A la fin de la mastication, la langue, qui est un muscle puissant, va faire basculer le bol alimentaire vers le fond de la bouche pour être avalé. Il passe dans l'œsophage grâce à l'ouverture d'un sphincter appelé sphincter supérieur de l'œsophage.

² <https://www.vidal.fr/sante/nutrition/corps-aliments/digestion-aliments.html>

³ <https://www.ufsbd44.com/salive>

2) Progression dans l'œsophage

L'œsophage est un long tube musculaire d'environ 25 centimètres de long qui relie le pharynx à l'estomac. Le bol alimentaire progresse dans l'œsophage par l'action de mouvements de contraction de ses fibres musculaires. Ce n'est donc pas la gravité qui permet aux aliments de descendre dans l'estomac, c'est d'ailleurs pour cette raison qu'il est possible de manger couché ou même la tête en bas.

Au bout de l'œsophage, le bol alimentaire passe par le sphincter œsophagien inférieur et entre dans l'estomac.

3) Action de l'estomac⁴

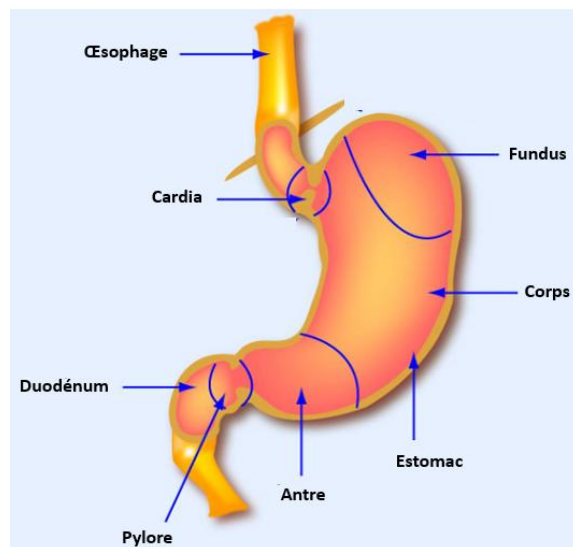
L'estomac agit par deux moyens pour casser les molécules des aliments en molécules plus petites pour obtenir un bol alimentaire liquide appelé **le chyme** :

- Une action mécanique
- Une action chimique grâce à un mélange d'acides et d'enzymes

Lorsque l'œsophage n'est pas utilisé, le sphincter œsophagien inférieur est fermé pour éviter la remontée d'acide depuis l'estomac.

La paroi intérieure de l'estomac est recouverte de mucus ce qui permet qu'il ne se digère pas lui-même.

L'estomac est un organe creux en forme de poche ou de haricot qui mesure en moyenne 25 centimètres de long et 11 centimètres de large. Il est divisé en trois parties : le fundus, le corps et l'antré. C'est dans l'antré qu'a lieu le brassage du bol alimentaire.



<https://www.flickr.com/photos/mitopencourseware/3704700138/in/photostream/>

Le bol alimentaire reste dans l'estomac entre 2 et 4 heures en moyenne, puis le chyme va passer par un autre sphincter appelé pylore. Cette durée peut toutefois augmenter en fonction de la quantité des aliments ou de leur composition.

⁴ <https://www.cancer.fr/personnes-malades/les-cancers/estomac/comprendre-la-maladie/anatomie>

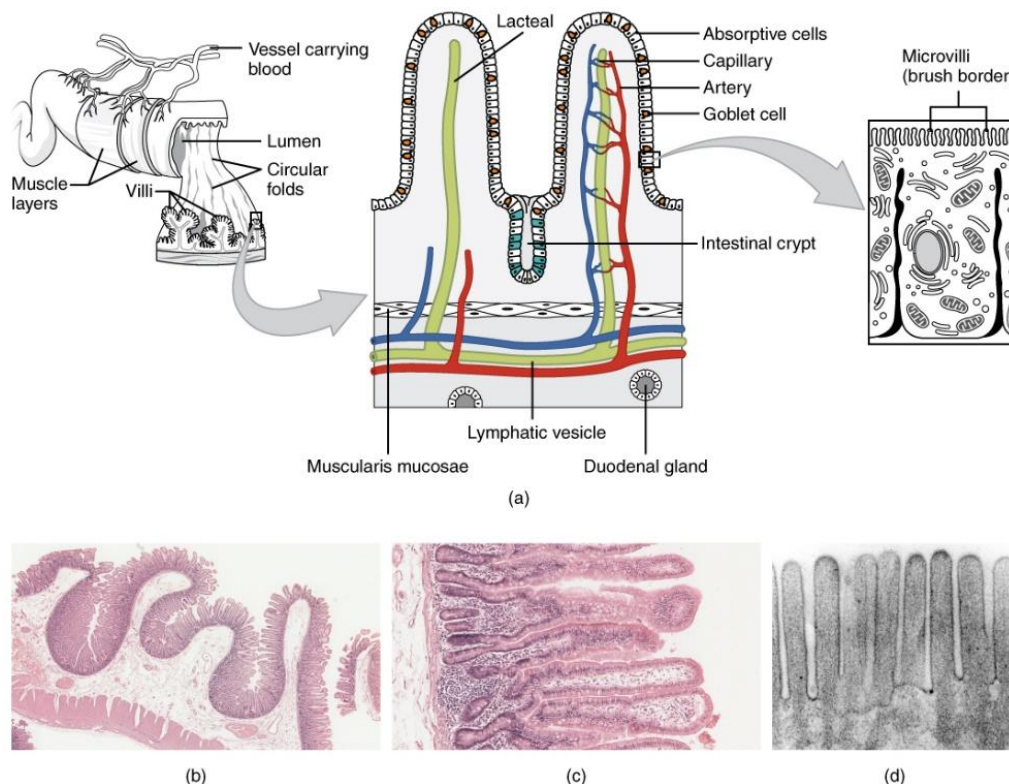
4) Transformation dans l'intestin grêle et absorption de nutriments

Le chyme arrive ensuite dans le duodénum, c'est la première partie de l'intestin grêle. Des organes par lesquels les aliments ne passent pas vont ensuite être impliqués pour apporter des nouvelles substances nécessaires à la digestion : le pancréas, le foie, la vésicule biliaire apportent des sucs digestifs qui permettent d'achever la transformation des aliments en nutriments. Ce sont des substances suffisamment petites pour être absorbées par l'organisme.

C'est au niveau de l'intestin grêle, qui est la partie la plus longue du système digestif, que cette absorption va s'opérer.

