



INRAE

Une année de travaux au cœur du département Alimentation humaine

2023

Édito



J'ai le plaisir de partager avec vous la nouvelle édition des faits marquants du département Alimentation Humaine d'INRAE. Ce recueil rassemble, sans viser à l'exhaustivité, plusieurs résultats de recherche de nos unités, publiés au cours de l'année 2023.

L'alimentation humaine est au cœur des problématiques environnementales, agricoles et de santé. Faut-il rappeler que la loi Climat et Résilience de 2021 a amené le gouvernement à publier au 1er juillet 2023 une Stratégie Nationale pour l'Alimentation, la Nutrition et le Climat (SNANC). Cette disposition résulte de la Convention Citoyenne pour le climat lancée en 2019 a abouti à 149 propositions dont la mise en place d'un Programme National Nutrition Santé Climat afin d'intégrer les objectifs climatiques dans la politique de l'alimentation, en accord avec la Stratégie Nationale Bas Carbone. Pour atteindre ces objectifs, la recherche doit être mobilisée, tant dans la genèse de connaissances nouvelles que dans l'expertise, l'appui aux politiques publiques et l'accompagnement des acteurs socio-économiques. Vous pourrez lire dans ces pages comment nos recherches nourrissent ces ambitions, en lien avec nos grandes orientations scientifiques : la connaissance des fondements scientifiques des relations nutrition-santé, des comportements alimentaires et de la toxicologie, afin de 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 l'innovation et le transfert de nos recherches vers la société.

Je vous souhaite une bonne lecture.

Lionel Bretilon,
Chef de département AlimH

GOS1 >



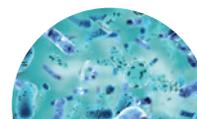
Caractériser et prendre en compte les relations alimentation-santé pour définir les besoins et les moyens d'une alimentation saine et durable

GOS2 >



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

GOS3 >



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 > 22
COMPRENDRE ET AGIR SUR LES COMPORTEMENTS ET LES CHOIX ALIMENTAIRES POUR FAVORISER L'ADOPTION D'UNE ALIMENTATION SAINE ET DURABLE	P. 23 > 29
CARACTÉRISER ET PRÉVENIR LES RISQUES TOXICOLOGIQUES	P. 30 > 33
FAVORISER LES TRANSITIONS NÉCESSAIRES AU DÉVELOPPEMENT DE SYSTÈMES ALIMENTAIRES SAINS ET DURABLES	P. 34 > 38
DÉVELOPPER L'ACCÈS ET LE DÉPLOIEMENT DES SCIENCES DES DONNÉES	P. 39 > 41
FOCUS INNOVATIONS	P. 42 > 45
APPUI AUX POLITIQUES PUBLIQUES	P. 46 > 47

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.



► L'exposition alimentaire aux nitrites associée à un risque accru de diabète de type 2

Plus de 15 000 produits emballés sur le marché français contiennent actuellement des nitrites et ou des nitrates. Fréquemment utilisés pour garantir une meilleure conservation des viandes transformées (jambons, saucissons...), l'innocuité de ces additifs alimentaires fait cependant l'objet de débats. Les scientifiques ont analysé les données de santé et d'exposition aux nitrites et nitrates de 104 168 adultes français et françaises participant à l'étude de cohorte NutriNet-Santé. Les analyses statistiques suggèrent une association entre la consommation de nitrites et un risque accru de diabète de type 2. Aucune association entre la consommation de nitrates et le risque de diabète de type 2 n'a toutefois été mise à jour.

Les nitrites et les nitrates sont des composés naturellement présents dans certains aliments (notamment les légumes) ainsi que dans l'eau et les sols. Largement utilisés comme additifs pour augmenter la durée de conservation de certains aliments comme la charcuterie, leur rôle antimicrobien limite le développement de bactéries pathogènes à l'origine de certaines infections alimentaires. Ils permettent également de donner une couleur rose aux jambons et autres produits de charcuterie.

Certaines autorités de santé publique ont toutefois préconisé de limiter l'utilisation des nitrites et des nitrates comme additifs alimentaires, du fait de leur impact probable sur le risque de cancer colorectal. De précédentes études expérimentales avaient déjà suggéré une association entre l'exposition aux nitrites et nitrates et l'apparition de dysfonctionnements métaboliques, mais les données épidémiologiques et cliniques sont encore parcellaires.

Afin d'approfondir les connaissances sur le sujet, des chercheurs ont consulté les données recueillies auprès de 104 168 participants à la cohorte prospective NutriNet-Santé.

Les volontaires ont renseigné en détail leurs consommations alimentaires en transmettant aux scientifiques des enregistrements complets de leurs repas sur des périodes répétées de 24 heures, incluant les noms et marques des produits. Cette approche a permis à l'équipe d'évaluer les expositions aux additifs nitrates et nitrites des participants, avec des niveaux de précision élevés. En outre, ces informations ont été complétées par des données de contrôle fournies par les autorités sanitaires, qui renseignaient sur le degré d'exposition des volontaires aux nitrites et nitrates d'origine non additifs (via l'eau et le sol donc) selon leur localisation sur le territoire.

Les scientifiques avaient également accès à des données sociodémographiques, sur les antécédents médicaux des participants, leurs données, mais aussi des informations sur leur pratique d'activité physique, leur mode de vie et leur état de santé. Les participants étudiés ici ne présentaient pas de diabète de type 2 à l'inclusion, et ont été suivis entre 2009 et 2021 pour surveiller l'apparition de cette maladie.

Les chercheurs ont effectué des analyses statistiques afin d'étudier les associations entre les expositions aux nitrites et nitrates (à la fois sous forme d'additifs alimentaires et en tant que non additifs) et le risque de diabète de type 2.

Les participants ayant une exposition plus élevée aux nitrites (provenant spécifiquement d'additifs alimentaires, mais aussi de sources « non additifs ») présentaient un risque plus élevé de développer un diabète de type 2. Dans cette étude, l'augmentation de risque était en effet de 27 % pour les personnes ayant la plus forte consommation de nitrites totaux par rapport à ceux ayant la plus faible (avec dans le détail une augmentation de 53 % pour les personnes consommant le plus de nitrites provenant des additifs et de 26 % pour les nitrites provenant d'autres sources). Aucune association entre l'exposition aux nitrates et le risque de diabète de type 2 n'a été retrouvée. Aucun bénéfice des nitrites ou des nitrates alimentaires en matière de protection contre le diabète de type 2 n'a pu, par ailleurs, être démontré.

Ces résultats fournissent un nouvel élément de preuve dans le contexte des discussions actuelles concernant la nécessité d'une réduction de l'utilisation des additifs nitrates dans les viandes transformées par l'industrie alimentaire, et pourraient également étayer la nécessité d'une meilleure réglementation de la contamination des sols par les engrais. En attendant, plusieurs autorités de santé publique dans le monde recommandent déjà aux citoyens de limiter leur consommation d'aliments contenant des additifs controversés, dont le nitrite de sodium.



CONTACT > m.touvier@eren.smbh.univ-paris13.fr
bernard.srou@inrae.fr

Référence > <https://doi.org/10.1371/journal.pmed.1004149>
Partenaires > CRESS · TOXALIM



➤ Risque d'allergies : un lien établi avec l'âge tardif d'introduction des allergènes majeurs chez les enfants

Le développement des allergies alimentaires au sein de la population française est devenu un problème de santé publique, pris en compte dès 2001 dans le Programme national nutrition santé (PNNS). Pour tenir compte de l'avancée récente des connaissances sur les liens entre expositions alimentaires précoces et développement des allergies alimentaires, les recommandations pédiatriques associées ont été modifiées : les parents sont invités désormais à introduire les aliments dits allergènes en même temps que les autres aliments, dès l'âge de 4 mois. Mais l'impact de ces nouvelles mesures n'avait pas encore été analysé. Une étude épidémiologique issue de la cohorte Elfe, concernant des enfants âgés de 2 mois à 5,5 ans, met en évidence le surrisque d'allergie alimentaire lié au retard d'introduction des allergènes majeurs.

Initiée en avril 2011, l'étude française Elfe a pour objectif de suivre des enfants de la naissance à l'âge adulte, afin de mieux comprendre les facteurs, de la période intra-utérine à l'adolescence, qui influencent leur développement, leur santé, leur socialisation et leur parcours scolaire. Ainsi, environ 150 chercheurs étudient et suivent plus de 18 000 enfants pendant 20 ans.

L'influence de l'alimentation en début de vie sur la santé et la croissance de l'enfant est un des axes de recherche. Grâce à cette cohorte, une équipe de scientifiques a fait le point sur l'état des associations entre les pratiques de diversification alimentaire et les maladies allergiques chez les enfants français.

L'étude a porté sur 6 662 enfants n'ayant présenté aucune manifestation allergique avant l'âge de 2 mois et pour lesquels toutes les informations nécessaires aux analyses étaient disponibles. Leur alimentation a été collectée mensuellement de 3 à 10 mois. L'âge à l'initiation de la diversification alimentaire a été calculé, de même qu'un score de diversité alimentaire ultérieur à 8 et 10 mois. Le nombre d'allergènes alimentaires majeurs (produits laitiers, œuf, blé et poisson) non introduits aux âges de 8 et 10 mois a également été déterminé. Les pathologies allergiques (allergie alimentaire, eczéma, asthme et rhino-conjonctivite) ont été rapportées par les parents à 2 mois, 1, 2, 3, 5 et 5,5 ans.

