



Dossier enseignants

Microbiote, d'après *Le charme discret de l'intestin*

4 décembre 2018 - 4 août 2019
Enseignants de cycle 4 et de lycée

cité
sciences et industrie

microbiote
d'après *le charme discret de l'intestin*

exposition
4 décembre 2018
— 4 août 2019

En partenariat avec: **INRA** (INRAE), **BIODODEX** (Général Nutrition), **DANONE NUTRICA RESEARCH**, Fondation Française pour l'Intestin Humain

Avec: **SEMESIVE**, **SCIENCE**, **Clust**, **Sciences**, **franceinfo**

M - Porte de la Villette
cité-sciences.fr
#ExpoMicrobiote

Département Éducation et Formation
 Cité des sciences et de l'industrie
 30 avenue Corentin-Cariou
 75019 Paris
www.cite-sciences.fr

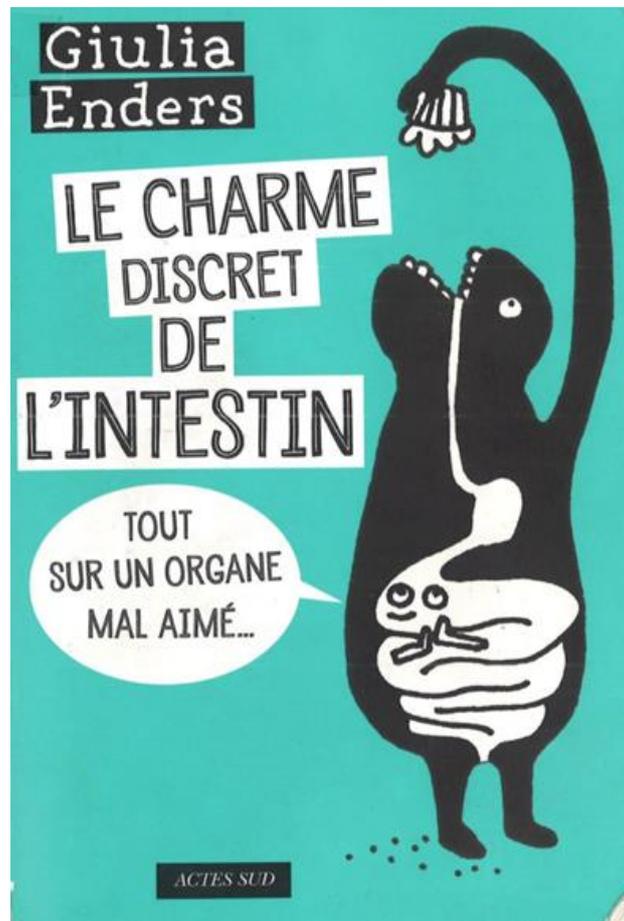
SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	2
OBJECTIFS DE L'EXPOSITION.....	3
ACTUALITÉ DU SUJET.....	4
LIEN AVEC LES INSTRUCTIONS OFFICIELLES ET LES PROGRAMMES	5
<i>Le socle commun, de connaissance, de compétence et de culture</i>	5
<i>Le (PES) parcours éducatif de santé pour tous les élèves.....</i>	5
<i>Éducation à la santé.....</i>	6
<i>L'exposition et les thèmes en sciences de la vie et de la Terre</i>	6
<i>L'enseignement par cycles et les liens avec l'exposition</i>	6
<i>Les croisements disciplinaires et l'éducation à la santé.....</i>	8
PRESENTATION DETAILLÉE DE L'EXPOSITION	10
RESSOURCES À PROPOS DU MICROBIOTE (µB)	
COMPRENDRE LE ROLE DU MICROBIOTE INTESTINAL.....	29
GENERALITES SUR LE TERME « MICROBIOTE »	29
LES EXPOSES SCIENTIFIQUES AUTOUR DE L'EXPOSITION	30
FICHES PEDAGOGIQUES EDUSCOL.....	31
WEBOGRAPHIE SCIENTIFIQUE & LUDIQUE	32
SUGGESTION BIBLIOGRAPHIQUE	33
INFORMATIONS PRATIQUES	37

L'Institut national de la recherche agronomique ([INRA](#)) est le partenaire scientifique de l'exposition.

La [Cité de la santé](#), située dans la bibliothèque de la Cité des sciences et de l'industrie, est particulièrement mobilisée pendant toute la durée de présentation de l'exposition. Sa page et son programme relatifs à « Microbiote, d'après *Le charme discret de l'intestin* » est accessible [ici](#).

Avant-propos

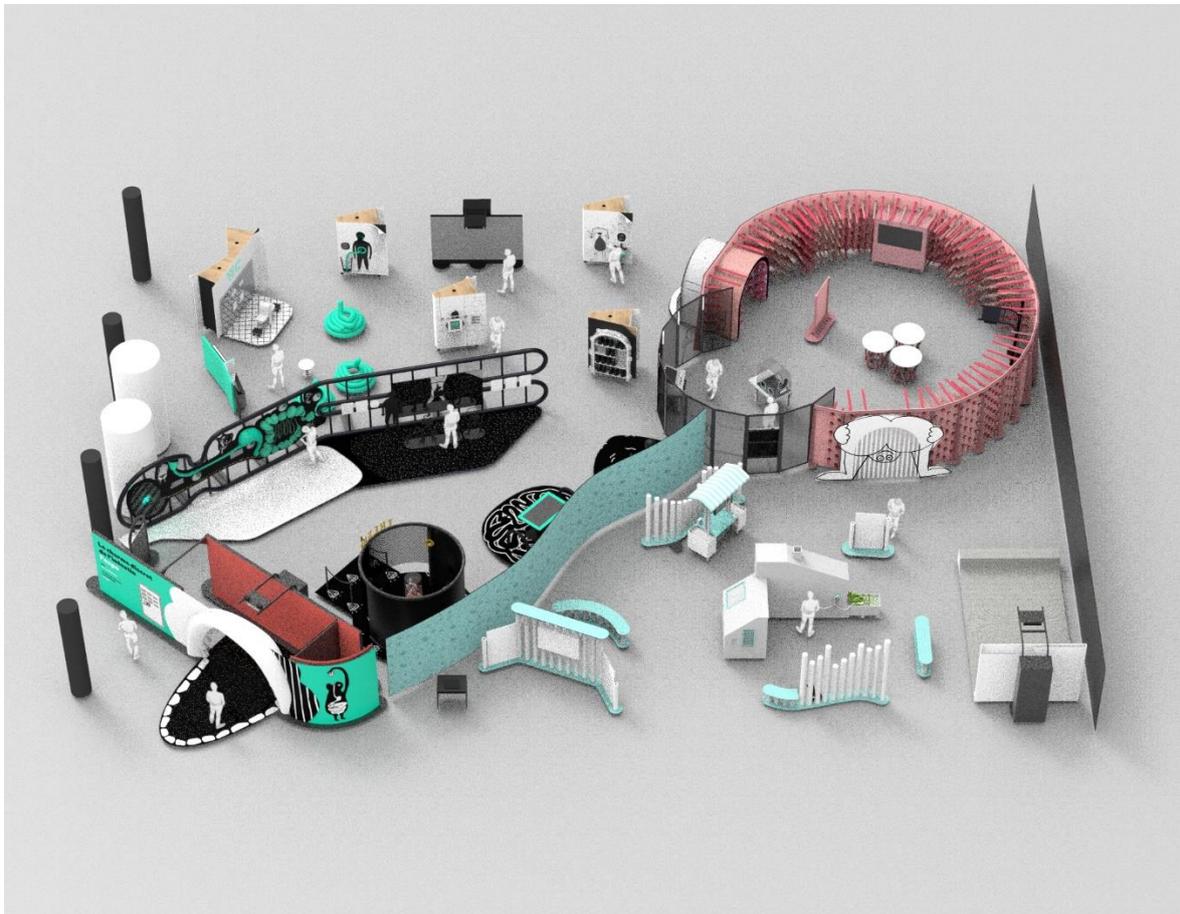


Le charme discret de l'intestin est un ouvrage présentant les connaissances acquises récemment sur le rôle du microbiote intestinal et l'importance de son équilibre. Il a inspiré l'exposition éponyme conçue par Universcience, avec la collaboration des auteures du livre et de muséographes finlandais et portugais.

Cette collaboration assure le respect du ton précis et humoristique de Giulia Enders, utilise des illustrations de Jill Enders et bénéficie de l'expertise de centres de science d'Europe.

En une trentaine d'éléments muséographiques interactifs, l'exposition rappelle le processus général de la digestion, avant de plonger dans le microbiote intestinal pour en dévoiler ses secrets. Les élèves sont ainsi sensibilisés à l'importance d'une thématique mal connue ; ils sont sollicités à mobiliser des connaissances scientifiques qui contribuent à l'image positive et joyeuse de leurs corps ainsi qu'à la préservation de leur santé.

Objectifs de l'exposition



L'exposition propose, sur 600 m², de découvrir les charmes de l'intestin, en s'appuyant sur un contenu sérieux avec un ton espiègle.

L'humain ne doit plus se considérer comme un organisme indépendant. Il est également une colonie de bactéries, mais aussi de virus, de champignons et de levures. Il est un écosystème. Savoir que nous avons en nous autant de bactéries que de cellules humaines nous incite à vouloir mieux les connaître... Une bonne raison de visiter l'exposition !

Les objectifs

- Apprendre ce qu'est le microbiote intestinal, sa composition, son fonctionnement et ses trois grands rôles : digestion, immunité et comportement.
- Exploiter ces connaissances afin d'entretenir sa flore intestinale et améliorer ses comportements alimentaires et de santé au quotidien.
- Appréhender un champ de recherches en plein essor.
- Collecter des astuces applicables au quotidien.
- Réfléchir à ce qu'est l'identité biologique : l'humain est un écosystème.

Actualité du sujet

Une science fraîche

En une décennie, la science a découvert et révélé les incroyables pouvoirs du microbiote, que nous connaissons mieux sous le terme de « flore intestinale », un assemblage de bactéries, champignons et virus.

On redécouvre l'intestin et les milliards de bactéries qui le tapissent. L'intestin devient un organe à part entière, plateforme de la régulation de notre organisme, en relation avec le cerveau et le système immunitaire.

Quelle est la nature de nos bactéries ? Comment interagissent-elles avec nos fonctions digestives, immunitaires et neurologiques ?

L'exposition apporte des réponses à ces questions grâce à une muséographie interactive et ludique. Partout dans le monde, les recherches se multiplient pour comprendre le rôle du microbiote intestinal, ouvrir la voie à une nouvelle médecine et faire évoluer le regard que l'on porte sur notre corps et notre identité biologique.

L'exposition s'appuie sur le best-seller *Le charme discret de l'intestin* des sœurs Enders qui ont collaboré à sa conception. Sa réalisation est le fruit d'un partenariat de trois centres de sciences – Heureka (Helsinki), Pavillon de la connaissance (Lisbonne), Universcience (Paris) – de l'INRA et de l'AFA.

Un best-seller scientifique



Giulia et Jill ENDERS



En 2014, paraît en français (éd. Actes Sud) *Le charme discret de l'intestin*, écrit par Giulia Enders, jeune médecin allemande et illustré par sa sœur graphiste, Jill Enders.

Il s'agit d'un plaidoyer, sur le ton de l'humour, pour un organe qu'on a tendance à négliger, voire à maltraiter. Après une visite guidée de notre système digestif, l'auteure présente les résultats des dernières recherches sur le rôle de l'intestin sur notre bien-être. C'est avec des arguments scientifiques qu'elle nous invite à changer de comportement alimentaire, à éviter certains médicaments et appliquer quelques règles très concrètes en faveur d'une digestion réussie.

Dans l'édition 2018, Giulia fait état des recherches récemment publiées, notamment celles qui précisent l'influence du microbiote sur notre bonne ou mauvaise humeur.

Un thème d'actualité

Au cours de ces dernières années, ce thème a donné lieu à un nombre important et varié de formes de communications : articles dans les revues scientifiques pour cliniciens et grand public, ouvrages, conférences, émissions...



Lien avec les instructions officielles et les programmes

En fonction de l'organisation pédagogique des thèmes étudiés et de la progression choisie par les équipes enseignantes, l'exposition pourra être abordée en lien avec les attendus de fin de cycle 3 et de cycle 4. Ci-dessous, un rappel des références utiles à la mise en place des projets pédagogiques et de visite avec les classes.

Le socle commun de connaissances, de compétences et de culture

Incite à pratiquer des démarches scientifiques et technologiques pour :

- Proposer, avec l'aide du professeur, résoudre un problème ou répondre à une question de nature scientifique ou technologique : formuler une question ou une problématique scientifique ou technologique simple ; proposer une ou des hypothèses pour répondre à une question ou un problème ; proposer des expériences simples pour tester une hypothèse ; interpréter un résultat, en tirer une conclusion ; formaliser une partie de sa recherche sous une forme écrite ou orale. Domaine du socle : 4 ;
- Adopter un comportement éthique et responsable : Relier des connaissances acquises en sciences et technologie à des questions de santé, de sécurité et d'environnement. Domaines du socle : 3, 5.

