



**INRAE**

# Les travaux du département Alimentation Humaine au prisme du nouveau schéma stratégique

2020 > 2021



# Édito



La mission du département Alimentation Humaine est de comprendre les relations entre alimentation et santé de l'Homme, aux échelles individuelles et populationnelles, pour mieux prendre en compte les enjeux de santé et de durabilité des régimes alimentaires.

**AlimH positionne sa stratégie scientifique dans un continuum qui associe recherche fondamentale et recherche finalisée.** Il s'agit de mettre au cœur de nos travaux la connaissance des fondements scientifiques des relations nutrition-santé, des comportements alimentaires et de la toxicologie afin de pouvoir répondre aux enjeux scientifiques et socio-économiques de développement de systèmes alimentaires sains et durables, reposant sur une interaction vertueuse entre offre alimentaire et pratiques de consommation. Ainsi, la finalité de nos recherches est tout à la fois d'accroître la connaissance scientifique aux fronts de la science, d'apporter expertise et appui aux politiques publiques, et de favoriser le transfert et l'innovation de nos recherches vers la Société.

Dans son nouveau schéma stratégique, **AlimH a identifié 5 grands objectifs scientifiques.** Les trois premiers grands objectifs ont pour ambition d'approfondir la connaissance dans les domaines scientifiques phares d'AlimH : biologie et physiologie des relations nutrition-santé, régimes et comportements alimentaires, toxicologie. Les deux autres grands objectifs sont transversaux et prennent le parti d'adresser des enjeux plus globaux et plus opérationnels sur les systèmes alimentaires sains et durables et la Science des données.

**Ce recueil vous invite à découvrir les résultats marquants du département AlimH des années 2020 et 2021 dans le cadre de ce nouveau schéma stratégique.**

Lionel Breillon,  
Chef de département AlimH

GOS 1 >



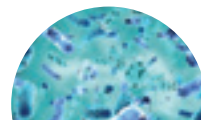
Caractériser et prendre en compte les relations alimentation-santé pour définir les besoins et les moyens d'une alimentation saine et durable

GOS 2 >



Comprendre et agir sur les comportements et les choix alimentaires pour favoriser l'adoption d'une alimentation saine et durable

GOS 3 >



Caractériser et prévenir les risques toxicologiques

GOS 4 > Favoriser les transitions nécessaires au développement de systèmes alimentaires sains et durables

GOS 5 > Développer l'accès et le déploiement des sciences des données pour mieux prédire et analyser le rapport bénéfice/risque d'une alimentation saine et durable

## > Sommaire

CARACTÉRISER ET PRENDRE EN COMPTE LES RELATIONS ALIMENTATION-SANTÉ POUR DÉFINIR LES BESOINS ET LES MOYENS D'UNE ALIMENTATION Saine ET DURABLE .....	P. 2 > 27
COMPRENDRE ET AGIR SUR LES COMPORTEMENTS ET LES CHOIX ALIMENTAIRES POUR FAVORISER L'ADOPTION D'UNE ALIMENTATION Saine ET DURABLE .....	P. 28 > 47
CARACTÉRISER ET PRÉVENIR LES RISQUES TOXICOLOGIQUES .....	P. 48 > 57
FAVORISER LES TRANSITIONS NÉCESSAIRES AU DÉVELOPPEMENT DE SYSTÈMES ALIMENTAIRES Sains ET DURABLES .....	P. 58 > 69
DÉVELOPPER L'ACCÈS ET LE DÉPLOIEMENT DES SCIENCES DES DONNÉES .....	P. 70 > 77
COVID-19 : LES TRAVAUX DE RECHERCHE .....	P. 78 > 83
FOCUS INFRASTRUCTURES .....	P. 84 > 85
FOCUS PARTENARIATS .....	P. 86 > 87
FOCUS APPUI AUX POLITIQUES PUBLIQUES .....	P. 88 > 93
FOCUS SYSTÈMES ALIMENTAIRES ET SANTÉ HUMAINE .....	P. 94 > 96

Caractériser et prendre en compte

# Les relations alimentation-santé

pour définir les besoins  
et les moyens d'une  
alimentation saine  
et durable.

La composition d'une alimentation saine varie en fonction des caractéristiques de chaque individu, de celles des aliments consommés, de leur disponibilité (environnement alimentaire) et des habitudes alimentaires. Dans cette perspective, il est central de s'interroger sur l'importance relative des caractéristiques des individus d'une part et de l'alimentation d'autre part dans la compréhension de la variabilité de la réponse biologique des individus aux aliments et à l'alimentation et aux conséquences sur la santé de l'Homme.



## ➤ La lécithine de colza : un émulsifiant naturel prometteur comme source biodisponible d'oméga 3 essentiel

Les lécithines végétales constituent le principal émulsifiant naturel dans les aliments transformés. Ce sont des ingrédients à la composition et aux propriétés extrêmement variables, dont la consommation sous forme de supplémentation permettrait d'exercer des effets lipo-régulateurs bénéfiques pour la santé. Cependant, les effets des lécithines à des doses plus faibles, comme celles retrouvées dans les aliments, demeurent largement méconnus.

Les chercheurs ont montré chez le rat que la lécithine de colza, riche en acide alpha-linolénique (ALA), un oméga 3 essentiel dont les apports alimentaires doivent être améliorés, permettait d'augmenter de manière dose-dépendante l'absorption intestinale de l'ALA. Plus la dose de lécithine est élevée, plus l'enrichissement en ALA des lipides lymphatiques est précoce.

Ces résultats montrent ainsi que la lécithine de colza permettrait d'améliorer la biodisponibilité de l'ALA par rapport à une huile. Néanmoins, ces effets ne deviennent significatifs que lorsque la lécithine de colza est apportée à une dose de supplémentation. Cette étude souligne l'importance de faire la distinction entre le rôle des lécithines en tant que supplément nutraceutique et en tant qu'ingrédient dans les aliments transformés.

CONTACT > [marie-caroline.michalski@inrae.fr](mailto:marie-caroline.michalski@inrae.fr)  
Référence > doi: 10.1016/j.biochi.2019.11.017 • doi: 10.1093/jn/nxaa244  
Partenaires > CARMEN • ITERG dans le cadre de l'UMT ACTIA BALI • INRIA

## ➤ Une supplémentation nutritionnelle en lipides polaires laitiers diminue les espèces athérogènes de sphingomyélines et céramides dans la circulation sanguine

Les sphingomyélines et les céramides sont des lipides bioactifs importants dans notre organisme. Cependant, une élévation de leur concentration dans la circulation sanguine a été associée aux maladies cardiovasculaires et au diabète de type 2. Or, la matière grasse des produits laitiers en contient une quantité non négligeable, et l'impact de leur consommation sur le profil sanguin des sphingomyélines et céramides restait à étudier.

Dans une étude clinique réalisée chez des femmes ménopausées en surpoids, la consommation de fromages à tartiner enrichis en lipides polaires laitiers pendant 4 semaines a diminué les espèces athérogènes de sphingomyélines et céramides dans la circulation sanguine.

Ces bénéfices ont été observés aussi bien à jeun que dans les heures suivant un repas (période postprandiale), période critique du risque cardiovasculaire. Ces diminutions étaient corrélées à la diminution d'autres marqueurs du risque cardiovasculaire (cholestérol, triglycérides).

Ces effets pourraient être la conséquence de modulations du métabolisme endogène des sphingomyélines et céramides au niveau intestinal, impliquant la diminution de l'absorption et une augmentation de l'excrétion de certaines espèces d'intérêt.

CONTACT > [marie-caroline.michalski@inrae.fr](mailto:marie-caroline.michalski@inrae.fr)  
Référence > doi: 10.1172/jci.insight.146161  
Partenaires > CARMEN • UNH • STLO • MEDIS • ENILIA • ITERG • CNIEL avec la participation du CRNH Rhône-Alpes et du CRNH Auvergne





## Tournesol et colza, des gisements de protéines de très bonne valeur nutritionnelle pour l'Homme

**De par la hausse de la population mondiale et de la consommation dans les pays riches et en voie de développement, la demande en protéines augmente. Il y a un besoin de développer des sources protéiques alternatives, comme les protéines végétales, qui ont l'avantage d'être plus durables que les protéines animales mais qui sont présumées de moins bonne qualité. Par ailleurs, augmenter la part des protéines végétales dans l'alimentation risque d'augmenter la part des surfaces allouées aux cultures. Les chercheurs se sont intéressés aux oléo-protéagineux et à leur potentiel pour l'alimentation humaine. Le tournesol, le colza et le lin, dont les protéines contenues dans les tourteaux représentent une ressource quantitativement importante, ont été étudiés.**



### Le DIAAS : qu'est-ce que c'est ?

La qualité nutritionnelle d'une protéine s'évalue par sa composition en acides aminés indispensables (ceux qui doivent être absolument présents dans l'alimentation) et leur digestibilité. L'équilibre entre acides aminés indispensables digestibles permet de calculer un score de qualité, le DIAAS (Digestible Indispensable Amino Acid Score).

Une première étape du projet a consisté à produire des biscuits contenant ces oléo-protéagineux. Les plantes ont été marquées en plein champ à l'azote  $^{15}\text{N}$ . Elles ont ensuite été déshuilées et les protéines extraites puis purifiées selon des procédés optimisés dans le cadre du projet. Les protéines purifiées ont pu être incorporées dans des biscuits à hauteur de 17% de la masse sèche, avec une qualité organoleptique satisfaisante. Ces biscuits ont ensuite été testés dans une étude clinique avec 31 volontaires sains équipés de sondes intestinales. La digestibilité des protéines et des acides aminés a été mesurée après l'ingestion des 160 g de biscuits enrichis en isolats  $^{15}\text{N}$ .

La digestibilité protéique était de  $81 \pm 6,5\%$  pour le colza,  $86 \pm 4\%$  pour le tournesol, et significativement supérieure pour le lin avec une valeur de  $92 \pm 2\%$ . La digestibilité des acides aminés indispensables suivait la même tendance. La lysine était le moins digestible des acides aminés indispensables pour les 3 produits, avec des valeurs de  $75 \pm 10\%$  pour le colza,  $78 \pm 6\%$  pour le lin et  $87 \pm 4\%$  pour le tournesol.

Au final, la qualité des protéines objectivée par le DIAAS était supérieure à 100 pour le colza malgré sa faible digestibilité mais compensée par son excellent profil en acides aminés. À l'inverse, le lin de bonne digestibilité était pénalisé par sa faible teneur en lysine associée à une digestibilité modérée de la lysine spécifiquement (sûrement due à une dégradation lors de la cuisson dans le biscuit) et était doté d'un DIAAS de 60%. Le tournesol avait un DIAAS de 90% en raison d'une légère insuffisance en lysine.

Les deux gisements de protéines que représentent les cultures de tournesol et de colza s'avèrent de bonne à excellente qualité au regard des besoins en acides aminés de l'Homme. L'ensemble du projet a par ailleurs montré qu'il était possible d'obtenir de bons taux de purification de ces protéines et que des produits alimentaires, tels que des biscuits, enrichis en ces protéines, étaient de qualité organoleptique tout à fait acceptable. Ces résultats permettent donc d'envisager un développement des filières colza et tournesol pour soutenir la demande en protéines végétales de bonne qualité chez l'Homme.



CONTACT > [claire.gaudichon@agroparistech.fr](mailto:claire.gaudichon@agroparistech.fr)

Référence > doi: 10.1093/jn/nxab423

Partenaires > PNCA • Laboratoire Génie des Réactions et Procédés  
Terres Inovia • Avril



## Digestibilité et qualité nutritionnelle de nouvelles sources de protéines

**Les enjeux globaux de changement climatique associés à la croissance démographique incitent à diversifier les matrices alimentaires riches en protéines. Parmi les sources intéressantes et alternatives aux protéines animales, on compte les légumineuses ou les graines de oléo-protéagineux, mais également, de manière plus marginale, les organismes unicellulaires, comme les levures ou les bactéries. Les chercheurs ont déterminé les scores de qualité de nouvelles sources protéiques potentiellement alternatives.**

Les digestibilités d'isolats de protéines de pois et de tournesol déterminées chez le rat et l'Homme étaient très bonnes avec des valeurs proches de 90%. Chez l'Homme, la digestibilité de la zéine extraite du maïs a été déterminée et des valeurs faibles (60-62%) ont été mesurées. Le score de DIAAS de la zéine était proche de 0 en raison des déficiences importantes en acides aminés indispensables dans cette protéine. Enfin, la spiruline a été étudiée chez le rat et des valeurs relativement faibles de digestibilité ont été déterminées (83-86%). De nouvelles études sont actuellement en cours afin d'évaluer la digestibilité d'autres sources de protéines.

Ces résultats viennent alimenter une base de données sur la digestibilité et la qualité des protéines végétales. Cette large base de données demandée par la FAO permettra à terme d'évaluer la qualité nutritionnelle de nombreuses combinaisons d'aliments et d'émettre de nouvelles recommandations.



CONTACT > [juliane.calvez@agroparistech.fr](mailto:juliane.calvez@agroparistech.fr)

Référence > doi: 10.1093/ajcn/nqab354 • doi: 10.1093/jn/nxab423

• doi: 10.1093/ajcn/nqaa274 • doi: 10.1007/s00394-020-02368-0

Partenaires > PNCA • LRGP • Terres Inovia • Roquette

## Tofu et seitan, deux aliments traditionnels avec un apport protéique de qualité contrastée

**Le tofu et le seitan sont des aliments traditionnels d'origine chinoise. Le tofu est obtenu par coagulation du jus de soja. Le seitan est un extrait protéique obtenu à partir de farine de blé complet. Ces aliments riches en protéines, d'origine végétale, connaissent un regain d'intérêt avec l'engouement actuel pour des régimes alimentaires alternatifs (flexitarisme, végétarisme ...). Si la qualité nutritionnelle des protéines de soja et de blé isolées est bien connue, elle n'a jamais été étudiée lorsque ces protéines sont présentes dans un aliment. Or il est clairement démontré que la nature de la matrice alimentaire influence grandement la qualité nutritionnelle. D'où l'importance de déterminer la qualité de l'apport protéique directement sur les aliments prêts à consommer.**

Les chercheurs ont mesuré le score DIAAS du jus de soja, du tofu et du seitan. Le score est élevé pour les aliments à base de soja, qui présente intrinsèquement un bon équilibre en acides aminés indispensables. On peut noter qu'il est légèrement supérieur pour le jus de soja (117%) que pour le tofu (97%), en raison d'une baisse de digestibilité des acides aminés souffrés, probablement liée à la coagulation des protéines lors du passage du jus de soja au tofu. Ce qui souligne une nouvelle fois l'influence de la matrice alimentaire sur la qualité nutritionnelle d'un aliment. Malgré sa digestibilité élevée, le score de qualité protéique du seitan est très bas (30%), en raison de sa trop faible teneur en lysine.

Seitan et tofu sont donc deux aliments protéiques avec des qualités très différentes en termes d'apport protéique. Le premier ne permet pas de couvrir de manière satisfaisante le besoin en lysine, il devra donc être accompagné au sein du repas d'une autre source de protéine riche en lysine. Le tofu assure un apport protéique de qualité. Toutefois, il est important de noter qu'il ne se substitue pas à la viande pour ses apports en fer et zinc assimilables et en vitamine B12.



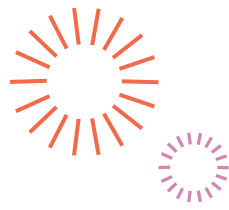
CONTACT > [didier.remond@inrae.fr](mailto:didier.remond@inrae.fr)

Référence > doi: 10.1016/j.foodchem.2020.128020

Partenaires > UNH • STLO • SAS IMPROVE • SayFood



## ➤ La structure de la matrice alimentaire influence l'absorption des lipides et des micronutriments chez l'Homme



**Des apports insuffisants en micronutriments (comme la vitamine D ou la lutéine) ou des niveaux circulants inadéquats de ces micronutriments ont été associés avec un risque d'accru de développer certaines pathologies chroniques et/ou dégénératives. Pour optimiser ces apports, on peut jouer soit sur la composition de l'aliment, soit sur la matrice vectrice de ces micronutriments.**

▲ Douze sujets sains ont consommé des aliments de même composition mais présentant des structures différentes : un biscuit, une génoise, un flan et une crème anglaise. Ces aliments étaient supplémentés en 2 molécules d'intérêt : la vitamine D3 et la lutéine (un caroténoïde). Les chercheurs ont alors suivi les cinétiques d'apparition des triglycérides, de la vitamine D3 et de la lutéine dans le sang des volontaires après ingestion de ces aliments.

La matrice liquide (crème anglaise) a été associée à la réponse postprandiale en triglycérides la plus forte, alors que la variation la plus faible des taux circulants était obtenue suite à l'ingestion de la matrice la plus dure (biscuit). L'absorption de la vitamine D était également significativement plus basse pour la matrice biscuit. Par ailleurs, la matrice biscuit entraînait un retard du pic postprandial en vitamine D et en lutéine par rapport aux autres matrices. Enfin, notre étude a montré que les individus absorbant efficacement les lipides étaient aussi de forts absorbeurs de micronutriments lipidiques.

Ainsi, la structure alimentaire peut être un levier technologique pour optimiser la bioefficacité des aliments supplémentés en vitamine D3 dans un contexte de carences populationnelles généralisées.



**CONTACT** > emmanuelle.reboul@univ-amu.fr  
Référence > doi: 10.1002/mnfr.202000228  
Partenaires > C2VN • STLO • SQPOV • UNH • CHU Clermont-Ferrand

## ➤ La transformation de la pomme n'affecte pas la capacité de ses bioactifs à prévenir des dysfonctions vasculaires

**Une consommation élevée en fruits est associée à une diminution de l'incidence des maladies cardiovasculaires. La pomme est l'un des fruits riches en polyphénols les plus consommés en Europe. Les effets protecteurs de la pomme sont principalement attribués à sa teneur en flavan-3-ols, avec une amélioration de la fonction vasculaire et un effet anti-inflammatoire. Les interactions entre les flavan-3-ols et la matrice de leurs aliments vecteurs peuvent influencer l'absorption de ces composés et par conséquent leur impact sur la santé.**

▲ Dans cette étude réalisée chez le mini-porc, les taux circulants des flavan-3-ols et leurs effets biologiques ont été analysés pour 3 produits : pommes crues, purée et extrait purifié de polyphénols. Aucun impact de la matrice végétale (pomme crue ou purée) sur la cinétique d'absorption postprandiale des flavan-3-ols n'a été observé. Toutefois, les concentrations de flavan-3-ols mesurées au pic d'absorption étaient significativement plus élevées avec l'extrait, suggérant un effet inhibiteur de la matrice.

La matrice a également affecté le profil d'expression des gènes mesurée sur les cellules circulantes. Le plus grand nombre de gènes modulés a été observé en réponse à la pomme et purée, ce qui suggère qu'au-delà des flavanols, ces matrices favorisent l'absorption d'autres bioactifs qui participent à la régulation de l'expression génique. Ces travaux suggèrent que la présence de la matrice alimentaire pourrait favoriser la contribution d'autres composés bioactifs aux effets santé de la pomme.



**CONTACT** > laurent-emmanuel.monfoulet@inrae.fr  
Référence > doi: 10.1039/D0FO00346H  
Partenaires > UNH • SQPOV • C2VN

## ➤ Les conditions agroenvironnementales de culture du colza influent sur la qualité des bioactifs de la graine et retentissent sur la réponse antioxydante chez des souris obèses

**Le potentiel nutritionnel des graines de colza a été négligé jusqu'à présent, alors qu'elles sont riches en bioactifs tels que les polyphénols et les glucosinolates aux effets biologiques intéressants. Ainsi, dans le contexte actuel de transition vers une végétalisation de l'alimentation humaine et compte-tenu de la variabilité des teneurs en ces micronutriments en fonction de la sélection variétale ou des conditions culturelles, l'investigation de l'impact de ces éléments sur la valeur nutritionnelle de la graine est importante.**

▲ Par une approche de métabolomique, les chercheurs ont étudié 64 conditions agronomiques différentes (génotype x géographie) et établi que celles-ci pouvaient moduler effectivement la qualité des graines en bioactifs. En administrant les extraits des graines les plus contrastées pour ces bioactifs à des souris obèses à fort stress oxydant, ils ont constaté que les différences qualitatives dues aux conditions de culture étaient suffisantes pour moduler de façon bénéfique le statut oxydatif des souris.

Cette étude a apporté une première preuve de l'impact des conditions de culture sur les bioactifs du colza et les utilisations en santé dans un modèle préclinique.



**CONTACT** > jean-charles.martin@univ-amu.fr  
Référence > doi: 10.1017/S0960258519000138  
Partenaires > C2VN • EVA • SAS Pivert Terres Inovia

## ➤ Biodisponibilité d'une protéine alimentaire chez l'Homme : effets de la matrice alimentaire et du statut allergique de l'individu



**L'augmentation de la perméabilité intestinale et le passage rapide de faibles quantités de protéines alimentaires dans le sang pourraient participer à la survenue des symptômes généralisés, parfois sévères, observés en allergie alimentaire.**

▲ Ces symptômes peuvent être variables en fonction des individus et de la matrice alimentaire contenant la source allergénique.

Après la mise au point d'une méthodologie originale associant traitement simple de l'échantillon et test ELISA sensible, les chercheurs ont quantifié la présence d'un allergène majeur de l'arachide (la protéine Ara h 6) dans le sang de volontaires après ingestion de faibles quantités d'arachide. L'influence de la matrice alimentaire (cacahuète grillée, beurre, crème dessert et gâteau) sur la biodisponibilité de cette protéine Ara h 6 a alors été évaluée. Enfin, l'intensité du passage dans le sang de ce composé a été comparée entre des volontaires sains et des patients allergiques à l'arachide.

L'absorption diffère entre les individus et selon la matrice alimentaire considérée. Le passage est plus important chez des patients allergiques que chez des individus sains. L'approche développée pourrait rendre compte d'une relation entre la biodisponibilité d'un allergène de l'arachide et la symptomatologie des patients.



**CONTACT** > herve.bernard@cea.fr  
Référence > doi: 10.1111/cea.13706  
Partenaires > MTS • Imperial College London • University of Manchester





## ➤ En cas de surpoids, les fibres alimentaires fermentescibles favorisent la dégradation des lipides dans le muscle par les mitochondries

**L'écart entre la consommation de fibres alimentaires par la population française (environ 20g) et les recommandations du Plan National Nutrition Santé (PNNS) (30 g), est suspecté d'être un facteur de risque d'obésité, de diabète et de maladies cardiovasculaires. Pour corriger cette déficience, les chercheurs ont mis au point un pain enrichi en fibres utilisables par notre microbiote et potentiellement capable d'augmenter la sensibilité à l'insuline et donc limiter le développement du diabète.**

Un mélange de fibres a été développé sur une base de 20% d'inuline, 20% de pectine et 60% d'amidon résistant. Ainsi, la consommation de 250g de ce pain apporte 25g de fibres et permet d'atteindre, voire de dépasser, les recommandations de 30g du PNNS dans le cadre d'une alimentation normale.

Des miniporcs, en situation de développement d'obésité, ont reçu pendant 2 mois 250 g de pain enrichi en fibres ou 250g d'un pain à base de farine raffinée, pauvre en fibres. La prise de poids des animaux ayant reçu l'aliment enrichi en fibres a été réduite dès le 1er mois. Après 2 mois de supplémentation, les fibres ont aussi permis de stimuler, dans le muscle, l'expression de nombreux gènes impliqués dans la dégradation complète des acides gras et de l'activité mitochondriale, mais aussi de nombreux facteurs de régulation de ces activités (PPARα, PGC-1α), limitant ainsi en parallèle le stockage des graisses. L'effet de ces fibres pourrait être dû à l'action de certains composés issus de la digestion des fibres par le microbiote (acides gras à chaînes courtes), de leurs récepteurs dans l'intestin et de médiateurs intestinaux impliqués dans la régulation de l'appétit et l'insulino-sensibilité.

L'ingestion de quantités raisonnables de pain enrichi en fibres fermentescibles est donc un moyen efficace de se rapprocher des apports recommandés en fibres par le PNNS, mais aussi de limiter la prise de poids en favorisant la dégradation musculaire des lipides. Ce pain pourrait être recommandé pour les personnes en surpoids afin qu'elles puissent, sans régime amaigrissant, limiter leur prise poids ainsi que les perturbations métaboliques associées comme le développement de l'insulino-résistance puis du diabète sur le long terme.



**CONTACT > isabelle.savary-auzeloux@inrae.fr**  
 Référence > doi: 10.3390/nu13124202  
 Partenaires > UNH • Metagenopolis • BIA



## ➤ Les FAHFAs, une nouvelle classe de lipides bioactifs aux effets insulino-sensibilisants

**La découverte récente d'une classe de lipides bioactifs, les esters formés d'acides gras et d'acides gras hydroxylés (FAHFAs), ouvre des perspectives prometteuses dans la prévention des désordres métaboliques associés à l'obésité. Les FAHFAs sont synthétisés de façon endogène et sont présents dans de nombreux aliments. Certains d'entre eux, en particulier le PAHSA, possèdent des effets antidiabétiques et anti-inflammatoires.**

Les chercheurs ont déterminé les effets de certains FAHFAs, jamais étudiés précédemment, sur le muscle et le foie. Ces deux tissus ont un rôle majeur dans le métabolisme (dépense énergétique) et dans la sensibilité à l'insuline. Ils ont testé dans un premier temps les effets biologiques de onze FAHFAs sur des myoblastes C2C12 (cellules musculaires) en culture puis en ont sélectionné deux sur la base de ces résultats obtenus in vitro, le 9-PAHPA et le 9-OAHPA, afin d'étudier leur potentiel sur un modèle préclinique.

Les résultats révèlent que les onze FAHFAs sélectionnés diminuent, à des degrés variables, la prolifération des cellules C2C12, probablement en inhibant l'activité mitochondriale, mais n'ont pas d'effet au cours de la phase de différenciation. Chez les souris ayant reçu un régime contrôle supplémenté en 9-PAHPA ou en 9-OAHPA, les chercheurs ont observé une augmentation de la sensibilité à l'insuline. Ils ont également montré que le 9-PAHPA et le 9-OAHPA induisaient au niveau musculaire un fonctionnement plus oxydatif favorable à l'action de l'insuline. Cependant, chez certaines souris, cette hypersensibilité à l'insuline s'accompagne de lésions hépatiques résultant probablement d'une hyper stimulation de la lipogenèse de novo. Sous régime obésogène, l'effet insulino-sensibilisant bénéfique du 9-PAHPA et du 9-OAHPA est retrouvé sans pour autant induire de lésions hépatiques. Globalement, l'ensemble de ces résultats démontre que le 9-PAHPA et le 9-OAHPA possèdent des effets intéressants dans la prévention des désordres métaboliques associés à l'obésité en stimulant la sensibilité à l'insuline. Néanmoins, ces résultats mettent en évidence la complexité d'action des FAHFAs, dont la fonction biologique semble dépendre de leur structure et de leurs tissus cibles.

De nombreux travaux doivent encore être réalisés avant de pouvoir proposer les 9-PAHPA et 9-OAHPA comme nouvelles cibles thérapeutiques pour améliorer la sensibilité à l'insuline dans l'obésité et le diabète.



**CONTACT > christine.coudray@inrae.fr**

Référence > doi: 10.1016/j.jnutbio.2020.108361 • doi: 10.1007/s00394-020-02391-1 • doi: 10.3390/ijms21239046 • doi: 10.1016/j.biochi.2020.12.020  
 Partenaires > DMEM • IBMM • LNC • INSERM • C2VN • Czech Academy of Sciences





## > L'allaitement module le métabolisme de la progéniture et pourrait ainsi limiter le risque de surpoids de l'enfant

**Un environnement périnatal délétère peut conditionner l'apparition plus tard dans la vie de maladies chroniques non-transmissibles. Ainsi, l'obésité qui concerne 15% des femmes en âge de procréer constitue un exemple particulièrement préoccupant de programmation métabolique. Les chercheurs ont émis l'hypothèse que l'allaitement pourrait limiter le risque de surpoids de l'enfant et moduler positivement son devenir métabolique.**

▲ Afin de mieux comprendre les mécanismes mis en jeu dans un contexte obésogène, les chercheurs ont réalisé un phénotypage métabolomique/lipidomique du lait maternel et de la descendance au sevrage dans un modèle de rates recevant un régime riche en lipides mais ne devenant pas obèses pendant la période périnatale.

Le lait mature de mères sur-alimentées présente des teneurs en protéines, lactose et leptine préservées, une baisse du contenu en lipides totaux et en triglycérides, des taux de phospholipides riches en choline inchangés,

mais une plus grande proportion de triglycérides riches en acide oléique et en acides gras poly-insaturés. Une telle composition du lait maternel est associée à des trajectoires pondérales distinctes entre la progéniture mâle et femelle ainsi que des différences dans les lipides circulants. La composition du lipidome sanguin de la descendance est mise en relation avec une bonne régulation du métabolisme des glucides et de l'insulino-sensibilité à l'âge adulte.

L'ensemble de ces résultats démontre que l'ingestion maternelle périnatale d'un régime calorique modéré, riche en acide oléique, influence les profils lipidomiques de la descendance allaitée. Le maintien à l'âge adulte de la sensibilité à l'insuline de la descendance mâle et femelle est à mettre en relation avec le rôle senseur de l'acide oléique, connu pour réduire l'inflammation et la dyslipidémie et préserver l'insulino-sensibilité.

Ces résultats sont à rapprocher des travaux précédents des scientifiques qui avaient montré que des rats qui reçoivent un lait riche en lipides présentent une augmentation de la sensibilité à l'insuline et une accréation adipeuse moindre en réponse à un régime hypercalorique à l'âge adulte. Ces données suggèrent que le ratio lipides/carbohydrates et la nature des lipides du régime alimentaire maternel jouent un rôle dans le devenir de la descendance, tout autant que les apports lipidiques totaux, et sont à mettre en regard des études épidémiologiques récentes qui montrent que le risque d'obésité à long terme est inversement corrélé à l'apport de gras dans les premières années de vie. Une analyse plus fine des voies d'utilisation des substrats énergétiques et de la flexibilité métabolique de la descendance de mères sur-nourries devrait permettre de mieux comprendre les mécanismes mis en jeu.



CONTACT > marie-cecile.alexandre-gouabau@univ-nantes.fr  
vincent.paille@univ-nantes.fr  
Référence > doi: 10.3390/ijms21155428  
Partenaires > PHAN • CRNH Ouest



**Dans les pays à faible et moyen revenu, l'effet protecteur de l'allaitement maternel contre les infections est bien établi mais, dans les pays à revenu élevé, ce rôle majeur de l'allaitement pourrait être limité du fait de meilleures conditions d'hygiène. Par ailleurs, le lien entre cette modalité d'alimentation et la survenue d'allergies est plus controversé. Les chercheurs ont examiné l'association entre l'allaitement et les infections jusqu'à 2 ans et les maladies allergiques jusqu'à 8 ans, en France, un pays à revenu élevé avec une durée d'allaitement relativement courte.**

## > Allaitement et infections dans le contexte français

▲ L'incidence et la récurrence des infections et des symptômes allergiques ont été évalués chez 1 603 enfants de la cohorte mère-enfant d'EDEN. Par rapport aux nourrissons jamais allaités, ceux qui recevaient du lait maternel avaient un risque plus faible d'avoir au moins un épisode de diarrhée dans les premiers mois de vie et des bronchites/bronchiolites peu fréquentes dans la petite enfance. Les nourrissons allaités exclusivement au moins 4 mois avaient également un risque plus faible d'avoir des bronchites/bronchiolites fréquentes dans la petite enfance. Les chercheurs n'ont pas mis en évidence de lien entre l'allaitement et la survenue d'eczéma, d'épisodes de sifflements dans la poitrine ou de crise d'asthme jusqu'à 8 ans.

Cette étude d'observation ne permet pas de déduire un lien de causalité, mais confirme les associations entre l'allaitement maternel et une moindre incidence des infections, même dans un contexte avec une durée moyenne d'allaitement relativement faible et des conditions d'hygiène satisfaisantes.



CONTACT > blandine.delauzon-guillain@inserm.fr  
Référence > doi: 10.1111/mcn.12935  
Partenaires > CRESS • SPI • INSERM



## > Une alimentation maternelle excédentaire en acides gras oméga 6 pendant la gestation et la lactation peut impacter la santé métabolique de la descendance, via notamment une modulation du microbiote intestinal

**La transition alimentaire qui s'est opérée depuis une cinquantaine d'année dans les pays occidentaux a modifié la composition de notre alimentation, avec notamment une augmentation de la consommation d'acides gras polyinsaturés (AGPI) n-6. De nombreuses données épidémiologiques et expérimentales démontrent aujourd'hui l'existence d'une programmation de la santé de la descendance par la nutrition maternelle, via notamment une programmation du microbiote. Des modifications de la composition du microbiote intestinal induites par la consommation d'AGPI n-6 ont été montrées dans divers modèles animaux.**

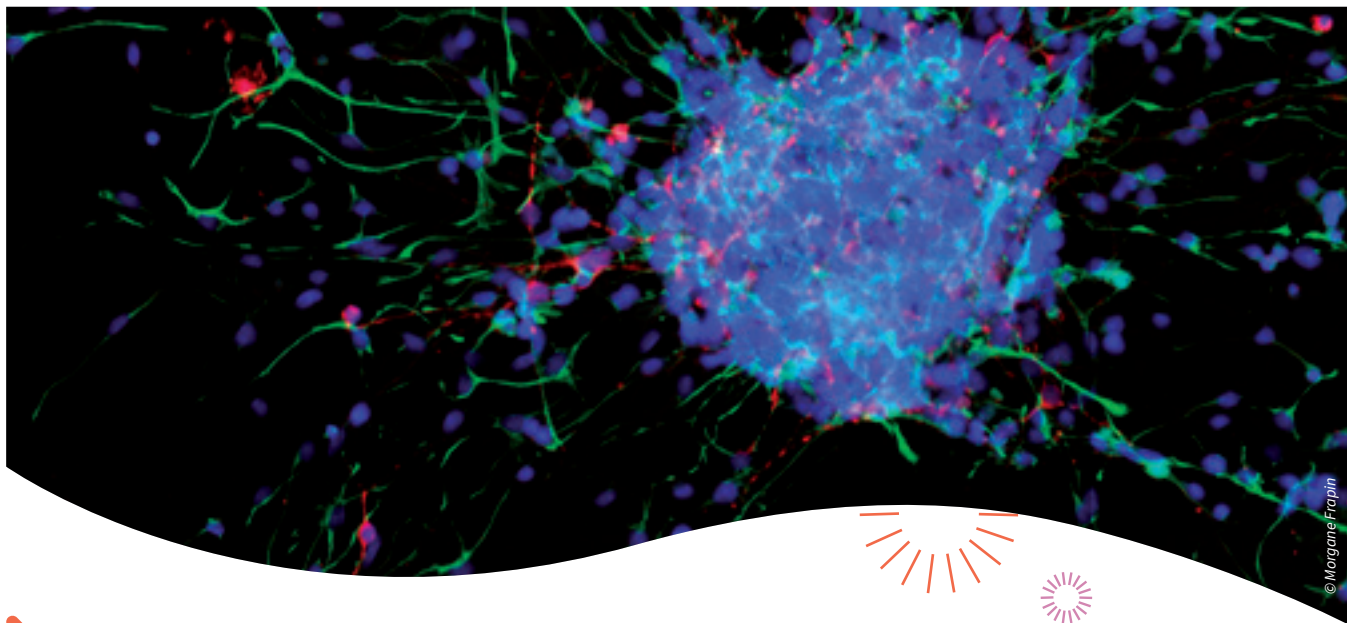
▲ L'objectif de l'étude était d'évaluer chez le rat si la consommation excessive d'acide linoléique (LA) pendant la gestation et la lactation pouvait programmer le métabolisme lipidique de la descendance, via une modification du microbiote intestinal.