Dans un premier temps, les scientifiques ont constaté que seuls 62 % des enfants ont débuté la diversification alimentaire sur la période recommandée, soit entre 4 et 6 mois. Ils ont ensuite étudié précisément le lien entre l'introduction retardée des allergènes majeurs et le risque d'allergie alimentaire. Ils ont observé que pour 1 enfant sur 10, au moins 2 allergènes majeurs, parmi les œufs, le poisson, le blé et les produits laitiers, ne sont pas encore introduits dans l'alimentation à l'âge de 10 mois. Ces mêmes enfants ont un risque 2 fois plus élevé de développer une allergie alimentaire avant l'âge de 5,5 ans que ceux pour lesquels les 4 allergènes considérés sont introduits avant l'âge de 10 mois.

Ces travaux confirment donc l'importance de ne pas retarder l'introduction des allergènes alimentaires majeurs pour prévenir la survenue des maladies allergiques dans l'enfance. Ils apportent de nouveaux arguments convaincants pour étayer les nouvelles recommandations des sociétés françaises de pédiatrie et d'allergie et de Santé publique France.



CONTACT > blandine.delauzon-guillain@inrae.fr
 Référence > <https://doi.org/10.1111/all.15828>
 Partenaires > : CRESS · Ined · CHRU de Nancy



➤ Consommation d'additifs alimentaires émulsifiants et risque de maladies cardiovasculaires

Les émulsifiants figurent parmi les additifs les plus largement utilisés par l'industrie agroalimentaire. Ils permettent d'améliorer la texture des aliments et de prolonger leur durée de conservation. Des chercheurs et chercheuses ont analysé les données de santé de 95 442 adultes participant à l'étude de cohorte française NutriNet-Santé au regard de leur consommation globale de ce type d'additifs alimentaires. Les résultats suggèrent une association entre les apports alimentaires d'additifs émulsifiants et un risque accru de maladies cardiovasculaires.

Les émulsifiants figurent parmi les additifs les plus couramment utilisés dans les aliments industriels. Ils sont souvent ajoutés aux aliments transformés et emballés, tels que certaines pâtisseries, gâteaux et desserts industriels, glaces, barres chocolatées, pains industriels, margarines et plats préparés, afin d'améliorer leur apparence, leur goût, leur texture et leur durée de conservation. Ils comprennent les celluloses, les mono- et diglycérides d'acides gras, les amidons modifiés, les lécithines, les carraghénanes, les phosphates, les gommes et les pectines. Certaines recherches récentes suggèrent que les émulsifiants peuvent perturber le microbiote intestinal et augmenter le risque d'inflammation, entraînant une susceptibilité potentiellement accrue aux problèmes cardiovasculaires.

Pour approfondir cette question, des chercheuses et chercheurs français ont entrepris d'évaluer les liens entre l'exposition aux émulsifiants et le risque de maladies cardiovasculaires, incluant les pathologies coronariennes et les atteintes cérébrovasculaires, c'est-à-dire les pathologies affectant la circulation sanguine et les vaisseaux sanguins dans le cœur et le cerveau.

Leurs conclusions sont fondées sur l'analyse des données de 95 442 adultes français (âge moyen 43 ans ; 79 % de femmes) sans antécédents de maladie cardiovasculaire qui ont participé volontairement à l'étude de cohorte NutriNet-

Santé entre 2009 et 2021. Au cours des 2 premières années de suivi, les participants ont rempli en ligne au moins 3 (et jusqu'à 21) jours d'enregistrements alimentaires. Chaque aliment ou boisson consommé a ensuite été croisé avec des bases de données afin d'identifier la présence et la dose des additifs alimentaires, dont les émulsifiants. Des dosages en laboratoire ont également été effectués pour fournir des données quantitatives.

Les participants ont été invités à signaler tout événement cardiovasculaire majeur, tel qu'une crise cardiaque ou un accident vasculaire cérébral, qui ont été validés par un comité d'experts après examen de leurs dossiers médicaux. Les décès liés aux maladies cardiovasculaires ont également été enregistrés à l'aide du registre national français des décès. Plusieurs facteurs de risque bien connus pour les maladies cardiaques, notamment l'âge, le sexe, le poids (IMC), le niveau d'éducation, les antécédents familiaux, le tabagisme et les niveaux d'activité physique, ainsi que la qualité globale de l'alimentation (par exemple, les apports en sucre, en sel, en énergie et en alcool) ont été pris en compte. Après un suivi moyen de 7 ans, les scientifiques ont constaté que des apports plus élevés en celluloses totales (additifs alimentaires correspondant aux codes E460 à E468) étaient associés à des risques plus élevés de maladies cardiovasculaires. En particulier, cette association était spécifiquement observée pour les apports en E460 (cellulose microcristalline, cellulose en poudre) et E466 (carboxyméthylcellulose). D'autre part, des apports plus élevés en monoglycérides et diglycérides d'acides gras (E471 et E472) ont été associés à des risques plus élevés pour toutes les pathologies étudiées. Parmi ces émulsifiants, l'ester lactique des monoglycérides et diglycérides d'acides gras (E472b) était corrélé à des risques plus élevés de maladies cardiovasculaires et cérébrovasculaires, et l'ester citrique des monoglycérides et diglycérides d'acides gras (E472c) à des risques supérieurs de maladies cardiovasculaires et coronariennes. Une consommation élevée de phosphate trisodique (E339) était également associée à un risque accru de maladies coronariennes. Aucune association n'a été détectée dans cette étude entre les autres émulsifiants et la survenue de maladies cardiovasculaires.

Il s'agit d'une unique étude observationnelle, qui ne peut donc pas établir de causalité à elle seule, et les scientifiques reconnaissent certaines limites à ce travail. Néanmoins, l'échantillon de l'étude était important et les auteurs ont pu tenir compte d'un large éventail de facteurs potentiellement confondants, tout en utilisant des données détaillées et uniques sur les additifs alimentaires, allant jusqu'à la marque des produits consommés. De plus, les résultats sont restés inchangés après de multiples analyses de sensibilité, renforçant ainsi leur robustesse.



CONTACT > m.touvier@eren.smbh.univ-paris13.fr
bernard.srouf@inrae.fr
 Référence > <https://doi.org/10.1136/bmj-2023-076058>
 Partenaires > CRESS



➤ Manger de bonne heure pourrait réduire le risque cardiovasculaire

Une étude, menée sur un échantillon de plus de 100 000 personnes de la cohorte NutriNet-Santé, suivies entre 2009 et 2022, suggère que manger tardivement pour la première ou la dernière fois de la journée serait associé à un risque plus élevé de maladies cardiovasculaires. Il ressort également qu'une durée plus longue du jeûne nocturne est associée à une réduction du risque des maladies cérébrovasculaires, comme les AVC. Ces résultats suggèrent l'importance du moment et du rythme de prise des repas au cours de la journée dans la réduction du risque de maladie cardiovasculaire.

Les maladies cardiovasculaires représentent la principale cause de mortalité dans le monde avec 18,6 millions de décès chaque année en 2019 selon le réseau Global Burden of Diseases, dont environ 7,9 seraient attribuables à l'alimentation. L'alimentation joue donc un rôle majeur dans le développement et l'évolution de ces pathologies, et le mode de vie moderne des sociétés occidentales a conduit à des comportements alimentaires spécifiques comme la prise tardive du dîner ou le saut du petit-déjeuner. En plus de la lumière, le cycle quotidien des prises alimentaires (repas, collations...) en alternance avec les périodes de jeûne synchronise les horloges internes, ou rythmes circadiens, des différents organes du corps, influençant notamment des fonctions cardiométaboliques comme la régulation de la tension artérielle.

La chrononutrition émerge donc comme un nouveau domaine d'importance pour comprendre la relation entre le moment de la prise alimentaire, les rythmes circadiens et la santé.

Dans ce contexte, les scientifiques ont utilisé les données de 103 389 participants de la cohorte NutriNet-Santé (dont 79 % de femmes avec un âge moyen de 42 ans) pour étudier les associations entre les rythmes de prise alimentaire et les maladies cardiovasculaires. Afin de réduire le risque de biais possibles, les chercheurs ont tenu compte d'un grand nombre de facteurs de confusion, en particulier les facteurs sociodémographiques (âge, sexe, situation familiale...), la qualité nutritionnelle de l'alimentation, le mode de vie et le cycle du sommeil.

Les résultats font ressortir qu'une première prise alimentaire de la journée plus tardive, par exemple liée au saut du petit-déjeuner, est associée à un risque plus élevé de maladie cardiovasculaire, avec une augmentation de 6 % du risque par heure. Par exemple, une personne qui a pour habitude de manger pour la première fois à 9 h 00 aurait 6 % de risque en plus d'avoir une maladie cardiovasculaire qu'une personne qui a l'habitude de manger à 8 h 00. Quant à la dernière prise alimentaire de la journée, manger tardivement, après 21 h 00, est associé à une augmentation de 28 % du risque de maladie cérébrovasculaire, comme les AVC (accident vasculaire cérébral), par rapport à une dernière prise alimentaire avant 20 h 00, en particulier chez les femmes. Enfin, une durée plus longue du jeûne nocturne, entre la dernière prise alimentaire de la journée et la première du lendemain, est associée à une réduction du risque de maladie cérébrovasculaire, ce qui serait donc en faveur d'une combinaison d'une heure précoce de la première et de la dernière prise alimentaire, simultanément.