La paroi de l'intestin grêle est tapissée d'une succession de replis, appelés villosités, sur toute sa longueur. Ces villosités sont elles-mêmes formées de replis plus petits, les microvillosités.

Cette structure permet d'augmenter considérablement la surface de contact, donc d'absorption, entre les aliments et l'intestin grêle (chez un adulte, cette surface est d'environ 30 mètres carrés).



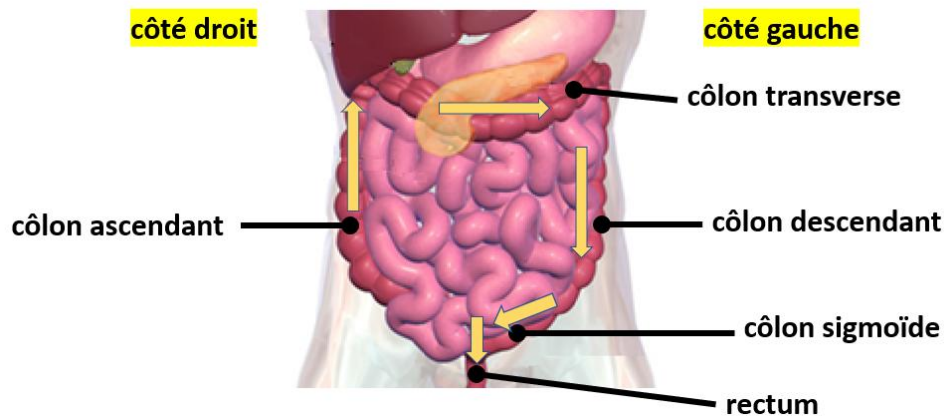
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:2418_Histology_Small_IntestinesN.jpg

5) Action du gros intestin

Le gros intestin, aussi appelé côlon, est la partie du système digestif dans laquelle la digestion va s'achever. Il mesure environ 1,5 m. Son rôle principal est d'absorber l'eau qui reste dans les résidus alimentaires provenant de l'intestin grêle.

Il est composé de 4 parties différentes :

- Le côlon ascendant qui se trouve sur notre côté droit
- Le côlon transverse
- Le côlon descendant
- Le côlon sigmoïde



6) Elimination des déchets

Le rectum est relié au côlon sigmoïde. Il mesure environ 15 cm de long. Il reçoit les déchets du côlon et les emmagasine jusqu'à ce qu'ils soient évacués du corps par l'anus.

Les selles, dont la couleur marron vient des pigments de la bile, sont composées de la partie indigeste des aliments : les fibres, des cellules de la paroi intestinale et d'énormément de bactéries qui représentent jusqu'à 30 % du poids des selles !

Les microorganismes

Les microorganismes sont des êtres vivants trop petits pour être vus à l'œil nu, il est nécessaire d'utiliser un microscope. On parle aussi de **microbes**.

On en trouve partout et même dans le corps humain. Certains peuvent être nocifs, mais ce n'est pas toujours le cas. Certains nous sont au contraire très utiles.

Il existe trois principaux types de microbes : les champignons microscopiques, les virus et les bactéries. Ces trois types de microbes sont présents, en permanence, dans le corps humain.

Les recherches récentes sur ces microorganismes obligent même à repenser l'être humain comme un holobionte, c'est-à-dire comme étant la somme de ses propres cellules et de tous les microorganismes qu'il héberge. Il est ainsi estimé que pour une cellule humaine, on dénombre une bactérie, cinq à dix virus et 0,1 champignon⁵.

⁵ https://www.medecinesciences.org/en/articles/medsci/full_html/2022/10/msc220112/msc220112.html#R4

1) Les virus^{6,7}

Les virus sont caractérisés par leur petite taille, de 17 à 300 nm. Leur observation nécessite un microscope électronique. Les virus sont des parasites qui utilisent les cellules infectées d'un hôte vivant pour pouvoir se multiplier.

Parmi les maladies humaines relativement courantes, on trouve le rhume, la grippe, la varicelle, la rougeole, la mononucléose infectieuse. Les virus sont aussi à l'origine de maladies plus sévères comme le SIDA, le SRAS, Ebola, la grippe aviaire, la variole, la polio, l'hépatite C.⁸ Certains virus sont dits oncogènes puisqu'ils rendent cancéreuses les cellules qu'ils infectent comme le papillomavirus. Cependant, tous les virus ne sont pas pathogènes.

2) Les champignons^{9,10,11}

Ce que l'on appelle champignon dans le langage courant n'est en réalité qu'une partie de cet organisme. Un champignon est un réseau de filaments appelé le mycélium qui peut produire des appareils reproducteurs (la partie visible est parfois consommée du champignon). C'est l'endroit où sont produits les spores qui permettent la reproduction des champignons.

Les champignons étant très présents dans notre environnement, on estime en moyenne à 20 000 le nombre de leurs spores dans chaque mètre cube d'air ambiant !

Les chercheurs distinguent deux groupes de champignons microscopiques : les champignons filamenteux (ou moisissures), et les levures. La peau et les muqueuses des mammifères, dont les humains, sont colonisées par des levures : on parle de **mycobiote**.

3) Les bactéries¹²

Une bactérie est un microorganisme unicellulaire sans noyau dont le génome est constitué d'ADN. A la différence du virus, la bactérie n'a pas nécessairement besoin d'une cellule pour survivre ou se multiplier. D'une grande diversité de tailles et de formes, certaines espèces peuvent mesurer jusqu'à 0,5 mm de long.

Les bactéries peuvent avoir besoin d'oxygène pour se développer (on les appelle alors aérobie) ou au contraire vivre dans des milieux dépourvus d'oxygène (on les appelle alors anaérobie). On en trouve dans des milieux très variés : dans l'eau, dans la terre, sur les êtres vivants...Elles peuvent se reproduire et se multiplier en se divisant.

Certaines bactéries peuvent nous être néfastes (pathogènes), et provoquer des maladies comme les infections urinaires, la tuberculose, le choléra, la lèpre... Mais d'autres bactéries

⁶ https://www.sciencesetavenir.fr/fondamental/biologie-cellulaire/les-virus-qu-est-ce-que-c-est_162035

⁷ <https://microbiome-foundation.org/le-microbiome-du-microbiome-le-virome/>

⁸ <https://www.lumni.fr/article/virus-et-bacteries>

⁹ <https://www.mnhn.fr/fr/qu-est-ce-qu-un-champignon>

¹⁰ <http://mnhn.fr/fr/quand-les-champignons-et-les-plantes-cooperent-decouvrez-le-mycobiote>

¹¹ <https://www.nationalgeographic.fr/sciences/sante-nutrition-intestin-cerveau-derriere-votre-microbiote-se-cache-un-autre-biote-tout-aussi-important>

¹² <https://www.geo.fr/environnement/quelle-est-la-difference-entre-une-bacterie-et-un-virus-204526>

sont inoffensives voire bénéfiques. C'est le cas des bactéries qui se trouvent dans le microbiote intestinal.

