

# OBJECTIF ALIMENTATION

N°6 – NOVEMBRE 2020



## ÉDITORIAL

Depuis le milieu du XX<sup>e</sup> siècle, le monde connaît une très forte accélération de l'urbanisation, phénomène démographique se traduisant par une tendance à la concentration de la population en ville. On a déjà pu constater que les changements environnementaux induits par cette transition sont associés à des modifications du mode de vie, de la culture, de l'alimentation ou encore de l'activité physique. L'impact de l'urbanisation sur la santé incluant l'obésité mais aussi les maladies cardiovasculaires, les cancers etc. est donc très étudié, d'autant plus que son mécanisme d'action est complexe et encore mal connu. En effet, cette transition d'un mode de vie rural actif vers un mode de vie urbain plus sédentaire est achevée dans les pays occidentaux, il n'est donc plus possible de l'étudier. On peut rendre hommage aux deux travaux qui sont présentés ici car ils explorent l'impact de ce changement en cours dans deux pays africains.



### Éric Bruckert

Chef de service Endocrinologie métabolisme et prévention cardiovasculaire, Institut E3M et IHU cardiométabolique (ICAN), hôpital Pitié-Salpêtrière, Paris

D'une part au Cameroun où l'analyse précise du microbiote dans 3 populations plus ou moins urbanisées, associée au recueil détaillé de nombreux paramètres démographiques et nutritionnels, permet de révéler l'impact de cette transition. De façon très originale, l'analyse des micro-organismes va montrer si ces changements environnementaux ont modifié leur patrimoine génétique.

D'autre part, l'étude au Sénégal portant sur la population peule en phase de sédentarisation est une approche plus centrée sur les changements nutritionnels et l'activité physique. Elle devrait aussi beaucoup contribuer à la compréhension de l'impact de cette transition sur les modes de vie.



Laure Ségurel

Chargée de recherche au CNRS en anthropologie génétique

# MODIFICATIONS DU MICROBIOTE HUMAIN LE LONG D'UN GRADIENT D'URBANISATION AU CAMEROUN

## Introduction

Le microbiote humain est l'ensemble des micro-organismes présents dans et sur le corps humain. Parmi tous ces microbes, ceux situés dans le système digestif forment le microbiote intestinal. Ils représentent un écosystème d'intérêt particulier à la fois en santé publique et en écologie évolutive. En effet, les bactéries intestinales semblent intervenir dans plusieurs fonctions essentielles chez leurs hôtes de la digestion de certains aliments à la production de vitamines ou encore dans la maturation du système immunitaire. Elles jouent donc un rôle important en santé humaine.<sup>1</sup>



On voit notamment qu'un appauvrissement de ces bactéries, c'est-à-dire une baisse de leur diversité, est souvent associé à différentes maladies métaboliques et immunitaires<sup>2</sup>, comme l'obésité. De manière générale, une communauté microbienne bien diversifiée est donc associée à un meilleur état de santé.

En parallèle, ces bactéries intestinales sont soumises à des contraintes évolutives importantes du fait des modifications des modes de vie humains tels que l'urbanisation et l'industrialisation.<sup>3, 4</sup>

*Ainsi, il a été montré qu'il existe une perte systématique de diversité du microbiote intestinal dans les populations urbaines de pays fortement industrialisés, notamment dans les grandes villes en Europe et en Amérique du Nord, par rapport aux populations rurales « traditionnelles » de pays moins industrialisés, dans des petits villages en Afrique, en Amérique du Sud, et en Asie.<sup>5, 6</sup>*

De plus, des changements importants de composition du microbiote intestinal ont été observés tels que la baisse en prévalence des bactéries du genre *Prevotella* et *Treponema*, et l'augmentation des *Bacteroides* en milieu urbain industrialisé.<sup>7-9</sup> Ces modifications de structures microbiennes sont a priori néfastes, et peuvent être responsables d'une certaine dégradation de l'état de santé des personnes résidant en ville. Reste la question de l'origine d'une telle différence : s'agit-il d'une réponse des microbes intestinaux à une diminution de la consommation en fibres alimentaires, liée à une alimentation plus grasse et plus sucrée en ville<sup>10</sup>, ou est-ce plutôt le reflet des changements sanitaires tels que la stérilisation accrue de notre environnement et la consommation massive d'antibiotiques<sup>3</sup> ? Étant donné que la plupart des études sur le microbiote intestinal se sont intéressées à des populations urbaines fortement industrialisées, analyser quels aspects de nos modes de vie entraînent des changements de ce microbiote devient difficile.

L'objectif principal de ce projet était donc d'essayer de départager ces hypothèses et plus largement, de mieux comprendre comment le microbiote intestinal se modifie lorsque des populations de pays peu industrialisés passent d'un milieu rural à un milieu urbain, en amont de la transition vers des milieux fortement industrialisés.

Une meilleure compréhension évolutive du microbiote humain est utile pour connaître les aspects de nos modes de vie urbains (alimentation, pratiques médicales, habitat) les plus néfastes, afin d'en informer les politiques de santé publique.

Pour se faire, nous avons choisi de nous placer à une échelle locale et d'étudier les bactéries intestinales de populations humaines le long d'un gradient d'urbanisation au Cameroun, chez des individus pour lesquels nous avons collecté à la fois des variables culturelles et biologiques. L'objectif de se placer à une échelle locale et le long d'un gradient entre milieu rural et urbain en Afrique était de pouvoir faire la part entre l'importance respective des facteurs alimentaires et sanitaires.