Ces résultats, qui doivent être répliqués dans d'autres cohortes et via d'autres études scientifiques, soulignent un rôle potentiel du moment de la prise des repas dans la prévention des maladies cardiovasculaires. Ils suggèrent qu'adopter l'habitude de prendre son premier et son dernier repas plus tôt avec une plus longue période de jeûne nocturne pourrait contribuer à prévenir les risques de maladie cardiovasculaire.



CONTACT > bernard.srouer@inrae.fr
Référence > <https://www.nature.com/articles/s41467-023-43444-3>
Partenaires > : CRESS · ISGLOBAL



➤ Surnutrition lipidique maternelle à l'origine de troubles cardio-métaboliques chez la descendance

La prévalence de l'obésité et du surpoids augmente partout dans le monde, en particulier chez les femmes en âge de procréer, en partie à cause d'une surconsommation lipidique. Cet article fait la synthèse de 15 années de recherche sur les effets d'une exposition maternelle à un régime hypergras sur le phénotype maternel et de sa descendance.

L'ultra transformation des aliments contribue à dégrader la qualité des lipides de notre assiette, en raison du recours massif à l'acide linoléique par les industriels, notamment en raison de son coût peu élevé. La part d'acide linoléique toujours plus grande dans nos aliments accentue encore davantage le déséquilibre des oméga 3 au profit des oméga 6, conduisant à une alimentation plus inflammatoire et aujourd'hui considérée comme obésogène pour la population générale.

L'objectif de ces recherches était d'évaluer les effets d'un régime maternel riche en graisses, mimant la surconsommation en lipides chez les femmes européennes, sur le phénotype maternel (sa santé générale et reproductive) mais aussi sur le développement et la santé de sa progéniture, au stade embryonnaire, néonatal, au sevrage et à l'âge adulte, en considérant les effets sexe-spécifiques, tout en essayant de discriminer la ou les fenêtres de vulnérabilité liées à cette exposition, dans un modèle biomédical lapin.

Ces travaux ont montré qu'un régime riche en graisses (huile de soja riche en acide linoléique) et cholestérol induit chez les mères une dyslipidémie, une augmentation de graisse corporelle, des lésions d'athérosclérose aortique et un nombre supérieur de follicules ovariens atreptiques (qui dégénèrent au cours du cycle hormonal). Chez la descendance, ce régime perturbe le phénotype embryonnaire, en particulier le métabolisme lipidique au stade 8-16 cellules et au stade blastocyste (5-6 jours). En fin de gestation, une accumulation de globules lipidiques est observée dans le placenta, associée à une hypotrophie fœtale et à des perturbations sexe-spécifiques. Notamment, ce régime induit chez les fœtus mâles une dyslipidémie in utero, alors que les fœtus femelles semblent protégés par leur placenta qui concentre des lipides. A l'âge adulte, les descendants issus de ces mères sont plus lourds, hyperphagiques avec une pression artérielle plus élevée et des perturbations de la fonction gonadique, aussi bien chez les mâles que chez les femelles.

L'étude de différentes fenêtres de vulnérabilité, via des transferts d'embryons, indique que le régime maternel gestationnel joue un rôle prépondérant sur le phénotype fœto-placentaire, mais qu'il existe incontestablement une programmation pré-conceptionnelle. Ces deux périodes apparaissent comme des fenêtres potentielles d'intervention dans un contexte d'obésité ou de surpoids pour limiter les conséquences néfastes sur le développement de l'unité fœto-placentaire.

Plusieurs stratégies d'intervention ont déjà été explorées dans la littérature via l'utilisation de modèles animaux ou via des essais cliniques. Ces stratégies vont de la perte de poids pré-conceptionnelle à la supplémentation nutritionnelle pendant la gestation, en passant par l'exercice, ou encore des approches plus invasives, comme la chirurgie bariatrique mais réservée à des cas d'obésité sévère ou morbide.

Ces travaux se poursuivent avec d'une part des investigations plus poussées de la communication materno-embryonnaire précoce et d'autre part l'étude des effets intergénérationnels jusqu'à la seconde génération. Les perspectives à plus long terme seraient de pouvoir proposer des interventions visant à corriger ou atténuer les effets d'un surpoids liés à une surnutrition lipidique, par une prise en charge précoce des futures mères, idéalement pendant la période pré-conceptionnelle.



En amont d'un projet parental, il faut veiller à l'équilibre alimentaire et à la qualité des aliments de la maman pour la santé future de sa progéniture.



CONTACT > delphine.rousseau@inrae.fr
Référence > <https://doi.org/10.3390/ijms241914547>
Partenaires > BREED



► Une nouvelle piste pour la prise en charge du diabète

La dérégulation de la production hépatique de glucose est un facteur clé dans la pathogenèse du diabète et une cible privilégiée pour réduire l'hyperglycémie caractéristique de cette pathologie. Des chercheurs ont montré que le foie est capable de produire du glucose par deux voies indépendantes.

Le diabète de type 2, qui est actuellement considéré comme une épidémie mondiale, est en partie lié à une production endogène de glucose excessive. Caractériser comment ce glucose est produit s'avère essentiel pour proposer de nouvelles pistes thérapeutiques. La production de glucose dans la cellule nécessite la glucose-6-phosphatase (G6Pase), enzyme présente dans la membrane du réticulum endoplasmique. Une fois produit dans le cytoplasme, le glucose est transporté dans le sang par le transporteur de glucose GLUT2 mais également par une voie dépendante de mouvements membranaires. La caractérisation de cette voie permettrait d'ouvrir de nouvelles perspectives de régulation de la production hépatique de glucose, notamment dans les situations d'hyperglycémie chronique.

Sur la base de méthodes d'imagerie originales et de modèles de souris transgéniques, les chercheurs ont montré que la localisation de la glucose-6-phosphatase, et plus précisément sa sous-unité catalytique G6PC1, n'est pas restreinte au réticulum endoplasmique, mais est capable de migrer vers la membrane plasmique. Cette propriété est corrélée à la capacité de l'enzyme à produire du glucose en condition de jeûne. Ainsi, une partie du glucose est produit par une voie vésiculaire permettant à la glucose-6-phosphatase de libérer du glucose directement à la membrane plasmique. Cette voie se met en place parallèlement et indépendamment de la voie classiquement connue impliquant le transporteur GLUT2 et dépend de la protéine structurale Cavéoline-1, connue pour contrôler l'équilibre cellulaire en cholestérol.

Ces résultats apportent un nouvel éclairage sur une fonction physiologique clé en démontrant que le foie produit du glucose par deux mécanismes indépendants, soit en libérant le glucose du cytoplasme par GLUT2, soit en le produisant directement hors de la cellule.

Caractériser les régulations de ce mécanisme dans différentes situations nutritionnelles (régime gras, jeûne) ou pathologiques (obésité, diabète de type 2) permettraient de le réduire spécifiquement. La diminution spécifique de cette voie de production de glucose pourrait réduire ou protéger de l'hyperglycémie caractéristique du diabète.

Le foie possède une enzyme particulière, capable de produire du glucose dans et directement hors de la cellule par deux mécanismes indépendants.



CONTACT > amandine.gautier-stein@univ-lyon1.fr
 Référence > <https://doi.org/10.1016/j.molmet.2023.101700>
 Partenaires > : CARMEN · INSERM · CNRS · Université de Lausanne



► La consommation de polyphénols de raisin dans une situation d'excès calorique inhibe la formation de nouveaux vaisseaux sanguins dans le tissu adipeux chez l'Homme

L'augmentation des apports en polyphénols chez des personnes en situation d'obésité pourrait s'avérer d'intérêt en prévenant l'apparition de complications pathologiques. Des chercheurs ont étudié le potentiel thérapeutique des polyphénols de raisin dans une situation dynamique de prise de poids chez l'Homme sain, induite par une surnutrition hyperlipidique et hyperglucidique.

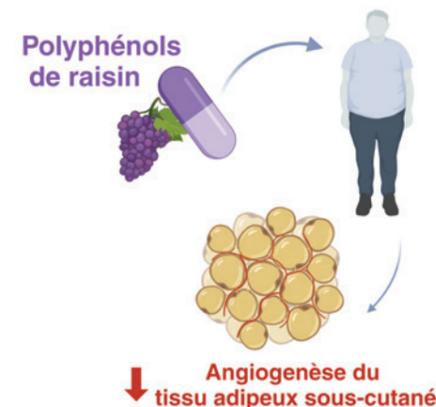
L'obésité, enjeu de santé publique majeur, résulte d'un excès d'apports caloriques par rapport aux dépenses énergétiques et d'une alimentation déséquilibrée. Elle est associée à une augmentation du nombre et de la taille des adipocytes dans les différents dépôts de tissu adipeux. C'est un facteur de risque pour de nombreuses pathologies cardiovasculaires, l'hypertension, le diabète de type 2, et certains cancers. Identifier des cibles thérapeutiques pour limiter l'obésité et ses conséquences est donc de première importance. Parmi les pistes prometteuses, les polyphénols, composés bioactifs présents dans de nombreux aliments végétaux (fruits, légumes, épices), ont été identifiés comme améliorant la santé cardiovasculaire, limitant l'inflammation et ayant des propriétés antidiabétiques.