Le microbiote

Le microbiote est un ensemble de microorganismes non pathogènes qui vivent dans un environnement spécifique. Il était précédemment appelé flore intestinale car les microorganismes concernés ont l'apparence de plantes au microscope.

Dans notre corps, il existe plusieurs microbiotes : oral, cutané, vaginal, intestinal... Les microorganismes qui les composent sont plus ou moins nombreux en fonction des caractéristiques des organes. Par exemple, l'acidité de l'estomac est plutôt défavorable à ces microorganismes qui y sont cent millions de fois moins que dans le côlon.

Le microbiote intestinal^{13,14}

Composition et implantation

Cela fait plus d'un siècle que les scientifiques savent que l'intestin est peuplé de microorganismes mais les techniques pour les étudier étaient limitées.

Ce n'est que récemment, avec le développement de la métagénomique, que l'analyse du microbiote a été réellement rendue possible.

En effet, avant, pour étudier les microbes qui peuplaient un milieu, il était nécessaire de les récupérer et de les cultiver en laboratoire. Mais il n'était pas possible de tous les cultiver car beaucoup ne survivent pas en dehors de leur milieu. Les informations recueillies étaient donc limitées.

La métagénomique est une technique récente qui permet d'étudier tous les microorganismes d'un microbiote simultanément. Tous les ADN des espèces présentes sont analysés « en vrac » et les moyens informatiques permettent de faire un tri.

L'ordinateur compare ainsi les séquences de génome trouvées dans des bases de données pour identifier les microbes connus. Parfois, certaines séquences ne correspondent à aucun microbe connu. Cela permet ainsi d'en découvrir de nouveaux.

La métagénomique ne permet pas encore d'analyser avec précision la totalité d'un microbiote, mais elle a déjà permis de découvrir que chaque humain a un microbiote qui lui est propre et d'avoir des informations sur la composition globale de ces microbiotes.

D'où vient le microbiote ?

Dans le ventre de sa mère, un bébé est stérile. Une première acquisition de microbiote va s'opérer pendant la naissance. Si elle a lieu par voie basse, un premier microbiote se constituera grâce aux microbiotes vaginal et fécal de la mère. Si la naissance a lieu par

¹³ <https://www.inserm.fr/dossier/microbiote-intestinal-flore-intestinale/>

¹⁴ <https://lejournel.cnrs.fr/articles/microbiote-des-bacteries-qui-nous-veulent-du-bien>

césarienne, cela se fera plutôt par le contact avec le microbiote cutané ou par les microorganismes présents dans l'environnement.

Le microbiote intestinal va ensuite évoluer sous l'influence de la diversification alimentaire, de la génétique, du niveau d'hygiène, des traitements médicamenteux et de l'environnement. La composition du microbiote reste ensuite assez stable.

Les grandes fonctions du microbiote intestinal ^{15,16}

Les effets du microbiote ont été étudiés par le biais de souris élevées en milieu stérile qui n'ont donc pas de microbiote (on parle de souris axéniques).

Aide à la digestion et synthèse de vitamines

Comme cela a été expliqué, le corps humain n'est pas capable de retirer des nutriments de tous les aliments, comme les fibres végétales. Ces aliments vont donc se retrouver dans le gros intestin pour être éliminés. Mais c'est aussi dans cet endroit du corps que le nombre de microbes est le plus élevé. Or certains microbes qui habitent le gros intestin vont se montrer capables de digérer des aliments indigestes pour l'homme grâce à des enzymes qu'ils produisent. Ils vont les transformer en molécules utiles pour le corps humain.

De plus, le microbiote va produire des vitamines comme la vitamine K ou des vitamines du groupe B, essentielles à l'être humain, mais que celui-ci est incapable de produire seul.

Fonction de protection

Le microbiote, en occupant l'intestin, permet d'éviter la colonisation des microbes et protège ainsi l'organisme contre les attaques pathogènes.

C'est aussi vrai pour d'autres microbiotes : par exemple, certaines bactéries du microbiote de la peau produisent un antibiotique contre le staphylocoque doré, ce qui permet d'éviter des infections potentiellement graves. Ainsi, de nombreuses personnes sont porteuses saines de staphylocoques.

Présent dès le début de la vie d'un individu, le microbiote va aussi aider le système immunitaire à distinguer les espèces bénéfiques des pathogènes. Il entraîne aussi le système immunitaire à réagir à une stimulation, mais en évitant la sur-réponse.

Aide à la régulation du système immunitaire

Il a été observé que les souris axéniques ont un comportement différent des autres souris, cela suggère que le microbiote influence le comportement. De nombreuses recherches scientifiques sont en cours pour essayer de comprendre comment fonctionne le lien entre le microbiote et le cerveau :

¹⁵ <https://lefrenchgut.fr/le-microbiote/le-microbiote-intestinal-quest-ce-que-cest/>

¹⁶ <https://www.nationalgeographic.fr/sante/deuxieme-cerveau-le-ventre-nutrition-medecine-le-microbiote-intestinal-la-clef-de-notre-sante>

- « Le microbiote intestinal participe au fonctionnement du cerveau et à la régulation des humeurs »¹⁷
- « La composition du microbiote intestinal pourrait influencer nos prises de décision »¹⁸
- « Axe cerveau-intestin : lien entre le stress et le microbiote intestinal »¹⁹

Action des probiotiques et des prébiotiques²⁰

Puisque le microbiote est essentiel au fonctionnement du corps humain, il est essentiel d'en prendre soin. Les probiotiques et les prébiotiques sont ainsi vendus pour favoriser la santé des intestins, mais ils ne fonctionnent pas de la même manière :

- **Les probiotiques** sont des microorganismes (bactéries) qui, ingérés vivants, apportent un effet bénéfique. On peut les trouver en pharmacie ou dans des yaourts. On peut aussi en trouver dans certains aliments fermentés comme le kimchi, le kéfir ou le kombucha (mais ce n'est pas toujours le cas).
- **Les prébiotiques** sont des glucides ou des fibres que nous ne pouvons pas digérer mais qui peuvent nourrir le microbiote et le rendre plus sain. On les trouve principalement dans les aliments riches en fibres : fruits, légumes, céréales.

Les probiotiques et les prébiotiques peuvent donc agir ensemble pour favoriser la santé du microbiote, même si là encore, les recherches sont en cours pour en déterminer l'efficacité réelle.