Par ailleurs, le microbiome intestinal n'est pas composé seulement de bactéries, qui représentent tout de même une écrasante majorité des microbes intestinaux, mais également de protozoaires, des micro-organismes unicellulaires eucaryotes. Ces protozoaires intestinaux sont très peu étudiés et principalement considérés comme pathogéniques, bien qu'ils fassent partie intégrante de l'écosystème intestinal et semblent être, dans certains cas, bénéfiques pour leurs hôtes.<sup>11, 12</sup> Il s'avère que ces protozoaires intestinaux sont en quantité moindre, voire quasiment absents, dans les populations urbaines industrialisées.<sup>13</sup> Il semble donc important d'étudier de manière intégrative les interactions entre la composante bactérienne et eucaryote du microbiote dans des populations aux modes de vie « traditionnels ».



## Présentation des résultats

Nous avons collecté en 2017 des échantillons biologiques (matière fécale et salive) ainsi qu'un grand nombre de métadonnées associées (questionnaire alimentaire, médical, socio-démographique et socio-économique) chez 134 individus habitant au Cameroun en milieu urbain dans la capitale, semi-urbain dans une petite ville de province, et rural dans un petit village sans eau potable ni électricité.

Nous avons tout d'abord caractérisé culturellement ces populations et mis en évidence des différences significatives de mode de vie entre groupes, à savoir, plus d'animaux domestiques, plus de fumeurs et un moindre niveau d'éducation en milieu rural.

*Nous avons également trouvé des différences significatives d'alimentation : moins de fibres (manioc, feuilles, taro), plus de protéines animales (viande et produits laitiers) et de sucre (soda, miel) en milieu urbain.*

Nous avons, de plus, effectué des analyses parasitologiques des selles au Centre Pasteur du Cameroun et mis en évidence des différences significatives de prévalence de vers intestinaux entre les populations :

- 17,5% en milieu rural
- versus 6,3% et 3,1% en milieu semi-urbain et urbain, respectivement.

Ces résultats témoignent des meilleures conditions sanitaires en milieu urbain. Il est à noter que nous n'avons pas trouvé de différences en termes de consommation d'antibiotiques, les trois populations en ayant une consommation importante, que la quasi-totalité des individus sont nés par voie basse, ont été allaités et ont accès à des structures de santé et enfin, que les trois populations présentent une proportion similaire d'individus maigres et en surpoids.

Concernant le microbiote, nous avons séquencé l'ensemble des échantillons en utilisant deux approches : une approche ciblée sur les bactéries (séquençage du gène 16S) et une approche permettant d'obtenir des données génétiques

pour tous les micro-organismes présents (séquençage métagénomique). Nous avons tout d'abord identifié quatre types de structures microbiennes différentes (également appelés entérotypes), avec une prévalence différente de chaque entérotype dans chaque population. Plus précisément, nous avons observé des changements importants de composition entre milieux semi-urbain et rural d'une part et milieu urbain d'autre part : augmentation de *Bacteroides* et diminution de *Prevotella* en milieu urbain. Ces bactéries sont connues pour digérer les graisses et les fibres, respectivement, et ces différences attestent donc très probablement des changements d'alimentation.

*Par contre, malgré ces différences de composition, nous n'avons pas trouvé de différences significatives de diversité bactérienne entre les trois populations, suggérant que la diminution de consommation de fibres et les meilleures conditions sanitaires en milieu urbain n'ont pas (ou pas encore) entraîné de perte de diversité au sein du microbiote intestinal.*

Ces résultats suggèrent que l'importante perte de diversité observée en ville en Europe ou aux États-Unis est sûrement due à des facteurs

spécifiques propres aux pays fortement industrialisés. Des études comparant milieu rural et urbain dans d'autres contextes culturels seront cependant nécessaires pour valider cette hypothèse. Ces résultats ont été publiés dans *Scientific Reports*.<sup>14</sup>

En parallèle, nous avons tiré profit des données de métagénomique, donnant accès non seulement aux bactéries mais également aux eucaryotes, pour étudier la diversité des protozoaires intestinaux. Puis, nous avons tout d'abord mis au point une méthodologie pour scanner les données génomiques et identifier de manière robuste les protozoaires intestinaux. Ensuite, nous avons appliqué cette méthode à des données publiées issues de populations de Tanzanie, du Pérou, d'Italie, et des États-Unis, ainsi que des données préalablement générées par notre laboratoire au Cameroun (précédente mission de terrain en 2013). Nous avons ainsi trouvé que deux protozoaires sont en prévalence particulièrement importante dans les données :

- *Entamoeba* sp. (diverses espèces non-pathogènes de ce genre)
- *Blastocystis* spp. (divers sous-types de ce genre a priori non-pathogènes).



