

CHAPITRE 4

Alimentation, santé métabolique et insécurité alimentaire

Sentinelle
Nord



Sentinelle Nord





Sentinelles Nord est rendu possible grâce à un soutien financier majeur du Fonds d'excellence en recherche Apogée Canada.

Canada



Le programme est aussi partiellement soutenu par le Fonds de recherche du Québec.

Québec
Fonds de recherche – Nature et technologies
Fonds de recherche – Santé
Fonds de recherche – Société et culture

Ce document doit être cité comme suit :

Sentinelles Nord. (2023). Mieux comprendre les liens entre l'alimentation, la santé métabolique et l'insécurité alimentaire dans le Nord. Compendium de recherche 2017-2022. Environnement, Santé, Innovation. Sentinelles Nord, Université Laval, Québec, Québec, Canada. ISBN: 978-1-7380285-9-7 (PDF). URL: hdl.handle.net/20.500.11794/123743

Dans le contexte de l'accélération des changements climatiques et du développement socio-économique dans les régions arctiques et subarctiques, le programme de recherche Sentinelles Nord de l'Université Laval contribue à générer les connaissances nécessaires pour améliorer notre compréhension de l'environnement nordique en changement et de son impact sur les humains et leur santé. Le programme favorise la convergence des expertises en ingénierie, en sciences naturelles, en sciences sociales et en sciences de la santé afin de catalyser la découverte scientifique et l'innovation technologique en appui à la santé et au développement durable dans le Nord.

Ce compendium présente une sélection de résultats du programme de recherche Sentinelles Nord, depuis son lancement en 2017 jusqu'à la fin de sa première phase en 2022. Les résultats sont issus de projets de recherche innovants et de publications originales évaluées par des pairs, qui ont été intégrés dans cinq chapitres interdisciplinaires traitant des principaux enjeux nordiques. Malgré l'ampleur et la complexité de ces enjeux, chaque chapitre du compendium vise à apporter de nouvelles perspectives grâce au processus d'intégration et à combler les lacunes fondamentales dans nos connaissances sur le Nord en changement.

TABLE DES MATIÈRES



Introduction
7

Les bienfaits des oméga-3
11

De nouvelles avancées sur les
polyphénols
13

L'alimentation, un déterminant
du microbiote intestinal
17

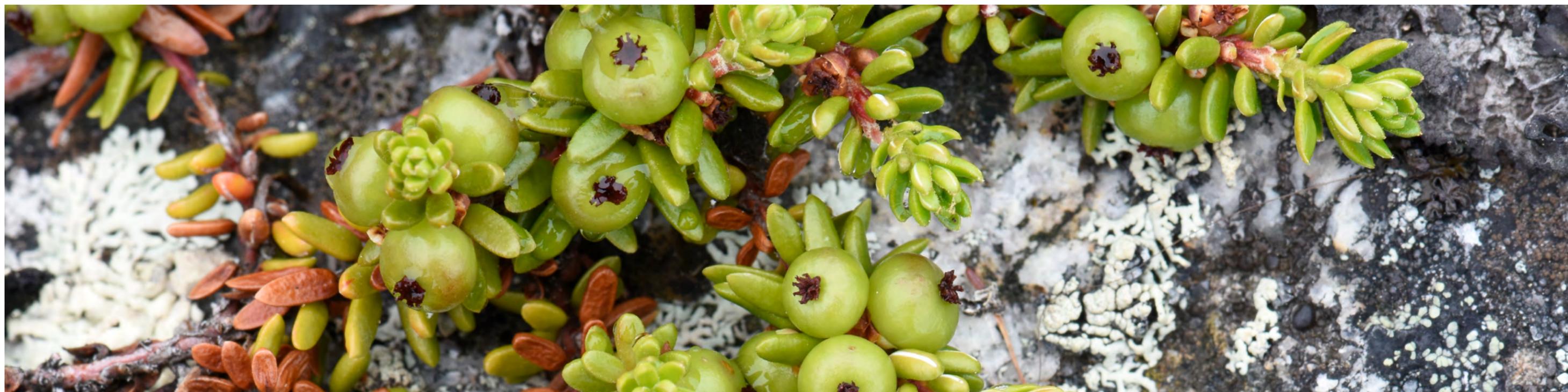
L'axe intestin-cerveau : des
mécanismes d'actions à approfondir
19

Le rôle du système endocannabinoïde
dans la santé métabolique
21

Pour de nouveaux systèmes
alimentaires
23

L'accès à une eau potable
de qualité
27

Références
39



Mieux comprendre les liens entre l'alimentation, la santé métabolique et l'insécurité alimentaire dans le Nord

Introduction

L'interconnexion entre l'alimentation, la santé humaine et l'environnement est ancrée dans les systèmes de connaissances et les pratiques culturelles des peuples autochtones depuis des milliers d'années. Issus de la chasse, de la pêche et de la cueillette, les aliments traditionnels constituent un pilier de la santé inuite (ITK, 2014). Cependant, les communautés de l'Arctique vivent une transition rapide vers un régime riche en aliments transformés et des taux d'insécurité alimentaire alarmants y sont enregistrés. Cette situation entraîne des conséquences importantes pour la santé et le bien-être des habitants des régions nordiques (Egeland et coll., 2011). Dans l'Inuit Nunangat, 76 % des Inuits de 15 ans et plus ont déclaré vivre de l'insécurité alimentaire (ITK, 2021). Une disparité en matière d'accès aux services d'approvisionnement et de traitement de l'eau a également été observée dans cette région, compromettant l'accès sécuritaire à

l'eau potable (Sohns et coll., 2019). Ainsi, l'accès à l'eau potable et à des aliments nutritifs demeure un défi pour des millions de personnes vivant dans l'Arctique circumpolaire ([Cassivi et coll., 2023](#)).

Les aliments traditionnels contribuent de façon importante à l'alimentation, à la santé et à la sécurité alimentaire des collectivités inuites canadiennes (Gagné et coll., 2012; Little et coll., 2021). Ils représentent une source importante de protéines, de vitamines et de minéraux (Allaire et coll., 2021b). Malgré ce rôle essentiel, les effets de la colonisation, des changements climatiques, de l'évolution des préférences alimentaires, des défis socioéconomiques et les préoccupations au sujet de l'exposition aux contaminants mènent à une transition alimentaire rapide dans ces collectivités, tout en menaçant leur sécurité et leur souveraineté alimentaires (Little et coll., 2021). Les pratiques traditionnelles de chasse et de récolte d'aliments sont progressivement remplacées par des régimes constitués d'aliments achetés en épicerie et pauvres en nutriments (Furgal et coll., 2021). Une mauvaise alimentation, incarnée par un régime alimentaire occidental riche en gras saturés, en sucres et en aliments transformés, est le principal facteur de risque associé à la mortalité et le deuxième facteur



de risque d'incapacité au Canada (Bacon et coll., 2019). À mesure que les régimes riches en aliments transformés se répandent dans l'Arctique canadien, de plus en plus de préoccupations en matière de santé, comme l'obésité, le diabète et les maladies cardiométaboliques, sont soulevées (Allaire et coll., 2021a). Il devient donc crucial de comprendre le lien entre l'alimentation et la santé, et en particulier pour les populations inuites.