La dysbiose

La composition ou le fonctionnement du microbiote intestinal peuvent être perturbés, on parle alors de **dysbiose**. Celle-ci peut être due à un traitement antibiotique par exemple. Mais dans ce cas, après quelques jours ou quelques semaines, le microbiote revient à la normale.

Cependant, le microbiote peut être durablement altéré par exemple par la prise répétée d'antibiotiques. Les antibiotiques ne sont donc pas sans conséquences pour l'organisme, et peuvent même, à terme, engendrer l'apparition de bactéries résistantes aux antibiotiques²¹.

Il semblerait aussi que certains pesticides puissent avoir un impact sur la composition du microbiote.

Or, comme expliqué précédemment, le microbiote est une composante importante du bon fonctionnement du corps et il a été montré que certaines maladies sont associées à une dysbiose (comme les maladies inflammatoires chroniques de l'intestin).

C'est pour cela que la recherche s'intéresse particulièrement à la compréhension du microbiote, il s'agit d'un champ de recherche en pleine expansion et une source d'espoir pour

¹⁷ <https://www.pasteur.fr/fr/espace-presse/documents-presse/microbiote-intestinal-participe-au-fonctionnement-du-cerveau-regulation-humeurs-0>

¹⁸ <https://institutducerveau.org/actualites/composition-microbiote-intestinal-pourrait-influencer-nos-prises-decision>

¹⁹ <https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-04627053v1/file/THESE%20LOU%20MALEGUE%20VF%2017.06.pdf>

²⁰ <https://www.inserm.fr/c-est-quoi/reflorir-ou-faire-florir-c-est-quoi-probiotiques-et-prebiotiques/>

²¹ <https://www.inserm.fr/dossier/resistance-antibiotiques/>

certaines pathologies. Toutefois, malgré des progrès importants, le microbiote n'est pas entièrement compris à l'heure actuelle, en particulier en ce qui concerne le lien (corrélation ou causalité) entre dysbiose et maladie.

Afin de mieux le comprendre, et face à la multitude de microbiotes différents qui existent, il est essentiel pour les chercheurs d'avoir accès à un nombre important de données.

C'est l'objectif, par exemple, du projet « **Le French Gut** » :



Il s'agit d'un projet de sciences participatives porté par MetaGenoPolis/INRAE et l'AP-HP pour comprendre comment le microbiote varie d'une personne à l'autre, en bonne santé comme en cas de maladie.

Lancé le 4 décembre 2023, ce projet ambitionne de collecter 100 000 échantillons fécaux de français volontaires.

Il a aussi pour objectif d'aider à développer, à partir des connaissances acquises, de nouvelles solutions thérapeutiques contre les maladies chroniques (diabète, obésité, cancer, allergies, maladies inflammatoires chroniques intestinales...).

Une extension appelée « Le French Gut Kids²² » a maintenant pour ambition de recueillir les échantillons fécaux de 10 000 enfants de 3 à 17 ans d'ici 2029, aussi bien en bonne santé que malades, dans toutes les régions de France hexagonale.



²² <https://www.inrae.fr/actualites/french-gut-kids-lancement-du-projet-explorer-microbiote-intestinal-jeunes-france>

Liens aux programmes scolaires

Socle commun²³ :

Domaine 1 : Les langages pour penser et communiquer :

- L'élève parle, communique, argumente à l'oral de façon claire et organisée ; il adapte son niveau de langue et son discours à la situation, il écoute et prend en compte ses interlocuteurs.
- L'élève produit et utilise des représentations d'objets, d'expériences, de phénomènes naturels tels que schémas, croquis, maquettes. Il lit, interprète, des tableaux, des graphiques et des diagrammes organisant des données de natures diverses.

Domaine 2 : Les méthodes et outils pour apprendre :

- L'élève met en œuvre les capacités essentielles que sont l'attention, la mémorisation, la mobilisation de ressources, la concentration, l'aptitude à l'échange et au questionnement, le respect des consignes, la gestion de l'effort.
- Il sait identifier un problème, s'engager dans une démarche de résolution, mobiliser les connaissances nécessaires, analyser et exploiter les erreurs, mettre à l'essai plusieurs solutions.
- L'élève travaille en équipe, partage des tâches, s'engage dans un dialogue constructif, accepte la contradiction tout en défendant son point de vue, fait preuve de diplomatie, négocie et recherche un consensus.

Domaine 3 : La formation de la personne et du citoyen :

- L'élève fonde et défend ses jugements en s'appuyant sur sa réflexion et sur sa maîtrise de l'argumentation. Il peut discuter de ces choix ainsi que de quelques grands problèmes éthiques liés notamment aux évolutions sociales, scientifiques ou techniques.

Domaine 4 : Les systèmes naturels et les systèmes techniques :

- L'élève sait mener une démarche d'investigation. Pour cela, il décrit et questionne ses observations ; il prélève, organise et traite l'information utile ; il formule des hypothèses, les teste et les éprouve ; il manipule, explore plusieurs pistes, procède par essais et erreurs ; il modélise pour représenter une situation ; il analyse, argumente, mène différents types de raisonnements (par analogie, déduction logique...) ; il rend compte de sa démarche. Il exploite et communique les résultats de mesures ou de recherches en utilisant les langages scientifiques à bon escient.
- L'élève connaît l'importance d'un comportement responsable vis-à-vis de l'environnement et de la santé et comprend ses responsabilités individuelle et collective.

²³ [Article Annexe - Code de l'éducation - Légifrance](#)

- Il sait que la santé repose notamment sur des fonctions biologiques coordonnées, susceptibles d'être perturbées par des facteurs physiques, chimiques, biologiques et sociaux de l'environnement et que certains de ces facteurs de risques dépendent de conduites sociales et de choix personnels. Il est conscient des enjeux de bien-être et de santé des pratiques alimentaires et physiques. Il observe les règles élémentaires de sécurité liées aux techniques et produits rencontrés dans la vie quotidienne.

Domaine 5 : Les représentations du monde et l'activité humaine :

- L'élève s'initie à la diversité des expériences humaines et des formes qu'elles prennent : les découvertes scientifiques et techniques ...

Parcours éducatifs²⁴

Cette exposition s'inscrit dans le parcours éducatif de santé qui permet aux élèves de la maternelle au lycée de vivre des dispositifs qui concernent à la fois la protection de la santé des élèves, les activités éducatives liées à la prévention des conduites à risques et les activités pédagogiques mises en place dans les enseignements.