Le mode de vie des populations influence clairement ces protozoaires intestinaux puisque les populations urbaines industrialisées présentent une prévalence de 0% d'*Entamoeba* et 15,1% de *Blastocystis*, par rapport à 38 à 90% et 40 à 96%, respectivement, en milieu rural traditionnel. De manière intéressante, il y a une corrélation positive entre la présence de *Blastocystis* et d'*Entamoeba*, donc les individus les plus à même d'être colonisés par l'un le sont aussi par l'autre. Ces résultats ont été publiés dans *PLoS One*.<sup>15</sup>



Appliquant cette même méthode sur les données du Cameroun collectées en 2017, nous avons pu montrer que la prévalence de ces protozoaires intestinaux ne diffère pas significativement entre milieu rural et urbain avec une prévalence globale d'*Entamoeba* de 45,8% et *Blastocystis* de 75,4%, malgré une tendance vers une prévalence un peu plus faible en milieu urbain. Ceci montre que l'écosystème intestinal est relativement bien préservé à Yaoundé, la capitale

du Cameroun. Nous avons également caractérisé ces protozoaires au niveau de l'espèce et/ou du sous-type et montré que les protozoaires les plus fréquents sont *Entamoeba coli* et *Entamoeba hartmanni*, ainsi que *Blastocystis* ST1, ST2 et ST3. De plus, la plupart des colonisations sont mixtes. Nous avons également, pour la première fois, pu étudier l'influence conjointe d'*Entamoeba* et *Blastocystis* sur le microbiote intestinal, et nous avons trouvé que *Blastocystis* a un effet plus important que *Entamoeba* sur la structure microbienne intestinale, bien que les deux protozoaires aient des effets cumulatifs. Ces résultats suggèrent que ces protozoaires interagissent avec le microbiote bactérien par l'intermédiaire de différents mécanismes qui sont à déterminer. Ces résultats sont en cours de publication dans *Frontiers in Microbiology*.<sup>16</sup>

### Prochaines étapes du projet

Les données de métagénomique récoltées vont également pouvoir nous permettre d'appréhender un autre aspect du microbiote : ses capacités fonctionnelles. En effet, au lieu de raisonner sur les espèces de microbes intestinaux qui varient en prévalence le long de ce gradient d'urbanisation, nous pouvons aller plus loin et caractériser les gènes microbiens qui présentent des variations liées aux modes de vies. Nous serons ainsi capables de définir quelles sont les familles de gènes bactériens qui ont le plus évolué entre milieu rural et milieu urbain au Cameroun. Ces données peuvent également être utilisées dans une perspective plus évolutive, en évaluant les contraintes sélectives liées à l'urbanisation, et en étudiant les signatures de co-évolution\* avec les hôtes humains pour lesquels nous avons également des données génétiques.

Enfin, pour compléter ce jeu de données, il serait intéressant d'échantillonner des personnes d'origine Camerounaise vivant en France (et ce depuis plus ou moins longtemps), afin de comparer directement nos données à des individus vivant en milieu industrialisé.

\*Cas où l'évolution de l'Homme influence l'évolution de ses bactéries et vice-versa. Cela peut notamment être de la co-adaptation (adaptation de l'un à l'autre).



## Stéphane Blanc

Directeur de recherche à l'Institut Hubert Curien de Strasbourg, et directeur adjoint scientifique de l'Institut Écologie et Environnement du CNRS

# MODIFICATION DE L'ALIMENTATION, DE L'ACTIVITÉ PHYSIQUE ET DES MODES DE VIE DES PEULS AU SÉNÉGAL SELON UN GRADIENT DE SÉDENTARISATION

## Introduction

Depuis le XIX<sup>e</sup> siècle et la Révolution Industrielle, les populations des pays industrialisés font face à un changement radical du mode de vie ; ce dernier s'étant intensifié lors la période de la « Grande Accélération » dans les années 1950. Au cours de ces changements, l'activité physique liée au travail ou aux loisirs a progressivement été remplacée par une augmentation du temps consacré aux comportements sédentaires (sédentarisation des modes de travail, développement d'internet et de la télévision, des modes de transport motorisés, etc.).<sup>1</sup> En parallèle, on observe depuis une trentaine d'année une augmentation de la prévalence du surpoids et de l'obésité dans la plupart des pays industrialisés, jusqu'à atteindre les niveaux pandémiques que nous connaissons aujourd'hui.<sup>1-3</sup>

Malgré ces données alarmantes et des décennies de recherches, aucune stratégie efficace n'a été trouvée pour lutter contre le développement de l'obésité. L'une des raisons de cet échec pourrait être liée au fait que les populations des pays industrialisés ont achevé depuis de nombreuses décennies le processus d'industrialisation au cours duquel les transitions démographiques, épidémiologiques et nutritionnelles se sont mises en place. Ces populations vivent donc dans un nouvel état d'équilibre où les contributions relatives de la biologie, de l'environnement, des modes de vie et de la culture, à l'origine de la prise de poids, ne peuvent plus être étudiées. Pour autant, c'est en déterminant le rôle respectif de ces facteurs à l'origine de la prise de poids que de nouvelles stratégies de prévention pourront être proposées.

La régulation du poids est un phénomène complexe, résultant d'un équilibre entre les apports énergétiques (via l'alimentation) et la dépense énergétique totale (composée de la dépense liée aux activités physiques spontanées ou structurées, de la thermogénèse postprandiale et du métabolisme de repos).<sup>4, 5</sup> Cet équilibre dépend d'ajustements fins, régulés par la mise en place de processus physiologiques et comportementaux, volontaires ou non.<sup>6</sup> La mise en place de ces mécanismes compensatoires, tels que les stratégies visant à réduire les apports alimentaires ou augmenter l'activité physique, pourrait expliquer en partie notre incapacité à traiter le surpoids et l'obésité.





Ainsi, l'une des explications serait que la relation entre activité physique et dépense énergétique totale n'est pas linéaire.<sup>7,8</sup> De nouvelles données suggèrent en effet qu'au-delà d'un certain niveau d'activité physique, la dépense énergétique totale se stabiliserait, probablement grâce à une baisse concomitante du métabolisme de repos ou de la thermogène postprandiale, conduisant à l'émergence du paradigme de la dépense « contrainte ».