Des progrès technologiques ont permis de mieux comprendre le lien entre les pratiques alimentaires et la santé. Plus précisément, deux systèmes complexes et interconnectés ont été identifiés dans le contrôle du métabolisme énergétique et les dérèglements métaboliques (Iannotti et DiMarzo, 2021). Le microbiome intestinal, un écosystème de microorganismes régi par des facteurs environnementaux comme l'alimentation et les médicaments, joue un rôle crucial dans de nombreux aspects de la santé, notamment dans l'immunité, le métabolisme et le comportement (Valdes et coll., 2018). Le système endocannabinoïde, ou l'endocannabinoïdome, comprend, quant à lui, les récepteurs cannabinoïdes, les endocannabinoïdes et les enzymes responsables de leur synthèse et de leur dégradation (Lu et Mackie, 2016). L'endocannabinoïdome intervient dans la régulation d'une grande variété de processus, comme le métabolisme, l'appétit, la digestion, l'inflammation et la neuromodulation. Ces deux systèmes sont fortement influencés par le régime alimentaire, et jouent un rôle dans la médiation de nombreuses répercussions de l'alimentation sur la santé, notamment dans la communication le long de l'axe intestin-cerveau.

Les régimes obésogènes riches en gras augmentent les niveaux d'endocannabinoïdes, tant dans le cerveau que dans les tissus périphériques (Forte et coll., 2020), modulant ainsi la transduction du signal de l'intestin vers le cerveau par diverses biomolécules. Ces dernières influent sur la régulation énergétique et sont impliquées dans le développement de la neuroinflammation, qui peut ensuite modifier les comportements. Ainsi, les changements alimentaires contrôlent le système endocannabinoïde et ses relations bidirectionnelles avec le microbiome intestinal, lequel régule non seulement le métabolisme gastro-intestinal, mais aussi la fonction cérébrale (Choi et coll., 2020b).

Il est possible de mieux comprendre comment le microbiote intestinal réagit à de mauvaises habitudes alimentaires grâce au développement d'outils prédictifs et de biomarqueurs. Le diagnostic rapide et efficace des maladies représente un défi, surtout dans les régions éloignées (Azzi, 2019). À ce jour, l'analyse du microbiote intestinal repose principalement sur des technologies de séquençage permettant de déterminer la composition microbienne et l'expression génétique. La mise au



point de nouveaux outils et de nouveaux modèles animaux permettant une étude approfondie des molécules dérivées du microbiome ainsi que l'identification de biomarqueurs moléculaires pour un diagnostic précoce des maladies cardiométaboliques est cruciale (Anhê et coll., 2019, 2018; Cornuault et coll., 2022).

Les communautés nordiques isolées sont également aux prises avec un accès déficient à une eau potable de qualité en quantité suffisante. Des interventions sanitaires culturellement adaptées sont nécessaires pour garantir des services d'eau inclusifs et pour atteindre les objectifs de développement durable (ODD) relatifs à l'accès universel à l'eau (Cassivi et coll., 2023).

Ce chapitre rassemble les résultats du programme Sentinelle Nord qui élargissent notre compréhension des bienfaits de l'alimentation traditionnelle et d'une alimentation saine sur le microbiote intestinal. Il examine également les liens entre l'alimentation et les maladies chroniques et leurs répercussions à différentes échelles, depuis les environnements alimentaires jusqu'au niveau moléculaire. Enfin, il met en lumière des initiatives culturellement adaptées qui s'attaquent aux problèmes d'insécurité alimentaire et d'accès à l'eau potable en collaboration avec les communautés du Nord. Collectivement, ces progrès peuvent orienter la recherche et les mesures visant à prévenir le développement de maladies liées à l'alimentation, à améliorer la santé nutritionnelle et à assurer des services d'eau potable inclusifs.

Q MOTS CLÉS:

Alimentation traditionnelle, Alimentation occidentale, Microbiome intestinal, Axe intestin-cerveau, Santé métabolique, Système endocannabinoïde, Environnement alimentaire, Sécurité sanitaire de l'eau potable



1. Les bienfaits des oméga-3

Le régime alimentaire traditionnel inuit est riche en acides gras polyinsaturés de la famille des oméga-3, notamment en raison de la consommation fréquente de poissons. Les bienfaits des oméga-3 sur la santé sont de plus en plus reconnus, tant pour la population générale que pour les Inuits.

1.1 Dans une population ne présentant pas de pathologies liées à l'alimentation, une étude a révélé que les concentrations d'un dérivé d'oméga-3 (le 2-monoacylglycérol) dans le plasma sont associées positivement à des traits d'alimentation intuitive, c'est-à-dire à des comportements alimentaires basés sur des signaux physiologiques de faim et de satiété. Des recherches se poursuivent afin de mieux comprendre l'implication de ces lipides bioactifs dans la régulation des comportements alimentaires et d'élaborer de nouvelles stratégies nutritionnelles et pharmacologiques ([Rochefort et coll., 2021](#)).

1.2 La consommation d'huile de poisson, riche en acides gras polyinsaturés de la famille des oméga-3, combinée au cannabidiol (CBD) a produit un important effet anti-inflammatoire chez la souris avec colites. De plus, l'huile de poisson et le CBD, utilisés séparément ou en combinaison, ont affecté le microbiote intestinal de la souris. Ces résultats soulignent le potentiel d'utilisation de l'huile de poisson et du CBD combinés en faible dose pour le traitement des maladies inflammatoires de l'intestin ([Silvestri et coll., 2020](#)).



1.3 En utilisant un simulateur d'intestin humain, une équipe de recherche a démontré que la consommation de suppléments d'huile de poisson riche en oméga-3 peut moduler la composition du microbiote en fonction de la région intestinale. De plus, la consommation de ces suppléments était associée avec une floraison remarquable d'*Akkermansia muciniphila*, une bactérie connue pour ses effets bénéfiques sur la santé ([Roussel et coll., 2022](#)).

Sélection de faits saillants
de la recherche



2. De nouvelles avancées sur les polyphénols

Sélection de faits saillants
de la recherche

Les polyphénols sont présents en abondance dans les baies arctiques, ces petits fruits fréquemment consommés par les Nunavimmiut. De nombreuses données appuient le potentiel bénéfique des polyphénols contre les maladies cardiovasculaires, notamment par leur action sur le microbiote intestinal.

2.1 Des classes spécifiques de polyphénols, comme les proanthocyanidines et les ellagitanins, atténuent plusieurs caractéristiques du syndrome métabolique, cet ensemble d'affections qui augmente le risque de maladie cardiaque, d'accident vasculaire cérébral et de diabète de type 2. Il apparaît de plus en plus évident que le microbiote intestinal constitue un médiateur clé des bienfaits des polyphénols pour la santé (Anhê et coll., 2019).

2.2 Des extraits polyphénoliques de chicoutai (*Rubus chamaemorus*), de busserole alpine (*Arctostaphylos alpina*) et d'airelle rouge (*Vaccinium vitis-idaea*) ont tous présenté des effets bénéfiques sur la résistance à l'insuline, ainsi que pour les taux d'insuline à jeun et après les repas chez un modèle murin (Anhê et coll., 2018). La consommation de certaines baies arctiques pourrait donc réduire l'inflammation chronique liée à l'obésité et aux troubles métaboliques.