Cycle 2²⁵

Sciences et technologie

Au cours du CE1, les élèves auront abordé plusieurs thématiques scientifiques faisant écho à l'exposition sur le microbiote : la modification de la dentition, l'équilibre alimentaire, les apports spécifiques des aliments et le lien entre hygiène de vie et santé.

CE2 :

Les êtres vivants dans leur environnement

Unité et diversité du vivant

-Décrire les caractéristiques des êtres vivants (biologie)

-L'élève recherche et organise les informations recueillies dans différentes rubriques à partir de sorties et de documents.

Observer et décrire son environnement proche

-Observer des environnements variés pour élargir la connaissance des êtres vivants, de leurs interactions et de leurs milieux de vie.

-Au cours de différentes sorties, l'élève nomme les êtres vivants, leur groupe dans la classification du vivant et décrit leur mode de vie dans leur environnement.

-L'élève découvre la diversité des êtres vivants.

²⁴ <https://www.ac-lyon.fr/les-4-parcours-educatifs-122114>

²⁵ <https://www.education.gouv.fr/sites/default/files/document/annexe-1-programme-de-sciences-et-technologie-du-cycle-2-517289.pdf>

CE2 :

Se connaître, vivre et grandir avec son corps

- Se sentir bien dans son corps et en prendre soin.
- Développer sa capacité d'attention à soi.
- Être capable de repérer les comportements favorables à sa santé et apprendre à faire des choix favorables à soi et aux autres.

Cycle 3²⁷

Sciences et technologies

CM1 :

Les êtres vivants dans leur environnement

Unité et diversité du vivant

- Réaliser une classification en groupes emboîtés à partir d'un petit nombre d'espèces.

Les écosystèmes

-Définir un écosystème comme un ensemble d'êtres vivants, leur milieu de vie et leurs relations.

Le corps humain et la santé

Le cerveau : introduction à quelques grandes fonctions

- Localiser le cerveau et l'identifier comme un organe impliqué dans différentes fonctions : perception sensorielle, élaboration des émotions, apprentissage...

CM2 :

Le corps humain et la santé

Alimentation humaine

-Identifier et localiser la transformation des aliments dans l'appareil digestif (mastication par les dents, changements de texture lors du trajet) en nutriments utilisables par les organes.

-Nommer et localiser les différents organes du système digestif, en les associant à leur fonction.

-L'élève identifie le parcours des aliments au sein du tube digestif.

²⁶

<file:///C:/Users/k.gimeno/Downloads/Programme%20d%E2%80%99C3%A9ducation%20C3%A0%20la%20vie%20affective%20et%20relationnelle%20C3%A0%20l%E2%80%99C3%A9cole%20C3%A9l%C3%A9mentaire-405261.pdf>

²⁷ <https://www.education.gouv.fr/sites/default/files/document/annexe-2-programme-de-sciences-et-technologie-du-cycle-3-519023.pdf>

-Identifier le rôle de la circulation sanguine dans l’approvisionnement des organes en nutriments.

-L’élève identifie les transferts de nutriments entre l’intestin et le sang et entre le sang et les organes. (cerveau)

6^{ème} :

Les êtres vivants dans leur environnement

Unité et diversité du vivant

-Réaliser des observations microscopiques de cellules et d’organismes unicellulaires.

Les écosystèmes

-Etablir un lien entre un milieu et son peuplement dans des écosystèmes, à partir de sorties ou de recherches documentaires.

Le corps humain et la santé

Alimentation humaine

-Rechercher et exploiter des informations sur l’alimentation pour identifier des comportements favorables à la santé.

-Réaliser une transformation alimentaire impliquant des microorganismes effectuant une fermentation et identifier certains paramètres et leur évolution lors de cette transformation.

-Observer au microscope les microorganismes impliqués dans la fermentation étudiée.

-L’élève conçoit, réalise des expériences et exploite des documents pour mettre en évidence le rôle des microorganismes dans la fabrication d’aliments et de leur conservation.

Programme d’éducation à la vie affective et relationnelle

CM1 :

Se connaître, vivre et grandir avec son corps

-Comprendre qu’il est important de se sentir bien dans son corps et de l’écouter.

Cycle 4²⁸

Sciences de la vie et de la Terre

Le vivant et son évolution

Attendus de fin de cycle : Etablir des relations de causalité entre différents faits pour expliquer : la nutrition des organismes, la classification du vivant, la biodiversité...

- Relier les besoins en nutriments et dioxygène des cellules animales et le rôle des systèmes de transport dans l’organisme.

²⁸ https://cache.media.education.gouv.fr/file/31/89/1/ensel714_annexe3_1312891.pdf

- Nutrition et organisation fonctionnelle à l'échelle de l'organisme, des organes, des tissus et des cellules.
- Nutrition et interactions avec des microorganismes.

Le corps humain et la santé

Attendus de fin de cycle :

- *Expliquer quelques processus biologiques impliqués dans le fonctionnement de l'organisme humain, jusqu'au niveau moléculaire : activités musculaire, nerveuse, cardiovasculaire et respiratoire, activité cérébrale, alimentation et digestion, relations avec le monde microbien, reproduction et sexualité.*
- *Relier la connaissance de ces processus biologiques aux enjeux liés aux comportements responsables individuels et collectifs en matière de santé.*
 - Mettre en évidence le rôle du cerveau dans la réception et l'intégration d'informations multiples.
 - Expliquer le devenir des aliments dans le tube digestif. - Système digestif, digestion, absorption ; aliments et nutriments. Relier la nature des aliments et leurs apports qualitatifs et quantitatifs pour comprendre l'importance de l'alimentation pour l'organisme (besoins nutritionnels).
 - Relier le monde microbien hébergé par notre organisme et son fonctionnement. - Ubiquité, diversité et évolution du monde bactérien (dont la résistance aux antibiotiques) / Expliquer les réactions qui permettent à l'organisme de se préserver des micro-organismes pathogènes.

Programme d'éducation à la vie affective et relationnelle (EVARS)

5^{ème} :

Se connaître, vivre et grandir avec son corps

- Identifier la santé comme un « état complet de bien-être physique, mental et social » (définition de l'Organisation mondiale de la santé).

4^{ème} :

Se connaître, vivre et grandir avec son corps

- Développer sa capacité à faire des choix responsables.

Lycée général

Sciences de la vie et de la Terre

2nd29 :

Thème : Corps humain et santé

Microorganismes et santé

Les élèves abordent deux types de relations entre l'être humain et les microorganismes et les replacent dans les écosystèmes dans lesquelles elles évoluent :

- des relations bénéfiques de type symbiotique où les microorganismes remplissent des fonctions contribuant à la santé de notre organisme ;
- des relations avec des agents pathogènes qui peuvent avoir une très grande importance en santé publique, en France comme au niveau mondial car ils sont responsables de potentielles flambées épidémiques.