*Ce paradigme permettrait ainsi d'expliquer le manque d'efficacité des protocoles d'activité physique dans la perte de poids.<sup>9</sup>*

Ce concept est issu de travaux ayant comparé le niveau d'activité physique mesuré objectivement par accélérométrie, et la dépense énergétique totale mesurée par la technique de l'eau doublement marquée\* chez des populations modernes des pays industrialisés, mais également chez des populations traditionnelles qui ont maintenu un mode de vie « préindustriel » (agriculture, cueillette, etc.). Ainsi, les populations préindustrielles, qui initient actuellement leurs

transitions démographique, épidémiologique et nutritionnelle, présenteraient des niveaux d'activité physique supérieurs aux sociétés industrialisées<sup>10,11</sup> malgré une dépense énergétique totale similaire, probablement liée à un profil d'activité physique différent (c-à-d. le temps passé dans les activités de différentes intensités).<sup>12</sup> L'étude des transitions que vivent actuellement ces populations préindustrielles représente donc une opportunité unique et originale d'analyser rétrospectivement les évolutions physiologiques, culturelles et sociales qu'ont vécues les populations industrialisées aux siècles derniers.

Pour étudier cette dynamique transitionnelle de nos jours, notre équipe a débuté en 2018 un suivi longitudinal sur une population peule vivant dans le Ferlo, une région sahélienne du nord du Sénégal. L'intérêt de cette population est qu'elle est actuellement confrontée à des conditions sociales et environnementales uniques. En effet, les Peuls sont des éleveurs semi-nomades dont la culture et l'économie tournent autour du bétail. Ils résident dans des campements disséminés dans la savane, très isolés et n'ont pas d'accès direct à l'eau potable. Ils sont ainsi connus pour pratiquer de très nombreuses activités

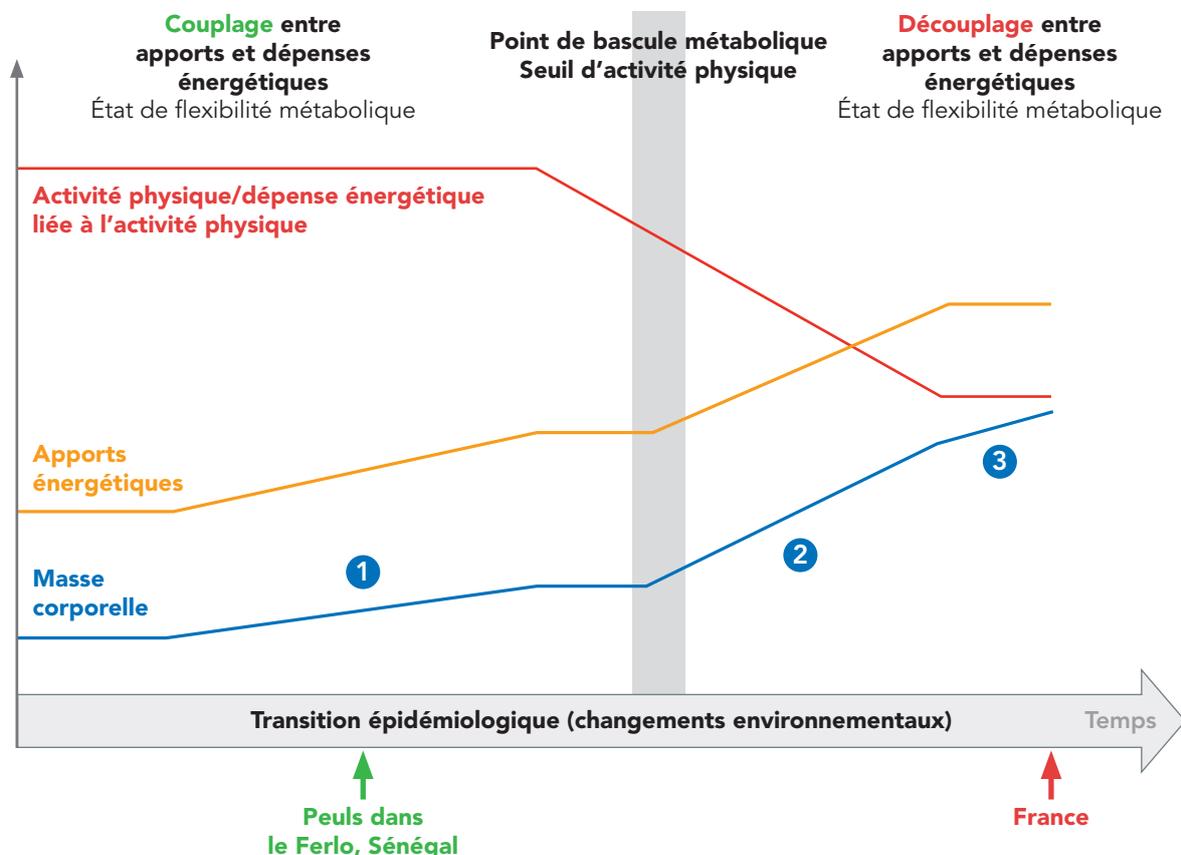
\*Technique de référence pour calculer la dépense énergétique totale chez des individus en situation de vie libre

physiques quotidiennes, afin de suivre leurs troupeaux pendant les mois de transhumance, mais également de transporter l'eau potable de la source au campement. En 1950, les Français ont construit des forages tous les 30 km afin de faciliter l'accès à l'eau potable. Suite à ces aménagements, une partie de la population s'est sédentarisée et a créé de petits villages autour des puits, provoquant la transition d'un environnement ultra-rural à moyennement-rural.

