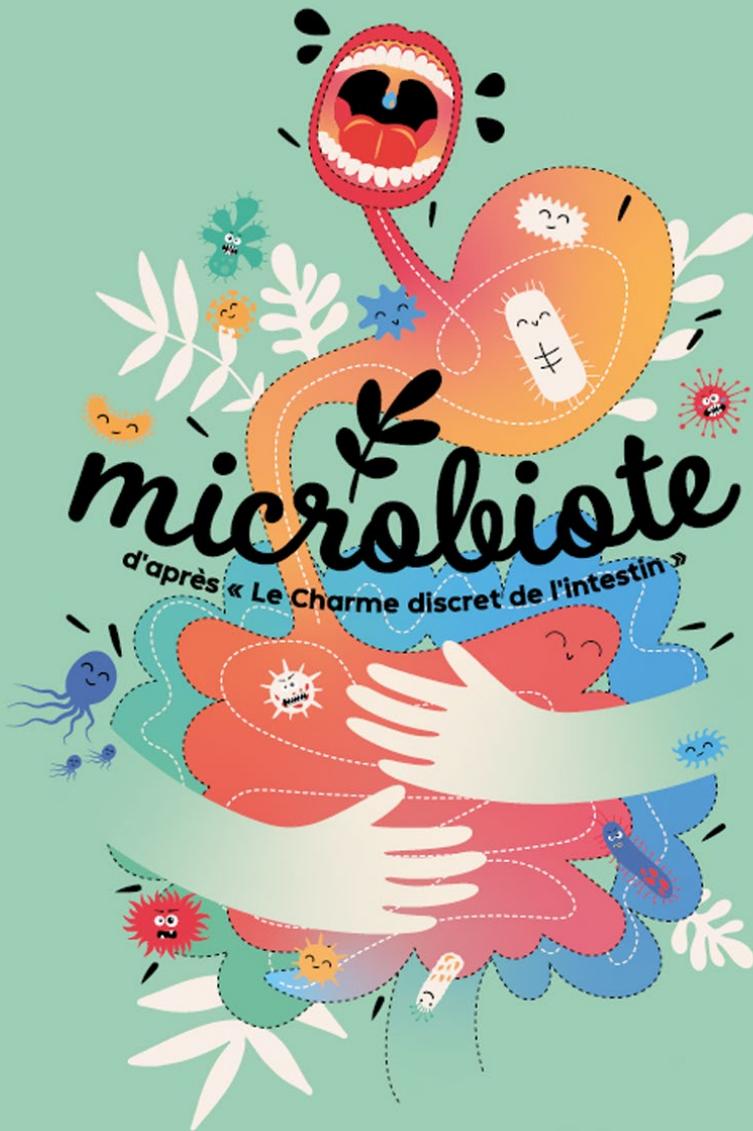


DOSSIER PÉDAGOGIQUE

Enseignants premier et second degré



Sommaire

Sommaire	0
L'exposition « Microbiote » à l'Espace des sciences, les contenus.....	1
Liens avec les programmes scolaires.....	3
Possibilités d'exploitations de l'exposition « Microbiote » (1er degré)	8
Possibilités d'exploitations de l'exposition « Microbiote » (2 nd degré)	14
Pour conclure : l'Espace des sciences en pratique.....	21

L'exposition « Microbiote » à l'Espace des sciences, les contenus

Le microbiote est un système complexe et méconnu, qui n'en finit pas d'étonner. En effet, chaque être humain possède un microbiote unique (au même titre que les empreintes digitales) et évoluant constamment au cours de la vie. On retrouve de nombreux microbiotes dans notre corps, notamment au niveau de notre peau, de la bouche, du vagin, des poumons, de l'estomac et de l'intestin. Ces bactéries, virus et champignons non pathogènes, se situent à 99% dans notre intestin, où ils forment un véritable écosystème. On dénombre ainsi environ 10^{13} micro-organismes dans notre tube digestif, soit autant que le nombre de cellules qui composent notre corps (source : INSERM). Le microbiote est plus principalement présent au niveau de l'intestin grêle et du côlon, l'acidité de l'estomac étant une barrière au développement des micro-organismes.

Au cours des dix dernières années, la recherche a beaucoup évolué sur ce sujet. Il a notamment été découvert que le système digestif est doté de son propre système nerveux (le système nerveux entérique) et qu'il entretient des relations étroites avec le système nerveux central (le cerveau). Le microbiote interagit avec l'organisme au cours de la digestion et il impacte particulièrement notre système immunitaire. Le rôle du microbiote intestinal sur notre santé étant de mieux en mieux connu, son rôle dans les fonctions immunitaires et neurologiques est mieux identifié. L'altération du microbiote est ainsi une piste sérieuse pour expliquer certaines maladies auto-immunes ou inflammatoires.

L'exposition « Microbiote » est organisée en 3 parties, avec une introduction :

- **Mise en bouche** : Introduction à l'exposition.
- **Visite guidée de la digestion** : Pour comprendre globalement le processus de digestion, et découvrir chaque organe impliqué dans la digestion, afin de saisir les étapes du cheminement des aliments entre la bouche et l'anus.
- **Le microbiote se révèle** : Pour découvrir les interactions entre nous et notre microbiote, le rôle des bactéries lors de la digestion.
- **Le bien-être intestinal** : Pour comprendre comment prendre soin de son microbiote au quotidien.

Une vingtaine de dispositifs interactifs incitent à une découverte dynamique, par le biais du jeu et de l'expérimentation, seul ou à plusieurs.

MICROBIOTE, D'APRES LE CHARME DISCRET DE L'INTESTIN a été conçue et réalisée par la Cité des sciences et de l'industrie en collaboration avec Giulia et Jill Enders, le Pavilhão do Conhecimento – Centro Ciência Viva (Lisbonne, Portugal) et Heureka, the Finnish Science Center (Vantaa, Finlande) et en partenariat avec l'INRA.

Les objectifs pédagogiques :

- Découvrir les processus et étapes de la digestion.
- Découvrir le microbiote et la notion de cohabitation (symbiose) avec des bactéries, virus et champignons non pathogènes.
- Se sensibiliser à des notions de santé, notamment en lien avec la nutrition.

Visite guidée de la digestion

En entrant dans la salle, les élèves entrent dans le vif du sujet en découvrant les organes qui permettent la digestion.

Le conduit qui va de notre bouche à notre anus est la plus grande surface de notre corps en contact avec l'extérieur (16 fois plus importante que notre peau). Les élèves pourront découvrir l'intérieur de ce conduit, filmé grâce à une caméra pilule. Les élèves découvriront également la composition de la salive, les mouvements propres à chaque organe lors de la digestion, les particularités de l'estomac dont un côté est plus court que l'autre, la longueur de l'intestin grêle.

Cette partie se conclut par les selles, en dévoilant l'impact de la position du bassin sur celle de notre intestin lorsque nous sommes assis aux toilettes, mais aussi les différentes consistances et couleurs de nos selles pour en comprendre les raisons.

Le microbiote se révèle

Dans cette seconde partie, les élèves vont pouvoir découvrir le microbiote à partir de textes, schémas, poids à soulever et maquette à toucher. L'objectif est de se rendre compte de la quantité importante de bactéries dans notre corps et comment elles peuvent être bonnes pour notre corps, ou bien opportunistes ou encore pathogènes. D'autres manipulations permettent aux élèves de comprendre que le microbiote se nourrit des aliments non digérés par l'intestin grêle, qu'il produit des métabolites bons ou indésirables, et qu'il transforme également les fibres en acides gras. Une présentation du génome des bactéries intestinales est proposée pour les élèves plus âgés.

