

L'INFLUENCE DE NOS CHOIX ALIMENTAIRES SUR NOTRE CERVEAU

*Sylvie Dumaz. CAS en neurosciences de l'éducation, Université de Fribourg, Suisse

***Auteure correspondante** : Sylvie Dumaz sylvie.dumaz@edu.vs.ch

Citation : Dumaz, S. (2026). L'influence de nos choix alimentaire sur notre cerveau. Cortica 5(1) 302-352 [https://doi.org/ 10.26034/cortica.2026.9642](https://doi.org/10.26034/cortica.2026.9642)

RÉSUMÉ

Ce travail explore l'influence de l'alimentation et du microbiote intestinal sur le cerveau, la santé mentale et les capacités cognitives des adolescents. Il met en évidence le rôle de l'axe intestin–cerveau, des neurotransmetteurs, de l'inflammation et de la qualité nutritionnelle dans des problématiques comme l'anxiété, le TDAH, le TSA ou encore les troubles de l'attention. L'auteure montre qu'une alimentation variée, riche en fibres, nutriments essentiels et aliments peu transformés, peut soutenir l'équilibre du microbiote et favoriser le bien-être psychique et physique. La partie pratique du projet prévoit des ateliers scolaires visant à sensibiliser les jeunes à ces liens, afin de développer leur conscience, leur autodétermination et leur capacité à faire des choix alimentaires plus favorables à leur santé.

Généré par chatGPT

Mots-clés: alimentation; microbiote intestinal; axe intestin–cerveau; santé mentale; adolescents; cognition; nutrition; bien-être; ateliers scolaires; prévention.

ABSTRACT

This work examines how diet and the gut microbiota influence the brain, mental health, and cognitive functioning in adolescents. It highlights the importance of the gut–brain axis, neurotransmitters, inflammation, and nutritional quality in conditions such as anxiety, ADHD, autism spectrum disorders, and attention difficulties. The author argues that a varied diet rich in fiber, essential nutrients, and minimally processed foods can support microbiota balance and improve both mental and physical well-being. The practical part of the project includes school workshops designed to

raise students' awareness of these connections and to encourage self-determination and healthier food choices.

Translated by chatGPT

Keywords: diet; gut microbiota; gut–brain axis; mental health; adolescents; cognition; nutrition; well-being; school workshops; prevention.

1. INTRODUCTION

1.1 Le but de la recherche :

Le but premier de mon travail est d'acquérir des connaissances et une validation scientifique dans le domaine du microbiote et de son influence sur le cerveau, afin de pouvoir aborder le sujet délicat de la nutrition avec les élèves et leurs parents.

En effet, parler de nourriture dans une réunion de parents peut vite être jugé comme intrusif.

Et pourtant, avec les études de ces dernières années sur le microbiote qui soulèvent la question de l'importance de l'alimentation sur le bon fonctionnement de notre cerveau, comment ne pas vouloir/pouvoir sensibiliser les parents et les adolescents ?

1.1.1 Le sujet de la recherche :

La partie théorique de ce travail a pour objectif de mieux comprendre comment la santé intestinale (notamment la composition du microbiote) peut affecter des troubles neurologiques et psychiatriques, comme l'anxiété, la dépression, les troubles du spectre autistique (TSA), les troubles de déficit de l'attention avec ou sans hyperactivité (TDAH) et même des pathologies neurodégénératives.

Et à l'inverse également, il sera intéressant de voir comment l'état mental, notre libre arbitre et les facteurs neurologiques (y compris l'épigénétisme !) peuvent influencer la santé intestinale.

Le choix de ce sujet me tient particulièrement à cœur. J'ai été confrontée aux multiples troubles de santé de mon fils : sommeil - maux de ventre – vomissements – diarrhées – hyperactivité – douleurs articulaires – immunité déficiente avec des épisodes fréquents de surinfection se terminant par une antibiothérapie, et ceci depuis tout petit.

Après avoir reçu un diagnostic de diabète de type 1, réfuté peu après, puis refusé des traitements de ritaline et d'immunosuppresseurs, une amie m'a parlé d'une doctoresse spécialisée dans le

traitement de l'intestin. Dès le premier rendez-vous, j'ai compris que tous ces symptômes étaient étroitement liés et que le problème central était une dysbiose du microbiote qui avait provoqué une porosité de la paroi intestinale.

Cette doctoresse m'a ouvert une porte sur des connaissances qui me paraissent depuis fondamentales tellement les conséquences d'une dysbiose sont multiples.

En tant qu'enseignante spécialisée, je rencontre souvent des enfants avec des diagnostics de TDA/H, TSA ou « simplement » anxieux. Parler de son expérience de maman sur ce sujet peut être perçu comme une critique de l'alimentation familiale. De plus, mes connaissances sont limitées à mon expérience.

C'est pourquoi, approfondir le sujet, en comprendre les mécanismes et obtenir une validation scientifique me permettra d'en parler à des parents en quête de solutions avec une posture plus professionnelle, donc moins intrusive.

Pour les parents intéressés à poursuivre cette piste d'investigation, mon rôle sera de pouvoir les diriger auprès de personnes compétentes dans ce domaine.

Dans la partie pratique, j'ai la chance de pouvoir collaborer avec « Promotion Santé Valais » et d'organiser, avec leur appui en matière d'expertise nutritionnelle et d'animation, un de leurs ateliers santé à l'EPP (école préprofessionnelle).

Il s'agira de construire un atelier sur deux périodes incluant de la théorie sur le microbiote ainsi que de la pratique avec comme objectif final, de leur donner des clés pour pouvoir développer leur plein potentiel. Ou tout au moins de leur amener une **conscientisation** de certaines connaissances qu'ils ont déjà tous plus ou moins en leur montrant les avantages qu'ils peuvent en retirer. La suite, ce sera de l'ordre de leur libre arbitre.

Si une solution pour aider notre microbiote à nous garder en bonne santé vient du contenu de notre assiette, alors soyons curieux !

1.2 Les objectifs à atteindre :

Consciente de la complexité des paramètres présentés ci-dessus et convaincue, en tant qu'enseignante, de l'importance de rendre ces connaissances accessibles à nos jeunes adolescents avec l'espoir de semer quelques graines dans leur esprit, je me lance dans un projet d'ateliers en collaboration avec « Promotion Santé Valais ».

1.2.1 Les objectifs de nos ateliers destinés aux jeunes du cycle d'orientation seront multiples :

- Amener et expliquer ces différents concepts tels que : microbiote / bactéries intestinales / virus, levures, champignons / probiotiques / prébiotiques / psychobiotiques / macronutriments et micronutriments / neurotransmetteurs / paroi intestinale perméable / dysbiose ...
- Comprendre l'importance de ces concepts pour la santé physique, psychique et cognitive de chacun.
- Réaliser que nos choix alimentaires ont une influence directe sur notre santé et que, grâce à notre libre arbitre, nous pouvons agir quotidiennement pour notre bien-être.
- Différencier les aliments à privilégier de ceux à consommer occasionnellement.
- Choisir une recette saine et appétissante, la réaliser et la partager avec ses camarades.
- Avoir intégré les notions de base de la bonne alimentation pour notre microbiote grâce aux activités réalisées.

1.2.2 L'état de la question et les problèmes qui en découlent :

Actuellement, la **Junk food** (la malbouffe qui comprend l'alimentation industrielle, les sodas, le trop sucré, trop gras, les édulcorants et les émulsifiants...) attire les jeunes avec des publicités qui ciblent ce public et les fast-food proposent des menus bon marché et appétissants. Y renoncer pour un jeune actuellement, c'est aussi se priver de sorties avec ses amis, c'est donc discriminant. L'objectif de ce travail et de ces ateliers n'est pas de culpabiliser un jeune qui va occasionnellement au fast-food avec ses copains ou qui s'octroie de temps en temps un soda sur une terrasse, mais de réaliser pourquoi cela ne doit pas devenir des habitudes trop rapprochées.

Il s'agirait de susciter une prise de conscience, chez nos ados, de l'influence de notre alimentation non seulement sur la santé à long terme (ce qu'ils admettent volontiers sans pour autant réagir, l'avenir étant trop loin de leurs préoccupations) mais surtout du bénéfice à court terme qu'ils peuvent en tirer.

De cette prise de conscience découlent les questions suivantes :

Pourquoi et comment certains aliments vont davantage optimiser mon potentiel (physique, psychique et cognitif) que d'autres ? Quels aliments privilégier ? A quels moments de la journée ?

Les adolescents arrivent à un âge où ils sont encore dépendants de leurs parents, mais ils commencent aussi à vouloir s'émanciper de certaines habitudes familiales car ils désirent développer leur identité et faire preuve d'autodétermination.

Par ailleurs, ils ressentent ce besoin vital de faire partie d'un groupe, aussi dans cette quête d'identité, et pour cela suivre le mouvement, faire comme les autres. Ainsi se démarquer, même pour de la nourriture, c'est compliqué.

Mon objectif est donc de parvenir à semer une petite graine dans ce terreau fertile mais aussi fragile qu'est l'adolescence, quitte à ce que la graine se développe plus tard... mais elle sera là.

1.3 La nature de la recherche :

Pour ce qui concerne le travail pratique, je procéderai de la façon suivante :

Quelques mois avant les ateliers, je distribuerai aux adolescents trois questionnaires :

Un premier questionnaire qui évalue leur bien-être actuel au travers des neurotransmetteurs DNS (dopamine – noradrénaline – sérotonine). Sans leur donner trop d'explications, je leur demanderai d'y répondre au plus près de leur ressenti actuel. Ce questionnaire a pour but de repérer d'éventuels troubles fonctionnels susceptibles d'être liés à un déficit en neurotransmetteurs.

Un deuxième questionnaire leur sera remis pour qu'ils décrivent les aliments qu'ils ont l'habitude de manger, en précisant à quelle fréquence.

Le dernier questionnaire sera en lien avec l'autodétermination. Cela pourra permettre – ou non – de valider l'hypothèse selon laquelle plus un jeune est autodéterminé, plus il sera en mesure de vouloir modifier ses habitudes d'alimentation dans un objectif de santé.

Au mois de mars 2026 se dérouleront les ateliers. Une première partie théorique puis une seconde partie qui va mettre en pratique cette théorie, en reprenant les objectifs mentionnés ci-dessus, de la manière suivante :

- Comprendre l'influence du microbiote sur l'axe intestin – cerveau et leurs échanges bidirectionnels ;
- Réaliser l'importance des aliments consommés pour optimiser le bon fonctionnement de notre microbiote ;
- Réaliser des en-cas sains et gourmands, avec une dégustation à la clé.

Enfin, je reviendrai vers eux au mois de mai avec les trois questionnaires. Deux mois après l'atelier, je récolterai leurs éventuelles intentions de changements. Ce sera le moment clé de la conscientisation de l'atelier.

Pour cette partie pratique, les diététiciennes Fabienne Bochatay et Pauline Solioz de Promotion Santé Valais collaboreront avec moi et valideront les objectifs. Elles pourront également, avec les élèves intéressés, aller plus loin s'ils ont davantage de questionnements ou des besoins spécifiques.

1.4. L'envergure de la recherche :

Ces ateliers seront organisés pour les classes du secondaire II de l' EPP (école préprofessionnelle) de St-Maurice.

La première phase de cette recherche sera la distribution des questionnaires à 5 classes d'EPP. Cela représente une centaine d'élèves. Ce sera le groupe témoin de ma recherche.

Puis, au mois de mars, une vingtaine de jeunes issus de ces classes participeront à l'atelier. Cette participation est plus ou moins volontaire car ils choisissent parmi plusieurs ateliers ceux qui les intéressent le plus.

Ces 20 participants constitueront le groupe expérimental de ma recherche.

Enfin, au mois de mai, j'organiserai un entretien avec chacun de ces 20 participants afin de valider qualitativement leurs intentions et la prise de conscience quant à l'importance de l'alimentation sur leur santé.

Il s'agira donc d'une recherche de type « recherche – action » privilégiant l'approche qualitative.

1.5 Les sujets traités :

- **Le modèle PRESENCE.**
- Comment le microbiote se forme-t-il ?
- L'axe intestin – cerveau et la communication entre ces deux cerveaux.
- Qu'est-ce qu'un neurotransmetteur ?
- Qu'est-ce qu'un microbiote équilibré ?
- Pourquoi la **Junk Food (la malbouffe)** nous déprime-t-elle ?
 - ➔ Les conséquences d'un dérèglement : l'anxiété, les maladies ou les troubles neurodéveloppementaux.
- Comment atténuer les symptômes de l'anxiété ?
- Comment atténuer les symptômes des troubles neurodéveloppementaux, comme le TDAH ou TSA ?

-
- Zoom sur les macronutriments et les micronutriments.
 - Et le libre arbitre : maintenant que nous en savons davantage, sommes-nous libres de changer nos habitudes alimentaires ? Et si les bactéries essayaient de nous influencer... ?

1.6 La question de recherche :

Un jeune qui mange bien et qui est actif est un élève plus attentif et prêt à développer son plein potentiel. Vous y êtes sensible et vous vous demandez comment agir ?

Que vous soyez élève, étudiant-e, enseignant-e, intervenant-e scolaire ou parent, plongez-vous dans le monde incroyable et surpeuplé du microbiote !

2. THEORIE :

2.1 Modèle PRESENCE, développer les lettres

Le modèle P-R-E-S-E-N-C-E a été développé par la Professeure Cherine Fahim et qui décrit, à l'aide de chaque lettre du mot « PRESENCE », l'organisation du cerveau de la conception à l'âge adulte. Le P représente la Prédisposition génétique, R le Réseau de neurones, E l'Élagage synaptique à l'enfance, S la Synchronisation, E l'Élagage synaptique à l'adolescence, N la Neurogénèse et la Neuroplasticité, C pour la Conscience et E, Et le libre arbitre.