Le (PES) parcours éducatif de santé pour tous les élèves

MENE1601852C ; circulaire n° 2016-008 du 28-1-2016. Le PES s'adresse à tous, depuis la maternelle à la terminale.

Enjeu primordial au sein du système éducatif, la santé, dans ses dimensions physique, psychique, sociale et environnementale, est un élément essentiel de l'éducation de tous les enfants et adolescents. Elle constitue un facteur important de leur réussite éducative. (...)

Le PES se structure autour de trois axes :

- L'éducation à la santé, fondée sur le développement des compétences psychosociales en lien avec le socle commun de connaissances, de compétences et de culture.
- La prévention : conduites à risques, conduites addictives, etc.
- La protection de la santé : environnement favorable à la santé et au bien-être.

Il est à noter que les parcours éducatifs s'inscrivent dans les projets d'établissements et sont au nombre de 4 (Avenir, Citoyen, Artistique et Culturels, Santé). Il est recommandé de croiser ces parcours. Le département Éducation et Formation d'Universcience, en partenariat avec le réseau Canopé, propose un accompagnement pédagogique lors de la conduite de ces projets, autour des expositions et des ressources de la Cité de la santé et à la Cité des métiers.

La méthodologie de projets, (PES) *Parcours éducatifs santé*, est présenté dans cette brochure en ligne.



Plus : cliquez sur l'image, pour ouvrir le lien hypertexte.

Éducation à la santé

Axe premier du parcours, *l'éducation à la santé*, en lien avec le socle commun de connaissances, de compétences et de culture (domaine 3 - la formation de la personne et du citoyen) et le développement des compétences disciplinaires dans le cadre des programmes d'enseignement et des enseignements pratiques interdisciplinaires (EPI), propose des activités intégrant l'alimentation, l'hygiène, les rythmes de vie, la prévention des addictions, la sécurité, etc. Dès lors, il importe de travailler sur la question des acquisitions dans le cadre des enseignements et inviter à se pencher sur les activités faites dans la classe, le PES ne devant pas reposer sur des actions éducatives faites uniquement par les personnels de santé ou des partenaires.

Exemple de croisements entre enseignements : Corps, santé, bien-être et sécurité ; alimentation, médicaments et prévention... En lien avec l'EPS, les SVT, la chimie, etc.

L'exposition et les thèmes en sciences de la vie et de la Terre

Alimentation et digestion

D'après les programmes, ce thème peut être abordé à tout moment, mais on réserve l'étude des mécanismes moléculaires à la classe de 3^e. On veille à ce que l'éducation à la santé accompagne l'étude à différents moments.

Relations avec le monde microbien

À partir des exemples rencontrés dans le programme du cycle 4, on découvre progressivement l'importance du monde microbien hébergé par l'organisme. On aborde également tout au long du cycle les mécanismes concernant les mesures d'hygiène, la vaccination et les antibiotiques, en découvrant quelques manifestations de l'immunité dont l'explication globale est atteinte en classe de 3^e.

L'enseignement par cycles et les liens avec l'exposition

ATTENDUS EN FIN DE CYCLE 3

Le vivant, sa diversité et les fonctions qui le caractérisent

Classer les organismes, exploiter les liens de parenté pour comprendre et expliquer l'évolution des organismes.

Unité, diversité des organismes vivants

Reconnaître une cellule, la cellule unité structurelle du vivant, utiliser différents critères pour classer les êtres vivants ; identifier des liens de parenté entre des organismes. Les élèves appuient leurs recherches sur des préparations et des explorations à l'échelle cellulaire, en utilisant le microscope. Ils exploitent l'observation des êtres vivants de leur environnement proche.

Expliquer les besoins variables en aliments de l'être humain

Établir une relation entre l'activité, l'âge, les conditions de l'environnement et les besoins de l'organisme. Les élèves appréhendent les fonctions de nutrition à partir d'observations et perçoivent l'intégration des différentes fonctions.

Les fonctions de nutrition

Établir une relation entre l'activité, l'âge, les conditions de l'environnement et les besoins de l'organisme. Apports alimentaires : qualité et quantité. Les élèves appréhendent les fonctions de nutrition à partir d'observations et perçoivent l'intégration des différentes fonctions.

ATTENDUS EN CYCLE 4

Lors des trois ans de collège du cycle 4, les élèves, qui sont aussi des adolescentes et des adolescents en pleine évolution physique et psychique, vivent un nouveau rapport à eux-mêmes, en particulier à leur corps, et de nouvelles relations avec les autres. (...) Cette appropriation croissante de la complexité du monde (naturel et humain) passe par des activités disciplinaires et interdisciplinaires dans lesquelles l'élève fait l'expérience de regards différents sur des objets communs.

ASPECTS DISCIPLINAIRES

Les objectifs de formation du cycle 4, en sciences de la vie et de la Terre, s'organisent autour de trois grandes thématiques : la planète Terre, l'environnement et l'action humaine ; **le vivant et son évolution ; le corps humain et la santé**. Le programme de sciences de la vie et de la Terre, dans le prolongement du cycle 3, fait ainsi écho aux programmes de physique-chimie et de technologie du cycle 4, et s'articule avec d'autres disciplines pour donner une vision scientifique de la réalité. Elles apportent un regard particulier, à côté et en complément d'autres regards, pour enrichir les approches éthiques des questions vives de la société. Les compétences travaillées figurent dans la brochure en ligne, page 341 et suivantes.



Plus : cliquez sur l'image, pour ouvrir le lien hypertexte.

Le vivant et son évolution

Expliquer l'organisation du monde vivant, sa structure et son dynamisme à différentes échelles d'espace et de temps.

Mettre en relation différents faits et établir des relations de causalité pour expliquer :

• La nutrition des organismes

Relier les besoins des cellules animales et le rôle des systèmes de transport dans l'organisme.

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

• Nutrition et interactions avec des micro-organismes

Ce thème se prête notamment :

- À l'histoire des sciences, lorsque l'élève situe dans son contexte historique et technique l'évolution des connaissances sur la reproduction, la génétique ou l'évolution ;
- Aux observations à différentes échelles pour la constitution des organismes étudiés et la diversité du vivant (dont les bactéries et les champignons).

• la biodiversité (diversité des espèces)

• la diversité génétique des individus

- Expliquer sur quoi reposent la diversité et la stabilité génétique des individus.
- Expliquer comment les phénotypes sont déterminés par les génotypes et par l'action de l'environnement.
- Relier, comme des processus dynamiques, la diversité génétique et la biodiversité.
- ✓ Diversité et dynamique du monde vivant à différents niveaux d'organisation ; diversité des relations interspécifiques.
- ✓ Diversité génétique au sein d'une population ; héritabilité, stabilité des groupes.

- ✓ ADN, mutations, brassage, gène

Repères de progressivité

La nutrition des organismes : on passe progressivement de l'organisation fonctionnelle à l'échelle des organismes à des mécanismes expliqués jusqu'à l'échelle cellulaire ; le rôle des micro-organismes peut être abordé chaque année.

- La diversité génétique des individus : on passe progressivement du constat de la diversité des êtres vivants et de leurs interactions aux mécanismes à l'origine de cette diversité.

Le corps humain et la santé

Expliquer quelques processus biologiques impliqués dans le fonctionnement de l'organisme humain, jusqu'au niveau moléculaire : activités musculaire, nerveuse et cardio-vasculaire, 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.

Expliquer le devenir des aliments dans le tube digestif.

- Système digestif, digestion, absorption ; nutriments.

Relier la nature des aliments et leurs apports qualitatifs et quantitatifs pour comprendre l'importance de l'alimentation pour l'organisme (besoins nutritionnels).

- Groupes d'aliments, besoins alimentaires, Besoins nutritionnels et diversité des régimes alimentaires...

Relier le monde microbien hébergé par notre organisme et son fonctionnement.

- Ubiquité, diversité et évolution du monde bactérien.
- Expliquer les réactions qui permettent à l'organisme de se préserver des microorganismes pathogènes.

Réactions immunitaires.

- Argumenter l'intérêt des politiques de prévention et de lutte contre l'infection/contamination.
- Mesures d'hygiène, vaccination, action des antiseptiques et des antibiotiques.

Les croisements disciplinaires et l'éducation à la santé

De par la variété de leurs objets d'enseignements, les sciences de la vie et de la Terre se prêtent à de nombreux rapprochements et croisements avec d'autres disciplines.

En chimie, par exemple, on pourra :

Décrire et expliquer des transformations chimiques :

- Mettre en œuvre des tests caractéristiques d'espèces chimiques ;
- Identifier expérimentalement une transformation chimique. Aborder les propriétés acidobasiques ;
- Identifier le caractère acide ou basique d'une solution par mesure de pH. Associer le caractère acide ou basique à la présence d'ions hydrogène, hydroxyde, etc.

Les sciences de la vie et de la Terre peuvent aussi établir des liens avec les disciplines artistiques et culturelles ; par exemple, identifier des liens entre problématiques scientifiques, culture et habitudes alimentaires. On pourra également exploiter le dessin ou les représentations graphiques, comme support permettant de construire un savoir scientifique, en interprétant certains éléments graphiques présents sur l'exposition (cf. illustrations de Jill Enders).

Les thèmes du **microbiome** et celui du **corps et du sport** sont traités en cette saison (2018/19) sur le site de la Cité des sciences et de l'industrie, les expositions permettent à la fois de travailler les compétences de plusieurs domaines du socle et de mobiliser les connaissances dans différentes disciplines.

Ces expositions fournissent des contenus pour les *enseignements pratiques interdisciplinaires* (EPI) ainsi que pour les *parcours éducatifs* (*parcours Avenir, parcours d'éducation artistique et culturelle et parcours santé*), autour d'axes tels que :

- **Corps, santé, bien-être et sécurité.** En lien avec la géographie, l'éducation physique et sportive, la chimie, les mathématiques, la technologie, les langues vivantes, l'éducation aux médias et à l'information ;
- **Aliments et alimentation.** Gestion mondiale des ressources alimentaires (production, transport, conservation) ; chaînes alimentaires incluant l'être humain ; concentration des contaminants ; produits phytosanitaires, rôle des micro-organismes dans la production alimentaire ; cultures et alimentation ; obésité dans les pays riches ; sécurité alimentaire ;
- **Sport et sciences.** En lien avec l'EPS, la chimie, la technologie, l'alimentation et entraînement ; respiration ; physiologie de l'effort et dopage ; effort et système de récompense ; médecine, sport et biotechnologies.

Présentation détaillée de l'exposition

La description proposée dans les pages suivantes permet une appropriation de chacun des éléments qui composent l'exposition. À chacun de construire son itinéraire de visite en fonction du projet pédagogique et de classe.

L'exposition comporte trois parties (notés A, B, C sur les schémas) avec trois échelles et ambiances différentes. Un espace d'animations se trouve également à proximité.

- A - Une visite guidée de la digestion
- B - Le microbiote se révèle
- C - Le bien-être intestinal

Avertissement : Les indications qui suivent sont issus de documents de travail du commissariat de l'exposition. Les illustrations donnent un aperçu de l'intention muséographique et doivent être créditées à Universcience sauf mention contraire.

Bonne découverte de l'exposition !

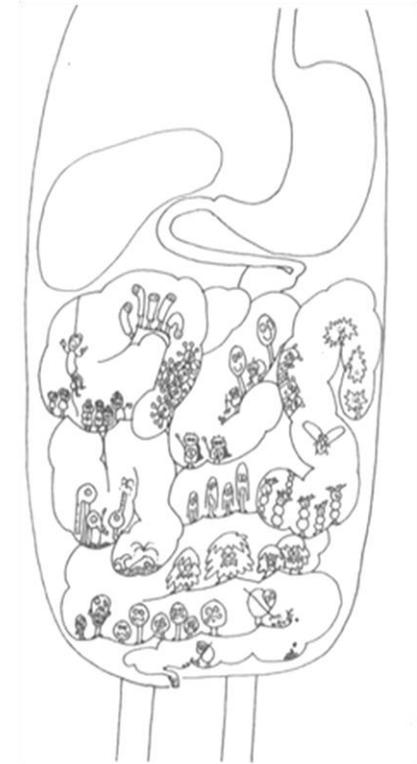
Le charme discret de l'intestin ne se révèle pas au premier abord.

Contrairement au cœur que nous jugeons indispensable à la vie parce qu'il permet au sang de circuler dans tout notre corps, et au cerveau que nous admirons parce qu'il est capable de former des pensées étonnantes à chaque seconde, l'intestin n'est pour la plupart d'entre nous bon qu'à se vider.