Les chercheurs ont effectivement observé, chez de jeunes rats adultes issus des mères ayant reçu un régime riche en LA, un microbiote modifié par rapport à celui des animaux issus des mères ayant consommé une alimentation contrôlée, ainsi que des altérations des défenses intestinales, une inflammation systémique de bas-grade et une hypertrophie du tissu adipeux. Avec l'avancée en âge, un tel effet de l'alimentation maternelle s'estompait, le métabolisme devenant tributaire du régime alimentaire de l'adulte. D'ailleurs, lorsque la diète de l'adulte était également enrichie en LA, apparaissait une stéatose hépatique, en association avec des variations des niveaux d'oxylipines (issus de l'oxydation du LA) plasmatiques et d'acides linoléiques conjugués (issus du métabolisme bactérien) au niveau hépatique.



CONTACT > gaelle.boudry@inrae.fr  
philippe.legrand@agrocampus-ouest.fr  
Référence > doi: 10.3390/nu12113451 • doi: 10.1016/j.jnutbio.2019.108241  
Partenaires > NUMECAN





## L'hypothalamus du fœtus s'adapte à la carence en protéines

**Une nutrition maternelle déséquilibrée pendant la grossesse est susceptible d'avoir un impact négatif sur le développement cérébral du fœtus. Par exemple, un déficit des apports en acides aminés, causé par une malnutrition maternelle ou une pathologie placentaire, peut entraîner un retard de croissance intra-utérin et un risque accru de troubles métaboliques, cognitifs et comportementaux.**

Le cerveau se développe en période périnatale selon un programme cellulaire précis : la neurogénèse a lieu avant la naissance, approximativement entre le 10<sup>ème</sup> et le 18<sup>ème</sup> jour de gestation chez le rat et est suivie de la gliogénèse, de la croissance axonale et de la synaptogénèse qui se déroulent majoritairement après la naissance. La régulation de ces processus dépend d'un contrôle strict de l'expression des gènes qui conditionne le destin cellulaire des cellules souches et progénitrices neurales. Les effets d'une nutrition maternelle déséquilibrée sur ces mécanismes de régulation peuvent conduire à des altérations irréversibles de la structure et du fonctionnement du système nerveux central.

Des analyses cellulaires et moléculaires sur des hypothalamus fœtaux de rat au 17<sup>ème</sup> jour de gestation ont montré qu'une nutrition maternelle carencée en protéines était associée à une altération du métabolisme cellulaire et à des perturbations de la chronologie de la différenciation neuronale/gliale, cruciale pour une bonne organisation du tissu cérébral en période fœtale. Les chercheurs ont également observé que la nutrition maternelle influençait globalement l'expression des gènes de façon plus marquée en période fœtale qu'après la naissance. Ils ont identifié la marque épitranscriptomique m6A, impliquée dans la régulation post-transcriptionnelle des gènes, comme une cible potentielle au niveau moléculaire d'un déficit nutritionnel.

Ces résultats suggèrent que le cerveau fœtal adapte son métabolisme énergétique au déficit en acides aminés. Or, le métabolisme cellulaire influence les capacités de prolifération et de différenciation des cellules souches et progénitrices neurales qui obéissent pendant la période fœtale à un programme strict permettant la genèse des différents types cellulaires constituant le tissu cérébral. Le lien entre l'adaptation métabolique et les conséquences sur la structuration du tissu cérébral est lié au contrôle de l'expression des gènes par des mécanismes de type épigénétiques et épitranscriptomiques. La compréhension de cette association est essentielle à l'identification de nutriments spécifiques qui permettraient de réduire ou de supprimer les effets d'une alimentation déséquilibrée pendant la grossesse.



CONTACT > [valerie.amarger@univ-nantes.fr](mailto:valerie.amarger@univ-nantes.fr)  
Référence > doi: 10.3390/nu12051464  
Partenaires > PHAN • Université de Nantes



## L'enrichissement des préparations infantiles en acides gras polyinsaturés à longue chaîne est associé à un moindre risque de maladies respiratoires chez le jeune enfant

**Suite aux données disponibles suggérant la nécessité d'un apport suffisant en acide gras polyinsaturés (AGPI) pour un meilleur neurodéveloppement chez l'enfant, la nouvelle réglementation européenne rend obligatoire depuis 2020 l'enrichissement de toutes les préparations infantiles (PI) en acide docosahexaénoïque (DHA). Toutefois, l'effet d'un tel enrichissement sur le risque d'infections ou d'allergies a très peu été évalué.**

Certaines études suggèrent que des teneurs élevées en AGPI dans le lait maternel protègeraient des infections et allergies pendant l'enfance. Dans ce contexte, cette étude avait pour objectif d'évaluer les associations entre la consommation d'une PI enrichie en AGPI (DHA, acide arachidonique (ARA), acide eicosapentaénoïque (EPA)) à l'âge de 2 mois et le risque de développer des infections ou maladies allergiques dans l'enfance.

L'étude a porté sur 8389 nourrissons de la cohorte ELFE qui consommaient une préparation infantile à 2 mois (en complément

ou non du lait maternel) et avaient des données relatives aux infections (gastro-intestinales, voies respiratoires inférieures (IVRI) et supérieures (IVRS)) et maladies allergiques (sifflements, eczéma, allergies alimentaires, traitement contre l'asthme) disponibles de 2 mois à 5,5 ans. À 2 mois, 25% des nourrissons recevaient une préparation infantile enrichie en DHA+ARA, et 11% une PI enrichie en DHA+ARA+EPA. Néanmoins, les teneurs en DHA des préparations infantiles enrichies étaient très inférieures aux valeurs minimales fixées par la nouvelle réglementation. Comparés aux nourrissons qui consommaient une préparation infantile non enrichie en AGPI, ceux qui consommaient une préparation infantile enrichie en DHA+ARA+EPA avaient un moindre risque de recevoir un traitement contre l'asthme avant l'âge de 5,5 ans.

En considérant les teneurs en AGPI, les nourrissons qui consommaient une préparation infantile avec une teneur en EPA  $\geq 3,2$  mg/100 kcal avaient un risque plus faible d'avoir une IVRI et de recevoir un traitement contre l'asthme avant 5,5 ans. Lorsque les analyses ont été effectuées dans le sous-échantillon des nourrissons nourris exclusivement avec des préparations infantiles, les nourrissons qui consommaient une préparation infantile avec une teneur en EPA  $\geq 3,2$  mg/100 kcal avaient un risque plus faible d'avoir une IVRI, IVRS et de recevoir un traitement contre l'asthme. L'enrichissement en AGPI n'était pas significativement associé à un moindre risque d'infections gastro-intestinales et d'allergies autres que respiratoires.

La réplication des analyses dans d'autres études observationnelles utilisant des niveaux d'enrichissement recommandés en AGPI (au moins pour le DHA) est nécessaire pour confirmer ces résultats. De plus, les résultats sur l'EPA doivent également être confirmés dans d'autres études.



CONTACT > [blandine.delauzon@inserm.fr](mailto:blandine.delauzon@inserm.fr)  
Référence > doi.org/10.1111/all.15137  
Partenaires > CRESS • MTS • CHRU Nancy • ELFE



## ➤ Le régime post-sevrage et l'obésité maternelle ont des effets différents sur les métabolomes du foie et du cerveau chez la souris

**L'obésité maternelle peut prédisposer aux pathologies métaboliques à l'âge adulte. Une perte de poids préconceptionnelle est recommandée aux femmes obèses, mais ses effets sur la croissance foeto-placentaire et la santé de la descendance à l'âge adulte sont encore peu connus. Les chercheurs ont développé un modèle expérimental pour évaluer les effets métaboliques à long terme, sur la descendance, de l'obésité et de la perte de poids maternelle préconceptionnelle en prenant aussi en compte le régime post-sevrage.**

▲ Dans un article précédent, les chercheurs avaient mis en évidence une prédisposition des descendants mâles de mères obèses à l'obésité induite par le régime, et que la perte de poids maternelle normalise ce phénotype. Grâce à cette nouvelle étude, ils ont mis en évidence que les régimes maternel et post-sevrage ont un effet différent sur le foie, l'hypothalamus et le bulbe olfactif. Le régime alimentaire post-sevrage modifie l'abondance de plusieurs métabolites dans les trois tissus alors que le régime maternel influence l'abondance de deux métabolites uniquement dans le foie. En particulier, l'abondance de l'ansérine est réduite en cas d'obésité maternelle, mais normalisée par une perte de poids préconceptionnelle, quel que soit le régime après le sevrage. L'ansérine est considérée comme un métabolite hépatoprotecteur. De faibles niveaux d'ansérine peuvent donc avoir peu de conséquences métaboliques dans un contexte de régime équilibré. Cependant, dans un contexte obésogène, le foie des descendants de mères obèses peut donc être plus rapidement affecté par les troubles métaboliques, favorisant ainsi stéatose hépatique et obésité.



CONTACT > [anne.gabory@inrae.fr](mailto:anne.gabory@inrae.fr)  
Référence > doi: 10.3390/nu12061572  
Partenaires > BREED • NBO • CEA

## ➤ La concentration en protéines du lait maternel à la 3<sup>e</sup> semaine après la naissance n'est pas associée au neurodéveloppement à 2 ans de l'enfant né prématuré

**Les enfants nés prématurés ont un risque de difficultés scolaires plus grand que les enfants nés à terme et la nutrition est un enjeu majeur de leur prise en charge. L'alimentation des enfants prématurés avec du lait maternel améliore leur neurodéveloppement à moyen terme. Toutefois, la composition du lait maternel, et en particulier la teneur en protéines, varie considérablement d'une mère à une autre. L'objectif de l'étude observationnelle prospective monocentrique LACTACOL était d'analyser la relation entre la concentration en protéines du lait de mère natif (non supplémenté) et le neurodéveloppement à 2 ans du nourrisson né prématuré. Un autre objectif était d'analyser la croissance staturo-pondérale du nourrisson né prématuré jusqu'à 2 ans.**

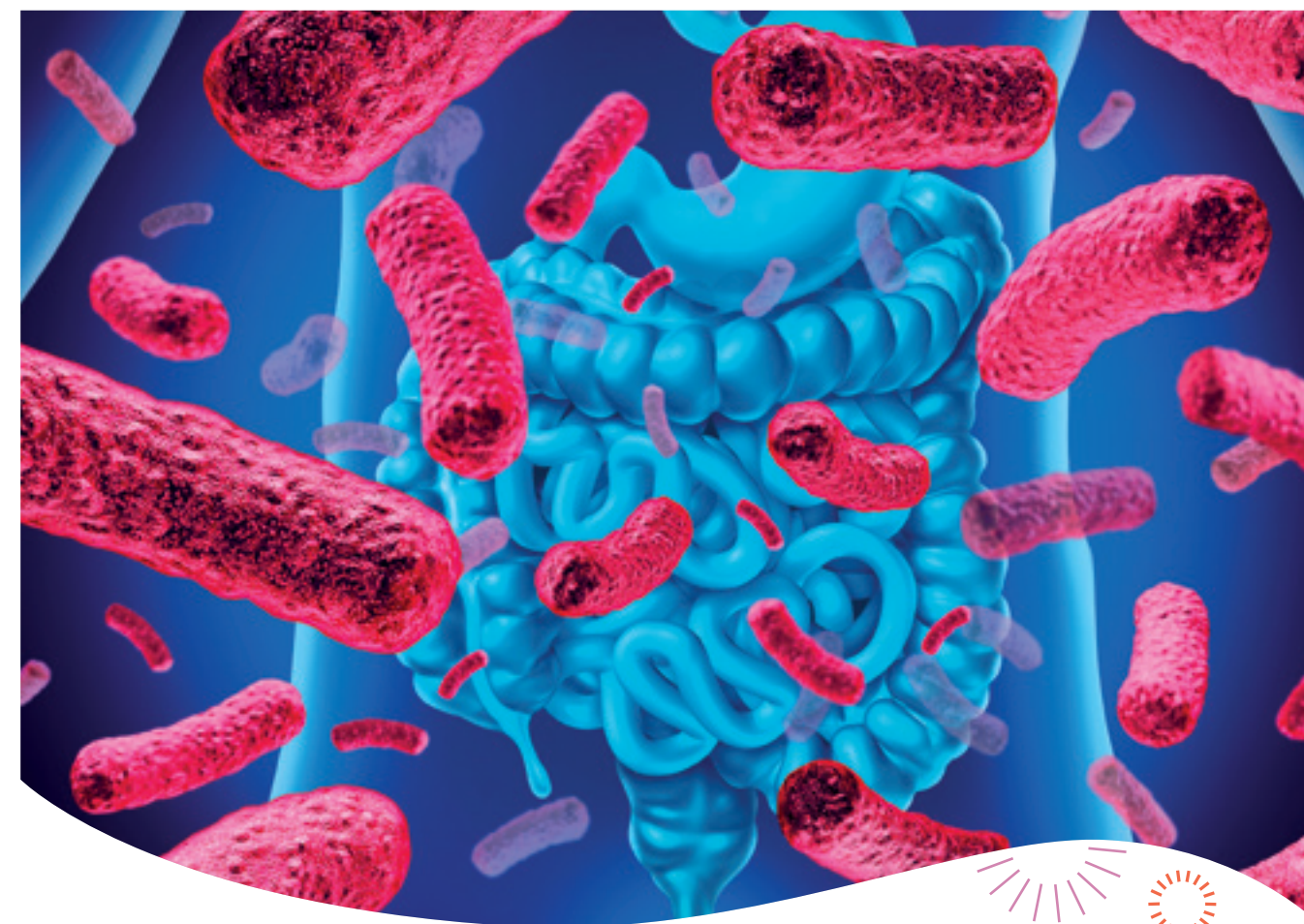
▲ L'analyse principale a porté sur 130 nourrissons (dont 40 jumeaux), nés entre 28 et 34 semaines d'aménorrhée, et 110 mères, décidées à allaiter exclusivement et dont les échantillons de lait maternel ont été prélevés, de la naissance à la sortie d'hospitalisation.

Les laits maternels natifs ont été classés selon leur teneur en protéine. Les laits les plus faibles en protéine étaient associés aux enfants les plus gros à la naissance, en ajustant sur l'âge gestationnel, le sexe et la présence ou non d'un enfant jumeau. Les différences de poids et de périmètre crânien observées à la naissance n'étaient plus observées à 2 ans. Le score ASQ (Ages and Stages Questionnaire), utilisé pour évaluer les résultats du neurodéveloppement des enfants à 2 ans et prédictif significatif des difficultés scolaires à 5 ans, n'a pas permis de détecter de différence en fonction de la teneur en protéines du lait maternel que ces enfants avaient reçu en troisième semaine de lactation. La teneur en protéines du lait maternel n'est donc pas associée au neurodéveloppement des enfants prématurés à 2 ans.

Une des limites de l'étude est que le score ASQ n'est peut-être pas assez précis pour détecter des différences subtiles dans le neurodéveloppement. Ces enfants seront donc suivis jusqu'à 8 ans pour une analyse plus fine de leurs aptitudes scolaires et comportementales.



CONTACT > [clair-yves.boquien@univ-nantes.fr](mailto:clair-yves.boquien@univ-nantes.fr)  
Référence > doi: 10.1007/s00394-021-02562-8  
Partenaires > PHAN • CHU de Nantes • cohorte LACTACOL NCT01493063



## ➤ Grippe : lutter contre les surinfections bactériennes grâce au microbiote

**La grippe et ses complications demeurent un problème important de santé publique et une lourde charge socio-économique. Les campagnes de vaccination et la découverte de nouveaux traitements antiviraux offrent des solutions préventives ou thérapeutiques. Cependant, l'altération des mécanismes de défense contre les infections bactériennes secondaires, qui aggravent considérablement le tableau clinique des personnes grippées, reste un problème majeur.**

▲ Les scientifiques ont montré, chez la souris, que la grippe modifie de façon transitoire la composition et l'activité métabolique du microbiote intestinal, probablement à cause de la réduction de la consommation alimentaire durant la maladie. Lors de la grippe, la production d'acides gras à chaînes courtes par les bactéries du microbiote est également réduite. Or, l'équipe dévoile que ces acides gras favorisent à distance l'activité bactéricide des macrophages présents dans les poumons, modifiant alors le microbiote pulmonaire. La perturbation du microbiote intestinal par la grippe compromet donc les défenses pulmonaires, notamment contre *Streptococcus pneumoniae*, la première cause des pneumonies bactériennes chez l'humain.

Les chercheurs et chercheuses ont par ailleurs démontré que cette sensibilité à la surinfection bactérienne peut être corrigée par un traitement à l'acétate, l'un des principaux acides gras à chaînes courtes produit par le microbiote. Ces travaux pourraient avoir des applications concrètes pour le bien-être des patients infectés, qui seraient mieux armés contre les complications liées à la grippe. Cette découverte représente une avancée majeure dans la compréhension des mécanismes conduisant aux surinfections bactériennes chez les patients grippés. Elle pourrait conduire au développement de nouvelles stratégies nutritionnelles et/ou thérapeutiques visant à mieux contrôler les infections bactériennes.



CONTACT > [muriel.thomas@inrae.fr](mailto:muriel.thomas@inrae.fr)  
Référence > doi: 10.1016/j.jcmet.2020.02.004  
Partenaires > MICALIS • VIM • Centre d'infection et d'immunité de Lille • CNRS • GenoScreen





## Taux d'acides gras polyinsaturés et troubles mentaux : une première piste à explorer

**Les troubles mentaux tels que la dépression, la schizophrénie et les troubles bipolaires sont des maladies classiquement considérées comme distinctes. Pour autant, elles présentent des symptômes communs, suggérant qu'il pourrait exister un continuum entre ces pathologies. Un de ces symptômes est une diminution de la motivation, qui perturbe fortement les capacités des patients dans leur vie de tous les jours (retrait social, perte d'intérêt pour les activités journalières, etc.). Un autre point commun décrit dans la littérature est que les malades atteints par ces troubles ont souvent des taux d'acides gras polyinsaturés n-31 (AGPI n-3) anormalement bas par rapport à des personnes saines. En revanche, l'implication directe d'une telle caractéristique dans le développement des pathologies reste à démontrer.**

Les AGPI n-3 ou oméga 3 sont des constituants essentiels de toutes les membranes cellulaires. Dans le cerveau – très riche en AGPI – ceux-ci s'accumulent majoritairement pendant le développement utérin et proviennent essentiellement de l'alimentation de la mère puisque les mammifères ne sont pas capables de synthétiser de novo ces AGPI n-3. Les chercheurs ont investigué le lien potentiel entre la déficience en AGPI n-3 et la baisse motivationnelle constatée chez les malades

atteints de troubles psychiatriques. Pour mimer cette déficience, ils ont nourri des souris gestantes avec une alimentation fortement carencée en AGPI n-3, puis maintenu la descendance avec la même alimentation carencée. Une fois que les rongeurs ont atteint l'âge adulte, elles sont soumises à des tests de comportements : ces souris présentent un trouble motivationnel très spécifique. L'étape suivante est de comprendre l'origine de ces troubles motivationnels.

Au sein d'une région précise du circuit cérébral de la récompense, les chercheurs ont mis en évidence des connexions entre neurones différentes chez les individus déficients en AGPI n-3. Par des techniques de transgénèse (modification du génome) chez des animaux déficients, ils ont fait produire des AGPI n-3 à une sous population de neurones de cette zone du cerveau, pendant leur développement embryonnaire. Ces neurones ont alors un taux d'AGPI n-3 normal, alors que toutes les autres cellules du corps sont déficientes. Les tests sont sans appel : cette manipulation permet de restaurer les connexions entre neurones, et le trouble motivationnel a disparu confirmant que la diminution des taux d'AGPI n-3 joue un rôle direct dans les troubles de la motivation en modifiant la fonctionnalité de certains types neuronaux.

En parallèle, le test a été mené en complétant l'alimentation avec des AGPI n-3 chez des individus carencés pendant le développement. L'effet bénéfique sur la motivation ne se fait que si la supplémentation a lieu juste après la naissance. Ces résultats ne permettent pour autant aucunement d'établir de lien direct entre l'apport en AGPI n-3 chez la mère et les troubles du comportement dans la descendance. En effet, dans le cas des pathologies concernées, il est probable que, plutôt qu'un déséquilibre alimentaire, ce soit les mécanismes impliqués dans le métabolisme (utilisation) des AGPI qui sont perturbés à cause de gènes potentiellement défectueux chez les patients.

Cette étude constitue un premier pas vers la compréhension des mécanismes et la physiologie des troubles mentaux tels que la dépression, la schizophrénie et la bipolarité, qui expriment des symptômes communs. Il s'agit d'une étude préclinique qui ouvre une piste à explorer afin de prévenir au moins en partie ces troubles.



**CONTACT > pierre.trifileff@inrae.fr**  
 Référence > doi: 10.1016/j.cmet.2020.02.012  
 Partenaires > Nutrineuro • CSGA • Harvard University • University of Guelph



## Des ingrédients marins naturels pour booster le cerveau vieillissant ?

**Des ingrédients santé marins naturels pourraient prévenir le déclin de la mémoire et la perte d'autonomie au cours du vieillissement. C'est ce que suggère une étude rapportant l'effet bénéfique d'un hydrolysat marin obtenu à partir de têtes de sardines, grâce à une double approche in vitro, sur culture cellulaire, et in vivo, sur un modèle préclinique.**

Le vieillissement s'accompagne d'un déclin global des performances cognitives qui se manifeste par des troubles de la mémoire et de la vigilance, pouvant conduire à une perte de la qualité de vie et d'autonomie. Préserver la qualité de vie en favorisant le maintien d'un état cognitif satisfaisant chez les personnes âgées constitue donc un enjeu socio-économique primordial. Dans ce contexte, la nutrition fait partie des pistes innovantes de recherche pour prévenir le déclin cognitif lié à l'âge car il s'agit d'un facteur modulable tout au long de la vie des populations. A ce titre, des chercheurs INRAE ont exploré l'effet d'un hydrolysat marin obtenu à partir de têtes de sardines, grâce à une double approche : in vitro sur culture cellulaire et in vivo sur un modèle préclinique.

Qu'est-ce qui a mis nos chercheurs sur la voie des têtes de sardine ? C'est un coproduit marin peu valorisé actuellement qui contient des oméga-3 et des protéines en grande quantité ! Dans notre alimentation, les oméga-3 à chaîne longue suscitent un grand intérêt en raison de leurs propriétés anti-inflammatoires ; une inflammation chronique à bas bruit étant impliquée dans les altérations cognitives liées à l'âge. Aussi, la richesse en protéines des coproduits de sardines font de ces derniers des candidats d'intérêt pour obtenir par voie enzymatique des peptides bioactifs aux propriétés anti-inflammatoires et anti-stress. Compte-tenu des effets individuels des oméga-3 et des peptides bioactifs, les combiner permet de maximiser leur impact.

Les scientifiques ont travaillé sur un hydrolysat marin contenant des oméga-3 et des peptides bioactifs, obtenu à partir de coproduits de têtes de sardines, par des procédés écoresponsables, doux, sans solvant. Les chercheurs ont démontré, chez la souris, les effets bénéfiques de cet hydrolysat marin sur la mémoire, la réponse au stress et l'inflammation cérébrale au cours du vieillissement, et déterminé les mécanismes impliqués. Le procédé d'obtention de l'hydrolysat marin ainsi que ses effets sur la santé ont fait l'objet d'un dépôt de brevet.

Ainsi, les oméga-3 et les peptides bioactifs représentent une stratégie potentiellement intéressante pour prévenir le déclin cognitif lié à l'âge. Ces résultats sont à confirmer chez l'Homme dans le cadre d'une étude clinique. Les chercheurs ont ainsi prévu d'évaluer, en 2021, l'efficacité d'une supplémentation nutritionnelle avec ces composés pendant 3 mois sur l'évolution de la mémoire dans une cohorte de 50 personnes âgées (60-73 ans) en bonne santé globale présentant un déclin cognitif supérieur à la normale mais non pathologique.



**CONTACT > corinne.joffre@inrae.fr**  
 Référence > doi: 10.3390/nu13030824 • doi: 10.1016/j.bbi.2020.09.022  
 • doi: 10.3390/nu12030647  
 Partenaires > Nutrineuro





## ➤ Effet protecteur de la vitamine A à l'égard des altérations induites par un régime obésogène chez la souris

**Le surpoids affecte de plus en plus d'enfants et d'adolescents chaque année. Il aurait des conséquences néfastes sur leur développement cérébral et leurs capacités cognitives à l'âge adulte, en particulier la mémoire. Or, des données indiquent que les personnes en surpoids présentent un déficit en vitamine A, un micronutriment indispensable pour le maintien de la mémoire. Ce constat a conduit les chercheurs à formuler l'hypothèse selon laquelle un apport enrichi en vitamine A pourrait permettre de prévenir les troubles de mémoire consécutifs à la consommation d'une alimentation obésogène.**

▲ Chez la souris, l'exposition à un régime gras/sucré, couvrant la période de maturation cérébrale de l'adolescence, a perturbé la mémoire de reconnaissance. Ce type d'alimentation a également induit une hyperactivation aberrante des neurones de l'hippocampe associée à une dérégulation de l'activité d'un récepteur impliqué dans le contrôle du stress. Enfin, le régime gras/sucré a augmenté la prise de poids de ces souris, altéré leur statut métabolique ainsi que la composition et la diversité de leur microbiote intestinal.

Ces régimes sont connus pour diminuer la biodisponibilité des certains micronutriments, comme la vitamine A, important pour la plasticité cérébrale et la mémoire. L'enrichissement d'un tel régime gras/sucré avec de la vitamine A a permis de prévenir les troubles de mémoire de reconnaissance et de normaliser les activités neuronales et du récepteur impliqué dans la régulation du stress. De plus, la composition et la diversité du microbiote intestinal ont également été préservées et sont restées comparables à celles du groupe sous régime contrôle. Toutefois, l'enrichissement en vitamine A n'a pas eu d'incidence sur la condition métabolique des souris sous régime gras/sucré.

Ces résultats suggèrent que la vitamine A permettrait le maintien de la mémoire de reconnaissance via une modulation de l'axe microbiote-intestin-cerveau et non du statut métabolique des souris. Il existe plusieurs voies de communication le long de cet axe qu'il reste à identifier.

Cette étude ouvre la voie à l'identification des mécanismes moléculaires et cellulaires qui sous-tendent les effets bénéfiques de la vitamine A à l'égard des altérations induites par un régime gras/sucré. Les résultats de cette étude suggèrent que l'administration de vitamine A par voie nutritionnelle pourrait constituer une stratégie à considérer dans la prévention des altérations de mémoire induites par la consommation chronique d'un régime obésogène.



CONTACT > [guillaume.ferreira@inrae.fr](mailto:guillaume.ferreira@inrae.fr)  
Référence > doi: 10.1038/s41366-020-00723-z  
Partenaires > Nutrineuro • University College Cork



## ➤ Syndrome de l'intestin irritable : un nouveau mécanisme expliquant la douleur abdominale

**Le syndrome de l'intestin irritable (SII) est une pathologie digestive chronique caractérisée par des douleurs abdominales et des troubles du transit. 5 à 10 % de la population serait touchée par le SII mais son origine reste mal connue, ce qui limite sa prise en charge. L'exacerbation des symptômes du SII comme la douleur abdominale peut être provoquée par plusieurs éléments, tels que le stress psychologique ou encore une alimentation inappropriée. Des études menées chez l'Homme ont révélé une réduction de la douleur abdominale chez les patients SII sous régime faible en FODMAPs (fructo-oligo-di-mono- saccharides et polyols fermentescibles) contenus dans certains fruits et légumes, légumineuses, produits laitiers, etc. Chez les patients SII, les régimes faibles en FODMAPs sont efficaces car associés à une moindre fermentation colique et donc une plus faible production de gaz dans l'intestin.**

▲ Des scientifiques se sont donc intéressés à deux métabolites produits par le microbiote intestinal à partir de lactose et d'un sucre complexe (fructo-oligosaccharide), tous les deux à l'origine de la douleur viscérale chez la souris. Ils ont traité des souris adultes avec du lactose et du sucre complexe pendant 3 semaines, dans des quantités qui correspondent à une ingestion modeste chez l'Homme. Ils ont observé que les deux FODMAPs testés induisaient effectivement une douleur viscérale. De plus, la muqueuse intestinale des animaux traités présentait un nombre élevé de cellules immunitaires (mastocytes) retrouvées en grand nombre également dans la muqueuse des patients SII.

A partir de l'analyse de la muqueuse intestinale des souris étudiées, les scientifiques ont pu comprendre ce qui était à l'origine des douleurs associées à la consommation de ces FODMAPs. Par ailleurs, l'administration durant toute la durée du traitement d'un inhibiteur spécifique (pyridoxamine) empêche aussi bien l'apparition de la douleur que l'augmentation du nombre des mastocytes induits par les deux FODMAPs testés.

L'ensemble des résultats de cette étude démontre que les deux FODMAPs étudiés génèrent des substances qui sont à l'origine d'une douleur viscérale et d'un changement de l'immunité de la muqueuse intestinale, deux caractéristiques du syndrome de l'intestin irritable. Cette étude propose un nouveau mécanisme impliqué dans la douleur abdominale des patients SII sensibles aux FODMAPs, et ouvre des pistes thérapeutiques.



CONTACT > [vassilia.theodorou@inrae.fr](mailto:vassilia.theodorou@inrae.fr)  
Référence > doi: 10.1053/j.gastro.2019.10.037  
Partenaires > TOXALIM • Ecole d'ingénieurs de Purpan • Centre de recherches sur la cognition animale





## ➤ Diabète et obésité : disparition du détecteur du glucose au niveau de l'abdomen

**La détection de la concentration sanguine en glucose est primordiale pour l'équilibre de l'organisme des mammifères. Pourtant, il n'existe que deux sites de détection de la concentration du glucose dans l'organisme. Le premier est situé dans le cerveau, au niveau de l'hypothalamus, et décèle principalement les hypoglycémies. Le second est situé dans l'abdomen au niveau de la veine porte, le vaisseau qui draine le sang en provenance du tube digestif. Son rôle est principalement de repérer les hyperglycémies. Cependant les caractéristiques de ce capteur et ses variations, en particulier chez le patient obèse ou diabétique, étaient à ce jour inconnues.**

▲ Afin d'étudier ce capteur directement, les chercheurs ont synthétisé un composé radioactif capable de se fixer sur celui-ci. Ils ont ainsi suivi la densité du capteur au moyen d'une méthodologie innovante d'imagerie moléculaire (PET-CT). Ceci a permis de localiser puis de mesurer l'activité du capteur de détection du glucose au niveau de la veine porte chez des porcs miniatures avant et après prise de poids jusqu'au stade de pré-diabète. Chez les animaux sans surpoids, les scientifiques ont pu déterminer que le capteur s'étend sur une distance réduite à l'entrée du foie et non tout au long de la veine porte. Chez l'animal obèse, le capteur disparaît, supprimant de fait la détection du glucose au niveau de l'abdomen. Ces résultats ont été confirmés par l'enregistrement de l'activité nerveuse issue de ce même capteur : il y a bien suppression du signal vers le cerveau.

La disparition du capteur portal lors de la prise de poids supprime une information capitale pour le cerveau qui ne peut plus correctement évaluer la concentration en glucose dans le sang. La disparition de ce capteur est probablement impliquée dans les événements qui transforment l'obésité en diabète de type II. Mais sa restauration semble possible. La mise au point de cette méthodologie permettant le suivi rapide et non invasif de l'expression de ce capteur représente donc une avancée significative dans le domaine de la médecine personnalisée et ouvre de nouvelles perspectives pour la prévention et le traitement de l'obésité et du diabète.



CONTACT > [charles-henri.malbert@inrae.fr](mailto:charles-henri.malbert@inrae.fr)  
Référence > doi.org/10.2337/db20-0361 • doi: doi.org/10.1111/dom.13956  
Partenaires > ANI-SCAN • Université d'Adelaïde



## ➤ Maintenir l'intégrité des mitochondries pour préserver la masse musculaire

**La diminution de la masse musculaire est l'une des principales conséquences délétères du vieillissement, des maladies et de l'inactivité physique. Cependant, à ce jour, il n'existe pas de traitement optimal de cette atrophie musculaire. Un enjeu clinique majeur est donc d'identifier de nouveaux leviers. Parmi eux, le maintien de mitochondries fonctionnelles (productrices du carburant énergétique de la cellule) conditionne la préservation de la masse et de la fonction musculaire, notamment par l'élimination des mitochondries défectueuses par mitophagie et la synthèse de mitochondries saines.**

▲ Les chercheurs ont précisé les mécanismes permettant l'élimination des mitochondries défectueuses pendant l'immobilisation et la récupération dans plusieurs types de muscle des membres postérieurs. Cette étude indique que les mitochondries sont altérées différemment selon le type de muscle suite à l'inactivité physique. Les protéines permettant de reconnaître les mitochondries défectueuses et de les adresser vers leur dégradation sont spécifiques à chacun des muscles selon la période considérée (immobilisation, récupération)

Les scientifiques étudient actuellement l'impact de stratégies nutritionnelles (ex. acides gras polyinsaturés de type n-3) ou pharmacologiques ayant potentiellement des effets sur le renouvellement des mitochondries. Ces nouvelles informations contribueront à l'élaboration de stratégies adaptées visant à maintenir la masse musculaire et améliorer la santé et la qualité de vie des patients.



CONTACT > [lydie.combaret@inrae.fr](mailto:lydie.combaret@inrae.fr)  
Référence > doi: 10.3390/ijms21103691  
Partenaires > UNH

## ➤ Le couple d'enzymes UBE2L3-MuRF1 : une cible thérapeutique potentielle pour lutter contre l'atrophie musculaire

**De nombreuses situations physiopathologiques sont associées à une atrophie musculaire qui altère la locomotion, la qualité de vie et l'efficacité des traitements. Les approches nutritionnelles et sportives proposées actuellement nécessiteraient d'être combinées à une approche thérapeutique pour lutter efficacement contre cette atrophie.**

▲ Le rôle majeur établi du système Ubiquitine-Protéasome (UPS) dans le développement de l'atrophie musculaire en fait une cible thérapeutique de choix. MuRF1, un des composants de l'UPS, est impliqué dans la dégradation des protéines contractiles, les principales protéines du muscle. Les chercheurs ont montré que l'enzyme UBE2L3 est partenaire de MuRF1 et qu'elle prend part à la dégradation des protéines contractiles actine et myosine dans des cellules musculaires en culture, et in vivo dans les muscles de souris soumises à une atrophie induite. Identifier les composants de l'UPS aboutissant à la dégradation des protéines musculaires et comprendre leur fonctionnement est un enjeu majeur pour le développement de stratégies thérapeutiques luttant contre l'atrophie musculaire.