Je développerai davantage les lettres P – R – C – E en amenant également des apports théoriques supplémentaires glanés dans mes documents de référence, en lien avec ma problématique.

P pour Prédisposition

Curieusement, je vais commencer par parler de la génétique ... des bactéries !

Comme Gabriel Perlemuter l'explique très bien dans son livre « De l'intestin au cerveau » (2021), les bactéries font partie des procaryotes, des êtres unicellulaires sans noyau et qui ont leur ADN circulaire dans leur cytoplasme. Nous, êtres pluricellulaires, sommes composés de cellules eucaryotes avec un noyau qui renferme notre ADN, autrement dit le code génétique de l'organisme.

Dans les années 70, des chercheurs ont découvert des procaryotes capables de vivre dans des conditions extrêmes, à moins de 0°C, à plus de 100°C, dans du soufre, dans la Mer Morte, et dans ... notre microbiote (avec d'autres bactéries, virus, champignons ...) !

Ces procaryotes ont été nommés « les archées » et ont la particularité d'être beaucoup plus proches de nos cellules que des autres bactéries, par leurs protéines, la composition de leur membrane

cellulaire et par les enzymes qu'elles utilisent. Elles nous ressemblent tellement qu'elles ne provoquent pas de maladies (hormis des gaz) comme peuvent le faire d'autres bactéries.

Les bactéries et les archées jouent un rôle essentiel dans le maintien de notre santé. Nous vivons en endosymbiose avec elles. La preuve ? Les mitochondries, les centrales énergétiques de nos cellules, ont un seul brin d'ADN et il est différent de celui du noyau, car la mitochondrie est un organe provenant d'une bactérie. Dans le monde végétal, le même phénomène se produit avec les chloroplastes.

Nous cumulon nos propriétés avec celles des bactéries, par conséquent sans elles nous ne pourrions pas vivre !

« Nous sommes des holobiontes » comme le dit si justement Gabriel Perlmutter dans son livre « de l'intestin au cerveau » (2020).

« Le microbiote dans son ensemble compte 100 fois plus de gènes qui codent pour des activités métaboliques que l'organisme humain proprement dit. En d'autres termes, on ne peut faire autrement que de considérer cette immense usine biochimique comme faisant partie de nous. Et pour toute notre vie. » Jacques Schrenzel, UNIGE, Campus 138

Ce préambule explique que nous ne pouvons pas dissocier notre corps de nos bactéries, et encore moins des parties de notre corps, comme séparer le cerveau et agir seulement sur lui pour guérir un patient ayant des problèmes psychologiques.

Si une lésion cérébrale a des répercussions sur le reste de l'organisme, une dysbiose intestinale a, elle aussi, des retentissements sur le cerveau.

Quant à notre ADN :

Il est formé de deux brins appariés l'un à l'autre en double hélice. Il est pelotonné pour former les chromosomes. Nous en avons 23 paires. Chaque brin d'ADN présente, dans un ordre variable, 4 unités chimiques appelées nucléotides. Le gène est une séquence de nucléotides qui correspond à une information génétique particulière.

Lorsqu'un gène est lu, il est d'abord transcrit en ARN messager qui sort du noyau et est ensuite traduit en protéine par un ribosome. Chaque protéine, construite selon le code nucléotique spécifique de son gène, a une fonction particulière dans ou hors de la cellule : elle peut induire des cascades de réactions, soutenir la structure de la cellule, ou même avoir un rôle de canal (de portes) à travers la membrane plasmique (Maëlle Dumaz, communication personnelle).

L'être humain est doté de 20'000 gènes.

Étonnamment, seul le 3% des gènes sont « lus » à un moment donné de notre existence. Certains s'expriment très tôt, lors de l'embryogénèse, d'autres au moment de la puberté...

Mais, malgré cette machinerie bien réglée, nous n'allons pas forcément exprimer un gène à un instant T si on n'initialise pas sa mise en route.

Des facteurs extérieurs, comme l'environnement, la qualité de l'attachement, le stress, l'alimentation, la pollution ou une infection vont être capables d'exprimer ou d'inhiber un gène. C'est le concept de l'EPIGENETISME. Ces signatures épigénétiques peuvent même se transmettre aux générations suivantes.

Et pour complexifier encore cela, le monde bactérien de notre microbiote communique également, à l'aide de ses propres gènes (1000 x plus nombreux que les nôtres), et ils sont eux aussi susceptibles d'influencer, favorablement ou non, notre épigénétisme.

Les mécanismes biologiques principaux impliqués dans l'épigénétisme sont la **méthylation** et l'**acétylation**.

L'ADN vient s'enrouler autour des histones (= protéines fondamentales au bon déroulement des processus génétiques) et cette association ADN + histone est appelée **chromatine**.

Quand on parle de méthylation, c'est du méthyl qui se lie à des acides aminés présents sur les histones et qui déclenche ainsi un état répressif de la chromatine. Il va être alors impossible de lire les gènes. Si la méthylation empêche l'expression de gènes défavorables, c'est positif pour l'organisme. Mais la méthylation peut aussi mettre sous silence des gènes qui lui seraient profitables !

L'opération inverse s'appelle l'acétylation : elle contribue à l'ouverture de la chromatine permettant la lecture de l'ADN. Comme pour la méthylation, si l'acétylation permet la lecture de gènes favorables, c'est bénéfique mais si elle permet l'expression de gènes défavorables, c'est préjudiciable pour l'organisme.

On comprend donc que l'épigénétisme permet non seulement la lecture des gènes pour l'individu actuel, mais aussi la transmission de caractères génétiques d'une génération à l'autre, sans pour autant avoir eu de mutation sur les gènes. (Denis Riché 2022)

Voici une autre information intéressante en lien avec mon sujet : les gènes sont constitués d'acides nucléiques qui sont eux-mêmes constitués d'acides aminés appelés arginine et glutamine. Ils délivrent de l'azote, du carbone et de l'hydrogène.

Il est aussi important de comprendre que ces molécules ont une durée de vie limitée, et que ces 3 milliards de paires de bases qui constituent notre capital génétique doivent être régulièrement renouvelées.

En situation chronique d'apports insuffisants en protéines ou en glucides, on compromet la synthèse des acides nucléiques ! Denis Riché (2022)

R pour Réseau de neurones

Ce concept de réseau se concentre sur la manière dont les neurones sont interconnectés et communiquent entre eux pour faire passer des informations. Cherine Fahim (CAS 2024/25)

La communication se fait par signaux électriques, appelés influx nerveux. Chaque neurone est constitué d'un corps cellulaire avec des prolongements appelés dendrites et d'un axone. Celui-ci peut être très long, comme dans le cas du nerf vague qui est le plus long nerf crânien.

L'influx nerveux se propage le long de l'axone pour terminer son chemin au niveau des synapses. La transmission de l'information dans la fente synaptique se fait alors de manière chimique, avec des neurotransmetteurs. Ceux-ci vont à leur tour activer un second neurone au niveau de sa dendrite ou de son corps cellulaire. De nouveau, l'influx nerveux sous forme électrique poursuit son chemin le long de ce second neurone et ainsi de suite.

Il existe plusieurs types de neurotransmetteurs. La quantité de neurotransmetteurs est inscrite dans nos gènes. Mais nous savons maintenant que cette quantité peut être significativement modifiée par l'épigénétisme Cherine Fahim (CAS 2024 / 25) et également par le microbiote intestinal, qui est, entre autres, le principal fournisseur du précurseur de la sérotonine, le tryptophane.

Nous verrons les rôles de certains neurotransmetteurs plus loin.

Dans ce chapitre, je vais vous présenter brièvement les différents systèmes de réseaux de neurones présents dans notre corps.

Organisation des systèmes nerveux :

- **Le Système nerveux central (SNC)** (environ 100 milliards de neurones qui communiquent intensément) est partagé en 2 hémisphères ayant chacun 5 lobes liés à des fonctions spécifiques. Il est constitué d'une couche externe, la matière grise ou cortex, formé des corps cellulaires des neurones et d'une couche interne, la matière blanche où se trouvent les axones entourés de myéline formée par les oligodendrocytes (= cellules gliales) dans le SNC.
- **Le système nerveux périphérique (SNP)** : Le système nerveux périphérique désigne les parties du système nerveux qui sont à l'extérieur du système nerveux central, c'est-à-dire celles qui sont à l'extérieur du cerveau et de la moelle épinière.

Le SNP comprend **le système nerveux somatique** (transmission des afférences sensorielles de la peau, des muscles et des articulations et les efférences motrices, contractions musculaires et sécrétions) et **le système nerveux autonome**. (Maëlle Dumaz, communication personnelle)

Dans mon sujet d'étude, je vais davantage me centrer sur le **système nerveux autonome** :

Ce dernier comprend 3 sous-systèmes :

- **Le système nerveux sympathique** (*fight or flight*) prépare le corps à des situations de lutte ou de fuite, augmente la fréquence cardiaque, accélère la respiration, dilate les pupilles et stimule le métabolisme.
- **Le système nerveux parasympathique**, ou **système vagal** (*rest and digest*), à l'inverse du système sympathique, va apaiser le corps. Il permet à la respiration et la fréquence cardiaque de revenir à la normale, aux pupilles de rétrécir et au métabolisme de ralentir afin d'économiser de l'énergie. Elizabeth Coon (2023)
- **Le système nerveux entérique (SNE)** contrôle le système digestif. Il possède de 100 à 500 millions de neurones, le plus grand ensemble de cellules nerveuses après le SNC. Il a reçu le nom de « 2^{ème} cerveau ». D'ailleurs, lors de l'embryogénèse, ce sont les mêmes cellules particulières, celles de la crête neurale, qui forment le SNC et le SNE. Uma Naidoo (2020)
Ce réseau de neurones est réparti tout le long de notre tube digestif. Sa fonction est primordiale : il doit fournir à notre organisme le carburant pour qu'il puisse fonctionner. Ceci en nous permettant de digérer ce que nous mangeons. Il contrôle la motricité intestinale (=

motilité ou péristaltisme), c'est-à-dire les contractions des muscles du tube digestif pour faire cheminer les aliments et liquides. C'est aussi lui qui régule les enzymes et les hormones et il intervient dans l'absorption des nutriments.

Il peut aussi détecter la présence de pathogènes et prévenir le système immunitaire et le microbiote.

Encore une fonction du SNE, et pas la moindre : **il dialogue en permanence avec notre cerveau**. Ces échanges doivent permettre un fonctionnement harmonieux de l'individu. Mais cela explique aussi pourquoi une émotion, telle que le stress, peut être transmise au SNE et provoquer des dérèglements intestinaux. Et comme l'information circule dans les deux sens : 20% du SNC au SNE et 80% du SNE au SNC (Cherine Fahim CAS 24-25), des études montrent que certaines maladies affectant le cerveau sont d'origine intestinale, en atteignant d'abord le SNE puis en remontant au SNC. (INSERM 2023)

Ces différents systèmes sont reliés au système nerveux central par le tronc cérébral, qui contient de nombreux centres de contrôle de l'information. Je reviendrai plus tard sur l'axe intestin – cerveau pour comprendre comment se transmettent ces informations.

« A mesure que l'être humain a évolué, sa capacité à penser consciemment a augmenté de façon exponentielle. Cela n'a été possible que parce que les systèmes nécessaires à sa survie ont été régulés de façon inconsciente, automatiquement. Pendant ce temps, son tronc cérébral l'a maintenu en vie et lui a permis de prospérer ». Navaz Habib (2020)

E pour Élagage synaptique à l'enfance

L'élagage synaptique est le processus par lequel les connexions neuronales inutiles sont éliminées pour rendre les réseaux neuronaux plus efficaces. « Use it or lose it » (Cherine Fahim CAS 24 – 25)

Pendant la petite enfance, entre 2 et 3 ans, ce processus aide à optimiser le développement du cerveau en réponse aux expériences d'apprentissage.

Ce grand nettoyage de printemps permet d'optimiser le remodelage du cerveau, la vitesse de traitement dans les connexions conservées, et pour augmenter cette vitesse de traitement il y a également un développement important de la matière blanche. (Cherine Fahim CAS 24-25)

- **La matière blanche composée de myéline et de cellules gliales**

Lorsque l'on parle de réseau neuronal, il existe une intervenante importante qui permet d'optimiser l'influx nerveux (et donc la transmission de l'information) entre les neurones. C'est le rôle de la myéline.

La myéline est une membrane biologique qui s'enroule autour des axones pour constituer une gaine. La gaine de myéline **sert à isoler et à protéger les fibres nerveuses**, comme le fait le plastique autour des fils électriques. Elle joue aussi un rôle d'**accélérateur de la vitesse de propagation de l'influx nerveux** transportant l'information le long de l'axone. Deux types de cellules fabriquent la myéline : les cellules de Schwann dans le SNP et les oligodendrocytes dans le SNC ». (INSERM 17.09.2020) Ce sont toutes les deux des cellules gliales.

S pour SYNCHRONISATION CÉRÉBRALE

Ce principe implique l'alignement temporel des activités neuronales, ce qui est essentiel pour les fonctions cognitives telles que l'attention, la mémoire et la perception.

La synchronisation cérébrale fait référence à l'harmonisation des processus neuronaux, cruciale pour l'apprentissage et la concentration. Il s'agit d'une part de synchroniser le fonctionnement de nombreux neurones différents et d'autre part de traverser de grands réseaux à une vitesse optimale.

En éducation, les activités qui favorisent la concentration et la pleine conscience peuvent améliorer cette synchronisation, aidant les élèves à rester engagés et motivés.