Microbiote humain et santé :

Notions fondamentales : symbiose ; hôte et microbiote ; unicité et diversité du microbiote ; habitudes alimentaires et évolution du microbiote ; microbiote maternel et construction de la symbiose hôte-microbiote ; compétition entre microbes.

Capacités :

- Analyser, comparer, critiquer des informations sur les effets scientifiquement prouvés du microbiote et sur l'utilisation du microbiote en santé humaine.
- Savoir évaluer les précautions hygiéniques nécessaires au plus juste (fréquence et pertinence des lavages de mains et utilisation de gels hydro-alcooliques).

1^{ère} générale spécialité SVT³⁰ :

Thème : Corps humain et santé

Variation génétique et santé

Patrimoine génétique et santé

Recenser, extraire et organiser des informations pour identifier :

- l'origine multigénique de certaines pathologies
- l'influence de facteurs environnementaux.

Variation génétique bactérienne et résistance aux antibiotiques

Recenser, extraire et organiser des informations pour : • identifier la sensibilité ou la résistance de micro-organismes à différents antibiotiques

Le fonctionnement du système immunitaire humain

Terminale³¹ :

Thème : La Terre, la vie et l'organisation du vivant

Génétique et évolution

Mécanismes qui contribuent à la diversité du vivant : La diversification phénotypique des êtres vivants n'est pas uniquement due à la diversification génétique. D'autres mécanismes interviennent : associations non héréditaires (pathogènes ou symbiotes ; cas du microbiote acquis)

³⁰ [Programme de sciences de la vie et de la Terre de première générale-251826.pdf](#)

³¹ [spe252annexe1159114pdf-82881.pdf](#)

2nd :

Se connaître, vivre et grandir avec son corps

- Prendre soin de son corps et développer une image positive de soi.
- Prendre conscience de sa capacité à agir au bénéfice de son bien-être

1^{ère} :

Se connaître, vivre et grandir avec son corps

- Faire des choix en restant maître de soi et attentif à sa santé.
- Identifier différents risques encourus sur la santé et connaître les moyens qui permettent de les prévenir.
- Réfléchir aux enjeux éthiques et de santé de la modération : questionner les notions d'harmonie, d'équilibre, de mesure, de maîtrise de soi.

Lycée professionnel

En lycée professionnel, la notion de **microbiote** n'apparaît pas forcément sous ce terme précis. Cependant, elle est largement enseignée de manière appliquée à travers **la microbiologie, la nutrition, la fermentation et l'hygiène**.

Discipline PSE

Prévention, Santé, Environnement : Ce module traite des risques liés aux micro-organismes, des règles d'hygiène protégeant le microbiote de la peau, et de l'impact des antibiotiques (qui peuvent altérer la flore intestinale).

1. Le pôle Laboratoire & Bio-industries

C'est dans ces filières que l'étude des bactéries, levures et champignons est la plus poussée.

- **Bac Pro PIPAC** (Production en Industries Pharmaceutiques, Alimentaires et Cosmétiques — anciennement Bac Pro BIT) : Le programme intègre de la **microbiologie et de la biochimie**. Les élèves étudient la prolifération bactérienne, la fabrication de produits fermentés (riches en probiotiques comme les yaourts ou le kéfir) et la maîtrise des flores microbiennes.
- **Bac Pro LCQ** (Laboratoire Contrôle de la Qualité) : Ce cursus forme aux analyses biologiques. Les élèves apprennent à réaliser des prélèvements stériles, à isoler, cultiver et dénombrer des souches bactériennes en boîte de Petri (techniques similaires à l'analyse d'un microbiote).

2. Le pôle Santé, Social & Soins à la Personne

• **Bac Pro ASSP** (Accompagnement, Soins et Services à la Personne) : À travers les cours de **Biologie et de Nutrition**, les élèves étudient l'appareil digestif et l'équilibre alimentaire. Ils abordent l'importance des nutriments (comme les fibres) pour maintenir le corps sain. [[1](#), [2](#)]

3. Le pôle Alimentation & Cuisine

- **Bac Pro Cuisine / Métiers de l'Alimentation** (Boulangier, Pâtissier, Charcutier-Traiteur) : Ces programmes intègrent les "sciences appliquées". Les élèves y étudient la **fermentation vivante** (levains, flore de maturation de la charcuterie ou du fromage) et

l'impact de ces bactéries bénéfiques sur le système digestif et la conservation des aliments.

Prolongements pour la classe

En sciences

Pour tous les cycles



Activités sur les microbes / microorganismes

« e-Bug » est une ressource éducative gratuite et ludique destinée à faciliter les interventions auprès des élèves des écoles, des collèges et des lycées. Ces outils, basés sur des preuves, évalués sur le terrain, relus par les partenaires scientifiques, sont validés et recommandés par l'Education Nationale. Ils sont gratuits et modifiables*.

Activités par cycles

CYCLE 2

Manger, bouger pour ma santé

Le projet « Manger, bouger pour ma santé » de **La Main à la pâte** regroupe des ressources diverses pour permettre aux élèves de découvrir l'importance d'une alimentation variée et de l'exercice physique. Il comporte des séquences de travail sur la nutrition et l'activité physique pour la maternelle et le cycle 2.

Nutrition et digestion

Séquence de 6 séances pour le CE2.

Ressource Rotonde des Mines de Saint-Etienne

CYCLE 3

Que devient la pomme que je mange ?

Séquence de 6 séances pour connaître l'appareil digestif et son fonctionnement.

Que deviennent les aliments que nous mangeons ?

Cette séquence de 6 à 8 séances est extraite du document "Enseigner les sciences à l'école" réalisée par le MJENR/DESCO et l'Académie des sciences/La main à la pâte.

Fermentation et histoire des sciences

Projet de 5 séquences sur l'histoire de la fermentation, indispensable à la production de certains aliments comme le pain, le fromage ou le vinaigre.

Des parcours plus courts sont également proposés pour n'aborder que certains aspects de ce sujet qui mêle histoire et sciences.

Le yaourt

Une investigation proposée sur le site Eduscol à mener en classe sur le yaourt. Elle permet de découvrir l'intervention de microorganismes nécessaires pour transformer le lait en yaourt.

Microorganismes et transformation alimentaire

Cycle 2

Cycle 3

Cette séquence permet d'aborder la fermentation sous l'angle du biologiste. Les élèves vont ainsi comprendre l'origine du sucre, réactif de la fermentation.