CONTACT > [cecile.polge@inrae.fr](mailto:cecile.polge@inrae.fr)  
Référence > doi: 10.3390/CELLS10081974  
Partenaires > UNH • University of Padua





## ➤ De nouvelles perspectives de traitement de l'intolérance au gluten grâce au microbiote intestinal

**La maladie cœliaque se caractérise par une intolérance au gluten, une protéine qui se retrouve couramment dans l'alimentation notamment dans certaines céréales comme le blé. Les patients souffrant de cette pathologie doivent suivre un régime alimentaire strict et contraignant, visant à exclure le gluten, pour diminuer leurs symptômes. Plusieurs facteurs rentrent en ligne de compte dans le déclenchement de la maladie, notamment génétiques et immunitaires.**

▲ Comme la pathologie se caractérise par une inflammation de l'intestin, les chercheurs se sont interrogés sur le rôle du microbiote intestinal. Chez les sujets sains, certaines bactéries du microbiote utilisent notamment le tryptophane, un acide aminé qui se retrouve dans l'alimentation, pour produire de nouveaux composés appelés dérivés indoles qui vont activer les récepteurs AhR (pour Aryl hydrocarbon Receptor ou récepteur Aryl hydrocarbure) présents sur des cellules de l'intestin. L'activation de ces récepteurs génère des effets bénéfiques comme le renforcement de la barrière intestinale ou la stimulation de l'immunité, atténuant alors l'inflammation de l'intestin et préservant l'équilibre du microbiote intestinal. L'équipe de recherche avait déjà montré dans d'autres maladies inflammatoires de l'intestin (maladie de Crohn et rectocolite hémorragique) une altération du microbiote avec en particulier un défaut de production de ces dérivés du tryptophane et donc une réduction de l'activation des récepteurs AhR.

Les chercheurs ont analysé les selles d'une cohorte de 29 patients, soit souffrant d'une maladie cœliaque active, soit atteints de maladie cœliaque et traités depuis 2 ans par un régime sans gluten, et des volontaires sains, non affectés par la maladie cœliaque.

Leurs résultats révèlent que l'on détecte, chez les patients souffrant d'une maladie

cœliaque active, une quantité réduite de dérivés indoles du tryptophane et une activation diminuée des récepteurs AhR. Les scientifiques ont observé, outre une inflammation, une modification du microbiote intestinal se traduisant par une réduction des microorganismes métabolisant le tryptophane et produisant les dérivés indoles nécessaires à l'activation des récepteurs AhR.

Pour déterminer l'impact d'un défaut de production de dérivés indoles par le microbiote intestinal dans le développement de la maladie cœliaque, les chercheurs ont modulé l'alimentation de souris modèles développant une maladie similaire à la maladie cœliaque : soit par un apport supplémentaire de tryptophane, que l'on retrouve essentiellement dans les aliments protéinés (viande, foie, volaille, poisson, produits laitiers, fruits secs, soja...) ; soit par un apport de la bactérie probiotique *Lactobacillus reuteri* qui produit des dérivés indoles à partir du tryptophane. Leurs résultats montrent qu'une alimentation enrichie en tryptophane provoque un changement dans le microbiote de l'animal caractérisé par une augmentation de microorganismes produisant les dérivés indoles activant les récepteurs AhR. Lorsque les souris ont été exposées au gluten, l'inflammation intestinale de celles nourries avec une alimentation enrichie en tryptophane était réduite par rapport à celles recevant un régime classique. Les mêmes résultats ont été constatés pour les rongeurs ayant reçu le probiotique *Lactobacillus reuteri*.

De plus, l'alimentation enrichie en tryptophane ou l'apport de la bactérie probiotique a permis une amélioration significative des lésions de la maladie cœliaque chez les souris lorsqu'elles sont exposées au gluten.

Cette étude ouvre de nouvelles perspectives thérapeutiques pour les patients atteints de maladie cœliaque dont le seul traitement existant pour le moment est un régime sans gluten strict et contraignant. Ces travaux menés par un consortium de recherche international composé d'équipes de l'Université de McMaster, d'INRAE, de Sorbonne Université, de l'Inserm, de l'AP-HP et de l'université de Wageningen, ont donné lieu à un brevet qui propose une approche thérapeutique reposant sur la modulation de l'activation d'AhR via une alimentation riche en tryptophane et la prise de probiotiques, pour le traitement de la maladie cœliaque. Des études complémentaires sont nécessaires pour confirmer les résultats chez l'Homme, mais cette nouvelle piste thérapeutique permettrait une amélioration des symptômes et de la qualité de vie des patients atteints de la maladie cœliaque.



CONTACT > bruno.lamas@inrae.fr • harry.sokol@inrae.fr  
philippe.langella@inrae.fr  
Référence > doi: 10.1126/scitranslmed.aba0624  
Partenaires > MICALIS • McMaster University • Sorbonne Université • Inserm • AP-HP • Mayo Clinic College of Medicine • Wageningen University



## ➤ Des bactéries intestinales responsables des pathologies du foie : le mécanisme expliqué

**Lors d'études précédentes, les chercheurs ont montré un lien entre le microbiote intestinal et la stéatose hépatique non alcoolique, une pathologie du foie. Cependant, les espèces bactériennes responsables et les mécanismes impliqués restaient largement inconnus.**

▲ En collaboration avec l'Université de Shanghai, les chercheurs ont d'abord montré qu'une bactérie, *Enterobacter cloacae* B29, isolée de l'intestin d'un patient obèse chinois, était capable d'induire chez des souris une obésité et des pathologies hépatiques associées. Une mutation de la voie de synthèse des endotoxines de cette bactérie lui fait perdre sa capacité à induire la stéatose hépatique non alcoolique. Cette étude constitue ainsi la première identification d'une bactérie intestinale capable d'induire une pathologie du foie et démontre le rôle joué par des composants de sa paroi.



CONTACT > philippe.gerard@inrae.fr  
Référence > doi: 10.1128/mBio.03263-19  
Partenaires > MICALIS • Shanghai Jiao Tong University

## ➤ Escherichia coli : une espèce bactérienne qui stimule l'expression de gènes intestinaux impliqués dans la défense de l'hôte

**Les probiotiques sont définis comme des micro-organismes vivants non pathogènes qui confèrent des avantages pour la santé à l'hôte, lorsqu'ils sont administrés en quantités adéquates. Bien que les probiotiques les plus fréquemment utilisés soient des bactéries lactiques, principalement les genres *Lactobacillus* et *Bifidobacterium*, il a également été démontré que certaines souches d'*E. coli* ont des effets bénéfiques sur la santé humaine.**

▲ Symbioflor2® est un produit probiotique composé de 6 génotypes d'*Escherichia coli* qui a un effet bénéfique chez des patients souffrant du syndrome du côlon irritable. Pour comprendre l'impact de chacun des 6 génotypes de Symbioflor2® sur l'hôte ainsi que leur impact combiné, les chercheurs ont travaillé chez la souris sans flore intestinale mais inoculée avec l'un des 6 génotypes ou par le produit composé. Après transplantation, un profil d'expression des gènes iléaux et coliques a été établi et les données obtenues ont été comparées avec celles issues de souris mono-colonisées par le probiotique de référence *E. coli* Nissle 1917.

Les chercheurs ont montré que les génotypes de Symbioflor2® induisent une réponse transcriptionnelle intestinale de gènes impliqués dans les mécanismes de défense et dans l'immunité innée. Les résultats révèlent aussi que le produit suscite une réponse équilibrée de l'hôte sans aucune prédominance d'un seul génotype.



CONTACT > claire.cherbuy@inrae.fr  
Référence > : doi: 10.3390/MICROORGANISMS8040512  
Partenaires > MICALIS • SymbioPharm



## ➤ Effet du propionate, issu de la fermentation des fibres alimentaires, sur le système immunitaire

**Le microbiote intestinal constitue un écosystème complexe essentiel pour la défense de l'hôte contre les infections. Tandis que le système immunitaire de l'hôte régule le microbiote intestinal, le microbiote est également capable de moduler les cellules immunitaires, signifiant que l'hôte et les commensaux forment un équilibre finement régulé.**

Malgré l'augmentation de l'incidence et de la prévalence, les causes exactes des maladies inflammatoires chroniques de l'intestin (MICI) demeurent obscures, et disséquer l'interaction du microbiote intestinal avec le système immunitaire est une priorité pour comprendre la pathogenèse et définir de nouvelles stratégies thérapeutiques. Les métabolites issus de la fermentation des fibres participent à un équilibre finement régulé entre le système immunitaire et le microbiote intestinal. Les chercheurs ont révélé que ces métabolites, tel que le propionate, inhibent des cellules immunitaires inflammatoires résidentes au niveau de la muqueuse intestinale, notamment chez des patients atteints de maladies inflammatoires chroniques de l'intestin. Ce travail offre de nouvelles stratégies thérapeutiques potentielles pour prévenir la progression du cancer et les processus inflammatoires chroniques.



CONTACT > [marie-laure.michel@inrae.fr](mailto:marie-laure.michel@inrae.fr)  
Référence > doi: 10.1016/j.celrep.2021.109332  
Partenaires > MICALIS • Hôpital Saint-Antoine • Institut Pasteur Lille

## ➤ Le devenir clinique des nouveau-nés grands prématurés : certaines pratiques précoces pourraient favoriser la maturation du microbiote et améliorer le développement de ces enfants

**En France, environ 60 000 enfants naissent prématurément chaque année. La colonisation du tube digestif par les bactéries dans les premières semaines de vie est cruciale au regard des conséquences sur la santé à court terme (complications au cours de l'hospitalisation) et à long terme (obésité, diabète, troubles neurologiques) chez le prématuré.**

Les travaux menés par les chercheurs indiquent que la composition du microbiote intestinal du nouveau-né prématuré varie fortement selon la prise en charge ainsi que les stratégies thérapeutiques mises en place par les unités de soins intensifs néonataux (notamment la promotion du peau-à-peau et la moindre utilisation de la sédation et de la ventilation assistée). En outre, la «maturation» du microbiote intestinal dans les premières semaines de vie semble associée à la survie et au neurodéveloppement de l'enfant à 2 ans, suggérant que des stratégies précoces basées sur le microbiote pourraient améliorer le pronostic des nouveau-nés grands prématurés.



CONTACT > [patricia.lepage@inrae.fr](mailto:patricia.lepage@inrae.fr)  
Référence > doi: 10.1001/jamanetworkopen.2020.18119  
Partenaires > MICALIS • PHAN • INSERM • APHP



## ➤ Rôle du microbiote intestinal dans l'initiation de l'inflammation hypothalamique à l'origine de perturbations de la balance énergétique lors de l'exposition à un régime occidental chez les rongeurs.

**Une des conséquences de la consommation d'un régime de type occidental (riche en lipides et sucres simples et pauvre en fibres) à l'origine du surpoids et de l'obésité est la mise en place précoce d'une inflammation de bas-grade au niveau du cerveau et plus particulièrement de l'hypothalamus. Cette inflammation faible mais chronique perturbe le fonctionnement de cette structure cérébrale largement impliquée dans le contrôle de l'équilibre entre les apports et les dépenses énergétiques de l'individu, maintenant ce déséquilibre au profit d'une surconsommation alimentaire, accentuant la prise de poids.**

Comprendre l'origine de cette inflammation hypothalamique permettrait de proposer des solutions préventives ou curatives pour atténuer cette inflammation centrale et prévenir la prise de poids excessive. Les chercheurs ont émis l'hypothèse que les changements précoces de composition ou d'activité du microbiote intestinal lors de la consommation d'un régime occidental chez le rat participaient à la mise en place de l'inflammation hypothalamique. En utilisant une approche multi-omique comprenant une analyse des variations de composition du microbiote intestinal par séquençage de l'ADNr 16S et de son activité métabolique par spectrométrie de masse en parallèle d'une analyse métabolomique de l'hypothalamus dans les premiers jours qui suivent l'introduction d'un régime occidental chez le rat, les chercheurs ont montré que les variations d'abondance de différents consortia bactériens et de concentration de 6 métabolites de la lumière intestinale étaient fortement associées à l'apparition d'un stress oxydant dans l'hypothalamus, première étape de l'inflammation. L'association entre microbiote intestinal et stress oxydant a été confirmée chez des rats axéniques chez qui, la consommation d'un régime occidental n'induisait pas de surexpression des enzymes de la machinerie anti-oxydante au contraire des rats porteurs d'un microbiote conventionnel.

L'identification des métabolites de la lumière intestinale mis en lumière dans ce projet devrait permettre d'explorer les voies de communication entre l'intestin et le cerveau impliquées dans la mise en place du stress oxydant afin à terme de proposer des stratégies ciblant le microbiote intestinal et l'intestin pour prévenir l'inflammation hypothalamique.



CONTACT > [gaelle.boudry@inrae.fr](mailto:gaelle.boudry@inrae.fr) • [veronique.douard@inrae.fr](mailto:veronique.douard@inrae.fr)  
Référence > doi: 10.1038/s41366-021-00796-4  
Partenaires > NUMECAN • UNH • LS2N • CSGA





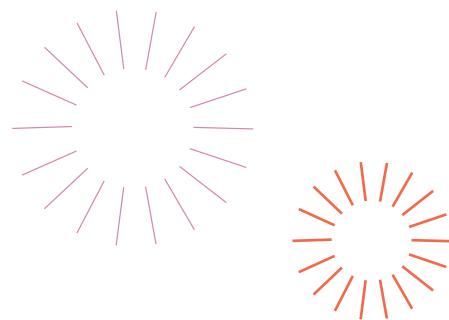
## ➤ Des combinaisons spécifiques de prébiotiques du lait maternel pour le traitement des coliques du nourrisson

**Les coliques du nourrisson sont des troubles fonctionnels intestinaux transitoires mais courants, se traduisant notamment par des douleurs abdominales. Sur le plan thérapeutique, les traitements actuels sont peu satisfaisants. Le lait maternel humain reste la référence pour assurer le bon développement et la croissance du nourrisson. Sa composition contribue à l'implantation du microbiote intestinale, l'éducation du système immunitaire et la mise en place des fonctions cognitives du nourrisson. Parmi les composants impliqués dans ces phénomènes, les oligosaccharides du lait maternel humain (HMOs) jouent un rôle important.**

Les teneurs et compositions en HMOs varient d'une mère à l'autre et tout au long de la lactation. Les travaux menés par les chercheurs, dans un modèle murin caractérisé par une augmentation de la douleur abdominale induite par le stress, permettent de définir des combinaisons spécifiques de HMOs ayant comme effet la diminution de la douleur abdominale. Ces résultats contribuent à apporter à terme une solution dans le traitement symptomatique de la douleur abdominale chez les nourrissons souffrant de coliques. Au-delà de cet apport notre étude permet une meilleure compréhension du rôle des acteurs impliqués dans cet effet bénéfique des HMOs notamment celle du microbiote intestinal et de neuromédiateurs d'origine colique comme la sérotonine et l' $\alpha$ -CGRP.



CONTACT > [helene.eutamene@inrae.fr](mailto:helene.eutamene@inrae.fr)  
Référence > doi: 10.1016/j.jnutbio.2021.108865/  
Partenaires > TOXALIM • Nestlé



## ➤ Spécificités du microbiote intestinal à Madagascar : une diversité et des fonctions microbiennes étroitement liées à la présence de parasites intestinaux et à l'alimentation

**Les interactions entre le microbiome procaryote et les parasites eucaryotes dans l'intestin des vertébrés peuvent affecter la santé globale de l'hôte et l'apparition de pathologies. Bien que les zones intertropicales présentent un taux élevé d'individus porteurs de parasites (avec ou sans symptômes), ces interactions sont peu étudiées dans ces populations. Par ailleurs, les avancées sur le microbiome humain et ses potentielles applications en santé humaine (transplantation fécale, rôle du microbiome dans les pathologies chroniques, perte de diversité microbienne, impact des expositions environnementales, etc) se sont majoritairement concentrées sur des populations occidentales et il semble urgent d'étendre ses connaissances aux pays à faibles et moyens revenus.**

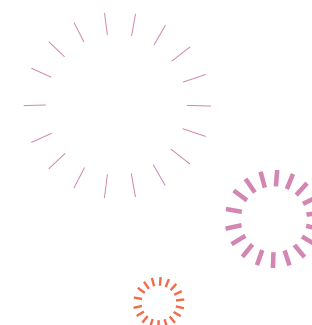
Sur l'île de Madagascar, à Mahajanga, le portage parasitaire humain est fréquent et principalement représenté par *Blastocystis* (78% des individus). Les enjeux des travaux étaient de décrire le microbiome intestinal d'une cohorte d'individus vivant à Madagascar, d'identifier les associations potentielles entre les taxons bactériens et les parasites colonisant le tube digestif et de mettre en évidence les principaux déterminants de la composition du microbiote intestinal dans ce pays en développement.

Des métadonnées (socio-économiques, alimentaires, cliniques) et des échantillons fécaux ont été collectés auprès de 219 volontaires à Mahajanga (Nord-Ouest de Madagascar). Sur la base de leur microbiome intestinal, ces individus pouvaient être stratifiés en 3 groupes ou entérotypes, très différents de ceux observés dans les populations occidentales, avec notamment la quasi-absence du genre bactérien *Bacteroides*. Le régime alimentaire (consommation de riz et de fruits notamment) et le portage de protozoaires étaient les principaux facteurs impactant la composition du microbiote. Un portage élevé de protozoaires était associé à une plus grande diversité, richesse et des fonctionnalités microbiennes spécifiques. A l'inverse, les consommateurs de yaourts (artisanaux ou industriels) présentaient des proportions plus élevées de *Lactobacillus* et étaient moins fréquemment colonisés par des protozoaires.

Le rôle des parasites intestinaux dans la diversité et la richesse microbienne ainsi que dans l'abondance faible des bactéries du genre *Bacteroides* reste à élucider. Cette richesse microbienne intestinale pourrait constituer une niche de prédilection pour la colonisation des protozoaires, de même que les parasites pourraient eux-mêmes induire une plus grande richesse bactérienne.



CONTACT > [patricia.lepage@inrae.fr](mailto:patricia.lepage@inrae.fr)  
Référence > doi: 10.1038/s41598-021-96967-4  
Partenaires > MICALIS • Université de Strasbourg • CHU de Clermont-Ferrand • Facultés des Sciences de Toliara • Université de Mahajanga • CHU Mahavoky Atsimo • Madagascar







Comprendre et agir sur les

# comportements et les choix alimentaires

pour favoriser l'adoption  
d'une alimentation saine  
et durable.

Les travaux du département Alimentation humaine visent à comprendre par quels mécanismes moléculaires, cellulaires, biologiques, neurobiologiques, physiologiques et psychologiques, les comportements alimentaires s'ancrent au cours des trajectoires de vie et de santé et quels en sont les déterminants. Les chercheurs étudient les évolutions des comportements alimentaires avec l'âge, les expositions, les expériences et les transitions alimentaires.

Les périodes du sevrage, de la diversification alimentaire, les changements de mode de vie (acquisition ou perte d'autonomie, vie en couple, veuvage), les modifications du statut métabolique et physiologique (perte et gain de poids) font l'objet d'une attention particulière.

## > Immersion dans un supermarché virtuel : les consommateurs regardent-ils les produits à base de légumes secs ?

Les légumes secs sont considérés comme des aliments particulièrement adaptés pour contribuer à une alimentation plus saine et durable. Cependant, en France, leur consommation est très faible malgré les recommandations des pouvoirs publics. Un obstacle potentiel à la consommation des légumes secs pourrait être leur disposition dans les supermarchés.

En effet, dans les supermarchés français, les légumes secs ne bénéficient pas de rayons spécifiques, alors que c'est le cas au Royaume-Uni et aux États-Unis. En France, les légumes secs peuvent être trouvés dans plusieurs rayons d'un supermarché (dans la zone des fruits et légumes ; dans le rayon des féculents ; à côté des plats cuisinés, dans le rayon des conserves) et sous différents types de présentation (bruts, en conserves, prêts à consommer). Les chercheurs ont étudié le comportement visuel des consommateurs vis-à-vis des légumes secs à l'aide d'un dispositif de réalité virtuelle. 108 participants (51 hommes, 57 femmes) ont été immergés dans un supermarché virtuel. Grâce à une méthodologie de type eye-tracking, les chercheurs ont étudié comment les participants regardaient les légumes secs présents dans différents rayons. Ils ont constaté que les légumes secs n'attiraient pas le regard du consommateur de façon systématique, surtout lorsque ces légumes secs étaient présentés dans les rayons des produits secs et en conserve. En revanche, les participants les regardaient plus dans les rayons des produits frais et des plats préparés. De plus, lorsque différentes catégories d'aliments étaient présentées à parts égales dans les rayons, les légumes secs ont plus attiré le regard des consommateurs que les légumes mais moins que les féculents et que les produits d'origine animale. Ce résultat suggère que les consommateurs attribuent donc une attention visuelle différente à chaque groupe d'aliments.

Ces résultats pourraient être utilisés pour mettre en place des stratégies spécifiques à développer dans les supermarchés afin d'attirer l'attention des consommateurs sur les légumes secs et ainsi encourager leur choix, ce qui *in fine* augmenterait leur consommation.



CONTACT > [stephanie.chambaron-ginhac@inrae.fr](mailto:stephanie.chambaron-ginhac@inrae.fr)  
Référence > [doi.org/10.3389/frvir.2021.655273](https://doi.org/10.3389/frvir.2021.655273)  
Partenaires > CSGA • STRATEGIR





## La réaction des consommateurs face à l'enrichissement de la viande avec des anti-oxydants

**Le cancer colorectal est le troisième type de cancer le plus courant et le quatrième cause fréquente de décès par cancer dans le monde. Selon le World Cancer Research Fund (WCRF), il existe des preuves épidémiologiques solides que la consommation de viandes transformées augmente le risque de cancer colorectal. Sur la base de ces études épidémiologiques, l'OMS a classé en 2015 la consommation de viande transformées comme cancérigène pour l'Homme. Des études expérimentales ont permis de proposer le rôle central du fer héminique et des nitrites pour expliquer l'effet des viandes transformées sur le risque et d'identifier que les antioxydants limitent ce risque, ouvrant ainsi la voie à une reformulation des viandes transformées permettant un enrichissement en antioxydant. Si l'efficacité biologique de cette reformulation a été établie dans plusieurs études, l'attitude des consommateurs face à cet enrichissement est encore inconnue. Cependant, elle peut être étudiée à l'aide de protocoles expérimentaux permettant de tester leurs réactions avant la mise sur le marché de tels produits.**

▲ Une expérimentation économique a été menée pour évaluer les attitudes des consommateurs par rapport à deux jambons fictifs, associés à différents risques de cancer colorectal. Les chercheurs ont comparé un jambon conventionnel et un nouveau jambon hypothétique enrichi en antioxydants, ce dernier présentant un risque réduit de provoquer un cancer colorectal. Les participants à l'étude ont reçu une description des deux jambons avant de procéder à des séries successives d'évaluations des consentements à payer. Les résultats montrent que le consentement à payer moyen est plus élevé pour le jambon enrichi en antioxydants que pour le jambon conventionnel. Les consentements à payer ont également été impactés par la révélation d'informations supplémentaires sur la réduction du risque de cancer colorectal associé au jambon enrichi en antioxydants. Sur la base des consentements à payer des participants, les chercheurs ont estimé ex ante les impacts économiques liés à la possible introduction du jambon enrichi en antioxydants sur le marché, et ils suggèrent qu'il serait efficace, au niveau biologique comme au niveau du comportement des consommateurs, de promouvoir ce nouveau produit. La concurrence provenant des étiquetages et des labels déjà existants pourrait considérablement limiter le potentiel de vente de ce jambon enrichi en antioxydants. Cela suggère des approches alternatives comme l'enrichissement obligatoire en antioxydants de tous les jambons vendus. Ces résultats concernent également tous les pays à forte consommation de viande transformée.

La méthode économique utilisée permet de nourrir le débat sur les options de politiques publiques, en considérant précisément les réactions des consommateurs face à de nouveaux aliments. Comme certains de ces aliments n'existent pas encore sur le marché, les méthodes expérimentales permettent d'anticiper les réactions des consommateurs et leurs consentements à payer pour des produits virtuels, ou en cours de développement.



CONTACT > [fabrice.pierre@inrae.fr](mailto:fabrice.pierre@inrae.fr)  
Référence > doi: 10.3390/nu13051542  
Partenaires > TOXALIM • ECO PUB



## À l'origine de la satiété, des cellules du cerveau qui changent de forme après un repas

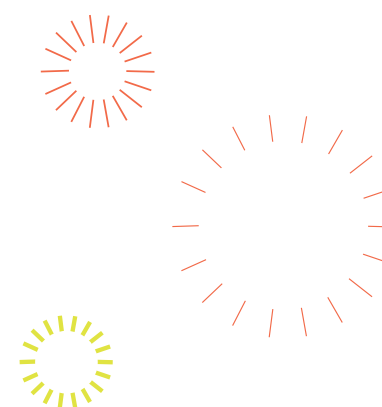
**Les circuits de neurones qui gouvernent les sensations de faim et de satiété dans notre cerveau ont la capacité de modifier leurs connexions, ce qui permet d'ajuster le comportement alimentaire aux conditions de vie et de maintenir un équilibre entre apports et dépenses énergétiques. Les scientifiques soupçonnent d'ailleurs que cette plasticité pourrait être altérée chez les sujets obèses.**

▲ Une nouvelle étude menée chez la souris révèle que ces circuits de neurones sont activés à l'échelle d'un repas, ce qui contribue à la régulation du comportement alimentaire. Mais cette activation ne passe pas par un changement dans les « branchements » du circuit.

Les scientifiques se sont intéressés aux neurones pro-opiomelanocortin (POMC) de l'hypothalamus, situés à la base du cerveau. Ceux-ci sont connus pour limiter la prise alimentaire. Ils reçoivent un grand nombre de terminaisons nerveuses provenant d'autres régions du cerveau et les connexions de ce circuit sont malléables : elles peuvent se faire et se défaire très rapidement au gré des fluctuations hormonales. Les chercheurs ont observé qu'après un repas équilibré, ce circuit neuronal n'est pas modifié. En revanche, d'autres cellules nerveuses associées aux neurones POMC, les astrocytes, changent de forme.

Les astrocytes sont des cellules nerveuses en forme d'étoiles, d'abord décrites pour leur rôle de support des neurones. Dans les conditions habituelles, ils recouvrent étroitement les neurones POMC et agissent un peu à la manière de plaquettes de frein, limitant leur activité. Après un repas, le taux de glucose dans le sang (glycémie) s'élève transitoirement et ce signal est ressenti par les astrocytes qui se rétractent en moins d'une heure. Le « frein » étant levé, les neurones POMC se trouvent activés, ce qui favorise in fine le sentiment de satiété.

De manière étonnante, un repas riche en graisses n'induit pas ce remodelage. Est-ce à dire que les lipides sont moins efficaces pour couper la faim ? Les scientifiques cherchent à déterminer s'ils ne déclencheraient pas la satiété par un autre circuit. Il reste aussi à savoir si les édulcorants ont les mêmes effets ou s'ils sont de véritables leurres pour le cerveau, qui ne procurent que la sensation sucrée addictive sans couper la faim.



CONTACT > [alexandre.benani@cnr.fr](mailto:alexandre.benani@cnr.fr)  
Référence > doi: 10.1016/j.celrep.2020.02.029  
Partenaires > CNRS UMR6265 • CSGA



## ➤ Le statut nutritionnel et pondéral module l'anxiété, le comportement alimentaire et les réponses cérébrales au sucre chez le modèle miniporc.



**Chez un individu adulte, des variations du statut pondéral et/ou de l'environnement nutritionnel peuvent-elles favoriser l'émergence de troubles cognitifs ou les contrecarrer ? Pour répondre à cette question, les chercheurs ont suivi une cohorte de miniporcs adultes, un modèle privilégié en nutrition et neurosciences du fait de sa proximité avec l'Homme.**

Les chercheurs ont suivi 28 miniporcs de poids normal et recevant une alimentation soit équilibrée soit enrichie avec du gras et du sucre. Parmi ces animaux, 20 ont été nourris à volonté jusqu'à une situation d'obésité avant de subir une perte de poids induite soit par un régime restrictif, soit par une chirurgie de type by-pass gastrique.

Les chercheurs ont montré qu'un régime enrichi en gras et en sucre altère la mémoire de travail des animaux de poids normal tout en induisant des anomalies cérébrales proches de celles détectées en situation d'addiction. Chez ce modèle expérimental, l'obésité a été source d'anxiété, d'une perte de motivation, et de grignotages, certains de ces critères étant améliorés après la perte de poids. Les animaux ayant subi une perte de poids induite par un régime ou un by-pass étaient comparables, mais le by-pass a révélé davantage d'activité dans le striatum dorsal, zone impliquée dans le plaisir et la motivation, habituellement peu active chez les obèses. Les tests de choix alimentaire mettent en exergue une plus grande variabilité de consommation chez les animaux opérés.

La qualité de l'alimentation, le fait de prendre du poids, mais aussi la manière d'en perdre, pourraient donc avoir un rôle déterminant dans la modulation de certains processus neurocognitifs impliqués dans le comportement alimentaire.



CONTACT > david.val-taillet@inrae.fr  
Référence > doi: 10.1038/s41598-020-76910-9  
Partenaires > NUMECAN • ANI-SCAN • CHU de Rennes

## ➤ Consommation d'aliments ultra-transformés par les pesco-végétariens, végétariens et végétaliens ou véganes

**Le développement du marché des produits de substitution à destination des végétariens, dont beaucoup sont des aliments transformés ou aliments ultra-transformés, suggère que les végétariens en consomment de plus en plus afin de remplacer les aliments d'origine animale. La part des aliments ultra-transformés dans l'alimentation des végétariens et des véganes serait donc en augmentation**

Dans le cadre de l'étude Nutrinet-Santé, les chercheurs ont comparé 4 groupes de consommateurs selon les types de régimes alimentaires : 19 812 omnivores, 646 pescovégétariens, 500 végétariens et 254 véganes. Comparativement aux omnivores, les végétariens étaient plus jeunes, plus susceptibles d'être des femmes, d'avoir un niveau d'activité physique moyen ou élevé, un niveau d'études supérieur, d'avoir un IMC plus

bas et de vivre seuls sans enfant. Les aliments ultra-transformés représentaient 33,0 % de l'apport énergétique des omnivores, 32,5 % de l'apport énergétique des pesco-végétariens, 37,0 % de celui des végétariens et 39,5 % de celui des véganes. Au-delà du total d'aliments ultra-transformés consommés, les grands consommateurs d'aliments ultra-transformés, quel que soit leur type de végétarisme, avaient une consommation plus faible de fruits, légumes, céréales non cuites, noix et graines et une consommation plus élevée de galettes végétariennes, de boissons végétales, de snacks salés et de produits et boissons sucrés. Enfin, il a été montré qu'une augmentation de la durée du régime ou de l'âge de l'individu au début du régime était associée à une plus faible consommation d'aliments ultra-transformés.

Tous les végétariens et véganes n'ont pas nécessairement une alimentation favorable à la santé. Ainsi, la part d'aliments ultra-transformés dans l'alimentation permettra de définir une nouvelle typologie de végétariens, qui pourra être utilisée dans des études sur le lien entre végétarisme et santé.



CONTACT > b.alles@eren.smbh.univ-paris13.fr  
Référence > doi:10.1093/JN/NXAA196  
Partenaires > CRESS • Hôpital Avicenne



## ➤ Odeurs non-conscientes et trop plein d'informations : lien entre surpoids et environnement obésogène ?



**L'environnement alimentaire, comme les images ou les odeurs, peut influencer le comportement des individus et ce, alors même qu'ils n'y prêtent pas attention. Des chercheurs ont montré que, par exemple, une odeur d'aliment gras-sucré donne plus envie de choisir des gâteaux qui correspondent à cette odeur. Mais ces odeurs ont-elles une influence sur notre contrôle et notre inhibition vis-à-vis de ces aliments caloriques ? Le statut pondéral joue-t-il aussi un rôle ?**

Pour cette étude, les chercheurs ont fait réaliser une tâche cognitive informatisée à des individus de poids normal, en surpoids ou souffrant d'obésité : ils devaient détecter des images cibles et ignorer des images distrayantes en fonction des consignes entendues, sans qu'ils soient informés qu'ils étaient exposés à des odeurs. En effet, les personnes portaient un casque avec un micro pour entendre les instructions, et la mousse recouvrant le micro était imprégnée subtilement d'une odeur, soit de poire (aliment peu calorique), soit de quatre-quarts (aliment calorique), soit non odorisée.

A l'écran, des images d'aliments et d'objets apparaissaient successivement. Les participants devaient, soit détecter les images d'aliments et ignorer les images d'objets, soit l'inverse. Ces deux consignes alternaient plusieurs fois, ce qui augmentait temporairement le nombre d'informations à retenir, et donc, la difficulté de la tâche (aussi appelée « charge cognitive »). Le temps de réaction et les capacités de contrôle ont été mesurés en situation de charge cognitive (plus ou moins d'informations à retenir) et selon l'exposition à différentes odeurs.

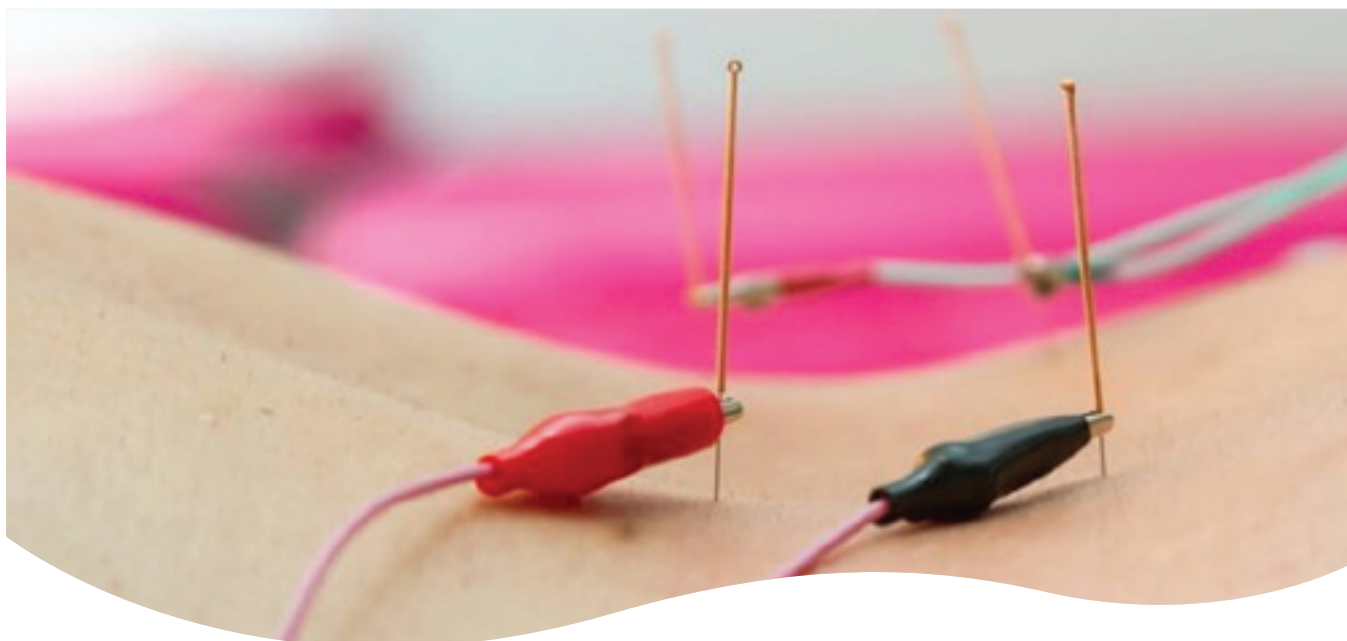
Les résultats indiquent que les odeurs, même non attentivement perçues, ont eu un impact sur la réactivité puisque les participants en surpoids et souffrant d'obésité étaient plus lents lorsqu'ils avaient été respectivement exposés à une odeur de poire et de quatre-quarts que lorsqu'ils n'avaient été exposés à aucune odeur. Les odeurs n'ont pas eu d'effet sur le contrôle inhibiteur quel que soit le statut pondéral des individus. En revanche, la charge cognitive a une influence puisque les participants en surpoids ont fait plus d'erreurs et ont eu plus de difficultés à se contrôler face aux images d'aliments quand ils avaient une quantité d'informations importante à garder en mémoire. Ainsi, bien que l'attention des individus souffrant d'obésité soit automatiquement plus attirée par des images d'aliments caloriques lorsqu'ils sont exposés à une odeur d'aliment gras-sucré, cela ne semble toutefois pas affecter leurs capacités de contrôle.