Pour promouvoir de manière optimale cette synchronisation cérébrale, la méditation de pleine conscience va favoriser la concentration et la gestion du stress. La cohérence cardiaque également. (Cherine Fahim 2025)

Le système nerveux vagal ou parasympathique va intervenir dans cette phase de synchronisation, car c'est lui que nous activons, consciemment, quand nous réalisons des exercices de méditation ou de respiration. Comme nous l'avons vu avant, il apaise le corps.

Il est d'autant plus important de l'activer régulièrement et d'en prendre soin qu'il constitue le principal système de contrôle de l'inflammation. Et si le système inflammatoire s'emballe et que le niveau d'inflammation devient chronique, cela va entraîner de nombreux problèmes de santé comme la dépression, les maladies auto-immunes, les maladies neuro-dégénératives, et bien d'autres. (Navaz Habib 2020). Nous y reviendrons plus tard.

E pour L'Élagage synaptique 2

Cet élagage dure toute l'adolescence pour s'achever avec la fin de la myélinisation à 25 ans. Il s'agit d'une réorganisation cérébrale majeure. Le développement des réseaux de neurones s'effectue sur de plus longues distances avec une meilleure myélinisation et augmente ainsi la vitesse de transmission des informations. Cet élagage contribue aussi à affiner et à spécialiser les fonctions cérébrales en réponse à des expériences vécues par l'adolescent et à des apprentissages plus complexes. (Cherine Fahim, CAS 24-25)

N pour Neuroplasticité et neurogénèse

Les 3 fées du cerveau :

- **La Fée de la neuroplasticité** : les neurones ne changent pas de nombre mais changent de forme, comme des arbres qui grandissent, dont le tronc s'épaissit, les branches se ramifient, les synapses deviennent plus efficaces, à mesure que nous continuons à apprendre, et cela tout au long de la vie... mais le nombre reste constant.
- **La Fée de la neurogénèse** : elle fait naître de nouveaux neurones ! Ce processus est uniquement possible dans l'hippocampe, dans le striatum (= système de récompense) et dans le système olfactif. On passe de 3 arbres à 5 arbres, si l'on reprend notre image précédente.
- **La Fée des réserves cognitives** : pour augmenter nos réserves cognitives, il faut activer le mode par défaut. Raconter des histoires, se connecter à la nature, faire du sport, jouer d'un instrument de musique, activer sa curiosité... Attention, car avec l'âge, on a de moins en moins de réserves cognitives, et c'est pourtant elles qui peuvent être utilisées pour remplacer des voies endommagées comme lors d'un AVC par exemple. (Cherine Fahim, CAS 24-25)

C pour Conscience

La conscience dans ce contexte fait référence à la conscience de soi et à la conscience environnementale. En neuroéducation, cela implique de comprendre comment la conscience

influence l'apprentissage et la prise de décision, et comment l'éducation peut être adaptée pour développer une conscience plus profonde chez les élèves (Cherine Fahim CAS 24-25)

Dans mon sujet d'étude, cette dimension de la conscience sera déterminante à condition que le jeune s'approprié les concepts théoriques qui lui seront apportés au cours de la première partie de l'atelier. S'il y parvient, il pourra comprendre les enjeux liés autour de l'alimentation, intégrer des faits scientifiques, sans notion de culpabilité ni d'ordre moral puis passer à l'étape suivante, en ayant toutes les cartes en main pour décider.

E - Et le libre arbitre ou autodétermination

Ce sera l'étape suivante, justement, à savoir la capacité de prendre des décisions volontaires et conscientes, indépendamment de contraintes externes.

Dans mon sujet d'étude, il s'agit d'amener le jeune à faire un choix éclairé, ou tout au moins de semer quelques graines dans son esprit qui peut-être se développeront peu à peu avec l'aide du libre arbitre.

Pour y arriver, il faudra que le jeune trouve du sens à changer certains de ses comportements alimentaires, afin que cela soit considéré comme une vraie plus-value pour lui.

Je développerai davantage cette notion de libre arbitre au point 2.10 « *Et le libre arbitre* », après avoir développé l'influence de nos bactéries intestinales sur notre manière d'être et d'agir.

Dans le chapitre qui suit, je vais développer des concepts essentiels pour comprendre l'influence du monde incroyable et surpeuplé du microbiote sur notre cerveau !

2.2 Comment le microbiote se développe-t-il ?

Tout d'abord, voici une définition par l'INRAe (institut national de recherche pour l'agriculture, l'alimentation et l'environnement) concernant le microbiote :

« Ensemble de microorganismes vivant en communauté complexe, constitué principalement de bactéries mais aussi d'archées, de champignons et de virus. Ils sont, par exemple, présents sur et dans notre corps où ils constituent le microbiote humain. Le plus étudié des microbiotes humains est le microbiote intestinal ».

Les facteurs génétiques, environnementaux et comportementaux jouent un rôle essentiel dans le développement du microbiote.

Nous ne sommes pas tous égaux à la naissance avec le microbiote. Nous l'héritons de la flore vaginale de notre mère au moment de la naissance en passant par la voie naturelle, et également par les micro-organismes issus de la peau de la maman et de l'environnement en cas de naissance par césarienne (Inserme 2021).

Depuis peu, certains obstétriciens badigeonnent la face du bébé avec le liquide vaginal de la mère. Ce geste supprime, au moins en partie, les différences induites par la césarienne sur le microbiote de l'enfant. Il est important qu'à ce moment-là, la mère ait le microbiote le plus « normal » possible, qu'elle ait par conséquent pris soin de son alimentation pendant la grossesse.

Mais le microbiote sera aussi dépendant d'éventuels médicaments pris qui auraient pu l'appauvrir tels que les antibiotiques. (Gabriel Perlmutter 2020)

« La découverte la plus vertigineuse concerne le pouvoir que nous avons dans la détermination de ce que sera notre microbiote, de ses forces et de ses faiblesses qui nous suivront pendant toute notre existence, de ses dysbioses (déséquilibres du microbiote) qui ne nous rendront pas forcément malades mais qui augmenteront le risque d'avoir certaines maladies. A vrai dire, il s'agit plutôt du pouvoir de nos parents. » (Gabriel Perlmutter 2020)

En effet, on apprend que le microbiote se constitue pendant les trois premières années de la vie, au fur et à mesure de la diversification alimentaire. Par la suite, il sera toujours possible de le modifier, de l'améliorer avec de bonnes habitudes alimentaires, mais si l'on ne fait plus attention à notre alimentation ou si l'on a une antibiothérapie, le microbiote retrouvera son état d'équilibre de l'âge de 3 ans.

« On comprendra qu'au cours de cette période, il faudra être soucieux du régime du bébé ». Gabriel Perlemuter (2020)

Il est intéressant de faire le lien entre les changements et la maturation rapide du microbiote intestinal chez l'enfant qui vont de pair avec les changements rapides dans la structure et le fonctionnement de son cerveau, car ils vont de pair.

Les fortes exigences métaboliques cérébrales pendant les périodes critiques du développement du système nerveux pourraient donc nécessiter le soutien d'un microbiote sain et performant. P. Piguet (2021 cairn)

A l'âge adulte, nous avons toujours la possibilité de réparer ces dysbioses, en faisant attention aux aliments que l'on apporte à nos bactéries, mais ce sera l'affaire de toute une vie que de maintenir la diversité et l'équilibre du microbiote.

La composition du microbiote chez les jeunes individus « va évoluer qualitativement et quantitativement, sous l'influence de la diversification alimentaire, de la génétique, du niveau d'hygiène, des traitements médicaux reçus et de l'environnement. Cette composition reste ensuite assez stable, même si cette stabilité est variable d'une personne à l'autre ». (Inserme 2021).

Plus qu'une stabilité, c'est un état d'équilibre auquel le microbiote cherche toujours à revenir.

Pour reprendre l'expression utilisée dans « Campus » n° 138 de l'UNIGE en septembre 2019, on peut parler de « mémoire des entrailles ».

2.3 L'axe intestin – cerveau :

La recherche sur l'axe cerveau-intestin explore la communication bidirectionnelle entre le cerveau et le microbiote intestinal. « Si les bactéries intestinales peuvent influencer le cerveau, il est tout aussi vrai que le cerveau peut modifier les bactéries intestinales ». (Uma Naidoo 2021)

Uma Naidoo explique que deux heures de stress psychologique suffisent pour modifier le microbiote. L'axe HHS (hypothalamo-hypophysio-surrénalien) active une chaîne d'hormones qui se termine par la production de cortisol, l'hormone du stress. Ce stress va modifier le comportement et la composition des bactéries, réduire la diversité bactérienne et favoriser la croissance de bactéries pathogènes. De plus, le cortisol va favoriser une perméabilité intestinale qui peut permettre à des toxines de passer et de provoquer une réaction immunitaire inflammatoire (cette notion de perméabilité intestinale sera reprise dans le point 2.6 « pourquoi la Junk Food nous déprime-t-elle ? »). Et ce n'est pas fini, car ce stress va impacter les neurones entériques et par conséquent le nerf vague.

Des études récentes montrent que des déséquilibres dans le microbiote peuvent être associés à des troubles psychiatriques et neurologiques, ainsi qu'à des problèmes de développement chez les enfants. D'autres problèmes d'ordre physique peuvent aussi être corrélés, comme un retard de croissance (Inserme 2023) ou des douleurs articulaires. (Inserme 2021).

Sauf pathologie grave, les bactéries restent dans l'intestin. Ce sont les métabolites qu'elles sécrètent, des fragments de leur membranes externes (Lipopolysaccharides LPS), ou encore des

hormones que les cellules du tube digestif produisent sous l'ordre des bactéries qui circulent et influencent l'organisme et le SNC. (Gabriel Perlmutter 2020)

« En résumé, le cerveau nécessite un juste équilibre de bactéries intestinales afin de fabriquer les substances chimiques dont il a besoin pour rester stable et sain. Et l'intestin a besoin du cerveau pour rester stable et sain, de manière à maintenir le juste équilibre de bactéries intestinales. (...) Un microbiote intestinal malsain donne lieu à un cerveau malade et vice versa » (Uma Naidoo 2021).

« Depuis une dizaine d'années, nous savons que le monde bactérien de la mère va conditionner et influencer le développement neuronal de l'enfant. Nous savons aussi que de nombreuses hormones et neurotransmetteurs sécrétés par le cerveau le sont aussi par l'intestin ». (Denis Riché) Cela sera repris au point 2.4.

Différentes pathologies, de la boulimie aux troubles de spectre de l'autisme en passant par la dépression, l'hypersensibilité ou les addictions, peuvent être associées à des dysbioses spécifiques. De nombreuses expériences avec des souris à qui l'on a greffé le microbiote d'une personne alcoolique montrent qu'elles vont adopter des comportements d'anxiété et de dépression. Des expériences de greffes de microbiote ont été faites également avec des personnes TSA, d'autres atteintes de dépression, etc... cela montre bien que le cerveau va être directement impacté par le microbiote. (Gabriel Perlmutter 2020)

Cependant, il est difficile d'incriminer une sorte de bactéries intestinales pour en faire la coupable d'une de ces maladies. En effet, les bactéries n'opèrent pas indépendamment les unes des autres, mais interagissent en permanence entre elles et avec les molécules de notre organisme. Elles peuvent être nécessaires dans une certaine proportion mais nocives en surnombre. L'exemple de l'*Escherichia Coli* est connu : cette bactérie, en surnombre, peut provoquer des infections particulièrement graves. Cependant sa présence dans notre microbiote est importante car elle va aider à réguler notre sentiment de satiété. En effet, elle produit une protéine qui a une structure très proche d'une des hormones de satiété, à tel point que, quand cette protéine arrive au cerveau, il les confond ! (Gabriel Perlemutter, 2020) Un exemple parmi d'autres pour illustrer qu'il n'y a pas de bonnes ou de mauvaises bactéries, mais davantage un équilibre, comparable à la biodiversité, qui doit être préservé par une alimentation variée et peu transformée. (Denis Riché, communication personnelle)

Les voies de communication entre ces deux cerveaux :

- Le SNE va communiquer avec le SNC via le Nerf Vague (NV, le plus long nerf crânien) :

Les neurones qui constituent le NV proviennent de quatre noyaux différents. Ce nerf débute dans le tronc cérébral et va jusqu'à l'intestin où il va se ramifier en petits réseaux qui enveloppent la totalité de l'intestin. Il va même pénétrer dans la paroi intestinale et jouer un rôle dans la digestion des aliments en favorisant l'absorption des nutriments. Mais sa fonction principale est l'échange d'informations bidirectionnelles entre le SNC et le SNE par des signaux nerveux. C'est un nerf mixte, avec :

- Une **composante sensorielle** (afférente) — qui **remonte de l'intestin vers le cerveau** ;
- Une composante motrice (efférente) — qui **envoie des signaux du cerveau vers l'intestin**.

Environ **80 à 90 % des fibres vagales** sont afférentes : elles sont donc bel et bien des "**capteurs**" de l'état intestinal.

« Il a été suggéré que le NV pourrait constituer un véritable « conduit » favorisant la transmission rétrograde des agents pathogènes de l'intestin au cerveau ». (P.Piguet 2021)
Il joue un rôle important dans l'apaisement du corps et dans la réduction du stress en tant que siège du système parasympathique, ce qui est fondamental pour la santé globale. (Amber Cohen 2024)

- Le microbiote va communiquer avec le SNC par plusieurs voies :
Les bactéries intestinales ont la capacité de produire **des neurotransmetteurs** ou **leurs précurseurs** à partir de l'alimentation amenée (GABA -> régulation de l'anxiété, noradrénaline -> stress et humeur, tyrosine -> dopamine-> motivation et plaisir, tryptophane -> sérotonine -> bonheur). Ces neurotransmetteurs ou précurseurs ont une importance de premier plan car elles vont influencer notre humeur et notre comportement.
Au point suivant, je développerai davantage la réflexion au sujet de ces neurotransmetteurs, éléments essentiels de notre santé mentale.