Les élèves sont également amenés à replacer dans l'ordre des illustrations de différentes étapes d'un protocole de recherche, ce qui permet une sensibilisation à la recherche sur le microbiote.

Le bien-être intestinal

Cette dernière partie dévoile quand et comment le microbiote s'installe dans notre corps, ainsi que son évolution au cours de notre vie. Une autre manipulation sensibilise les élèves à l'alimentation, notamment aux fibres alimentaires qui nourrissent nos bactéries dans le gros intestin. Enfin, 9 astuces sont présentées aux élèves pour améliorer notre quotidien grâce à la recherche sur le microbiote intestinal.

Liens avec les programmes scolaires

Socle commun de connaissances, de compétences et de culture

Domaine 1 : Les langages pour penser et communiquer

L'élève utilise les principes du système de numération décimal et les langages formels (lettres, symboles...) propres aux mathématiques et aux disciplines scientifiques, notamment pour effectuer des calculs et modéliser des situations. Il lit des plans, se repère sur des cartes. Il produit et utilise des représentations d'objets, d'expériences, de phénomènes naturels tels que schémas, croquis, maquettes, patrons ou figures géométriques. Il lit, interprète, commente, produit des tableaux, des graphiques et des diagrammes organisant des données de natures diverses.

Domaine 3 : La formation de la personne et du citoyen

L'élève, en tant que futur citoyen apprend à exprimer ses émotions, respecter les autres, refuser la discrimination. Il respecte les opinions et la liberté d'autrui, identifie et rejette toute forme d'intimidation ou d'emprise. Apprenant à mettre à distance préjugés et stéréotypes, il est capable d'apprécier les personnes qui sont différentes de lui et de vivre avec elles. Il est capable aussi de faire preuve d'empathie et de bienveillance. L'élève est attentif à la portée de ses paroles et à la responsabilité de ses actes.

L'élève vérifie la validité d'une information et distingue ce qui est objectif et ce qui est subjectif. Il apprend à justifier ses choix et à confronter ses propres jugements avec ceux des autres. Il sait remettre en cause ses jugements initiaux après un débat argumenté, il distingue son intérêt particulier de l'intérêt général. Il met en application et respecte les grands principes républicains.

Domaine 4 : Les systèmes naturels et les systèmes techniques

« Questionner le monde » constitue l'enseignement privilégié pour formuler des questions, émettre des suppositions, imaginer des dispositifs d'exploration et proposer des réponses. Par l'observation fine du réel dans trois domaines, le vivant, la matière et les objets, la démarche d'investigation permet d'accéder à la connaissance de quelques caractéristiques du monde vivant, à l'observation et à la description de quelques phénomènes naturels et à la compréhension des fonctions et des fonctionnements d'objets simples.

L'objectif de cet enseignement est bien de poser les bases permettant de pratiquer des démarches scientifiques et techniques. Les démarches scientifiques développent chez l'élève la rigueur intellectuelle, l'habileté manuelle et l'esprit critique, l'aptitude à démontrer, à argumenter. En s'initiant à ces démarches, concepts et outils, l'élève se familiarise avec les évolutions de la science et de la technologie ainsi que leur histoire, qui modifient en permanence nos visions et nos usages de la planète.

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

Les enseignements « Questionner le monde », puis Sciences de la Vie et de la Terre au collège et lycée, initient les élèves à la diversité des expériences humaines et des formes qu'elles prennent, notamment

avec les découvertes scientifiques et techniques, dans le but de connaître et comprendre le monde que les êtres humains tout à la fois habitent et façonnent.

Ce domaine conduit aussi à étudier les caractéristiques des organisations et des fonctionnements des sociétés. Il initie à la diversité des expériences humaines et des formes qu'elles prennent : les découvertes scientifiques et techniques, les diverses cultures, les systèmes de pensée et de conviction, l'art et les œuvres, les représentations par lesquelles les femmes et les hommes tentent de comprendre la condition humaine et le monde dans lequel ils vivent. Il implique également une réflexion sur soi et sur les autres, une ouverture à l'altérité, et contribue à la construction de la citoyenneté.

Parcours EAC

La visite de cette exposition s'inscrit dans le parcours d'éducation artistique et culturelle de l'élève (EAC), de l'école primaire à la fin du lycée. Elle permettra de mettre en jeu des connaissances, des pratiques expérimentées et des rencontres dans le domaine des sciences.

Cycle 2 : Questionner le monde et Enseignement moral et civique

QUESTIONNER LE MONDE DU VIVANT, DE LA MATIERE ET DES OBJETS

Pratiquer des langages

Communiquer en français, à l'oral et à l'écrit, en cultivant précision, syntaxe et richesse du vocabulaire ; Lire et comprendre des textes documentaires illustrés ; Extraire d'un texte ou d'une ressource documentaire une information qui répond à un besoin, une question.

Pratiquer des démarches scientifiques

Pratiquer, avec l'aide des professeurs, quelques moments d'une démarche d'investigation : questionnement, observation, expérience, description, raisonnement, conclusion.

Pour cette première découverte de la science, les élèves sont placés dans une pratique active de démarche d'investigation. Ils développent ainsi des manières de penser, raisonner tout en cultivant le langage oral et écrit. Les élèves questionnent leurs expérimentations, en lien avec leur vécu, tout en construisant des premiers modèles ou des concepts simples dans le but d'interpréter et expliquer. Tout contribue, ici, à développer l'esprit critique et la rigueur scientifique, le raisonnement, le goût de la recherche, la curiosité et la créativité.

Adopter un comportement éthique et responsable

Développer un comportement responsable vis-à-vis de l'environnement et de la santé grâce à une attitude raisonnée fondée sur la connaissance

Reconnaître des comportements favorables à sa santé

Mettre en oeuvre et apprécier quelques règles d'hygiène de vie : variété alimentaire, activité physique, capacité à se relaxer et mise en relation de son âge et de ses besoins en sommeil, habitudes quotidiennes de propreté (dents, mains, corps). Catégories d'aliments, leur origine ; Les apports

spécifiques des aliments (apport d'énergie : manger pour bouger) ; La notion d'équilibre alimentaire (sur un repas, sur une journée, sur la semaine).

ENSEIGNEMENT MORAL ET CIVIQUE – CONSTRUIRE UNE CULTURE CIVIQUE

Culture de la sensibilité

Identifier et exprimer en les régulant ses émotions et ses sentiments ; Accepter les différences ; Se sentir membre d'une collectivité ; S'estimer et être capable d'écoute et d'empathie ; Exprimer son opinion et respecter l'opinion des autres ; Être capable de coopérer.

Culture du jugement

Développer les aptitudes au discernement et à la réflexion critique ; S'informer de manière rigoureuse ; Confronter ses jugements à ceux d'autrui dans une discussion ou un débat argumenté et réglé.

Cycle 3 : Sciences et technologies et Enseignement moral et civique

SCIENCES ET TECHNOLOGIES

Pratiquer des démarches scientifiques et technologiques

Formuler une question ou un problème scientifique ou technologique ; Proposer et/ou suivre un protocole expérimental ; Participer à l'élaboration et à la conduite d'un projet ; Interpréter des résultats de façon raisonnée et en tirer des conclusions en mobilisant des arguments scientifiques ; Communiquer sur les démarches, les résultats et les choix en argumentant.

Pratiquer des langages

Rendre compte de ses activités en utilisant un vocabulaire précis et des formes langagières spécifiques des sciences et des techniques ; Exploiter un document constitué de divers supports (texte, schéma, graphique, tableau, algorithme simple, carte heuristique) ; Utiliser différents modes de représentation (schéma, dessin, croquis, tableau, graphique, texte, etc.) et passer d'une représentation à une autre ; Expliquer un phénomène à l'oral et à l'écrit.