Biodiversité microscopique et fermentation

Cette séquence de deux activités permet d'approfondir la compréhension du phénomène de fermentation. En réalité, il n'existe pas une, mais des fermentations causées par une diversité d'êtres vivants microscopiques.

CYCLE 4

Diversité du monde bactérien : pathogènes, microbiote et alimentation

La séquence d'activités "Microbiote et Alimentation" s'adresse aux enseignants du collège. Elle aborde la notion de microbiote et l'importance de celui-ci pour notre santé.

Le monde microbien et notre organisme

Propositions d'activités pour relier le contact des micro-organismes avec le corps humain à des conséquences sur son fonctionnement en progressivité sur les 3 années du cycle 4.

QCM sur le microbiote intestinal

Cette activité sous forme de QCM peut s'envisager en introduction à l'étude du microbiote intestinal puisqu'elle ne nécessite aucune connaissance préalable.

Le microbiote : un modèle numérique

Dossier qui propose aux élèves d'utiliser un modèle numérique de microbiote intestinal afin de déterminer quelques rôles physiologiques des communautés bactériennes du microbiote.

LYCEE

Microbiote humain et santé - Une approche écosystémique

Ensemble de ressources scientifiques et pédagogiques pour la classe de 2^{nde} permettant d'aborder ce thème sous l'angle de la notion d'écosystème.

Les variations de la composition du microbiote

Proposition de travail à destination des 2^{nde} sur deux facteurs influençant la composition du microbiote : la prise d'antibiotiques et la richesse en fibres de l'alimentation.

Une symbiose entre le microbiote intestinal et son hôte

Proposition d'exploitation d'un logiciel de modélisation de microbiote intestinal pour identifier les bénéfices réciproques résultant des interactions entre le microbiote et l'organisme qui l'héberge.

Microbiote et immunité intestinale

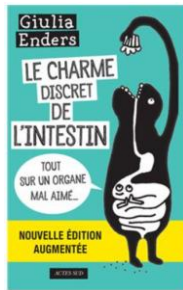
Simulations numériques d'expériences sur le rôle bénéfique du microbiote sur les réactions immunitaires déclenchées face à des infections intestinales.

Les rôles du microbiote

Proposition de 2 activités sur le microbiote avec le logiciel de simulation Thyp.

Bibliographie

Pour l'enseignant



Le charme discret de l'intestin, Giulia Enders, Actes Sud, 2015

Alors jeune doctorante et nouvelle star allemande de la médecine, Giulia Enders rend ici compte des dernières découvertes sur un organe sous-estimé. Elle explique le rôle que jouent notre “deuxième cerveau” et son microbiote (l'ensemble des organismes l'habitant) dans des problèmes tels que le surpoids, la dépression, la maladie de Parkinson, les allergies...



Organique, Giulia Enders, Albin Michel, 2026

En s'appuyant sur les découvertes les plus récentes, et grâce à son inimitable talent de conteuse, Giulia Enders dessine une cartographie sensible de notre être organique et éveille un intérêt passionné pour ce qui nous est à la fois si proche et si lointain : nous-mêmes.



Moi, microbiote, maître du monde : Les microbes, 30 billions d'amis, Ed Yong, Dunod, 2017

Ed Yong raconte dans cet ouvrage l'histoire édifiante de la découverte du microbiote et comment elle a complètement bouleversé notre conception du vivant.



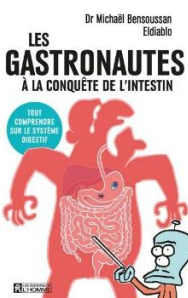
Qu'est-ce que tu as dans le ventre ?, Dr Philippe Godeberge et Caroline Balma-Chaminadour, Hachette, 2017

Cet ouvrage vous apprend à voir ce qu'on ne voit jamais, à comprendre ce qui se passe à l'intérieur et à chouchouter les intestins pour qu'ils chouchoutent le mental...et vice-versa.



L'incroyable pouvoir de votre microbiote : Tout se passe dans votre intestin : poids, humeur et santé à long terme, Erica Sonnenburg et Justin Sonnenburg, Eyrolles, 2016

Tel un super-héros, le microbiote règne sur votre flore intestinale. Grâce à cet ouvrage accessible et documenté, vous saurez tout sur ces milliards de bactéries qui peuplent votre tube digestif. Le microbiote joue le rôle de messenger entre votre cerveau et votre environnement digestif et assure votre bien-être.



Les gastronomes à la conquête de l'intestin - Tout comprendre sur le système digestif, Michael Bensoussan (Auteur), Boris "Eldiablo" Dolivet,

Un équipage extraterrestre avalé par un politicien corrompu doit traverser son système digestif pour s'échapper. Cette aventure burlesque, imaginée par le gastro-entérologue Michaël Bensoussan et le bédéiste Eldiablo, sert de prétexte à une exploration détaillée des secrets de la digestion.

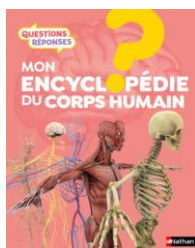
Pour les élèves

Sur la digestion et le fonctionnement du corps



Je connais mon corps - Manger, et après ?, Françoise Laurent (Auteur), Sébastien Chebret (Illustrations), Ricochet Editions, 2018

A partir de 6 ans



L'Encyclopédie du corps humain - Questions/réponses, Emily Dood, Isabelle Meschi, Nathan

A partir de 7 ans

Une encyclopédie complète qui répond à toutes les questions des enfants sur le corps humain. 200 questions essentielles et surprenantes, réparties en 5 grands chapitres, illustrées de photos et de schémas pour tout voir et tout comprendre.



L'encyclopédie du caca, Véronique Corgibet (Auteur), Sébastien Cazes (Illustration), Actes Sud Jeunesse, 2025

A partir de 8 ans

Le caca, c'est dégoûtant ? Peut-être, mais mieux le connaître permet de mieux connaître le fonctionnement de notre corps. À l'usage des enfants qui veulent tout savoir sur leur système digestif, et sans oublier quelques règles d'hygiène élémentaires, voici un documentaire très instructif qui ne tourne pas autour du pot !

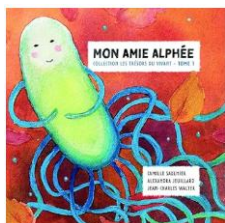
Sur le microbiote



Professeur Darwin les microbes à la loupe, Sheddad Kaid-Salah Ferrón (Auteur), Eduard Altarriba (Illustrateur), Nathan, 2023

A partir de 9 ans

Un documentaire pour tout savoir sur les microbes, leur rôle et leur fonctionnement en compagnie de Charles Darwin.