De plus, certains individus migrants à Dakar, la capitale, ont adopté un environnement urbain. Le processus de sédentarisation de la population est toujours en cours, et est aujourd'hui doublé d'un processus de désenclavement de la zone,

entraînant des changements majeurs du mode de vie, du niveau et de la typologie d'activité physique. Ces changements sont accompagnés par une transition alimentaire, puisque les produits locaux (millet, lait) sont graduellement remplacés par des produits d'importation (riz, sucre, huile de palme) résultant en une augmentation de la prévalence de maladies chroniques principalement observées dans les pays occidentaux depuis quelques décennies.<sup>13</sup> Le recueil de données mesurées de façon objective permettrait donc d'observer en temps réel l'impact de ces changements sur le déroulement des transitions démographiques, épidémiologiques et nutritionnelles (Figure 1).

**Figure 1 : Représentation schématique de l'impact de la transition épidémiologique (1 = Avant ; 2 = Pendant ; 3 = Après) induite par les changements environnementaux sur les modes de vie, sur la culture, sur la nutrition et l'activité physique, ainsi que sur l'apport énergétique, la dépense énergétique liée à l'activité physique et le poids corporel.**





anthropologues bio-culturels du CNRS et de l'Université de Dakar, mais également des cliniciens du Centre de Recherche en Nutrition Humaine Rhône-Alpes. Elle réside également dans le choix de la population étudiée, à savoir une population originale que nous pouvons qualifier de « préindustrielle » vivant les stades précoces de leur transition nutritionnelle.

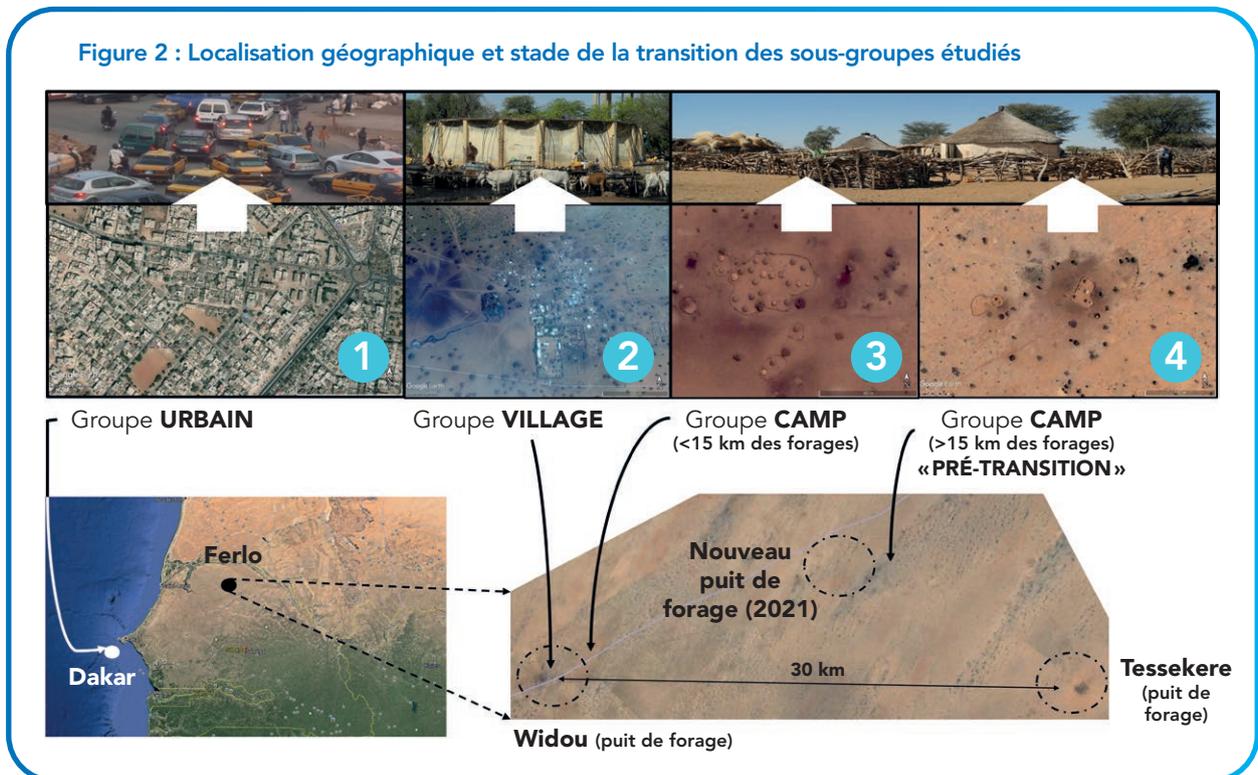
### Méthodologie du projet

Le premier objectif de ce projet est d'étudier en temps réel la transition épidémiologique en cours dans la population peule, afin de déterminer le rôle du mode de vie, de la culture, des activités physiques et de l'alimentation sur la régulation du poids et de la composition corporelle. Le second objectif consiste à comprendre l'impact des différentes transitions de la campagne à la ville (des camps isolés aux petites villes puis aux grandes villes) le long d'un gradient d'exposition aux activités physiques quotidiennes et leur impact sur la santé et la régulation du poids corporel. L'originalité de ce projet est donc double. Elle réside tout d'abord dans le consortium mis en place réunissant des physiologistes et des

Afin d'étudier les différentes phases de la transition épidémiologique en conditions de vie libre, ce projet propose une approche transversale et longitudinale de quatre groupes, constitués en fonction du gradient d'urbanisation auquel ils sont confrontés :

- un groupe urbain (Dakar) **1** ;
- un groupe vivant dans les villages de Widou et Tessekere **2** ;
- un groupe vivant dans des camps à moins de 15 km des puits d'eau potable **3** ;
- et un groupe vivant dans des camps à plus de 15 km des puits d'eau potable, représentant un pseudo groupe « pré-transition » **4** (Figure 2).