Adopter un comportement éthique et responsable

Relier des connaissances acquises en sciences et technologie à des questions de santé, de sécurité et d'environnement.

Faire preuve d'esprit critique

Vérifier l'existence de preuves et en évaluer la qualité ; Évaluer la pertinence des arguments et/ou identifier des arguments fallacieux.

Alimentation humaine

Identifier et localiser la transformation des aliments dans l'appareil digestif (mastication par les dents, changements de texture lors du trajet). Identifier le rôle de la circulation sanguine dans

l'approvisionnement des organes. Citer quelques comportements alimentaires et règles d'hygiène favorables à la santé (équilibre alimentaire, qualité sanitaire des aliments, brossage des dents, etc.).

ENSEIGNEMENT MORAL ET CIVIQUE

Le respect d'autrui

Respecter autrui et accepter les différences : Respect des différences ; Les préjugés et les stéréotypes ; L'intégrité de la personne.

Identifier et exprimer les émotions et les sentiments

Partager et réguler des émotions, des sentiments dans des situations d'enseignement ; Mobiliser le vocabulaire adapté à leur expression.

Comprendre et expérimenter l'engagement dans la classe, dans l'école et dans l'établissement

S'engager dans la réalisation d'un projet collectif (projet de classe, d'école, communal, national, etc) ; Pouvoir expliquer ses choix et ses actes ; Savoir participer et prendre sa place dans un groupe ; Coopérer dans le cadre des projets et des travaux de groupes.

Cycle 4 : SVT

Le corps humain et la santé

Expliquer le devenir des aliments dans le tube digestif.

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

- Ubiquité, diversité et évolution du monde bactérien (dont la résistance aux antibiotiques)

Classe de seconde

Corps humain et la santé

Microbiote humain et santé

Interactions entre hôte et microbiote

Diversité et évolution du microbiote (influence de l'alimentation, conséquences des traitements antibiotiques)

Rôle du microbiote dans la digestion et l'immunité

Classe de première : enseignement de spécialité SVT

Corps humain et la santé

Variation génétique et santé

Variation génétique bactérienne et résistance aux antibiotiques

Le développement de résistance aux antibiotiques et les conséquences dans le domaine de la santé publique

Classe de Terminale, enseignement de spécialité SVT

La Terre, la vie et l'organisation du vivant

Génétique et évolution

La complexification des génomes : transferts horizontaux et endosymbioses : transmission de résistance par transfert génétique

D'autres mécanismes contribuent à la diversité du vivant : cas du microbiote acquis

Possibilités d'exploitations de l'exposition « Microbiote » (1er degré)

L'exposition « Microbiote » rend visible l'invisible. Les élèves vont pouvoir toucher, manipuler, comprendre ce qui se passe dans leur propre corps.

Voici des propositions d'exploitations pour des élèves du premier degré, à partir du niveau CE2.

L'exposition sert de supports aux investigations

Avant la visite, plusieurs temps peuvent être menés en classe :

- **Un temps d'émergence des représentations :**
 - L'enseignant interroge les élèves sur le devenir des aliments que nous mangeons : que deviennent-ils ? ou vont-ils ?
 - Pour compléter ces premières réponses, les élèves pourront également dessiner le chemin de nos aliments dans notre corps, à partir d'une silhouette d'un corps humain.

- **Un temps de confrontation des recherches qui permet de faire émerger une première idée de la digestion :**

L'interrogation suscitée dans l'étape précédente sur ce que deviennent les aliments, conduit les élèves à exprimer des préjugés, des conceptions initiales de source plus ou moins sûres, sur le trajet des aliments et ainsi, d'initier la présentation des organes en jeux. On pourra compléter cette première approche par une mise en commun des schémas, pour commencer à construire une représentation commune du trajet des aliments dans notre corps et donc de positionner quelques organes. Certains schémas présenteront un simple tuyau rectiligne commençant par la bouche et se terminant au niveau de l'anus (ou bien s'arrêtant au milieu du ventre, dans une zone identifiée par l'élève comme l'estomac). La mise en commun sera donc l'occasion de rappeler ce que tout le monde sait, mais qui est parfois oublié dans les schémas : une partie des aliments qui entrent dans notre corps doit ressortir.

Une fois qu'un premier schéma bilan est établi, les élèves seront placés en situation de recherche documentaire afin de compléter/vérifier/valider leur schéma. L'objectif est de les rendre actifs dans la recherche documentaire tout en intégrant le vocabulaire du nom des organes. En fonction du matériel disponible, la recherche documentaire pourra se faire sur ordinateur en proposant des sites internet à consulter, comme vikidia (encyclopédie participative des 8-13 ans), ou bien en laissant les élèves libres de chercher par eux-mêmes. En l'absence d'ordinateurs, il est également possible d'imprimer la page du site vikidia concernant la digestion.

- **Un temps de visite de l'exposition :**

La classe dispose d'une liste de questions et des hypothèses émises pour chaque question, hypothèses qu'il va falloir soumettre à l'investigation.

À l'enseignant d'organiser le travail des élèves (soit tous les groupes disposent des mêmes questions, soit les questions sont réparties entre les groupes). Cela permettra une meilleure répartition du travail sur place (sans que cela empêche les élèves de découvrir l'ensemble de l'exposition).

L'enseignant pourra éventuellement communiquer une liste de quelques questions, en lien avec l'animation, afin que l'animateur y réponde au cours de son intervention (sous réserve d'avoir contacté un(e) médiateur(trice) en amont).

Un *carnet du chercheur* créé par l'Espace des sciences peut être proposé aux élèves pour les amener à s'interroger sur le sujet du microbiote grâce à quelques questions qui les guideront dans la salle d'exposition.

Pendant l'animation et en visitant l'exposition, les élèves pourront : Observer, Chercher des réponses dans les documents disponibles, Interroger l'animateur scientifique.

▪ **Après la visite et l'animation :**

Mises en commun, rédaction de comptes rendus dans le cahier de sciences, réalisation d'une exposition pour les autres classes de l'école, réalisation d'exposés pour une classe ouverte,...

Des projets à mener après la visite de l'exposition

L'exposition et l'animation sont un point de départ qui vont inciter la classe à :

- Approfondir certains points, identifier des questions qui seront suivies d'une recherche documentaire.
- Réaliser des exposés sur le microbiote et la digestion (la composition du microbiote, son rôle dans la digestion, l'équilibre alimentaire et la santé).

L'exposition « Microbiote » présente, à travers de nombreuses manipulations, les virus, bactéries, champignons qui composent notre microbiote intestinal. Les bactéries peuvent être pathogènes pour l'être humain, mais la plupart sont inoffensives voire utiles à l'homme en permettant la digestion ainsi que la transformation de produits.

Les projets suivants proposent des expériences pour comprendre le rôle des bactéries et des champignons dans notre corps pour permettre la digestion, mais aussi dans la transformation de produits. Il peut être intéressant de compléter l'une ou l'autre de cette approche par quelques séances sur l'hygiène et la santé, pour évoquer comment bien se laver les mains, sans entrer dans l'hygiénisme et la surprotection en utilisant des produits détruisant mauvaises et bonnes bactéries.

1. Des bactéries et des champignons au petit déjeuner

L'objectif de cette séquence est de prendre conscience du rôle bénéfique des bactéries et des champignons dans le procédé de fabrication du pain et du yaourt.