Ces travaux permettent de mieux comprendre comment le traitement cognitif d'informations de l'environnement peut influencer le comportement alimentaire chez des personnes de statuts pondéraux différents et d'identifier quelles sources de vulnérabilité peuvent les amener à avoir des comportements délétères pour leur santé.



CONTACT > stephanie.chambron-ginhac@inrae.fr  
Référence > doi: 10.1371/journal.pone.0228830  
Partenaires > CSGA • CHU de Dijon





## ➤ Modulation de l'axe intestin-cerveau par l'électroacupuncture en vue d'un traitement innovant contre l'obésité : preuve de concept chez le modèle miniporc

**L'acupuncture traditionnelle et une de ses thérapies dérivées, l'électroacupuncture (EA), sont de plus en plus utilisées dans le contexte de diverses pathologies, notamment gastro-intestinales, ou pour améliorer la gestion du stress. En contexte d'obésité, la plupart des études mécanistiques ont été menées chez les rongeurs et aucune étude d'imagerie n'a validé chez l'Homme la capacité de l'EA à moduler des zones du cerveau impliquées dans le comportement alimentaire ou les émotions. L'objectif de ce travail était de sélectionner des combinaisons de points d'acupuncture particulièrement prometteuses en contexte d'obésité, de mettre en place une stratégie d'EA chez le modèle miniporc, très proche de l'Homme, et d'identifier par imagerie fonctionnelle les zones cérébrales modulées par l'EA avant la mise en place d'une étude chez l'Homme.**

▲ Sur la base de la littérature en acupuncture humaine et vétérinaire, nous avons identifié trois combinaisons d'acupoints susceptibles de moduler l'axe intestin-cerveau et les déterminants neurocognitifs du comportement alimentaire. Ces trois combinaisons (4 acupoints chacune) incluaient 2 points bilatéraux au niveau dorsal, 2 points bilatéraux au niveau des membres postérieurs, ou 3 points abdominaux associés à 1 point céphalique. Une quatrième combinaison servant de contrôle a inclus 4 sites (sur les membres postérieurs) ne correspondant pas à des acupoints. La combinaison abdomino-encéphalique a induit durant la session d'EA une réduction des taux de ghréline plasmatique et de la température cutanée au niveau des acupoints, une modification du tonus vagal, ainsi qu'une augmentation de l'activité cérébrale évaluée par IRMf dans le striatum dorsal (plaisir et motivation), le cortex cingulaire et le cortex préfrontal (contrôle inhibiteur du comportement alimentaire et prise de décision). Ces résultats ont permis de sélectionner cette combinaison pour un traitement chronique (12 sessions EA sur 4 semaines) chez des miniporcs obèses, démontrant la mise en place d'une plasticité fonctionnelle dans ces mêmes zones cérébrales.

Cette étude est la première preuve de concept ayant permis l'implémentation de l'électroacupuncture chez le modèle miniporc dans le contexte de l'obésité et du contrôle du comportement alimentaire. Il s'agit désormais de mettre en relation ces modifications d'activité cérébrale engendrées par l'EA avec les données obtenues sur la physiologie de la nutrition et le comportement alimentaire, afin de justifier la mise en place d'une étude clinique sur patients humains en Chine.

CONTACT > david.val-laillet@inrae.fr

Référence > doi: 10.1155/2021/6663397 • doi: 10.1007/s40519-020-00864-0

Partenaires > NuMeCan • Guangzhou Rui Xingtang Chinese medicine limited liability company • Guangzhou University of Chinese Medicine • Panyu Central Hospital



## ➤ Existe-t-il des différences de capacités olfactives selon le statut pondéral ?

**L'olfaction est un sens remarquable qui est déterminant pour les comportements alimentaires. De manière distale, l'olfaction permet la localisation et l'identification des aliments et oriente ainsi les choix alimentaires, tandis que de manière proximale, elle participe à la perception de la flaveur globale et contribue ainsi à la détection des propriétés liées aux aliments. Les capacités olfactives globales peuvent être décrites en termes de détection et d'identification. La détection est la capacité à détecter les odorants et renvoie à la sensibilité olfactive. L'identification est la capacité à nommer correctement une odeur, et elle repose davantage sur des aspects cognitifs, tels que les capacités verbales et les connaissances. Dans la littérature scientifique les relations entre capacités olfactives et obésité ne sont pas consensuelles : pour certains auteurs, les capacités olfactives globales semblent plus faibles chez les personnes souffrant d'obésité par rapport aux individus normo-pondéraux, alors que d'autres auteurs ont observé que les personnes souffrant d'obésité pourraient avoir une sensibilité accrue aux odeurs alimentaires.**

▲ L'objectif de cette étude était d'évaluer les capacités olfactives pour des odeurs alimentaires et non alimentaires chez des adultes de trois catégories pondérales : normale (indice de masse corporelle -IMC- : 18,5-24,9 kg/m<sup>2</sup>), en surpoids (IMC : 25-29,9) et souffrant d'obésité (IMC ≥ 30). Pour ce faire, le test ETOC (European Test of Olfactory Capabilities) a été utilisé. Ce test clinique standardisé mesure les capacités de détection et d'identification olfactives supraliminales. Cent quatre-vingt-quatre hommes et femmes (41 normo-pondéraux avec un IMC moyen de 22,00, 45 en surpoids avec un IMC moyen de 27,33, et 38 en obésité avec un IMC moyen de 36,03) ont passé ce test.

Les résultats montrent que, dès lors que l'on utilise un test standardisé pour mesurer les capacités de détection et d'identification, tant pour les odeurs alimentaires que pour les odeurs non alimentaires, il n'existe aucune différence de performance entre les individus quels que soient leurs statuts pondéraux. De plus, nos résultats confirment que l'âge diminue le score de détection et que les hommes ont des scores d'identification plus faibles que les femmes. De manière originale, une tendance à une meilleure identification des odeurs non alimentaires a été constatée pour les individus en surpoids et obésité comparativement aux individus normo-pondéraux.

De tels résultats encouragent à bien distinguer les odeurs alimentaires et non alimentaires lors des mesures des capacités olfactives en lien avec le statut pondéral. Afin d'être encore plus précis, des recherches futures devraient être menées en contrôlant des variables comme le statut hormonal, ainsi que des facteurs comme la familiarité et l'hédonicité des odeurs employées dans les tests. En effet, les capacités olfactives dépendent du contexte d'encodage des odeurs et de la mémoire des individus.

CONTACT > stephanie.chambron-ginhac@inrae.fr

Référence > doi: 10.1007/s12078-021-09294-3

Partenaires > CSGA • CHU de Dijon





## ➤ Des morceaux dans l'assiette de bébé !

**Proposer des aliments texturés aux nourrissons rapidement après le démarrage de la diversification alimentaire est essentiel pour leur apprendre à bien mastiquer et développer un répertoire alimentaire sain. Or, les purées restent privilégiées par de nombreux parents pendant la première année de vie, alors que les enfants sont capables de manger des textures plus complexes. La question de la texture n'étant pas abordée dans les recommandations de santé publique, les chercheuses ont développé des recommandations et des conseils pour sensibiliser, guider et inciter les parents à introduire des aliments de textures plus variées, suffisamment tôt (à partir de 8 mois).**

▲ L'étude a porté sur soixante familles : 30 ont reçu ces nouvelles recommandations en plus des informations courantes (carnet de santé), 30 ont reçu les informations courantes uniquement. Ces familles ont été suivies pendant 7 mois, de 8 à 15 mois. A l'issue de l'intervention les chercheuses ont étudié les pratiques de nourrissage des parents à l'aide d'un questionnaire et l'acceptabilité par l'enfant d'aliments de textures très différentes lors d'un repas au laboratoire.

Les parents ayant reçu les recommandations ont introduit plus de petits morceaux mous que les parents ne les ayant pas reçues, avec une différence dans le même sens mais non significative pour les morceaux plus gros ou plus durs. De plus, les pratiques parentales de nourrissage étaient significativement associées aux comportements des enfants. Les enfants recevant davantage d'aliments de textures différentes étaient ceux qui mangeaient fréquemment avec les doigts, et qui avaient peu de haut-le-cœur. Inversement, certains groupes d'enfants recevaient moins d'aliments de textures différentes : les aînés par rapport aux cadets, de même que les enfants nourris principalement avec des produits pour bébé du commerce comparativement à ceux qui recevaient des aliments fait maison.

Au laboratoire, les enfants qui acceptaient le mieux des aliments de différentes textures étaient ceux à qui les parents avaient proposé une large variété de textures, confirmant ainsi l'effet positif des expositions de l'enfant à des textures variées sur le développement de ses compétences orales et de l'acceptabilité des aliments.

Les recommandations développées forment une première base contribuant au développement des futures recommandations de santé publique pour les jeunes enfants.



CONTACT > [sophie.nicklaus@inrae.fr](mailto:sophie.nicklaus@inrae.fr) • [carole.tournier@inrae.fr](mailto:carole.tournier@inrae.fr)  
Référence > doi: 10.1016/j.appet.2020.104989  
Partenaires > CSGA • SayFood



## ➤ Appétit précoce et pratiques parentales vis-à-vis de l'alimentation dans la petite enfance

**Des résultats récents suggèrent que les pratiques parentales vis-à-vis de l'alimentation pourraient être influencées par le sexe, la corpulence ou le comportement alimentaire de l'enfant. Les chercheurs ont étudié les associations entre la susceptibilité génétique de l'enfant à l'obésité ou son appétit précoce et les pratiques parentales à 2 ans.**

▲ L'étude a porté sur 1358 enfants de la cohorte EDEN. La susceptibilité génétique de l'enfant à l'obésité n'était pas associée aux pratiques parentales à 2 ans. L'appétit entre 4 et 24 mois était positivement associé aux pratiques parentales restrictives pour tous les enfants, mais de manière plus importante chez les filles que chez les garçons. Chez les garçons, en comparaison à un appétit intermédiaire, un appétit important entre 4 et 24 mois était associé à plus d'utilisation de la nourriture pour gérer les émotions de l'enfant. Une pression parentale plus importante était exercée à la fois chez les enfants avec un faible appétit et chez ceux avec un appétit important.



**Un appétit important est associé à une plus forte restriction parentale, notamment chez les filles.**

Ces résultats constituent une première étape pour comprendre le rôle des pratiques parentales vis-à-vis de l'alimentation dans la croissance précoce des enfants. Ainsi, dans la mesure où la restriction alimentaire permet, chez l'adulte, de modérer l'association entre la susceptibilité génétique à l'obésité et l'IMC, il serait intéressant d'étudier si le même effet modérateur peut être observé chez l'enfant avec la restriction parentale, ou si celle-ci joue plutôt un rôle de médiateur entre l'appétit précoce et la croissance.



CONTACT > [blandine.delauzon@inserm.fr](mailto:blandine.delauzon@inserm.fr)  
Référence > doi: 10.3390/nu13051468  
Partenaires > CRESS • ELFE • Université de Cambridge

## ➤ La consommation d'aliments issus de l'agriculture biologique pendant la diversification alimentaire

**Le recours aux aliments issus de l'agriculture biologique et leurs effets sur la santé demeurent insuffisamment étudiés, en particulier pendant la période des 1000 jours. Les chercheurs ont cherché à caractériser le recours aux aliments issus de l'agriculture biologique (AB) durant la période spécifique de la diversification alimentaire, en s'intéressant d'abord au profil socioéconomique et culturel des familles mais aussi aux caractéristiques de santé et aux autres dimensions de l'alimentation.**

▲ L'étude a porté sur 9764 nourrissons de la cohorte ELFE. Pendant la diversification alimentaire, 51% des nourrissons n'ont jamais consommé d'aliments AB, 24% parfois, 15% souvent et 9% toujours ou presque toujours. La consommation d'aliments AB était associée positivement à l'âge des mères, à leur niveau d'études et au fait d'avoir un emploi pendant la grossesse. Les consommateurs d'aliments AB avaient des revenus plus élevés que les non consommateurs d'aliments AB. Par contre, chez les consommateurs d'aliments AB, le revenu n'était pas plus élevé chez les consommateurs fréquents que chez les consommateurs peu fréquents. Les nourrissons ayant des frères et sœurs consommaient moins d'aliments AB pendant la diversification. Concernant les caractéristiques de santé, la consommation d'aliments AB était plus fréquente lorsque les mères avaient arrêté de fumer avant ou en début de grossesse et lorsqu'elles étaient de corpulence normale. Enfin, l'utilisation d'aliments AB pendant la diversification est associée à une plus longue durée d'allaitement, un moindre risque de diversification précoce (<4 mois), mais aussi un plus fort risque de diversification après l'âge recommandé de 6 mois.



CONTACT > [blandine.delauzon@inserm.fr](mailto:blandine.delauzon@inserm.fr)  
Référence > doi: 10.1017/S0007114520005097  
Partenaires > CRESS • CSGA • Elfe





## ➤ Comment les parents déterminent-ils la « bonne » taille des portions des aliments destinés à leur enfant ?

**Le surpoids et l'obésité infantiles constituent un enjeu de santé publique majeur. Il est établi que des tailles de portions majorées peuvent inciter les enfants à consommer au-delà de leurs sensations de faim, altérer leurs capacités d'autorégulation énergétique et in fine induire un surpoids. Aussi les enfants sont dépendants de leur parent en matière d'alimentation. Pour autant, peu d'études se sont intéressées à la façon dont les parents déterminent la taille des portions servies à leur enfant.**

« 84% des parents indiquent qu'ils ne recherchent pas d'information sur les tailles de portions adaptées à leur enfant. »

▲ Au moyen d'entretiens semi-directifs conduits auprès de 5 pères et 32 mères d'enfants de 3-5 ans, les chercheurs ont cherché à décrire les pratiques parentales de détermination de la taille des portions servies. Ils ont exploré la théorie de la « répartition de la responsabilité ». Selon cette théorie, les parents doivent être les principaux responsables du choix des aliments servis à l'enfant, du lieu et du moment des repas, mais ce serait à l'enfant de décider des quantités à consommer en fonction de ses sensations internes de faim et de rassasiement.

L'analyse thématique des verbatims a permis de révéler un large éventail de pratiques. Pour autant, la détermination de la portion reste une pratique très intuitive (ex. « au pif ») qui dépend des habitudes, de l'expérience parentale et de l'expression de l'appétit de l'enfant. Fait notable, peu de parents laissent l'enfant décider des quantités à consommer notamment pour le premier service de chaque composante des repas. Davantage de liberté est accordé toutefois pour le petit-déjeuner et le goûter. De nombreux facteurs modulent ces pratiques, liés à l'enfant (ex. appétit, préférences), aux valeurs des parents (ex. éviter le gaspillage) et à des facteurs culturels (ex. « Modèle du repas à la française »). Aussi la qualité nutritionnelle des aliments influence les décisions parentales : le parent étant généralement disposé à accepter que l'enfant redemande des légumes, mais pas du dessert. Enfin, il est à souligner que peu de parents sont demandeurs de recommandations sur les tailles de portions à privilégier.

Les parents étant généralement confiants dans leurs pratiques de détermination des portions, il conviendrait de comparer leurs perceptions et leurs pratiques effectives. Pour guider les parents ayant des pratiques non adaptées (portions majorées, pression-à-manger), il conviendrait de mieux les informer sur les capacités de régulation énergétique de l'enfant afin d'encourager des pratiques plus respectueuses de ses sensations internes.



CONTACT > sandrine.monnerie-patris@inrae.fr  
Référence > doi.org/10.3390/nu13082769  
Partenaires > CSGA



## ➤ Et si on mobilisait le plaisir pour favoriser des choix plus sains à l'heure du goûter ?

**Le goûter représente en France une habitude très ancrée tant chez l'enfant que chez l'adulte, caractérisée par une consommation d'aliments riches comme les biscuits ou les viennoiseries, éloignés des recommandations sanitaires qui valorisent a contrario les fruits, céréales et produits laitiers. Afin de comprendre comment améliorer la qualité nutritionnelle des goûters au sein de la dyade mère-enfant, les chercheurs ont conduit une étude interventionnelle mobilisant le plaisir sensoriel (lié au goût), symbolique et commensal (lié au partage de repas) associé à la consommation.**

▲ Deux groupes ont été constitués. Le groupe expérimental, composé de 94 dyades mère-enfant, a ainsi bénéficié d'une intervention « hédonique » composée de 3 boxes contenant des fiches sensorielles, des recettes, des activités et accessoires culinaires visant à stimuler l'intérêt, la curiosité et le plaisir de préparer, consommer et partager des aliments sains pour le goûter. Le groupe contrôle quant à lui (93 dyades) a reçu des boxes contenant des activités et accessoires liés aux arts de la table. Avant et après réception de ces boxes, tous les participants ont été conviés à une séance de tests en laboratoire afin d'évaluer d'une part, l'appréciation et la perception de la valeur santé de 10 aliments typiques du goûter, et d'autre part, à choisir deux aliments (parmi les 10 propositions) à consommer sur place.

Aucune amélioration de la qualité nutritionnelle des goûters choisis après l'intervention hédonique n'est observée. En revanche, les résultats révèlent que la relation entre l'appréciation et la valeur santé devient significative et positive après réception des boxes pour les enfants qui ont reçu l'intervention hédonique. De même pour les mères du groupe expérimental, cette relation appréciation/santé augmente significativement après réception des boxes. Ainsi, si l'intervention n'a pas permis d'augmenter la qualité des choix réalisés en laboratoire, elle a modifié la relation santé/plaisir au sein de la dyade, en augmentant l'appréciation des aliments sains. Ce changement attitudinal pourrait ainsi constituer une première étape clé en faveur de futures recommandations vers une alimentation plus saine.



CONTACT > sandrine.monnerie-patris@inrae.fr  
Référence > doi: 10.1016/J.FOODQUAL.2020.103947  
Partenaires > CSGA • ECO-PUB • CEREN





## Pratiques alimentaires depuis la naissance et sommeil à 1 an

**Le sommeil est crucial pour le développement des nourrissons. Pourtant des troubles (courte durée, difficultés d'endormissement et réveils nocturnes) sont observés chez 20 à 30% des nourrissons. Leur occurrence chez les enfants d'âge préscolaire a été associée à un risque ultérieur accru de troubles des émotions, de la conduite et d'hyperactivité/inattention. Des associations ont été rapportées entre durée d'allaitement et sommeil chez les nourrissons avec des résultats discordants. De plus, certains parents tendent à introduire précocement (avant 4 mois) des céréales infantiles ou diversifier l'alimentation de leur enfant, afin qu'il dorme plus/mieux la nuit malgré les recommandations internationales. Dans ce contexte, les chercheurs ont étudié les relations entre les pratiques alimentaires depuis la naissance et la qualité du sommeil à 1 an au sein de la cohorte de naissance nationale ELFE (Etude longitudinale française depuis l'enfance).**

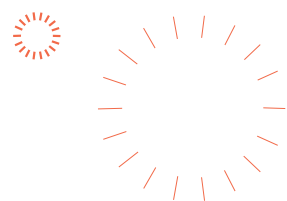
Les analyses ont porté sur 8 696 enfants de la cohorte pour lesquels étaient disponibles des données rapportées par les parents sur les pratiques alimentaires (durée d'allaitement, utilisation de céréales infantiles, utilisation de préparations infantiles épaissies, diversification) et les caractéristiques du sommeil (durée totale de sommeil, difficultés d'endormissement et réveils nocturnes). Elles ont intégré les éventuels facteurs de confusion maternels et familiaux (IMC avant le grossesse, âge à l'accouchement, revenu familial, niveau d'éducation,..) et infantiles (sexe, poids de naissance, utilisation de la tétine/pouce à 1 an...).

Une durée d'allaitement d'au moins 6 mois était associée à une plus courte durée de sommeil (moins de 12h par 24h) à un an, mais cette association disparaissait après prise en compte des pratiques parentales relatives au sommeil, principalement la présence des parents à l'endormissement. Une utilisation précoce (avant 5 mois) puis persistante de céréales infantiles ainsi qu'une diversification alimentaire avant 4 mois étaient associées à une durée de sommeil plus courte (moins de 12h par 24h) à 1 an.

Une durée d'allaitement supérieure à 6 mois, l'utilisation intermittente et l'introduction précoce (avant 4 mois) de céréales infantiles étaient associées à des réveils nocturnes plus fréquents à 1 an.

Enfin, une durée d'allaitement entre 3 et 6 mois était associée aux difficultés de sommeil uniquement chez les enfants nécessitant une présence parentale pour s'endormir. L'usage avant 6 mois et persistant de préparations infantiles épaissies était associé à plus de difficultés d'endormissement.

Il serait intéressant d'étudier dans quelle mesure ces associations persistent plus tard dans l'enfance. Bien que cette étude d'observation ne permette pas d'établir un lien de causalité, ces résultats suggèrent la nécessité d'accompagner les femmes qui allaitent sur les pratiques parentales vis-à-vis du sommeil.



CONTACT > [sabine.plancolaine@inserm.fr](mailto:sabine.plancolaine@inserm.fr)  
Référence > doi: 10.1111/mcn.13072  
Partenaires > CRESS • CSGA



## Lien entre nutrition et cerveau : comment un déficit en oméga 3 chez la mère influence le développement comportemental des petits chez l'animal



**Les acides gras oméga 3 sont indispensables au développement du cerveau. Ils doivent obligatoirement être apportés par l'alimentation car notre organisme ne peut les synthétiser. Au cours de la gestation et de la lactation, les oméga 3 issus de l'alimentation maternelle s'incorporent massivement dans le cerveau des petits. Des données scientifiques parcellaires indiquent qu'une consommation insuffisante de ces acides gras par la mère durant la période périnatale est un facteur de risque pouvant engendrer des déficits cognitifs chez l'enfant (langage, mémoire, apprentissage...). Mais quel est le mécanisme responsable ?**

Les chercheurs se sont intéressés à un type cellulaire particulier du cerveau : les cellules microgliales (ou microglie), qui participent à la construction des réseaux neuronaux de la mémoire. Ces macrophages du cerveau sont à l'interface entre l'environnement et les neurones. Pendant le développement du cerveau, les cellules microgliales « sculptent » les réseaux neuronaux en « mangeant » les synapses inutiles, ces liens de connexions entre les neurones, et en conservant celles qui sont essentielles pour le bon fonctionnement cérébral.

Les scientifiques ont mené leurs travaux sur des souris pour évaluer si le statut alimentaire maternel en oméga 3, et donc celui du cerveau du petit, avait une influence sur l'activité des microglies.

Les résultats montrent pour la première fois que des apports insuffisants en oméga 3 dans l'alimentation maternelle affectent l'activité des microglies du cerveau en développement : ces cellules adoptent un fonctionnement anormal et deviennent hyperphagiques, c'est-à-dire qu'elles perdent leur capacité à reconnaître les synapses qu'il faut supprimer et « mangent » trop de synapses. Le réseau neuronal est alors mal formé, ce qui entraîne des altérations de la mémoire des petits. Les scientifiques ont également décrypté les mécanismes moléculaires responsables de l'activité aberrante des cellules microgliales.

Pour étudier ce lien entre apports en oméga 3 et développement du cerveau, les chercheurs ont également mis au point différentes technologies innovantes pour évaluer les changements de comportement des cellules microgliales vis-à-vis des synapses, analyser leur contenu lipidique, tester les différentes molécules pour identifier celles responsables de la dysfonction et trouver comment restaurer cette fonction.

Ces travaux chez l'animal ouvrent de nouvelles perspectives de recherche et des études se poursuivront chez l'humain pour mieux comprendre les liens entre oméga 3 et développement du cerveau. Dans la population générale, de nombreuses femmes enceintes présentent des carences alimentaires en oméga 3, et identifier au plus tôt les personnes à risque pourrait être une étape préventive afin de rééquilibrer cette carence par l'alimentation.



**Les acides gras oméga 3 constituent une famille d'acides gras essentiels, indispensables au développement et au bon fonctionnement de l'organisme, mais qui ne peuvent être apportés que par l'alimentation. Ils se retrouvent dans de nombreuses huiles végétales (noix, colza, lin...) et dans la chair de poissons gras.**



CONTACT > [sophie.laye@inrae.fr](mailto:sophie.laye@inrae.fr) • [charlotte.madore-delpech@inrae.fr](mailto:charlotte.madore-delpech@inrae.fr)  
Référence > doi: 10.1038/s41467-020-19861-z  
Partenaires > Ces travaux ont été menés dans le cadre du Réseau de recherche international food4brainhealth





## ➤ Dérégulations du comportement alimentaire : rôle du transfert des microbiotes maternels à la descendance

**Pour développer des stratégies de prévention de l'obésité infantile, il faut en comprendre les causes. Conformément au concept des origines développementales de la santé et de la maladie, la littérature suggère que la transmission du risque d'obésité depuis la mère vers l'enfant ne résulterait pas de la seule prédisposition génétique. La transmission d'un microbiote « signature » de l'obésité maternelle à son enfant au cours du développement néonatal, pourrait modifier les structures cérébrales qui régulent la prise alimentaire et ainsi modifier l'appétit au cours de la vie.**

▲ Les chercheurs ont émis cette hypothèse sur la base des constats suivants : 1) dans des modèles animaux, l'obésité maternelle peut influencer le neurodéveloppement en période périnatale avec des conséquences sur les structures cérébrales qui régulent l'appétit 2) la composition des microbiotes maternels diffère selon le statut pondéral 3) les microbiotes maternels sont les principaux déterminants de la colonisation de l'intestin de l'enfant et 4) le microbiote intestinal peut interagir avec le développement cérébral.

Pour tester le seul rôle de la composition microbienne maternelle, les chercheurs ont réalisé un transfert vertical du microbiote (microbiote intestinal, vaginal ou du lait) de mères génétiquement prédisposées ou non à l'obésité et nourries avec un régime hyper-énergétique, chez des rats nouveau-nés d'une autre souche.

Des compositions bactériennes différentes ont été constatées entre les inocula préparés à partir des matières fécales et du lait de rattes, selon qu'elles étaient sensibles ou résistantes à l'obésité. Le transfert de ces microbiotes modifiait seulement transitoirement la composition du microbiote intestinal des petits mais durablement les caractéristiques de leur comportement alimentaire, avec un risque plus élevé de surconsommation de lait ou d'aliments aux différentes périodes de leur vie pour ceux ayant reçu les inocula de rattes obèses. A la recherche de mécanismes les chercheurs ont identifié quelques espèces bactériennes différenciellement abondantes chez les rats, immédiatement après les transferts, qui pourraient être impliquées dans le phénotype comportemental.

Ce projet a permis d'identifier le microbiote maternel en tant que canal de communication / transmission entre la mère et sa descendance, et d'identifier des biomarqueurs potentiellement prédictifs d'une altération du comportement alimentaire. Il faut encore comprendre comment le microbiote affecte le comportement alimentaire de la descendance en caractérisant son impact sur le neurodéveloppement des structures cérébrales.



CONTACT > [patricia.parnet@univ-nantes.fr](mailto:patricia.parnet@univ-nantes.fr)  
Référence > doi: 10.3389/fmicb.2021.672224  
Partenaires > PHAN • MICALIS • METAGENOPOLIS



## ➤ Les seniors, une catégorie de « mangeurs » hétérogène

**Le vieillissement de la population s'accompagne de nombreux changements physiologiques, sensoriels, psychologiques et sociologiques susceptibles de moduler le comportement alimentaire et le statut nutritionnel des seniors. Des chercheurs ont dressé une cartographie de 7 « profils types de mangeurs », un outil précieux pour proposer une alimentation sur mesure aux seniors.**

▲ Grace à leur enquête multidisciplinaire auprès d'un panel de seniors, les chercheurs ont identifié 7 profils. Les trois premiers regroupent essentiellement des « jeunes » seniors de moins de 80 ans, avec un bon état nutritionnel. Ces personnes diffèrent entre elles par leurs préférences alimentaires, leur désir d'une alimentation saine et leur intérêt pour l'alimentation. Ainsi, le profil 1 (50% d'hommes) mange avec plaisir et de bon appétit, notamment de la viande. Le groupe 2 (80% de femmes) quant à lui est sensible aux effets de l'alimentation sur la santé. Enfin, la 3ième catégorie (86% de femmes) présente un moral en berne, des choix alimentaires davantage gouvernés par les émotions et une baisse des capacités olfactives par rapport aux deux premières.

Les quatre derniers profils incluent des personnes âgées de plus de 80 ans et qui sont caractérisées par une augmentation du risque nutritionnel. Le profil 4 regroupe des personnes actives et en bonne santé, présentant de nombreuses similarités avec le profil 1 : une appétence pour les produits carnés et une bonne estime de soi. Le profil 5 a conservé un bon appétit tout en étant sensible au lien alimentation santé, comme le profil 2. Enfin, le profil 6 regroupe des personnes ayant des difficultés à manger (troubles bucco-dentaires, douleurs en bouche...) tandis que le profil 7 regroupe des sujets souffrant de solitude et présentant des symptômes dépressifs. Chez ces deux derniers, le statut nutritionnel est inquiétant avec 83% de personnes dénutries ou à risque de dénutrition contre 16% dans le profil 4 et 39% dans le profil 5 (ce risque est inférieur à 10% dans les profils « jeunes » seniors).

Ces résultats soulignent la forte hétérogénéité des déterminants du comportement alimentaire au sein de la population âgée, avec un tournant autour de 80 ans. Ce travail met en lumière la nécessité de développer des interventions ciblées pour lutter contre la dénutrition auprès des seniors, en tenant compte de leur situation de vie et de leurs difficultés, mais aussi de leurs préférences et croyances en matière d'alimentation. Ce type d'enquête constitue un appui aux recherches visant à développer et assurer une nutrition préventive, adaptée aux exigences de chaque période de la vie et de chacun.



CONTACT > [claire.sulmont-rosse@inrae.fr](mailto:claire.sulmont-rosse@inrae.fr)  
Référence > doi.org/10.1016/j.appet.2021.105223  
Partenaires > CSGA • ESA • ONIRIS • CHU de Dijon • CHU d'Angers • Université de Tours • Université de Lille





## Le portage des repas à domicile, un levier pour améliorer l'état nutritionnel des personnes âgées dépendantes

**Proposé par des collectivités ou des associations dans le cadre de l'action sociale, le portage de repas à domicile permet aux personnes âgées qui rencontrent des difficultés à cuisiner ou à faire les courses, de rester à domicile. Il concerne aujourd'hui quelques 80 000 personnes. Un secteur en forte progression en raison du vieillissement de la population, de la hausse du nombre de seniors en perte d'autonomie ou encore de la réduction du temps de séjour hospitalier.**

Devenir « dépendant pour son alimentation », qu'il s'agisse d'assurer l'approvisionnement et/ou la préparation des repas, constitue cependant un moment de rupture dans la vie d'une personne âgée, susceptible de bouleverser son rapport à l'alimentation. En effet, lorsqu'une personne âgée délègue tout ou partie de ses activités liées à l'alimentation à un tiers, elle se confronte à de nouvelles habitudes et règles alimentaires, qu'il s'agisse des modalités de préparation, du choix des menus, de la présentation des plats ou encore des règles sanitaires. Les chercheurs ont cherché à caractériser la population âgée qui bénéficie d'un portage de repas à domicile en France et à évaluer comment améliorer ce service au bénéfice de l'état nutritionnel des personnes.

Comme le montrent des entretiens réalisés auprès de bénéficiaires d'un service de livraison de repas, la mise en place de ce service faisait souvent suite à une perte de capacités fonctionnelles qui limite la capacité des personnes à faire leurs courses. Pour certains, l'installation de ce service est une étape dans l'ajustement progressif des aides aux besoins de la personne, pour d'autres c'est plus soudain, souvent à la suite d'une

hospitalisation. Le contexte de vie de la personne âgée et la présence de proches influencent cette dynamique, De fait, l'implication effective de la personne dans l'installation de ce service varie beaucoup d'une personne à l'autre, entre « Je ne peux plus faire » et « cela facilite mon quotidien », ce qui peut influencer la perception des repas reçus.

Bien que la mise en place d'un service de repas livrés à domicile permette souvent aux personnes âgées souffrant d'incapacités physiques et/ou cognitives de rester à domicile, celles qui délèguent leurs activités alimentaires ont généralement un statut nutritionnel moins bon que celui des personnes indépendantes. Ainsi, 70 à 80 % des bénéficiaires de ce service présentent une consommation alimentaire insuffisante pour satisfaire à leurs besoins nutritionnels. Plus encore, les bénéficiaires de repas livrés à domicile sont d'autant plus exposés à un risque de dénutrition (entre 40 et 70 % selon les études) que les apports en énergie et en protéines sont faibles.

Pour aider les personnes âgées dépendantes à satisfaire leurs besoins nutritionnels tout en maintenant le plaisir à manger, des collations ou des repas peuvent être ajoutés à l'offre initiale. La qualité nutritionnelle et sensorielle des repas peut être améliorée grâce à l'apport d'aliments riches en énergie et protéines tout en tenant compte des préférences alimentaires de chacun et chacune. Enfin, des services additionnels peuvent être proposés, qu'il s'agisse d'un accompagnement diététique personnalisé, de la possibilité de choisir ses menus ou de se faire livrer ses courses. Cependant, même un service amélioré ne permet pas à tous les bénéficiaires d'atteindre leur apport nutritionnel recommandé, soulignant leur fragilité nutritionnelle.

Bien que les services de portage de repas au domicile des personnes âgées soient encore trop souvent associés à l'image négative d'une perte d'autonomie, ils présentent un intérêt certain dans la prévention et la lutte contre la dénutrition au sein de la population âgée dépendante à domicile sans oublier le lien social que les personnes âgées entretiennent avec les livreurs. Il convient toutefois, au regard de ces résultats, de développer davantage de stratégies qui permettent à ces personnes de satisfaire leurs besoins nutritionnels, notamment grâce à des produits ou des recettes à même d'enrichir efficacement les repas.



**CONTACT** > [claire.sulmont-rosse@inrae.fr](mailto:claire.sulmont-rosse@inrae.fr)  
**Référence** > [doi.org/10.3389/fnut.2021.629580](https://doi.org/10.3389/fnut.2021.629580), [doi.org/10.3390/nu13062064](https://doi.org/10.3390/nu13062064), [doi.org/10.1016/j.nupar.2020.10.004](https://doi.org/10.1016/j.nupar.2020.10.004)  
**Partenaires** > CSGA • Saveurs et Vie • CHU de Dijon



## La diversité alimentaire, un atout majeur pour la santé de la personne âgée

**Une alimentation adéquate et une activité physique régulière sont des éléments clés d'un vieillissement en bonne santé. Plus spécifiquement, une alimentation suffisamment diversifiée chez les seniors pourrait prévenir les risques de dénutrition, et ainsi contribuer à vieillir en meilleure santé.**

Le projet de recherche interventionnelle ALAPAGE (Alimentation et activité physique du sujet âgé) fait l'hypothèse que des ateliers collectifs, co-construits entre chercheurs, seniors et professionnels de la prévention, peuvent améliorer la diversité de l'alimentation de seniors vivant à domicile, leur condition physique et leur qualité de vie.