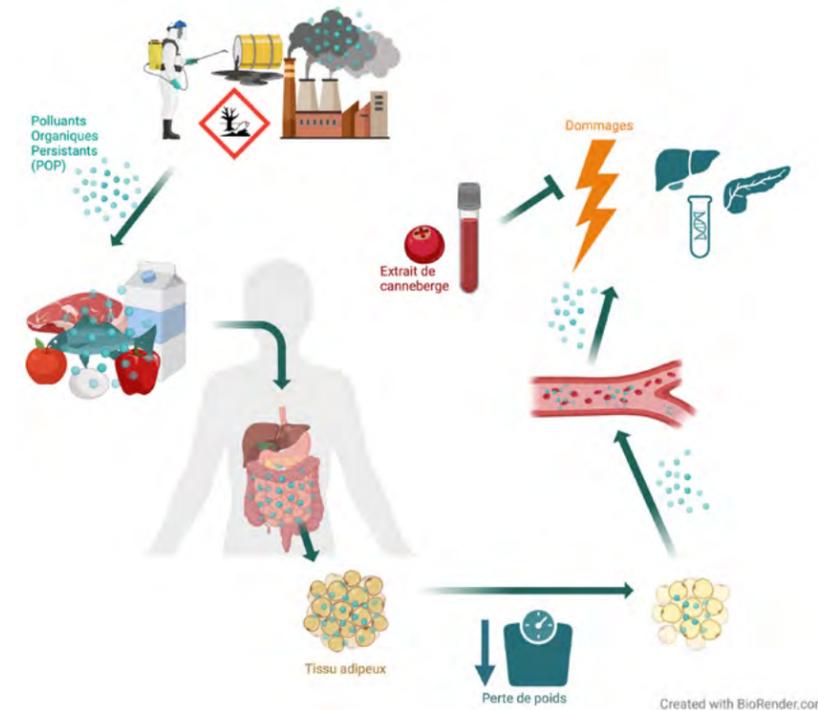
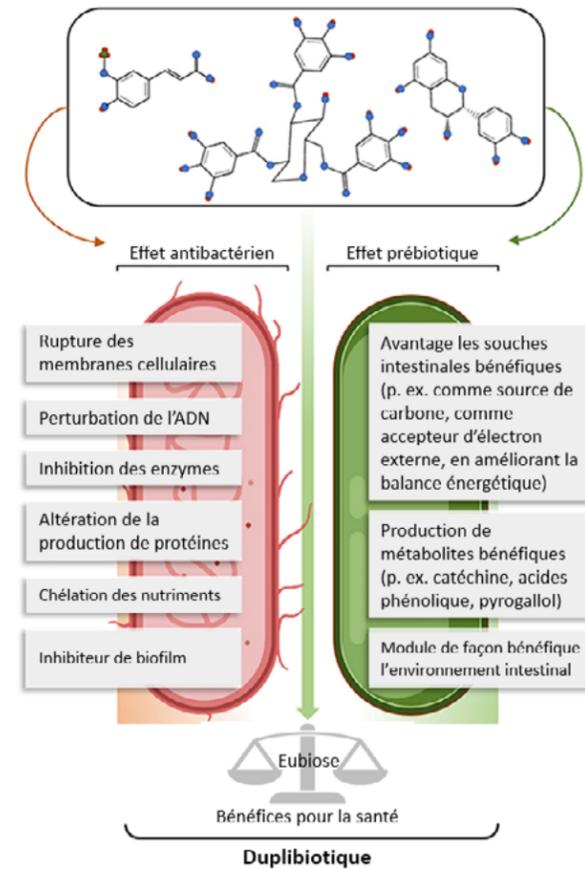


Figure 2.3
Schématisation de l'impact des polluants organiques persistants dans un contexte de perte de poids rapide. © Béatrice Choi

2.3 Alors que la perte de poids induit la libération des polluants organiques persistants (POP) contenus dans les tissus adipeux et l'augmentation de leurs concentrations dans le corps, la consommation d'extraits de canneberge, utilisés comme prébiotique, a diminué la charge de ces polluants (Figure 2.3). Ces résultats sont d'intérêt pour les communautés vivant dans l'Arctique qui sont particulièrement exposées aux POPs par leur alimentation (Choi et coll., 2020a).

2.4 Les polyphénols contenus dans les bleuets ont réduit la prise de poids liée à l'alimentation et amélioré la sensibilité à l'insuline. Des classes spécifiques de polyphénols contenus dans les bleuets, les proanthocyanidines et les anthocyanines, ont procuré ces effets bénéfiques sur la santé métabolique, notamment par leur action de modulation du microbiote intestinal (Morissette et coll., 2020).

Figure 2.5
Description de l'activité antibactérienne et de l'effet prébiotique des polyphénols.
Figure tirée de Rodriguez-Daza et coll., 2021, un article sous licence CC BY 4.0.



2.5 Le terme «duplibiotique» est proposé pour décrire les polyphénols qui modulent le microbiote intestinal par leur action antibactérienne et prébiotique (Figure 2.5). L'effet duplibiotique des polyphénols pourrait participer à l'atténuation des perturbations métaboliques et de la dysbiose intestinale. Les polyphénols représentent ainsi une cible d'intérêt dans la mise en place de stratégies alimentaires à potentiel thérapeutique (Rodriguez-Daza et coll., 2021).

Répondre aux préoccupations concernant la consommation sécuritaire de l'oie des neiges

L'oie des neiges est une ressource alimentaire importante pour de nombreuses communautés autochtones. La pandémie de la COVID-19 a suscité des inquiétudes au sein de certaines de ces communautés quant à la possibilité de contracter le coronavirus en consommant ces oiseaux migrateurs. Les informations de la santé publique à l'époque n'étant pas totalement concluantes, une équipe de recherche a obtenu et analysé des échantillons de 500 oies et a pu conclure que ces animaux ne constituent pas un vecteur de transmission de la COVID-19. Les résultats ont été rapidement communiqués, illustrant ainsi la capacité des chercheurs et chercheuses à répondre aux préoccupations des communautés autochtones (Frederick et coll., 2021).



Infographies partagées avec les communautés autochtones et les organisations en santé publique au Canada. © Alexandra Langwieder



3. L'alimentation, un déterminant du microbiote intestinal

Sélection de faits saillants de la recherche

L'alimentation est un déterminant majeur du microbiote intestinal. Des changements alimentaires peuvent déséquilibrer le microbiote intestinal et entraîner des désordres cardiométaboliques. Il est important de pouvoir caractériser le microbiote intestinal, d'identifier des biomarqueurs et de développer des outils prédictifs permettant un diagnostic rapide et efficace des maladies cardiométaboliques.

3.1 En partenariat avec des collaborateurs et collaboratrices du Nunavik, les caractéristiques taxonomiques et fonctionnelles du microbiote intestinal des jeunes Nunavimmiut ont été identifiées à partir des échantillons de selles récoltés lors de l'enquête *Qanuilirpita?* 2017. Les résultats indiquent que le microbiote intestinal des jeunes adultes du Nunavik présente une grande diversité et que sa composition se distingue de celles des sociétés non occidentales et occidentales (Figure 3.1). L'alimentation des Nunavimmiut, composée d'aliments traditionnels et issus du commerce, pourrait expliquer l'aspect unique de leur microbiote intestinal (Abed et coll., 2022).

3.2 Des avancées ont été réalisées dans la conception d'un capteur optique permettant de détecter en temps réel des biomarqueurs clés produits par le microbiote intestinal. Une sonde modèle capable d'effectuer des mesures quantitatives du pH en temps réel *in vitro* a été conçue. Des expériences préliminaires suggèrent que des mesures du pH en temps réel sont également possibles dans l'intestin *in vivo* (Azzi, 2019).