Fabrication du pain grâce à un champignon (la levure)

Dans un premier temps on questionnera les élèves sur les ingrédients qu'ils pensent nécessaire à la fabrication du pain, puis sur le rôle de chaque ingrédient. Pour aider à identifier le rôle de chaque

ingrédient, on pourra tester 5 recettes : une avec tous les ingrédients (farine, eau, levure, sel), une sans farine, une sans eau, une sans levure, une sans sel. Très rapidement on verra qu'une recette sans farine et sans eau ne peut pas donner de pain car il manque des ingrédients fondamentaux pour assurer le mélange. On maintiendra donc finalement 3 recettes pour tester le rôle de la levure et celui du sel, en comparant avec un échantillon témoin.

Pain 1 : farine, eau, levure, sel.	Pain 2 : farine, eau, sel.	Pain 3 : farine, eau, levure.
- Echantillon témoin	- rôle de la levure	- rôle du sel
	Résultat : Sans levure, le pain...	Résultat : Sans sel, le pain...

L'objectif de ce protocole est de sensibiliser les élèves à la rigueur des protocoles scientifiques, en ne faisant varier qu'un paramètre à la fois.

Pour aller plus loin : <https://www.youtube.com/watch?v=Z3aR8rzldac> une vidéo du Palais de la découverte qui présente une expérience autour du pain, et qui permet de visualiser de la levure observée sous microscope.

Fabrication de yaourts grâce à une bactérie (lactobacillus)

Sur Eduscol (<https://eduscol.education.fr/document/16867/download>), un dossier pédagogique autour du yaourt permet de proposer un projet autour des bactéries en suivant une démarche scientifique. Dans l'objectif de montrer la production et la conservation des aliments, ce projet permet également de mettre en évidence le rôle des bactéries tout en évoquant l'hygiène alimentaire.

Les yaourts produits au cours de cette séquence ne devront pas être consommés. La production de yaourt sera faite à des fins de réflexion scientifique pour réfléchir ensemble aux procédés nécessaires pour passer du lait au yaourt, du rôle des ferments lactiques et de la façon dont ils agissent, des conditions nécessaires à la transformation du lait en yaourt, des conditions de conservation des yaourts.

En ce qui concerne la transformation du lait en yaourt, on pourra comparer des étiquettes de produits. Cette comparaison de la composition du lait et du yaourt permet ainsi de mettre en évidence la présence d'acide lactique dans le yaourt.

La composition du lait et du yaourt (en grammes)

	POUR 100 G DE LAIT	POUR 100 G DE YAOURT
protéines	3,5	5
lipides	0,1	1
lactose	5	4,5
calcium	0,12	0,18
phosphore	0,1	0,14
acide lactique	0	1
Ferments lactiques (Bactéries')	0	0,15

Source [site de l'académie de Nancy-Metz](#)

Figure 1 tableau extrait de la séquence Eduscol sur le yaourt

Le dossier Eduscol propose également des images de bactéries vues par microscope. C'est l'occasion pour les élèves de découvrir que les ferments lactiques regroupent deux types de bactéries : *Lactobacillus bulgaricus* (forme allongée) et *Streptococcus thermophilus* (forme « ronde »).

Pour aborder les conditions nécessaires à une transformation du lait en yaourt, on peut amener les élèves à tester le rôle de différents paramètres en utilisant un échantillon témoin et en faisant varier un seul paramètre à la fois :

Hypothèse émise : Sont indispensables pour transformer le lait en yaourt...	Test réalisé	Résultat attendu (et obtenu)
la pasteurisation préalable du lait	Ensemencement de lait cru et de lait pasteurisé, les deux placés 4 à 5 h à 45 °C	Pas de yaourt à partir du lait cru ³ mais du yaourt avec le lait pasteurisé
l'ajout de ferments	Lait pasteurisé seul comparé au lait pasteurisé ensemencé, les deux placés 4 à 5 h à 45 °C	le yaourt ne se forme que si les ferments sont ajoutés
la température d'une quarantaine de degrés	Lait ensemencé placé au réfrigérateur ou à 45 °C pendant 4 à 5 heures	Pas de transformation en yaourt à 4 °C, mais une obtention de yaourt à 45 °C
une durée suffisante de fermentation (4 à 5 heures)	Lait ensemencé placé à 45 °C pendant une heure ou pendant 4 à 5 heures	Pas de transformation en yaourt si la fermentation est de 1 h, mais yaourt si on attend 4 à 5 h

Figure 2 tableau extrait de la séquence Eduscol sur le yaourt

Pour conclure cette séquence il est intéressant d'aborder les conditions de conservation des yaourts. Après leur fabrication, les yaourts se conservent au frais pour limiter le développement et la prolifération de bactéries néfastes pour l'être humain. Cette réflexion peut être menée par une étude documentaire proposée par l'enseignant, ou bien en laissant les élèves conduire une recherche sur internet.

Pour aller plus loin : <https://pedago.produits-laitiers.com/mediatheque/video-la-fabrication-des-yaourts/> une vidéo qui présente le circuit de fabrication de yaourt dans une usine, depuis l'arrivée du lait, jusqu'à la dégustation du yaourt. Chaque étape y est présentée simplement, grâce à des mots-clés et des visuels enrichis par des dessins.



2. Bactéries et digestion

Le microbiote intestinal, de part sa présence, empêche d'autres microorganismes pathogènes de s'installer. En cela, notre microbiote intestinal est important pour notre bonne santé et doit donc être entretenu par une bonne hygiène de vie.

Les microorganismes possèdent des enzymes qui leur permettent de se nourrir à partir de ce qui se trouve dans les aliments de leur hôte humain. Or, une partie des produits de l'activité de ces enzymes peut être libérée pour l'être humain, notamment pour la digestion. Dans le tube digestif des japonais, on peut trouver des bactéries qui les aident à digérer les polysaccharides contenues dans les algues rouges (nori). On ne trouve pas ces bactéries dans le tube digestif des européens, aussi nous ne digérons pas ces algues rouges. On peut ainsi en déduire que les bactéries aident à la digestion humaine.

Lors de la digestion, les microorganismes fermentent et produisent des gaz qui seront en partie expulsés, une autre partie pourra être transformée (par exemple, l'acétate est transformé en sucre dans le foie). Les microbes produisent aussi des vitamines B et K.

On commencera par questionner les élèves sur la circulation de la nourriture dans notre corps, comment elle est transformée pour nous nourrir. Pour cela, on pourra proposer aux élèves de faire un schéma en représentant le parcours de la nourriture, ou bien de compléter un schéma préexistant.