Les chercheurs ont dans un premier temps développé un score de diversité alimentaire spécifique aux seniors, et l'ont appelé le score ALAPAGE. Ce score ALAPAGE est calculé selon la fréquence de consommation de 20 catégories d'aliments, selon les recommandations nutritionnelles en vigueur. Plus il est élevé, plus la diversité alimentaire augmente ; plus il est bas, moins l'alimentation est diversifiée. Le score ALAPAGE a été validé dans une

première étude basée sur les données de l'enquête INCA3 (troisième étude individuelle nationale des consommations alimentaires), en analysant son lien avec la qualité nutritionnelle de l'alimentation de 696 participants âgés de 60 ans et plus. Dans cette étude, plus le score était élevé, plus les indicateurs de qualité nutritionnelle étaient satisfaisants.

Dans une étude complémentaire, les scientifiques ont analysé les consommations de 1330 personnes âgées de 76 ans en moyenne dans le cadre de la cohorte Trois-Cités-Bordeaux. Pour chaque personne, les scientifiques ont relevé leur consommation journalière parmi 148 aliments et boissons et ainsi calculé le score de diversité alimentaire ALAPAGE pour chaque individu en 2001-2002. Les participants ont été suivis pendant 16 ans. Les résultats montrent que ceux qui avaient une faible diversité alimentaire avaient une plus forte probabilité de décéder au cours des 16 ans de suivi, par rapport à ceux dont la diversité alimentaire était élevée, indépendamment d'autres facteurs de risque majeurs.

Ces travaux seront poursuivis par l'intervention ALAPAGE qui a débuté en janvier 2022. Trois cents seniors autonomes, en particulier des personnes isolées socialement et/ou économiquement vulnérables, sont actuellement recrutées en région PACA pour participer à des ateliers collectifs sur l'alimentation et l'activité physique. La diversité alimentaire, la condition physique et la qualité de vie sont évaluées avant le démarrage des ateliers, à leur arrêt et trois mois plus tard, et seront comparées à un groupe témoin de 150 seniors (qui bénéficieront aussi de l'intervention, mais ultérieurement). Les résultats obtenus permettront d'organiser plus efficacement les futures actions de prévention destinées aux seniors autonomes.



**CONTACT** > [nicole.darmon@inrae.fr](mailto:nicole.darmon@inrae.fr)  
**Partenaires** > MOISA, Université d'Avignon, Carsat Sud-Est, ASEPT PACA





## ➤ Dépendance alimentaire et dénutrition des personnes âgées : le lien se précise

**Les personnes âgées ayant besoin d'une aide pour cuisiner ou faire leurs courses présentent un risque nutritionnel plus élevé. Bien que le lien de causalité ne soit pas établi, c'est un signal d'alerte pour les aidants et institutions spécialisées. Alors que deux enquêtes impliquant des chercheurs INRAE suggèrent ce lien, ces résultats pourraient aider à développer des stratégies de formation des aidants, de dépistage et de lutte contre la dénutrition des personnes âgées dépendantes.**

▲ Avec l'âge, il se peut que des diminutions physiques ou cognitives apparaissent. Elles peuvent conduire la personne âgée à déléguer tout ou partie de ses activités quotidiennes à un tiers : aidant, service d'aide à la personne, institution.

On parle de « dépendance culinaire » lorsqu'une personne âgée ne peut plus faire ses courses et/ou cuisiner. Cette dépendance culinaire constitue un moment de rupture dans la vie de cette personne, susceptible de bouleverser son rapport à l'alimentation. Elle est confrontée aux pratiques culinaires, aux habitudes alimentaires, aux connaissances nutritionnelles, voire aux préférences alimentaires des personnes en charge de la nourrir. Ces changements cristallisent progressivement de nouvelles pratiques alimentaires, parfois en rupture avec les habitudes et préférences de la personne âgée, ce qui peut entraîner des déséquilibres alimentaires, aboutissant à une dénutrition.

Deux enquêtes ont été menées pour déterminer la prévalence de dénutrition chez des personnes dépendantes d'un tiers pour leur alimentation.

La première enquête, menée en 2011 auprès de 559 français âgés de 65 ans et plus, montre une forte association entre dépendance culinaire et risque nutritionnel : près de la moitié des personnes bénéficiant d'une aide pour leur repas sont à risque de dénutrition, ou dénutries, contre seulement 4% chez les personnes autonomes et 12% chez les personnes bénéficiant d'une aide sans rapport avec l'alimentation.

D'après la seconde enquête, qui concernait 319 français âgés de 65 ans et plus, cette prévalence varie légèrement selon le type d'aide : 46% chez les personnes avec aide-ménagère, 60% chez les bénéficiaires d'un portage de repas et 69% en institution. Des analyses croisées réalisées sur les données collectées montrent que la catégorie de dépendance, des symptômes dépressifs et le statut cognitif sont des déterminants indépendants du risque nutritionnel.

Si ces résultats ne permettent pas de conclure au lien de causalité entre dépendance et dénutrition, ils soulignent l'importance pour les structures d'aide de former les aidants à la problématique de la dénutrition et de développer des stratégies permettant de dépister et lutter contre la dénutrition auprès de leurs bénéficiaires âgés.



**CONTACT** > [claire.sulmont-rosse@inrae.fr](mailto:claire.sulmont-rosse@inrae.fr)  
 Référence > doi: 10.1093/ageing/afab208  
 Partenaires > CSGA • ESA • CHU de Dijon • CHU d'Angers • CHU de Clermont-Ferrand • Université de Tours



## ➤ Optimiser les caractéristiques sensorielles d'un aliment destiné à un public senior

**Un déclin de la prise alimentaire est fréquemment observé chez les séniors, notamment chez les personnes âgées fragiles et dépendantes. Plusieurs auteurs ont proposé de « renforcer » la flaveur des aliments destinés aux séniors, en ajoutant délibérément un arôme ou un composé sapide, afin de compenser le déclin des capacités olfactives et gustatives fréquemment observé dans cette population. Cependant, une revue de ces études montre que cette stratégie n'améliore pas de façon systématique la prise alimentaire chez les séniors.**

▲ Les chercheurs ont testé l'efficacité d'une stratégie basée sur l'optimisation de la qualité sensorielle d'aliments par et pour le consommateur âgé. Les propriétés sensorielles de trois plats différents - un plat prêt-à-manger (blanquette de veau), un plat en texture modifiée (purée bœuf carotte) et un plat enrichi en calories et en protéines (crème à la vanille) - ont été reformulées en s'appuyant sur les pistes d'amélioration proposées par un échantillon de personnes âgées vivant à domicile ou en maison de retraite. Ce travail a permis de développer des recettes appréciées de façon consensuelle par l'ensemble d'un panel âgé. Ces recettes ont alors été testées en maison de retraite. Pour cela, 78 résidents de 8 EHPADs différents (13 hommes et 65 femmes âgés de 66 à 101 ans) ont participé à deux déjeuners contrôles et deux déjeuners expérimentaux. Le menu était strictement le même pour ces quatre repas. Les recettes standards ont été servies lors des repas contrôles tandis que les repas expérimentaux correspondaient aux recettes améliorées. Les résultats ont montré une augmentation significative du plaisir associé au repas ainsi que de la prise calorique lorsque les recettes améliorées étaient servies par rapport à la consommation des recettes standards, notamment chez les petits mangeurs (+10-12% de Kcal ingérées).

Cette recherche a permis de mettre au point un ensemble d'outils et de méthodes d'évaluation sensorielle adaptés à un public senior, et notamment aux séniors dépendants, souvent fragiles avec des baisses des capacités physiques et/ou cognitives. Ces outils et méthodes ouvrent des perspectives intéressantes pour développer des produits alimentaires adaptés aux attentes et aux préférences des séniors. Ce travail a également montré que les recettes améliorées sur l'ensemble des caractéristiques sensorielles (saveur, arôme, texture) étaient préférées aux recettes améliorées uniquement sur la flaveur. Ceci plaide clairement en faveur d'une approche multidimensionnelle dans le développement de produits alimentaires à destination d'un public senior.



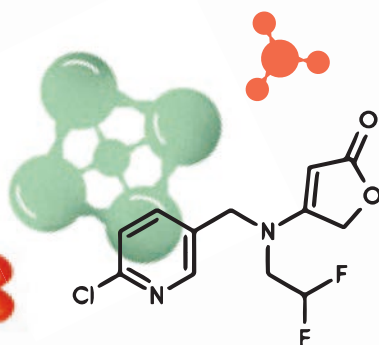
**CONTACT** > [claire.sulmont-rosse@inrae.fr](mailto:claire.sulmont-rosse@inrae.fr)  
 Référence > doi.org/10.1016/j.appet.2020.104749  
 Partenaires > CSGA • CHU de Dijon • Groupe ESA





Caractériser & prévenir

# Les risques toxicologiques



**L**'alimentation constitue une voie majeure d'exposition à des contaminants chimiques, à des produits néoformés ou à des toxines qui sont directement ou indirectement impliqués dans de nombreuses maladies telles que les cancers, les dysfonctionnements métaboliques, les atteintes du développement ou des défenses immunitaires.

Le département AlimH traite des questions de l'identification et de la caractérisation des dangers liés aux expositions, de l'élucidation des mécanismes d'action et du développement de stratégies de remédiation et de prévention des risques.



## Exposition aux mélanges d'additifs alimentaires chez 106 000 adultes français de la cohorte NutriNet-Santé



**Les additifs alimentaires sont des substances ajoutées intentionnellement aux denrées alimentaires pendant la transformation, le traitement, le conditionnement, le transport ou le stockage (règlement Européen n° 1333/2008). Récemment, des données scientifiques se sont accumulées suggérant une association entre la consommation d'aliments «ultra-transformés» (qui contiennent généralement un large éventail d'additifs alimentaires) et un risque accru de plusieurs maladies chroniques, avec plus de 50 études épidémiologiques publiées dans le monde, dont sept dans la cohorte NutriNet-Santé coordonnée par l'EREN. L'une des principales hypothèses postulées pour expliquer ces résultats est la présence de certains additifs alimentaires.**

Si la plupart des additifs n'ont probablement pas d'impact sur la santé, certains résultats, principalement issus d'études expérimentales in vitro/in vivo, ont récemment pointé des risques potentiels concernant plusieurs additifs. En préalable à de futures études étiologiques, les chercheurs ont premièrement cherché à estimer la consommation quotidienne moyenne d'une large gamme d'additifs alimentaires chez les adultes français, en utilisant les données détaillées recueillies dans la cohorte NutriNet-Santé.

Deuxièmement, ils ont identifié les principaux mélanges d'additifs alimentaires consommés et décrit les profils des consommateurs correspondants en termes de caractéristiques socio-démographiques, de consommation d'additifs et d'aliments.

Dans la cohorte NutriNet-Santé, quarante-huit additifs étaient consommés par plus de 10% des participants, les amidons modifiés et l'acide citrique étant consommés par plus de 90%. Le top 50 comprenait également plusieurs additifs alimentaires pour lesquels des études expérimentales récentes ont suggéré des effets néfastes potentiels sur la santé comme les lécithines consommées par plus de 85% des participants. Les chercheurs ont identifié et décrit cinq groupes de participants plus spécifiquement exposés à cinq mélanges d'additifs distincts et un groupe supplémentaire rassemblant des participants ayant une exposition globale faible aux additifs. Le premier mélange était caractéristique des consommations d'additifs contenus principalement dans les biscuits et gâteaux industriels (divers émulsifiants notamment), le second correspondait à ceux fréquemment retrouvés dans les potages, substituts de repas, ou encore dans les pains industriels (glutamate, amidons modifiés, divers esther d'acides gras...), le troisième mélange était constitué d'additifs entrant dans la composition des desserts lactés, céréales petits déjeuner et pâtisseries (carraghénanes, polyphosphates...), le quatrième comprenait les additifs des charcuteries et des sauces industrielles (nitrite de sodium, eythorbate de sodium, sorbate de potassium, gomme xanthane, gomme guar...) et le cinquième regroupait les additifs entrant dans la composition des boissons et sodas sucrés et/ou édulcorés (acesulfame K, aspartame, sucralose, glycosides de steviol, colorant caramel...).

Ces travaux s'inscrivent dans un programme plus global d'étude de l'impact de la transformation/formulation des aliments sur la santé dont les prochains travaux viseront à analyser les associations entre les mélanges d'additifs tels qu'identifiés dans ce travail et diverses pathologies chroniques, en étudiant notamment les effets cocktails potentiels, en couplant des approches épidémiologiques et expérimentales.



CONTACT > [m.touvier@eren.smbh.univ-paris13.fr](mailto:m.touvier@eren.smbh.univ-paris13.fr)  
Référence > [doi.org/10.1038/s41598-021-98496-6](https://doi.org/10.1038/s41598-021-98496-6)  
Partenaires > TOXALIM • IARC • INSERM • Hôpital Avicenne • Réseau NACRe





## > Nanoparticules de dioxyde de titane : le E171 traverse la barrière placentaire

**Le dioxyde de titane est un additif alimentaire phare largement utilisé à l'échelle mondiale pour ses propriétés colorantes (pigment blanc) et opacifiantes. Plus connu en Europe sous le nom de E171, l'utilisation de cet additif sur le marché des denrées alimentaires est suspendue en France depuis le 1<sup>er</sup> janvier 2020, par principe de précaution. Les travaux de chercheurs INRAE en 2017 ont apporté les preuves scientifiques nécessaires à cette mesure ponctuelle instaurée pour une durée d'un an potentiellement reconductible. D'autres études scientifiques l'avaient montré chez l'animal : des nanoparticules de dioxyde de titane (non alimentaire) passent le placenta et perturbent, entre autres, le développement du fœtus. Mais la question d'un passage transplacentaire de nanoparticules n'avait jamais été abordée chez la femme enceinte. Aussi que se passe-t-il en cas d'exposition au E171 ?**

▲ Les chercheurs ont collecté 22 placentas de mères volontaires et ont dosé le contenu total en titane accumulé dans cet organe lors de la grossesse. Ces dosages, couplés aux analyses microscopiques et chimiques montrent une accumulation de dioxyde de titane dans le placenta, la majorité sous forme de nanoparticules. Les mères étaient donc exposées à cette substance lors de leur

grossesse. En parallèle, pour déterminer si l'alimentation pouvait être une source de contamination, les chercheurs ont perfusé les placentas avec du E171 du côté maternel. Ils ont ensuite dosé le titane du côté fœtal du placenta, puis ils ont observé si des particules s'y retrouvaient. Leur résultat est sans appel : des nanoparticules de dioxyde de titane de l'additif E171 passent du compartiment maternel au compartiment fœtal.

Les chercheurs se sont également intéressés à l'exposition du nouveau-né au dioxyde de titane pendant son développement in utero. Pour cela, ils ont réalisé les mêmes analyses que pour les placentas sur des échantillons de méconium, ces premières selles du nouveau-né étant un excellent témoin de son exposition aux substances chimiques au cours de la grossesse. Encore une fois, leur résultat est net : des nanoparticules de dioxyde de titane sont retrouvées dans le méconium, signe que l'organisme fœtal a été exposé à cette substance apportée par le sang maternel.

Ces nouvelles données sur organes et tissus humains montrent pour la première fois une exposition prénatale chez l'Homme aux nanoparticules de dioxyde de titane. Grâce au modèle de placenta humain isolé et perfusé au E171, les chercheurs démontrent que le dioxyde de titane consommé avec les aliments pendant la grossesse passe sous forme de nanoparticules dans le placenta et peut contaminer le fœtus. Ces données chez l'Homme ont été mobilisées par les agences de sécurité sanitaire des aliments afin d'évaluer le risque d'exposition au E171 chez les femmes enceintes. Elles devront d'être complétées par des études selon les lignes directrices de l'OCDE et les recommandations de l'EFSA pour préciser d'éventuels effets sur le développement. Suite à une demande de la Commission européenne datant de mars 2020, l'EFSA a déjà mis à jour son évaluation de la sécurité du E171 en tenant compte de ces nouvelles données scientifiques. Le 06 mai 2021, l'EFSA a conclu dans son avis que le TiO<sub>2</sub> ne pouvait plus être considéré comme sûr en tant qu'additif alimentaire. Et le 08 octobre 2021, les États membres ont approuvé la proposition de la Commission européenne visant à interdire l'utilisation du dioxyde de titane (E171) en tant qu'additif alimentaire à partir de 2022.



**CONTACT > eric.houdeau@inrae.fr**  
 Référence > doi: 10.1186/s12989-020-00381-z  
 Partenaires > TOXALIM • LNE • CNRS • CHU de Toulouse • Université de Picardie Jules Verne • Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse



## > Impact d'une exposition maternelle alimentaire à un cocktail de pesticides sur le métabolisme et le microbiote intestinal dans la descendance

**Les périodes de gestation et lactation sont des fenêtres critiques vis à vis de l'exposition aux contaminants et de la mise en place du microbiote intestinal. Des déséquilibres de ce microbiote, aussi appelés dysbioses, sont associés à des maladies métaboliques et inflammatoires, telles que l'obésité, le diabète et la maladie de Crohn. L'objectif de ce projet de recherche était d'évaluer l'impact d'une exposition alimentaire à un mélange de faibles doses de pesticides pendant le développement fœtal et la lactation sur le métabolisme et la composition du microbiote intestinal à l'âge adulte.**

▲ De précédents résultats de l'équipe ont montré que l'exposition chronique de souris à un mélange de 6 pesticides utilisés dans le traitement des pommerais (boscalide, captane, chlorpyrifos, thiaclopride, thiphanate et ziram) via l'alimentation pendant un an à des doses non toxiques impactait significativement l'homéostasie métabolique (surpoids, intolérance au glucose et stéatose hépatique) principalement chez les mâles. Les femelles présentaient, quant à elles, un niveau de stress oxydant hépatique élevé et un profil métabolique spécifique de l'exposition aux pesticides en lien avec une perturbation de l'activité du microbiote intestinal.

L'impact des contaminants environnementaux sur le microbiote intestinal a été encore peu décrit, mais une hypothèse émerge selon laquelle des dysbioses du microbiote intestinal dues à l'exposition précoce du microbiote à des polluants pourraient largement médier les effets de ces composés sur la santé des individus. Ainsi, l'objectif du projet scientifique était d'évaluer l'impact à long terme d'une exposition alimentaire à ce mélange de pesticides à des doses non toxiques lors de la période de vulnérabilité périnatale sur l'homéostasie métabolique et la composition du microbiote. L'exposition périnatale aux pesticides n'a pas affecté la prise de poids, la stéatose hépatique ni la tolérance au glucose à l'âge adulte, mais elle était associée à des altérations du métabolome urinaire et fécal dépendantes de l'âge et du sexe, reflétant la signature biologique de l'impact du traitement sur le microbiote intestinal et sur l'organisme. Ces perturbations suggèrent des changements durables dans le microbiote intestinal.

La caractérisation des effets des produits phytopharmaceutiques constitue une priorité de recherche à la fois pour les agences d'évaluation du risque et les autorités. Dans ce projet, les chercheurs génèrent des connaissances relatives à l'influence de la période d'exposition sur les effets d'un mélange de pesticides (actuellement retrouvés dans l'alimentation des consommateurs) sur la santé à travers l'impact sur le foie et le microbiote intestinal dans le modèle murin. Les résultats suggèrent donc que les périodes de gestation et lactation peuvent être des fenêtres d'exposition critiques vis-à-vis des pesticides. D'autres fonctions physiologiques pourraient être affectées lors de l'exposition périnatale à ce cocktail de composés sur lesquels des données complémentaires sont nécessaires.



**CONTACT > laurence.payraestre@inrae.fr**  
 Référence > doi: 10.1016/j.envint.2020.106010  
 Partenaires > TOXALIM • CSGA • CNRS • INSERM





## ➤ Certains cocktails de pesticides favoriseraient le risque de cancer du sein chez les femmes ménopausées

**Actuellement en Europe, certains pesticides utilisés en grandes quantités dans l'agriculture, sont suspectés d'effets délétères sur la santé humaine reproductrice, et pourraient avoir un rôle notamment dans la survenue de cancers du sein et de la prostate. Ils perturberaient le système endocrinien (hormonal) et auraient des propriétés carcinogènes, comme cela a déjà été observé dans des populations exposées dans leur milieu professionnel. Cependant, le lien entre l'exposition à ces pesticides via l'alimentation et le cancer du sein dans la population générale est peu étudié, bien que des chercheurs aient déjà montré que les consommatrices d'aliments issus de l'agriculture biologique de la cohorte NutriNet-Santé présentaient un moindre risque de cancer du sein en post-ménopause. Les chercheurs ont cherché à comprendre quel était le lien entre le mélange de pesticides apportés par l'alimentation et le risque de cancer du sein en post-ménopause.**

▲ Une nouvelle étude, menée sur quatre ans, a commencé en 2014. Les participantes avaient alors répondu à un questionnaire permettant d'évaluer la consommation d'aliments biologiques et conventionnels. Un total de 13 149 femmes ménopausées a été inclus dans l'analyse, constituant l'échantillon de cette étude, et 169 cas de cancers ont été signalés. Grâce à une base de données de contamination des aliments selon leur mode de production<sup>2</sup>, les chercheurs ont mesuré l'exposition à 25 substances actives entrant dans la composition de pesticides autorisés en Europe, incluant ceux utilisés en agriculture biologique. Une méthode dite en « Factorisation par Matrices non-Négatives » (NMF) a permis d'établir quatre profils d'exposition aux pesticides, traduisant des mélanges différents de pesticides auxquels nous sommes exposés via l'alimentation. Ensuite, des modèles statistiques ont été utilisés pour analyser ces profils, afin d'explorer le lien potentiel avec le risque de survenue d'un cancer du sein.

Le profil NMF n°1 est caractérisé par une exposition élevée aux chlorpyrifos, imazalil, malathion et thiabendazole, des pesticides de synthèse. Dans ce profil, les chercheurs notent une augmentation du risque de cancer du sein en post-ménopause chez les femmes en surpoids (IMC entre 25 et 30) ou obèses (IMC>30). A l'inverse, le profil NMF n°3 est lui caractérisé par une exposition faible à la plupart des pesticides de synthèse et une diminution de 43% du risque de cancer du sein en post-ménopause. Les deux autres profils identifiés par NMF n'étaient pas associés au risque de cancer du sein.

Ces résultats suggèrent un lien entre certains profils d'exposition aux pesticides et la survenue de cancers du sein en post-ménopause. Mais, pour confirmer ces données, il est primordial d'une part de mener des études expérimentales pour éclaircir les mécanismes impliqués, et d'autre part de confirmer ces résultats dans d'autres populations.



CONTACT > [e.kesse@eren.smbh.univ-paris13.fr](mailto:e.kesse@eren.smbh.univ-paris13.fr)  
Référence > [doi.org/10.1093/ije/dyab015](https://doi.org/10.1093/ije/dyab015)  
Partenaires > CRESS • TOXALIM



## ➤ Exposition aux pesticides chez des individus ayant des régimes végétariens

**Si la consommation de fruits et légumes présente un fort intérêt d'un point de vue nutritionnel et pour la santé, les personnes suivant des régimes végétariens pourraient être toutefois particulièrement exposées aux résidus de pesticides alimentaires étant donné leurs forts apports en produits végétaux.**

▲ Peu de données existent concernant l'exposition alimentaire aux résidus de pesticides dans ces populations et il n'existe pas de données prenant en considération les modes de production (bio ou conventionnel). L'objectif de cette étude était d'estimer l'exposition alimentaire à 25 pesticides naturels et de synthèse chez des omnivores, pesco-végétariens, végétariens et végétaliens, en prenant en compte les modes de production des aliments consommés.

Les données alimentaires ont été recueillies à l'aide d'un questionnaire de fréquence alimentaire couplé à une échelle de fréquence de consommation en bio. L'exposition alimentaire (végétale) à 25 pesticides a été estimée à l'aide de la base de données de teneurs en résidus du CVUA Stuttgart prenant en compte le mode de production chez 33 018 omnivores, 555 pesco-végétariens, 501 végétariens et 368 végétaliens de l'étude NutriNet-Santé.

Les niveaux d'exposition variaient selon le pesticide étudié. L'exposition journalière estimée la plus élevée a été observée pour l'imazalil quel que soit le groupe. De manière générale, les végétariens semblaient être le groupe le moins exposé aux résidus de pesticides étudiés tandis que les résultats étaient plus contrastés pour les autres groupes. Ainsi, comparés aux omnivores - à l'exception des pesticides autorisés ou utilisables en bio et du glyphosate - les végétariens présentaient des expositions plus faibles. Ces résultats indiquent que l'exposition aux résidus de pesticides varie selon les régimes alimentaires et selon les modes de production des aliments et illustrent l'importance de tenir compte de ce dernier paramètre lors de l'estimation de l'exposition alimentaire aux résidus de pesticides.

La forte consommation d'aliments biologiques pourrait donc être considérée comme un levier pour réduire l'exposition aux pesticides de synthèse, notamment chez les grands consommateurs d'aliments d'origine végétale. D'autres études représentatives de la population française prenant en compte les modes de production et l'exposition alimentaire liée à la consommation de produits animaux sont nécessaires pour approfondir ces résultats.



**La consommation de produits issus de l'agriculture biologique permet de diminuer l'exposition aux pesticides de synthèse via les produits végétaux chez des individus suivant des régimes végétariens.**



CONTACT > [j.baudry@eren.smbh.univ-paris13.fr](mailto:j.baudry@eren.smbh.univ-paris13.fr)  
Référence > [doi.org/10.1016/j.fct.2021.112179](https://doi.org/10.1016/j.fct.2021.112179)  
Partenaires > CRESS • TOXALIM • ITAB





## Exposition alimentaire aux dangers chimiques en Afrique sub-saharienne

**L'étude de l'Alimentation Totale en Afrique subsaharienne a été financée par le Fonds pour l'Amélioration des Normes et le Développement du Commerce (FANDC) via l'Agence des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture (FAO) et l'appui technique de l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) de 2014 à 2018. Cette étude est l'une des toutes premières photographies de l'exposition des consommateurs en Afrique sub-saharienne aux contaminants chimiques par leur alimentation.**

▲ L'étude a couvert plus de 90% de l'alimentation moyenne de populations correspondant à 7291 ménages et 4020 échantillons d'aliments représentatifs des habitudes alimentaires locales. Les polluants organiques persistants tels que les dioxines, les PCBs, les retardateurs de flamme bromés et les composés perfluorés ont été quantifiés à des teneurs très faibles. L'étude semi-probabiliste de l'exposition à 68 substances a permis de mettre en évidence que 24 d'entre elles sont, de façon individuelle ou en mélange, susceptibles de poser un problème de santé publique. L'aflatoxine B1, compte tenu des prévalences du virus de l'hépatite B, est susceptible de générer chaque année des cas de cancer du foie (23,9 cas additionnels pour 100 000 habitants au Nord-Cameroun). La co-exposition à l'aflatoxine B1, à la sterigmatocystine et aux fumonisines constitue un facteur aggravant. Les conséquences d'une exposition à des niveaux élevés d'ochratoxine A, de citrinine et d'aluminium au Bénin est préoccupante du fait de la néphrotoxicité de ces composés. Des teneurs fortes en chlopyrifos ont été détectées au Mali, dans du poisson fumé. Les expositions aux 13 hydrocarbures aromatiques polycycliques dans le poisson fumé et les huiles de cuisson ne permettent pas des marges d'exposition sécurisantes eu égard à leur caractère génotoxique. L'exposition au plomb, en particulier au Nigeria, révèle chez l'adulte un risque d'augmentation de la pression artérielle et chez les enfants une perte de points de QI.

Cette étude a permis de caractériser le risque associé à l'exposition des consommateurs aux contaminants chimiques dans quatre pays et constitue ainsi un point zéro auquel les futures investigations pourront se référer, notamment celles conduites par la FAO et l'OMS.



CONTACT > [bruno.lebizec@oniris-nantes.fr](mailto:bruno.lebizec@oniris-nantes.fr)  
Référence > doi: 10.1016/S2542-5196(20)30104-2  
Partenaires > LABERCA • ANSES • Innovalys • BOKU



## Le contrôle de l'activité hépatique par le microbiote intestinal implique le récepteur nucléaire aux xénobiotiques PXR

**Le microbiote intestinal est un régulateur important des fonctions physiologiques de son hôte. Par exemple, les molécules d'origine bactérienne peuvent influencer l'expression du génome de l'hôte. C'est le cas dans le foie, organe constamment exposé à un flux de métabolites d'origine intestinale, issus de la digestion à laquelle participe le microbiote. Cette capacité d'adaptation du foie à l'environnement métabolique est une particularité essentielle à l'homéostasie énergétique et à l'élimination de molécules toxiques. Aussi, les chercheurs ont entrepris d'identifier de nouveaux régulateurs hépatiques de fluctuations métaboliques liées au microbiote en combinant différentes approches bioinformatiques et expérimentales.**

▲ Par une approche bioinformatique, les chercheurs ont identifié le « Pregnan X Receptor » (PXR) comme étant un facteur de transcription dont l'activité est sensible au microbiote intestinal. Nous avons ensuite validé expérimentalement cette hypothèse chez la souris. Chez les mâles, l'absence de microbiote intestinal se traduit, dans le foie, par une diminution des capacités de détoxification des xénobiotiques. Cette diminution est dépendante de PXR. En utilisant des souris transgéniques, déficientes pour le récepteur PXR, nous avons également montré que l'absence du récepteur conduit à une modification du microbiote intestinal. Aussi, PXR est un régulateur de la réponse hépatique aux métabolites bactériens et son absence conduit à une évolution de la composition du microbiote de l'hôte.

PXR est bien connu pour contrôler les fonctions d'élimination des xénobiotiques par le foie. Aussi, cette convergence entre fonction de détoxification et sensibilité au microbiote laisse entrevoir de nombreuses perspectives dans les domaines de la toxicologie et de la pharmacologie. En effet, il est possible que la variabilité de composition du microbiote influence la capacité de détoxification hépatique. De plus, il est aussi possible que certains antibiotiques puissent influencer indirectement sur l'effet de médicaments avec lesquels ils peuvent être co-administrés.



CONTACT > [sandrine.ellero-simatos@inrae.fr](mailto:sandrine.ellero-simatos@inrae.fr)  
Référence > doi: 10.1186/s40168-021-01050-9  
Partenaires > TOXALIM





## > L'exposition prénatale à la pollution atmosphérique aux gaz d'échappement diesel induit des troubles cardio-métaboliques à l'âge adulte, de manière spécifique au sexe

**L'exposition insidieuse et récurrente à des pics de pollution de l'air, a des conséquences directes sur la santé en termes de risques respiratoires, cardiovasculaires et métaboliques, d'après des études épidémiologiques et expérimentales chez les rongeurs. L'exposition indirecte du fœtus induit des retards de croissance intra-utérins chez l'Homme comme chez l'animal, mais il y avait jusqu'alors peu de données sur les effets postnataux à long terme d'une exposition gestationnelle.**

▲ L'objectif de cette étude était d'étudier les effets à plus long terme de l'exposition in utero aux gaz d'échappement diesel, chez le lapin, en se concentrant sur la caractérisation du phénotype de la progéniture à l'âge adulte, en ciblant le risque cardio-métabolique. Le protocole mimait l'exposition humaine dans les grandes villes européennes, lors des trajets quotidiens aller-retours, matin et soir, pour se rendre au travail. Ainsi, des lapines gestantes ont été exposées à des gaz d'échappement diesel tout au long de la gestation, à raison de 2 x 1h/j et 5 j/semaine, par voie nasale. Le phénotype cardio-métabolique des descendants F1 (première génération) a été évalué in vivo à l'âge adulte par le suivi du poids corporel et de la consommation alimentaire, des mesures de biochimie sanguine à jeun, une analyse de la composition corporelle par iDXA, des mesures de pression artérielle, et un test de tolérance au glucose. Des analyses histologiques, biochimiques et de biologie moléculaire de certains tissus cibles sont venues corroborer les résultats obtenus lors de l'exploration fonctionnelle in vivo.

L'exposition in utero à la pollution de l'air a perturbé le phénotype de la progéniture F1 à l'âge adulte, d'une manière spécifique au sexe. Les mâles pollués présentaient un syndrome métabolique caractérisé entre autres par une hyperglycémie, une adiposité abdominale accrue, une augmentation de la pression artérielle avec l'âge, un niveau d'ALAT (alanine transaminases) élevé, une baisse du HDL-cholestérol. Les femelles polluées présentaient quant à elles, une hypertriglycéridémie et une diminution de densité osseuse, suggérant une plus grande sensibilité aux pathologies osseuses.

En conclusion, une exposition indirecte à la pollution de l'air pendant la vie intra-utérine affecte durablement le phénotype des animaux qui vont développer des signes de résistance à l'insuline avec un risque plus élevé de morbidités cardio-métaboliques, impliquant des voies spécifiques au sexe. En conséquence, les femmes enceintes devraient éviter de sortir lors des pics de pollution de l'air. Ces données confirment la dangerosité de la pollution de l'air et ce, même indirectement, pendant la période sensible du développement fœtal.



CONTACT > [delphine.rousseau@inrae.fr](mailto:delphine.rousseau@inrae.fr)  
Référence > doi: 10.1016/j.envres.2021.111690  
Partenaires > BREED • INSERM • RIVM



## > Effet de l'anxiété chronique sur l'association entre la consommation de viande rouge, de viande transformée et le risque de cancer

**Les viandes rouges et les viandes transformées sont reconnues par le Centre international de recherche sur le cancer comme probablement cancérigènes et cancérigènes pour l'homme, respectivement. Le fer héminique serait le facteur central responsable de cet effet en catalysant la formation d'aldéhydes cytotoxiques et génotoxiques. Ceux-ci impactent les cellules épithéliales coliques et globalement la fonction de barrière de l'intestin. En parallèle, l'anxiété affecte aussi la fonction de barrière de l'intestin en augmentant la perméabilité de ce dernier. Se pose ainsi la question de savoir si l'anxiété chronique peut affecter la relation entre un aliment et la santé humaine via les perturbations de la barrière intestinale.**

▲ Les chercheurs ont évalué comment l'anxiété modifie l'association entre la consommation de viande rouge et de viande transformée et le risque de cancer dans la cohorte prospective de NutriNet-Santé.

Sur un échantillon de 101 269 sujets, les chercheurs ont étudié les associations entre la consommation de viande rouge et de viande transformée, la quantité de fer héminique provenant de ces viandes et les risques de cancer colorectal, de la prostate et du sein, globalement et séparément chez les participants avec et sans anxiété. L'évaluation de l'anxiété a été basée sur la déclaration de la prise d'un traitement pour l'anxiété.

Une augmentation de la consommation de viande rouge et de viande transformée était associée à un risque accru de 18% de développer un cancer colorectal dans la population totale. L'augmentation était de 42 % chez les participants anxieux et non significative chez les autres volontaires. Des tendances similaires ont été observées pour le risque global de cancer. Les analyses menées avec le fer héminique ont donné des résultats comparables. Ces données renforcent l'ensemble des preuves existantes qui soutiennent que la consommation de viande rouge et de viande transformée et l'apport en fer héminique seraient associés à un risque accru de cancer global et plus spécifiquement de cancer colorectal. Ils suggèrent également que l'anxiété pourrait exacerber ces associations.

Ce travail souligne l'intérêt d'intégrer des facteurs psychologiques dans l'étude des relations entre alimentation et santé humaine.