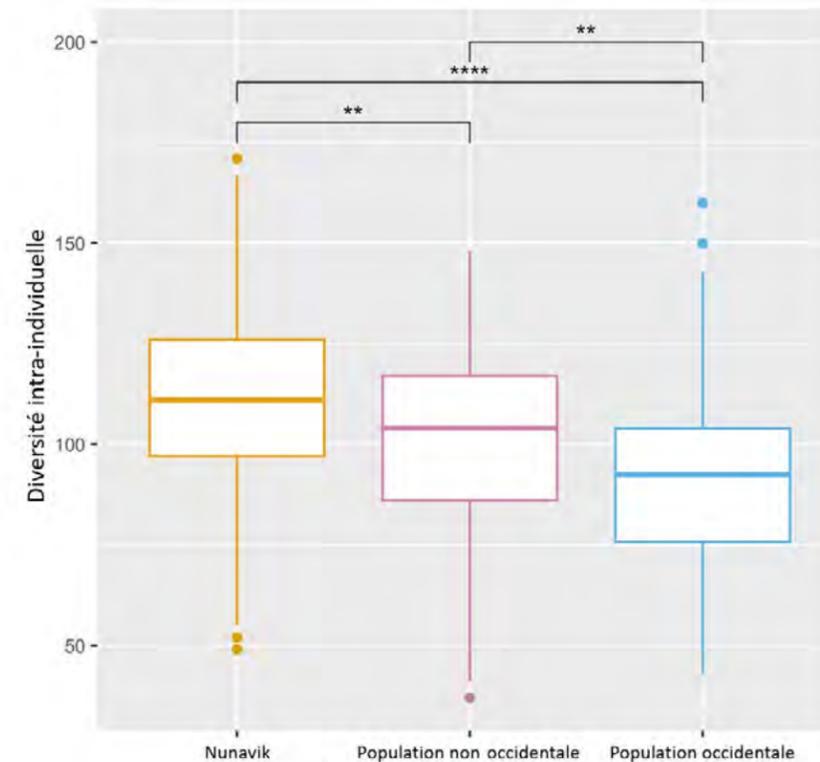
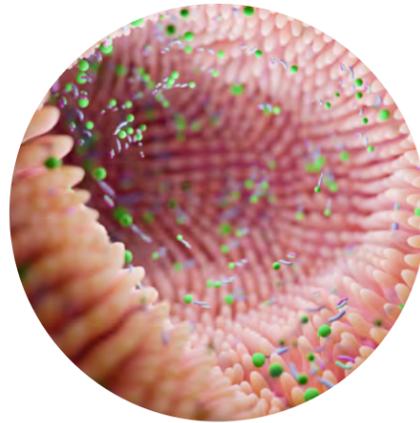


Figure 3.1
La diversité intra-individuelle du microbiote intestinal des jeunes du Nunavik est significativement plus élevée que chez les individus des groupes comparés (populations occidentales et non occidentales). L'estimation de la richesse spécifique a été réalisée en utilisant le package *breakaway* dans R. (* valeur $p \leq 0.05$, ** valeur $p \leq 0.01$, *** valeur $p \leq 0.001$, **** valeur $p \leq 0.0001$).
Figure tirée de Abed et coll., 2022, un article sous licence CC BY 4.0.

3.3 Les acides biliaries ont le potentiel d'être utilisés comme biomarqueurs du microbiote intestinal. Un modèle de réseau neuronal convolutif a été élaboré et a catégorisé avec succès les cinq types d'acides biliaries étudiés à partir de leurs spectres, même à de faibles concentrations. L'utilisation combinée de la spectroscopie Raman exaltée de surface (SRES) et d'algorithmes d'apprentissage profond a ainsi permis la première détection et différenciation des acides biliaries (Lebrun et coll., 2022).



4. L'axe intestin-cerveau : des mécanismes d'actions à approfondir

Une importante connexion bidirectionnelle existe entre le microbiote intestinal et le cerveau. Toutefois, les mécanismes impliqués dans la régulation des fonctions cérébrales par le microbiote intestinal sont encore mal compris.

4.1 Un régime alimentaire obésogène entraîne de la neuroinflammation ainsi qu'une augmentation de la perméabilité de la barrière hématoencéphalique, lesquelles peuvent avoir une incidence sur le développement de troubles de l'humeur. L'obésité est d'ailleurs associée à une augmentation du risque de développer un trouble dépressif majeur. Le microbiote intestinal devient ainsi une nouvelle cible thérapeutique afin de prévenir et de traiter les comorbidités liées à l'obésité ([Choi et coll., 2020b](#)).

« L'axe intestin-cerveau implique différentes voies, notamment le microbiote et ses métabolites. Plusieurs neurotransmetteurs et métabolites modulent les voies du système immunitaire qui, à leur tour, influencent le comportement, la mémoire, l'apprentissage, la locomotion, les troubles de l'humeur et les troubles neurodégénératifs. »

Adapté de Rutsch et coll., 2020 (Traduction libre)

4.2 Le poisson-zèbre (*Danio rerio*) devient un modèle animal prometteur pour une meilleure compréhension des effets du microbiote intestinal sur le développement du cerveau. Plusieurs facteurs contribuent à l'intérêt de ce modèle, notamment son faible coût, la capacité d'évaluer de grandes cohortes, l'obtention potentielle de larves axéniques issues de parents non axéniques et la disponibilité de méthodes optiques pour sonder les larves de façon non invasive en tirant parti de leur transparence ([Cornuault et coll., 2022](#)).



Sélection de faits saillants
de la recherche



5. Le rôle du système endocannabinoïde dans la santé métabolique

Sélection de faits saillants de la recherche

Le système endocannabinoïde agit à l'intersection entre le microbiote intestinal, la communication le long de l'axe intestin-cerveau et le métabolisme de l'hôte (Figure 5), jouant ainsi un rôle critique dans la santé métabolique et le développement de l'obésité (Forte et coll., 2020).

5.1 Le microbiome intestinal et le système endocannabinoïde peuvent être perturbés par de mauvaises habitudes alimentaires ou en cas d'obésité. Même si les interactions entre le microbiome intestinal et le système endocannabinoïde restent à définir, de nouvelles approches nutritionnelles ou pharmacologiques capables de moduler ces deux systèmes pourraient être bénéfiques pour traiter le syndrome métabolique ou l'obésité (Iannotti et Di Marzo, 2021).

5.2 La capacité du microbiote intestinal à moduler le système endocannabinoïde a été démontrée en réalisant une étude sur des souris axéniques. Dépourvues de microbiome intestinal, ces souris stériles présentaient de profondes altérations du système endocannabinoïde dans le cerveau et l'intestin, et particulièrement dans l'intestin grêle. Ces altérations ont été renversées chez la souris mâle adulte une semaine après une transplantation de microbiote fécal, laquelle leur a permis de retrouver un microbiome intestinal actif (Manca et coll., 2020a; Manca et coll., 2020b).

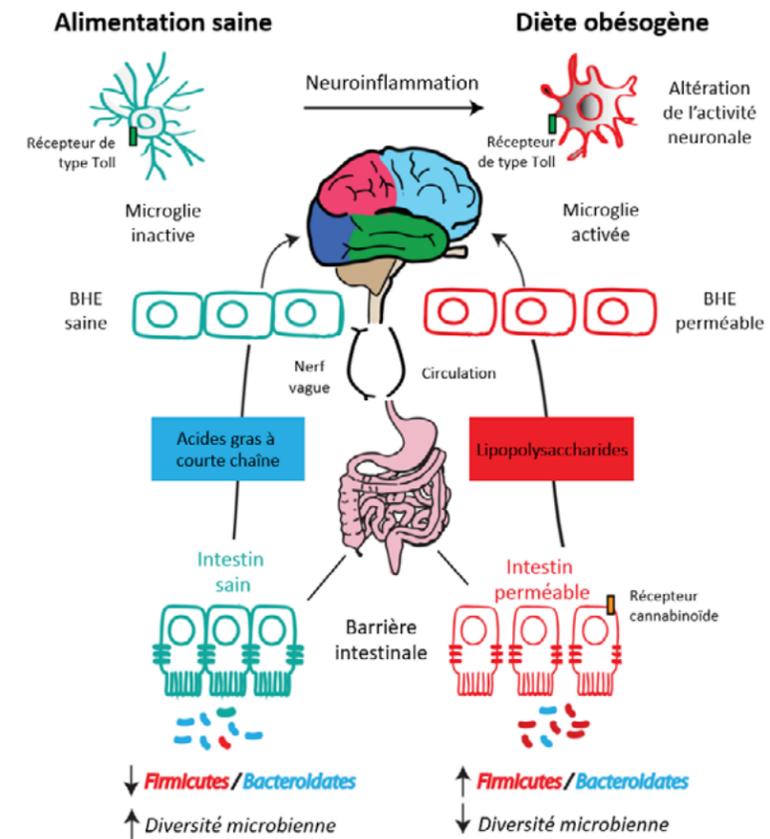


Figure 5 Interactions d'un régime alimentaire sain (section verte) et d'un régime obésogène (section rouge) avec l'axe microbiome intestinal-endocannabinoïde-cerveau. Le régime alimentaire influence la composition du microbiote intestinal et régule la perméabilité intestinale. Le régime obésogène entraîne une dysbiose intestinale, une inflammation, une perméabilité intestinale et de la barrière hémato-encéphalique (BHE). Figure tirée de Forte et coll., 2020, un article sous licence CC BY 4.0.