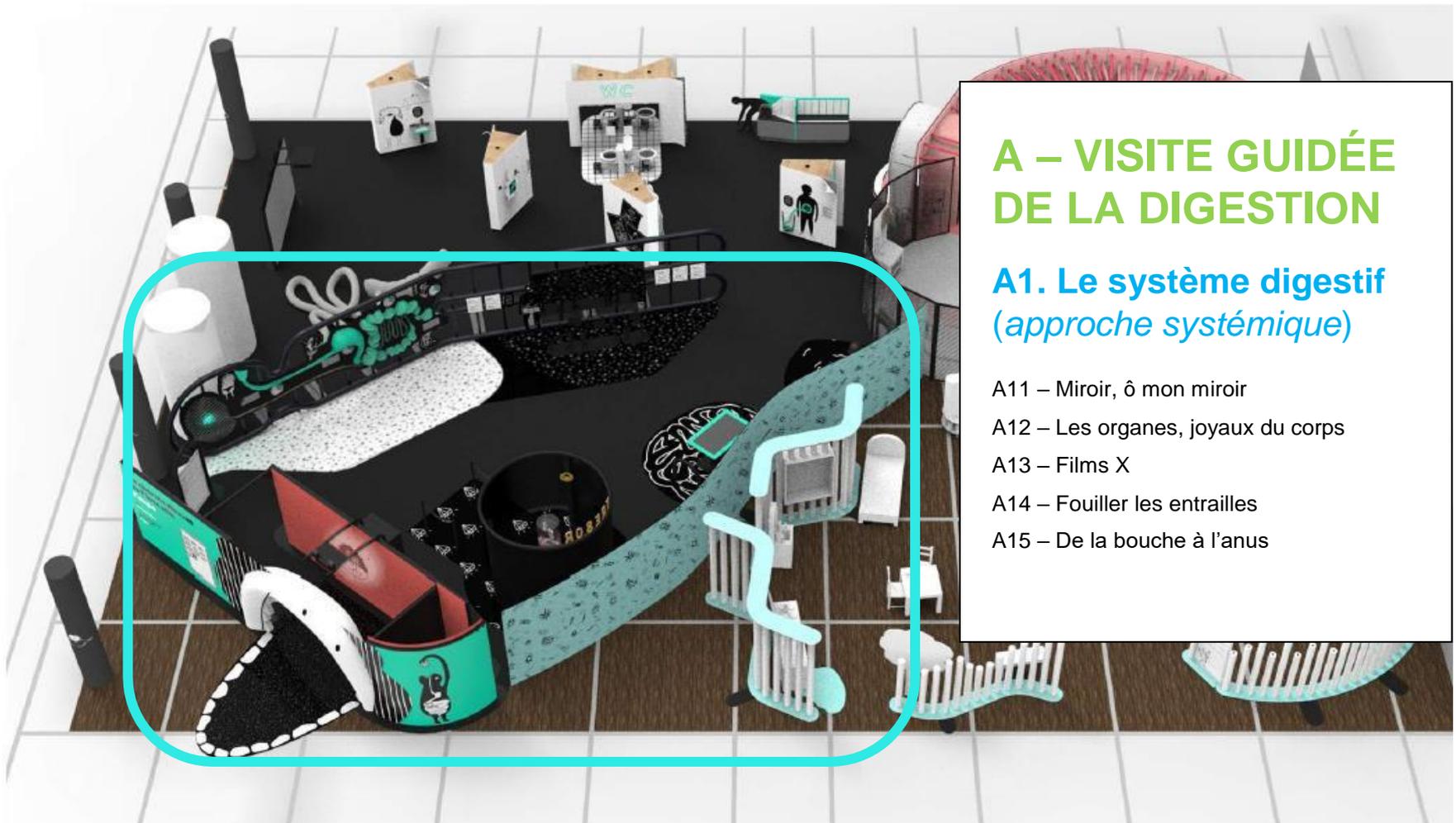
Le reste du temps, il feignante sans doute, pendouille inutilement dans le ventre et lâche peut-être un « pet » de temps à autre.

Il faut le dire : nous le sous-estimons et, pour être franc, il nous fait même honte.

L'intestin, ça craint. Giulia Enders.



Le parcours débute à l'entrée d'une bouche géante dans laquelle il faut s'introduire et d'où s'échappent de drôles de bruits invitant à l'exploration du processus digestif et de son jardin secret.



A – VISITE GUIDÉE DE LA DIGESTION

A1. Le système digestif (*approche systémique*)

- A11 – Miroir, ô mon miroir
- A12 – Les organes, bijoux du corps
- A13 – Films X
- A14 – Fouiller les entrailles
- A15 – De la bouche à l’anus

A11 – Miroir, ô mon miroir

Propos

La digestion commence dès la première bouchée : les papilles excrétrices de salive commencent le travail de dégradation de la nourriture. Ce travail continue tout au long du passage dans les organes digestifs.

Avant d'en savoir plus sur ce métabolisme, plaçons-les correctement sur notre corps.

Objectifs

- savoir placer les papilles salivaires, l'œsophage, l'estomac, l'intestin grêle et le gros intestin, sur son propre corps.
- se familiariser avec les organes dont on va parler dans la suite de l'exposition.

Scénario

Le visiteur longe une immense silhouette humaine couchée : à ses pieds, un grand miroir et cinq silhouettes sans tête l'attendent. Il se place derrière l'une d'entre elles et s'amuse à bien se positionner pour superposer ses propres organes à ceux dessinés (œsophage, estomac, intestin grêle et côlon). Il se voit dans le grand miroir.



© Atelier Le visiteur

A12 – Les organes, bijoux du corps humain

Propos

Voir de vrais organes est rare et parfois tabou. Pourtant, c'est en les étudiant que médecins et chercheurs en comprennent mieux le fonctionnement. Quand Giulia Enders raconte sa première autopsie, elle parle de sa fascination pour la beauté et la perfection biologique. Un centre de sciences a toute la légitimité pour exposer des organes humains conservés.

Objectifs

- voir de vrais organes digestifs humains conservés.
- avoir une idée de leur texture, leurs dimensions, de leur proportion les uns par rapport aux autres.
- apprécier l'aspect précieux du corps humain.
- écouter le témoignage de Giulia Enders.

Scénario

Le visiteur entre dans une alcôve et voit une vitrine élégante, présentant, tels des bijoux, des spécimens d'organes digestifs humains plastinés. Le témoignage sonore de Giulia Enders complète le dispositif : elle y raconte sa première dissection humaine et son émerveillement devant ces organes dont elle a tout appris.



A13 – Les films X

Propos

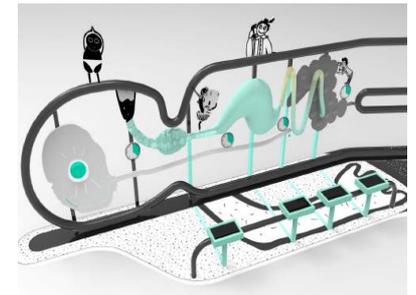
Quand le bol alimentaire arrive, l'œsophage s'élargit, et quand il est passé, il se referme. C'est ce qui permet à notre menu de ne pas repartir dans l'autre sens. La procédure est si bien automatisée que nous pouvons même déglutir tout en faisant le poirier. Notre morceau de gâteau descend avec grâce le long de notre buste. C'est le péristaltisme, c'est-à-dire l'ensemble des contractions musculaires permettant la progression du bol alimentaire.

Objectifs

- comprendre le ballet inconscient des muscles qui fait avancer le bol alimentaire.
- prendre conscience que ce mouvement péristaltique est inconscient et piloté par le système nerveux entérique.
- comprendre qu'intestin et cerveau dialoguent par le biais des deux systèmes nerveux, conscient et inconscient.

Scénario

L'immense silhouette couchée présente au niveau de son œsophage, son estomac et son intestin des films de digestion pris aux rayons X. Le visiteur les observe.



A14 – Fouiller les entrailles

Propos

Chaque organe du système digestif présente des particularités biologiques (muscles lisses et striés de l'œsophage, microvillosité de l'intestin, villosité du côlon, etc.) jouant un rôle métabolique bien précis. Et ce système digestif est lié aux systèmes sanguins et nerveux.

Objectifs

- comprendre l'anatomie in situ.
- repérer les relations entre les différents organes et systèmes du corps humain (systèmes digestif, sanguin et nerveux).
- comparer les différences de structure entre plusieurs zones du système digestif.

Scénario

Le visiteur est devant une grande table d'autopsie virtuelle, sur laquelle est allongé un corps avec son système digestif, son système nerveux et son système sanguin/lymphatique. L'écran étant tactile, le visiteur peut zoomer peu à peu dans l'intestin grêle jusqu'à arriver à l'échelle des microvillosités. Il peut aussi comparer l'intestin grêle et gros intestin ou estomac.



A15 – De la bouche à l'anus

Propos

Quand on parle de la surface de contact entre notre corps et l'extérieur, on pense à la peau. Mais il y a aussi, et surtout, le conduit qui commence par la bouche et se termine par l'anus, c'est-à-dire la surface dédiée à la digestion. Sa surface est 16 fois plus importante que celle de notre épiderme.

Autrement dit, notre surface interne est plus en contact avec le monde extérieur que notre peau. Ce constat nous impose de considérer notre corps différemment.

C'est par endoscopie, par colonoscopie ou à l'aide d'une mini-caméra embarquée dans une grosse gélule que l'on peut voir cet intérieur.

Objectifs

- Découvrir le système digestif de l'intérieur, grâce à différents outils d'observation.
- Voir à quoi ressemble une caméra-pilule.
- Apprendre que la surface interne avec le monde extérieur est bien plus grande (32 m²) que notre surface externe (2 m²).



Scénario

Le visiteur se trouve devant un personnage de Jill Enders assis. En lui faisant basculer la tête en arrière, il voit l'intérieur de son système digestif filmé par endoscopie et colonoscopie. Un commentaire de Giulia Enders explique ce qu'il voit. Une petite vitrine présente deux modèles de vidéocapsules utilisées.



A – VISITE GUIDÉE DE LA DIGESTION

A2. La galerie des organes (*approche particulière*)

- A21 – Les super pouvoirs de la salive
- A22 – La chorégraphie de la digestion
- A23a – L'estomac, poche de guingois
- A23b – Le vomi
- A24 – Intolérance ou allergie ?
- A25 – L'intestin, huit mètres de long !
- A27 – Bien en selle ?
- A28a – Le cacabinet : consistance
- A28b – Le cacabinet : le livret
- A28c – Le cacabinet : sphincter

A21 – Les super pouvoirs de la salive

Propos

La salive, c'est du sang filtré, passé au chinois par les glandes salivaires qui retiennent les globules rouges, plus utiles dans nos veines que dans notre bouche. Elle joue le rôle d'un grand frère protecteur qui tient à distance les bactéries. La concentration en substances tueuses de bactéries est plutôt modérée. Il ne s'agit pas d'un nettoyage à l'eau de Javel. Au contraire, il nous faut toujours avoir sous la main – ou plutôt sous la langue – une petite équipe de joyeux microbes.

Objectifs

- découvrir que la salive est composée de substances ayant des fonctions bien précises.
- découvrir que la salive joue déjà un rôle dans la digestion et le système immunitaire.

Scénario

Des étagères, façon ancienne pharmacie, présentent des flacons remplis par ce qui compose la salive : mucine, anticorps et lysozyme pour lutter contre les bactéries ; alpha amylase, fluorure, thiocyanate et histatines pour protéger les dents ; opiorphine comme antidouleur.



A22 – La chorégraphie de la digestion

Propos

C'est fou ce que subit une pomme quand elle est digérée. Elle est broyée efficacement par le muscle ultra-puissant de la mâchoire et celui très agile de la langue. Elle est emportée dans l'œsophage par la salive. Là, elle avance toute seule vers l'estomac grâce au péristaltisme œsophagien. C'est alors qu'elle fait un vol plané, rebondit sur la paroi stomacale et repart dans l'autre sens (rétropulsion). Résultat : la pomme est un amas de particules minuscules, prêt à entrer dans l'intestin où le réflexe péristaltique l'oblige à avancer jusqu'au côlon. Ce dernier malaxe son contenu. Entre la dégustation de la pomme et le résultat au fond de la cuvette, il s'écoule en moyenne une journée.

Objectifs

- avoir un aperçu global de la digestion.
- se focaliser sur les mouvements particuliers de chaque organe du système digestif.

Scénario

Le visiteur fait manger à un personnage l'un des aliments proposés et voit dans son ventre un film dessiné à la façon de Jill Enders qui lui explique avec humour la digestion.