Les chercheurs ont testé le potentiel des polyphénols de raisin pour limiter le développement du tissu adipeux dans une situation dynamique de prise de poids, en utilisant un modèle original de surnutrition hyperlipidique et hyperglucidique de 1 mois chez l'Homme sain.

Les chercheurs ont observé que la supplémentation en polyphénols (2g/jour pendant 31 jours) ne prévient pas la modification d'expression des gènes liés au métabolisme lipidique et au remodelage tissulaire, induite par la surnutrition.

En revanche, la prise de polyphénols a contrecarré les effets du régime hypercalorique sur l'expression d'une quarantaine de gènes impliqués dans la formation de nouveaux vaisseaux sanguins, l'angiogenèse, ce qui s'est traduit par une diminution de celle-ci, confirmée par une approche immunohistochimique sur coupe de tissu adipeux. En parallèle les chercheurs ont montré que la quercétine et l'isorhamnétine, deux des métabolites les plus abondants identifiés dans le plasma des volontaires suite à l'ingestion de polyphénols, limitaient la migration de cellules endothéliales in vitro, qui est une des étapes nécessaires au processus d'angiogenèse.

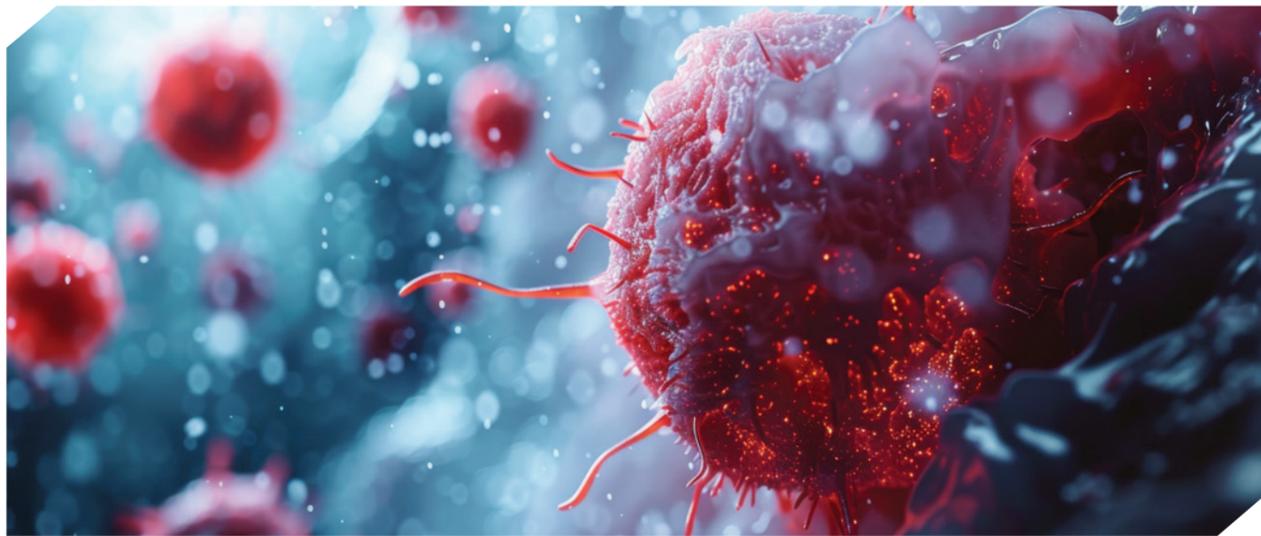
Cette étude met en évidence le potentiel anti-angiogénique des polyphénols de raisin, qui pourrait ainsi constituer une approche pour limiter l'expansion du tissu adipeux en situation d'excès calorique. Les conséquences de cette inhibition restent néanmoins à évaluer sur la fonctionnalité du tissu adipeux.



*Visuel créé par Emmanuelle Fouilloux-Meugnier sur Biorender.com



CONTACT > emmanuelle.fouilloux-meugnier@inrae.fr
 Référence > <https://doi.org/10.1016/j.jnutbio.2023.109334>
 Partenaires > CARMEN · CRNH Rhône-Alpes



➤ Les oxylipines pour mieux comprendre la réponse inflammatoire

La réponse inflammatoire est une réponse immunitaire protectrice essentielle mais lorsqu'elle est dérégulée, elle a la capacité de causer des dommages importants. Les chercheurs ont montré que les oxylipines permettent de mieux discriminer les différents types d'inflammation. Ces résultats sont importants pour mieux comprendre et phénotyper la réponse inflammatoire et sa dérégulation.

La dérégulation de la réponse inflammatoire est une caractéristique commune à un large éventail de maladies inflammatoires chroniques telles que les maladies cardiométaboliques mais aussi de la plupart des chocs inflammatoires aigus tels que le sepsis ou les cas graves de COVID-19. Mieux comprendre, prévenir et traiter les désordres inflammatoires pourrait avoir un impact majeur sur la prise en charge de ces pathologies qui font peser des charges économiques et sociales énormes sur nos sociétés. Encore aujourd'hui, la réponse inflammatoire reste majoritairement étudiée uniquement sous l'angle des cytokines, ce qui limite considérablement la compréhension et la prise en charge des désordres associés.

Les chercheurs ont focalisé leurs recherches sur les oxylipines qui sont des médiateurs lipidiques essentiels qui agissent de concert avec les cytokines pour initier et orchestrer la réponse inflammatoire. Ils ont développé et testé un outil innovant basé sur un système standardisé de stimulation ex-vivo du sang. A partir d'un millilitre de sang prélevé et traité avec un minimum de manipulation, cet outil permet l'évaluation fonctionnelle et intégrée de la réponse inflammatoire via l'analyse conjointe des oxylipines et des cytokines produites par l'hôte en réponse à divers stimuli inflammatoires.

L'outil développé a été testé dans une cohorte de 25 sujets sains puis chez 25 patients atteints de tuberculose, une maladie inflammatoire modèle caractérisée par divers stades inflammatoires difficiles à discriminer. Les scientifiques ont montré que, chez le sujet sain, les signatures d'oxylipines sont très distinctes en fonction des stimuli inflammatoires offrant de nouvelles perspectives pour mieux discriminer les différents types d'inflammation. Par ailleurs, ils ont établi pour la première fois un réseau d'interaction entre cytokines et oxylipines qui pourrait permettre d'identifier des cibles nutritionnelles ou thérapeutiques innovantes. Enfin, ils ont validé l'utilité de l'outil pour discriminer différents stades d'inflammation dans le cadre d'une maladie inflammatoire modèle.

Ces deux premières études pilotes confirment l'intérêt de la prise en compte des oxylipines pour mieux comprendre et phénotyper la réponse inflammatoire et sa dérégulation. La translation clinique de ce nouvel outil pourrait permettre d'identifier de nouvelles pistes de prévention et de prise en charge plus précises des désordres inflammatoires. Une étude est en cours pour définir les valeurs de référence d'une réponse normale, l'étendue et les déterminants de sa variabilité.

« Les oxylipines sont des médiateurs lipidiques essentiels qui agissent de concert avec les cytokines pour initier et orchestrer la réponse inflammatoire. »



CONTACT > cecile.gladine@inrae.fr
 Référence > <https://doi.org/10.1016/j.jisci.2023.107422>
 Partenaires > : UNH · Institut Pasteur · University of Wuppertal



➤ La lécithine de colza, un émulsifiant naturel vecteur d'acide α -linoléique, a des effets bénéfiques sur le microbiote intestinal de la souris

Les lécithines végétales peuvent remplacer certains additifs semi-synthétiques qui altèrent notre microbiote intestinal et qui sont associés à un risque métabolique accru. Des chercheurs ont exploré le potentiel de la lécithine de colza, car celle-ci présente l'avantage d'être produite localement et de contenir un oméga 3 essentiel.

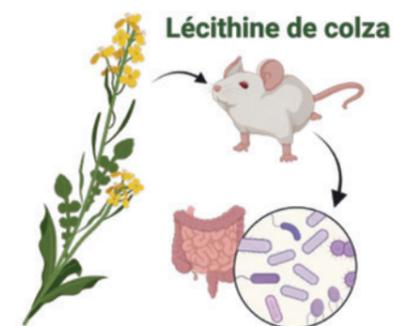
intestinal. Selon différentes données in vitro et précliniques dans la littérature scientifique, la supplémentation en lécithines végétales améliore l'absorption intestinale des lipides, dont les acides gras essentiels. Chez l'Homme, en conditions pathologiques, la supplémentation en lécithine de soja serait également associée à des effets liporégulateurs, anti-inflammatoires et antioxydants.