5.3 Le microbiote intestinal et la consommation d'acides gras ont déterminé la signalisation du système endocannabinoïde (eCBome) dans une cohorte de 195 personnes, indépendamment de la distribution de leurs graisses corporelles. L'étude a démontré que les apports en acides gras sont associés aux niveaux plasmatiques de plusieurs médiateurs de l'eCBome. Ainsi, ces résultats révèlent la possibilité de moduler les médiateurs de l'eCBome plasmatique avec l'alimentation (Castonguay-Paradis et coll., 2020).

5.4 Une équipe de recherche a montré que la signalisation d'un neurotransmetteur était altérée chez les souris obèses, ce qui entraînait le dysfonctionnement de la neurogenèse de l'hippocampe adulte. Ces résultats fournissent un mécanisme moléculaire et fonctionnel pour expliquer les altérations de la mémoire épisodique liées à l'obésité chez les souris (Forte et coll., 2021).



6. Pour de nouveaux systèmes alimentaires

Sélection de faits saillants de la recherche

Les aliments traditionnels font partie intégrante de la culture, de la nutrition et de la santé des Inuits en Arctique. Toutefois, un changement dans les préférences alimentaires apparaît depuis quelques dizaines d'années, la majorité des Nunavimmiut (68 %) choisissant une alimentation mixte, c'est-à-dire un mélange d'aliments traditionnels et de produits issus du commerce (Furgal et coll., 2021).

6.1 De l'Arctique au Pacifique Sud, les commerces alimentaires dans les communautés autochtones éloignées présentent des caractéristiques communes: des prix élevés, des aliments de faible qualité, un choix limité d'aliments sains et une accessibilité accrue aux aliments transformés et malsains. Cette réalité peut mener à une alimentation à faible valeur nutritionnelle, accentuer l'insécurité alimentaire déjà fort présente en Arctique et contribuer au développement de maladies chroniques et de l'obésité. Des interventions favorisant la souveraineté alimentaire des communautés autochtones et le développement de systèmes alimentaires sains, abordables, et culturellement adaptés sont requises (Kenny et coll., 2020).



6.2 Différents profils alimentaires ont été déterminés chez les Inuits du Nunavik, et ceux-ci étaient fortement associés à des caractéristiques sociodémographiques (Figure 6.2). Le statut nutritionnel, l'exposition aux contaminants et les enjeux de santé des différents profils seront étudiés afin de déterminer des pistes de solutions pour des programmes adaptés de santé publique (Aker et coll., 2022a).

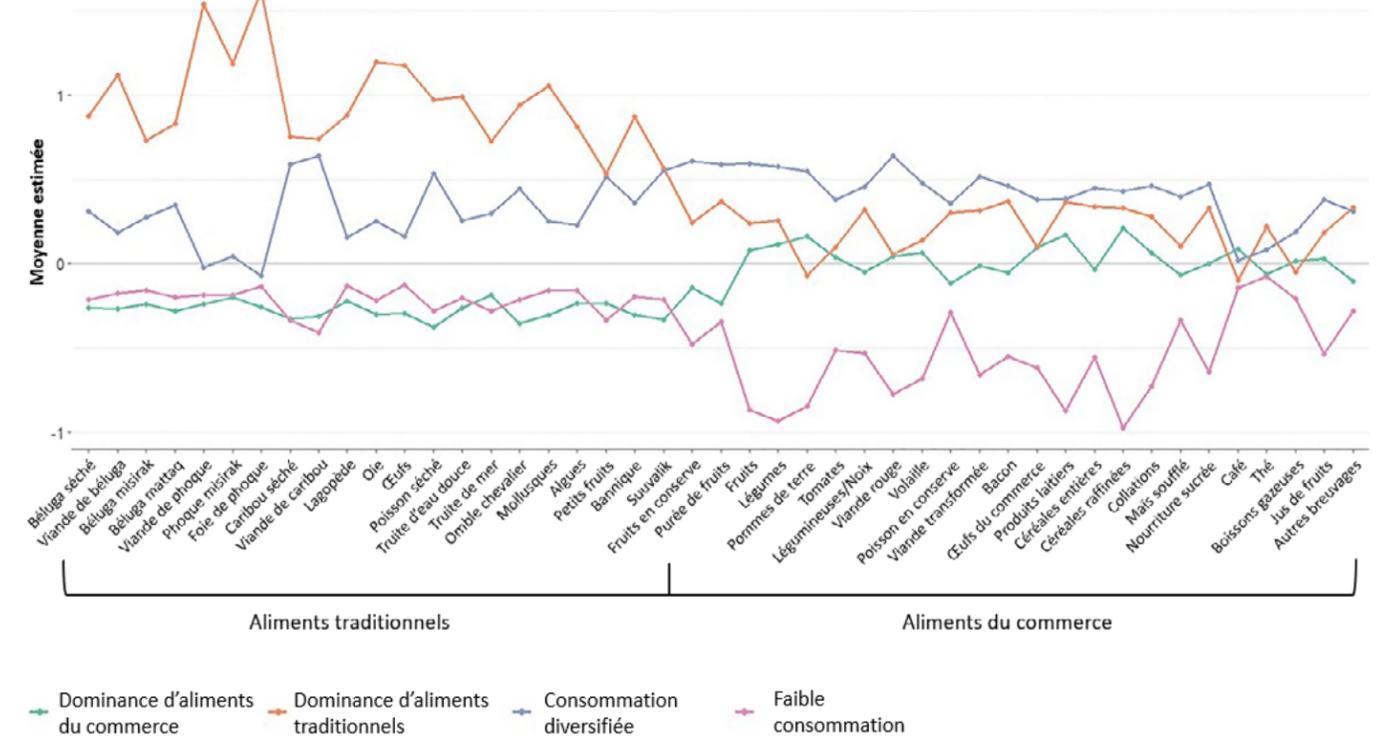


Figure 6.2
Quatre profils alimentaires ont été identifiés: 42% de la population étudiée avait un profil à dominance d'aliments du commerce (ligne verte). Les femmes et les adultes inuits âgés de 30 à 49 ans étaient plus susceptibles d'avoir ce profil. Le profil à dominance d'aliments traditionnels (ligne orange) regroupait 12,6% de la population étudiée, soit le plus petit groupe. Les hommes, les jeunes inuits (16-29 ans) et les inuits plus âgés (≥ 50 ans) étaient plus souvent dans ce profil. Le profil de consommation diversifiée (ligne bleue) comprenait 23,4% de la population étudiée et incluait les personnes ayant une fréquence de consommation élevée d'aliments traditionnels et d'aliments du marché. Le profil de faible consommation (ligne violette) représentait 21,9% de la population étudiée et incluait les personnes vivant une forte insécurité alimentaire. Figure adaptée de Aker et coll., 2022a, un article sous licence CC BY 4.0.