CONTACT > [fabrice.pierre@inrae.fr](mailto:fabrice.pierre@inrae.fr)  
Référence > doi: 10.1007/s00394-020-02381-3  
Partenaires > Nutrineuro • CRESS • Avicenne Hospital



# Favoriser les transitions

**nécessaires au développement de systèmes alimentaires sains et durables**



L'alimentation durable englobe à la fois les notions de sécurité alimentaire (en référence à la production, l'offre, l'accessibilité, la disponibilité et la qualité de la nourriture) et de sécurité nutritionnelle qui, elle, se réfère à l'apport de quantités adéquates et métaboliquement disponibles d'énergie et de nutriments essentiels permettant d'atteindre chez les individus et dans une population donnée un statut nutritionnel considéré comme satisfaisant pour maintenir la santé et le bien-être sur le long terme.

La sécurité nutritionnelle intègre aussi la santé et le bien-être, des préoccupations sociales, et des questions relatives aux ressources alimentaires et à la préservation de l'environnement. Le département AlimH vise à caractériser et favoriser l'adoption de régimes alimentaires idoines dans des systèmes alimentaires sains et durables.



## > Suivi des recommandations nutritionnelles : un impact positif confirmé sur l'environnement

Depuis 2001, la France élabore des recommandations nutritionnelles via le Programme national nutrition santé (PNNS) qui vise à améliorer la santé de la population en agissant sur un de ses déterminants majeurs, la nutrition. Les recommandations nutritionnelles de 2001 visaient, entre autres, à augmenter la consommation de fruits et légumes et à favoriser la consommation de produits laitiers pour le calcium. Ces recommandations ont été mises à jour en 2017 en accord avec la littérature scientifique actualisée et soulignent la nécessité d'intégrer la dimension environnementale de l'alimentation. En 2017, le Programme national nutrition santé recommande, entre autres, de diminuer sa consommation de viande rouge et de charcuterie, de produits sucrés, un apport suffisant mais limité de produits laitiers, une limitation des apports d'alcool et d'augmenter sa consommation d'aliments d'origine végétale (fruits et légumes, légumineuses, produits céréaliers complets) et de favoriser les aliments issus de l'agriculture biologique. De nouvelles catégories d'aliments ont également été prises en compte comme les fruits à coque non salés.

▲ Dans cette étude les scientifiques ont cherché à évaluer l'impact des recommandations nutritionnelles sur la santé mais également sur l'environnement en comparant les groupes d'individus qui suivaient les recommandations et ceux qui ne les suivaient pas ou peu. Ils ont également comparé la durabilité des recommandations de 2001 et de 2017.

À partir des données de 28 340 participants de l'étude de cohorte NutriNet-Santé, les scientifiques ont associé plusieurs indicateurs en se basant sur des critères nutritionnels (nombre de calories, type d'aliments consommés...), environnementaux (émission de GES, ressources utilisées, occupation des sols...), économiques (coût de l'alimentation) et toxicologiques (exposition aux résidus de pesticides).

Les chercheurs ont montré que les participants qui suivent (comparés à ceux qui les suivent moins) les recommandations nutritionnelles de 2017 réduisent l'impact global sur l'environnement de leur alimentation de 50% (au travers des 3 indicateurs étudiés). En comparaison, ceux qui suivaient les recommandations de 2001 réduisaient de seulement 25% leur impact sur l'environnement. En termes d'impact sur la santé, l'application des recommandations nutritionnelles de 2017 est également plus performante que celles de 2001 : le suivi des recommandations de 2017 permettrait de prévenir 35 000 morts prématurées, principalement liées à des maladies cardiovasculaires, 10% de plus que les recommandations de 2001. Cependant au niveau économique, le coût de l'alimentation pour les personnes suivant le mieux les recommandations de 2017 est légèrement plus élevé (un peu moins de 1€ de coût supplémentaire par jour et par personne).

En termes de santé publique et dans le contexte du changement climatique, ces résultats confirment le co-bénéfice des recommandations nutritionnelles pour la promotion de la santé individuelle et la préservation de l'environnement. Si elles sont adoptées par une large partie de la population, les recommandations nutritionnelles de 2017 pourraient contribuer à la prévention de maladies chroniques comme le diabète, l'obésité, les maladies cardio-vasculaires et certains cancers tout en réduisant les impacts environnementaux liés à l'alimentation.



CONTACT > [e.kesse@eren.smbh.univ-paris13.fr](mailto:e.kesse@eren.smbh.univ-paris13.fr)  
Référence > doi: 10.1038/s41893-020-0495-8  
Partenaires > CRESS • INSERM • Université Sorbonne Paris Nord • Solagro





## ➤ Les récents changements alimentaires observés chez les participants de NutriNet-Santé sont-ils plus sains et plus durables ?

Alors que les systèmes alimentaires modernes intensifs ont des impacts significatifs sur la santé et l'environnement, de nouvelles tendances alimentaires durables apparaissent ces dernières années. The Eat-Lancet recommande une alimentation durable qui se définit comme une alimentation avec un apport calorique approprié, plus d'aliments d'origine végétale et moins d'aliments d'origine animale, contenant des graisses insaturées, des produits céréaliers complets et peu d'aliments ultra-transformés et sucrés.

« Une transition vers des régimes plus durables (riche en produits végétaux, en aliments issus de l'agriculture biologiques et à haute valeur nutritionnelle) est détectable dans certains sous-groupes de la population en particulier les femmes et les plus éduqués.

▲ Au-delà des modèles alimentaires, le mode de production pourrait également être amélioré. Par exemple, l'agriculture biologique présente des propriétés environnementales potentiellement avantageuses pour l'environnement (biodiversité, meilleure qualité des sols, de l'eau et de l'air, réduction des émissions de GES) et la santé comparée à l'agriculture conventionnelle. L'objectif de cette étude était d'identifier les changements récents des consommations alimentaires sur une période de 4 ans en termes de qualité et de végétalisation de l'alimentation en tenant compte du mode de production (biologique ou conventionnel) ainsi que les déterminants socio-démographiques associés.

Dans la cohorte NutriNet-Santé, les participants ont diminué la consommation de viande et de viande transformée respectivement de 5,09g/jour et de 1,12g/jour. La consommation totale moyenne de produits biologiques a augmenté de 12% (+93g/jour) tandis que la consommation de poissons et de produits de la mer (-1,4g/jour), de volaille (-1g/jour), de viande transformée (-0,3g/jour) et de viande (-3,3g/jour) issus de l'agriculture biologique a diminué. L'évolution vers des régimes alimentaires plus sains était plus prononcée dans certains sous-groupes de population. Par exemple, les femmes, les jeunes et les plus éduqués étaient plus susceptibles d'augmenter leur consommation d'aliments sains d'origine végétale et animale, d'aliments biologiques et d'améliorer la qualité nutritionnelle globale de leur alimentation pendant la période de suivi que les autres.

Les résultats indiquent une légère inflexion vers des régimes alimentaires plus sains et végétal sur une période de 4 ans, au moins dans certains segments de la population. Une diminution de la consommation de produits animaux et une augmentation de la consommation d'aliments sains végétaux et d'aliments biologiques suggèrent une tendance potentielle vers des régimes plus durables dans certains sous-groupes. Les impacts environnementaux de ces changements doivent être évalués dans des travaux ultérieurs, ainsi que la manière de les améliorer, en particulier pour ceux qui n'entament pas de transition durable. Cependant, au-delà des comportements des consommateurs, il est à noter que les facteurs sociaux, économiques, politiques publiques et environnementaux doivent être pris en compte pour promouvoir une alimentation plus largement durable.



CONTACT > e.kesse@eren.smbh.univ-paris13.fr  
Référence > doi: 10.1007/s00394-021-02631-y  
Partenaires > CRESS • C2VN • INSERM • Solagro

## ➤ Le régime planétaire EAT-Lancet diet est associé à des bénéfices environnementaux chez les individus de la cohorte NutriNet-Santé

En 2019, la Commission EAT-Lancet a élaboré un régime planétaire, sain et universel, pouvant servir de référence dans l'étude des régimes alimentaires durables : riche en produits végétaux, très pauvre en viande et modéré en produits laitiers. Ce régime tend à devenir la référence universelle, toutefois, peu d'études ont évalué son impact environnemental basées sur des données observationnelles.

▲ Les données alimentaires de 29,210 volontaires de la cohorte NutriNet-Santé ont été recueillies et couplées à des données environnementales (les émissions de gaz à effet de serre, l'occupation des terres et la demande d'énergie cumulative). Le niveau d'adéquation au régime EAT-Lancet a été estimé dans la cohorte NutriNet-Santé à l'aide d'un score ad hoc (ELD-I). Un niveau élevé de ELD-I (Q5), comparé à un niveau faible (Q1), a été associé à des émissions de gaz à effet de serre, une demande énergétique cumulative et une occupation des sols plus faibles, respectivement -56%, -31% et -54%, documentant le faible impact environnemental de ce régime planétaire. Globalement, cette étude a montré que le régime alimentaire planétaire tel que défini par la Commission EAT-Lancet est associé à une meilleure qualité nutritionnelle et à des impacts environnementaux moindres, conformément aux objectifs du rapport EAT-Lancet. Néanmoins, des scores de ELD-I faibles (reflétant des régimes défavorables à la santé) pouvaient également présenter de faibles impacts environnementaux.

L'impact sur la santé humaine, en particulier la survenue de la maladies chroniques, associé au suivi du régime EAT-Lancet sera évalué de manière approfondie dans le cadre de l'étude NutriNet-Santé.



CONTACT > j.baudry@eren.smbh.univ-paris13.fr  
Référence > doi:10.1016/j.jclepro.2021.126555  
Partenaires > CRESS • C2VN • Solagro



## ➤ Impacts environnementaux associés aux régimes omnivores, pescétariens, végétariens et végétaliens chez des adultes français

Peu d'études ont étudié l'impact environnemental des régimes végétariens comparés aux régimes omnivores, en prenant en compte le mode de production des aliments consommés. L'objectif de cette étude était de comparer les pressions et impacts environnementaux de différents régimes alimentaires (omnivore, pesco-végétarien, végétarien et végétalien), tout en considérant le système agricole (biologique ou conventionnel) des aliments consommés.

▲ Dans cette étude conduite à partir de 29 210 individus de la cohorte NutriNet-Santé, les chercheurs ont calculé 3 indicateurs de pressions environnementales (émissions de gaz à effet de serre, demande en énergie cumulée et occupation des sols) et un score partiel agrégé combinant ces 3 derniers chez des individus omnivores, pesco-végétariens, végétariens et végétaliens. Ils ont observé de plus faibles pressions environnementales et un plus faible score partiel agrégé chez les personnes suivant des régimes végétaliens, pesco-végétariens et végétariens comparés aux individus omnivores. Des tensions toutefois existaient en bio avec une baisse de la demande en énergie et une augmentation de l'occupation des sols. Pour conclure, les régimes omnivores étaient ceux ayant, de loin, les plus forts impacts environnementaux.



CONTACT > e.kesse@eren.smbh.univ-paris13.fr  
Référence > doi: 10.1016%2FJ.SPC.2020.02.010  
Partenaires > CRESS • C2VN • Solagro







## ➤ Comparaison des coûts entre un plat fait maison et un plat industriel

**En France, il est communément admis que cuisiner maison revient moins cher qu'acheter des plats tout-prêts. Des chercheurs INRAE viennent remettre en question cette idée. Leurs résultats montrent qu'en prenant en compte le coût du temps, cuisiner à la maison à partir d'ingrédients bruts revient plus cher qu'acheter des plats industriels.**

▲ La quantité de plats cuisinés industriels achetés pour l'alimentation à domicile, quasi inexistante en 1973, était en 2010 de l'ordre de 50g par jour et par personne, reflétant l'intérêt pour les ménages de leur praticité, compte tenu des exigences croissantes de la vie quotidienne. A l'inverse, le temps passé à cuisiner à la maison a diminué depuis 1985 avec notamment une forte augmentation des jours où les ménages ne cuisinent pas du tout. À noter que 75% du temps passé à la cuisine est du temps féminin.

Les chercheurs ont répertorié les 19 plats préparés les plus consommés par les Français (comme la quiche lorraine, le taboulé, la soupe de légumes, le bœuf bourguignon, ou encore le gratin dauphinois...) et ont relevé leur prix en supermarché. A partir des recettes, ils ont estimé le coût de ces mêmes plats faits maison, sur la base du prix des ingrédients qui les constituent.

Pour quatre portions, si l'on ne tient compte que du prix d'achat, les plats industriels sont, en moyenne, 0,84€ plus chers que les mêmes plats faits maison. Quand on intègre le coût de l'énergie pour cuisiner ou réchauffer ces plats, les plats industriels restent plus chers de 0,60€ pour 4 portions. En revanche, lorsque le coût du temps de préparation (estimé au SMIC horaire) est considéré, alors le plat réalisé à la maison est de 5,34 € pour 4 portions, soit plus cher en moyenne que le plat industriel. Le Programme National Nutrition Santé recommande le « fait maison », mais ne tient pas compte du coût lié au temps passé à cuisiner.

Ce travail s'est appuyé sur une collecte d'informations, en magasin et sur internet, sur une liste limitée de produits. Mais ce qu'il révèle suggère l'importance d'analyser les pratiques d'achat de plats cuisinés de sous-populations, en portant notamment l'accent sur les familles à faible revenu dont les contraintes de temps, de ressources et d'équipement peuvent les dissuader d'acheter et de préparer des aliments frais et périssables. Garantir la disponibilité de plats industriels pratiques, abordables et ayant une qualité nutritionnelle avérée pourrait contribuer à promouvoir une alimentation saine, tout en luttant contre les inégalités hommes-femmes et contre les inégalités sociales.



CONTACT > [nicole.darmon@inrae.fr](mailto:nicole.darmon@inrae.fr)  
Référence > doi:10.1017/S1368980019005081  
Partenaires > MOISA



## ➤ Que nous apprennent les enquêtes alimentaires sur la transition nutritionnelle aux Antilles ?

**La population des Antilles est en moyenne plus âgée, plus défavorisée et les prévalences d'obésité, diabète et hypertension sont 2 à 3 fois plus élevées que dans l'hexagone. Les Antilles ont connu une évolution importante de ces prévalences au cours des dernières décennies, suggérant une transition nutritionnelle, c'est-à-dire le passage d'une alimentation traditionnelle, riche en fibres et glucides complexes, à une alimentation faible en fruits, légumes mais riche en sucres, graisses animales saturées et aliments transformés. Pour caractériser la transition nutritionnelle aux Antilles et ainsi orienter les mesures de santé publique, les chercheurs ont étudié les profils alimentaires co-existants aux Antilles et évalué la contribution de la transition démographique, c'est-à-dire de l'évolution des caractéristiques démographiques et socio-économiques, dans les changements d'état de santé et d'apports alimentaires sur 10 ans.**

▲ Pour ce faire, les chercheurs ont utilisé les données d'adultes guadeloupéens et martiniquais issues de deux enquêtes transversales de nutrition menées en 2003 et 2013 sur des échantillons représentatifs.

Les analyses montrent qu'au cours des 10 ans, l'état nutritionnel s'est détérioré, en partie à cause du vieillissement de la population, et également une diminution de la qualité du régime alimentaire, une augmentation de la part de l'énergie fournie par les aliments ultra-transformés, et une baisse des apports en fruits, tubercules et poisson. Ces changements nutritionnels sont très peu expliqués par le vieillissement de la population et l'augmentation du niveau d'étude.

Actuellement, quatre profils alimentaires cohabitent : « sain », « traditionnel » persistant chez les plus âgés mais abandonné chez les jeunes au profit du « moderne » caractérisé par des consommations d'aliments défavorables à la santé (boissons sucrées, snacks et fast-foods), et « en transition » où coexistent des consommations traditionnelles et modernes.

La dégradation de l'état nutritionnel en lien avec celle de la qualité nutritionnelle de l'alimentation observée chez les Antillais sur 10 ans, confirme que la transition nutritionnelle antillaise est avancée. L'identification de profils alimentaires diversifiés très marqués par un effet générationnel, qui coexistent, montre que la transition nutritionnelle est toujours en cours. La transition démographique (vieillesse de la population et augmentation du niveau d'éducation) explique marginalement les changements sur 10 ans, soulignant l'importance d'autres déterminants de la transition nutritionnelle antillaise, tel que des changements d'environnement alimentaire, notamment liés à la dépendance croissante aux importations de denrées alimentaires. Cette étude amène ainsi des éléments pour guider la transition nutritionnelle vers des comportements alimentaires plus favorables à la santé, priorité de santé publique aux Antilles.



CONTACT > [caroline.mejean@inrae.fr](mailto:caroline.mejean@inrae.fr)  
Référence > doi: 10.1007/s00394-020-02317-x • doi: 10.1017/S136898002100327X  
Partenaires > MOISA • CRESS • ALISS • IRD • CHU de Martinique





## > Scénarios d'amélioration de la durabilité des régimes alimentaires

**Face aux enjeux de durabilité, il est primordial d'identifier des régimes alimentaires qui satisfassent les besoins nutritionnels, soient acceptables et réduisent les impacts de leur production sur la santé et l'environnement. L'objectif de ce travail était de caractériser les leviers d'amélioration de la durabilité des régimes alimentaires.**

▲ Des scénarios (nutritionnellement sains et à coûts constants) plus ou moins disruptifs de réduction des impacts environnementaux, d'augmentation de la part d'aliments issus de l'agriculture biologiques au plus proche des habitudes alimentaires individuelles ont été identifiés. L'optimisation a été réalisée sur les régimes de 12 166 participants de la cohorte NutriNet-Santé.

Dans les régimes optimisés, les fruits, légumes, féculents et soja augmentaient au détriment des aliments d'origine animale et des aliments gras, sucrés ou salés. Ces changements s'accroissaient progressivement au fil des scénarios. Les contributions des noix et légumineuses augmentaient dans les scénarios les plus conservateurs, mais diminuaient au profit de celle du soja dans les scénarios de rupture. Le niveau de végétalisation initial du régime affectait uniquement l'amplitude mais pas la nature des modifications de composition de régime. Des scénarios conservateurs jusqu'à ceux de rupture, les émissions de gaz à effet de serre des régimes allaient de 1,04 à 0,20 tonne d'équivalents carbone par an et par personne, la réduction des surfaces occupées pour la production alimentaire variait de 41% à 80%, et celle de la demande en énergie de 47% à 75%.

Les scénarios plus en rupture permettraient de mieux répondre aux enjeux environnementaux tout en restant économiquement accessibles et en couvrant les besoins nutritionnels. Les différents scénarios restent à départager en fonction des objectifs de durabilité que l'on souhaite faire porter à l'alimentation. De plus, ces régimes théoriques devront être confrontés aux réalités agronomiques.



CONTACT > e.kesse@eren.smbh.univ-paris13.fr  
Référence > doi.org/10.1038/s43016-021-00227-7  
Partenaires > CRESS • PNCA • C2VN • Solagro



## > Les substituts végétaux : quels effets sur la qualité nutritionnelle des régimes des Français ?

**Les substituts végétaux aux produits animaux sont en plein essor mais leur qualité nutritionnelle n'a été évaluée que de façon grossière et parcellaire. Les chercheurs ont mené une étude complète et rigoureuse à partir des régimes observés des Français et de bases de composition de substituts de viande, lait et desserts lactés.**

▲ Les chercheurs ont simulé le remplacement de produits animaux par 96 substituts végétaux, afin d'évaluer comment ces substitutions affectaient l'adéquation nutritionnelle et le risque carenciel à l'échelle de quelque 200 000 régimes ainsi modélisés. Globalement, les substituts amélioraient l'adéquation nutritionnelle pour les fibres, l'acide  $\alpha$ -linoléique et linoléique, la vitamine E, les folates et les acides gras saturés, mais détérioraient celle pour la vitamine B2 et B12 ainsi que pour le fer et le zinc biodisponibles dans le cas de la substitution de la viande, ou pour le calcium et l'iode dans le cas de la substitution des produits laitiers. La qualité nutritionnelle des substituts végétaux était en outre très variable selon la nature du substitut et son usage : par exemple, les substituts de viande à base de légumineuses conduisaient à une amélioration globale de l'adéquation nutritionnelle et n'entraînaient pas d'augmentation du risque de carence, tandis que les substituts de produits laitiers permettaient de ne pas dégrader l'adéquation de l'apport en calcium quand ils étaient enrichis en calcium, mais augmentaient le risque de carence en iode.

Au-delà de la sécurité nutritionnelle, ces substitutions induisent aussi des effets sur la santé à long-terme que les chercheurs sont en train de finir d'intégrer à leur évaluation. En effet, ces substitutions permettent des profils nutritionnels et diététiques plus favorables à la santé à long terme, avec en particulier davantage de fibres, moins d'acides gras saturés et moins de viande rouge. A contrario, ces substitutions augmentent la proportion d'aliments ultra-transformés et les chercheurs ont aussi montré que la consommation d'aliments bruts était associée à de meilleurs régimes, correspondant à un moindre risque de mortalité cardiometabolique.



CONTACT > francois.mariotti@inrae.fr

Référence > doi: 10.1093/jn/nxab146 • doi: 10.1017/S0007114521002130

• doi: 10.1007/s00394-021-02576-2

Partenaires > PNCA • CRESS • ALISS • SayFood • Luxembourg Institute of Health • ANSES





## ➤ La consommation d'aliments moins bien classés au moyen du Nutri-Score associée à une mortalité accrue

**Le logo Nutri-Score a été développé pour aider les consommateurs à choisir des produits de meilleure qualité nutritionnelle dans les rayons, et pour encourager les industriels à améliorer la qualité nutritionnelle de leurs produits. Le Nutri-Score est un logo à 5 couleurs apposé en face avant des emballages. Il fournit une indication sur la qualité nutritionnelle des produits : de A-vert foncé-qualité nutritionnelle élevée à E-orange foncé-qualité nutritionnelle moindre. Les couleurs du Nutri-Score sont attribuées en fonction du score FSAm-NPS (Food Standards Agency nutrient profiling system, version modifiée), reflétant le profil nutritionnel des aliments à partir de leur composition (pour 100 g) en énergie, sucres, acides gras saturés, sodium, protéines, fibres et fruits et légumes, fruits à coques, légumineuses et huiles végétales.**

De nombreuses travaux publiés dans des journaux scientifiques internationaux ont démontré la validité du score FSAm-NPS pour caractériser la qualité nutritionnelle des aliments ainsi que l'efficacité du Nutri-Score pour aider les consommateurs à choisir des produits de meilleure qualité nutritionnelle. En particulier, des liens entre la consommation d'aliments avec un score FSAm-NPS reflétant une qualité nutritionnelle plus élevée (mieux classés sur l'échelle du Nutri-Score) et une meilleure santé ont jusqu'ici été observés en France (cohortes SU.VI.MAX et NutriNet-Santé), au Royaume-Uni (Whitehall II et EPIC-Norfolk) et en Espagne (cohorte SUN).

La nouvelle étude visait à rechercher des associations entre le score FSAm-NPS des aliments consommés et la mortalité au sein d'une très large population répartie dans 10 pays européens. Au total, 501 594 participants de la cohorte EPIC (European Prospective Investigation into Cancer and Nutrition) ont été inclus dans les analyses. Au cours du suivi entre 1992 et 2015, 53 112 participants sont décédés de causes non-accidentelles (y compris de cancer et de maladies des appareils circulatoires, respiratoires et digestifs). Les chercheurs montrent que les participants qui consommaient en moyenne plus d'aliments avec un score FSAm-NPS plus élevé, reflétant une qualité nutritionnelle moindre (correspondant à des aliments moins bien classés par Nutri-Score), présentaient une mortalité accrue (mortalité totale et mortalité liée au cancer et aux maladies des appareils circulatoires, respiratoires et digestifs). Ces résultats étaient significatifs après la prise en compte d'un grand nombre de facteurs sociodémographiques et liés au mode de vie.

Le Nutri-Score a été officiellement adopté en France en 2017 et depuis par différents pays européens (Belgique, Espagne, Allemagne, Pays-Bas, Suisse, Luxembourg). Toutefois, l'application de ce logo reste optionnelle du fait de la réglementation européenne sur l'étiquetage et repose ainsi sur la volonté des industriels de l'agroalimentaire. Si à ce jour, déjà plus de 700 entreprises et marques se sont engagées à mettre en place le Nutri-Score sur leurs produits, un point crucial reste la nécessité, dans un futur proche, d'une harmonisation au niveau européen pour que soit mis en place de manière obligatoire un seul logo efficace et utile pour les consommateurs. Cette harmonisation est prévue en 2022 dans le cadre de la stratégie Farm to Fork présentée en mai 2020 par la Commission Européenne.



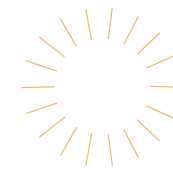
CONTACT > [m.deschasaux@eren.smbh.univ-paris13.fr](mailto:m.deschasaux@eren.smbh.univ-paris13.fr)  
[m.touvier@eren.smbh.univ-paris13.fr](mailto:m.touvier@eren.smbh.univ-paris13.fr)  
 Référence > doi: 10.1136/bmj.m3173  
 Partenaires > CRESS • Centre International de Recherche sur le Cancer

## ➤ Un niveau élevé de durabilité de l'alimentation est associé à une réduction du risque de maladies chroniques

**Peu d'études ont examiné le lien entre le suivi d'un régime alimentaire durable et la survenue de maladies chroniques. A partir des données de l'étude de cohorte NutriNet-Santé, les chercheurs ont étudié les associations entre des régimes alimentaires durables, évalués à l'aide d'un indice d'alimentation durable (SDI), et le risque de cancer et de maladie cardiovasculaire.**

▲ Au total, 25592 participants de la cohorte NutriNet-Santé ont été inclus dans l'étude. Les données sociodémographiques et alimentaires (distinguant les aliments bio et conventionnels) ont été collectées en 2014. Entre 2014 et 2018, un total de 483 cas de cancers et 158 cas de maladies cardiovasculaires sont survenues au cours des 3,8 années de suivi en moyenne. Un SDI plus élevé (forte durabilité) était associé à un risque plus faible de maladies chroniques après ajustement sur les facteurs de confusion potentiels (sociodémographiques et modes de vie). Cette association inverse (réduction de risque pour les individus ayant un SDI élevé) a été observée particulièrement pour les cancers mais pas pour les maladies cardiovasculaires.

Cette étude plaide pour un bénéfice conjoint pour la santé humaine et de la planète d'un suivi d'une alimentation durable.



CONTACT > [e.kesse@eren.smbh.univ-paris13.fr](mailto:e.kesse@eren.smbh.univ-paris13.fr)  
 Référence > doi: 10.1007/s10654-020-00619-2  
 Partenaires > CRESS • C2VN • Solagro



## ➤ Les jardins partagés : vers des modes de vie plus durables ?

**On ignore si la participation à un jardin partagé peut induire plus de durabilité dans les modes de vie des usagers de ces jardins. Pour le savoir, des chercheuses ont suivi 66 personnes qui venaient de débuter une activité de jardinage collectif dans la métropole de Montpellier.**

▲ À la fin de l'année d'enquête, sur les 66 néo-jardiniers, 16 avaient abandonné le jardin en cours. Les jardiniers les plus actifs (56%) venaient en moyenne une fois par mois au jardin. Au bout d'un an, rien n'avait changé, ni chez les jardiniers ni chez des témoins non-jardiniers, que ce soit en matière de qualité nutritionnelle et d'impact carbone des achats alimentaires, ou d'activité physique, de lien social, de perception du gaspillage, et de connexion à la nature. Les chercheuses ont mené des entretiens approfondis avec plusieurs jardiniers en fin de l'étude. Une réponse est souvent revenue : bien que novices en jardinage, ces personnes étaient déjà sensibilisées à l'impact de leur mode de consommation sur la planète et leur santé. Intégrer un jardin était une étape de plus dans leur mode de consommation plus responsable.

Par ailleurs, beaucoup se sont trouvées dépassées et découragées par leur manque de connaissances pour entretenir un potager. À cela s'ajoutant les contraintes liées à une vie active, elles ont alors diminué leur investissement dans cette nouvelle pratique, faute d'accompagnement pour apprendre à cultiver son jardin. Ces résultats montrent les limites des jardins partagés en France et invitent à réfléchir à de nouvelles formes plus adaptées qui faciliteraient la participation et l'intégration d'un public non « pré-sensibilisé ».



CONTACT > [nicole.darmon@inrae.fr](mailto:nicole.darmon@inrae.fr)  
 Référence > doi: 10.1186/s12889-020-09836-6 • doi.org/10.1093/nutrit/nuaa147  
 Partenaires > MOISA • UMR INNOVATION





## ➤ Avantages et limites des approches méthodologiques utilisées pour explorer les changements de consommations vers une alimentation plus durable



**Faire évoluer les consommations alimentaires est nécessaire - en combinaison avec des actions sur la production, la transformation et le gaspillage alimentaire - pour relever les défis environnementaux et de santé. Le nombre d'études dédiées à l'identification de choix alimentaires plus durables a explosé au cours de la dernière décennie. Il est nécessaire de faciliter leur compréhension et leur utilisation par les décideurs politiques et toutes les autres parties prenantes susceptibles d'influencer la durabilité de l'alimentation.**

▲ Les chercheurs ont proposé une catégorisation des études en quatre approches, basées sur le type de méthodologie utilisée pour explorer la durabilité des régimes alimentaires, et mis en évidence les principes, les avantages et les limites de chaque approche afin d'aider les utilisateurs des études dans leur interprétation.

L'approche 1 (scénarios a priori) consiste à évaluer les caractéristiques de durabilité de régimes alimentaires hypothétiques. Le principal avantage de cette approche réside dans la facilité de sa mise en œuvre - notamment parce qu'elle ne nécessite pas de données sur la consommation alimentaire individuelle - et dans la facilité de communication des résultats.

Cependant, elle comporte des inconvénients importants, en particulier l'amélioration des caractéristiques de durabilité de ces régimes prédéfinis n'est pas assurée, voire altérée, et l'acceptabilité culturelle est mal prise en compte. L'approche 2 (approche épidémiologique univariée) consiste à évaluer la durabilité des régimes alimentaires existants et, de cette façon, elle prend mieux en compte l'acceptabilité culturelle. L'un des principaux atouts de cette approche épidémiologique est de permettre d'étudier la compatibilité, et de mettre en évidence les compromis, entre les différentes dimensions de la durabilité, et d'explorer comment les groupes d'aliments - ou tout autre déterminant - contribuent à la variabilité d'une dimension de la durabilité. Cependant, elle repose sur la disponibilité de données individuelles sur la consommation alimentaire et permet d'étudier l'amélioration d'une seule dimension de la durabilité sans garantir l'amélioration des autres. Avec l'approche 3 (identification de «déviant positifs»), l'objectif est de sélectionner, parmi tous les régimes alimentaires existants, ceux qui remplissent simultanément plusieurs critères de durabilité, mais l'ampleur des améliorations peut être trop faible. L'approche 4 (utilisation de l'optimisation sous contrainte pour concevoir des régimes alimentaires plus durables) permet d'atteindre simultanément différents objectifs de durabilité et évite de nuire à certaines dimensions au profit d'autres. En particulier, il s'agit de la seule approche capable de garantir l'adéquation nutritionnelle. Cependant, bien que cette méthodologie puisse minimiser l'écart par rapport aux régimes alimentaires actuels, l'acceptabilité culturelle des régimes optimisés n'est pas garantie.

La catégorisation des approches, en particulier la description de leurs limites et avantages, sera utile et fournira un support solide pour la prise de décision des acteurs publics et privés qui s'appuient sur de telles études pour élaborer des recommandations, des interventions et des politiques publiques. D'un point de vue méthodologique, les études ont progressé de l'analyse de la durabilité à l'échelle des aliments à celle des régimes alimentaires. Il s'agit maintenant de passer à une analyse à l'échelle du système alimentaire.



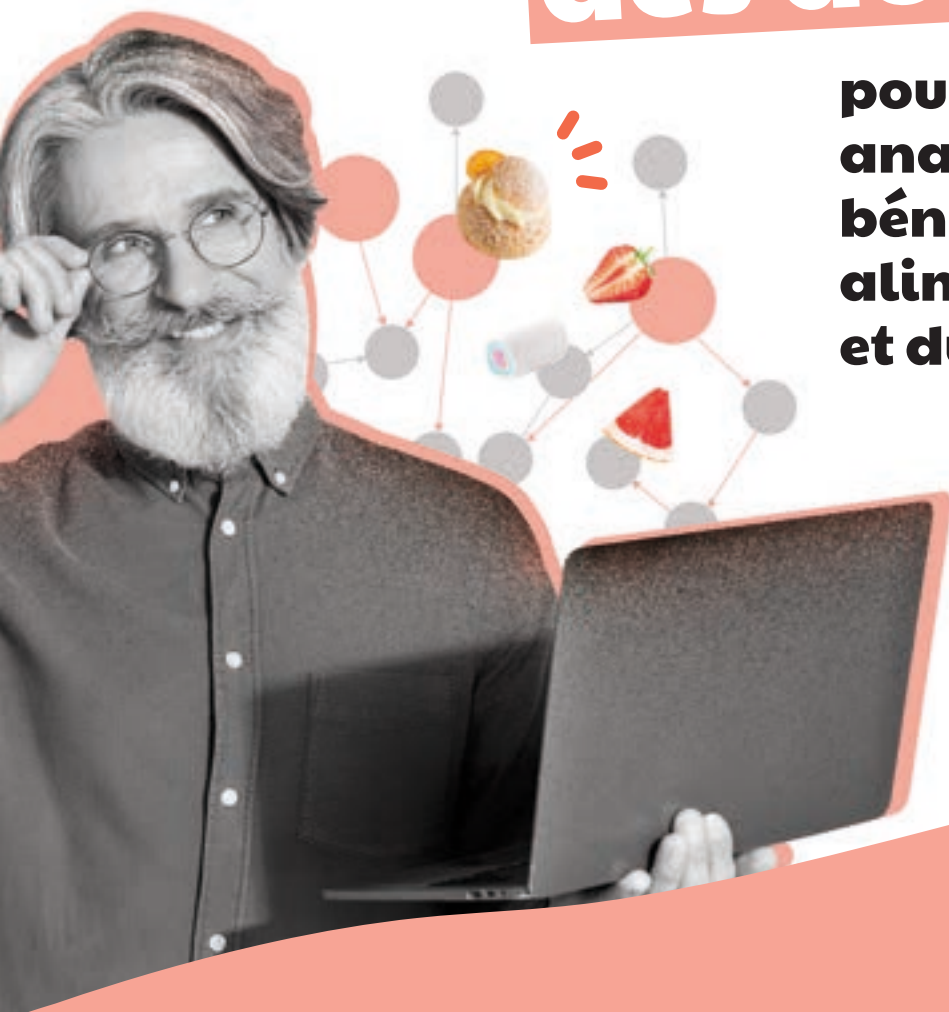
CONTACT > [marlene.perignon@inrae.fr](mailto:marlene.perignon@inrae.fr)  
Référence > doi: 10.1093/nutrit/nuab091  
Partenaires > MOISA



Développer l'accès et le déploiement

# des sciences des données

**pour mieux prédire et analyser le rapport bénéfique/risque d'une alimentation saine et durable.**



L'interopérabilité des données apparaît comme un verrou majeur pour mener à bien des études intégrées sur le lien entre systèmes alimentaires et l'équilibre bénéfiques/risques pour les individus. En effet, les données produites à différents niveaux d'échelles (moléculaire, individu, populations) sont actuellement peu voire pas compatibles.

Le département vise à implémenter une politique proactive d'ouverture des données à la fois pour valoriser et partager les connaissances mais également pour intégrer les stratégies de réutilisation des données dans ses recherches.

Le département vise par ailleurs à intégrer les données complexes pour prédire et analyser le rapport bénéfique/risque d'une alimentation saine et durable.