Les bactéries intestinales peuvent également produire des acides gras à chaîne courte (AGCC) importants pour le système immunitaire et pour leurs effets anti-inflammatoires, également sur le SNC. (Navaz Habib 2020)

Elles peuvent aussi fabriquer des vitamines, comme les vitamines K et B, importantes pour la santé neurologique. Des déficits en vitamines B et K ont été associés à des troubles neurologiques, tels que la dépression, la démence et la maladie d'Alzheimer.

Certains de ces composés du microbiote vont influencer directement le SNC car ils sont capables de traverser la barrière hémato-encéphalique (BHE, barrière de protection du SNC qui sélectionne le passage des substances). (Aimée Parker 2019)

Nous verrons par la suite comment favoriser la production des acides aminés essentiels grâce à l'alimentation, afin d'augmenter la production de neurotransmetteurs.

- Le système immunitaire communique également avec le cerveau. C'est pourquoi une inflammation intestinale va affecter l'humeur et le comportement. Lorsqu'une inflammation intestinale se développe, des cytokines pro-inflammatoires sont libérées dans la circulation sanguine. Ces molécules peuvent traverser la BHE et activer des cellules immunitaires résidants dans le cerveau, comme les microglies, entraînant une neuroinflammation. Cette activation est associée à des symptômes de dépression et d'anxiété. (Rajalu 2024)

J'approfondirai cette problématique inflammatoire dans le point 2.6 « pourquoi la Junk Food nous déprime-t-elle ? » ainsi qu'au point 2.8 où nous verrons quels peuvent être les liens entre inflammation et TSA.

- Le système endocrinien, ou hormonal, joue un rôle important dans l'axe cerveau – intestin.

Les hormones utilisent la circulation sanguine pour se déplacer. Elles passent également la BHE. Certaines d'entre elles sont produites dans l'intestin, comme la ghréline ou Peptide YY (deux hormones jouant un rôle dans la régulation de la satiété). Le cortisol, quant à lui, est produit par l'axe HHS mais peut aussi atteindre le système digestif via la circulation sanguine, affectant la motilité et la perméabilité intestinale (phénomène de « Leaky gut »). Il va également réduire la production de mucus protecteur, ce qui rend la muqueuse intestinale encore plus vulnérable aux inflammations. *Last but not least*, le cortisol va avoir un impact sur le microbiote en réduisant les bactéries bénéfiques, laissant ainsi de la place pour le développement des bactéries pathogènes. (Reber 2012)

2.4 Qu'est-ce qu'un neurotransmetteur ?

Définition : les neurotransmetteurs sont des composés chimiques qui transmettent des signaux d'un neurone à un autre à travers les synapses. Chaque neurotransmetteur a des fonctions spécifiques et joue un rôle dans divers processus mentaux, émotionnels et comportementaux.

Il y a 40% d'inné dans nos taux délivrés de neurotransmetteurs. Les facteurs environnementaux (comme le stress, la nutrition, les toxines) et l'épigénétisme influencent le 60% restant ces taux de neurotransmetteurs. (Cherine Fahim CAS 24-25)

Nous allons voir ci-dessous les rôles essentiels de ces différents neurotransmetteurs (qui sont parfois aussi des hormones). Il est important de souligner que les précurseurs qui composent les neurotransmetteurs sont pour la plupart issus de notre assiette ! Les neurotransmetteurs sont produits principalement dans les neurones. Mais certains d'entre eux sont synthétisés dans les intestins, grâce à notre microbiote. Denis Riché (2020)

Dopamine :

La dopamine est un neurotransmetteur essentiel. Elle est produite principalement dans la substantia nigra et dans l'aire tegmentale ventrale qui sont toutes deux situées dans la partie supérieure du tronc cérébral.

Elle joue un rôle dans le contrôle des mouvements, la motivation, le plaisir, la récompense, la régulation de l'humeur, l'attention et le processus de prise de décision.

Les déséquilibres dopaminergiques sont associés à des troubles tels que la maladie de Parkinson, la dépression et la schizophrénie.

Impact éducatif : elle joue un rôle crucial dans la motivation des élèves car elle stimule le système de récompense, renforçant leur engagement et leur motivation à apprendre. Elle aide à maintenir l'attention et la concentration.

Aliments riches en tyrosine : des aliments tels que les amandes, les bananes, les avocats, et les produits laitiers contiennent de la tyrosine qui est un précurseur de la dopamine.

Effet du Cortisol : Le cortisol peut réduire les niveaux de dopamine, particulièrement lors d'un stress chronique. Cette diminution peut affecter la motivation, le système de récompense et l'attention des élèves, rendant l'apprentissage moins engageant et plus difficile.

Sérotonine :

Elle est produite à plus de 90% dans les intestins par les cellules entérochromaffines. La sérotonine est souvent appelée l'hormone du « bien-être » Elle est essentiellement utilisée comme un

neurotransmetteur, mais elle peut agir également comme une hormone circulant dans le système sanguin.

La sérotonine est impliquée dans la régulation de l'humeur, de l'anxiété de l'appétit, du sommeil, ainsi que dans l'inhibition des réponses émotionnelles impulsives.

Elle est souvent la cible du traitement dans les troubles dépressifs et anxieux.

Impact éducatif : elle est essentielle pour maintenir l'attention des élèves et leur capacité à gérer le stress. Un sommeil de qualité est vital pour la consolidation de la mémoire et la récupération cognitive.

Aliments riches en tryptophane : le tryptophane, présent dans la volaille, les noix, les graines, le fromage, les œufs et le tofu est le précurseur de la sérotonine. D'où l'importance de manger des protéines le matin.

Une baisse de la sérotonine, à cause d'une mauvaise alimentation ou d'un taux élevé de cortisol dû à un stress chronique, peut entraîner un état dépressif, de l'anxiété, des difficultés de concentration, des troubles du sommeil et affecter les performances scolaires.

Acétylcholine :

L'acétylcholine est un neurotransmetteur essentiel qui est impliqué dans la mémoire, l'attention et le contrôle musculaire. Elle est donc cruciale dans le contexte éducatif.

Elle est très importante pour le système parasympathique car elle intervient après un stress pour aider l'organisme à récupérer en ralentissant le rythme cardiaque et en stimulant la digestion. Dans ces cas-là, elle a un effet relaxant. Mais dans le système sympathique, cette même acétylcholine a un effet excitateur sur les muscles squelettiques ! Son action dépend du type de récepteur. C'est intéressant de comprendre que le NT est une clé qui peut entrer dans plusieurs serrures avec des effets différents ! (Maëlle Dumaz, communication personnelle) L'acétylcholine est synthétisée dans les neurones cholinergiques du SNC, du SNP et du SNE.

Aliments riches en choline : les œufs, le foie, le poisson et les noix.

Effet du cortisol : le cortisol peut perturber la fonction de l'acétylcholine.

Adrénaline (= épinéphrine)

L'adrénaline et la noradrénaline sont des substances messagères dont la première fonction est la survie de l'être humain : elles mettent un individu en alerte en quelques secondes. Ce sont les hormones du stress.

L'adrénaline est une hormone (synthétisée dans les glandes surrénales) et un neurotransmetteur (synthétisé dans le SNC) qui joue un rôle crucial dans la réponse au stress et l'activation du système nerveux sympathique. Elle fournit l'énergie pour permettre d'agir immédiatement dans une situation urgente. Elle est activée pendant de courtes périodes.

Ce n'est pas sans raison que l'on parle de la « montée d'adrénaline » Mais cette hormone peut aussi déclencher la peur et l'anxiété.

La fonction principale de l'adrénaline en tant qu'hormone : accélération du rythme cardiaque, dilatation des voies respiratoires, agrandissement des pupilles, dilatation des bronches, augmentation de la pression sanguine, augmentation du taux de sucre dans le sang, inhibition de la digestion.

La fonction principale de l'adrénaline en tant que neurotransmetteur : l'adrénaline signale au cerveau que le danger n'est pas encore écarté.

Impact éducatif : dans un contexte éducatif, l'adrénaline peut aider les élèves à mieux performer dans des situations stressantes comme les examens. Sous l'influence de l'adrénaline, certains types de mémoire, en particulier la mémoire émotionnelle, peuvent être renforcés. L'adrénaline peut améliorer la vigilance et la concentration **à court terme**. Cependant, il est crucial de veiller à ce que ces situations ne dépassent pas les capacités de gestion du stress des élèves.

Noradrénaline (= norépinéphrine)

La noradrénaline déclenche la production d'adrénaline.

En tant qu'hormone, la noradrénaline remplit des fonctions similaires à celles de l'adrénaline.

En tant que neurotransmetteur, elle active le système nerveux sympathique : elle mobilise le cerveau et le corps pour l'action et joue un rôle dans les états émotionnels. Elle est associée à l'éveil, à l'attention, à la réponse au stress, à l'humeur, à la vigilance et la réponse de lutte ou de fuite.

Impact éducatif : des niveaux appropriés de noradrénaline peuvent améliorer l'attention et la concentration, mais un excès peut entraîner de l'anxiété et une difficulté à se concentrer, ce qui affecte négativement les performances scolaires.

Effet du Cortisol : le cortisol peut influencer les niveaux de noradrénaline, et inversement, la noradrénaline peut influencer la production de cortisol en stimulant l'axe HHS.

Cortisol et noradrénaline sont donc complémentaires et travaillent ensemble pour coordonner la réponse du corps au stress. La noradrénaline aura une réponse immédiate tandis que le cortisol aura des effets plus durables sur le corps.

Alimentation : il est important de manger des aliments riches en antioxydants comme les fruits et les légumes pour se protéger du stress oxydatif et des radicaux libres dus au stress.

Le glutamate

Le glutamate est un neurotransmetteur important pour de nombreux processus neurologiques, notamment ceux liés à l'apprentissage, à la résolution de problèmes, à la créativité et à la mémoire. En tant que principal neurotransmetteur excitateur dans le système nerveux central, le glutamate est impliqué dans presque tous les aspects du fonctionnement cérébral normal.

Réduction des additifs alimentaires : éviter les aliments contenant des additifs excitateurs comme le glutamate monosodique (MSG) E621.

Alimentation équilibrée : une alimentation riche en nutriments essentiels soutient un équilibre sain de glutamate.

Effet du Cortisol : le cortisol peut augmenter les niveaux de glutamate, conduisant à une excitotoxicité dans des situations de stress extrême.

Des niveaux élevés de glutamate peuvent conduire à une surstimulation du cerveau, ce qui peut être préjudiciable à l'apprentissage et potentiellement endommager les neurones à long terme.

Le gaba :

Le GABA (acide gamma-aminobutyrique) est le principal neurotransmetteur inhibiteur dans le système nerveux central et participe à la réduction du stress. Il est essentiel pour maintenir l'équilibre entre l'excitation et l'inhibition. Il est essentiellement produit dans le SNC.

Il est également produit en plus petite quantité dans le SNE et par les cellules endocrines de l'intestin et même les bactéries *Lactobacillus Rhamnosus* en produisent ! Avec des études faites sur des souris, on a pu constater qu'une supplémentation sous forme de probiotique de *Lactobacillus*

Rhamnosus a nettement diminué leur niveau d'anxiété. (Gabriel Perlumuter cite la recherche de Javier Bravo, Cork, Irlande)

Il est impliqué dans des fonctions de haut niveau telles que la pensée, la perception et la prise de décision. Il contribue à la modulation du sommeil et de l'éveil pour un sommeil réparateur, essentiel pour la consolidation de la mémoire et la récupération cognitive.

Techniques de relaxation : le yoga, la méditation et les exercices de respiration peuvent augmenter les niveaux de GABA.

Les aliments fermentés peuvent contribuer à la santé intestinale et influencer les niveaux de GABA.

Effet du cortisol : le cortisol peut inhiber l'activité du GABA, augmentant l'excitabilité neuronale et le stress.

Le cortisol

Le cortisol est habituellement appelé « l'hormone du stress ». Comme l'adrénaline, il est libéré par la glande surrénale (axe HHS). À court terme, il rend un individu « prêt à combattre » (*fight or flight*) en cas de menace et protège le corps contre les inflammations.

Lorsque le corps ne subit plus un stress, la production d'adrénaline, de noradrénaline et de cortisol s'arrête et le corps se détend. Au même moment, la dopamine est libérée en guise de récompense.

Cependant, si **le stress devient chronique** – par exemple, si l'on est soumis à une tension physique ou émotionnelle pendant une longue période – le cortisol peut être libéré de façon permanente. Des troubles d'ordre physique et psychologique peuvent en résulter.

« Les neurotransmetteurs en bref ! » Cherine Fahim, Volée 5, 2024-25

2.5 Qu'est-ce qu'un microbiote équilibré ?

Quand notre microbiote est équilibré, l'écosystème microbien exerce des fonctions essentielles pour l'équilibre homéostatique de l'hôte. Parmi ces fonctions se trouvent la synthèse des vitamines essentielles, la digestion des fibres qui va permettre la production d'AGCC, l'hydrolyse de sucres complexes issus de l'alimentation, l'éducation du système immunitaire muqueux et la protection vis-à-vis des pathogènes avec lesquels il entre en compétition pour les niches écologiques (les places sont chères ;)... (*Médecine/Sciences* 2013 **Christian Jobin**). **Nous pouvons ajouter à cela la**

production des neurotransmetteurs, dont nous avons vu l'influence, ainsi que la communication avec le système nerveux central. Avec une liste pareille, on comprend aisément les conséquences multiples et importantes d'un microbiote déséquilibré !!