6.3 Une équipe de recherche s'implique dans une démarche de recherche participative transdisciplinaire avec la communauté d'Ikaluktutiak au Nunavut afin de mettre en place un système de production alimentaire locale. À ce jour, 16 répliques d'un prototype de mini-serres ont été installés dans le but de rendre possible l'agriculture à l'extérieur dans le Haut-Arctique. Pour favoriser l'agriculture en toute saison, des systèmes de culture intérieurs par hydroponie, aéroponie et en plein sol ont été implantés. Cette recherche permet également de consigner les savoirs associés aux pratiques serricoles et de connaître les perceptions des habitants et habitantes d'Ikaluktutiak concernant la qualité nutritionnelle des fruits et légumes disponibles en épicerie ainsi que leurs attentes quant à ceux qui sont cultivés localement (M. Dorais et C. Fournier-Côté, communication personnelle).



Les polluants dans les aliments du commerce

Les produits en conserve, les aliments emballés dans du plastique ainsi que plusieurs biens de consommation peuvent contenir des produits chimiques non persistants. L'exposition à ces contaminants suscite de plus en plus d'attention en Arctique, puisqu'une étude exploratoire réalisée dans le cadre de l'enquête *Qanuilirpitaa?* 2017 suggère des concentrations plus élevées de certains de ces contaminants chez les habitants du Nunavik que dans la population canadienne générale. Les femmes et les résidents de la baie d'Ungava présentaient les concentrations les plus élevées de ces substances. Des études approfondies sont nécessaires pour confirmer ces résultats, déterminer les sources d'exposition en Arctique et examiner leurs effets sur la santé des Inuits au Nunavik ([Aker et coll., 2022b](#)).



7. L'accès à une eau potable de qualité

De nombreuses personnes vivant dans l'Arctique ont un accès limité à l'eau potable. Les communautés autochtones éloignées sont particulièrement touchées par cette situation et sont aux prises avec différents problèmes, parmi lesquels figure une eau de qualité inappropriée et en quantité insuffisante, ainsi qu'un service d'approvisionnement intermittent.

7.1 Des interventions culturellement adaptées qui tiennent compte des préférences personnelles sur les perceptions des risques par les ménages et les pratiques d'accès à l'eau sont nécessaires pour améliorer et garantir l'approvisionnement en eau potable pour les communautés de l'Arctique. La prévention de la contamination microbienne et chimique représente la clé du succès des interventions sanitaires, des sources d'eau jusqu'aux points d'utilisation (Cassivi et coll., 2023).

7.2 Un comité composé de chercheurs et chercheuses, de membres de l'Administration régionale Kativik, de la Régie régionale de la santé et des services sociaux du Nunavik, et de représentants et représentantes des communautés travaille sur les enjeux associés à l'eau potable. Cette collaboration permet d'intégrer les préoccupations et les enjeux locaux dans les projets de recherche et assure un meilleur transfert des connaissances (S. Guilherme, communication personnelle).



7.3 Dans le cadre des consultations pour la création de l'Agence canadienne de l'eau, un rapport sur l'eau potable au Nunavik a été produit en collaboration avec la Société Makivik. Ce rapport est basé sur une revue de littérature et des consultations auprès d'experts et d'expertes. Les enjeux suivants ont été identifiés: (1) la dégradation de la qualité de l'eau après traitement, (2) la formation du personnel pour l'utilisation et l'entretien des infrastructures, (3) la protection des sources d'eau potable, (4) la synergie entre les différents paliers de gouvernements et les acteurs de l'eau (M. Rodriguez et D. Nadeau, communication personnelle).

Sélection de faits saillants
de la recherche



7.4 Afin d'obtenir un portrait de la variabilité spatio-temporelle de la qualité physico-chimique et microbiologique de l'eau, des stations météorologiques ont été installées non loin des sources d'eau potable et une surveillance continue de la qualité de l'eau de la source à l'usine est établie à Kangiqsualujuaq et à Umiujaq, au Nunavik. Ces démarches visent à déterminer des protocoles et des outils d'aide à la décision pour les exploitants (M. Rodriguez, communication personnelle).

7.5 Au Nunavik, un programme d'échantillonnage a montré que la désinfection secondaire par chloration n'est pas suffisante pour assurer une protection adéquate pendant la distribution et le stockage domestiques de l'eau potable. En collaboration avec le village de Kangiqsualujuaq, au Nunavik, un outil d'aide à la décision a été mis au point afin de déterminer les quantités adéquates de chlore permettant d'obtenir des concentrations de désinfectant résiduel répondant aux normes internationales, tout en limitant la génération de sous-produits de désinfection potentiellement nocifs pour la santé ainsi que les goûts et les odeurs de chlore qui freinent la consommation de l'eau du robinet par les Nunavimmiut (Garcia-Sanchez, 2022).





Projets de recherche cités dans ce chapitre

Les connaissances et les avancées technologiques présentées dans ce chapitre ont été générées par plusieurs équipes de recherche interdisciplinaires de Sentinelle Nord. Elles ont été recueillies dans le cadre des projets énumérés ci-dessous, auxquels ont participé, outre les chercheuses et chercheurs, plusieurs étudiantes et étudiants diplômés, stagiaires postdoctoraux, membres du corps professionnel, partenaires d'organisations nordiques et partenaires nationaux et internationaux des secteurs public et privé.

- Documenter et modéliser les interrelations clés des systèmes hydriques nordiques soumis aux pressions climatiques, géosystémiques et sociétales
Chercheur principal : René Therrien (Dép. de géologie et de génie géologique)
- Élucider les interactions microbiote-hôte présentes dans les maladies cardiométaboliques et mentales à l'aide de capteurs optiques multimodaux novateurs
Chercheurs principaux : Denis Boudreau (Dép. de chimie), André Marette (Dép. de médecine)
- Investigation optogénétique de l'influence du microbiote sur le développement du cerveau et l'épigénétique
Chercheurs principaux : Paul De Koninck (Dép. de biochimie, de microbiologie et de bio-informatique), Sylvain Moineau (Dép. de biochimie, de microbiologie et de bio-informatique)

- Le microbiome intestinal : sentinelle de l'environnement nordique et de la santé mentale des Inuits
Chercheurs principaux : Richard Bélanger (Dép. de pédiatrie), Gina Muckle (École de psychologie)
- Recherche participative dirigée par des Inuits sur la production alimentaire et la nutrition dans l'Inuit Nunangat
Chercheuses principales : Martine Dorais (Dép. de phytologie), Caroline Hervé (Dép. d'anthropologie)
- Systèmes d'alerte précoce pour la gestion et la surveillance de l'eau potable par l'analyse de données environnementales en ligne et en continu (NUNARISK)
Chercheurs principaux : Manuel J. Rodriguez (École supérieure d'aménagement du territoire et de développement régional), Daniel Nadeau (Dép. de génie civil et de génie des eaux)
- Chaire de recherche en partenariat Sentinelle Nord en approches écosystémiques de la santé
Titulaire : Mélanie Lemire (Dép. de médecine sociale et préventive)
- Chaire de recherche Sentinelle Nord sur l'impact des migrations animales sur les écosystèmes nordiques
Titulaire : Pierre Legagneux (Dép. de biologie)

Projets de recherche
cités dans ce chapitre

Plusieurs résultats présentés dans ce chapitre sont également tirés de projets de recherche menés par des récipiendaires de bourses et stages postdoctoraux d'excellence Sentinelle Nord.