**Figure 2 : Localisation géographique et stade de la transition des sous-groupes étudiés**



Chaque sujet sera étudié pendant un mois et ce, tous les 3 ans afin d'observer d'éventuelles modifications liées au développement de la transition. Une première collecte de données a été organisée en 2019 afin de s'assurer de la faisabilité de l'étude, et a permis de recruter 108 individus.

Les changements culturels et sociaux sont étudiés à partir de questionnaires remplis à chaque période de collecte, couplés à des entretiens avec les anthropologues. Les habitudes alimentaires sont évaluées par questionnaire sur la fréquence alimentaire, et des échantillons de cheveux sont collectés pour obtenir des données objectives sur les habitudes alimentaires (végétariens, mangeurs de viande, etc.) en utilisant l'analyse des isotopes stables (15N, 13C). De plus, des observations focalisées effectuées par les anthropologues permettront d'évaluer le mode de vie quotidien, y compris les spécificités, les changements et les modèles d'alimentation. L'autre aspect de la balance énergétique, à savoir la dépense énergétique totale et ses composantes, a été calculée en combinant la technique de l'eau doublement marquée et la calorimétrie indirecte. Par ailleurs, le profil des activités physiques (mouvements et fréquences, intensités et durées des activités quotidiennes) est établi à partir de données obtenues par accélérométrie, couplées à des algorithmes développés et validés par notre équipe ainsi qu'à la mobilité spatiale étudiée à l'aide de GPS.

## Présentation partielle des résultats

À ce jour, nous ne disposons que de résultats partiels. En effet, la crise sanitaire liée à la COVID-19 ne nous a pas permis de réaliser les mesures en 2020, ni de finir les analyses en spectrométrie de masse en raison de la fermeture du laboratoire. Ainsi, nous sommes loin d'avoir obtenu le jeu de données requis pour répondre à nos hypothèses. Une mission est pour le moment prévue pour début 2021 si les conditions sanitaires le permettent. Les données préliminaires obtenues en 2018 ont montré que les hommes âgés de 30 à 40 ans vivant à Dakar avaient déjà un indice de masse corporelle équivalent à celui des hommes vivant dans les campements dont l'âge variait entre 40 et 50 ans. Au niveau comportemental, nous avons observé que les temps de marche et de

course étaient plus élevés chez les Peuls ruraux que chez les urbains. Bien que nous n'ayons pas observé de différence dans le temps total de sédentarité, la composition des épisodes de sédentarité différait entre les groupes. En effet, les ruraux présentent une fragmentation plus importante de leur sédentarité, c'est-à-dire qu'ils sont moins engagés dans de longues périodes sédentaires continues.

Nous avons également pu observer une transformation subtile du modèle alimentaire peul en milieu rural. Sans que les plats consommés soient foncièrement différents, les populations des campements comme des villages incorporent progressivement dans leurs plats davantage de sucre et de corps gras. L'huile de palme est désormais très fréquemment consommée, tout comme le sucre ou encore les bouillons-cubes.

*Toutes ces denrées importées d'Asie illustrent le désenclavement de la zone et symbolisent une première phase de transition alimentaire, ce qui n'est pas sans conséquences sur la balance énergétique, la prise de poids et donc la santé.*

Conjointement, les produits locaux comme le millet et le lait sont progressivement délaissés, traduisant les conséquences de la mondialisation et laissant entendre que ces transformations des modèles alimentaires vont désormais s'accélérer. De plus amples analyses sont en cours.

## Prochaines étapes du projet

Le prix Danone a joué un rôle clé dans l'établissement d'une cohorte de Peuls qui seront suivis au long cours. L'effectif complet prévu de 400 individus qui était ciblé en 2020 sera atteint en 2021, en espérant que la crise sanitaire le permette. Le prix Danone a eu un effet levier majeur pour l'obtention d'autres financements, permettant d'élargir en 2020 la cohorte aux femmes et aux adolescents. L'évolution des données à moyen et long terme permettra de définir la contribution des déterminants précoces et tardifs de la prise de poids et potentiellement de fournir de nouvelles pistes de prévention.

Le couplage des données qualitatives et quantitatives en physiologie nutritionnelle et en anthropologie apporte une approche interdisciplinaire relativement unique pour aborder de façon intégrée et originale la question de la régulation du poids. À terme, il s'agira de l'une des plus grandes populations africaines suivie sur ces questions et suivie avec ces méthodologies.

La faisabilité de ce projet sur le long terme repose sur l'Observatoire Hommes-Milieus International mis en place par le CNRS dans le cadre du Labex DRIIHM\*. Cet observatoire agit comme un creuset unique pour faire émerger des recherches interdisciplinaires et aborder de façon originale des questions complexes, comme la régulation du poids chez l'humain.