Notre tube digestif n'abrite pas moins de 10^{13} micro-organismes, soit autant que le nombre de cellules qui constituent notre corps (Inserme 2021), et pèse de 1 à 2 kg. (INRAE 2022)

Un millier d'espèces différentes ont été identifiées dans le microbiote intestinal, dont une grande partie correspondent à des bactéries et à des archées, mais aussi à des champignons et à des virus. Les virus sont encore 10 fois plus nombreux que nos bactéries. On les appelle les phages. Ils peuvent tuer ou au contraire aider les bactéries. Des recherches sur la phagothérapie sont en cours afin de lutter contre les maladies infectieuses, piste très intéressante étant donné l'inquiétante résistance aux antibiotiques que l'on voit se développer. (Gabriel Perlemuter 2020)

Or il est apparu, à l'image de l'empreinte digitale, que le microbiote intestinal est propre à **chaque individu** : il est unique sur le plan qualitatif et quantitatif. Parmi les 160 espèces de bactéries que contient en moyenne le microbiote d'un individu sain, seule la moitié est communément retrouvée d'un individu à l'autre. Il existerait cependant un socle commun de 15 à 20 espèces présentes chez tous les êtres humains, en charge des fonctions essentielles du microbiote. (Inserme 2021)

La population humaine se répartirait en seulement trois groupes bactériens distincts, selon la nature et la fonction des bactéries qui composent la flore intestinale. Ces groupes ou « entérotypes » sont indépendants du lieu de résidence, de l'état de santé, du sexe ou de l'âge des individus. Chaque groupe porte le nom des micro-organismes les plus représentés ; le premier groupe « *Bacteroides* » est associé à une alimentation riche en graisses et en protéines animales. Le deuxième, nommé « *Prevotella* », est associé à une alimentation riche en glucides complexes et en fibres. La population ayant ce type bactérien aurait de meilleures prédispositions sociales, feraient davantage preuve d'empathie et d'entraide. (Gabriel Perlemuter 2020) Le dernier groupe, « *Ruminococcus* », est associé à une alimentation variée. (Bénédicte Salthun-Lassalle 2020)

Les aliments favorisant un microbiote sain :

Les prébiotiques :

Un **prébiotique** est une substance non digestible (généralement des fibres alimentaires ou des glucides complexes comme l'amidon résistant) qui **stimule sélectivement la croissance ou l'activité de certaines bactéries bénéfiques** dans le microbiote intestinal, notamment les **bifidobactéries** et les **lactobacilles**. En d'autres termes, les prébiotiques "nourrissent" les bonnes bactéries de l'intestin, favorisant ainsi une flore intestinale saine. (ChatGPT). Ce sont les légumes, cuits et crus, les fruits, les céréales complètes, les graines, ainsi que des aliments riches en amidon résistant (= non digestible pour notre organisme et mangé par nos bactéries) comme la salade de pomme de terre ou de riz, les lentilles ou les flocons d'avoine trempés.

Les probiotiques :

Un **probiotique** est un **micro-organisme vivant** (principalement des bactéries ou des levures) qui, **administré en quantités adéquates, confère un bénéfice pour la santé de l'hôte**, notamment en agissant positivement sur le microbiote intestinal. (FAO/WHO 2001)

Parmi les aliments probiotiques, nous retrouvons les yogourts, les kéfirs de lait et de fruits, le kombucha, la choucroute crue et tous les aliments lacto-fermentés (kimchi, miso, tempeh, cornichons...) mais non cuits et non pasteurisés, sans quoi les bonnes bactéries seront tuées.

Quel type de régime alimentaire est à privilégier ?

La littérature est assez unanime sur le type de régime alimentaire à privilégier : le régime méditerranéen ou crétois. Il comprend 5 à 10 portions de légumes par jour, des légumineuses et des céréales complètes, du poisson et des fruits de mer, des herbes et épices aromatiques, des produits laitiers plutôt issus de lait de chèvre et de brebis ainsi que l'utilisation de l'huile d'olive, comme matière grasse principale. Il est reconnu pour ses **effets bénéfiques sur la santé cardiovasculaire, métabolique et cognitive**, et pour sa **richesse en nutriments anti-inflammatoires et antioxydants**. (Uma Naidoo 2025)

Uma Naidoo insiste également sur l'importance de diversifier les aliments à consommer, de mettre des couleurs dans notre assiette avec beaucoup de légumes différents... et d'éviter le plus possible les aliments ultra-transformés et leurs cocktails d'additifs, ce qui nous amène au chapitre suivant.

2.6 Pourquoi la *Junk Food*, la malbouffe nous déprime-t-elle ?

Il existe plusieurs raisons pour répondre à cette question brûlante, en voici trois importantes :

Le rôle des neurotransmetteurs : nous avons vu leur rôle déterminant dans la régulation de l'humeur. La malbouffe va avoir un effet perturbateur considérable sur les neurotransmetteurs. La sérotonine notamment, « l'hormone du bien-être », est synthétisée à partir du tryptophane, acide aminé que l'on trouve dans des bonnes protéines.

La Junk Food est souvent pauvre en protéines de qualité et en nutriments essentiels, ce qui va affecter directement sur la production de sérotonine.

Une étude menée par l'INRAE, l'université de Bordeaux et le CNRS, a montré que l'exposition prolongée à un régime riche en graisses, dès l'enfance, modifie le système dopaminergique. En effet, lorsque nous consommons des aliments sucrés ou gras, notre cerveau libère des neurotransmetteurs tels que la dopamine, associés au plaisir et à la récompense. Cette libération renforce le comportement alimentaire, créant un cercle vicieux où le plaisir immédiat incite à répéter la consommation de ces aliments. Ce système, essentiel pour la motivation et le plaisir, devient plus sensible, entraînant une recherche accrue de récompenses alimentaires pour retrouver ce plaisir, ce qui induit une possible addiction comportementale (phénomène de l'addiction).

La dysbiose intestinale : une expérience menée par l'institut Pasteur (INSERM) et dirigée par Philippe Sansonetti (2016) a montré l'impact d'une alimentation riche en lipides sur les souris. Aussitôt, la flore intestinale s'est déséquilibrée, et certaines bactéries sont devenues prédominantes. L'intestin est rapidement devenu perméable, avec une diminution de la couche protectrice de mucus et une concentration massive de bactéries entre les villosités de l'épithélium intestinal. C'est au niveau de l'intestin grêle que les observations ont été les plus marquées.

Les aliments ultra-transformés, le sucre raffiné, les gras trans, l'alcool, les anti-inflammatoires, les additifs et le stress sont des facteurs importants de la perméabilité intestinale. (P. Piguet 2021) Celle-ci a comme conséquence le passage de substances dans la circulation sanguine qui ne devraient pas s'y trouver, déclenchant des réponses inflammatoires à l'encontre de ces intrus. Ce phénomène peut provoquer le développement de diverses pathologies, tant physiques (douleurs articulaires / perturbation du système immunitaire) que mentales, y compris la dépression : « Dans environ un tiers des cas de dépression, on observe une inflammation persistante de bas grade pouvant être d'origine intestinale ». (INSERM 2017)

Cette perméabilité intestinale a été rapportée dans la dépression chronique : certains anticorps, dirigés contre les protéines alimentaires ayant traversé la paroi intestinale et qui se retrouvent dans

la circulation sanguine, se tromperaient de cible et pourraient neutraliser certaines protéines du cerveau ! (P.Piguet 2021)

Parlons du sucre :

« *Le microbiote peut influencer le système nerveux central via des signaux métaboliques ou neurochimiques* ». (INSERM 11.12.20)

« Autant les fibres alimentaires favorisent la santé et combattent l'anxiété, autant le sucre nuit à la santé physique et alimente l'anxiété ». (Uma Naidoo 2025) En effet, le sucre favorise les bactéries pro-inflammatoires et empêche les bonnes bactéries de maintenir l'intégrité de la muqueuse intestinale. Cette conséquence du sucre va perturber la santé de l'intestin et du métabolisme tout entier.

Pourtant, il est difficile d'y résister ! L'envie de sucre est puissante, et pour cause ! Différents facteurs peuvent nous inciter à manger du sucre :

- Certaines bactéries se nourrissent essentiellement de sucres, comme les *Candida Albicans*. Quand elles sont en surnombre dans notre microbiote, elles peuvent nous imposer une dictature et modifier notre humeur et notre appétit, en nous envoyant des signaux d'envie impérieuse de sucre. (Dresse M. Pexieder, communication personnelle)
- **Le système de récompense** va nous encourager à absorber des aliments riches en calories, ce qui est bénéfique en cas de survie, mais pas dans notre société ! Concrètement, comme il se produit une libération de dopamine, les neurotransmetteurs vont se lier sur des récepteurs dopaminergiques. Cela va permettre une libération des ions Na⁺ dans les neurones post-synaptiques, dépolariser la cellule et conduire à la formation d'un potentiel d'action. C'est l'enclenchement du circuit dopaminergique à travers des potentiels d'actions, ce qui va générer une sensation de plaisir et de bien-être (= circuit de la récompense) que l'on va vouloir reproduire. Avec une consommation régulière de sucre, le cerveau va diminuer la sensibilité de ses récepteurs dopaminergiques, donc moins donner de plaisir avec une dose raisonnable et demander davantage de sucre afin de retrouver la sensation recherchée (Maëlle Dumaz, communication personnelle).
- **Le stress chronique** peut augmenter les envies de sucre. Le cortisol peut induire des envies de réconfort, souvent sous forme de nourriture sucrée. Comme le sucre provoque une montée rapide de l'énergie et une sensation de plaisir, sa consommation aide

temporairement à se sentir mieux. Ce mécanisme est en quelque sorte une réponse « compensatoire » du corps au stress.

- **Le manque de sommeil** peut perturber les hormones régulant la faim (ghréline et leptine) et augmenter l'appétence de sucre.
- **La production de sérotonine** est dépendante du sucre, bien que le tryptophane, comme expliqué au point 2.4 « Qu'est-ce qu'un neurotransmetteur ? », est fabriqué à partir de protéines. Lors de consommation de sucre, l'insuline va réduire les niveaux de certains acides aminés mais pas celui du tryptophane, qui sera alors mieux transporté jusqu'au SNC, et qui favorisera la production de sérotonine.

Fausse bonne idée pour limiter le sucre ajouté : l'aspartame, déclaré comme cancérigène en 2023 par l'OMS. Les édulcorants synthétiques alimentent les mauvaises bactéries et augmentent les risques d'anxiété notamment (Choudhary et al. 2018) L'édulcorant naturel « xylitol » à base de bouleau est une bonne alternative, car il a le goût du sucre mais un index glycémique bas et peut même agir comme un prébiotique, car il favorise la croissance des bonnes bactéries. (Denis Riché, communication personnelle)

2.7 Comment atténuer les symptômes de l'anxiété ?

Maintenant que nous comprenons mieux le lien entre santé intestinale et santé mentale, comment pouvons-nous agir concrètement pour diminuer l'anxiété au quotidien ?

Voici des pistes, différentes mais complémentaires :

- Les études scientifiques attestent aujourd'hui que **le régime dit « méditerranéen »** diminue de 30% le risque de développer une dépression. (Nathalie Sellier, Fondation pour la recherche sur le cerveau 2020).
- Apprendre à **gérer son stress** au quotidien :

Voyons un peu plus en détail comment le stress peut altérer notre microbiote :

« En réponse au stress, les nerfs sympathiques libèrent de la noradrénaline, dont il a été démontré qu'elle favorise la croissance des bactéries pathogènes avec un facteur de 1 000 à 100 000 après 24 heures. (...) On peut se demander si la noradrénaline libérée dans la réaction de stress pourrait contribuer au développement de la dysbiose ». (Piguet P. 2021)

N'oublions pas un acteur important qui fait physiquement le lien entre le SNC et SNE : le nerf vague. Celui-ci peut également être un acteur de premier plan pour nous aider à mieux gérer notre anxiété,

à lâcher la prise du système sympathique souvent surstimulé pour reprendre le contrôle de notre système nerveux parasympathique.

En effectuant des exercices simples, la thérapie polyvagale a un effet bénéfique en stimulant le nerf vague. En reprenant le contrôle de notre respiration et de notre rythme cardiaque par le yoga, la pleine conscience, ou simplement la reconnexion à la nature, cela va favoriser la relaxation, permettre une meilleure digestion, améliorer la santé globale de l'intestin et diminuer l'anxiété. (Amber Cohen 2024)

- **L'utilisation de probiotiques** dans le but de restaurer le microbiote : les recherches démontrent que certaines souches probiotiques peuvent être bénéfiques pour restaurer le microbiome intestinal, ce qui peut améliorer certaines conditions de santé mentale : (Amber Cohen 2024)

De nouveaux probiotiques appelés « psychobiotiques » ont été récemment développés. Ils contiennent des souches de bactéries qui agiraient spécifiquement sur la baisse des symptômes anxieux. (Denis Riché, communication personnelle)

Néanmoins, ces apports micronutritionnels peuvent aussi être mis en supplément (et non pas à la place) d'un traitement médical afin d'augmenter les chances de guérison, comme l'explique la D^{re} Uma Naidoo dans son livre « la révolution nutrition »(2021).