- **Sensor-in-fibre optical probes for molecules sensing in the gastro-intestinal tract of muridae models relevant to cardiometabolic diseases**
Victor Azzi (bourse de maîtrise)
- **Évaluation de la qualité de l'eau potable de la source au robinet au Nunavik**
Cristian Ruben Garcia Sanchez (bourse de maîtrise)
- **Impact de la modulation du microbiote sur l'excrétion de polluants organiques persistants lors d'une perte de poids**
Béatrice Choi (bourse de doctorat)
- **Synthèse de nanosondes lumineuses dans l'étude *in vivo* de marqueurs du microbiote intestinal**
Nicolas Fontaine (bourse de doctorat)
- **The association between per and polyfluoroalkyl substances (PFAS) and metabolic outcomes among Nunavimmiut adults**
Amira Aker (stage postdoctoral)
- **Déterminants de la santé cardiométabolique et des habitudes alimentaires des Inuit du Nunavik en 2017**
Janie Allaire (stage postdoctoral)
- **Approvisionnement en eau potable dans les communautés autochtones en région arctique : suivi et évaluation des risques sanitaires**
Alexandra Cassivi (stage postdoctoral)
- **Utilisation des phages virulents pour contrôler le microbiote du poisson-zèbre**
Jeffrey Cornuault (stage postdoctoral)

Sentinelle Nord a développé des partenariats avec des institutions internationales de premier plan pour mener des projets de recherche innovants et interdisciplinaires. Le projet de collaboration suivant a contribué aux résultats de ce chapitre.

• **Unité Mixte Internationale de recherche chimique et biomoléculaire du microbiome et ses impacts sur la santé métabolique et la nutrition**

Directeur : Vincenzo Di Marzo (Dép. de médecine)
Conseil national de la recherche, Italie
Associée à la CERC sur l'axe microbiome-endocannabinoïdome dans la santé métabolique





Projets de recherche Sentinelle Nord en cours

Plusieurs projets de recherche soutenus par Sentinelle Nord sont en cours dans le cadre de la deuxième phase du programme (2021-2025). Ces projets, énumérés ci-dessous, continuent de combler les lacunes fondamentales de nos connaissances scientifiques sur le Nord en changement.

- **Des systèmes alimentaires ruraux durables et résistants pour les générations futures de Nunavimmiut : promouvoir la sécurité alimentaire tout en s'adaptant aux environnements nordiques en changement**

Chercheurs principaux : Frédéric Maps (Dép. de biologie), Tiff-Annie Kenny (Dép. de médecine sociale et préventive)

- **Développement d'une infrastructure municipale résiliente de traitement des eaux usées visant la réutilisation de l'eau au Nunavik (Québec)**

Chercheuse principale : Céline Vaneeckhaute (Dép. de génie chimique)

- **Élucider les liens entre l'environnement marin et les qualités nutritives du béluga et des bivalves à Quaqtq**

Chercheurs principaux : Mélanie Lemire (Dép. de médecine sociale et préventive), Jean-Éric Tremblay (Dép. de biologie)

Projet financé conjointement par Sentinelle Nord et l'Institut nordique du Québec

- **Interactions entre l'environnement nordique et les chronobiotiques : impact sur la santé cardiométabolique et neurométabolique**

Chercheurs principaux : Alexandre Caron (Fac. de pharmacie), Andréanne Michaud (École de nutrition)

- **L'axe exposome-microbiote-cerveau sous le microscope pour aborder les interactions environnement-santé dans le Nord**

Chercheurs principaux : Paul De Koninck (Dép. de biochimie, de microbiologie et de bio-informatique), Pierre Ayotte (Dép. de médecine sociale et préventive)

- **Recherche participative dirigée par des Inuits sur la production alimentaire et la nutrition dans l'Inuit Nunangat**

Chercheuses principales : Martine Dorais (Dép. de phytologie), Caroline Hervé (Dép. d'anthropologie)

- **Système d'alerte précoce pour la gestion et la surveillance de l'eau potable par l'analyse de données environnementales en ligne et en continu (NUNARISK)**

Chercheurs principaux : Manuel J. Rodriguez (École supérieure d'aménagement du territoire et de développement régional), Daniel Nadeau (Dép. de génie civil et de génie des eaux)

- **Tininnimiutait : évaluer le potentiel des aliments marins locaux accessibles depuis le littoral pour accroître la sécurité alimentaire et la souveraineté au Nunavik**

Chercheurs principaux : Lucie Beaulieu (Dép. des sciences des aliments), Ladd Johnson (Dép. de biologie)

- **Zoom extrême sur la perméabilité intestinale et le régime alimentaire occidental : élucider le rôle des antigènes alimentaires sur la prévalence des maladies cardiométaboliques et mentales dans le Nord**

Chercheurs principaux : Flavie Lavoie-Cardinal (Dép. de psychiatrie et de neurosciences), Denis Boudreau (Dép. de chimie)

- **Chaire de recherche en partenariat Sentinelle Nord en approches écosystémiques de la santé**

Titulaire : Mélanie Lemire (Dép. de médecine sociale et préventive)

- **Chaire de recherche en partenariat avec Sentinelle Nord sur l'axe microbiote intestinal-système endocannabinoïde comme intégrateur d'influences environnementales extrêmes sur la bioénergétique**

Titulaire : Cristoforo Silvestri (Dép. de médecine)

- **Unité Mixte Internationale de recherche chimique et biomoléculaire du microbiome et ses impacts sur la santé métabolique et la nutrition**

Directeur : Vincenzo Di Marzo (Dép. de médecine)

**Rédaction de l'introduction**

Anna Vainshtein

Recherche et rédaction des faits saillants scientifiques

Sophie Gallais

Révisions et édition finale

Pascale Ropars, Aurélie Lévy
et Sophie Gallais

Remerciements

Les membres des équipes de recherche suivants ont contribué à la révision des faits saillants scientifiques présentés dans ce chapitre :

Jehane Abed, Denis Boudreau, Vincenzo Di Marzo, Charles-Félix Fournier-Côté, Stéphanie Guilherme, Tiff-Annie Kenny, Pierre Legagneux, Mélanie Lemire, Sylvain Moineau, Manuel Rodriguez et Cristoforo Silvestri.

Nous remercions également Tiff-Annie Kenny pour ses commentaires sur l'introduction et Natalia Poliakova pour la révision du chapitre.

Crédits photographiques

Shanna Baker, Hakai Magazine

Leslie Coates/ArcticNet

Pierre Coupel

Paul De Koninck

Véronique Dubos

Pierre Dunningan

Marianne Falardeau

Acacia Johnson

Chantal Langlois

Florence Lapierre-Poulin

Claude Mathieu

Polar Knowledge Canada

Manuel Rodriguez

Image par wirestock sur Freepik

Index

Couverture, 38

4

7

20

12, 38

11, 38

10

27, 45, 38

25, 38

23

37

23, 25

28, 29, 30

13



- Publications issues de Sentinelle Nord
-  Garcia Sanchez, C. R. (2022). *Développement d'une démarche pour améliorer la désinfection secondaire et la qualité de l'eau potable au Nunavik : projet pilote à Kangiqsualujjuaq* [Mémoire de maîtrise, Université Laval]. Corpus UL. <http://hdl.handle.net/20.500.11794/100943>
 -  Iannotti, F. A., et Di Marzo, V. (2021). The gut microbiome, endocannabinoids and metabolic disorders. *Journal of Endocrinology*, 248(2), r83-r97. <https://doi.org/10.1530/joe-20-0444>
 -  Kenny, T.-A., Little, M., Lemieux, T., Griffin, P. J., Wesche, S. D., Ota, Y., Batal, M., Chan, H. M., et Lemire, M. (2020). The retail food sector and indigenous peoples in high-income countries: A systematic scoping review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(23), 8818. <https://doi.org/10.3390/ijerph17238818>
 -  Lebrun, A., Fortin, H., Fontaine, N., Fillion, D., Barbier, O., et Boudreau, D. (2022). Pushing the limits of surface-enhanced Raman spectroscopy (SERS) with deep learning: Identification of multiple species with closely related molecular structures. *Applied Spectroscopy*, 76(5), 609-619. <https://doi.org/10.1177/00037028221077119>
 -  Manca, C., Boubertakh, B., Leblanc, N., Deschênes, T., Lacroix, S., Martin, C., Houde, A., Veilleux, A., Flamand, N., Muccioli, G. G., Raymond, F., Cani, P. D., Di Marzo, V., et Silvestri, C. (2020a). Germ-free mice exhibit profound gut microbiota-dependent alterations of intestinal endocannabinoidome signaling. *Journal of Lipid Research*, 61(1), 70-85. <https://doi.org/10.1194/jlr.RA119000424>
- Manca, C., Shen, M., Boubertakh, B., Martin, C., Flamand, N., Silvestri, C., et Di Marzo, V. (2020b). Alterations of brain endocannabinoidome signaling in germ-free mice. *BBA - Molecular and Cell Biology of Lipids*, 1865(12), 158786. <https://doi.org/10.1016/j.bbalip.2020.158786>