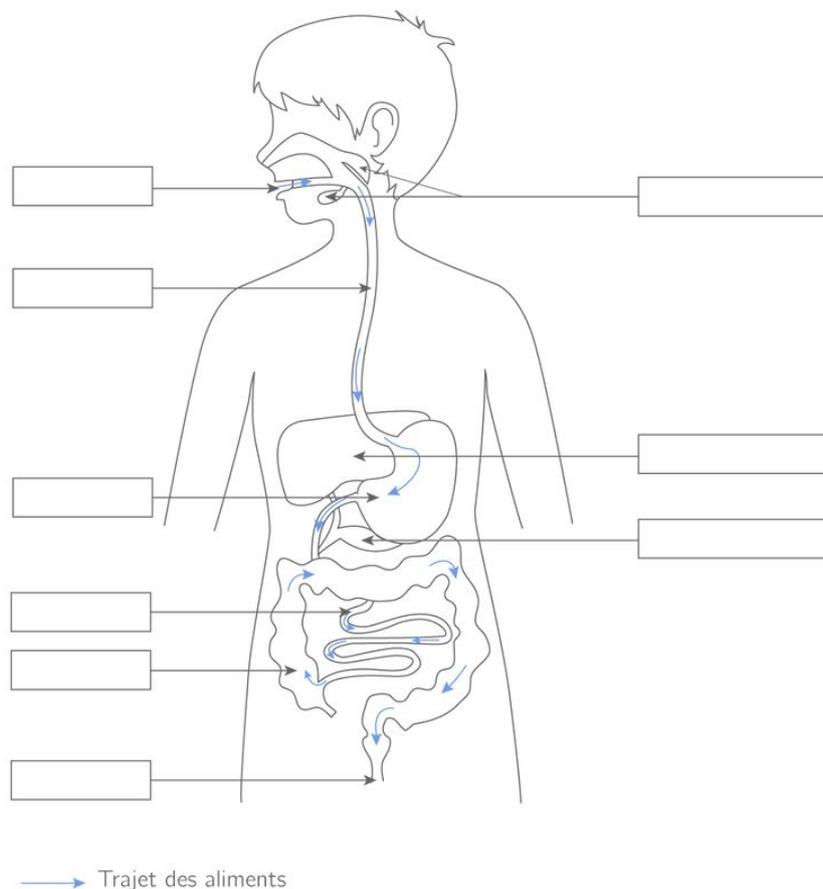


Figure 3 source Kartable

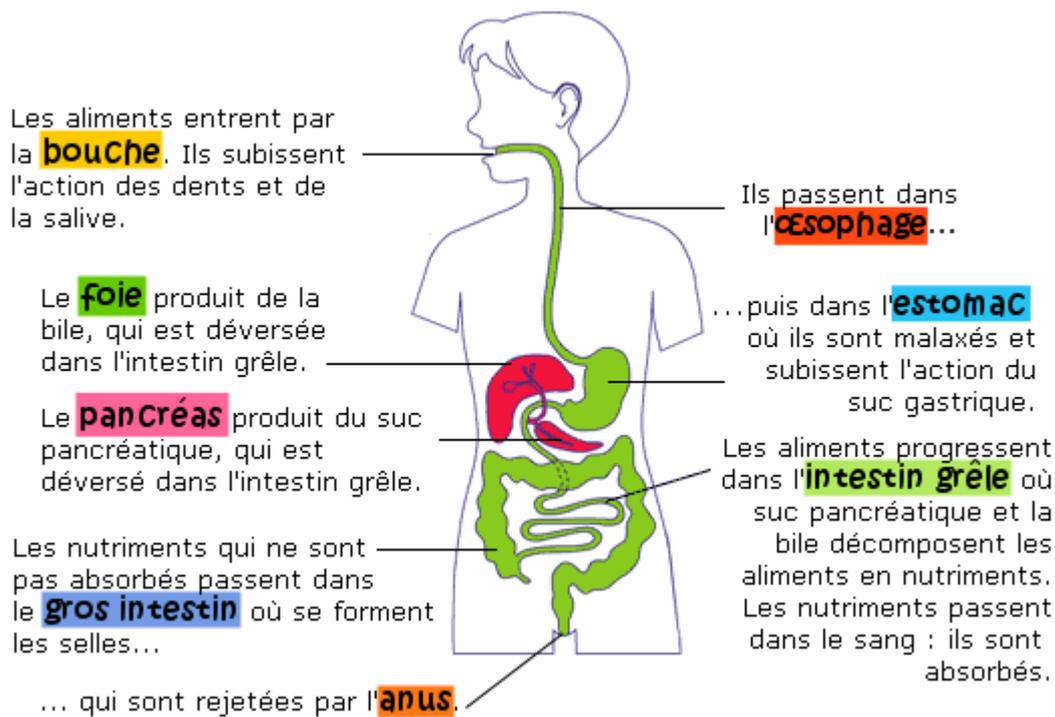


Figure 4 Proposition de correction (source MyMaxiCours)

La mastication dans la bouche, en présence de salive, permet de découper nos aliments en petits morceaux. Pour autant, pour être utilisable par notre organisme, notre nourriture doit être réduite en de plus petits morceaux encore : les nutriments.

Après la bouche, la nourriture passe dans l'œsophage puis dans l'estomac où les sucs gastriques vont décomposer encore un peu plus la nourriture. Plus les morceaux sont gros, plus l'effort pour l'estomac est important. Il est donc important de bien mâcher. La nourriture continue son chemin à travers l'intestin grêle. Les sucs digestifs qui y sont présent (grâce au pancréas et au foie) achèvent la digestion de la nourriture en morceaux encore plus petits. Les nutriments ainsi formés vont pouvoir passer dans le sang pour alimenter notre corps en énergie. Ce qui n'est pas digéré (les déchets) continue son chemin dans le gros intestin et sera évacué par l'anus.

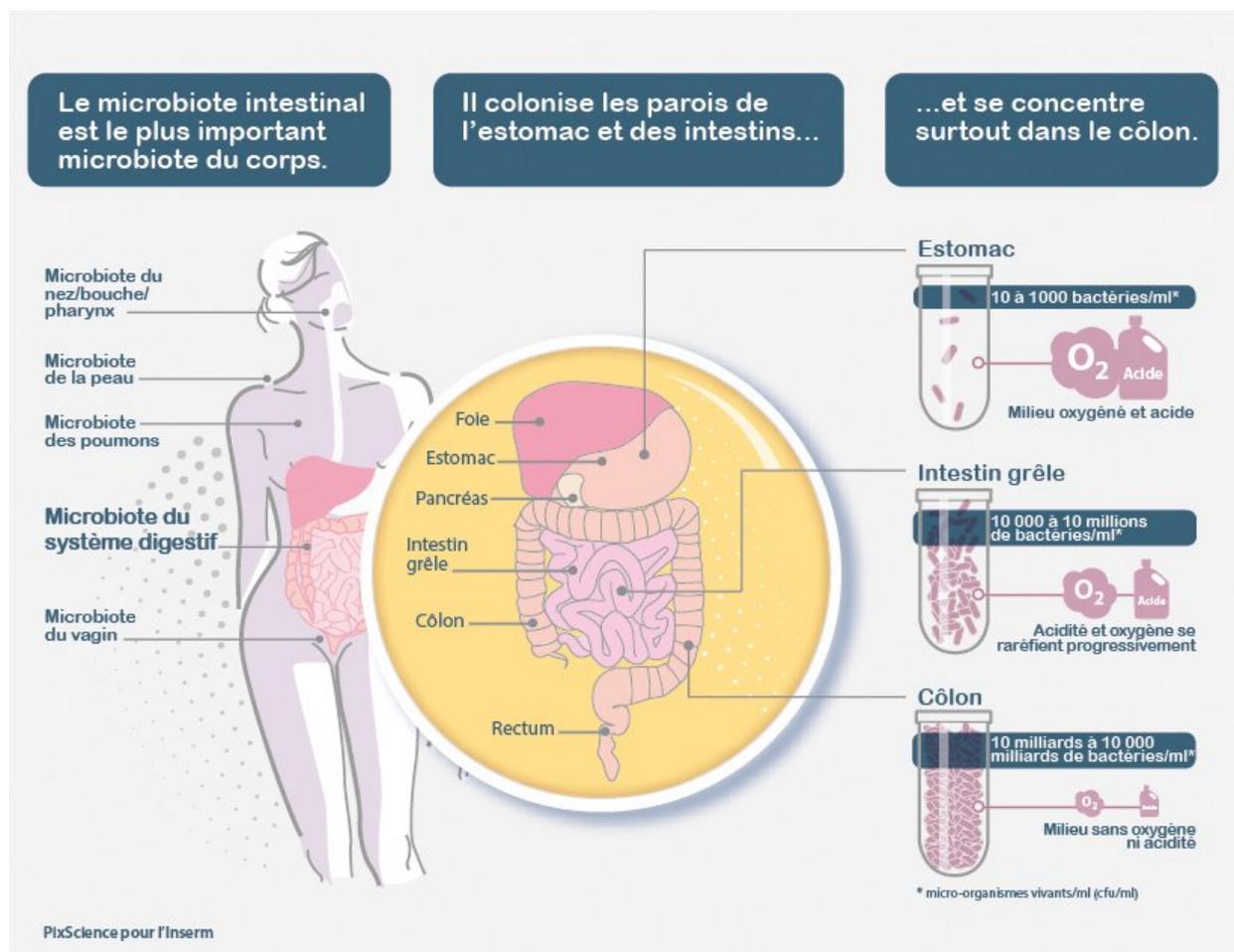
Possibilités d'exploitations de l'exposition « Microbiote » (2nd degré)