Les effets du stress, de la dysbiose et de l'inflammation sur l'humeur et les émotions sont tellement entremêlés qu'il est difficile d'établir lequel de tous ces paramètres dysfonctionne en premier. Il est tentant de spéculer que le stress (en début de vie) pourrait induire une dysbiose, une fuite intestinale et, à partir de là, une inflammation de bas niveau menant à certaines formes de dépression plus tard dans la vie. La relation complexe entre ces phénomènes pourrait en effet alimenter un cercle vicieux, d'où qu'il vienne. (P.Piguet 2021)

2.8 L'alimentation et le microbiote peuvent-ils exercer une influence sur des troubles neurodéveloppementaux comme le TSA et le TDAH ?

En préambule, rappelons ce que sont les troubles neurodéveloppementaux (TND) : ce sont des troubles qui apparaissent précocement dans le développement de l'enfant et qui peuvent perturber le fonctionnement du cerveau dans différents domaines comme le langage, la motricité, le

comportement, l'apprentissage ou encore les interactions sociales. Dans le DSM-5, sous cette terminologie, nous retrouvons le TSA, le TDAH, les troubles du développement intellectuel, les troubles de la communication, les troubles des apprentissages et les troubles moteurs.

Pour commencer, il est très important de souligner l'importance d'un équilibre nutritionnel complet pour développer le cerveau fœtal durant la grossesse.

Voici quelques nutriments clés dont les déficits peuvent provoquer des troubles neurodéveloppementaux :

Le fer : une vaste étude de cohorte suédoise (plus de 532 000 enfants) a révélé qu'une **anémie maternelle précoce** est associée à un **risque accru d'autisme, de TDAH et de déficience intellectuelle** chez l'enfant. (Sundström et al., 2019)

La vitamine D : une méta-analyse a observé qu'un taux élevé en vitamine D chez la mère réduisait significativement les risques de TSA et de TDAH. (Zhou et al., 2019).

Acide folique : la supplémentation en acide folique est associée à une diminution du risque de TSA (Wang et al., 2021).

Oméga-3 : les oméga-3 jouent un rôle central dans le développement cérébral prénatal (Kuratko et al., 2024).

Iode : *un apport < 160 µg/j en iode est associé à un retard de langage et une motricité fine réduite* (Abel et al., 2017).

De plus, comme déjà mentionné au point 2.2, le stress, les infections et les antibiotiques pendant la grossesse vont affecter le microbiote intestinal et constitueraient des facteurs de risque importants pour les enfants à naître, entre autres le risque de développer l'autisme. (Piguet 2021)

Quelques exemples de corrélation entre dysbiose, perméabilité intestinale et TSA

Les enfants ayant un TSA souffrent 3 à 4 fois plus souvent de problèmes gastro-intestinaux. Certaines études réalisées avec des enfants TSA ont vu une diminution impressionnante des symptômes de l'autisme après une période de 2-3 mois de transplantation fécale (MTT), et persistant dans la durée. Dans une étude effectuée en Arizona, il a été mis en avant que le microbiote des enfants TSA avait une plus faible diversité microbienne et était dépourvu des souches de bactéries utiles comme Bifidobactéries et Prevotella. (Krajmalnik - Brown 2019).

De plus, une plus forte population de l'espèce pathogène *Clostridia* a aussi été observée chez ces enfants.

Enfin, une perméabilité anormale de l'intestin a été rapportée chez 40% des enfants autistes, avec la présence de davantage de métabolites dérivés de la putréfaction des protéines mal digérées dans l'intestin et même dans le cerveau d'enfants autistes. (P.Piguet 2021)

Cette perméabilité intestinale chronique, accompagnée d'un taux élevé de molécules inflammatoires dans le sang et dans le cerveau, est une piste sérieuse étudiée actuellement afin de mieux aider les personnes TSA. (P.Piguet 2021)

Hypothèse entre microbiote, neuro-inflammation et TSA :

Zarimeidani et al (2024) ont publié, dans la revue scientifique « *Inflammation* », une étude qui met en lien le microbiote intestinal, l'inflammation et le TSA : elle examine comment un microbiote perturbé pourrait induire une neuro-inflammation. Elle serait la conséquence d'une dysbiose intestinale qui activerait, avec le passage de LPS et d'autres métabolites microbiens via l'axe microbiote – intestin – cerveau, les cellules microgliales qui sont les macrophages du SNC en nettoyant les déchets, et qui font partie des défenses immunitaires du cerveau. En situation normale, les microglies soutiennent la plasticité neuronale et l'élagage synaptique. Mais cette activation, quand elle est due à une inflammation chronique de bas grade, est excessive, provoque une libération de cytokines pro-inflammatoires par les cellules microgliales et nuit à des connexions neuronales essentielles avec comme conséquence des troubles de langage, de cognition et dans les interactions sociales.

La bonne nouvelle est qu'en restaurant le microbiote, on peut réduire l'inflammation chronique et cela pourrait atténuer les symptômes de l'autisme. C'est une piste importante qui est étudiée dans le traitement du TSA.

Pascale Piguet, en 2021 déjà, avait avancé cette piste en expliquant : « Il est intéressant de noter que l'élimination des synapses (pour l'élagage synaptique) fait appel à des substances immunitaires, les cytokines, qui ont été découvertes dans le contexte de la recherche en immunologie pour leur

rôle dans l'inflammation. (. . .) Lorsqu'elles sont présentes à de faibles niveaux, elles sont

capables non seulement de modifier l'activité neuronale, mais aussi de moduler le

neurodéveloppement. L'inflammation pourrait-elle être responsable des modifications de connectivité cérébrale associées aux troubles neurodéveloppementaux ?

Une fois encore, les études nous montrent l'importance de l'interaction entre l'intestin et le cerveau.

2.9 Zoom sur les macronutriments

Par macronutriments, nous parlons des lipides, des glucides et des protéines.

Après plusieurs décennies diabolisant d'abord les lipides puis se tournant vers les glucides, il est maintenant acquis qu'aucun macronutriment ne doit être exclu. Il est vrai que selon leur dosage, les macronutriments peuvent atténuer ou aggraver l'anxiété. Uma Naidoo, dans son livre « anxiété et nutrition », a bien étudié le sujet. Ses constats sont les suivants :

Régime pauvre en lipides : déficit en acides gras oméga-3 qui sont très importants pour combattre l'anxiété (propriétés anti-inflammatoires) et pour le bon fonctionnement du cerveau, constitué à 60% de graisses.

Régime pauvre en glucides : déficit en fibres alimentaires qui jouent un rôle crucial en tant que prébiotiques pour le microbiote. On a vu ci-dessus que ce dernier est directement impliqué dans la santé mentale.

Régime pauvre en protéines : déficit en acides aminés essentiels tels que le tryptophane dont on a également parlé auparavant, élément de base de la sérotonine.

Parmi **les lipides**, il existe des gras à privilégier à d'autres. Voici les différences :

Les acides gras insaturés, soit monoinsaturés (AGMI, oméga-7 et 9) , soit polyinsaturés (AGPI, oméga-3 et 6) sont plus sains que les gras saturés, mais avec des nuances importantes entre elles :

- Les AGMI dont l'huile d'olive (oméga-9) favorisent la santé intestinale et combattent l'inflammation.
- Dans les AGPI, il faut privilégier les oméga-3 : lin / colza / noix / chanvre et surtout poissons / krill et algues, riches également en DHA, bénéfiques pour le cerveau, ils améliorent la fluidité des neurotransmetteurs et EPA, bénéfiques pour le cœur, ils diminuent le stress et l'inflammation. Il s'agit de veiller à diminuer les oméga-6 sachant qu'ils sont de toute façon dominants dans notre alimentation. L'amélioration de ce ratio atténue directement l'anxiété et la dépression et protège des maladies neurodégénératives.

Parmi les graisses saturées, il est recommandé d'en modérer la consommation sans pour autant la diaboliser. Une étude de 2020 publiée dans le *journal of the American College of Cardiology* montre que les graisses saturées des produits laitiers, des viandes et du chocolat noir ont un effet protecteur contre les AVC. En quantités raisonnables. Ce qui n'est pas du tout le cas des acides gras trans, issus des aliments ultra-transformés qui sont à éviter.

Quant aux **les glucides**, on constate une grande disparité de traitement : certains apportent davantage de composantes nutritionnelles, dont les fibres, alors que d'autres sont très énergétiques pour le corps mais favorisent l'inflammation.

Il est recommandé de privilégier les glucides ayant un indice glycémique (IG) relativement bas afin de diminuer les risques inflammatoires, comorbidités menant à l'anxiété et à la dépression.

Les glucides riches en fibres sont également ceux dont l'IG est moins élevé, favorisant notre population de bonnes bactéries. Elles vont pouvoir produire davantage d'AGCC (cf 2.3), ce qui améliore la santé intestinale et diminue l'anxiété. Les aliments comprenant beaucoup de fibres sont essentiellement : les céréales complètes (avoine, quinoa, riz brun, blé complet), les fruits, les noix, les graines, les légumineuses, les légumes (en particulier les légumes-feuilles).

Dernier macronutriment : **les protéines** :

Macronutriment essentiel, la protéine est composée d'acides aminés. Il existe 20 acides aminés qui peuvent être combinés de diverses manières et former beaucoup de sortes de protéines différentes. Elles ont énormément de fonctions différentes dans le corps, immunitaires, hormonales, structurelles, et bien d'autres.

Les protéines sont amenées dans l'alimentation par la viande, le poisson, les œufs, les laitages, les céréales, les légumineuses, les noix et les graines.

Parmi les acides aminés se trouvent les acides aminés essentiels que le corps ne peut pas synthétiser lui-même et qui doivent être fournis par l'alimentation, comme le tryptophane, déjà évoqué plus haut comme étant le précurseur de la sérotonine, par opposition aux acides aminés non essentiels, qui peuvent être synthétisés par le corps, comme l'acide glutamique, précurseur du glutamate.

La polémique autour des protéines concerne les régimes omnivores versus les régimes végétariens. Uma Naidoo souligne qu'il n'y a pas d'argument irréfutable en faveur de l'un au détriment de l'autre,

mais qu'il s'agit, pour les végétariens, de combler les lacunes nutritionnelles que pourrait générer leur alimentation par des combinaisons de légumineuses et de céréales afin d'obtenir des protéines végétales complètes. Quant aux omnivores, il s'agit de prioriser les sources de protéines de qualité avec des bons morceaux de viande et de poisson et d'éviter les sources de protéines transformées comme dans les nuggets ou un steak haché.

En résumé, un repas complet devrait contenir les 3 macronutriments issus de produits de qualité, non transformés, afin de maintenir une bonne santé physique et mentale.

Zoom sur les micronutriments (source, Uma Naidoo 2025) :

Les micronutriments sont des nutriments essentiels dont l'organisme a besoin en petites quantités pour fonctionner correctement. (Définition mistral.ai)

Il s'agit de :

- 4 vitamines liposolubles stockées dans les graisses : A, D, E et K.
- 13 vitamines hydrosolubles éliminées par les urines : B₁, B₂, B₃, B₅, B₆, B₇, B₉, B₁₂ et la vitamine C.
- Minéraux : le calcium, le magnésium, le potassium, le phosphore, le sodium...
- Oligo-éléments : le fer, le zinc, le cuivre, l'iode, le sélénium, le manganèse...

Voir **Annexe A** : *Les sources courantes des vitamines et minéraux.*

En bref, les fonctions essentielles de quelques micronutriments (Source Uma Naidoo 2025) :

Les vitamines B contribuent à fournir de l'énergie et synthétisent des neurotransmetteurs comme la dopamine et la sérotonine. De plus, elles aident à maintenir la jeunesse du cerveau et freinent les troubles dégénératifs.

La vitamine C contribue à la fonction immunitaire. Elle joue également un rôle d'antioxydant dans le cerveau et le protège ainsi contre les radicaux libres. Elle participe également à la synthèse des neurotransmetteurs (dopamine) et à la formation de collagène.

La vitamine D est la seule que le corps peut synthétiser lui-même par une réaction de notre peau exposée aux UV. Des aliments apportent également cette vitamine, mais malgré ces deux apports, 77% des Occidentaux sont en carence. Elle permet l'absorption du calcium, réduit l'inflammation,

stimule l'immunité, préserve du déclin cognitif. Elle joue aussi un rôle dans la production de neurotransmetteurs (dopamine, noradrénaline et glutamate).

La vitamine E, à l'instar de la vitamine C, contribue à la fonction immunitaire et est un antioxydant contre les radicaux libres. Comme la gravité du stress oxydatif augmente avec l'âge, elle est associée à de meilleures performances chez les personnes âgées.

Le calcium est le minéral le plus abondant de notre corps, dont une bonne proportion se trouve dans les os et les dents. Il est aussi important dans le fonctionnement du cerveau et participe à la libération des neurotransmetteurs : le calcium induit la fusion vésiculaire dans chaque neurone, permettant ainsi le relargage des neurotransmetteurs dans la fente synaptique. (Maëlle Dumaz, communication personnelle)

Une étude aux USA a montré qu'un apport en calcium élevé atténue le stress et l'anxiété et augmente la bonne humeur. (Du, C., Hsiao 2022) A l'inverse, un faible apport de calcium peut nuire au sommeil.

Le fer en faibles quantités est la carence la plus répandue dans le monde. Mais elle n'est pas anodine, au contraire, car le fer joue un rôle important dans la disponibilité des neurotransmetteurs tels que la sérotonine, la dopamine et le GABA. Une carence en fer en début de vie peut causer des troubles dans le cerveau pendant des années, bien que le taux soit revenu à la normale.

Le magnésium contribue au développement d'os solides, à la cohésion de la peau, à la création d'énergie et à la régulation de la glycémie ainsi que de la pression artérielle.