À ce titre, les lécithines végétales en tant que compléments alimentaires pourraient exercer un rôle préventif dans les désordres métaboliques et cardiovasculaires liés à l'alimentation occidentale. Néanmoins, l'impact des lécithines, en tant qu'ingrédients dans les aliments transformés, sur le métabolisme lipidique et la santé métabolique demeure controversé. De plus, la lécithine de soja soulève actuellement des questions du point de vue de son impact environnemental et il est nécessaire de développer le recours à des sources plus locales.

Les chercheurs ont exploré le potentiel de la lécithine de colza, qui est produite localement. Cet ingrédient présente aussi l'intérêt, d'un point de vue nutritionnel, d'être une source d'acide α -linoléique (ALA), un oméga 3 essentiel.

Les données précliniques obtenues lors de ce projet indiquent que la consommation de lécithine de colza, dans le cadre d'un régime riche en graisses et pauvre en fibres mimant l'alimentation occidentale, assure un statut satisfaisant en oméga 3 dans l'organisme, autant qu'une huile, sans induire d'altération métabolique ou inflammatoire. De plus, la lécithine de colza semble engendrer des effets bénéfiques spécifiques sur le microbiote intestinal, en favorisant une plus grande diversité de bactéries. L'augmentation de bactéries intestinales réputées bénéfiques observée chez les animaux ayant consommé de la lécithine de colza était même associée à la présence de molécules lipidiques typiques des lécithines dans les fèces, ce qui suggère un rôle direct de la lécithine de colza sur le microbiote intestinal qu'il conviendra de confirmer par des études chez l'humain.

Ces données soulignent ainsi un potentiel intéressant de valorisation nutritionnelle de la lécithine de colza, comme substitut prometteur aux émulsifiants synthétiques, dont les effets santé demeurent néanmoins à être validés chez l'Homme.



↑ Diversité du microbiote intestinal

Emulsifiants et stabilisants largement utilisés par l'industrie agro-alimentaire, les lécithines sont des mélanges complexes de lipides composés à plus de 50 % de phospholipides. Leur marché est actuellement en plein essor. Les lécithines végétales représentent en effet l'émulsifiant naturel le plus répandu de notre alimentation et à ce titre, peuvent constituer une alternative avantageuse à certains additifs semi-synthétiques pouvant altérer notre microbiote

*Visuel créé par Marie-Caroline Michalski sur Biorender.com



CONTACT > marie-caroline.michalski@inrae.fr
 Référence > <https://doi.org/10.1016/j.jff.2023.105540>
 Partenaires > CARMEN · ITERG · UMT BALI · MICALIS · LBM



➤ Cibler le microbiote intestinal pour réduire le risque de DMLA

La dégénérescence maculaire liée à l'âge (DMLA) est la première cause de malvoyance dans les pays industrialisés chez les personnes âgées de plus de 50 ans. Plusieurs études chez l'Homme indiquent qu'une alimentation riche en acides gras oméga-3 serait protectrice vis-à-vis de l'apparition et de la progression de la DMLA. Des chercheurs viennent de montrer que modifier le microbiote intestinal par le prisme de l'alimentation pourrait être une stratégie efficace pour augmenter la teneur des acides gras oméga-3 dans la rétine, et ainsi réduire le risque de la DMLA.

▲ La dégénérescence maculaire liée à l'âge (DMLA) est une maladie chronique qui affecte la zone centrale de la rétine, appelée « macula », entraînant une perte progressive et irréversible de la vision. Alors qu'il est estimé qu'environ 288 millions de personnes seront affectées par cette maladie dans le monde d'ici 2040, les traitements actuels pour la DMLA permettent uniquement de ralentir sa progression, et seulement pour certaines formes de la pathologie. De ce fait, les recherches se concentrent sur des stratégies préventives pour lesquelles la nutrition est centrale. En particulier, de nombreuses études de cohortes montrent un rôle protecteur de la consommation alimentaire d'acides gras

oméga-3 vis-à-vis de l'apparition et de la progression de la DMLA. Cependant, les stratégies nutritionnelles actuelles visant à augmenter la teneur en acides gras oméga-3 dans la rétine, ne sont pas optimales puisqu'une fraction seulement des acides gras oméga-3 apportés par l'alimentation est incorporée dans la rétine. De plus, elles font principalement appel à des ressources halieutiques et questionnent ainsi sur leur impact en termes de développement durable et de préservation des ressources aquatiques. Ainsi, identifier de nouveaux leviers pour enrichir efficacement la rétine en acides gras oméga-3 constitue un enjeu de santé public majeur. Parce qu'un nombre croissant d'études suggère l'existence d'un axe microbiote intestinal-rétine et qu'il est admis que la flore intestinale peut influencer le métabolisme lipidique de l'hôte, des chercheurs ont évalué la capacité de stratégies ciblant le microbiote intestinal à moduler les lipides de la rétine.

Les scientifiques se sont intéressés à deux stratégies, agissant sur le microbiote intestinal et décrites pour apporter des bénéfices santé : une supplémentation en probiotiques (*Lactobacillus casei*) et un jeûne intermittent (accès quotidien à la nourriture mais sur seulement deux créneaux horaires limités dans le temps). Ils ont montré chez la souris que ces deux interventions alimentaires étaient chacune associées à des modifications de la composition en acides gras de la rétine, et que leur combinaison potentialisait ces effets jusqu'à modifier l'abondance relative de plus des 2/3 des espèces d'acides gras rétinien. En particulier, les rétines des souris supplémentées en probiotiques et suivant un jeûne intermittent présentaient une teneur doublée en acide docosahexaénoïque ou DHA, l'acide gras oméga-3 quantitativement majoritaire dans la rétine. A titre comparatif, ce niveau d'enrichissement de la rétine en DHA est bien plus élevé que celui rapporté dans des conditions de supplémentation alimentaire à long terme. Il pourrait être le résultat d'une stimulation endogène de la biosynthèse de cet acide gras par des métabolites issus du microbiote intestinal.

De nouvelles études sont maintenant nécessaires pour, d'une part identifier les mécanismes moléculaires impliqués dans le dialogue entre le microbiote intestinal et le métabolisme de l'hôte conduisant à la modification du contenu rétinien en lipides et, d'autre part, évaluer l'efficacité de telles stratégies ciblant le microbiote intestinal pour protéger la rétine en conditions physiopathologiques comme celles observées dans la DMLA.

« Un jeûne intermittent associé à une supplémentation en probiotiques permet de doubler la teneur rétinienne en DHA, un acide gras oméga-3 protecteur. »



CONTACT > marie-agnes.bringer@inrae.fr
Référence > <https://doi.org/10.14336/ad.2023.0324>
Partenaires > : CSGA · Université de Bourgogne · MICALIS



➤ L'alimentation influence le développement de l'axe microbiote-intestin-cerveau chez le nourrisson

Un impact physiologique différent entre lait humain et préparations pour nourrisson est démontré sans que les mécanismes d'actions, en particulier sur le rôle de l'axe microbiote-intestin-cerveau, ne soient réellement connus. L'objectif de ce projet était de préciser le rôle du lait humain, comparé à une préparation pour nourrisson, chez le mini-porcelet Yucatan utilisé comme modèle du nourrisson.

▲ Malgré les recommandations d'allaitement jusqu'à 6 mois de vie, une majorité des bébés reçoivent des préparations pour nourrissons qui diffèrent du lait humain, notamment par leur profil protéique et leur aminogramme, ainsi que par l'absence de composés bioactifs spécifiques du lait humain et résistants à la digestion. Les besoins du nourrisson en acides aminés étant établis à partir de la composition du lait humain, il est important de connaître la biodisponibilité de ses composants protéiques pour les estimer au mieux et évaluer, par comparaison, la qualité nutritionnelle des protéines des préparations pour nourrissons.

L'objectif de ce projet était donc de quantifier précisément les besoins du nourrisson via l'analyse de la teneur et de la biodisponibilité des acides aminés et de l'azote du lait humain et de préciser le rôle de cet aliment sur le développement de l'axe microbiote-intestin-cerveau chez le nourrisson. Les scientifiques ont ainsi montré que la digestibilité iléale vraie, estimatrice de la biodisponibilité, des acides aminés du lait humain et de la préparation pour nourrissons, mesurée chez le mini-porcelet, était très bonne. La digestibilité iléale de l'azote total était plus faible pour l'aliment maternel du fait de la forte teneur en azote non protéique qui pourrait être métabolisé par le microbiote. L'axe microbiote-intestin-cerveau, et notamment la composition du microbiote, ainsi que le métabolisme du tryptophane, était modulé différemment selon le type d'aliment. L'augmentation de la perméabilité intestinale, bien que modérée, était associée à un renforcement du système immunitaire muco-sal avec le lait maternel résultant de changements fonctionnels aux niveaux hypothalamique et striatal, et de profils métaboliques au niveau hippocampique. Certains composants présents dans le lait et absents de la préparation pour nourrisson, ainsi que l'impact des procédés technologiques sur la qualité de la fraction protéique des préparations pour nourrisson, peuvent expliquer ces résultats.