- Publications issues de Sentinelle Nord
-  Morissette, A., Kropp, C., Songpadith, J.-P., Junges Moreira, R., Costa, J., Mariné-Casadó, R., Pilon, G., Varin, T. V., Dudonné, S., Boutekrabt, L., St-Pierre, P., Levy, E., Roy, D., Desjardins, Y., Raymond, F., Houde, V. P., et Marette, A. (2020). Blueberry proanthocyanidins and anthocyanins improve metabolic health through a gut microbiota-dependent mechanism in diet-induced obese mice. *American Journal of Physiology. Endocrinology and Metabolism*, 318(6), 980. <https://doi.org/10.1152/ajpendo.00560.2019>
 -  Rochefort, G., Provencher, V., Castonguay-Paradis, S., Perron, J., Lacroix, S., Martin, C., Flamand, N., Di Marzo, V., et Veilleux, A. (2021). Intuitive eating is associated with elevated levels of circulating omega-3-polyunsaturated fatty acid-derived endocannabinoidome mediators. *Appetite*, 156, 104973. <https://doi.org/10.1016/j.appet.2020.104973>
 -  Rodríguez-Daza, M. C., Pulido-Mateos, E. C., Lupien-Meilleur, J., Guyonnet, D., Desjardins, Y., et Roy, D. (2021). Polyphenol-mediated gut microbiota modulation: Toward prebiotics and further. *Frontiers in Nutrition*, 8, 689456. <https://doi.org/10.3389/fnut.2021.689456>
 -  Roussel, C., Anunciação Braga Guebara, S., Plante, P.-L., Desjardins, Y., Di Marzo, V., et Silvestri, C. (2022). Short-term supplementation with ω -3 polyunsaturated fatty acids modulates primarily mucolytic species from the gut luminal mucin niche in a human fermentation system. *Gut Microbes*, 14(1). <https://doi.org/10.1080/19490976.2022.2120344>
 -  Silvestri, C., Pagano, E., Lacroix, S., Venneri, T., Cristiano, C., Calignano, A., Parisi, O. A., Izzo, A. A., Di Marzo, V., et Borrelli, F. (2020). Fish oil, cannabidiol and the gut microbiota: An investigation in a murine model of colitis. *Frontiers in Pharmacology*, 11, 585096. <https://doi.org/10.3389/fphar.2020.585096>

Références
externes

- Allaire, J., Ayotte, P., Lemire, M., et Levesque, B. (2021a). Cardiometabolic Health. Nunavik Inuit Health Survey 2017 Qanuilirpitaa? How are we now? Quebec: Nunavik Regional Board of Health and Social Services (NRBHSS) et Institut national de santé publique du Québec (INSPQ). https://nrbhss.ca/sites/default/files/health_surveys/Cardiometabolic_Health_fullreport_en.pdf
- Allaire, J., Johnson-Down, L., Little, M., Ayotte, P., et Lemire, M. (2021b). Country and Market Food Consumption and Nutritional Status. Nunavik Inuit Health Survey 2017 Qanuilirpitaa? How are we now? Quebec: Nunavik Regional Board of Health and Social Services (NRBHSS) et Institut national de santé publique du Québec (INSPQ). https://nrbhss.ca/sites/default/files/health_surveys/Country_Food_and_Market_Food_Consumption_and_Nutritional_Status_fullreport_en.pdf
- Bacon, S. L., Campbell, N. R. C., Raine, K. D., Tsuyuki, R. T., Khan, N. A., Arango, M., et Kaczorowski, J. (2019). Canada's new Healthy Eating Strategy: Implications for health care professionals and a call to action. *Canadian Pharmacists Journal: CPJ*, 152(3), 151. <https://doi.org/10.1177/1715163519834891>
- Egeland, G. M., Johnson-Down, L., Cao, Z. R., Sheikh, N., et Weiler, H. (2011). Food insecurity and nutrition transition combine to affect nutrient intakes in Canadian arctic communities. *The Journal of Nutrition*, 141(9), 1746–1753. <https://doi.org/10.3945/jn.111.139006>
- Furgal, C., Pirkle C., Lemire, M., Lucas, M., Martin R. (2021). Food Security. Nunavik Inuit Health Survey 2017 Qanuilirpitaa? How are we now? Quebec: Nunavik Regional Board of Health and Social Services (NRBHSS) et Institut national de santé publique du Québec (INSPQ). https://nrbhss.ca/sites/default/files/health_surveys/Food_Security_report_en.pdf
- Gagné, D., Blanchet, R., Lauzière, J., Vaissière, É., Vézina, C., Ayotte, P., Déry S., et O'Brien, H. T. (2012). Traditional food consumption is associated with higher nutrient intakes in Inuit children attending childcare centres in Nunavik. *International Journal of Circumpolar Health*, 71(1). <https://doi.org/10.3402/ijch.v71i0.18401>

Références
externes

- ITK. (2014). Social determinants of Inuit Health in Canada. Inuit Tapiriit Kanatami, Ottawa, Canada. https://www.itk.ca/wp-content/uploads/2016/07/ITK_Social_Determinants_Report.pdf
- ITK. (2021). Inuit Nunangat Food Security Strategy. ITK, Ottawa. https://www.itk.ca/wp-content/uploads/2021/07/ITK_Food-Security-Strategy-Report_English_PDF-Version.pdf
- Little, M., Hagar, H., Zivot, C., Dodd, W., Skinner, K., Kenny, T.-A., Caughey, A., Gaupholm, J., et Lemire, M. (2021). Drivers and health implications of the dietary transition among Inuit in the Canadian Arctic: A scoping review. *Public Health Nutrition*, 24(9), 2650–2668. <https://doi.org/10.1017/S1368980020002402>
- Lu, H.-C., et Mackie, K. (2016). An introduction to the endogenous cannabinoid system. *Biological Psychiatry*, 79(7), 516–525. <https://doi.org/10.1016/j.biopsych.2015.07.028>
- Rutsch, A., Kantsjö, J.B., et Ronchi, F. (2020) The gut-brain axis: How microbiota and host inflammasome influence brain physiology and pathology. *Frontiers in Immunology*, 11, 604179. <https://doi.org/10.3389/fimmu.2020.604179>
- Sohns, A., Ford, J., Robinson, B. E., et Adamowski, J. (2019). What conditions are associated with household water vulnerability in the Arctic? *Environmental Science et Policy*, 97, 95–105. <https://doi.org/10.1016/J.ENVSCI.2019.04.008>
- Valdes, A. M., Walter, J., Segal, E., et Spector, T. D. (2018). Role of the gut microbiota in nutrition and health. *BMJ (Clinical Research Ed.)*, 361, 2179. <https://doi.org/10.1136/bmj.k2179>

Licences
d'utilisation
des figures

La documentation relative à l'utilisation des figures présentées dans ce chapitre est disponible en suivant les hyperliens suivants : [CC BY 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/) (Rodriguez-Daza et coll., 2021; Abed et coll., 2022; Forte et coll., 2020; Aker et coll. 2022a)