Dans le cerveau, le magnésium contribue à la myélinisation et à la régulation des neurotransmetteurs (glutamate et sérotonine). Un taux de magnésium faible a pu être mis en lien avec le stress et l'anxiété (Boyle et al 2017)

Dans l'alimentation, l'utilisation de farines raffinées diminue de 80% le taux de magnésium comparativement à la même céréale entière (blé ou riz).

Le zinc joue un rôle important dans le système immunitaire. Dans le cerveau, il stimule la croissance de nouveaux neurones comme dans l'hippocampe, le point chaud des émotions négatives. Donc, un bon apport en zinc diminue l'anxiété. De plus, il modère l'inflammation ainsi que l'oxydation. C'est aussi un élément essentiel à l'hypophyse (axe HHS) qui contrôle la régulation de l'humeur. Le zinc peut ainsi contribuer à traiter les dépressions, selon Uma Naidoo.

2.10 Et le libre arbitre ou autodétermination :

Définitions :

L'autodétermination représente une combinaison de compétences, de connaissances et de croyances qui poussent la personne à s'engager dans la poursuite de ses buts, à s'autoréguler et à adopter des comportements autonomes (Nancy Gaudreau 2025 citant Field et al, 1998).

Le développement de l'autodétermination est influencé par 3 facteurs fondamentaux :

- Les capacités individuelles de la personne ;
- Les occasions fournies par son environnement ;
- Le type de soutien qui lui est offert.

(Nancy Gaudreau 2025 citant Wehmeyer et al, 2007)

Les 4 caractéristiques d'un comportement autodéterminé sont les suivantes :

- La personne agit de manière autonome (résoudre ses problèmes / initier ses actions)
- La personne agit de manière autoréglée (choisit / planifie / met en place / évalue)
- La personne renforce son autonomie (croire en soi / se valoriser)
- La personne agit de manière autoréalisée (elle se connaît et répond à des motivations intrinsèques).

Deci et Ryan (2012), Foucade décembre 2020

Le lien que j'aimerais établir dans ce chapitre est aussi la raison principale de mon travail pratique de CAS sur le sujet de l'alimentation : amener, au moins en partie, ces connaissances tellement importantes pour la santé psychique et physique à des jeunes en pleine construction de leur identité. Leur faire prendre conscience, au travers des questionnaires et de l'atelier, des enjeux et des possibilités de modifier quelques curseurs de leurs habitudes alimentaires afin de mieux répondre à leurs besoins nutritionnels et d'optimiser ainsi leur plein potentiel. Ils ont aussi l'âge de se distancer des habitudes parentales pour choisir leur propre chemin. J'aimerais surfer sur ce moment de l'émancipation pour semer quelques graines qui, espérons, seront attrapées au vol et peut-être germeront tôt ou tard.

Dans plusieurs de mes lectures au sujet du microbiote est mise en évidence l'influence de nos bactéries sur notre comportement, notre humeur, et même nos choix ! La mention des trois groupes bactériens distincts qui représentent la population humaine, avec notamment le groupe *Prevotella*

qui aurait de meilleures capacités d'empathie que les autres, attire l'attention : est-ce que cela signifie que nos bactéries influenceraient notre manière d'être, voire nos décisions et notre personnalité, puisque de notre microbiote dépendent une partie de nos neurotransmetteurs ?

Ces questions déstabilisantes sont reprises par Gabriel Perlmutter dans son livre *De l'intestin au cerveau* : « Il est très probable, au regard des dernières découvertes, que la présence ou l'absence de certaines bactéries dans le microbiote amène certains à ressentir, plus que d'autres, le besoin de sur-stimuler les circuits de récompense pour obtenir un résultat. Ils deviennent addicts. Dans ce cas, qu'en est-il de la volonté ? Tout en étant convaincu du rôle essentiel des bactéries dans notre façon d'être, je ne pense pas que la composition de notre microbiote puisse complètement effacer le poids de notre vécu, nos aptitudes à la résilience, notre libre arbitre. Elle pourrait cependant les infléchir. »

Dans tous les cas, cette notion de l'autodétermination est au centre de la réflexion. Notre jeune, en grandissant, va faire de plus en plus souvent seul ses choix alimentaires. Si, par les activités proposées ainsi que les connaissances et les compétences qui lui seront fournies, il y porte suffisamment d'intérêt pour les prendre en compte lors de certains choix alimentaires, l'objectif de ce travail sera plus qu'atteint.

3. Méthodologie :

Ma question de recherche :

Un jeune qui mange bien et qui est actif est un élève plus attentif et prêt à développer son plein potentiel. Vous y êtes sensible et vous vous demandez comment agir ?

Que vous soyez élève, étudiant.e, enseignant.e, intervenant.e scolaire ou parent, plongez-vous dans le monde incroyable et surpeuplé du microbiote !

Hypothèse :

Un.e adolescent.e qui prend conscience de l'importance de l'alimentation pour sa santé mentale et physique est capable, dans une démarche d'autodétermination, à changer quelques-unes de ses habitudes.

Une méthodologie de type « recherche – action », privilégiant l'approche qualitative sera menée durant l'année scolaire 2025-26.

Ce travail de recherche se réalisera avec une population adolescente du secondaire II, fréquentant de l'Ecole PréProfessionnelle (EPP).

L'organisme « Promotion Santé Valais » (PSV) et sa sous-structure « Senso-5 » collaborent dans la mise sur pied de l'atelier. Ses intervenantes sont Mmes Pauline Solioz et Fabienne Bochatay, toutes deux diététiciennes.

Les activités proposées avant, pendant et après l'atelier visent à sensibiliser les élèves au lien entre alimentation, le cerveau et un potentiel optimisé.

3.1 Une première partie du travail de recherche consistera à l'identification et à l'analyse de la situation actuelle de l'élève quant à son alimentation et son bien-être en général. Pour ce faire, trois questionnaires par personne seront distribués durant l'automne.

- Un questionnaire portant sur les habitudes alimentaires du jeune au quotidien et sur la fréquence de sa consommation de Junk Food, également sous forme de boissons. (Voir **Annexe B**)
- Un autre questionnaire est l'échelle D.N.S pour Dopamine, Noradrénaline et Sérotonine. « Où en suis-je avec mes neurotransmetteurs ? », d'après l'institut Européen de Diététique et de Micronutrition (IEDM). (Voir **Annexe C**). Cette échelle permet de donner une idée de la qualité du bien-être du jeune.
- Le dernier questionnaire est une grille de questions au sujet des comportements autodéterminés, à ce moment de l'existence du jeune. Il doit se situer pour chaque question sur une échelle de 1 à 4. Ces questions ont été inspirées des échelles existantes « LARIDI » « AIR » « ARC » et « J'ai mon plan ». Quelques questions plus ciblées sur l'alimentation ont été ajoutées. (Voir **Annexe D**)

Ces trois questionnaires constitueront le recueil de données initiales. Ils seront distribués à plusieurs classes de l'EPP, durant l'automne, soit à une petite centaine d'élèves. Parmi ceux-ci, seuls 20 élèves participeront à l'atelier santé du 25 mars. Il y aura donc 100 élèves dans le groupe témoin et 20 élèves dans le groupe expérimental.

Voir **Annexe E** premier retour du questionnaire DNS du groupe témoin et **Annexe F** premier retour du questionnaire d'autodétermination du groupe témoin.

3.2 Une seconde partie sera l'atelier santé, dont voici la structure et la mise en œuvre de l'action :

1. **En préambule**, une question de départ :

- « Dans quelle mesure peut-il y avoir un lien entre ton cerveau et ton intestin » ?

L'élève répond à la question avec ses connaissances.

2. **Une partie théorique** qui va porter sur :

* Le microbiote intestinal -> qu'est-ce que c'est ?

-> à quoi sert-il ?

-> comment en prendre soin ?

* Les neurotransmetteurs et leur influence sur notre santé ;

* Les macronutriments et les micronutriments ;

* L'effet de la junk food sur notre santé physique et mentale ;

* Les bénéfices santé et bien-être immédiats de petits changements dans notre alimentation, à la fin de la partie théorique.

-> D'abord en leur demandant, à la suite de la présentation, ce qui serait pertinent de diminuer et d'augmenter comme type d'aliments afin de réduire le stress et l'anxiété d'une part, et d'augmenter le bien-être physique et mental d'autre part.

-> Puis en leur distribuant une fiche récapitulative à compléter selon les intérêts de chacun.

L'apport théorique sera renforcé par du matériel concret :

- ➔ Pancarte grandeur nature du corps humain montrant le système digestif, le cerveau et les voies de communication (circulation sanguine, nerf vague). (Voir **Annexe G**)

→ Des macronutriments, micronutriments neurotransmetteurs, bactéries intestinales et métabolites sous forme d'objets créés avec l'imprimante 3D, à manipuler et à déplacer sur la pancarte. Ces objets ont été soigneusement pensés et choisis pour symboliser ces éléments essentiels sous forme humoristique, afin de marquer la mémoire des élèves. (Voir **Annexe H**)

Avec ce matériel, « jouer » les différents scénarios, soit :

- un microbiote équilibré et des bons apports nutritifs => les conséquences positives sur le SNC
- une dysbiose et des apports nutritionnels pauvres => les conséquences négatives sur le SNC.

Poser et déplacer les bactéries intestinales, les nutriments et les neurotransmetteurs le long des différentes voies de communication de l'axe intestin - cerveau dans le but de se visualiser concrètement l'influence de ces éléments sur notre bien-être mental.

Faire traverser la barrière intestinale aux déchets microbiens et aux fragments alimentaires mal digérés et créer l'inflammation avec des cytokines pro-inflammatoires.

Envoyer une partie de ces cytokines directement au SNC via la circulation sanguine, et une autre partie auprès du nerf vague qui va communiquer une information au tronc cérébral d'inflammation.

Multiplier les cytokines dans le SNC à la suite de cette cascade.

La forme théorique de l'atelier sera donc inspirée à la fois de « *C'est pas sorcier* » et de « *Il était une fois la vie* » 😊 !

3. **Puis une partie pratique** de l'atelier avec deux propositions de hamburgers, l'un ultra transformé et l'autre fait maison.

- Considérer les apports nutritifs de chacun ainsi que leur dimension gustative. Mettre en évidence le bénéfice d'une nourriture cuisinée avec des nutriments de qualité et non transformés sans renoncer au goût, au contraire !
- Apporter également quelques exemples de snacks sains pouvant être emportés facilement comme des noix, des baies, un bananabread maison...
- Composer chacun son snack et trouver les bénéfiques santés de ces aliments.

4. **Au terme de l'atelier**, l'élève reprend sa question de départ : « *Dans quelle mesure peut-il y avoir un lien entre ton cerveau et ton intestin ?* »
- Affiner la réponse initiale.
 - Questionner **ses intentions**, s'il pense pouvoir modifier quelque chose dans son mode actuel ou futur d'alimentation, après ces apports théoriques et pratiques.
 - Pour ce faire, reprendre le questionnaire rempli en automne sur les habitudes alimentaires. Avec une autre couleur, le jeune modifie, en cas de changement avéré, certaines de ses réponses.

L'évaluation des intentions de chaque jeune constituera la base des mesures de mon travail pratique.

3.3 La dernière partie de cette recherche sera l'évaluation des intentions et la collecte de données.

Au mois de **mai 2026**, soit deux mois après l'atelier, un moment en individuel avec chaque jeune du groupe expérimental sera pris. Il s'agira d'évaluer ses intentions et leur mise en pratique – ou non – sur la base du questionnaire alimentaire, ainsi que de réévaluer les questionnaires D.N.S. et d'autodétermination.

Je vais également donner une deuxième fois les trois questionnaires à remplir au groupe témoin. Ainsi, je pourrai réaliser une analyse comparative afin de vérifier si l'atelier a augmenté de manière significative (-> 20% ou plus) – ou non – la proportion d'élèves souhaitant changer quelques-unes de leurs habitudes alimentaires, et s'il existe une corrélation avec les questionnaires DNS et d'autodétermination.

!! Limitations de ma partie pratique !!

- Comme la participation à l'atelier se fait sur une base volontaire, les élèves du groupe expérimental pourraient être a priori plus motivés ou intéressés par leur santé que les autres.
- La taille réduite de mon groupe expérimental (20 élèves) et la durée relativement courte de deux mois pour mon étude limitent l'interprétation des résultats. Il faudrait élargir la

population volontaire à plusieurs classes et prolonger le suivi au-delà de deux mois pour offrir une vision plus objective de la durabilité des changements.

- Les questionnaires concernant les habitudes alimentaires et l'autodétermination ne sont pas des tests validés scientifiquement.
- Les questionnaires ne sont pas anonymes et sont remplis forcément de manière subjective, par des jeunes en pleine adolescence. Plusieurs ont déjà demandé si leurs réponses allaient être lues par d'autres personnes, ce qui les inquiète et peut influencer leur façon de répondre.
- L'absence de mesures physiologiques ou de biomarqueurs objectifs : associer aux questionnaires des marqueurs inflammatoires permettrait de trianguler les données et d'objectiver l'impact de l'inflammation sur l'axe intestin-cerveau.
- Lors des entretiens individuels, si le jeune pouvait tenir un journal de bord durant les deux mois entre l'atelier et l'entretien, ce complément d'informations aurait enrichi l'analyse des processus de changement et aurait permis de limiter les biais d'auto-rapport. Cependant, cette demande est trop intrusive dans un contexte scolaire et doit donc être mise de côté.
- Et surtout, une foule de facteurs extérieurs non contrôlables sont susceptibles d'influencer l'investissement – ou non – du jeune dans cette démarche autodéterminée en vue de son bien-être à court terme (facteurs familiaux, économique, sociaux, culturels, médicaux religieux...).