A23a – L'estomac, poche de guingois

Propos

L'estomac est beaucoup plus long d'un côté que de l'autre : il n'a donc pas d'autre choix que de se recroqueviller sur le côté le plus court, tandis qu'à l'intérieur, de gros plis se forment. Mais son apparence difforme n'est pas vaine : quand nous buvons une gorgée d'eau, le liquide qui descend dans l'œsophage peut s'écouler directement le long du côté droit de l'estomac (le plus court) et arriver ainsi aux portes de l'intestin grêle. La nourriture, en revanche, atterrit dans la partie renflée de l'estomac. Maligne, notre petite poche digestive fait ainsi le tri entre ce qui doit être malaxé et ce qui peut continuer son chemin plus rapidement.

Objectifs

- comprendre l'intérêt de la morphologie dissymétrique de l'estomac.
- découvrir un geste simple pour éructer tranquillement, en se couchant sur le côté droit.

Scénario

Le visiteur est devant un personnage dont le haut du buste pivote. En faisant pivoter cet estomac, la bulle d'air coincée dans la partie supérieure de l'estomac s'échappe et un son de rot est diffusé. Dans l'autre sens, ni bulle ni rot ne s'échappe.



A23b – Le vomi

Propos

Vomir est le signe que notre cerveau et notre appareil digestif se donnent à fond pour nous. Ils nous protègent de substances toxiques que nous n'avons pas repérées dans la nourriture, prennent mille précautions en cas d'hallucinations communiquées par les yeux et les oreilles ou activent le mode « économie d'énergie » pour pouvoir résoudre nos problèmes.

Objectifs

- découvrir que l'acte de vomir nous protège, il est le signe du lien entre intestin et cerveau.
- comprendre que vomir est le résultat d'une réaction en chaîne.

Scénario

A l'arrière de l'élément A23a – L'estomac, poche de guingois, le visiteur peut toucher deux maquettes de vomi : l'un vient de l'estomac (gros morceaux), l'autre de l'intestin (petits morceaux).



A24 – Intolérance ou allergie ?

Propos

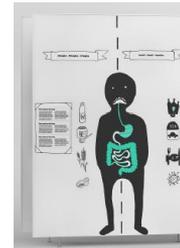
En première ligne et au contact avec le monde extérieur, notre intestin peut réagir de diverses façons face à un aliment, notamment quand celui-ci peut présenter un danger. Parfois, notre corps peut développer d'incroyables moyens pour se protéger. Par exemple, un aliment anodin peut devenir « dangereux » : dans le cas de l'allergie, le système immunitaire se met en colère, il produit une sensibilité alimentaire, des désordres surviennent, c'est désagréable mais gérable.

Objectifs

- comprendre ce qui se passe en cas d'allergie et le lien intestin-système immunitaire.
- distinguer allergie et intolérance.

Scénario

Le visiteur joue avec un mur graphique interactif. Un personnage dessiné, pas très en forme attend. Sur son côté, sont matérialisés lait, blé, fructose et cacahuète, responsables d'allergie ou d'intolérance alimentaire. Quand le visiteur appuie sur l'un de ces stimuli, il voit en vidéo projetée quelles réactions de défense se déclenchent dans le corps et entend les explications.



A25 – L'intestin, huit mètres de long !

Propos

Notre ventre abrite entre trois et six mètres d'intestin grêle formant des lacets que rien ne maintient. Le dernier mètre, le côlon ou gros intestin, se charge de ce qui n'a pas pu être assimilé dans l'intestin grêle. Il n'a donc pas le même aspect velouté que ce dernier.

L'intestin grêle et le gros intestin abritent plus d'un millier d'espèces de bactéries différentes. Schématiquement, on peut dire qu'il y a très peu de bactéries dans les segments supérieurs du tube digestif, et qu'il y en a vraiment beaucoup dans les segments inférieurs comme le gros intestin et le rectum.

Objectifs

- percevoir l'incroyable longueur de l'intestin caché dans notre ventre.
- distinguer l'intestin grêle et le côlon.

Scénario

Le visiteur est devant un personnage le ventre ouvert et l'intestin à l'air. Il peut sortir les 8 m d'entrailles et les faire tomber dans un panier prévu à cet effet. Il peut aussi s'amuser à ranger ces 8 m dans le ventre, s'ils sont déjà dans le panier.



A27 – Bien en selle ?

Propos

La sortie de secours de notre système digestif n'est pas conçue pour s'ouvrir tant que nous sommes assis ou debout : un muscle enserré notre intestin comme un lasso et le tire de manière à ce que se crée un coude. Les excréments arrivent tout d'abord à un virage. Comme une voiture qui s'engage sur une bretelle de sortie d'autoroute, ils sont alors forcés de ralentir. Du coup, en position assise ou debout, les sphincters ont moins d'efforts à fournir pour contenir la circulation quand le feu est rouge. Dès que le muscle en question se relâche, le coude disparaît. La route est droite, le feu est vert : on peut mettre les gaz...

Objectifs

- s'apercevoir que la position assise n'est pas la meilleure pour faire ses besoins.
- comprendre sa propre anatomie.

Scénario

Le visiteur s'assied sur des WC. Selon qu'il pose ses pieds au sol ou sur un tabouret, il voit la position du muscle qui laisse ou empêche les selles de sortir.

Crédit : S. Coeffic



A28a – Le cacabine : consistance

Propos

L'échelle de Bristol répartit les selles en sept catégories selon leur consistance. Une digestion saine donne un résultat de selles de types 3 ou 4. Les autres catégories ne devraient pas être à l'ordre du jour. Si elles s'invitent trop souvent dans notre cuvette, il peut être utile de consulter un médecin.

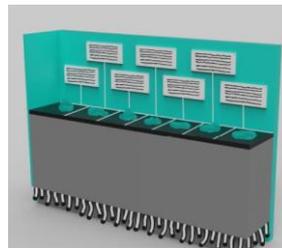
Objectifs

- apprendre beaucoup de ce qu'on considère souvent comme matière sale : que disent ses différentes formes, ses différentes compositions, ses couleurs variables.
- découvrir quelles sont les causes possibles de constipation et celles sur lesquelles on peut agir.

Scénario

Un salon-cacabine rassemble les éléments muséographiques qui reprennent le carnet scatologique du livre.

Ici, sept maquettes tactiles de crottes bleues sont présentées. Elles illustrent les différentes consistances des selles. Le visiteur peut les toucher.



A28c – Le cacabine : sphincters

Propos

Notre corps a développé une cohorte de dispositifs et d'astuces, à commencer par les sphincters, ces ingénieux mécanismes de fermeture. Presque tout le monde connaît le sphincter externe de l'anus, que l'on peut contracter de manière volontaire et ouvrir ou fermer à l'envi. Il est piloté par le système nerveux somatique : on peut le contrôler. À quelques centimètres de là, il existe un autre muscle similaire, le sphincter interne. Il est le porte-parole du système nerveux entérique : on ne peut pas le contrôler. Selon la situation, on décide d'émettre un pet, d'aller aux toilettes ou de se retenir.

Objectifs

- découvrir la sophistication du dispositif pour faire caca ou émettre un pet au bon moment.
- comprendre qu'intestin et cerveau dialoguent par le biais des deux systèmes nerveux, conscient et inconscient.

Scénario

Ici, un personnage immobile remet son lacet. Le visiteur peut voir comment se comportent les deux sphincters de ses fesses, selon qu'il est aux WC ou dans une réunion familiale.

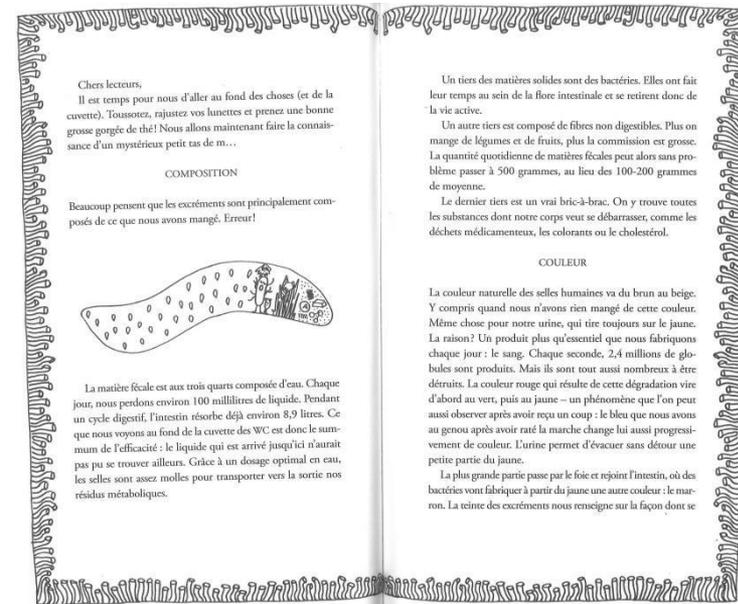
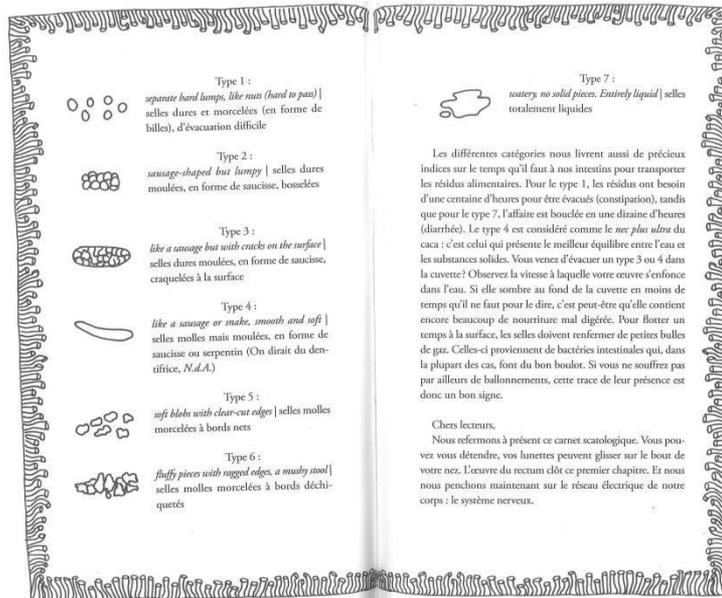


Propos

Beaucoup pensent que les excréments sont principalement composés de ce que nous avons mangé. Erreur ! Un tiers des matières solides sont des bactéries mortes, un autre tiers, des fibres non digestibles, et le dernier tiers est un vrai bric-à-brac fait de substances dont notre corps veut se débarrasser, comme les déchets médicamenteux ou le cholestérol. Quant à leur couleur, si elle va du brun au beige, c'est à cause du sang. Chaque seconde, 2,4 millions de globules sont produits. Mais ils sont tout aussi nombreux à être détruits. La plus grande partie de ces globules morts passe par le foie et rejoint l'intestin, où des bactéries vont fabriquer à partir du jaune une autre couleur : le marron. Savoir cela peut être très utile pour connaître l'origine de couleurs fécales atypiques.

Objectifs / Scénario

Dans ce salon-cacabinet, installés sur des assises en forme de crotte, les visiteurs peuvent consulter un « livret scatologique ». En plus des informations sur la composition et les couleurs des selles, ce livret traite de la constipation et des laxatifs.