## > Décryptage des mécanismes d'action des polyphénols sur la santé par une approche bio-informatique des données de la littérature

**Les maladies cardiométaboliques (maladies métaboliques et cardiovasculaires) représentent un fléau majeur en santé publique et pourraient être largement prévenues par une meilleure alimentation. En particulier, il existe de nombreuses preuves des effets bénéfiques des polyphénols alimentaires sur la santé cardiométabolique. Les polyphénols, qui sont abondants dans les produits végétaux, contribuent à préserver la santé en agissant sur un large éventail de processus cellulaires par des mécanismes d'action qui ne sont pas encore tous élucidés mais qui impliquent une régulation multi-génomique. Dans le but de mieux comprendre les cibles moléculaires responsables des effets protecteurs des polyphénols, les chercheurs ont effectué une recherche systématique des études d'intervention nutritionnelle à base de polyphénols afin d'identifier chez l'Homme ou chez des modèles animaux des changements significatifs de l'expression de certains gènes associés à une amélioration des facteurs de risque cardiométabolique.**

▲ Afin d'identifier les cibles moléculaires majeures des polyphénols, les chercheurs ont procédé à des analyses bio-informatiques intégratives et approfondies des facteurs de transcription dont les activités peuvent être modulées par les polyphénols d'intérêt et qui pourraient expliquer les modifications génomiques observées.

Les interactions potentielles entre les métabolites circulants des polyphénols et les protéines de signalisation cellulaire identifiées ont également été recherchées, ainsi que les corrélations avec des profils d'expression géniques observés chez des patients atteints de maladies cardiométaboliques.

Cette analyse systématique montre bien que les polyphénols alimentaires peuvent moduler l'expression de plusieurs centaines de gènes. L'analyse bio-informatique intégrative réalisée a permis de mettre en évidence les relations entre gènes, fonctions moléculaires et processus biologiques lors de la consommation de polyphénols. Les résultats montrent que ces gènes sont principalement ceux impliqués dans la régulation de l'inflammation, le métabolisme des lipides, ainsi que dans une diversité de voies cellulaires, telles que l'adhésion cellulaire et focale, les jonctions cellulaires ou encore l'organisation du cytosquelette, voies qui contrôlent les processus d'adhésion, de mobilité et de perméabilité cellulaire qui sont étroitement liés à la fonction de l'endothélium vasculaire. Les chercheurs ont aussi pu identifier des régulateurs de l'expression des gènes sensibles aux polyphénols, dont des facteurs de transcription, tels que AP1, SP1 ou Nf-kB, mais aussi des facteurs post-transcriptionnels tels que des micro-ARNs.

Une analyse bio-informatique approfondie et intégrative des données nutriginomiques représente une approche efficace pour progresser dans l'identification précise des mécanismes moléculaires qui sous-tendent les effets santé des polyphénols. Il est maintenant nécessaire de développer des outils bio-informatiques et des approches de l'apprentissage automatique (machine learning), pour, à l'avenir, mieux interpréter et appréhender les données génomiques générées en les croisant avec les données génomiques existantes. Cette approche peut s'appliquer à d'autres données d'expression génique afin de progresser dans le décryptage des mécanismes mis en jeu par notre alimentation dans différentes situations physiopathologiques.



CONTACT > [dragan.milenkovic@inrae.fr](mailto:dragan.milenkovic@inrae.fr)  
[laurent-emmanuel.monfoulet@inrae.fr](mailto:laurent-emmanuel.monfoulet@inrae.fr)

Référence > doi:10.1002/mnfr.202100227 • doi:10.3390/nu13072326  
Partenaires > UNH • Goce Delcev University • University of Belgrade • Czech University of Life Sciences • University of East Anglia • Rovira i Virgili University • University of Thrace • Bulgarian Academy of Sciences • IFC









## > Vers une signature immunitaire de l'asthme sévère chez l'enfant

**L'asthme touche 235 millions de personnes à travers le monde. Cette inflammation chronique des voies aériennes est associée à une hyperréactivité bronchique responsables des symptômes (sifflements, toux, dyspnée). Chez la plupart des enfants, l'asthme est contrôlé par des doses légères à modérées de corticostéroïdes inhalés. Cependant, près de 5 % des enfants souffrant d'asthme sévère restent symptomatiques malgré des doses élevées de corticostéroïdes – ils représentent 50% des coûts de santé liés à l'asthme et ont une moindre qualité de vie.**

Le phénotype d'asthme sévère résulte de mécanismes physiopathologiques variés (endotypes), dont la définition est essentielle pour la prise en charge et le suivi efficace des patients. Cependant, très peu d'études ont tenté de caractériser sans a priori la signature immunitaire des enfants souffrant d'asthme sévère.

Une analyse complète des cellules de l'immunité innée et adaptative et des composants immunitaires solubles a été réalisée dans les lavages broncho-alvéolaires et le sang périphérique de 20 enfants atteints d'asthme sévère comparée à 10 enfants témoins. Les chercheurs ont observé une absence de corrélation entre les facteurs immunitaires locaux et circulants, et une association de certains paramètres immunologiques avec des données démographiques (âge, IMC) et cliniques (contrôle de l'asthme, volume expiratoire forcé). La combinaison d'analyses statistiques a permis d'identifier les constituants circulants les plus discriminants et les plus significatifs entre les groupes. Un modèle capable de distinguer les enfants atteints d'asthme sévère des sujets témoins avec une spécificité de 80% et une sensibilité de 100% a été obtenu. De plus, parmi les enfants atteints d'asthme sévère, une signature immunitaire spécifique distingue les enfants « exacerbateurs fréquents » (ayant eu plus de 2 exacerbations l'année précédente) des « exacerbateurs non fréquents ». Des pistes de « biomarqueurs » circulants sont ainsi proposées afin d'aider au diagnostic et au suivi de ces patients de façon non invasive.

Cette étude permet de mieux comprendre les mécanismes physiopathologiques de l'asthme sévère et de définir des endotypes. De tels travaux sont essentiels pour identifier de nouvelles cibles pour son diagnostic et permettre son traitement personnalisé.



**CONTACT > karine.adel-patient@cea.f**  
Référence > doi: 10.1111/all.14759 • doi: 10.3389/fimmu.2021.700521 • doi: 10.1016/j.jaci.2019.08.003  
Partenaires > MTS • Hopital Necker Enfants Malades • Institut Necker Enfants Malades (INEM) • Institut Micalis • CEA



## > Syndrome métabolique : découverte d'une signature biologique pour guider le diagnostic

**Mieux dépister le syndrome métabolique est nécessaire pour améliorer sa prise en charge. Ce syndrome, caractérisé par une association d'anomalies, touche en France 20% de la population, mais son hétérogénéité le rend difficile à identifier.**

C'est pourquoi il est capital de développer des outils pour en faciliter le diagnostic. Les chercheurs ont cherché à savoir s'il existait une signature métabolique du syndrome. Par des approches innovantes et l'utilisation de technologies performantes disponibles au sein de l'infrastructure MetaboHUB permettant une investigation sans a priori (étude des produits du métabolisme), les chercheurs ont analysé des échantillons sanguins de 123 hommes âgés (68 à 82 ans) issus de la cohorte québécoise NuAge, à 3 ans d'intervalle. Et parmi les milliers de signaux qui ont été passés au crible dans cette étude de grande ampleur, ce ne sont pas moins de 476 métabolites et lipides qui se sont révélés perturbés lorsqu'un patient souffre de ce syndrome. Les scientifiques en tirent une signature singulière de 26 métabolites (petites molécules présentes dans un tissu ou un fluide biologique), robustes pour un futur diagnostic.

Les données fournies par la cohorte québécoise incluent de nombreuses informations diverses sur les participants, comme leurs habitudes alimentaires, leur mode de vie, leur activité physique... Et les scientifiques montrent des liens entre l'alimentation, le microbiote intestinal, la signature métabolique et le diagnostic du syndrome.

Cette preuve de concept ouvre la porte à des nouveaux outils de diagnostic plus robustes et précis. Des travaux complémentaires permettront d'établir une procédure simplifiée pour intégrer cette approche en routine. Faciliter le diagnostic de ce syndrome permettra de limiter les risques de complications graves comme les AVC, les problèmes cardiovasculaires ou le diabète de type 2.



### Le syndrome métabolique, qu'est-ce que c'est ?

Le syndrome métabolique est une association de perturbations biologiques. Celles-ci sont liées à la présence d'un excès de graisse abdominale. On parle de syndrome métabolique lorsque sont présentes au moins trois des anomalies parmi les 5 suivantes :

- Un tour de taille élevé (>102 cm pour les hommes)
- Un excès de sucre dans le sang (hyperglycémie)
- Une tension artérielle élevée
- Un excès de triglycérides dans le sang (hypertriglycéridémie)
- Un taux bas de cholestérol-HDL (« bon » cholestérol)



**CONTACT > blandine.comte@inrae.fr**  
**estelle.pujos-guillot@inrae.fr**  
Référence > doi: 10.1016/j.ebiom.2021.103440  
Partenaires > UNH • MetaboHUB • CEA • Université de Montréal et Université McGill





## ➤ Identification de 13 biomarqueurs spécifiques de l'atrophie musculaire

Une perte de masse musculaire est fréquente en cas de pathologie chronique (insuffisance respiratoire, cardiaque ou rénale, cancer,...). Elle est associée avec un risque accru de décès et contribue à l'altération de la qualité de vie des patients. Les mécanismes conduisant à l'atrophie musculaire ont fait l'objet de plusieurs études chez l'animal et ont mis en évidence, quelle que soit la pathologie causale, une activation de la protéolyse musculaire et notamment du système ubiquitine protéasome.

▲ Néanmoins, les études chez l'Homme restent rares. Or, il est classique que des données obtenues sur modèles animaux en laboratoire ne soient pas transposables à l'homme en situation réelle.

Les chercheurs ont récemment identifié un programme d'atrophie musculaire indépendant de la pathologie, chez des patients atteints de cancer pulmonaire (phase précoce avant tout traitement chimio thérapeutique) ou d'insuffisance rénale chronique. Chez 34 patients, les chercheurs ont identifié 13 biomarqueurs sanguins qui sont le reflet de l'atrophie musculaire. Ces biomarqueurs ont été validés chez 55 patients supplémentaires souffrant d'insuffisance rénale chronique et sont indépendants de l'âge (36-86 ans), du sexe, de la présence d'une inflammation ou de l'indice de masse corporelle.

Ces biomarqueurs ont 3 utilités potentielles : détection précoce d'une atrophie musculaire, sélection de traitements moins délétères pour le muscle squelettique et vérification de l'utilité des mesures utilisées en milieu hospitalier pour lutter contre l'atrophie musculaire (nutrition, exercice physique, médicaments, etc.).

Une collaboration avec l'Université de Trieste en 2022 permettra de valider les résultats sur des volontaires sains soumis à un alitement prolongé. Notre objectif sera ensuite la mise au point d'une méthode de quantification absolue (PCR digitale) de ces biomarqueurs pouvant être facilement mise en œuvre en milieu hospitalier.



CONTACT > [daniel.taillandier@inrae.fr](mailto:daniel.taillandier@inrae.fr)  
Référence > brevet déposé  
Partenaires > UNH • CHU de Clermont-Ferrand



## ➤ Malvoyance causée par la DMLA : découverte d'un biomarqueur sanguin pour évaluer le risque lié à l'alimentation

La dégénérescence maculaire liée à l'âge (DMLA) est une maladie chronique qui atteint la zone centrale de la rétine, appelée macula, et provoque une perte progressive de la vision. C'est la principale cause de malvoyance chez les personnes âgées de plus de 50 ans. Les traitements actuels pour la DMLA permettent uniquement de ralentir la progression de la pathologie, et seulement pour certaines formes de la maladie. C'est pourquoi les stratégies de prévention sont d'une importance cruciale. Parmi les facteurs de risque sur lesquels on peut agir, se trouve le déficit en acides gras oméga-3 à longue chaîne dans la rétine, lipides qui sont apportés par l'alimentation et notamment le poisson. Ils jouent un rôle essentiel car ils assurent la vision au niveau des photorécepteurs mais ont également des fonctions anti-inflammatoires, limitent la mort cellulaire et le développement vasculaire dans la rétine, trois mécanismes primordiaux pour prévenir la DMLA.

▲ Des approches nutritionnelles par un apport supplémentaire en acides gras oméga-3 ont été développées pour prévenir ou limiter la DMLA. Mais l'évaluation de l'efficacité de ces approches se heurte à l'impossibilité de mesurer la concentration en acides gras dans la rétine. C'est pourquoi l'équipe de recherche s'est penchée sur l'identification de marqueurs sanguins permettant de l'évaluer.

Grâce à l'analyse des rétines et du sang issus de 46 donneurs humains, les scientifiques ont pu identifier le biomarqueur sanguin du statut en acides gras oméga-3 de la rétine, à l'aide d'un algorithme développé par apprentissage automatique. Ils ont ensuite combiné l'analyse de rétines de donneurs humains, et les données issues de deux études de population : une étude pour doser le biomarqueur sanguin chez 62 participants de la cohorte des « 3-Cités » et un essai clinique (étude LIMPIA) sur 110 participants dont la moitié suivait une supplémentation alimentaire en acides gras oméga-3.

Grâce à ces études, les scientifiques montrent qu'une concentration élevée du biomarqueur sanguin est associée à un moindre risque d'avoir une forme avancée de DMLA et que la concentration du biomarqueur augmente après supplémentation en acides gras oméga-3.

Ce biomarqueur permettrait d'identifier très tôt les personnes à risque de développer une DMLA, avant détection par examens ophtalmologiques. Une fois identifiées, les personnes à risque pourront ainsi être accompagnées sur le plan nutritionnel.

Un brevet sur ce biomarqueur prédictif du statut rétinien en acides gras oméga-3 et l'algorithme de prédiction a été déposé par INRAE et l'Inserm, et l'équipe de recherche développe actuellement une méthode standardisée et simplifiée de dosage pour intégrer ce biomarqueur à l'évaluation du risque de développer une DMLA dans une démarche de médecine personnalisée.



**Ce biomarqueur permettrait d'identifier très tôt les personnes à risque de développer une DMLA, avant détection par examens ophtalmologiques. Elles pourront ainsi être accompagnées sur le plan nutritionnel.**



CONTACT > [niyazi.acar@inrae.fr](mailto:niyazi.acar@inrae.fr)

Référence > doi: 10.1002/ctm2.404

Partenaires > CSGA • Inserm • Université Jean-Monnet Saint-Etienne • Université de Bordeaux • ITERG • CHU de Dijon-Bourgogne • CHU de Bordeaux





# COVID-19

## Les travaux de recherche

Les chercheurs du département AlimH se sont mobilisés dans de nombreux travaux autour de la Covid 19 : épidémiologie, impacts sur le comportement alimentaire, nutrition, stratégies de lutte, impact sur la santé.



### > Changement des pratiques d’approvisionnement alimentaire pendant le confinement

Les chercheurs ont exploré les pratiques d’approvisionnement alimentaire et les facteurs individuels et environnementaux associés, de ménages vivants dans la métropole de Montpellier pendant le premier confinement en 2020, durant lequel la fermeture des lieux non essentiels a impacté l’environnement alimentaire des populations. Les pratiques d’approvisionnement lors du premier confinement sont diversifiées avec des variations de fréquence et de quantités achetées plutôt que des changements de lieux d’approvisionnement.

Ces modifications sont associées aux caractéristiques sociales des ménages et à leur perception de l’environnement alimentaire plutôt qu’à leur environnement alimentaire réel, objectif. Les politiques de planification alimentaire urbaine doivent tenir compte de la diversification des opportunités d’achat alimentaire qui semble s’être produite lors de ce premier confinement et porter une attention particulière à une éventuelle fragmentation sociale des pratiques d’achat alimentaire.

Malgré la montée en puissance attendue des circuits courts, l’étude montre la suprématie persistante des supermarchés pour l’approvisionnement alimentaire pendant le confinement, en particulier dans les populations à faibles revenus, et le changement d’achat en magasin à l’achat en

**CONTACT > caroline.mejean@inrae.fr**  
 Référence > doi: 10.3389/fnut.2022.828550  
 Partenaires > MOISA

### > Modification des critères de choix alimentaires chez l’adulte

Des chercheurs ont étudié comment les critères de choix alimentaires et de qualité nutritionnelle de l’alimentation ont été modifiés pendant le confinement. Grâce à des questionnaires en ligne, 938 adultes de la région dijonnaise ont rétrospectivement reporté leurs consommations et leurs critères de choix alimentaires durant le mois ayant précédé le confinement et le premier mois du confinement. En moyenne, la qualité nutritionnelle de l’alimentation s’est détériorée durant le premier mois de confinement comparé au mois précédent, avec une augmentation de la consommation de charcuteries, de snacks, de boissons sucrées et alcoolisées. Chez les personnes pour lesquelles l’alimentation a été un moyen de se remonter le moral, la qualité nutritionnelle de l’alimentation a été particulièrement dégradée. Néanmoins, pour ceux qui se sont fixés des objectifs de contrôle de poids pendant le confinement, la qualité nutritionnelle de l’alimentation s’est au contraire améliorée. Le même panel de consommateurs a été recontacté exactement un an plus

tard pour répondre aux mêmes questions. En considérant les données des 524 participants qui ont répondu en 2021, les chercheurs ont constaté que les changements de la qualité nutritionnelle et de l’impact environnemental des régimes alimentaires et les critères de choix observés lors du premier confinement ont été pour la plupart temporaires. Cependant, ils ont mis en évidence une diminution durable de l’importance des contraintes perçues liées aux achats (critères de choix : commodité, familiarité, prix et préparation des aliments), ce qui peut suggérer une tendance vers une perception plus positive des activités liées à l’alimentation.

**CONTACT > lucile.marty@inrae.fr**  
 Référence > doi: 10.1016/J.APPET.2020.105005  
 doi : 10.3389/FNUT.2022.838351  
 Partenaires > CSGA • CRESS • University of Liverpool





## Typologie d'évolution des comportements nutritionnels pendant le confinement

Des chercheurs du CRESS ont identifié trois modalités d'évolution des comportements nutritionnels pendant le confinement chez plus de 37 000 adultes de la cohorte NutriNet-Santé.

- Des modifications plutôt défavorables à la santé : prise de poids pour 35% des participants; diminution de l'activité physique pour 53% ; exacerbation du temps sédentaire pour 63% avec, augmentation de l'apport énergétique pour 23%; grignotage au moins une fois par jour pour 28% et augmentation du grignotage pour 21% ; consommation accrue de sucreries, biscuits et gâteaux, et d'alcool ; réduction de la consommation de produits frais (fruits et poisson en particulier) ; 18 % des participants déclarent manger plus pour compenser l'ennui et 10 % à cause du stress. Les participants qui présentaient ce profil étaient plus souvent âgés de moins de 50 ans, des femmes, avec un plus haut niveau d'anxiété et de symptômes dépressifs, un plus haut niveau d'éducation mais de plus faibles revenus, avec des enfants de moins de 18 ans présents à la maison, en télétravail pendant le confinement, et une plus forte proportion d'aliments ultra-transformés dans leur alimentation habituelle (avant le confinement).

- Au contraire, des modifications plutôt favorables à la santé : perte de poids pour 23% des participants, augmentation de l'activité physique pour 19%, augmentation du temps passé à cuisiner des plats « maison » pour 40%, volonté de rééquilibrage alimentaire pour 14%, notamment pour éviter de prendre du poids (21%) ou compenser une baisse d'activité physique (17%) ; augmentation de la consommation de fruits, légumes, légumineuses et noix, de poisson, diminution de la consommation de sucreries, biscuits et gâteaux, et d'alcool. Les participants qui présentaient ce profil étaient plus souvent âgés de moins de 50 ans, en surpoids ou obèses, fumeurs, avec un plus haut niveau d'anxiété et plus faible niveau de symptômes dépressifs, un niveau d'éducation et des revenus plus élevés, sans enfants de moins de 18 ans à la maison, en situation de chômage partiel mais aussi de télétravail pendant le confinement ou encore étudiants (vraisemblablement ici ceux qui auraient rejoint le domicile familial), et une moindre qualité nutritionnelle pour leur alimentation habituelle (avant le confinement).

- Enfin, les participants pour lesquels les comportements nutritionnels seraient restés relativement stables pendant le confinement étaient plus souvent âgés de plus de 50 ans, des hommes, de poids normal, avec un plus faible niveau d'éducation, vivant dans villes de moins de 100 000 habitants ou en zone rurale, avec des niveaux d'anxiété et de symptômes dépressifs moins élevés, sans emploi avant le confinement (retraités, au chômage, au foyer) ou ayant continué à travailler en dehors du domicile pendant le confinement (professions essentielles), et avec une plus grande qualité nutritionnelle et une moindre proportion d'aliments ultra-transformés pour leur alimentation habituelle (avant le confinement).

Les participants ont par ailleurs déclaré avoir réduit le nombre de leurs lieux d'approvisionnement alimentaires. Les 3 lieux d'approvisionnement les plus cités étaient le supermarché (66%), la boulangerie (60%) et l'épicerie (41%). La fréquentation des marchés a également fortement diminué (liée vraisemblablement à leur interdiction partielle). Le recours aux achats à distance et aux paniers producteurs a légèrement augmenté. Par ailleurs, environ 27% des sujets ont déclaré être stressés à l'idée de manquer de certains aliments pendant le confinement mais seuls 3% ont déclaré avoir stocké plus d'aliments que d'habitude par crainte de pénuries (quand 45% déclarent l'avoir fait à cause de la fréquence réduite des achats).

L'ensemble de ces résultats suggère donc que le confinement a suscité, dans une part importante de la population, des comportements nutritionnels peu favorables à la santé qui, si maintenus sur le long terme pourraient accroître le risque de pathologies chroniques mais aussi impacter l'immunité. Toutefois, le confinement a aussi créé l'opportunité, pour une part non négligeable de la population, d'améliorer leurs comportements nutritionnels.



**CONTACT > m.touvier@eren.smbh.univ-paris13.fr**  
Référence > doi: 10.1101/2020.06.04.20121855  
Partenaires > CRESS



## Impact du confinement sur l'alimentation des enfants

Une autre étude en ligne a permis d'interroger 498 familles avec enfants. Les chercheurs ont observé chez les enfants une augmentation de la fréquence de consommation d'aliments « de réconfort » comme les confiseries ou les chips. Les enfants manifestaient plus d'envie de manger et demandaient plus à manger lorsqu'ils s'ennuyaient.

Et les parents se montraient quant à eux plus flexibles en matière d'éducation alimentaire, avec moins de règles et plus d'autonomie accordée à l'enfant. Néanmoins, les parents cuisinaient davantage de repas « faits maison » et en famille.



**CONTACT > sophie.nicklaus@inrae.fr**  
Référence > doi: 10.1016/j.appet.2021.105132,  
doi : 10.1016/j.foodqual.2021.104386  
Partenaires > CSGA

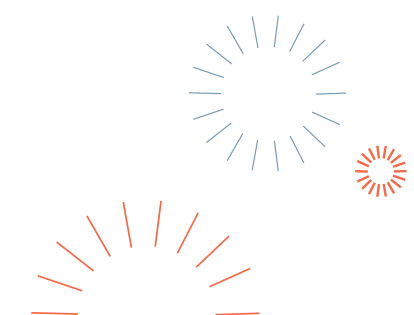
## Impact de la Covid-19 maternelle sur le message immunitaire transmis au nouveau-né via le lait maternel



Des chercheurs ont analysé le « message immunitaire » transmis par le lait maternel chez des mamans ayant contracté la Covid-19 pendant leur grossesse ou juste avant l'accouchement. Ils ont dosé dans le lait maternel de ces mamans les anticorps dirigés contre deux protéines majoritaires du virus. Ils ont également étudié un large panel de molécules qui permettent de lutter contre les infections, notamment des cytokines et les anticorps totaux afin d'approfondir l'image du message immunitaire transmis au nouveau-né. Les premiers résultats montrent qu'il y a des anticorps anti-SARS-CoV-2 dans le lait maternel. Le lait de ces mamans transmet aussi d'autres informations immunitaires, dont le rôle exact dans la protection du nouveau-né reste à définir.



**CONTACT > karine.patient@cea.fr**  
Partenaires > MTS • lactarium régional d'Ile-de-France • Hôpital Necker-Enfants Malades







## > Alimentation, caractéristiques anthropométriques, et risque d'infection par le SARS-CoV-2 : résultats du projet SAPRIS-SERO / NutriNet-Santé

▲ De nombreuses hypothèses suggèrent un rôle de la nutrition dans la prévention de la COVID-19. Par ailleurs, l'obésité a été identifiée comme un facteur de complication important pour les patients COVID-19. Elle pourrait également être associée à un plus grand risque d'infection par le SARS-CoV-2. L'objectif de ces études était donc d'investiguer les associations entre l'alimentation, différentes caractéristiques anthropométriques (au-delà de l'IMC), et le risque d'infection par le SARS-CoV-2 dans la cohorte française NutriNet-Santé (2009-2020).

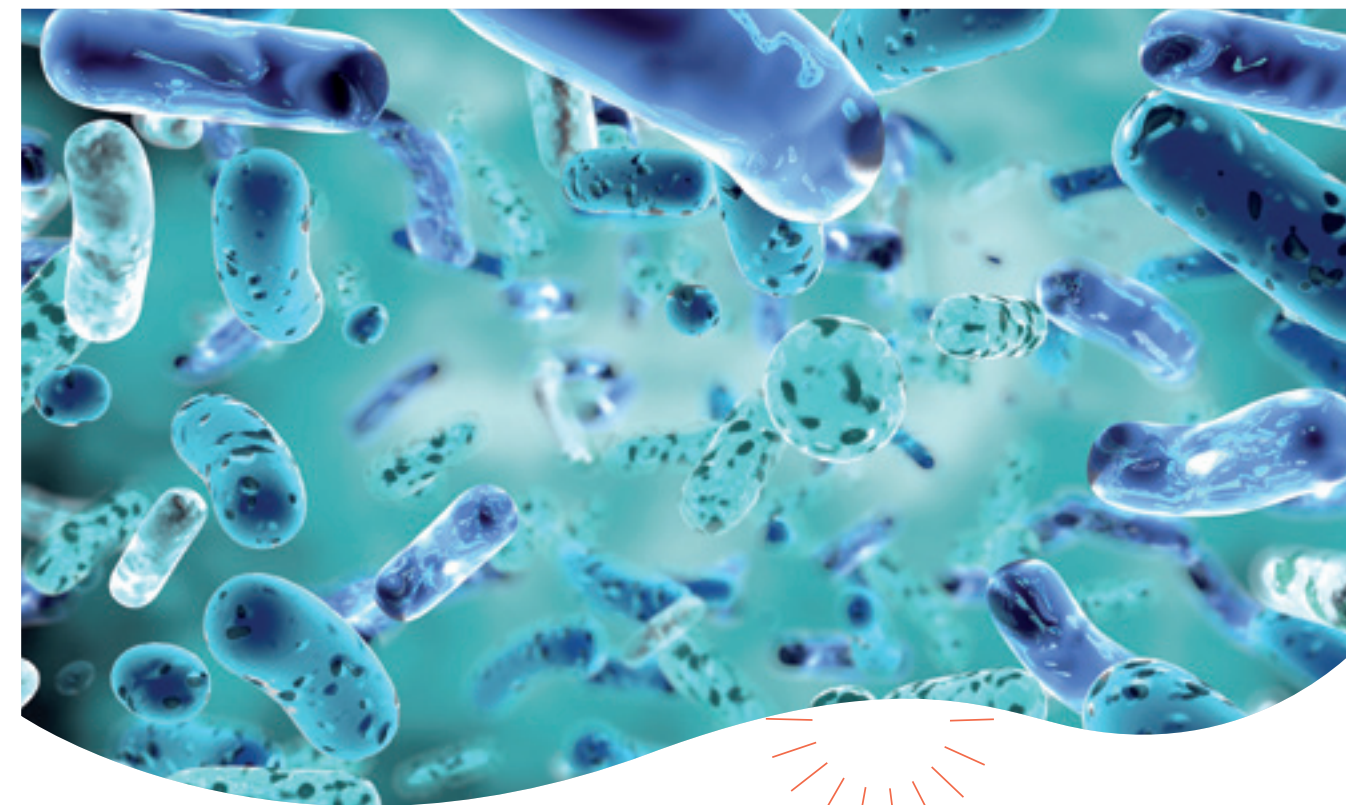
La séroprévalence anti-SARS-CoV-2 a été évaluée par des tests ELISA-S (et également ELISA-NP et séroneutralisation) sur gouttes de sang séchées collectées en 2020 par voie postale sur plus de 26 000 nutrinateurs. Les apports alimentaires ont été estimés à partir d'enregistrements de 24h répétés dans les 2 ans précédant le début de l'épidémie en France, et les caractéristiques anthropométriques ont été évaluées grâce à des questionnaires et des mesures cliniques. Des modèles de régression logistiques multi-ajustés ont été utilisés. Les apports alimentaires en vitamine C, vitamine B9, vitamine K, fibres, et en fruits et légumes étaient associés à un moindre risque d'infection par le SARS-CoV-2. A l'inverse, les apports

alimentaires en calcium et produits laitiers étaient associés à un risque infectieux accru. Des associations positives ont été observées chez les femmes entre l'IMC, le tour de taille, l'adiposité totale et viscérale en particulier, et le risque d'infection par le SARS-CoV-2.

Ces résultats suggèrent que des apports alimentaires plus élevés en fruits et légumes et, de manière cohérente, en vitamine C, folate, vitamine K et fibres sont associés à une moindre susceptibilité à l'infection par le SARS-CoV-2, et que l'adiposité centrale serait un facteur de risque important à considérer pour évaluer la susceptibilité à l'infection par le SARS-CoV-2, en particulier chez les femmes, en plus de son rôle connu dans les complications vers des formes graves chez les patients infectés. Au-delà de leur rôle établi dans la prévention des maladies chroniques, l'alimentation et un statut pondéral contrôlé pourraient donc contribuer à prévenir certaines maladies infectieuses comme la COVID-19, en complément de la stratégie vaccinale et des mesures barrière. L'étude des associations avec la pratique d'activité physique et la prise de compléments alimentaires est en cours.

CONTACT > [m.touvier@eren.smbh.univ-paris13.fr](mailto:m.touvier@eren.smbh.univ-paris13.fr)  
[m.deschasaux@eren.smbh.univ-paris13.fr](mailto:m.deschasaux@eren.smbh.univ-paris13.fr)  
[b.srouf@eren.smbh.univ-paris13.fr](mailto:b.srouf@eren.smbh.univ-paris13.fr)

Référence > doi: 10.1186/s12916-021-02168-1 • doi: 10.1111/joim.13364  
 Partenaires > CRESS



## > Microbiote et Covid-19 : des probiotiques contre l'inflammation de l'intestin

▲ Les premiers rapports provenant de Wuhan (Chine) décrivaient des symptômes gastro-intestinaux chez 2 à 10% des patients infectés au SARS-CoV-2 mais de récentes études ont montré que cette proportion pouvait atteindre 20%. Une des principales sources de contagion du SARS-Cov-2 sont les microgouttelettes dans l'air que nous respirons et que nous avalons. Néanmoins, il a été montré que le virus SARS-Cov-2 peut survivre dans le tube digestif alors même qu'il n'est pas détecté dans l'appareil respiratoire, ce qui suggère que le tube digestif serait un site pour l'activité et la réplication du virus. Des analyses du microbiote intestinal de patients atteints de la Covid-19 montrent une dysbiose, c'est-à-dire un déséquilibre du microbiote, qui se caractérise par une inflammation de l'intestin et une baisse des bactéries ayant une activité anti-inflammatoire d'autant plus importante que la forme de la Covid-19 est grave.

L'unité MICALIS, en collaboration avec l'Anses, travaille actuellement sur une stratégie pour combattre l'inflammation de l'intestin et rétablir l'équilibre du microbiote par l'administration de probiotiques chez des animaux infectés au SARS-CoV-2. Pour cela ils suivent l'évolution du poids des animaux suite à l'infection et la charge virale du SARS-CoV-2 dans les poumons. Les premiers résultats sur un petit nombre d'animaux sont prometteurs et montrent que l'administration de probiotiques pourrait faire baisser la charge virale dans les poumons. Les résultats ont fait l'objet d'un brevet déposé le 10 septembre 2021.



CONTACT > [jean-marc.chatel@inrae.fr](mailto:jean-marc.chatel@inrae.fr)  
 Partenaires > MICALIS • Anses



# FOCUS infrastructures,

Le département AlimH est particulièrement investi dans trois infrastructures inscrites sur la feuille de route nationale qui structure le paysage des infrastructures d'envergure nationale.



## > CALIS, de la conception de l'aliment à l'évaluation de ses impacts de santé

**CALIS est une infrastructure de recherche inscrite sur la feuille de route nationale des infrastructures. Elle permet d'appréhender les impacts en santé, environnementaux et économiques d'une évolution des régimes alimentaires, d'évaluer les conséquences de politiques publiques alimentaires et de santé, ou encore d'accompagner les entreprises en matière de reformulation des produits et d'innovations. L'objectif est de répondre aux enjeux d'une alimentation saine, équilibrée, durable, source de plaisirs, vectrice de valeurs sociales et culturelles et accessible à tous. CALIS rassemble 29 institutions françaises dont des organismes de recherche, une agence nationale, des universités, des écoles d'ingénieur et des centres hospitaliers.**

Le département AlimH est particulièrement concerné par les volets consommateurs (préférences, choix et consommations alimentaires) et santé (exploration nutritionnelle et fonctionnelle, microbiote) de CALIS. Le pôle Consommateurs permettra l'accès à un réseau de bases de données interopérables couvrant tous les aspects de l'alimentation. Il permettra également des explorations du comportement alimentaire chez l'Homme. Le pôle Santé vise à caractériser le microbiote intestinal humain et le devenir des aliments dans l'organisme. Il permettra des explorations nutritionnelle, métabolique et fonctionnelle chez l'Homme ainsi que le phénotypage et la recherche de biomarqueurs.

La coordination du pôle Santé de CALIS est assurée par Véronique Coxam, cheffe de département adjointe. La contribution d'AlimH inclut la participation de ChemoSens (via l'infrastructure de recherche PROBE) et du CSGA pour les dispositifs d'exploration des choix, des préférences et du comportement alimentaire humain. De plus, les 4 Centres de Recherche en Nutrition Humaine (CRNH) représentent un réseau de recherche clinique particulièrement important pour la recherche translationnelle en nutrition-alimentation et santé.



## > MetaboHub

**MetaboHub est une infrastructure nationale de métabolomique et fluxomique créée en 2013. Cette infrastructure a pour objectif de fournir des outils technologiques de pointe et des services aux équipes de recherche académiques et à des partenaires industriels dans les domaines de la santé, de la nutrition humaine et de l'alimentation de l'agriculture, de l'environnement des biotechnologies. Depuis 2020, MetaboHub est désormais animé par Fabien Jourdan, un chercheur du département AlimH.**

MetaboHub coordonne un projet de développement méthodologique permettant notamment 1) l'utilisation de la métabolomique dans des études de cohortes, 2) l'analyse de la cellule unique, 3) l'étude dynamique et quantitative du métabolisme via des approches de marquage, 4) une couverture accrue du métabolome pour des approches de phénotypage, 5) une stratégie de science ouverte visant notamment à l'intégration de données publiques pour l'aide à l'interprétation en métabolomique.

La participation d'AlimH au développement de MetaboHub a permis de favoriser l'évolution des méthodes d'investigation vers les techniques de haut-débit et de développer le traitement des données nécessaires aux approches de biologie des systèmes pour l'investigation de l'impact de l'alimentation et des xénobiotiques.