En conclusion, le profil et la qualité des protéines diffèrent entre les deux types d'aliment, avec notamment une dénaturation importante des protéines dans les préparations pour nourrisson, expliquant un impact différencié sur l'axe microbiote-intestin-cerveau. Ces résultats mettent en exergue l'intérêt majeur de poursuivre l'optimisation des préparations pour nourrissons, avec une meilleure prise en compte de la fraction protéique, pour mimer au mieux le lait maternel.



CONTACT > isabelle.luron@inrae.fr
amelie.deglair@institut-agro.fr
didier.dupont@inrae.fr
Référence > <https://dx.doi.org/10.3389/fnut.2022.976042>
<https://doi.org/10.1016/j.tjnut.2023.02.025>
Partenaires > NUMECAN · STLO · CHU de Rennes · RIDDET Institute

➤ Comment les bactéries du microbiote transforment des peptides en antibiotiques

L'émergence de bactéries multi-résistantes aux antibiotiques est un problème sociétal majeur. Néanmoins, les bactéries du microbiote et de l'environnement peuvent nous aider à développer des solutions innovantes pour faire face à ce problème. Des chercheurs ont pu appréhender comment une enzyme transforme un peptide en antibiotique.

Une nouvelle famille d'antibiotiques, les épipeptides, a été découverte et brevetée en 2017 par les chercheurs de l'unité MICALIS. Les épipeptides sont des molécules composées d'acides aminés présentant des épimérisations, c'est-à-dire des changements de configuration. La formation de ces épimérisations, essentielles pour l'activité antibiotique des épipeptides, est encore mal comprise.

Pour la première fois, les chercheurs ont pu voir comment une enzyme du microbiote forme ces épimérisations et ainsi transforme un peptide en un antibiotique. En combinant des approches avancées de biochimie, de spectroscopie, de spectrométrie de masse et de biologie structurale, les scientifiques ont obtenu différentes structures de l'enzyme au cours de la catalyse, c'est-à-dire lors de la réaction d'épimérisation, et ont ainsi pu reconstituer le film de la réaction biochimique et ainsi mieux comprendre comment les enzymes fonctionnent.

Ces travaux ouvrent des perspectives inédites pour la biosynthèse de nouveaux antibiotiques et éclairent sur le fonctionnement des enzymes du microbiote, notamment leur capacité à catalyser des réactions sans précédent.



CONTACT > alhosna.benjdia@inrae.fr
olivier.berteau@inrae.fr

Référence > <https://doi.org/10.1038/s41589-023-01493-1>

Partenaires > : MICALIS · CNRS synchrotron SOLEIL · Université Paris-Saclay

➤ Les organoïdes intestinaux, un outil de choix pour évaluer comment le microbiote des premiers jours de vie programme les cellules souches intestinales dans le modèle porcelet.

De nombreux travaux, cliniques et précliniques, ont montré l'importance des 1000 premiers jours de vie pour la construction de la santé du futur adulte. Comprendre comment la colonisation bactérienne influe la maturation et la programmation de l'intestin au début de la vie permettrait de proposer des stratégies nutritionnelles de prévention de plusieurs pathologies inflammatoires ou métaboliques.

Pour comprendre les mécanismes en jeu, les chercheurs ont utilisé des organoïdes, qui sont des structures multicellulaires en 3D dérivées de cellules souches spécifiques d'un organe capables d'auto-organisation et d'auto-renouvellement et qui possèdent des fonctions similaires au tissu d'origine.

A l'aide d'organoïdes intestinaux issus de cellules souches coliques de porcelets dont la primocolonisation était perturbée expérimentalement, les chercheurs ont pu montrer que certaines des altérations des défenses innées de l'épithélium colique induites par cette perturbation de la primocolonisation étaient retrouvées après plusieurs cultures successives de cellules souches, en l'absence de tout stimulus bactérien.

Ces résultats indiquent que la primocolonisation induit une empreinte précoce, probablement épigénétique, des cellules souches du côlon des porcelets, pouvant avoir des conséquences ultérieures en matière de défenses intestinales. L'utilisation d'organoïdes issus de porcelets tout juste nés, dont les cellules souches coliques n'avaient jamais été exposées à des bactéries, a permis d'affiner certains mécanismes.

Ces travaux soulignent l'intérêt des modèles organoïdes pour avancer dans la compréhension des mécanismes de programmation, notamment par le microbiote.



CONTACT > gaelle.boudry@inrae.fr

Référence > <https://doi.org/10.1096/fj.202301182R>

<https://doi.org/10.3791/64917>

Partenaires > : NUMECAN · GenPhyse



➤ Comment le sucre affecte le cerveau et nos émotions

Lorsque nous mangeons, notre cerveau est en ébullition. Si l'on connaît depuis longtemps les conséquences de l'alimentation sur notre santé physique, l'impact sur notre cerveau et notre santé mentale l'est moins. Des chercheurs ont montré que les sucres peuvent agir directement sur le cerveau pour moduler des comportements comme les émotions.

Comment les sucres affectent le cerveau ? Plus précisément, quels effets ont-ils sur les réseaux neuronaux et le contrôle des émotions ? Pour répondre à ces questions, les chercheurs ont mesuré plus spécifiquement l'effet de l'insuline sur le cerveau, une hormone produite lorsque l'on consomme des sucres et qui agit sur divers organes dont le cerveau. L'étude plus particulière des émotions était justifiée par le fait que des patients atteints de diabète présentant des défauts de la régulation insulinaire voient une prévalence de la dépression et des troubles émotionnels accrue.

Grace à une combinaison d'approches allant de la mesure de l'activité électrophysiologique de neurones à l'étude du comportement émotionnel, les chercheurs ont pu obtenir une compréhension globale des effets de cette hormone sur le cerveau et le comportement émotionnel.

Les scientifiques ont démontré que l'insuline module directement l'activité électrique des neurones sérotoninergiques du cerveau. Ces neurones qui libèrent la sérotonine, ou hormone de la « bonne humeur », sont la cible principale des antidépresseurs. Les chercheurs ont également révélé que, dans un modèle murin, l'action de l'insuline sur les neurones à sérotonine diminue les comportements de type anxieux des animaux et améliore la réponse aux antidépresseurs. De plus, l'insuline n'est plus capable de moduler l'activité de ces neurones et de diminuer l'état anxieux d'animaux alimentés par une alimentation hypercalorique riche en gras et en sucre et présentant des symptômes associés au diabète.

Ces travaux ouvrent notamment la voie à l'amélioration de la prise en charge des patients diabétiques qui présentent des défauts d'action de l'insuline. Au-delà de ces perspectives appliquées, c'est un pas supplémentaire dans la compréhension des effets des sucres sur le cerveau. Les résultats soulignent les effets bénéfiques de la consommation de sucre sur le cerveau mais démontrent également qu'une mauvaise hygiène alimentaire à base de produits gras et sucrés induit des troubles métaboliques, ce qui affecte le cerveau, impacte l'action de l'insuline et les émotions.



CONTACT > xavier.foramonti@inrae.fr

Référence > <https://doi.org/10.1038/s41380-022-01812-3>

Partenaires > : NUTRINEURO · CRCA · Food4BrainHealth



► Pourquoi certains lipides sont bons pour le cerveau

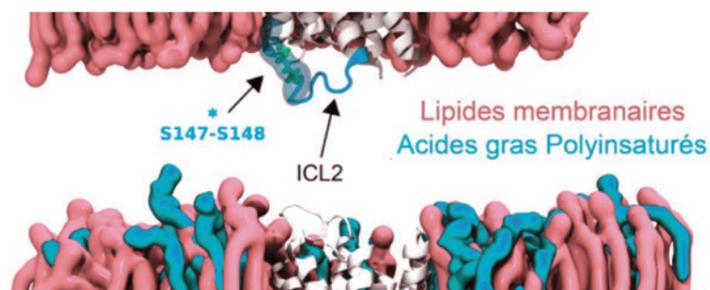
De plus en plus de preuves soutiennent une relation entre le métabolisme des acides gras polyinsaturés (AGPI) comme les omégas 3 et la santé mentale. En particulier, une diminution des taux d'omégas 3 a été décrite dans plusieurs troubles psychiatriques. Des scientifiques élucident le rôle clé que jouent les AGPI sur un des récepteurs de la dopamine, cible privilégiée de plusieurs traitements pharmacologiques.

Les membranes cellulaires ne sont pas des bicouches homogènes de lipides, mais plutôt composées de différentes espèces lipidiques qui modulent notamment la localisation et l'interaction des protéines au sein de la cellule et donc leurs fonctions. Les études sur le rôle de cette complexité membranaire, et en particulier l'hétérogénéité de lipides entre différents tissus, cellules et compartiments sous-cellulaires, sur la signalisation cellulaire et la physiologie commencent seulement à émerger. En particulier, l'impact de la composition lipidique membranaire a longtemps été négligé dans l'investigation des fonctions neuronales, alors que le cerveau est le deuxième organe contenant le plus de lipides après le tissu adipeux. Des découvertes récentes mettent en évidence une association directe entre les niveaux d'acides gras polyinsaturés (AGPI) dans le cerveau et la transmission du signal lié à la dopamine, un neurotransmetteur majeur impliqué dans de nombreux symptômes psychiatriques. Cependant, les mécanismes intimes de cette relation sont inconnus.