B – LE MICROBIOTE SE RÉVÈLE

B1. Le petit peuple du ventre

B00 – Les bactéries sont partout

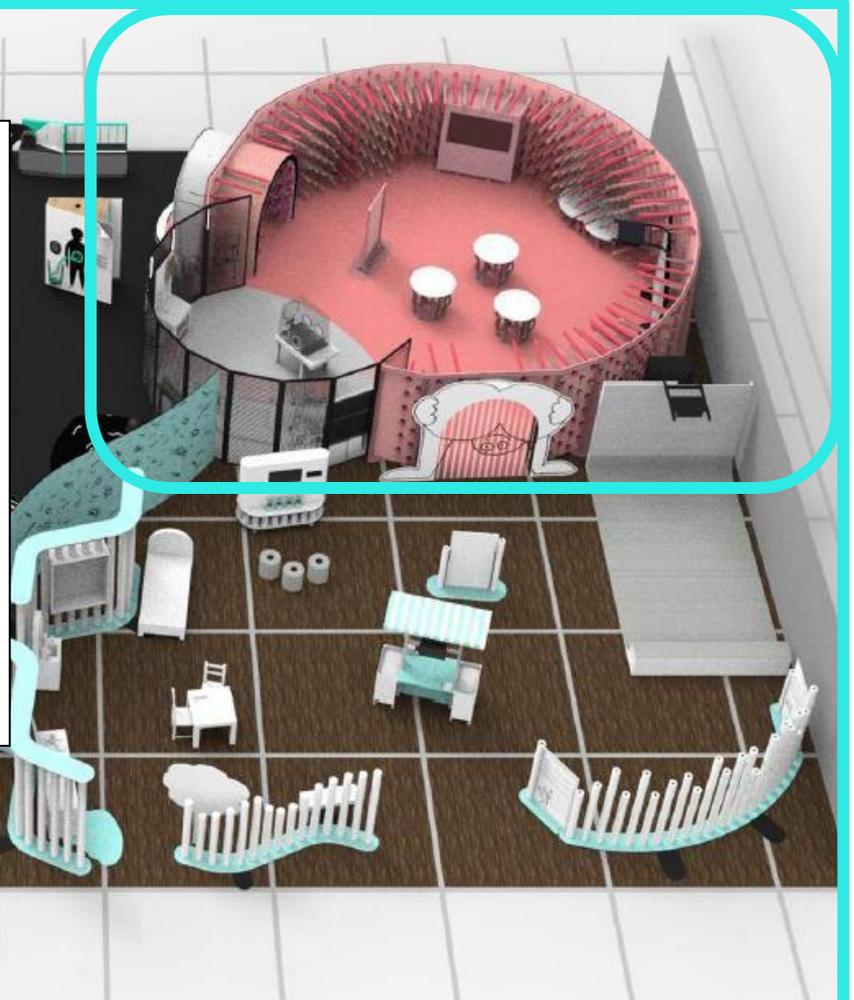
B11 – Le meilleur des selfies

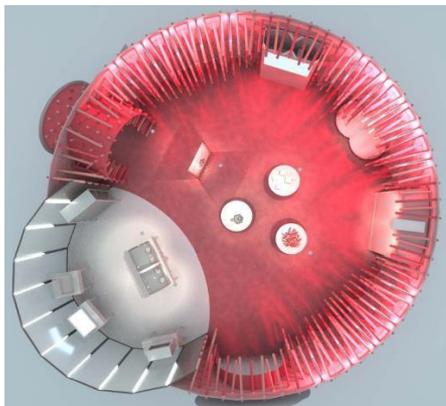
B12a – Les bactéries et des chiffres

B12c – Le microbiote à toucher

B13 – Rencontre avec des super bactéries

B14 – Microbiote glouton, microbiote marmiton





En rouge, la partie « Le petit peuple du ventre »
En blanc, la partie « Le laboratoire »

B10 – Les bactéries sont partout

Propos

Nous habitons la planète Terre, et sommes nous-mêmes une planète habitée. Sous la lentille d'un microscope, nos habitants – les bactéries – sont faciles à distinguer. Ce sont de petits points lumineux sur fond de ténèbres. L'intestin est le continent le plus fascinant de ce monde-là. Parmi tous les microorganismes qui se baladent en nous et sur nous, 99 % se trouvent dans l'intestin.

Les bactéries sont de petits organismes unicellulaires. Elles colonisent tous les écosystèmes de la planète. Sans elles, nous ne pourrions vivre.

Objectifs

- accepter l'idée que des bactéries vivent autour de nous, sur nous et dans nous.
- apprendre qu'environ 5 % des bactéries présentes sur Terre sont pathogènes.
- évoquer la coévolution bactéries-hôte.

Scénario

Pour marquer le changement d'échelle entre les deux parties de l'exposition, un sas est à traverser : des villosités dépassent et une multitude de bactéries dessinées par Jill Enders se révèlent.



B11 – Le meilleur des selfies

Propos

L'humain ne doit plus se considérer comme un organisme indépendant, seul maître de son destin. Il est une colonie de bactéries, mais aussi de virus, de champignons et de levures. Il est un écosystème.

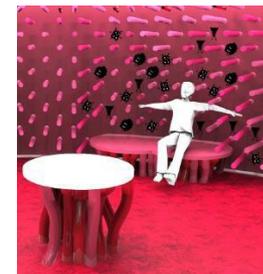
Avant de sortir de l'exposition, petit souvenir pour que le visiteur se réconcilie avec les bactéries qui l'entourent.

Objectifs

- s'amuser et rire.
- profiter de « l'ambiance intestinale » de cette deuxième salle à envoyer sur les réseaux sociaux.

Scénario

Le visiteur se glisse dans un décor dessiné par Jill Enders : il est entouré de « gentilles » et « méchantes » bactéries, ainsi que de quelques opportunistes et se prend en photo.



B12a – Des bactéries et des chiffres

Propos

Quelques chiffres : il y a 1000 fois plus de bactéries dans chacun d'entre nous que d'étoiles dans notre galaxie. Et plus de bactéries dans les selles que d'hommes sur Terre. Le poids moyen de notre microbiote intestinal est d'environ 2 kg.

Éléments comparatifs : une bactérie est, en moyenne, 8 fois plus petite qu'un globule rouge, 20 fois plus qu'un globule blanc, et 50 fois plus que le diamètre d'un cheveu. Autre donnée : il y a plus de bactéries dans 1 g de selle que d'humains sur Terre.

Objectifs

- s'étonner de l'immense quantité de bactéries contenues dans notre corps et dans les selles.
- se faire une idée des dimensions des bactéries.

Scénario

Le visiteur peut lire des données chiffrées amusantes.



B12b – Microbiote à toucher

Propos

Aujourd'hui, certains scientifiques estiment que notre microbiote intestinal peut être considéré comme un organe à part entière. Comme les autres organes de notre corps, il a une origine, se développe avec nous, est constitué d'amas de cellules et communique constamment avec ses autres collègues organes.

Des millions de microorganismes le constituent : principalement des bactéries, mais aussi des champignons (dont les levures), des archées et des virus.

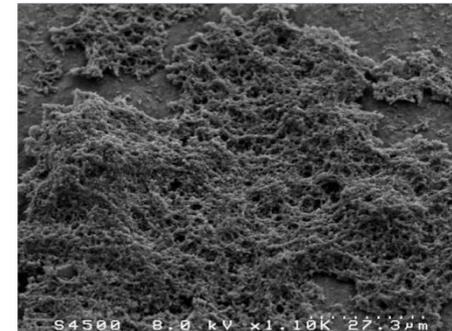
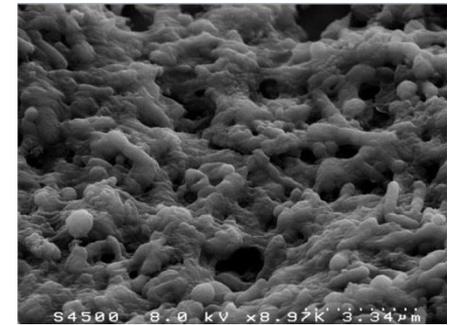
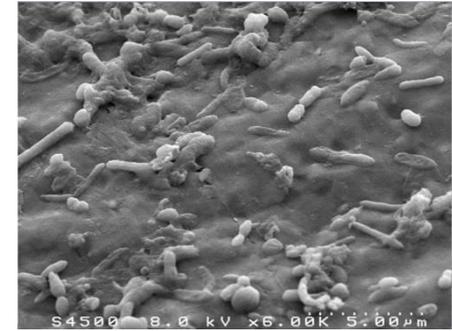
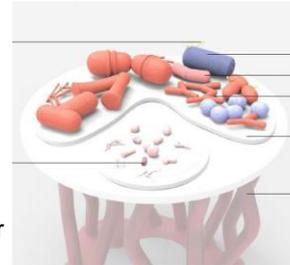
Objectifs

- découvrir la composition du microbiote intestinal.
- s'apercevoir que la proportion des bactéries est énorme par rapport aux autres microbes.

Scénario

La première maquette tactile rassemble bactérie, virus, champignon et archée. Le visiteur découvre ces micro-organismes qui composent le microbiote, ainsi que leur taille respective.

La deuxième maquette tactile présente 8 bactéries de formes différentes ; deux d'entre elles sont molles.



© INRA

B13 – Rencontre avec des super bactéries

Propos

Escherichia coli, *Lactobacillus casei* Shirota, *Lactobacillus bulgaricus*, *Lactobacillus rhamnosus*, *Akkermansia* et autres *Ruminococcus*... Des bactéries qui nous garantissent une bonne santé ou qui nous fragilisent.

Helicobacter pylori, elle, est une bonne illustration de bactérie tantôt sympa (elle combattrait l'asthme), tantôt pas sympa (capable de fabriquer une substance toxique pour les cellules nerveuses), tantôt les deux selon le contexte.

C'est ce qu'on appelle une bactérie opportuniste. Mais qui sont donc toutes ces bactéries et quels rôles jouent-elles dans notre corps ?

Objectifs

- rencontrer les principales bactéries intestinales et découvrir leurs rôles de façon amusante.
- comprendre qu'une même bactérie peut être bonne, pathogène et opportuniste.

Scénario

Le visiteur joue avec un mur graphique interactif. Des bactéries, dessinées par Jill Enders, issues du microbiote intestinal attendent. Dès que le visiteur en effleure une, elle raconte son histoire.

B14 – Microbiote glouton, Microbiote marmiton

Propos

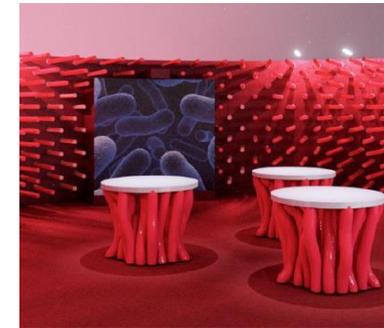
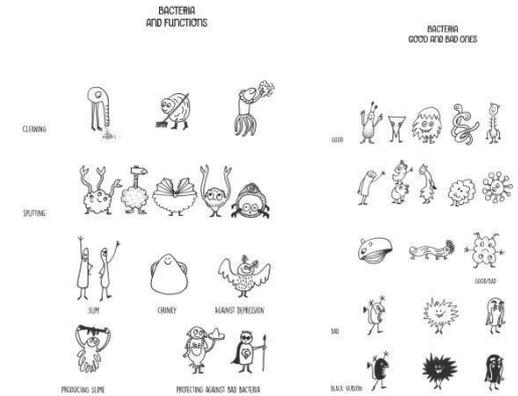
Les bactéries du côlon nous nourrissent, elles rendent certaines substances plus digestes et produisent elles-mêmes leurs propres substances. Ainsi, elles alimentent notre intestin en énergie, elles fabriquent des vitamines, elles désagrègent des toxines et des médicaments. Nos bactéries sont de petites usines de production, et les substances produites – acides, gaz, graisses – varient selon les bactéries. Aujourd'hui, certains scientifiques considèrent notre microbiote intestinal comme un organe à part entière, qui communique avec ses autres collègues organes.

Objectifs

- comprendre que le microbiote se nourrit de résidus non digérés dans l'intestin grêle.
- découvrir qu'il produit des métabolites bons ou indésirables.

Scénario

Ce jeu multimédia se fait à plusieurs. Les visiteurs doivent nourrir le microbiote en amenant les bactéries aux molécules venues par le bol alimentaire qu'elles peuvent digérer. Ils voient alors que maintenir un microbiote équilibré n'est pas si facile...