Mon amie Alphée, Camille Saulnier, Alexandra Jeillard, Jean-Charles Walter, Encres Siagne, 2023

A partir de 6 ans

Un jeune garçon sensible à son environnement rencontre un jour une bactérie dans une bulle de savon.

Elle l'emmène à la découverte du microcosme vivant que chacun porte en soi.

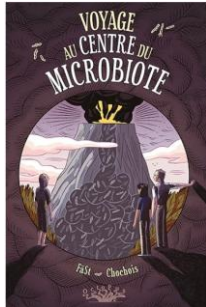


Le jardin du microbiote. Explore le monde étonnant des bactéries, Katie Brosnan, Milan, 2021

A partir de 8 ans

Nous avons exploré tous les recoins de la planète, mais nous connaissons à peine l'univers de microbes dans notre corps...

Les scientifiques commencent tout juste à mesurer à quel point notre santé dépend de ces microbes. En suivant le chemin qu'empruntent les aliments au cours de la digestion, tu découvriras ce monde fascinant et le vaste écosystème qui vit à l'intérieur de ton ventre !



Voyage au centre du Microbiote, Héloïse Chochois, Delcourt, 2022

A partir de 15 ans

Cette bande dessinée nous plonge au cœur du microbiote intestinal ! Sur une île du Pacifique, un milliardaire présente à la presse un cocktail de bactéries censé aider l'humanité à vivre mieux et plus longtemps. Une journaliste, Alice Sentina, entend bien lui révéler que les enjeux du microbiote dépassent largement ce qu'il imagine.

Vidéographie

Pour l'enseignant



Le microbiote intestinal : En clair, c'est quoi ? Inserm

De quoi est composé le microbiote intestinal ? Quelle différence entre microbiote et flore intestinale ? A quoi sert le microbiote ? Pourquoi certaines personnes digèrent mieux que d'autres ? ...



Microbiote, les fabuleux pouvoirs du ventre, Sylvie Gilman & Thierry de Lestrade, Arte

Longtemps méconnu, le microbiote dévoile peu à peu ses secrets et mobilise des milliers de chercheurs dans le monde. Il laisse espérer une révolution scientifique.



Homme et microbes : avec qui cohabitons-nous ?

Le French Gut

Joël Doré, Directeur de recherche INRAE, Directeur scientifique de MetaGenoPolis



A quoi sert le microbiote intestinal ?

Le French Gut

Reprend les grandes fonctions du microbiote intestinal.



Le microbiote intestinal évolue au cours de notre vie

Le French Gut

Pour les élèves

La digestion

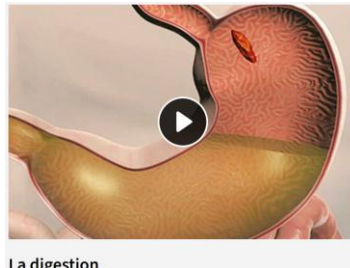


La grande histoire des petits coins

La grande histoire des petits coins

Cette vidéo explique l'évolution des toilettes, du trou creusé dans le sol à l'invention de la chasse d'eau, et explique leur inégal accès dans le monde.

Les étapes de la digestion



La digestion



Les microorganismes

Virus et bactéries : petits mais costauds



C'est quoi un virus ?

C'EST QUOI
UN VIRUS



Marcus, 12 ans

SCÉNARIO : LAURENT FUJADE DESSIN : JACQUES AZAM

Brève histoire de la pénicilline



Le microbiote

Le microbiote intestinal



[SCIENCELOOP] Qu'est-ce que le microbiote ?



Digestion et microbiote : compilations de vidéos de SVT / cycle 4



C'est quoi les antibiotiques



Sitographie

Le Corps humain et la santé, document Eduscol

Précisions sur son enseignement au collège. Contient des ressources pour l'enseignant :

<https://eduscol.education.gouv.fr/media/77799/download?attachment>

Quelques savants des microbes

<https://e-bug.eu/fr-FR/coll%C3%A8ge-galerie-de-portraits>

Les fondamentaux de la pathologie digestive, Chapitre 13 : Microbiote et immunité intestinale → à télécharger

Editions Elsevier-Masson - Octobre 2014

Chapitre présentant dans un premier temps les **différentes cellules immunitaires intestinales** et leurs interactions et dans un second temps l'**action des bactéries du microbiote sur les différents substrats** arrivant dans le colon.

<https://acces.ens-lyon.fr/acces/thematiques/immunit%C3%A9-et-vaccination/thematiques/virus-et-immunit%C3%A9/microbiote/pdf/chap-13-fondamentaux-pathologie-digestive-octobre.pdf>

Audiothèque

Pour l'enseignant



La Voix des intestins

Podcast du projet French Gut

Objectif d'apporter des connaissances à tous dans un objectif de santé.



Microbiote : tous en selles !

Radio France

Comment en notre flore intestinale ces milliards de micro-organismes peuvent influencer nos vies, notre santé, notre avenir et même nos identités ?

Pour les élèves



Les P'tits Crados

Caca, prouts, vomi, crottes de nez... Les enfants se posent beaucoup de questions rafraîchissantes ! Les experts des P'tits Bateaux leur répondent sans se boucher le nez.

Animations à distance

 Le Voyage Digestif Une aventure éducative unique ! Embarquez avec votre classe pour une exploration immersive à l'intérieur du système digestif... Atelier produit et animé par : Récréasciences	 A table ! Une question d'équilibre... Origine et familles d'aliments, emballages et repères nutritionnels : comment composer son assiette ? Atelier produit et animé par : Lacq Odysée	 Bien manger, c'est bien vivre ! Logos et étiquettes, allégations et idées reçues, repères nutritionnels : décryptez le contenu de nos assiettes ! Atelier produit et animé par : Lacq Odysée	 La bataille de l'immunité Les pathogènes contre les globules blancs : qui gagnera la bataille ? Atelier produit et animé par : Lacq Odysée
---	---	--	---

Animations Edumedia

1^{er} degré



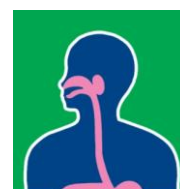
Vidéo

Vidéo : La digestion



Interactif

Appareil digestif



Interactif

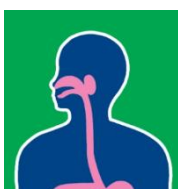
Absorption intestinale #1

2nd degré



Interactif

La vaccination



Interactif

Absorption intestinale #1



Interactif

Absorption intestinale #2



Interactif

Appareil digestif



Interactif

Candidat Vaccin



Interactif

Les enzymes digestives