L'acquisition du microbiote

Le microbiote est l'ensemble des micro-organismes, bactéries, virus, parasites et champignons non pathogènes, qui vivent dans un environnement spécifique.

Notre organisme possède différents microbiotes : au niveau de la peau, de la bouche, du vagin, des poumons...

Parmi ces microbiotes, le microbiote intestinal est le plus riche en microorganismes (de 10^{12} à 10^{14}). Il est principalement localisé dans l'intestin grêle et le côlon.



Microbiote intestinal © PixScience pour l'Inserm

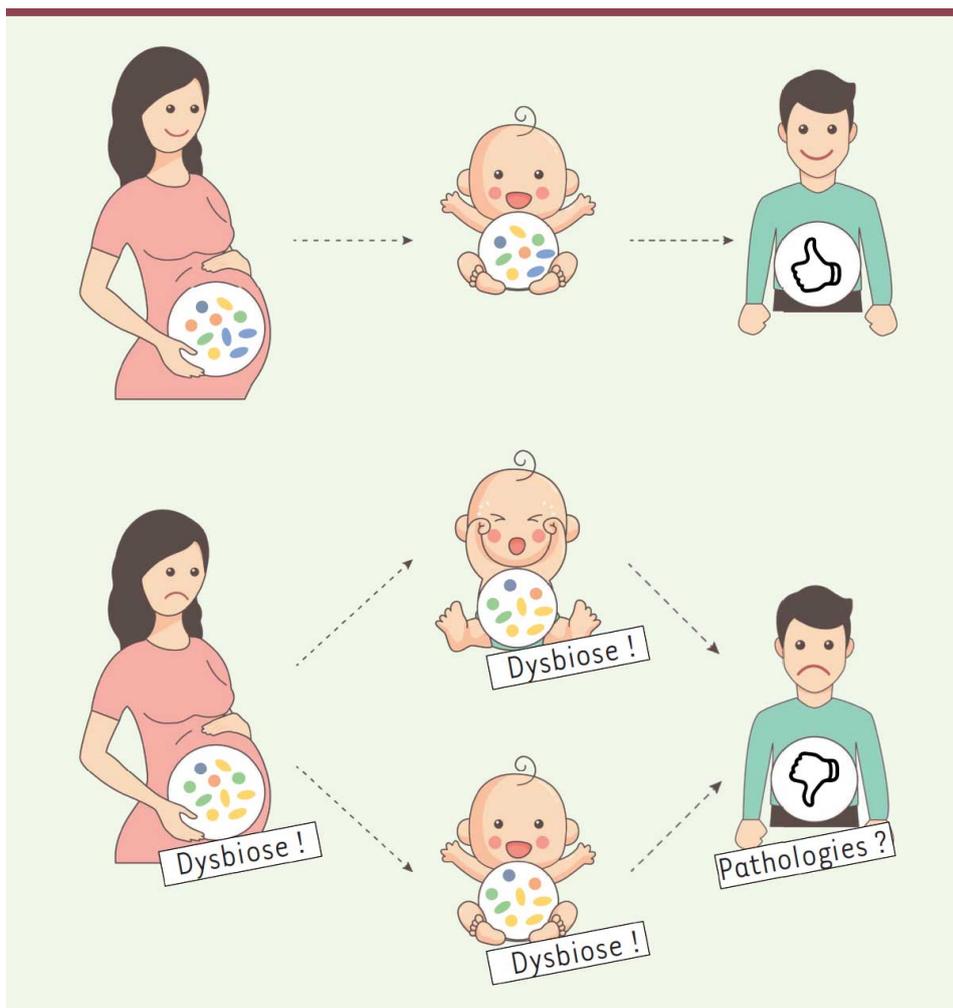
L'étude des génomes microbiens montre que le microbiote est propre à chaque individu : il est unique sur le plan qualitatif et quantitatif.

Ce microbiote va être acquis dès la naissance notamment au moment de l'accouchement. Le mode d'accouchement va jouer un rôle dans la diversité du microbiote. Si l'accouchement a lieu par voie basse, le microbiote sera constitué de bactéries de la mère qui vont coloniser le corps du bébé par ingestion/inhalation.

Dans le cas d'un accouchement par césarienne, le microbiote du bébé sera constitué de bactéries de l'environnement, notamment de bactéries présentes dans l'hôpital. Le microbiote se formera plus lentement et sera moins diversifié.

L'analyse du méconium, premières selles du bébé, montre que ce dernier n'est pas stérile. Cela signifie qu'il existe un microbiote utérin qui pourrait intervenir dans le développement physiologique du fœtus.

Un dysfonctionnement du microbiote utérin (ou dysbiose) pourrait être responsable de pathologies néonatales ou adultes.