B – LE MICROBIOTE SE RÉVÈLE

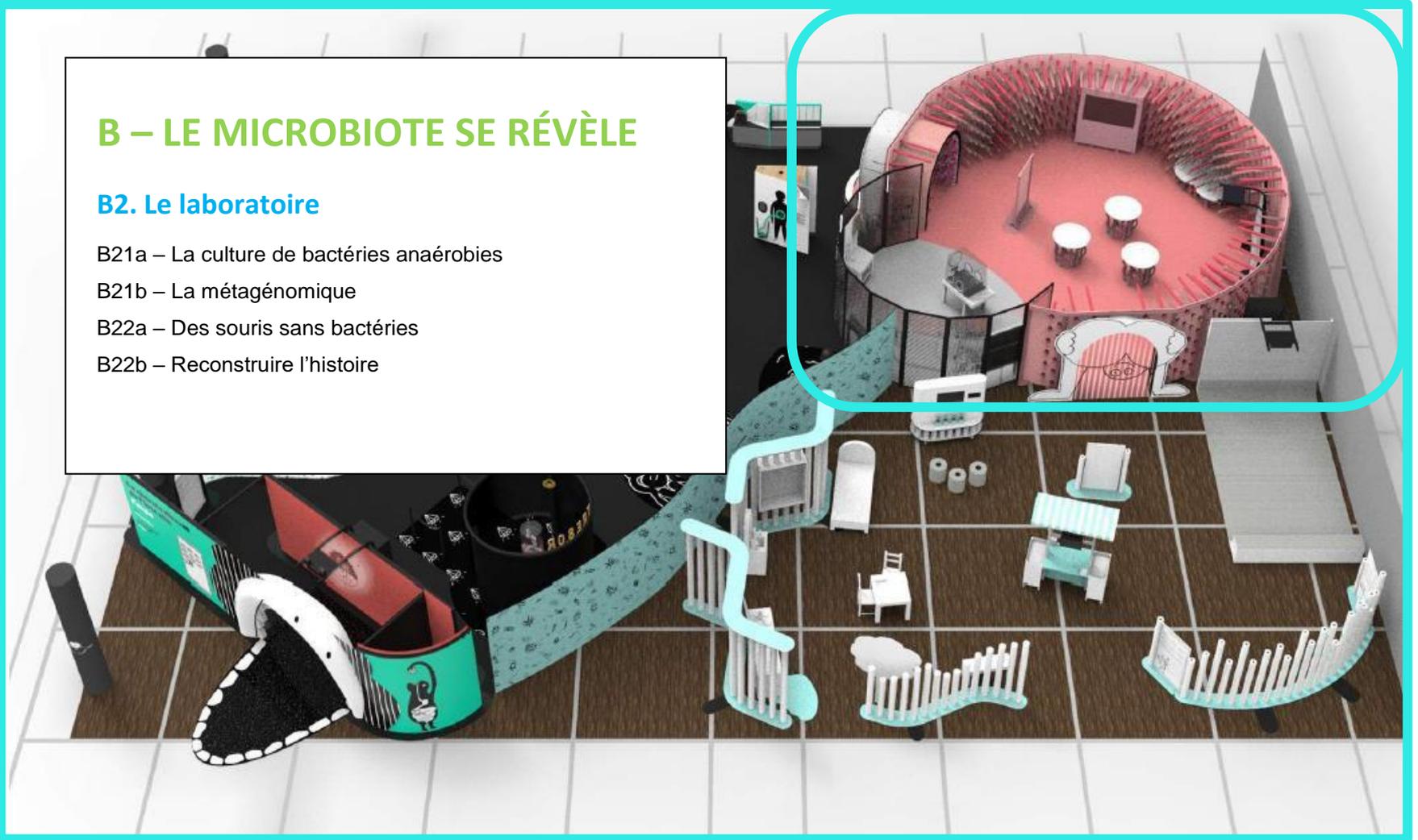
B2. Le laboratoire

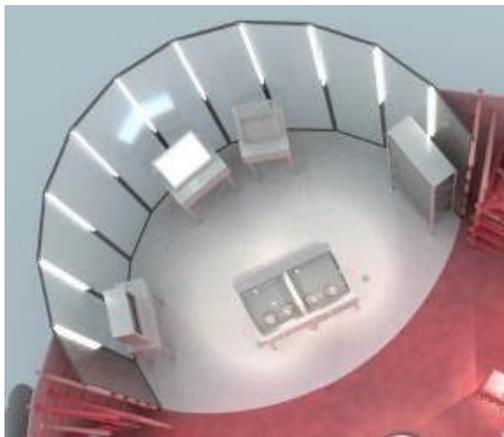
B21a – La culture de bactéries anaérobies

B21b – La métagénomique

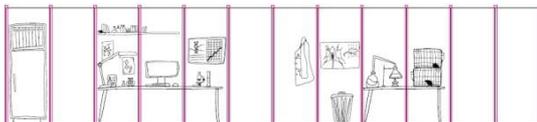
B22a – Des souris sans bactéries

B22b – Reconstruire l'histoire





© Atelier Universel



« Le laboratoire » et son décor dessiné. Deux éléments d'exposition présentent quelques outils scientifiques. Deux autres éléments montrent simplement des protocoles de recherche.

B21a – La culture des bactéries anaérobies

Propos

Faire la connaissance de nos microbes intestinaux n'est pas toujours facile. Ils n'aiment pas vraiment sortir de chez eux. Si on leur installe un petit coin douillet en laboratoire pour pouvoir les observer, ils font grève.

Dans les années 60, l'INRA a mis au point un outil à base de longs tubes profonds pour distinguer les bactéries aérobies et anaérobies. Depuis 2015, la miniaturisation entre en scène

dans la culture des bactéries : une « plaque » minuscule accueille des milliers de puits, autant de « nids » pour trouver quelles sont les meilleures conditions de développement pour chacune des bactéries. Cette « culturomique » est la nouvelle tendance dans les labos et va permettre à la recherche, dans l'avenir, de multiplier ses connaissances sur les bactéries anaérobies du microbiote intestinal.

Objectifs

- comprendre la difficulté de cultiver des bactéries anaérobies.
- découvrir des outils mis au point par les chercheurs, hier, aujourd'hui et demain.

Scénario

Le visiteur observe différents outils que les chercheurs ont utilisés ou utilisent pour cultiver et étudier les bactéries intestinales.



Crédit : INRA

B21b - La métagénomique

Propos

La métagénomique est l'analyse globale de tous les génomes d'une communauté d'êtres vivants, par opposition à l'analyse d'un seul génome. Le projet MetaHIT (INRA, mars 2010) a proposé un

premier séquençage des génomes du microbiote intestinal.

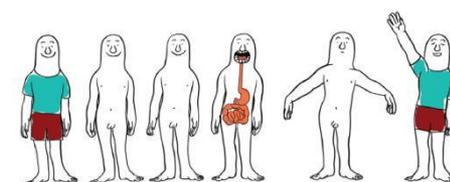
Les bactéries du ventre étant incultivables à l'air libre, c'est en séquençant l'ensemble des gènes des microorganismes présents dans l'estomac, l'intestin ou les selles qu'on a découvert leur nombre incroyable. Cette technique est devenue l'un des outils phare pour les études de microbiote.

Objectifs

- comprendre comment il est possible d'identifier dans une population des êtres vivants sans pouvoir les distinguer les uns des autres autrement que par leurs gènes.
- comprendre que les bactéries, comme tous les êtres vivants, sont identifiées par leurs gènes.
- être sensibilisé à la révolution scientifique qu'engendre la métagénomique.

Scénario

Le visiteur regarde un film simple et didactique, réalisé pour l'exposition.



Crédit : Escalenta

B22a – Des souris sans bactéries

Propos

Les souris axéniques sont les animaux les plus propres du monde – naissance stérile par césarienne, cages désinfectées au chlore et alimentation stérilisée. Jamais on ne trouvera dans la nature des animaux ainsi vierges de tout germe. Pour travailler avec ces souris, il faut prendre des précautions énormes : un souffle d'air non filtré, c'est déjà toute une équipe de germes qui s'invite. Elles ont un appendice énorme, des intestins rabougris, sans villosité, et peu de cellules immunitaires. De plus, une souris axénique mange beaucoup et ne grossit pas.

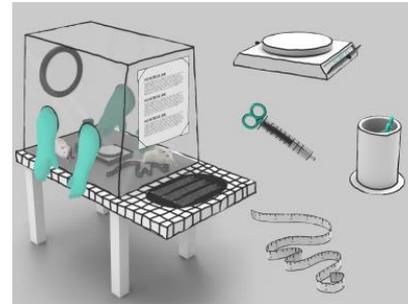
L'absence totale de bactéries dans ces souris est utile pour mener à bien des recherches sur le microbiote.

Objectifs

- découvrir l'existence de telles souris.
- découvrir la difficulté de travailler avec elles.
- voir que ces animaux ne sont pas maltraités.

Scénario

Le visiteur glisse ses mains dans les gants de la bulle stérile où se trouvent souris axéniques (peluches) et outils (balance, mètre, pipette...). Il s'amuse à reproduire les gestes des chercheurs.



B22b – Reconstruire l'histoire

Propos

En injectant un cocktail de bactéries provenant d'autres souris aux souris sans microbe, on peut observer des effets étonnants. Quand on leur administre les bactéries intestinales de sujets en surpoids, leur tendance à l'embonpoint augmente aussi. Grâce à ces études menées sur des souris, nous avons fait beaucoup de progrès sur notre compréhension du microbiote. Nous pouvons désormais formuler cette hypothèse : tout comme nous sommes influencés par le grand monde dans lequel nous vivons, le petit monde qui vit en nous nous influence aussi. Et ce qui rend les choses encore plus passionnantes, c'est que le petit monde n'est pas le même chez chacun d'entre nous.

Objectifs

- suivre une expérience simple et fondatrice des recherches sur le microbiote.

Scénario

Le visiteur est devant un grand tableau à compléter. Tel un roman photo, des « bulles de texte » sont associées à des images. Ce roman photo raconte un protocole de recherche. Au visiteur de bien reconstruire l'histoire.

A 3D rendering of an exhibition stand for 'C - LE BIEN-ÊTRE INTESTINAL'. The stand is set on a dark floor with a white grid pattern. It features a large, curved, light blue structure that resembles a stylized human digestive tract, with a red section at the top and a white section at the bottom. The stand is surrounded by various informational elements, including a red circular table with four white chairs, a white table with a chair, and several white boxes and panels. A white text box is overlaid on the left side of the stand, containing the title and a list of topics. A red rectangular box highlights the red and white sections of the digestive tract structure.

C – LE BIEN-ÊTRE INTESTINAL

- C1 – Cultivons notre microbiote
- C2 – Mangez des fibres !
- C3 – Des bactéries domestiques
- C5 – La transplantation fécale

C1 – Cultivons notre microbiote

Propos

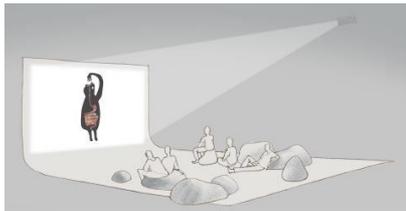
Tout comme nous sommes influencés par le grand monde dans lequel nous vivons, le petit monde qui vit en nous nous influence aussi. Et ce qui rend les choses encore plus passionnantes, c'est que ce petit monde n'est pas le même chez chacun d'entre nous. Quand et comment notre microbiote s'installe-t-il ? Comment et pourquoi évolue-t-il au cours de notre vie ? C'est ce que ce grand film raconte.

Objectifs

- découvrir l'installation et l'évolution du microbiote intestinal, de la naissance à la mort.
- comprendre que chaque microbiote est unique.
- découvrir que notre mode de vie et notre régime alimentaire peuvent influencer notre microbiote intestinal.
- s'apercevoir que de nombreux plats traditionnels fermentés contiennent des bactéries vivantes.
- distinguer probiotiques (bactéries ingérées) et prébiotiques (aliments ingérés dont les bactéries raffolent).

Scénario

Un grand film, réalisé pour l'exposition, permet à plusieurs visiteurs de comprendre toutes ces notions.



© Les Chevreux suprématistes



C2 – Mangez des fibres !

Propos

Nous appelons « fibres alimentaires » tout ce qui ne peut pas être assimilé dans l'intestin grêle et qui contribue à nourrir nos bactéries dans le gros intestin. Les microbes vont enfin pouvoir manger à leur faim ! Bien nourris, ils produiront des vitamines et de bons acides gras ou concocteront des séances d'entraînement pour maintenir notre système immunitaire en forme.

De plus, ces fibres alimentaires n'étant pas digérées par les enzymes, elles exercent une pression sur les parois de l'intestin, ce qui garantit un traitement plus rapide de la nourriture et une bonne consistance à l'arrivée. Problème : notre alimentation manque souvent de fibres, la plupart des Européens mangent la moitié des 30 grammes de fibres alimentaires recommandés par jour ! Pourtant, ça n'est pas si difficile d'entretenir son microbiote.

Objectifs

- comprendre ce que sont les fibres alimentaires.
- découvrir dans quels aliments elles se trouvent.
- comprendre les vertus digestives des fibres.

Scénario

Ce jeu multimédia peut se faire seul ou à deux. La mission consiste à choisir les aliments qui permettent d'ingérer les 30 g de fibres nécessaires quotidiennement.



© Les Chevreux suprématistes

C3 – Des bactéries domestiques

Propos

Le monde est bien plus passionnant quand on ne voit pas seulement de lui ce qu'il daigne nous montrer, mais aussi ce qu'il nous cache. Plus de 95 % des bactéries de ce monde sont inoffensives pour nous. Et nombre d'entre elles sont même nos meilleures alliées.

En une grande scénette de la vie quotidienne, plusieurs histoires abordent la notion d'hygiène fondée sur l'élimination systématique de toutes les bactéries, l'apparition de salmonelles dans notre intestin ou encore la consommation massive des antibiotiques. Et bien d'autres encore...

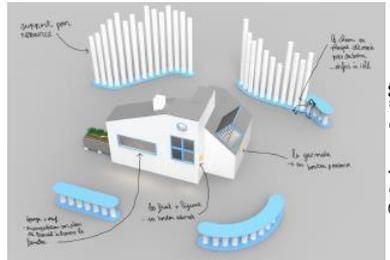
Objectifs

- comprendre en quoi l'usage systématique d'antibiotiques et trop d'hygiène sont à proscrire (réduction de la biodiversité bactérienne).
- apprendre comment nettoyer de façon appropriée (diluer, sécher, régler le thermostat et nettoyer).