Dans une étude alliant des expérimentations in vivo et des analyses à l'échelle moléculaire et

atomique, les chercheurs ont étudié l'impact de la composition membranaire en AGPI sur l'activité du récepteur de la dopamine de type D2 (D2R). Ils démontrent que l'enrichissement membranaire en acide docosahexaénoïque (DHA) – l'oméga 3 le plus abondant dans le cerveau – favorise la liaison de la dopamine au D2R, mais également de ligands exogènes dont certains antipsychotiques. Le DHA agit donc comme un modulateur de l'activité du D2R. Les simulations en dynamique moléculaire confirment que le DHA membranaire a une forte préférence pour le D2R et que sa présence impacte sélectivement la dynamique conformationnelle du récepteur autour de sa deuxième boucle intracellulaire, élément clé dans l'activation des voies de signalisation qui utilisent la β -arrestine. Par ailleurs, les résultats de cette étude montrent que l'enrichissement de la membrane en AGPI ne favorise pas la voie de signalisation classique qui implique la protéine G mais spécifiquement celle qui utilise la β -arrestine. Cette voie de signalisation est suspectée d'être particulièrement importante pour les effets bénéfiques des molécules antipsychotiques de nouvelle génération. Et, en effet, le déficit en DHA in vivo chez la souris atténue les effets comportementaux d'une de ces molécules, l'aripiprazole.

Ces résultats mettent en évidence l'importance de l'insaturation des lipides membranaires pour l'activité du D2R et proposent un mécanisme par lequel les AGPI pourraient améliorer l'efficacité de certains antipsychotiques.



CONTACT > pierre.trifilieff@inrae.fr
 Référence > <https://doi.org/10.1038/s41380-022-01928-6>
 Partenaires > : NUTRINEURO · CNRS



► La carence en vitamine A chez l'adulte altère la physiologie du cerveau

La vitamine A est connue pour empêcher le déclin cognitif et mnésique. Une étude démontre qu'une carence en vitamine A, appliquée chez le rat adulte, perturbe la physiologie du cerveau et induit des altérations comportementales.

L'alimentation est un facteur environnemental déterminant dans les trajectoires de vieillissement de la population générale. Parmi les micronutriments, la vitamine A a été montrée comme particulièrement importante pour empêcher le déclin cognitif et mnésique. Cependant, le vieillissement cérébral comprend aussi des altérations de la sphère motrice et notamment la capacité à exécuter avec aisance les comportements dirigés vers un but. Le striatum est une structure cérébrale clé dans le contrôle du mouvement volontaire très abondante en récepteurs aux rétinoïdes dont la vitamine A est précurseur.

Peu de travaux avaient jusqu'alors ciblé l'impact d'une carence en vitamine A chez l'adulte sur la physiologie de cette structure cérébrale, les conséquences comportementales et les mécanismes sous-jacents. Dans cette étude préclinique les chercheurs ont comparé des rats recevant à l'âge adulte une nourriture équilibrée ou carencée en vitamine A pendant 6 mois. Les sujets carencés expriment une baisse importante de vitamine A (sous la forme de rétinol) plasmatique et hépatique, qui se répercute, au niveau du striatum, par une diminution conséquente des acteurs principaux du métabolisme et de la signalisation rétinoïde.

Cette altération de signalisation rétinoïde perturbe l'équilibre de certains neuromodulateurs au sein du striatum, occasionnant un dysfonctionnement de cette structure cérébrale. La carence en vitamine A induit une baisse significative des performances motrices des sujets dans une tâche complexe d'apprentissage moteur. A l'inverse, la supplémentation en vitamine A de sujets carencés permet de rétablir partiellement leur métabolisme et leurs performances comportementales.

Cette étude révèle l'importance d'un apport suffisant en vitamine A tout au long de la vie. De plus, ces résultats ouvrent la voie à des investigations chez l'Homme qui viseraient à mesurer le rôle de l'apport en vitamine A dans le maintien des habiletés motrices chez les personnes âgées. Ces résultats pourront également contribuer à l'élaboration de nouvelles allégations nutritionnelles, pour favoriser le vieillissement cérébral en bonne santé et donc améliorer la qualité de vie.



CONTACT > clementine.bosch-bouju@inrae.fr
 Référence > <https://doi.org/10.1096/fj.202300133R>
 Partenaires > : NUTRINEURO · Université de Bordeaux · INP · CNRS
 CHU de Bordeaux



➤ La consommation d'extraits de safran réduit l'impact négatif de l'inflammation sur le fonctionnement cérébral et la santé mentale

Dans un contexte d'augmentation de l'incidence de la dépression et des maladies inflammatoires à comorbidités psychiatriques et de non réponse de nombreux patients aux antidépresseurs conventionnels, les chercheurs ont exploré les modalités d'actions d'interventions nutritionnelles basées sur l'apport d'extraits végétaux.

Les nombreuses études menées pour comprendre la relation complexe entre l'immunité innée et le cerveau ont souligné la dualité de l'impact de l'inflammation sur la fonction cérébrale. En effet, si l'inflammation joue initialement un rôle protecteur en aidant l'organisme à contrôler l'infection, son activation peut devenir délétère dès lors qu'elle se prolonge de façon chronique et incontrôlée. Cette dérégulation contribue alors à l'apparition de symptômes dépressifs et favorise la production de dérivés neurotoxiques. Identifier des stratégies pour contrer sélectivement les effets néfastes de la neuroinflammation constitue donc un enjeu majeur de santé publique, d'autant que l'incidence de la dépression et des maladies inflammatoires à comorbidités psychiatriques atteint des niveaux toujours plus alarmants et que de nombreux patients ne répondent pas aux antidépresseurs conventionnels.

Dans ce contexte, des approches nutritionnelles innovantes sont recherchées, comme alternatives

aux approches pharmacologiques. Le safran répondait aux critères recherchés, des études précliniques antérieures ayant montré une réduction des comportements dépressifs induits par le stress et une modulation de l'activité de certains processus physiopathologiques de la dépression, après consommation d'un extrait de safran. Sur la base de ces résultats, les chercheurs ont émis l'hypothèse qu'une supplémentation pourrait prévenir les altérations neurobiologiques induites par l'inflammation et ainsi réduire les atteintes neuropsychiatriques associées.

Pour tester cette hypothèse, les scientifiques ont administré à des souris un extrait de safran avant d'induire une inflammation mimant un état pathologique par injection de lipopolysaccharide, composant de la paroi des bactéries à Gram négatif. Le prétraitement à l'extrait de safran n'a pas bloqué l'induction des changements de comportement (communément regroupés sous le terme de « comportement de maladie »), qui permettent à l'organisme de se défendre efficacement en cas d'infection. En revanche, ce prétraitement a permis de neutraliser les effets délétères de l'inflammation sur les processus neurobiologiques centraux qui sous-tendent l'apparition des symptômes dépressifs, en particulier l'activation de la voie de la kynurénine et l'altération de la neurotransmission monoaminergique.

Ce travail confirme donc l'impact bénéfique de l'extrait de safran sur la santé mentale et fournit d'importantes informations sur son mode d'action au niveau cérébral. Ces données ouvrent des perspectives thérapeutiques très prometteuses dans le domaine des maladies inflammatoires à comorbidités neuropsychiatriques, y compris celles liées à des déséquilibres nutritionnels. Des études cliniques ont été initiées pour, à terme, contribuer à améliorer la prise en charge de ces symptômes.



CONTACT > nathalie.castanon@inrae.fr
 Référence > <https://dx.doi.org/10.3389/fnut.2023.1267839>
 Partenaires > : NUTRINEURO · Activ'inside



➤ Des circuits de l'axe intestin-nerf vague-cerveau distincts, permettant le renforcement positif pour le gras et le sucre, se combinent pour favoriser la suralimentation

La nourriture elle-même est un puissant régulateur naturel de nos décisions alimentaires. Des chercheurs français et américains apportent un nouvel éclairage sur les circuits sensoriels complexes qui interviennent dans les comportements de motivation face aux aliments gras et sucrés. Leurs travaux suggèrent qu'une consommation conjointe d'aliments gras et salés, du fait de circuits neuronaux distincts potentiellement additifs, peut inciter à consommer plus, entravant ainsi les efforts conscients pour suivre un régime.

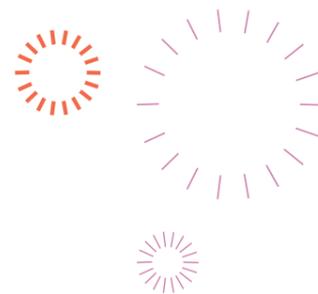
Même s'il est admis que le nerf vague transmet les signaux sensoriels internes de l'intestin au cerveau, informant sur la valeur nutritionnelle des aliments consommés, les bases cellulaires et moléculaires de la réponse du circuit de récompense spécifique aux macronutriments sont mal comprises. Les chercheurs ont voulu savoir si les mécanismes de détection des graisses et des sucres par le nerf vague sont dissociés et quelles en sont les conséquences au niveau du circuit de la récompense.

A l'aide de l'imagerie, les scientifiques ont examiné in vivo les mécanismes cellulaires liés aux réponses post-ingestives des graisses et des sucres et ont montré que le gras et le sucre activent des sous-groupes spatialement distincts de neurones du nerf vague.