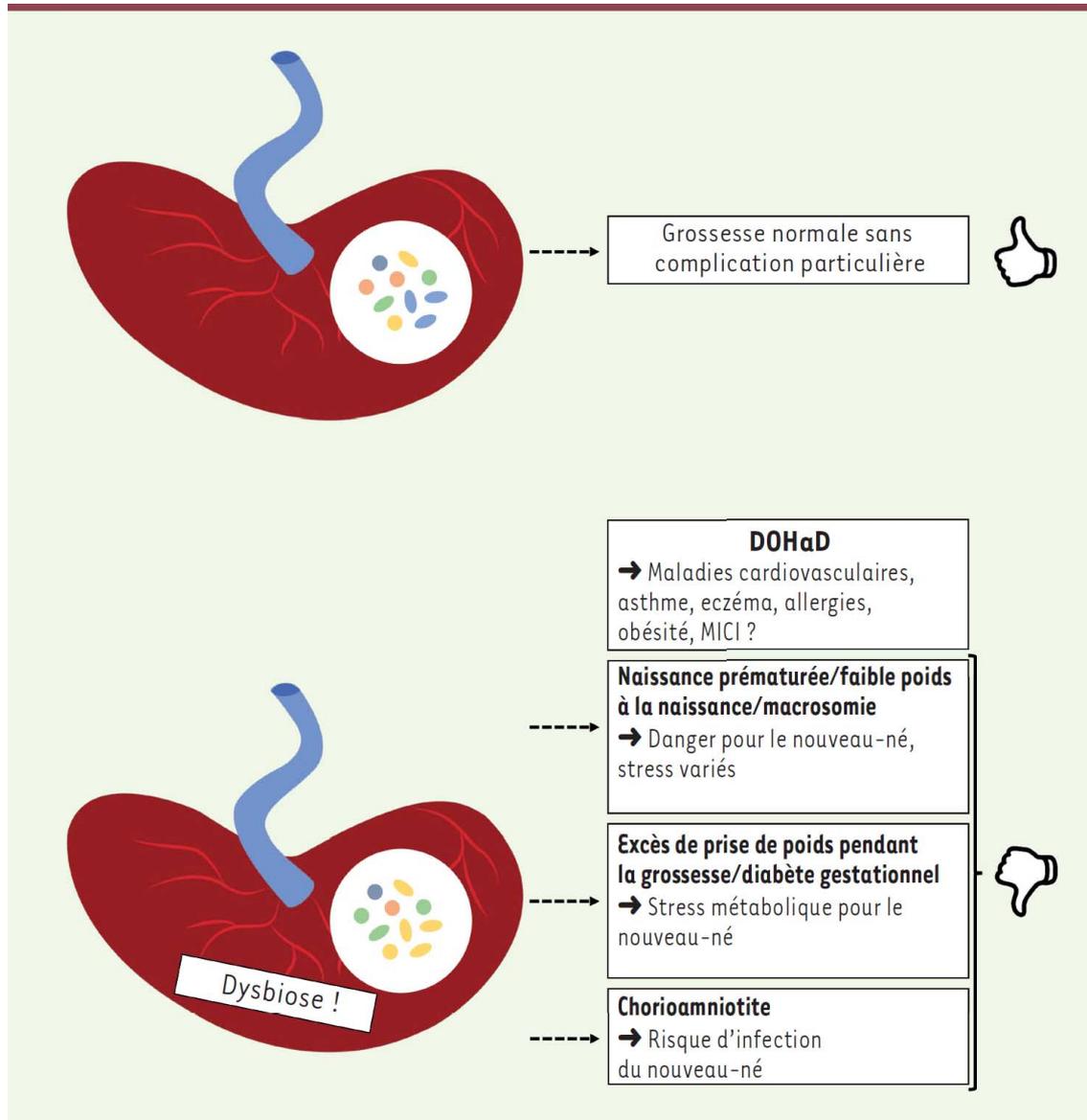
https://www.medecinesciences.org/en/articles/medsci/full_html/2018/04/medsci2018344p331/medsci2018344p331.html

Ce microbiote est moins connu que le microbiote vaginal car beaucoup plus difficile d'accès. L'identification des bactéries peut se faire notamment grâce à l'analyse d'hystérectomie. Certaines bactéries sont similaires à celles que l'on va trouver dans le microbiote vaginal.

Ces bactéries pourraient jouer un rôle dans l'implantation de l'embryon ou constituer un premier microbiote fœtal.

D'autres bactéries non pathogènes ont été observées au niveau du placenta et du cordon ombilical. Dans ce dernier cas, cela suppose une entrée du microbiote par le sang.

Des variations du microbiote placentaire ont été associées à des complications de la grossesse et ces complications pouvant avoir des conséquences sur la santé à long terme, elle pourrait être associée au concept de la DOHaD (developmental origin of health and diseases).



L'étude plus précise de ce microbiote in utéro devrait permettre une avancée dans la prévention de pathologies de la grossesse et de la santé du futur enfant.

Prébiotiques ou probiotiques ?

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

Les probiotiques sont des microorganismes vivants qui, ingérés en quantité adéquate, vont apporter un bénéfice au fonctionnement de notre organisme. Il s'agit essentiellement de bactéries, mais aussi de levures (saccharomycètes). Naturellement présents dans des aliments fermentés (yaourts, kéfir, choucroute...) ou absorbés sous forme de compléments alimentaires, leur consommation peut contribuer à améliorer la composition de notre flore (ou « microbiote ») intestinale.

Les prébiotiques sont quant à eux des molécules dont se nourrissent ces « bonnes » bactéries qui résident dans notre intestin. Leur consommation participe donc également à la santé du microbiote intestinal, et par conséquent à la nôtre ! Les molécules prébiotiques sont notamment présentes dans les aliments riches en fibres : fruits, légumes, céréales.

Le potentiel thérapeutique des prébiotiques et probiotiques fait l'objet de nombreuses recherches, mais à l'heure actuelle il n'y a pas de résultats scientifiques probants.

Les conséquences de la consommation des antibiotiques : l'antibiorésistance

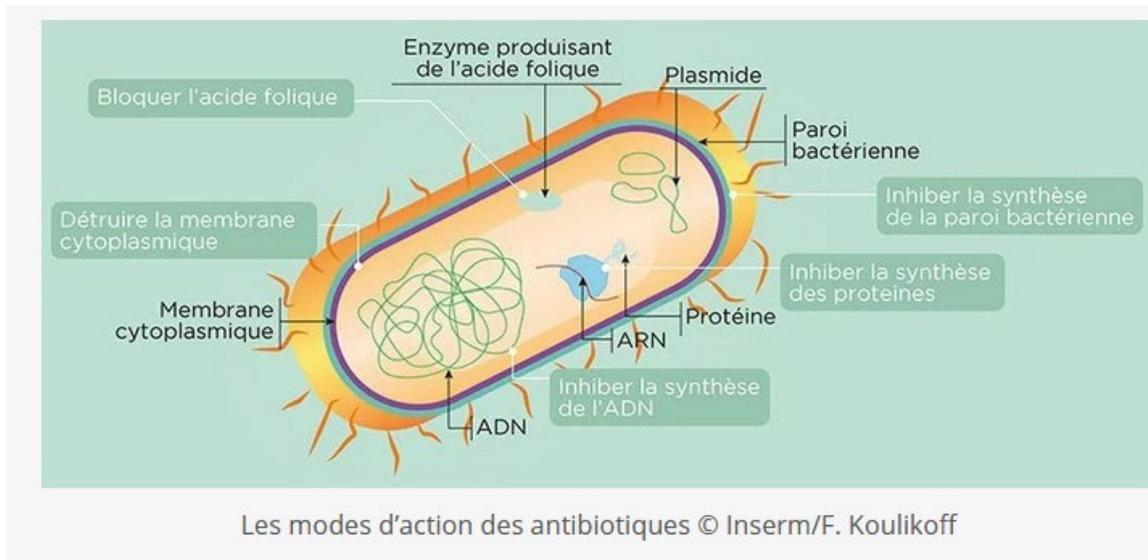
<https://www.inserm.fr/dossier/resistance-antibiotiques/>

<https://www.pasteur.fr/fr/journal-recherche/actualites/antibioresistance-ou-comment-bacteries-deviennent-resistantes>

Avec l'utilisation massive des antibiotiques qui ont permis de faire reculer la mortalité au XXème siècle, certaines bactéries sont devenues résistantes à ces molécules.

À l'origine, les antibiotiques sont des molécules naturellement synthétisées par des microorganismes pour lutter contre des bactéries concurrentes présentes dans leur environnement. Depuis leur découverte, leur utilisation en médecine humaine et vétérinaire a conduit au développement de **plusieurs familles d'antibiotiques, naturels, semi-synthétiques ou de synthèse, qui s'attaquent spécifiquement à une bactérie ou à un groupe de bactéries par différents mécanismes d'action**. Certains antibiotiques vont agir sur des entérobactéries comme *Escherichia coli*, retrouvées dans les voies digestives et urinaires, d'autres sur les pneumocoques ou sur *Haemophilus influenzae* au niveau des voies respiratoires, d'autres encore sur les staphylocoques ou les streptocoques présents au niveau de la peau ou de la sphère ORL.