Scénario

C'est en regardant à travers des ouvertures que les visiteurs découvrent ce que cache cette maison géante. Chaque scène intérieure dévoile où sont concentrées les bactéries dès que les visiteurs l'éclairent.

Exemple : boîte d'œufs, fruits et légumes, gazinière, lave-linge, éponge et torchon, sol sec et mouillé, robinet et savon, antibiotique, chien, jardin...



© Stéven Coëffic

C5 – La transplantation fécale

Propos

Clostridium difficile est une bactérie qui résiste aux antibiotiques et peut ensuite coloniser la place devenue vacante dans l'intestin. Les patients ont parfois pendant plusieurs années des diarrhées sanglantes et glaireuses. C'est épuisant pour le corps et le mental. Dans une telle situation, d'audacieux thérapeutes transplantent des équipes de bactéries bien rôdées en même temps que toutes les autres bactéries intestinales de porteurs sains. Il suffit d'avoir des excréments sains et leur lot de bactéries – et c'est tout. C'est ce qu'on appelle la transplantation fécale. S'agissant d'une greffe médicale, on aura la chance de s'approprier un caca qui aura été « nettoyé ».

En dépit de son succès (90 % de guérison), cette méthode ne peut pour l'instant être utilisée que dans des cas vraiment désespérés, car on ne sait pas encore si en transplantant les selles d'autrui, on transpose aussi d'éventuelles maladies ou des germes potentiellement dangereux.

Objectifs

- découvrir une thérapie déjà connue depuis bien longtemps, et appliquée par les vétérinaires.
- Savoir quand cette thérapie est appliquée.
- comprendre les espoirs, mais aussi les limites ou les difficultés associées à ce traitement thérapeutique.

Scénario

Un film, réalisé pour l'exposition, permet au visiteur de découvrir cette nouvelle thérapie.



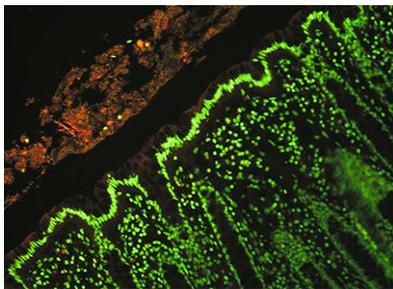
Fin de la
visite

Ressources à propos du microbiote (µB)

Le microbiote

Le microbiote est l'ensemble des micro-organismes (bactéries, virus, parasites, champignons non pathogènes, dits commensaux) qui vivent dans un environnement spécifique. Dans l'organisme, il existe différents microbiotes au niveau de la peau, de la bouche, du vagin... Le microbiote intestinal est le plus important d'entre eux, avec 10^{12} à 10^{14} micro-organismes. Cela représente 2 à 10 fois plus que le nombre de cellules qui constituent notre corps, pour un poids de 2 kg !

Le microbiote intestinal est principalement localisé dans l'intestin grêle et le côlon (l'acidité gastrique rendant la paroi de l'estomac quasiment stérile). Il est réparti entre la lumière du tube digestif et le biofilm protecteur que forme le mucus intestinal sur sa paroi intérieure (l'épithélium intestinal).



Microbiote (marquage rouge par la méthode FISH) et intestin (marquage vert/conversion DAPI). Mise en évidence du positionnement de la flore intestinale commensale pour l'essentiel à distance de la surface épithéliale du fait de la présence de mucus et des molécules antimicrobiennes à qui il sert de matrice. Illustration de l'environnement auquel *Lactobacillus* est confronté lors de son processus de colonisation et d'établissement. Crédit : Inserm, T. Pédrón.

La présence de micro-organismes dans l'intestin est connue depuis plus d'un siècle et on a vite présumé qu'il existait une véritable symbiose entre notre organisme et cette flore. Mais, jusque récemment, les moyens techniques permettant d'étudier les détails de cette interaction étaient limités : seule une minorité d'espèces bactériennes du microbiote pouvait être cultivée in vitro. La mise au point des techniques de séquençage haut débit du matériel génétique a donné un nouvel élan à cette recherche et il existe aujourd'hui un réel engouement pour décrire la nature des interactions hôte-microbiote, celles des micro-organismes entre eux, et leur incidence en matière de santé.



Plus : cliquez sur l'image, pour ouvrir le lien hypertexte.

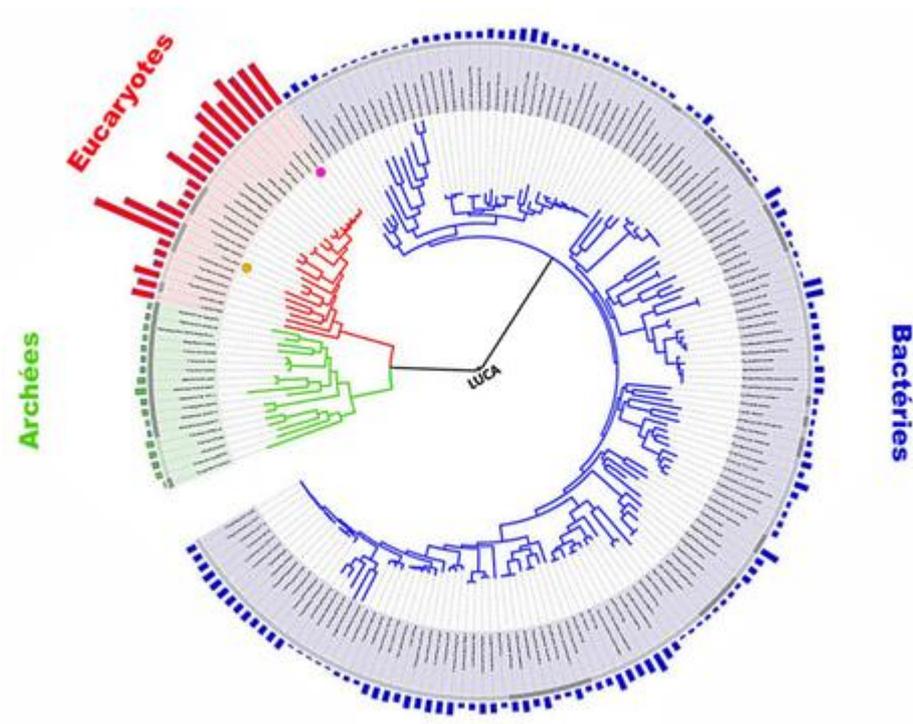
Généralités sur le terme « microbiote »

Le microbiote intestinal, donc le microbiote localisé dans l'intestin grêle mais surtout dans le gros intestin – ou côlon, constitue la plus grande population de bactéries chez l'humain. Il est anciennement appelé flore intestinale, concept à rejeter puisque qu'il ne s'agit pas de végétaux mais bien de bactéries.

Le terme flore, associé aux bactéries, provient du fait que les premiers scientifiques à s'intéresser à ces micro-organismes étaient des botanistes.

Aujourd'hui, certains scientifiques estiment que notre microbiote intestinal peut être considéré comme un organe à part entière. Comme les autres organes de notre corps, il a une origine, se développe avec nous, est constitué d'amas de cellules et communique constamment avec ses autres collègues organes.

Classification générale des micro-organismes



Les bactéries sont des êtres vivants procaryotes, le plus communément unicellulaire, qui se développent en colonies. On a observé une grande diversité de morphologie et de taille. En bâtonnet, sphérique, avec des flagelles ou non, allant de 0,2 μm à 2 μm .

Figure 1 : arbre phylogénétique

- On estime que le nombre de micro-organismes vivant dans notre corps s'élève entre **35 000** et **100 000 milliards** (10^{14}). En comparaison, on estime que nous avons environ **30 000 milliards de cellules** ($3 \cdot 10^{13}$) : nos cellules ne sont donc pas majoritaires dans notre corps....

Pour en savoir plus, participez aux exposés scientifiques !

Les exposés scientifiques autour de l'exposition



Trois thématiques :

- Nature du microbiome et rôle dans notre corps
- Relation cerveau - intestin
- Approche culturelle et alimentation

Les exposés scientifiques sont complémentaires et sont proposés sous l'angle de l'observation du vivant et de l'actualité scientifique.

Ils sont accessibles sur réservation, dans la limite des places disponibles. Nous vous incitons chaudement à les réserver [ici](#).

« Microbiote, nous ne sommes pas seuls »

Notre corps compte plus de bactéries que de cellules humaines. Le microbiote intestinal que nous abritons depuis notre naissance est un allié indispensable à notre survie de tous les jours. Immunité, digestion, sans lui, nous ne pourrions pas vivre. Quelles sont les interactions avec notre corps ?

- L'objectif de cet exposé scientifique est d'aborder le rôle et les fonctions du microbiote sur notre corps ainsi que les corrélations avec notre santé. Cette animation ne nécessite pas de prérequis de la part du public.
- Public scolaire de la 6^e à la terminale.
- Sous réservation. Durée 45 min.

« A-t-on un second cerveau ? »

Si notre cerveau compte près de 100 milliards de neurones, notre appareil digestif quant à lui en possède 200 millions. Est-ce suffisant pour le qualifier de second cerveau ? Un lien d'influence existe entre les deux, mais comment communiquent-ils ? Les bactéries de nos intestins jouent-elles un rôle dans ce dialogue ?

- L'objectif de cet exposé scientifique est d'explorer les voies de communications entre les cellules nerveuses du cerveau, celles de l'appareil digestif et les bactéries de notre intestin. Plusieurs exemples précis sont abordés dont le stress, la faim et les maladies neurodégénératives faisant le relais de l'actualité scientifique.
- Public scolaire et individuel à partir de 14 ans.
- Sous réservation. Durée 45 min.

Fiches pédagogiques Eduscol

Une sélection à consulter en ligne.

[Propositions pour un enseignement spiralaire de SVT sur les trois années du cycle 4](#)

Le vivant et son évolution

[Rôle des microorganismes dans la digestion - doc 1 et - doc 2-](#)

[Manipuler des microorganismes en respectant les consignes de sécurité](#)

[Antibiothérapie et microbiote intestinal](#)

Le corps humain et la santé

[Le monde microbien et notre organisme](#)

[L'équilibre alimentaire et le microbiote - validation d'hypothèse](#)

[Le microbiote intestinal en chiffres ! QCM](#)

Webographie scientifique et ludique

Courtes vidéos en lien avec le microbiote et l'intestin sur Ted-Ed. Nb : Pour les sous-titres en français, en bas à droite dans la petite roue > paramètres > Sous-titres > français

- **Tout est question d'équilibre : les bactéries peuvent être des alliés indispensables ou nos pires ennemis, il ne tient qu'à vous d'apprendre leur langage.**

Comment votre alimentation affecte-t-elle votre intestin ? (5 min)

https://www.youtube.com/watch?time_continue=5&v=1sISguPDIhY

Comment le mucus nous garde-t-il en bonne santé ? (4 min)

https://www.youtube.com/watch?v=WW4skW6gucU&index=7&list=PLJicmE8fK0Ejhh_BErBcu6Oe5v_ozseAL

Vous êtes vos microbes (3 min 45 s)

<https://www.youtube.com/watch?v=1X8p0vhsWRE>

La jungle microbienne partout (et en vous) (5 min 10 s)

<https://www.youtube.com/watch?v=pHLP5CZMnL4>

Les bactéries bénéfiques qui rendent la nourriture délicieuse (4 min 39 s)

<https://www.youtube.com/watch?v=eksagPy5tmQ>

Pourquoi est-ce qu'on pète ? (4 min 57 s)

https://www.youtube.com/watch?v=GTvnjaUU6Xk&list=PLJicmE8fK0Ejhh_BErBcu6Oe5v_ozseAL&index=6

- **A elles seules, les bactéries intestinales construisent 70 % de notre immunité**

Comment fonctionne notre système immunitaire ? (5 min)

<https://www.youtube.com/watch?v=PSRJfaAYkW4>

Comment fonctionnent les vitamines ? (4 min 43 s)

<https://www.youtube.com/watch?v=ISZLTJH5IYg>

Qu'est-ce qui cause la résistance aux antibiotiques ? (4 min 35 s)

<https://www.youtube.com/watch?v=znnp-lvj2ek>

- **Des questions de notre quotidien avec réponse bactérienne à l'appui**

Qu'est ce qui cause la constipation ? (3 min 32 s)

<https://www.youtube.com/watch?v=0IVO50DuMCs>

Qu'est ce qui cause la mauvaise haleine ? (4 min 13 s)

https://www.youtube.com/watch?v=oZ13QfP2os8&list=PLJicmE8fK0Ejhh_BErBcu6Oe5v_ozseAL&index=2

Qu'est ce qui cause l'odeur corporelle ? (4 min 28 s)

https://www.youtube.com/watch?v=g96z1P3z5yU&index=4&list=PLJicmE8fK0Ejhh_BErBcu6Oe5v_ozseAL

Pourquoi est-ce que l'on transpire ? (4 min 47 s)

https://www.youtube.com/watch?v=fctH_1NuqCQ&list=PLJicmE8fK0Ejhh_BErBcu6Oe5v_ozseAL&index=9

➤ Les autres organes en relation avec nos bactéries

Que fait le foie ? (3 min 24 s)

<https://www.youtube.com/watch?v=wbh3SjzdnQ>

Qu'est-ce qui fait pousser les muscles ? (4 min 19 s)

<https://www.youtube.com/watch?v=2tM1LFFxeKg>

POUR ALLER PLUS LOIN...