**Découvrez l'interdisciplinarité des techniques utilisées dans ce projet en annexe.**

## LES PRIX DE RECHERCHE DE L'INSTITUT DANONE FRANCE POUR LES SCIENCES DE L'ALIMENTATION

Dès sa création, l'Institut Danone France a fait du soutien à la recherche en alimentation une priorité. La nutrition chez l'homme sain commençait à être décrite au début des années 1990. Il était primordial d'encourager cet élan. Cependant, cette discipline était étudiée uniquement sous l'angle de la maladie. La sociologie et la psychologie se sont par la suite emparées de cette question mais sous des angles très différents. C'est pour cette raison que l'Institut souhaite encourager les projets de recherche sur l'alimentation qui englobent plusieurs aspects de cette question complexe.

### LES LAURÉATS 2019

**Pascale Ezan**, vice-présidente en charge de la recherche à l'université Le Havre Normandie et professeur des universités en sciences de gestion.

**Xavier Fioramonti**, chargé de Recherche au département Alimentation Humaine de l'INRA.

#### EFFETS DES RÉSEAUX SOCIAUX SUR LA CONSTRUCTION D'UN NOUVEAU MODE DE VIE EN MATIÈRE D'ALIMENTATION ET DE NUTRITION AUTOUR DU MANGER SAIN CHEZ LES 16-24 ANS

##### Projet de recherche :

Considérant deux faits établis : d'une part, la fréquentation massive des réseaux sociaux par les jeunes et d'autre part, la montée en puissance des communautés virtuelles promouvant un mode vie sain, le projet entend réaliser une étude sur la possible détermination de facteurs numériques dans la mise en œuvre de nouvelles pratiques alimentaires pouvant à terme devenir à risques. Si les déterminants sociaux, psychosociaux et culturels des pratiques alimentaires ont pu faire l'objet de recherches financées au moyen d'études par cohortes, le lien entre communication numérique via des communautés spécifiques type « Fit girls » sur Instagram et leur influence sur la construction de nouvelles représentations de l'alimentation et du rapport au corps a été examiné de manière lacunaire. Il s'agira, par conséquent, grâce à une étude pilote de mettre au jour les déterminants numériques des nouveaux comportements alimentaires, de rendre compte d'un lien potentiel entre exposition à des contenus numériques et comportements alimentaires à risques et de mettre en place des actions de sensibilisation à destination des jeunes en articulant leurs propres discours avec des messages institutionnels.

#### EFFET DU FRUCTOSE SUR LA NEUROINFLAMMATION ET LES ÉMOTIONS : ACTION DIRECTE SUR LE CERVEAU OU INDIRECTE PAR LE MICROBIOTE INTESTINAL ? (MOODYFRUCTOSE)

##### Projet de recherche :

Ces 100 dernières années, les habitudes nutritionnelles ont drastiquement changé dans les pays développés, évoluant vers une plus grande consommation de sucre. On observe plus particulièrement une augmentation de la consommation mondiale de fructose, un édulcorant ajouté en très grande quantité dans les aliments manufacturés (soda, plats industriels, etc.). L'ANSES tire donc la sonnette d'alarme puisque de nombreuses études montrent les effets délétères du fructose sur le fonctionnement du foie et le métabolisme. Des études plus récentes suggèrent même un effet direct du fructose sur le cerveau puisque sa surconsommation est associée à des troubles cognitifs, anxieux et dépressifs. Cependant, aucune donnée claire n'est disponible dans la littérature quant aux effets du fructose sur le cerveau. Notre objectif est donc de comprendre si et comment le fructose agit sur le cerveau et si cela explique l'augmentation des troubles de l'humeur observés chez les individus surconsommant le fructose.