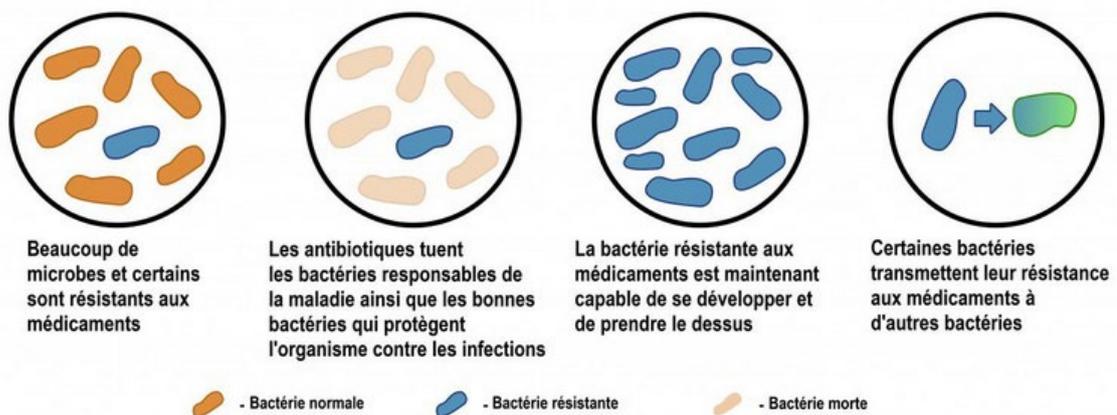
Les antibiotiques ne sont efficaces que contre les bactéries et sont inactifs sur les virus et les champignons. Ils bloquent le développement des bactéries en empêchant la synthèse de leur paroi, en agissant sur la production de protéines ou en bloquant certaines voies métaboliques.



Certaines bactéries ont développé une résistance à ces antibiotiques grâce à une panoplie de stratégies comme la production d'une enzyme de destruction de l'antibiotique ou en rendant la membrane cytoplasmique imperméable.

Cette résistance est possible grâce à un ou plusieurs gènes de défense présents initialement dans le chromosome bactérien ou au niveau de son plasmide ou provenant d'autres bactéries par des mécanismes de conjugaison bactérienne et de transfert de gènes.

Comment apparaît la résistance aux antibiotiques



L'augmentation de l'utilisation des antibiotiques a conduit à sélectionner les bactéries résistantes, ce qui a réduit leur efficacité au cours du temps. Cette pression de sélection s'est accrue aussi par une mauvaise utilisation des prescriptions médicales (arrêt précoce ou traitement trop long).

Actuellement, il existe des souches bactériennes multi résistantes, certaines étant qualifiées de toto-résistantes, c'est-à-dire résistantes à tous les antibiotiques. La propagation rapide de ces bactéries est à l'origine d'une problématique devenue mondiale.

Le phénomène d'antibiorésistance est suivi dans le monde et en France. On constate actuellement une augmentation de l'utilisation des antibiotiques, notamment les molécules à large spectre qui ciblent plusieurs espèces de bactéries.

Actuellement de nouvelles espèces bactériennes émergent. On trouve notamment les EPC, entérobactéries productrices de carbapénèmases (EPC). Ces enzymes détruisent les carbapénèmes, les antibiotiques utilisés en dernier recours dans les situations cliniques les plus graves.

L'augmentation du nombre de ces souches bactériennes est visible en Grèce, Italie et à Chypre.

Certaines infections appelées nosocomiales se développent en milieu hospitalier, notamment dans les services de soins intensifs, chez des sujets fatigués et immunodéprimés. Elles sont le résultat de la multiplication de souches bactériennes comme *Staphylococcus aureus* ou *Acinetobacter baumannii*. Ces bactéries font partie du groupe ESKAPEE, qui regroupe les 7 souches bactériennes qui présentent la plus grande menace : *Enterococcus faecium*, *Staphylococcus aureus*, *Klebsiella pneumoniae*, *Acinetobacter baumannii*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Enterobacter spp.*, *Escherichia coli*. Cependant, de nouvelles mesures d'hygiène ont permis de réduire leur fréquence.

Comment lutter contre cette antibiorésistance ?

- Diminuer la consommation d'antibiotiques afin de limiter la pression de sélection
- Détecter rapidement l'origine virale ou bactérienne d'une maladie avant de prescrire des antibiotiques
- Utiliser des antibiotiques ciblés plutôt qu'à large spectre en réalisant en laboratoire d'analyse des antibiogrammes permettent de déterminer l'antibiotique le plus efficace
- Adapter la durée de traitement

Quels sont les enjeux pour la recherche ?

- Développer de nouveaux antibiotiques

Les pistes de recherche actuelles consistent à élaborer des molécules capables d'inhiber les enzymes jouant un rôle dans l'antibiorésistance.

Une autre approche est basée sur un type d'antibiotique qualifié de « Cheval de Troie » : il s'agit d'utiliser les mécanismes de transport des nutriments dans les bactéries pour y faire entrer l'antibiotique. Ainsi, le **céfiderocol** est l'assemblage d'une céphalosporine (antibiotique) et d'une molécule dite « sidérophore ». Cette dernière a une forte affinité pour le fer présent dans l'environnement de la bactérie, et dont cette dernière a besoin pour son métabolisme. Une fois dans le cytoplasme, la céphalosporine peut déployer son activité anti-bactérienne.

- Développer de nouvelles stratégies thérapeutiques

L'élaboration de vaccins antibactériens : une étude est actuellement en cours sur l'utilisation de fragments d'*Escherichia coli* pour prévenir les infections urinaires récidivantes qui nécessitent l'utilisation importante d'antibiotiques.

La production d'anticorps monoclonaux

L'intérêt de cette méthode consiste à cibler la bactérie pathogène de manière spécifique et d'induire des réactions immunitaires appropriées (phagocytose, production d'anticorps spécifique).

Certains anticorps ciblent les toxines produites par les bactéries. Ainsi, il existe des anticorps monoclonaux qui ciblent la toxine de l'anthrax (*Bacillus anthracis*).

La phagothérapie

Elle consiste à utiliser des phages, des virus qui infectent et tuent spécifiquement certaines bactéries. Cette méthode nécessite beaucoup de temps, car il faut identifier la souche pathogène chez le patient, identifier le phage destructeur de cette bactérie et le produire en quantité.

L'immunorestauration

Des études cliniques sont aujourd'hui en cours afin d'aider les patients immunodéprimés à prévenir et lutter contre les bactéries pathogènes : elles reposent sur l'administration de molécules qui stimulent leur immunité. Cette approche repose sur l'utilisation des médicaments déjà existants, et s'adresse à des patients vulnérables, parmi les plus à risque de développer une infection nosocomiale et une antibiorésistance.

Pour conclure : l'Espace des sciences en pratique



Espace des sciences

10, cours des Alliés

35 000 RENNES

Tel : 02 23 40 66 40

Fax : 02 23 40 66 41

www.espace-sciences.org

Visites pour les groupes (durée 1h15) :

- mardi, jeudi et vendredi à 9h, 10h30 et 14h
- mercredi à 10h30

Toute **réservation est obligatoire** et se fait par téléphone au **02 23 40 66 00**

Tarifs groupes : 4 euros par enfant et 5 euros par adulte supplémentaire (gratuité d'un adulte pour 10 élèves)

Pratique !

Un espace pique-nique est proposé sur place. Faire la demande lors de votre réservation (dans la limite des places disponibles).

Une malle est mise à votre disposition pour stocker sacs et vêtements.

Pour plus de renseignements :

- www.espace-sciences.org/enseignants/rubrique
- Les **professeurs conseillers-relais de l'Education nationale**
Premier degré : Chloé LAMY chloe.lamy@ac-rennes.fr
Second degré : Didier THIEURMEL didier.thieurmel@ac-rennes.fr