Comment étudions-nous les microbes de notre intestin ? Vidéo Ted par Dan Knights (10 min)

<https://www.youtube.com/watch?v=FW3198J83RQ>

La surprenante et charmante science de nos intestins, Vidéo Ted par Giulia Enders (14 min)

https://www.youtube.com/watch?v=HNMQ_w7hXTA

Suggestion bibliographique

Certains ouvrages de cette liste, se trouvent à la **bibliothèque de la Cité des Sciences et de l'Industrie**, 30 avenue Corentin-Cariou, 75019 Paris. Horaires : du mardi au dimanche, de 12 h à 18 h 45.

PROFITEZ D'UN PASS GRATUIT POUR UN ACCÈS ILLIMITÉ AUX DEUX SITES PENDANT 1 AN !

Réservez et effectuez une visite avec votre classe à la Cité des sciences et de l'industrie ou au Palais de la découverte et obtenez gratuitement un pass individuel. Présentez-vous, le jour de votre visite, muni de votre réservation à l'accueil des groupes et complétez un formulaire. Votre pass vous sera ensuite adressé à domicile.

Les avantages de votre pass enseignant

- Accès illimité et gratuit pendant un an aux expositions temporaires et permanentes de la Cité des sciences et de l'industrie et du Palais de la découverte, aux planétariums des deux établissements, au sous-marin Argonoute et au cinéma Louis-Lumière de la Cité.
- Emprunt de documents à la bibliothèque des sciences et de l'industrie et services privilégiés (espaces numériques de travail, réservation de postes, accès en ligne aux ressources VOD, e-book, e-learning, etc.).
- Tarifs préférentiels et réductions à la Gaude, dans les boutiques de la Cité des sciences et de l'industrie et au Palais de la découverte, aux restaurants de la Cité et à la cafétéria du Palais.
- Bénéficiez également de réductions chez nos partenaires : Etablissement public du Parc et de la Grande Halle de la Villette, Théâtre du Rond-Point... Informations et renseignements educ-info@universcience.fr

Le PASS GRATUIT pour un an vous permet également d'emprunter librement des documents de la bibliothèque, information :

educ-info@universcience.fr

Moi, microbiote, maître du monde

Ed Yong, 2017, éd. Dunod.

Préface de Patrice Debré, traduit de l'anglais par Christian Jeanmargin.

Saviez-vous que le corps humain, de même que celui de tous les animaux, compte plus de bactéries, virus et champignons que de cellules propres ? Et que cette cohabitation, non seulement est pacifique mais aussi est nécessaire à notre survie ? Ed Yong raconte dans cet ouvrage l'histoire édifiante de cette découverte et comment elle a complètement bouleversé notre conception du vivant : l'Evolution n'aurait pu être possible sans l'alliance nouée entre les animaux et le monde des microbes. Laissez-vous guider par Ed Yong à la rencontre de votre faune intérieure : ce livre va changer votre vision du monde !

L'homme microbiotique

Patrice Debré, 2015, éd. Odile Jacob.

Dans son livre, le professeur d'immunologie Patrice Debré met à l'honneur la myriade de bactéries qui vit « pour nous et avec nous », en nous invitant à modifier notre perspective traditionnelle des microbes comme essentiellement nocifs pour notre santé. Pour illustrer ses dires, Debré décrit certaines découvertes qui mettent en lumière l'étroite relation entre le microbiote et le système immunitaire, le tout soutenu par des descriptions détaillées de données et enrichi par des anecdotes relevant de la culture générale et de l'histoire de la médecine.

L'incroyable pouvoir de votre microbiote

Justin Sonnenburg et Erica Sonnenburg, 2016, éd. Eyrolles.

Préface de Laurence Lévy-Dutel.

Nous savons tous que notre santé est prédéterminée par nos gènes. Nous savons également que nous pouvons améliorer notre santé si nous mangeons correctement, faisons de l'exercice physique et gérons notre niveau de stress. Mais la manière de mettre ces principes en œuvre est un sujet de débats animés. De nombreux programmes de santé bien intentionnés se concentrent sur la perte de poids ou la santé cardiaque. Mais a-t-on envisagé qu'il pourrait y avoir une autre clé à notre santé : notre microbiote, ces milliers de bactéries qui peuplent notre tube digestif. Elles sont essentielles pour prévenir des maladies telles que le cancer, le diabète, l'asthme, l'autisme... Justin et Erica Sonnenburg, scientifiques de renommée mondiale, nous expliquent comment notre intestin influe sur notre poids, notre façon de vieillir et notre santé. En bonus un programme de 7 jours de menus familiaux pour raviver votre flore intestinale !

Les bactéries, des amies qui vous veulent du bien

Gabriel Perlemuter et Anne-Marie Cassard, 2017, éd. Pocket.

On connaît maintenant l'importance des bactéries, mais saviez-vous par exemple qu'elles servent à empêcher l'obésité, les allergies, les maux de ventre et les maladies digestives ? Et que, mieux encore, sous l'effet de facteurs environnementaux tels qu'une meilleure hygiène ou une meilleure alimentation, ces bactéries peuvent vous défendre contre les maladies cardiaques, la dépression mais aussi certains cancers ? Un guide sans équivalent pour pouvoir tirer profit des dernières recherches sur les pouvoirs de notre " deuxième cerveau ".

Le régime microbiote

André Burckel, 2016, éd. Médiclaro.

Connaissez-vous les Prébiotiques ? Peut-être pas. Et pourtant, ce sont les Prébiotiques contenus dans certains aliments qui constituent la nourriture exclusive de nos bactéries intestinales. Sans les Prébiotiques impossible de construire notre Santé. C'est grâce aux Prébiotiques que notre Microbiote intestinal trouve son équilibre. On sait aujourd'hui que le Microbiote lorsqu'il est équilibré crée à lui seul 70 % de notre immunité. Lorsqu'il est affaibli, c'est tout votre système immunitaire qui est défaillant. Pour renforcer votre Microbiote, une alimentation riche en Prébiotiques est nécessaire. Malheureusement l'alimentation moderne a quasiment délaissé certains des aliments riches en Prébiotiques. Le Régime Microbiote vous explique de manière claire tout l'intérêt qu'il y a de renouer avec une alimentation Prébiotique vitale pour notre Santé. André Burckel, pharmacien biologiste, est l'auteur du best-seller *Les bienfaits du régime crétois* et du livre *Le Désir de guérir*. Il est expert en immunologie, en infectiologie, en nutrition et en micronutrition.

Qu'est-ce que tu as dans le ventre ?

Dr Philippe Godeberge et Caroline Balma-Chaminadour, 2017, éd Hachette Pratique

Illustrations de Mélody Denturck. Livre illustré

Pourquoi l'intestin serait-il source de sérénité, voire de bonheur absolu ?

Parlez-en à ceux qui souffrent de ballonnements, de constipation, de digestion difficile, de reflux ou d'hémorroïdes, nul doute que faire la paix avec leur système digestif soit pour eux le gage de satisfaction...

Avant de déterminer où et pourquoi ça coince, il faut d'abord comprendre comment ça marche. C'est la toute première question à laquelle répondent le docteur Philippe Godeberge et Caroline Balma-Chaminadour.

Quelles sont les clés d'une digestion paisible ? Comment bien vivre avec ses intestins ? Comment, tout simplement, prévenir et éviter les troubles et autres maladies du système digestif ? Comment éviter qu'un trouble digestif dégénère et provoque des pathologies en chaîne ? Savez-vous que vos intestins sont les gardiens de vos frontières intérieures et qu'ils vous défendent contre les toxiques, les allergènes et autres infections ? Savez-vous comment vous pouvez, au quotidien, renforcer vos défenses immunitaires via vos intestins ?

Savez-vous encore que dans le grand silence de votre corps, vos intestins sont en dialogue constant avec votre cerveau ? Que se disent-ils ? Comment pouvez-vous faciliter leur discussion dans la bonne humeur pour éviter que stress et émotions négatives ne chamboulent tout ?

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 chouchotent le mental...et vice-versa.



Le microbiote intestinal

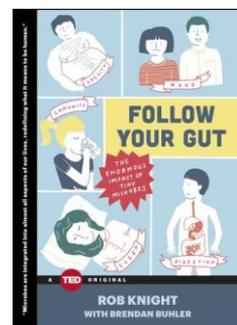
Joël Doré et Philippe Marteau, 2017, éd. John Libbey Eurotext
Pour le corps médical

Agir sur la préservation de l'équilibre du microbiote intestinal représente un potentiel fabuleux pour la médecine de demain. En quelques années, les connaissances sur le microbiote intestinal ont fait des progrès considérables non seulement dans sa description mais aussi sur ses fonctions physiologiques. Le nombre de maladies qu'il peut moduler est beaucoup plus large qu'on ne l'imaginait jusqu'ici et les dysbioses intestinales sont désormais présentées au grand public dans des best-sellers, magazines, émissions ou sites Internet. Les expériences de transfert de phénotype ont ouvert des voies de recherche tout à fait inattendues dans les domaines de maladies intestinales, syndrome métabolique, obésité, mais aussi désordres psychologiques, hépatiques et cutanés. Les médecins dans leur formation doivent désormais tous acquérir ces concepts et résultats pour comprendre pourquoi des perturbations écologiques peuvent servir de bio-indicateurs de maladies. Ils doivent aussi intégrer à leurs pratiques les modulations du microbiote intestinal pour en favoriser un bon développement et en protéger l'équilibre et les fonctions. Les auteurs dressent ici un panorama complet de l'implication du microbiote dans le maintien de l'état de santé en rendant accessibles au médecin généraliste des concepts complexes. Ils mettent en évidence les situations de dysbiose associée à certaines pathologies intestinales mais aussi extra-intestinales. Ce livre apporte une base à la fois simple et solide au médecin moderne, quels qu'en soient l'exercice et la spécialité, pour comprendre le fragile équilibre de la symbiose microbiote-hôte et les répercussions que cette perspective ouvre dans la prise en charge des patients.

Follow your gut

Rob Knight et Brendan Buhler, 2015, éd. Simon & Schuster. En anglais.

Avec l'aide du journaliste Brendan Buhler, le chercheur de l'Université de Californie à San Diego (UCSD), Rob Knight — que ses collègues considèrent comme un « génie de la bio-informatique » — a écrit une ode enthousiaste aux microbes logés dans l'organisme humain. Ce livre, basé sur une conférence TED de Knight, est un compte-rendu succinct et incisif de la manière dont les microbes affectent la santé. L'ouvrage inclut une brève section expliquant comment « pirater » notre microbiome et des prédictions sur la manière dont les connaissances sur le monde microbien seront utilisées à l'avenir.



Informations pratiques

Adresse

Cité des sciences et de l'industrie
30 avenue Corentin-Cariou
75019 Paris
www.cite-sciences.fr

Accès

Métro : Porte de la Villette (L7)
Bus : 139, 150, 152
Tramway : Porte de la Villette (Ligne 3b)

Horaires d'ouverture

Du mardi au samedi de 10 h à 18 h, le dimanche de 10 h à 19 h.
Fermeture le lundi ainsi que les jours fériés suivants : 1^{er} janvier, 1^{er} mai et 25 décembre.

Élémentaire : 1 gratuité pour 12 entrées payantes

Secondaire : 1 gratuité pour 15 entrées payantes

Tarifs groupe, prix par participant (en vigueur au 1^{er} septembre 2018)
4,50 € (2,50 € pour les établissements en réseau éducation prioritaire)

Tout billet acheté donne droit à une entrée au *Cinéma Louis Lumière* et au sous-marin *Argonaute* (dans la limite des places disponibles) + un accès aux ateliers et au Planétarium sur réservation.

Réservation groupes

Sur internet (devis en ligne)

<http://www.cite-sciences.fr/fr/vous-etes/enseignants/votre-sortie-scolaire/infos-pratiques-et-reservation/devis-en-ligne/>



resagroupescite@universcience.fr



01 40 05 12 12



01 40 05 81 90



Cité des sciences et de l'industrie
Service groupes
30 avenue Corentin-Cariou
75930 Paris Cedex 19