## > France Exposome

L'infrastructure de recherche France Exposome co-portée par l'INSERM et ONIRIS a été récemment inscrite sur la feuille de route des infrastructures de recherche. France-Exposome permettra de structurer et dynamiser la communauté scientifique travaillant dans le champ environnement-santé sur la thématique de l'exposome chimique humain. L'infrastructure se positionne comme un miroir et nœud français de l'infrastructure européenne EIRINE (European Environmental Exposure Assessment Network). Les compétences du Laberca et de la plateforme AXIOM (Toxalim) en exposomique sont mobilisées dans le cadre de cette infrastructure.





# FOCUS partenariats

Le département Alimentation humaine est pleinement engagé dans la culture du partenariat et de l'innovation. Sept start-ups issues des travaux d'AlimH ont vu le jour entre 2016 et 2021, dans les domaines de la nutrition (outils de criblage des propriétés biologiques de composés et nutriments), de la toxicologie (outil de screening de la génotoxicité) et de l'analyse sensorielle : TSI (2016), Preditox (2019), Nutritheragene (2019), Novobiome (2020), Clinic'n'Cell (2020), CAREMBOUCHE (2021) et PALTECH (2021).

Plus de 100 contrats de recherche avec des acteurs socio-économiques ont été conclus sur la période 2016-2020 (pour un montant total de plus de 12M€), en majorité avec les industries agro-alimentaires, suivies par les industries pharmaceutiques (25% du montant) et enfin les fondations (comme la Fondation pour la Recherche Médicale) ou des sociétés savantes. Cette année nous vous proposons de découvrir un nouveau LabCom (laboratoire commun entre un organisme de recherche public et une entreprise) financé par l'Agence Nationale de la Recherche et un nouveau Laboratoire Partenarial Associé.



## Greentech & l'Unité de Nutrition Humaine

La PME GREENTECH SA et l'Unité de Nutrition Humaine (UNH) associent leurs expertises au travers d'un laboratoire commun « PHYTOPROB'INOV » (PHYTO-PRObiotiques, obésité, Inflammation et inNOVation). Ce LabCom vise à développer de nouveaux phyto-probiotiques (combinaison d'ingrédients végétaux et bactériens) ciblant le surpoids, d'intérêt dans le domaine médical et cosmétique.

La société GREENTECH, basée à Saint-Beauzire, est un leader mondial en biotechnologie végétale. Elle produit des ingrédients bio-actifs de haute technologie pour les secteurs de la cosmétique, pharmaceutique et nutraceutique. L'équipe de recherche académique ECREIN de l'Unité de Nutrition Humaine est experte dans l'étude des cellules immunocompétentes, acteurs majeurs de la réponse immunitaire. Ses recherches s'intéressent notamment aux effets d'actifs végétaux et probiotiques sur ces cellules.

La société Greentech et l'équipe ECREIN structurent leur partenariat et associent leurs compétences et leurs moyens. Au travers de ce LabCom PHYTOPROB'INOV, doté d'une gouvernance et d'une feuille de route communes, une nouvelle génération de phyto-probiotiques (association d'ingrédients végétaux et bactériens) sera développée, ciblant les adipocytes, c'est-à-dire les cellules du tissu adipeux (masse grasse corporelle), et l'inflammation associée au surpoids.

Les acteurs du LabCom PHYTOPROB'INOV se donnent 5 ans pour mettre au point des produits innovants et d'intérêt dans le cadre de l'obésité et du surpoids associant un état inflammatoire. Ils répondront ainsi, d'une part, à un objectif de santé en prévenant les pathologies liées à l'inflammation, et, d'autre part, à un objectif cosmétique en favorisant un amincissement.

## Novobiome & INRAE

Novobiome et INRAE s'associent pour agréger des technologies de pointe afin d'analyser « ex vivo » les relations entre le microbiote et l'intestin humain.

La société NovoBiome, start-up biotech qui développe des produits biothérapeutiques vivants innovants ciblant l'axe microbiote-intestin-foie, collabore avec INRAE pour la création de NovoSift®, une plateforme disruptive de recherche et développement ex-vivo pour analyser la relation symbiotique entre le microbiote et l'intestin humain. Une nouvelle approche utilisant des systèmes rapporteurs innovants basés sur des organoïdes intestinaux humains permettra de mesurer l'impact dynamique des interactions entre le microbiote et l'hôte sur la perméabilité intestinale en présence ou en absence de substrats d'intérêt (molécules, bactéries, prébiotiques et aliments) en utilisant notamment la microscopie confocale et l'intelligence artificielle.

NovoBiome et INRAE mettront en commun leurs ressources humaines et matérielles sur une période de 5 ans afin d'étendre les capacités des études ex vivo et de favoriser l'identification et le développement de nouveaux produits biothérapeutiques vivants. NovoSift® est conçu pour reproduire la physiologie intestinale humaine et ouvrir de nouvelles perspectives sur la physiopathologie des maladies et sur de nouvelles cibles thérapeutiques.

Cette nouvelle forme de partenariat présente plusieurs avantages pour INRAE et son partenaire. Pour INRAE, cela permettra notamment l'émergence de nouveaux sujets de recherche et l'accès possible à certains équipements, à des compétences ou des données de ses partenaires socio-économiques. Pour le partenaire, cela représente l'accès à l'excellence scientifique, à des équipements de pointe et à une différenciation et une compétitivité par l'innovation. Pour les deux partenaires, les résultats des travaux pourront donner lieu à des publications, séparément ou conjointement selon les sujets, mais aussi à des valorisations communes par dépôt de brevet notamment.





**APPUI**

# aux politiques publiques

La stratégie du département en matière d'expertise et d'appui aux politiques publiques relève de la programmation d'une recherche finalisée d'excellence répondant à des enjeux sociétaux en matière d'alimentation-santé. Les activités d'AlimH s'inscrivent tout au long du cycle de vie de l'action publique.

Elles visent, non seulement à éclairer les parties prenantes sur les enjeux sociétaux (via les expertises collectives), mais également à accompagner les politiques dans l'élaboration de leur stratégie et de leurs instruments de pilotage (comme la contribution aux recommandations nutritionnelles pour la population française, le PNNS, la mise en oeuvre du NutriScore, les auditions auprès des Ministères, des commissions parlementaires, ou la participation aux travaux d'agences : ANSES, Santé Publique France, l'INCa ou l'EFSA).



## Travaux sur le dioxyde de titane : un exemple d'appui aux politiques publiques

Le dioxyde de titane (TiO<sub>2</sub>) est un additif alimentaire largement utilisé à l'échelle mondiale pour ses propriétés colorantes (pigment blanc) et opacifiantes, plus connu en Europe sous le nom de E171. Il est notamment utilisé en confiserie et pâtisserie. Depuis le 6 mai 2021, l'Agence européenne de sécurité sanitaire des aliments (EFSA) considère désormais que le TiO<sub>2</sub> n'est plus sûr en tant qu'additif alimentaire. Cet avis s'appuie sur les travaux de l'unité TOXALIM qui a apporté des données scientifiques déterminantes et démontre ainsi une expertise avérée sur le risque lié à l'ingestion de nanoparticules avec l'alimentation. Comme toute substance chimique, les additifs alimentaires sont régulièrement ré-évalués sur la base de nouvelles avancées scientifiques. Le TiO<sub>2</sub> alimentaire (E171) est autorisé de longue date (1969 dans l'UE) sur la base d'une très faible absorption en masse dans l'intestin, mais n'avait jamais été évalué pour sa fraction « nanoparticulaire » (dimension < 100 nm) particulièrement riche en nombre de particules. Or ces nanoparticules circulent dans l'organisme avec une propension à s'accumuler dans des organes systémiques vitaux (e.g., foie, rate) où elles sont susceptibles de générer des dangers potentiels, notamment génotoxiques, immunotoxiques et cancérigènes.

### ▲ Franchissement de la barrière intestinale, immunotoxicité et cancérogénèse colorectale chez l'animal : quels risques ?

En 2017, les données de l'unité TOXALIM sur le devenir et les effets du TiO<sub>2</sub> par voie orale ont démontré une absorption de nanoparticules issues du E171 donnée à des rats, accompagnée d'effets sur le système immunitaire et sur le développement (initiation mais aussi promotion) de lésions précancéreuses dans le côlon, après 100 jours d'exposition. Cette étude a été réalisée en collaborations avec des physiciens et des chimistes (Synchrotron SOLEIL et le Luxembourg Institute of Science and Technology).

### ▲ Les Agences sanitaires saisies du dossier pour une évaluation approfondie de l'additif E171

L'Anses a été saisie pour l'analyse de ces nouvelles données toxicologiques et un Groupe d'Expertise Collective d'Urgence a été réuni en avril 2017 en présence d'experts de l'ANSES, de l'ANSM et de l'EFSA pour émettre un avis sur la portée de cette publication d'INRAE en termes d'évaluation du risque. Depuis 2017 et ces travaux, INRAE est représenté dans le Groupe de Travail de l'ANSES dédié à l'évaluation du risque « nanospécifique » en alimentation.

Le coordinateur de l'étude a été invité en 2018 comme hearing expert à l'EFSA basée à Parme, Italie dans le cadre d'une ré-évaluation du E171 menée par le groupe scientifique d'experts sur les additifs alimentaires. Une autre invitation par l'Office for Risk Assessment & Research a suivi la même année aux Pays-Bas et a donné lieu à la publication d'un avis et d'un article sur les effets toxiques possibles du E171 pour l'Homme.

Dès lors en France, et compte tenu de la portée de ces premiers travaux soulignant les incertitudes sur l'innocuité du E171, la loi EGALIM n° 2018-938 du 30 octobre 2018 (pour l'équilibre des relations commerciales dans le secteur agricole et alimentaire et une alimentation saine, durable et accessible à tous) a ordonné la suspension de la mise sur le marché de l'additif E171 et des denrées alimentaires en contenant, pour une durée d'un an. Cette suspension est entrée en vigueur en janvier 2020 et a été réitérée en 2021 et 2022.







### ▲ Poursuite des travaux à INRAE : de l'intestin chez l'animal au fœtus chez l'homme

Depuis 2018, avec le soutien du département AlimH, les unités TOXALIM et MICALIS ont poursuivi les recherches sur les effets du E171, notamment les interactions des nanoparticules de TiO<sub>2</sub> avec des bactéries constitutives du microbiote intestinal et le mucus. En 2020, TOXALIM a publié des résultats relatifs aux mécanismes d'absorption intestinale du TiO<sub>2</sub> alimentaire et aux interactions potentiellement délétères dans le dialogue entre le microbiote intestinal et le système immunitaire -notamment la susceptibilité aux maladies chroniques (désordres métaboliques, cancer colorectal, maladies inflammatoires chroniques de l'intestin). Les chercheurs de TOXALIM ont par ailleurs démontré le passage transplacentaire chez l'Homme de nanoparticules de TiO<sub>2</sub>. Ces observations ont appuyé l'idée d'une accumulation dans les organes systémiques atteignant le placenta mais aussi le méconium (i.e., premières selles du nouveau-né utilisées comme témoin de l'exposition in utero aux substances chimiques), des résultats en faveur d'un passage materno-fœtal de nanoparticules de TiO<sub>2</sub> chez l'homme exposant le fœtus et soulevant des inquiétudes sur le potentiel d'impacts développementaux.

### ▲ Accumulation systémique et passage materno-fœtal : un nouveau risque à évaluer

Hazard du calendrier, les données sur l'exposition in utero au TiO<sub>2</sub> nanoparticulaire ont été publiées la veille du vote du Parlement Européen (jeudi 8 octobre 2020) demandant à la Commission Européenne (CE) de retirer le E171 de la liste des additifs alimentaires autorisés en UE compte tenu des incertitudes soulevées par l'ANSES sur la base des travaux menés à TOXALIM. A partir de cette dernière étude sur tissus et organes humains, l'EFSA a pour la première fois en 2021 déterminé une valeur moyenne de Titane (élément chimique principal du TiO<sub>2</sub>) accumulé dans le placenta humain lors de son processus de ré-évaluation de l'additif E171. Cette donnée quantitative issue des travaux de TOXALIM en collaboration avec le Laboratoire national de métrologie et d'essais, le Groupe de Physique des Matériaux (CNRS/INSA Rouen/Université de Rouen Normandie), le CHU de Toulouse, l'Université de Picardie Jules Verne et l'École Nationale Vétérinaire de Toulouse, est nécessaire au processus d'évaluation du risque pour le développement.

Plusieurs organisations civiles (ONG françaises et européennes) se sont saisies des données de TOXALIM comme facteur déclencheur du principe de précaution et ont appelé la CE en 2019 au retrait du E171 du marché Européen. En 2022, l'Europe interdit l'utilisation du TiO<sub>2</sub> comme additif alimentaire dans le cadre du règlement CE publié le 18 janvier au Journal officiel de l'Union européenne. Depuis janvier, Health Canada sollicite les chercheurs de Toxalim dans le cadre de la ré-évaluation du TiO<sub>2</sub> alimentaire, toujours utilisé en Amérique du nord. Entre 2019 et 2020, les chercheurs de Toxalim ont obtenu deux financements de l'ANR pour apporter des informations supplémentaires sur le risque d'exposition périnatale au E171 et les conséquences pour l'adulte. Les collaborations avec le CNRS, le LNE et l'INSERM se poursuivent dans le cadre de ces programmes jusqu'en 2024, également ouverts à d'autres additifs nanoparticulaires comme le dioxyde de silice (SiO<sub>2</sub>), un agent anti-mottant très largement utilisé dans les poudres alimentaires.



CONTACT > [eric.houdeau@inrae.fr](mailto:eric.houdeau@inrae.fr)

Référence > doi: 10.1038/srep40373 • doi: 10.3389/fmicb.2018.00794 • doi: 10.1186/s12951-018-0379-5 • doi: 10.1186/s12989-020-00357-z • doi: 10.1186/s12989-020-00349-z • doi: 10.3390/ijms22010207



## > Mise en place d'un collectif d'acteurs pour analyser la qualité nutritionnelle des plats végétariens et non-végétariens en restauration scolaire

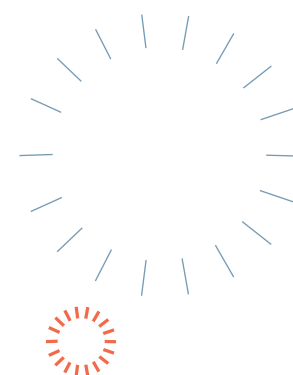
**La restauration scolaire est un vecteur privilégié d'éducation à l'alimentation et notamment à une alimentation plus durable. Le collectif « EnScol », composé de chercheurs et professionnels de la restauration scolaire, a été créé en janvier 2019. Les premières réunions ont conduit à identifier le menu végétarien comme sujet prioritaire, avec comme premier objectif de mieux connaître les caractéristiques nutritionnelles des plats végétariens proposés aux enfants.**

▲ Des chercheurs ont mené une étude pour évaluer la qualité nutritionnelle des plats servis dans les écoles à partir de fiches techniques de plats. Les plats complets étudiés étaient séparés en 2 catégories : non-végétarien et végétariens. Les végétariens étaient divisés en 3 sous-catégories : 1) ceux contenant du fromage et/ou d'autres produits laitiers et/ou des oeufs), 2) ceux contenant des oeufs et/ou des produits laitiers mais pas de fromage et 3) ceux ne contenant aucun ingrédient d'origine animale (plats végétaliens). Les comparaisons portaient sur la composition en énergie, nutriments « protecteurs » (vitamines, minéraux, fibres, acides gras essentiels), acides gras saturés, sodium et sucres et sur le Nutri-Score.

Les plats complets affichaient des teneurs moyennes convenables en nutriments à limiter et en nutriments «protecteurs», à l'exception des acides gras oméga-3 et de la vitamine D et, pour les non-végétariens uniquement, du calcium. Les plats de la seconde sous-catégorie apparaissaient comme un bon compromis car ils apportaient les nutriments essentiels associés aux oeufs et aux produits laitiers frais, sans apporter les teneurs potentiellement élevées d'acides gras saturés et de sodium liées au fromage (quand il est présent en quantité importante).

Le Nutri-Score n'était pas suffisamment informatif puisque malgré des teneurs insuffisantes en vitamines B2, B12, et D et en calcium, les plats végétaliens étaient plus souvent classés dans les meilleures classes du Nutri-Score.

Ce travail a été complété par l'étude de l'impact de l'introduction d'un nombre croissant de repas végétariens sur la qualité nutritionnelle et diverses métriques environnementales de l'offre en restauration scolaire. L'ensemble de ces travaux, sur les plats végétariens et les repas végétariens, seront utiles au Conseil National de la Restauration Collective, piloté par les ministères de la santé et de l'agriculture, pour réviser les critères réglementaires de fréquences de service des plats en restauration scolaire, en vue d'améliorer la durabilité de la restauration scolaire.



CONTACT > [nicole.darmon@inrae.fr](mailto:nicole.darmon@inrae.fr)

Référence > doi:10.3390/nu12082256 - doi:10.1007/s00394-022-02868-1

Partenaires > MOISA • CSGA • ADHEN • AFDN • association de parents d'élèves • CENA • Institut Paul Bocuse • Ecoceaty • Mairie de Montpellier • Montpellier Recherche en Management • Restau'Co • SNRC • Sodexo • Trophis





## Expertise collective sur l'alimentation et la nutrition dans les départements et régions d'Outre-mer

**Le surpoids, l'obésité, le diabète et l'hypertension, notamment chez les femmes, sont bien plus fréquents dans l'ensemble des départements et régions d'Outre-mer (Drom), par rapport à l'hexagone et la progression des prévalences ne semble pas achevée. Exemple extrême, Mayotte, où l'obésité touche 47% des femmes. Pour comprendre ce phénomène et définir des politiques nutritionnelles adaptées, notamment l'élaboration du volet Outre-mer du PNNS4 (2019-2023), la Direction Générale de la Santé a commandé à l'IRD une expertise scientifique collective sur l'alimentation et la nutrition dans les Drom. Présidée par une chercheuse INRAE, le comité d'experts était constitué d'épidémiologistes, nutritionnistes, médecins de santé publique, économistes, et sociologues, dont 3 autres chercheurs INRAE.**

À travers l'analyse des données et littérature existantes, ce travail a montré que les inégalités sociales de nutrition sont particulièrement marquées dans les cinq Drom, jusqu'à 20 points de différence des prévalences d'obésité, de diabète et d'hypertension entre catégories favorisées et défavorisées.

On retrouve dans les cinq régions ultramarines des consommations très élevées en boissons sucrées et des consommations faibles de produits laitiers, fruits et légumes conduisant respectivement à une inadéquation pour les apports en calcium, fibres et vitamine B9. Par ailleurs, ces territoires sont caractérisés par des facteurs d'environnement de soins, alimentaire et d'activité physique spécifiques. L'offre en médecine générale et spécialistes des pathologies nutritionnelles est déficitaire, accentuant l'effet des vulnérabilités socio-économiques, en particulier en Guyane et à Mayotte. De plus, les Drom possèdent moins d'équipements sportifs que le territoire hexagonal. Concernant l'environnement alimentaire, les importations représentent 80% à 90% de l'offre disponible. Comparativement à l'hexagone, les choix alimentaires des ménages des Drom sont plus contraints en raison de revenus plus faibles mais aussi de prix alimentaires plus élevés. Enfin, nos travaux ont montré que la teneur en sucre des boissons sucrées, produits laitiers frais, biscuits et gâteaux aux Antilles ne se démarque pas de façon très importante de celle du marché hexagonal. Cependant, pour quelques familles de produits largement consommées, les écarts de teneur en sucres sont susceptibles d'avoir des impacts sur les apports en sucres des consommateurs. Si ces différences apparaissent clairement et ne doivent pas être sous-estimées, les résultats conduisent à nuancer l'idée que la qualité de l'offre disponible aux Antilles serait le déterminant majeur des apports en sucre plus élevés que dans l'hexagone et l'impact d'une politique orientée vers l'amélioration de la qualité nutritionnelle de l'offre.

Cette expertise a permis de proposer 18 recommandations d'actions et 6 recommandations d'études afin d'une part, d'améliorer les environnements de soins, alimentaires et urbains et d'autre part, ciblant les populations les plus vulnérables. Par exemple, la revalorisation des produits traditionnels comme les légumes racines et les fruits locaux ou encore des actions visant à modifier les préférences des consommateurs pour réduire les apports en sucre sont recommandées. Des interventions auprès des précaires, au travers de bons d'achat et d'actions s'appuyant sur la littératie en santé, pourraient aussi améliorer l'état nutritionnel des populations.

CONTACT > [caroline.mejean@inrae.fr](mailto:caroline.mejean@inrae.fr)

Référence > <https://hal.inrae.fr/hal-02921618> • doi: 10.1016/j.cnd.2021.08.001

Partenaires > MOISA • TSE • Nutripass • INSERM • CERTOP • ORS Martinique • ARS Guyane • DAAF Guadeloupe • DAAF Martinique



## Prévenir la dénutrition des personnes âgées : un guide pratique « Grand âge et Petit appétit » accessible à tous

**Trop souvent ignorée, la dénutrition entraîne une perte des réserves musculaires et aggrave un état de fragilité chez la personne âgée.**

Parmi les seniors dépendants pour leur alimentation, 7 seniors sur 10 ne mangeraient pas assez pour couvrir leurs besoins nutritionnels, essentiellement car ces personnes ne sont pas en capacité de consommer les portions correspondant à leurs besoins nutritionnels, faute d'appétit. Afin de prévenir la dénutrition chez ces seniors en baisse d'appétit, il est essentiel d'enrichir leur alimentation pour leur permettre de couvrir leurs besoins nutritionnels. Enrichir, c'est accroître la densité nutritionnelle des plats sans augmenter, voire en réduisant, la taille des portions.

Le projet RENESSENS, piloté par INRAE et achevé en 2018, a été construit dans un esprit collaboratif multidisciplinaire permettant de prendre en compte toutes les facettes liées à l'âge : y ont travaillé des experts dans le domaine de la gériatrie, de la nutrition, du comportement du consommateur, de la psychologie, de la sociologie, des sciences de l'alimentation et de l'industrie. La conclusion des travaux a souligné l'importance de personnaliser la prise en charge alimentaire de la personne âgée afin de prévenir efficacement la dénutrition. Dans la lignée de ces résultats, il a été décidé de concevoir un guide à destination des personnes âgées et de leurs aidants familiaux et professionnels. Ce guide est l'aboutissement d'un travail collectif mené durant 6 ans et s'inscrit dans une démarche d'information auprès du grand public pour prévenir et lutter contre la dénutrition au sein de la population âgée.

Le guide, illustré et facile d'accès, intitulé Grand âge et petit appétit apporte des informations et des conseils pratiques pour repérer la perte d'appétit chez la personne âgée et l'aider à couvrir ses besoins nutritionnels tout en respectant ses besoins, capacités et préférences. Ce guide propose des astuces et des recettes culinaires appuyées par des histoires de vie concrètes, qui accompagnent chaque étape de ce guide de 45 pages composé de 4 sections : Bien manger pour bien vieillir, Repérer le petit mangeur âgé, Nourrir le petit mangeur âgé, Préserver les muscles du mangeur âgé.

CONTACT > [claire.sulmont-rosse@inrae.fr](mailto:claire.sulmont-rosse@inrae.fr)

Référence > <https://www2.dijon.inrae.fr/senior-et-sens/guide.php>





## FOCUS

# systèmes alimentaires, et santé humaine

**A**u cœur des relations entre agriculture, alimentation et environnement, les questions de santé peuvent être un moteur pour transformer les systèmes alimentaires.

L'objectif général du métaprogramme SYALSA (systèmes alimentaires et santé humaine), lancé en janvier 2021, est d'identifier et d'évaluer l'efficacité de leviers d'action susceptibles de rendre les systèmes alimentaires plus favorables à la santé humaine, à travers l'alimentation, mais aussi à travers leurs effets sur l'environnement, en prenant en compte les co-bénéfices entre santé et environnement. Il est coordonné par Fabrice Pierre (chef de département adjoint du département AlimH) avec l'appui de Claire Gaudout comme cheffe de projet.



## Systèmes alimentaires et santé humaine : un métaprogramme coordonné par le département AlimH



Le métaprogramme vise à mieux comprendre les divers facteurs et mécanismes d'interaction qui, depuis la production agricole jusqu'à la consommation alimentaire, affectent la santé humaine (Axe 1). Il explore les relations entre les pratiques de production et de transformation, les expositions des populations à des contaminants environnementaux, et les impacts sur la santé (Axe 2). Enfin, il s'attache à caractériser, évaluer et accompagner les changements manifestes ou potentiels (innovations biotechniques, politiques publiques, comportements d'acteurs) susceptibles d'améliorer les bénéfices des systèmes alimentaires sur la santé des individus et des populations (Axe 3).

**14 unités du département AlimH sont impliquées dans 7 consortia interdisciplinaires et 8 projets exploratoires qui impliquent de 2 à 6 départements par projet.**

Dans le cadre de la thématique s'intéressant à la construction de la qualité des aliments de la production agricole à la consommation alimentaire (Axe 1 du métaprogramme), 7 projets sont coordonnés ou co-coordonnés par des chercheurs du département.

### VEGETRANSFORM

Ce projet vise à évaluer les expositions aux aliments végétaux ultra-transformés en fonction des différentes périodes de la vie et leur impact sur l'environnement, à mieux qualifier la nature et la qualité nutritionnelle des produits en amont et en aval, et à quantifier leur consommation à différentes périodes de vie par l'analyse de bases de données existantes, et enfin à mieux comprendre les éléments qui déterminent cette consommation. (unités AlimH impliquées : PHAN, CSGA, CRESS, PNCA, UNH).

### SENSAS

Le projet vise à établir une preuve de concept de la construction de bases sensorielles d'aliments transformés de grande consommation. Un projet évaluera la nature des bioactifs de colza et leurs dérivés métaboliques qui sont sécrétés dans le lait de vaches alimentées avec une base colza, le transfert de ces composés natifs et néoformés du lait au consommateur, et enfin l'impact santé chez le consommateur de lait. (unité AlimH impliquée : CSGA).

### REVOMEGA

Ce projet exploratoire interdisciplinaire vise à sélectionner quelques variétés de cameline permettant d'optimiser les procédés d'extraction des fractions lipidiques et protéiques de la graine et d'explorer des pistes de valorisation pour l'alimentation humaine. (unité AlimH impliquée : UNH).

### NABAB

Le projet évalue la nature des bioactifs de colza et leurs dérivés métaboliques qui sont sécrétés dans le lait de vaches alimentées avec une base colza, le transfert de ces composés natifs et néoformés du lait au consommateur, et enfin l'impact santé chez le consommateur de lait. (unités AlimH impliquées : C2VN, UNH).

### TRICOR

Le projet pluridisciplinaire a pour objectif de faire la preuve de concept que l'introduction d'une sélection d'extraits végétaux contenant une diversité d'actifs dans l'alimentation des ruminants peut permettre d'agir simultanément sur la diminution du risque de cancer colorectal chez l'Homme, du stress oxydatif et des émissions de gaz à effet de serre par les animaux. (unité AlimH impliquée : TOXALIM).

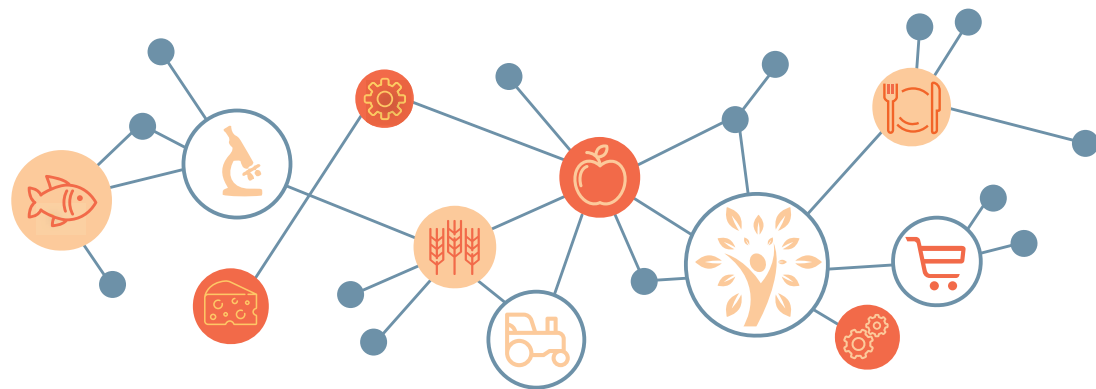
### GOJIQUAL

Le projet propose d'explorer, sur la baie de goji, les liens entre les effets santé et la complexité de la matrice végétale modulée par les conditions de production et de transformation. (unité AlimH impliquée : C2VN).

### BESTDAIRY

Le projet vise à démontrer les variations de composition du lait liées aux pratiques d'élevage et aux technologies mises en œuvre. (unité AlimH impliquée : CARMEN).





Au sein de la thématique portant sur les contaminants environnementaux issus des systèmes alimentaires (Axe 2 du métaprogramme), 3 projets sont coordonnés ou co-coordonnés par les chercheurs AlimH :

### ECHLORE

Le projet vise à évaluer comment les changements alimentaires réduisant l'exposition à la chlordécone impacteraient à la fois l'amont (systèmes de cultures) et l'aval (qualité nutritionnelle et coût du régime) jusqu'à la quantification des impacts de santé. (unités AlimH impliquées : MOISA, TOXALIM).

### C-AGRI IMPACT

Ce consortium doit permettre de créer une dynamique de partage des connaissances, d'approches, d'outils d'évaluation et des dispositifs d'expérimentation pour traiter le continuum production – pratiques agronomiques – devenir et transferts des contaminants – impacts sanitaires. (unités AlimH impliquées : PHAN, TOXALIM, LABERCA).

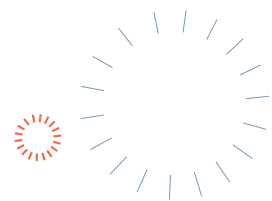
Enfin, dans le cadre de l'axe portant sur les leviers susceptibles d'améliorer les impacts du système alimentaire sur la santé des individus et des populations (Axe 3 du métaprogramme), un projet est coordonné par un chercheur du département AlimH.

### DURATRANSFO

Le projet s'intéresse à l'impact de l'ultra-transformation alimentaire sur la production et la consommation. Il vise à constituer un réseau international de compétences interdisciplinaires (unité AlimH impliquée : UNH).

### LACTOMICS

Le projet ambitionne d'établir une preuve de concept de l'intérêt des approches intégratives de phénotypage analytique combinées à des outils statistiques multivariés pour explorer les habitudes alimentaires des mères analysées dans toute leur complexité et étudier leurs impacts sur les relations nutriments-contaminants-microbiote dans le lait maternel et par voie de conséquence sur la santé de l'enfant en prenant en compte les systèmes alimentaires en amont de ce paradigme (unités AlimH impliquées : PHAN, LABERCA, CRESS).



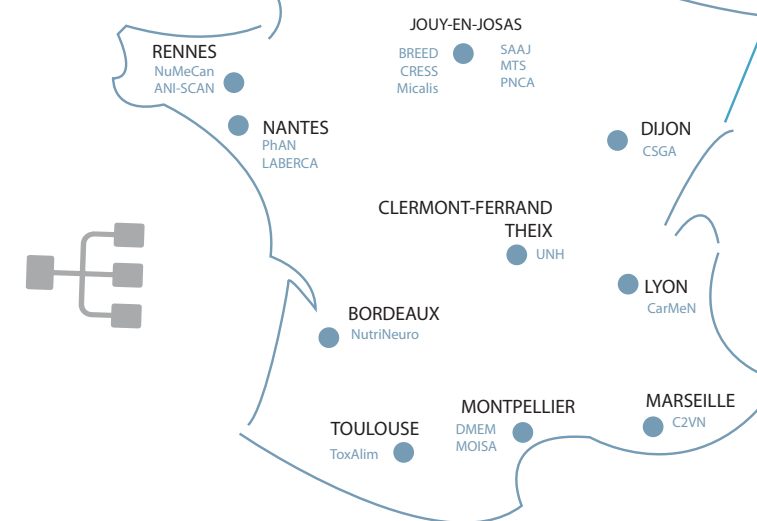
### Le dispositif METAPROGRAMMES au sein d'INRAE

Les métaprogrammes constituent un dispositif d'animation et de programmation scientifique sur un nombre restreint de sujets nécessitant des approches systémiques et interdisciplinaires pour répondre aux défis scientifiques et sociétaux.

L'ambition des métaprogrammes est ainsi de :

- Développer une recherche interdisciplinaire, et repousser les frontières de la science pour répondre aux grands enjeux sociétaux et/ou scientifiques;
- Construire de nouvelles communautés scientifiques et les accompagner sur ces sujets ;
- Accroître la visibilité des recherches de l'institut aux niveaux national, européen et international et développer leur impact.

Durant 5 à 8 années, le soutien financier alloué par INRAE permet de développer des actions interdisciplinaires comme des animations scientifiques, la constitution de réseaux scientifiques, ainsi que la conduite de projets de recherche interdisciplinaires.



## CARTE DES UNITES du département AlimH

<b>ANI-SCAN</b>	Unité de service scanographie
<b>BREED</b>	Biologie de la reproduction, environnement, épigénétique et développement
<b>C2VN</b>	Centre Cardiovasculaire et Nutrition
<b>CarMeN</b>	Cardiovasculaire Métabolisme Diabétologie et Nutrition
<b>CRESS</b>	Centre de recherche épidémiologiques et bio statistiques de Sorbonne Paris Cité
<b>CSGA</b>	Centre des Sciences du Goût et de l'Alimentation
<b>DMEM</b>	Dynamique Musculaire et Métabolisme
<b>LABERCA</b>	Laboratoire d'Etudes des Résidus et Contaminants dans les Aliments
<b>Micalis</b>	Microbiologie de l'Alimentation au service de la Santé humaine
<b>MOISA</b>	Marchés, organisations, institutions et stratégies d'acteurs
<b>MTS</b>	Médicaments et technologies pour la santé
<b>NuMeCan</b>	Nutrition, Métabolismes et Cancer
<b>NutriNeuro</b>	Nutrition et Neurobiologie intégrée
<b>PhAN</b>	Physiopathologie des Adaptations Nutritionnelles
<b>PNCA</b>	Physiologie de la Nutrition et du Comportement Alimentaire
<b>SAAJ</b>	Unité expérimentale Sciences de l'animal et de l'aliment de Jouy
<b>ToxAlim</b>	Toxicologie Alimentaire
<b>UNH</b>	Nutrition Humaine



CONTACT > [syalsa@inrae.fr](mailto:syalsa@inrae.fr)  
Référence > [www.inrae.fr/syalsa](http://www.inrae.fr/syalsa)





**INRAE • Département AlimH**  
Site de Theix  
63122 Saint Genès Champanelle

---

Directeur de la publication :  
Lionel Bretillon

Coordinatrice de l'édition :  
Claire Gaudout

Comité de rédaction :  
Sylvie Bardon, Véronique Coxam,  
Emmanuelle Kesse-Guyot, Sophie Nicklaus,  
Fabrice Pierre, David Val-Laillet

Graphisme :  
Studio Bird Idea® - [www.birdidea.fr](http://www.birdidea.fr)

Photos :  
Shutterstock - IStock

---

Rejoignez-nous sur :



[www.inrae.fr/departements/alimh](http://www.inrae.fr/departements/alimh)

**Institut national de recherche pour  
l'agriculture, l'alimentation et l'environnement**



**RÉPUBLIQUE  
FRANÇAISE**

*Liberté  
Égalité  
Fraternité*

**INRAE**