\*<https://ohmi-tessekere.in2p3.fr>

# BIBLIOGRAPHIE

## Modifications du microbiote humain le long d'un gradient d'urbanisation au Cameroun

1. Kinross, J. M., Darzi, A. W. and Nicholson, J. K. (2011). «Gut microbiome-host interactions in health and disease.» *Genome Med* 3(3): 14.
2. Mosca, A., Leclerc, M. and Hugot, J. P. (2016). «Gut Microbiota Diversity and Human Diseases: Should We Reintroduce Key Predators in Our Ecosystem?» *Front Microbiol* 7: 455.
3. Blaser, M. J. and Falkow, S. (2009). «What are the consequences of the disappearing human microbiota?» *Nat Rev Microbiol* 7(12): 887-894.
4. Cho, I. and Blaser, M. J. (2012). «The human microbiome: at the interface of health and disease.» *Nat Rev Genet* 13(4): 260-270.
5. Mancabelli, L., Milani, C., Lugli, G. A., Turrioni, F., Ferrario, C., van Sinderen, D. and Ventura, M. (2017). «Meta-analysis of the human gut microbiome from urbanized and pre-agricultural populations.» *Environ Microbiol* 19(4): 1379-1390.
6. Dikongue, E. and Segurel, L. (2017). «Latitude as a co-driver of human gut microbial diversity?» *Bioessays* 39(3).
7. Yatsunenkov, T., Rey, F. E., Manary, M. J., Trehan, I., Dominguez-Bello, M. G., Contreras, M., Magris, M., Hidalgo, G., et al. (2012). «Human gut microbiome viewed across age and geography.» *Nature* 486(7402): 222-227.
8. Schnorr, S. L., Candela, M., Rampelli, S., Centanni, M., Consolandi, C., Basaglia, G., Turrioni, S., Biagi, E., et al. (2014). «Gut microbiome of the Hadza hunter-gatherers.» *Nat Commun* 5: 3654.
9. Obregon-Tito, A. J., Tito, R. Y., Metcalf, J., Sankaranarayanan, K., Clemente, J. C., Ursell, L. K., Zech Xu, Z., Van Treuren, W., et al. (2015). «Subsistence strategies in traditional societies distinguish gut microbiomes.» *Nat Commun* 6: 6505.
10. Deehan, E. C. and Walter, J. (2016). «The Fiber Gap and the Disappearing Gut Microbiome: Implications for Human Nutrition.» *Trends Endocrinol Metab* 27(5): 239-242.
11. Chabe, M., Lokmer, A. and Segurel, L. (2017). «Gut Protozoa: Friends or Foes of the Human Gut Microbiota?» *Trends Parasitol*, 10.1016/j.pt.2017.08.005.
12. Morton, E. R., Lynch, J., Froment, A., Lafosse, S., Heyer, E., Przeworski, M., Blekhan, R. and Segurel, L. (2015). «Variation in Rural African Gut Microbiota Is Strongly Correlated with Colonization by Entamoeba and Subsistence.» *PLoS Genet* 11(11): e1005658.
13. Parfrey, L.W., Walters, W.A., Lauber, C.L., Clemente J.C., Berg-Lyons, D., Tilling, C., Kodira, C., Mohiuddin, M., Brunelle, J., Driscoll, M., Fierer, N., Gilbert, J.A. and Knight, R. (2014) "Communities of microbial eukaryotes in the mammalian gut within the context of environmental eukaryotic diversity". *Front Microbiol* 5, 298 2
14. Lokmer, A., Aflalo, S., Amougou, N., Lafosse, S., Froment, A., Ekwin-Tabe, F., Poyet, M., Groussin, M., Said-Mohamed, R. and Segurel, L. (2020). "Response of the human gut and saliva microbiome to urbanization in Cameroon". *Scientific Reports*. 10(1):2856
15. Lokmer, A., Cian, A., Froment, A., Gantois, N., Viscogliosi, E., Chabé, M.# and Segurel, L.# (2019). « Use of shotgun metagenomics for the identification of protozoa in the gut microbiota of healthy individuals from worldwide populations with various industrialization levels". *PLoS One*. 14(2):e0211139 #Co-supervised this work
16. Even, G., Lokmer, A., Rodrigues, J., Audebert, C., Viscogliosi, E., Segurel, L.# and Chabé, M.# (in revision in *Frontiers in Microbiology*). "Changes in the human gut microbiota associated with colonization by *Blastocystis* sp and *Entamoeba* spp in non-industrialized populations". #Co-supervised this work.

## Modification de l'alimentation, de l'activité physique et des modes de vie des Peuls au Sénégal selon un gradient de sédentarisation

1. Church, T. S. et al. Trends over 5 decades in U.S. occupation-related physical activity and their associations with obesity. *PloS One* 6, e19657, doi:10.1371/journal.pone.0019657 (2011).
2. Blundell, J. E. & Stubbs, R. J. High and low carbohydrate and fat intakes: limits imposed by appetite and palatability and their implications for energy balance. *Eur J Clin Nutr* 53 Suppl 1, S148-165, doi:10.1038/sj.ejcn.1600756 (1999).
3. Kohl, H. W. et al. The pandemic of physical inactivity: global action for public health. *Lancet* (London, England) 380, 294-305, doi:10.1016/S0140-6736(12)60898-8 (2012).
4. Hall, K. D. et al. Energy balance and its components: implications for body weight regulation. *The American Journal of Clinical Nutrition* 95, 989-994, doi:10.3945/ajcn.112.036350 (2012).
5. Hill, J. O., Wyatt, H. R. & Peters, J. C. The Importance of Energy Balance. *European Endocrinology* 9, 111-115, doi:10.17925/EE.2013.09.02.111 (2013).
6. King, N. A. et al. Metabolic and behavioral compensatory responses to exercise interventions: barriers to weight loss. *Obesity* (Silver Spring, Md.) 15, 1373-1383, doi:10.1038/oby.2007.164 (2007).
7. Pontzer, H. Constrained Total Energy Expenditure and the Evolutionary Biology of Energy Balance. *Exercise and Sport Sciences Reviews* 43, 110-116, doi:http://dx.doi.org/10.1249/jes.0000000000000048 (2015).
8. Pontzer, H. et al. Constrained Total Energy Expenditure and Metabolic Adaptation to Physical Activity in Adult Humans. *Current biology: CB* 26, 410-417, doi:10.1016/j.cub.2015.12.046 (2016).
9. Foright, R. M. et al. Is regular exercise an effective strategy for weight loss maintenance? *Physiology & Behavior* 188, 86-93, doi:10.1016/j.physbeh.2018.01.025 (2018).
10. Leonard, W. R. Measuring human energy expenditure: What have we learned from the flex-heart rate method? *American Journal of Human Biology* 15, 479-489, doi:10.1002/ajhb.10187 (2003).
11. Christopher, L. et al. High energy requirements and water throughput of adult Shuar forager-horticulturalists of Amazonian Ecuador. *American Journal of Human Biology: The Official Journal of the Human Biology Council*, e23223, doi:10.1002/ajhb.23223 (2019).
12. Lightfoot, J. T. Why control activity? Evolutionary selection pressures affecting the development of physical activity genetic and biological regulation. *Biomed Res Int* 2013, 821678, doi:10.1155/2013/821678 (2013).
13. Eaton, S. B., Konner, M. & Shostak, M. Stone agers in the fast lane: chronic degenerative diseases in evolutionary perspective. *The American Journal of Medicine* 84, 739-749, doi:10.1016/0002-9343(88)90113-1 (1988).