4. CONCLUSION :

Je suis bien consciente qu'en tant qu'enseignante spécialisée, je n'étais pas attendue sur un sujet traitant de l'alimentation. Cependant, l'évolution croissante de l'anxiété et du mal-être de nos élèves, visible à l'école, m'a incitée à vouloir creuser cette piste. Si la nourriture, comme expliqué en préambule, est un sujet important dans notre vie de famille, c'est grâce à notre fils. Sans ses soucis de santé, je n'aurais pas été poussée à changer notre mode d'alimentation, qui me paraissait équilibré. J'ai donc pris conscience que dans notre société, cette dimension n'est pas suffisamment prise au sérieux. Il suffit de regarder les dix-heures des enfants du primaire : des chips, des paquets de bonbons, des viennoiseries qui se gardent indéfiniment au fond du cartable... Parfois, les enfants profitent du chemin de l'école pour s'approvisionner au magasin du coin de la rue (qui ne l'a pas fait !), mais souvent ce sont les parents qui préparent ces collations peu équilibrées, en voulant faire plaisir à leur enfant. Et ceci régulièrement.

Chez les adolescents du cycle d'orientation et du secondaire II, ce n'est guère mieux. Beaucoup d'entre eux ne déjeunent pas, luttent contre le sommeil pendant les cours, se ruent à la fin des cours sur les boissons énergétiques du magasin d'en face ...

Bien entendu, ce n'est qu'un facteur parmi d'autres problématiques de notre société qui, toutes réunies, contribuent au mal-être de nos jeunes. Toutefois il a l'avantage d'être une piste concrète, scientifiquement étudiée et prouvée, mais malheureusement encore largement méconnue ou sous-estimée et sur laquelle j'ai l'espoir de pouvoir semer quelques petites graines saines.

J'ai eu besoin de développer mes connaissances pour la partie théorique et j'aurais voulu la développer encore davantage, afin de réussir à m'approprier cette biologie fascinante de façon plus complète et de me sentir suffisamment légitime pour la partager, selon les ouvertures, avec certaines familles ou lors des réseaux pour mes élèves qui ont des troubles neurodéveloppementaux. Effectivement, pourquoi ne pas proposer une piste de suivi en micronutrition, avec un professionnel, pour aider un jeune adolescent avec un TSA à diminuer les symptômes de son trouble ? Cela ne se fait pas encore, pas dans mon coin de Suisse en tout cas.

L'alimentation fait partie du domaine privé. La validation scientifique de ce travail me donnerait la légitimité de l'aborder, lors des réseaux.

Dans tous les cas, il faudra d'abord en parler aux professionnels du réseau, aux pédiatres en premier lieu, afin de proposer aux parents, dans un deuxième temps, une démarche validée par l'équipe thérapeutique.

Concernant la faisabilité du projet d'atelier avec les jeunes de l'EPP, je pense que cette population à l'âge minimum requis pour avoir une chance d'activer en eux quelques bras de levier, comme ceux de la conscience et de l'autodétermination.

Le temps consacré à l'atelier est restreint, mais s'il est pérennisé sur d'autres années et d'autres établissements, peut-être pourra-t-on en faire un projet plus global, avec des perspectives d'interdisciplinarité dans des branches comme les sciences, l'économie familiale ou encore l'éducation physique et sportive ?

En ce qui concerne la pertinence de mon travail, je suis convaincue de l'importance d'amener ce sujet à des jeunes de 16 ans car ils n'ont fait qu'effleurer quelques notions de macronutriments

durant leur scolarité, grâce à l'économie familiale. J'espère que la matière très concrète, les propositions simples de changement d'habitudes alimentaires et les bénéfices immédiats pour leur bien-être vont leur parler et qu'ils en garderont des traces quand ils seront face à des choix. Maintenant ou plus tard.

Je reconnais facilement les limites de mon travail et qu'elles sont hautes !

Tout d'abord, comme mes résultats seront validés sur des intentions, cela limite leur validation scientifique. Cependant, ce procédé, proposé par Fabienne Bochatay de Promotion Santé Valais, permet de valider une intention que le jeune jugera bon de garder dans un coin de son esprit même si, pour différentes raisons, il n'est pas encore prêt à réaliser ce changement dans sa vie actuelle.

Mais surtout, le fait de devoir résister au système de récompense dopaminergique du « tout de suite et encore », même pour obtenir un bénéfice plus grand, et pas si éloigné dans le temps, ce n'est pas un pari gagné d'avance ! Et d'autant plus chez des jeunes qui n'ont pas encore le cortex préfrontal mature !

En conclusion cette thématique, avec toutes les répercussions sur la santé mentale, cognitive et physique que nous avons passées en revue dans ce travail, devrait être davantage abordée à l'école et dans notre société occidentale.

Forts de ce constat, peut-on encore laisser les industries agro-alimentaires nous vendre des produits ultra-transformés et ultra sucrés dans le seul but d'un profit maximal ?

References

- Abel, M. H., Caspersen, I. H., Meltzer, H. M., Haugen, M., Brandlistuen, R. E., Aase, H., & Brantsæter, A. L. (2017). Suboptimal maternal iodine intake is associated with impaired child neurodevelopment at 3 years of age in the Norwegian Mother and Child Cohort Study. *The Journal of Nutrition*, 147(7), 1314–1324. <https://doi.org/10.3945/jn.116.242560>
- Boyle, N. B., Lawton, C., & Dye, L. (2017). The effects of magnesium supplementation on subjective anxiety and stress: A systematic review. *Nutrients*, 9(5), 429. <https://doi.org/10.3390/nu9050429>
- Braveman, E. (2024). *Un cerveau à 100%*. Thierry Souccar Éditions.
- Choudhary, A. K., & Lee, Y. Y. (2018). Neurophysiological symptoms and aspartame: What is the connection? *Nutritional Neuroscience*, 21(5), 306–316. <https://doi.org/10.1080/1028415X.2017.1288340>
- Cohen, A. (2024, February 20). Gut health and mental health: Alleviating anxiety symptoms. *Canadian Digestive Health Foundation*. <https://cdhf.ca/en/gut-health-and-mental-health-alleviating-anxiety-symptoms>
- Du, C., Hsiao, P. Y., Ludy, M. J., & Tucker, R. M. (2022). Relationships between dairy and calcium intake and mental health measures of higher education students in the United States: Outcomes from moderation analyses. *Nutrients*, 14(4), 775. <https://doi.org/10.3390/nu14040775>
- FAO/WHO Expert Consultation. (2001). *Probiotics in food: Health and nutritional properties and guidelines for evaluation*. Food and Agriculture Organization of the United Nations/World Health Organization.
- Fond, G. (2025). *Bien nourrir son cerveau*. Odile Jacob.
- Fondation pour la Recherche sur le Cerveau. (2020, April 24). L'alimentation pourrait être impliquée dans les risques de dépression. *Fondation pour la Recherche sur le Cerveau*. <https://www.frneurodon.org/informer-sur-la-recherche/actus/lalimentation-pourrait-etre-impliquee-dans-les-risques-de-depression/>

FRC Neurodon. (n.d.). L'alimentation et le cerveau. *FRC*

Neurodon. <http://www.frcneurodon.org/comprendre-le-cerveau/a-la-decouverte-du-cerveau/lalimentation/>

Gibson, G. R., Hutkins, R., Sanders, M. E., Prescott, S. L., Reimer, R. A., Salminen, S., & von Wright, M. (2014). Expert consensus document: The International Scientific Association for Probiotics and Prebiotics (ISAPP) consensus statement on the definition and scope of probiotics. *Nature Reviews Gastroenterology & Hepatology*, 11(8), 506–514. <https://doi.org/10.1038/nrgastro.2014.66>

Habib, N. (2020). *Activez votre nerf vague*. Thierry Souccar Éditions.

Harvard T.H. Chan School of Public Health. (n.d.). Carbohydrates. *The Nutrition Source*. <https://www.hsph.harvard.edu/nutritionsource/carbohydrates/>

INRAE. (n.d.). Microbiote, un monde de microorganismes. *Institut national de recherche pour l'agriculture, l'alimentation et l'environnement*. https://www.inrae.fr/alimentation-sante-globale/microbiote_intestinal

INSERM. (2017, February 25). Dépression: La piste inflammatoire se précise. *INSERM*. <https://www.inserm.fr/actualite/depression-piste-inflammatoire-precise/>

INSERM. (2020, September 17). Sclérose en plaques, une recherche active pour améliorer la prise en charge des patients. *INSERM*. <https://www.inserm.fr>

INSERM. (2020, December 11). Le microbiote intestinal participe au fonctionnement du cerveau et à la régulation des humeurs. *INSERM*. <https://presse.inserm.fr/le-microbiote-intestinal-participe-au-fonctionnement-du-cerveau-et-a-la-regulation-des-humeurs/41755/>

INSERM. (2021, March 25). Le microbiote intestinal, un acteur central de notre santé. *INSERM*. <https://presse.inserm.fr/le-microbiote-intestinal-un-acteur-central-de-notre-sante/39238/>

INSERM. (2023, May 30). Une info à digérer: C'est quoi le système nerveux entérique? *INSERM*. <https://www.inserm.fr>

- Jobin, C. (2013). Microbiome – Un nouveau facteur de risque de cancer colorectal? *Médecine/Sciences*, 29(6–7), 557–563. <https://doi.org/10.1051/medsci/2013296-7557>
- Krajmalnik-Brown, R., Kang, D.-W., & Adams, J. B. (2019). Long-term benefit of microbiota transfer therapy on autism symptoms and gut microbiota. *Scientific Reports*, 9(1), 5821. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-42183-0>
- Kuratko, C. N., Barrett, E. C., Nelson, E. B., & Salem, N. (2024). The role of docosahexaenoic acid (DHA) in maternal and infant brain development. *Nutrition Reviews*, 82(4), 311–328. <https://doi.org/10.1093/nutrit/nuaa045>
- Naidoo, U. (2021). *La révolution nutrition*. Les Éditions de l'Homme.
- Naidoo, U. (2025). *Anxiété et nutrition*. Les Éditions de l'Homme.
- Nutrineuro. (n.d.). Un régime riche en graisse modifie le système de récompense chez l'animal. *INRAE*. <https://nutrineuro.bordeaux-aquitaine.hub.inrae.fr/animations-communication/medias/presse-specialisee/un-regime-riche-en-graisse-modifie-le-systeme-de-recompense-chez-l-animal>
- Organisation mondiale de la Santé. (2015). *Guideline: Sugars intake for adults and children*. World Health Organization. <https://www.who.int/publications/i/item/9789241549028>
- Parker, A., Fonseca, S., & Carding, S. R. (2019). Gut microbes and metabolites as modulators of blood-brain barrier integrity and brain health. *Neurochemical Research*, 44(5), 1302–1312. <https://doi.org/10.1080/19490976.2019.1638722>
- Perlmutter, G. (2021). *De l'intestin au cerveau*. Éditions Pocket.
- Piguet, P. (2021). L'axe intestin–cerveau : les pistes actuelles. *Douleur et Analgésie*, 34(2), 70–85. <https://doi.org/10.3166/dea-2021-0167>
- Rajalu, B. M. (2024). The gut-brain axis: Implications for mental health. *Neuroscience and Psychiatry: Open Access*, 7(4), 237–238. [https://doi.org/10.47532/npoa.2024.7\(4\).237-238](https://doi.org/10.47532/npoa.2024.7(4).237-238)

- Reber, S. O. (2012). Stress and animal models of inflammatory bowel disease – An update on the role of the hypothalamo-pituitary-adrenal axis. *Psychoneuroendocrinology*, 37(1), 1–19. <https://doi.org/10.1016/j.psyneuen.2011.06.004>
- Riché, D. (2021). *Comment le microbiote gouverne notre cerveau*. De Boeck Supérieur.
- Riché, D. (2022). *Épinutrition: Comment notre assiette et notre environnement modifient nos gènes*. De Boeck Supérieur.
- Rougier, Y., & Borrel, M. (2021). *Stress, inflammation, troubles digestifs, immunité... et si c'était le nerf vague ?* Leduc Éditions.
- Salthun-Lassalle, B. (2020, November–December). Les vrais pouvoirs du microbiote. *Pour la Science*, (109), 66–73. <https://filedn.eu/ITSDPR9O2ue0JozihOc0Vaz/Hors-serie%20Pour%20la%20Science%20N°109%20-%20novembre%20-%20decembre%202020.pdf>
- Sundström, B., Järbrink, K., & Stephansson, O. (2019). Maternal anemia during pregnancy and risks of autism spectrum disorder, attention-deficit/hyperactivity disorder, and intellectual disability in offspring. *JAMA Psychiatry*, 76(6), 602–611. <https://doi.org/10.1001/jamapsychiatry.2018.4172>
- Wang, M., Wang, S., & Lin, L. (2021). Maternal folic acid supplementation and the risk of autism spectrum disorders in offspring: A meta-analysis. *Molecular Autism*, 12(1), 12. <https://doi.org/10.1186/s13229-021-00414-0>
- Zarimeidani, F., Rahmati, R., Mostafavi, M., Darvishi, M., Khodadadi, S., Mohammadi, M., Shamlou, F., Bakhtiyari, S., & Alipourfard, I. (2024). Gut microbiota and autism spectrum disorder: A neuroinflammatory mediated mechanism of pathogenesis? *Inflammation*. <https://doi.org/10.1007/s10753-024-02061-y>
- Zhou, S. S., Tao, Y. H., Huang, K., Zhu, B. B., Tao, F. B., & Liu, Y. H. (2019). Vitamin D and risk of neurodevelopmental disorders in children: A systematic review and meta-analysis. *Nutrients*, 11(2), 302. <https://doi.org/10.3390/nu11020302>