La stimulation spécifique de ces fibres a permis d'évaluer le rôle de chaque voie sensorielle dans le comportement de motivation. Ainsi, la détection post-ingestive séparée des graisses et des sucres génère une libération de dopamine dans le striatum, à l'origine d'une récompense spécifique à chaque macronutriments. Fait notable, l'activation combinée de ces deux circuits, dans le cadre d'une ingestion extemporanée d'aliments gras et sucrés exerce un effet additif avéré par une consommation induite bien supérieure, même à apports caloriques équivalents.

Ces travaux apportent un nouvel éclairage sur les circuits sensoriels complexes qui interviennent dans les comportements de motivation face aux aliments gras et sucrés. Ils rappellent l'existence d'interactions entre les nutriments et mettent en exergue l'existence d'effets physiologiques complexes pouvant annihiler les efforts conscients pour suivre un régime.

Cette découverte ouvre de nouvelles perspectives pour comprendre les mécanismes sous-jacents à la suralimentation et à l'obésité.



CONTACT > vincent.paille@univ-nantes.fr
 Référence > <https://doi.org/10.1016/j.cmet.2023.12.014>
 Partenaires > : PHAN · Monell Chemical Senses Center · University of Pennsylvania



> Qualité nutritionnelle des protéines des fèves consommées sous formes de graines

Les légumineuses sont des sources alimentaires d'intérêt majeur dans la perspective d'opérer des transitions protéiques dans les populations humaines. Les chercheurs ont évalué la qualité nutritionnelle de fèves cultivées dans deux régions différentes du monde et ont montré que ces aliments ont une bonne capacité à compléter les céréales.

Les légumineuses sont considérées comme parmi les sources de protéines les plus pertinentes pour la réalisation des transitions protéiques dans l'alimentation humaine. En dehors de leur intérêt agro-écologique, de leurs utilisations culinaires traditionnelles dans la majorité des populations et de leur contribution aux régimes favorables à la santé, leur richesse en protéines et le profil relativement équilibré en acides aminés de certaines espèces en font des aliments de choix. Parmi les légumineuses, les fèves ont l'avantage majeur d'être cultivées à différentes latitudes et sous des climats variés. Bien que bénéficiant d'un intérêt croissant du secteur agroalimentaire, leur qualité protéique n'a pas été évaluée chez l'Homme jusqu'à présent.

Les chercheurs ont conduit deux études distinctes chez l'Homme. La première réalisée au Maroc à Rabat impliquait 5 volontaires sains. Elle a consisté à mesurer la digestibilité des acides aminés indispensables d'une variété de fèves

marocaines, en utilisant la méthode peu invasive du double traceur (double marquage avec des isotopes stables). La deuxième, conduite au CRNH Ile de France chez 9 volontaires sains munis de sondes intestinales, a consisté à mesurer la digestibilité iléale des acides aminés d'une variété finlandaise, l'équilibre entre acides aminés indispensables et la rétention postprandiale de l'azote alimentaire.

Dans l'étude marocaine, la digestibilité des acides aminés indispensables s'est avérée faible, entre 61% et 68% selon les acides aminés, mais seulement 44% pour la thréonine. Compte tenu de la composition de la protéine, plusieurs acides aminés étaient limitants, et tout particulièrement la thréonine et les acides aminés soufrés qui étaient de 67% et 47% respectivement inférieurs à la valeur de référence.

Dans l'étude avec les fèves finlandaises, la digestibilité des acides aminés indispensables était nettement supérieure, entre 85% et 92% selon les acides aminés. Cependant, en raison de la composition de la protéine, trois acides aminés étaient limitants : les acides aminés soufrés (75%), l'histidine et le tryptophane (66%). En revanche, la lysine était excédentaire (120%). La rétention postprandiale de l'azote alimentaire (un critère de qualité nutritionnelle) évaluée 8h après le repas était de 65%, une valeur proche de celle obtenue pour le blé.

La qualité nutritionnelle des protéines de fèves, lorsqu'elles sont non transformées, s'avère modeste à correcte, selon les variétés et probablement selon la méthode d'évaluation utilisée (double traceur ou bilan iléal). Cependant, dans les deux études, la lysine n'est pas limitante voire excédentaire, ce qui confère malgré tout aux fèves une bonne capacité à compléter les céréales.



CONTACT > claire.gaudichon@agroparistech.fr
 Référence > <https://doi.org/10.1016/j.tjnut.2022.11.015>
 Partenaires > : PNCA · Université Tofail · Université d'Helsinki



> Une nouvelle piste pour maintenir la masse et la fonction musculaires des personnes âgées

Une faible masse ou force musculaire squelettique est un facteur prédictif de morbidité et de mortalité. Aussi le maintien de la masse et de la fonction musculaires est-il crucial pour optimiser la qualité de vie des personnes âgées.

Le système musculo-squelettique est particulièrement affecté par le vieillissement qui se traduit par une diminution de la masse et la fonction musculaires, appelée sarcopénie. L'avancée en âge est fréquemment associée à une réduction du niveau d'activité physique qui, combinée à des apports nutritionnels élevés, favorise le développement de l'obésité et d'un état clinique appelé "obésité sarcopénique".

Le système endocannabinoïde, un système moléculaire majeur responsable de l'homéostasie énergétique de l'organisme, est suractivé au cours de l'obésité, et des travaux récents l'impliquent également dans le contrôle du développement musculaire et le maintien de la fonction locomotrice chez des souris sarcopéniques ou atteintes de dystrophie. Les objectifs de cette étude étaient de documenter les adaptations métaboliques des tissus périphériques après inhibition du système endocannabinoïde et de déterminer si cette modification était capable d'améliorer la fonction musculaire dans un modèle de souris âgées obèses.

Les chercheurs ont observé que l'inhibition du système endocannabinoïde réduisait l'obésité induite par un régime riche en graisses en modulant le métabolisme des tissus périphériques. En particulier, elle engendre une augmentation de l'expression de gènes impliqués dans la β -oxydation et la lipolyse dans le foie, mais pas au niveau musculaire, et un brunissement du tissu adipeux. Ce traitement, n'a pas eu d'impact sur la masse musculaire, mais a permis une restauration de la coordination motrice et de la force musculaire.

Ces résultats démontrent que l'inhibition du système endocannabinoïde induit des changements métaboliques dans le foie et le tissu adipeux associés à une réduction de l'obésité, ainsi qu'une amélioration de la coordination motrice et la force musculaire chez les souris âgées, sans affecter la masse musculaire squelettique. Cibler le système endocannabinoïde au cours du vieillissement pourrait être une stratégie pertinente pour maintenir la masse et la fonction musculaires chez les personnes âgées.



CONTACT > olivier.le-bacquer@inrae.fr
 Référence > <https://doi.org/10.1152/ajpendo.00258.2022>
 Partenaires > : UNH · I2MC



> Déficience en vitamine D et performances sportives

La déficience en vitamine D est associée à une baisse des performances chez les sportifs. L'incidence de la déficience en vitamine est très importante dans cette classe de la population, particulièrement en hiver. Des chercheurs ont montré, dans un modèle animal d'entraînement excessif, une perte de force et une atrophie musculaire lors d'une carence en vitamine D.

Le syndrome de surentraînement résulte d'une charge d'entraînement excessive associée à une récupération inadéquate provoquant une diminution des performances sportives et une augmentation de la fatigue. Le but de l'étude était de mesurer l'impact d'une carence en vitamine D sur la fonction musculaire et l'inflammation dans un modèle d'entraînement excessif.

Des souris C57BL/6 de 66 semaines dont le régime a été déplété ou non en vitamine D ont suivi un programme d'entraînement de 16 semaines soit à dominante concentrique (course en montée) soit à dominante excentrique (course en descente). Une perte de force d'agrippement a été observée tout au long des 2 types d'entraînement. Cette perte de force était majorée chez les souris carencées en vitamine D et soumises à l'entraînement à dominante excentrique. L'équilibre des souris a diminué dans les groupes carencés en vitamine D. Les capacités exploratoires étaient plus faibles chez les souris carencées en vitamine D.

Le rapport des populations lymphocytaires Th1/Th2 a été augmenté d'environ 40% par l'entraînement excentrique combiné à la carence en vitamine D témoignant d'un effet pro-inflammatoire. La masse du triceps brachii et du plantaris était significativement diminuée respectivement par l'entraînement excentrique et la carence en vitamine D. La mesure de la protéosynthèse dans les 2 muscles a été diminuée par 2 par la carence en vitamine D.

En conclusion, un entraînement excessif à dominante excentrique combinée à une déplétion en vitamine D provoque une diminution des capacités physiques et une atrophie du triceps brachii. Cette étude devra être complétée par une étude clinique en double aveugle sur un groupe de sportifs supplémenté en vitamine D ou recevant un placebo pendant une phase hivernale qui permettra de comparer leur performance après cette période.

« La déficience en vitamine D (surtout l'hiver) doit être corrigée chez le sportif afin de maintenir ses performances physiques. »



CONTACT > jeremie.talvas@uca.fr
Référence > <https://doi.org/10.1111/sms.14449>
Partenaires > : UNH

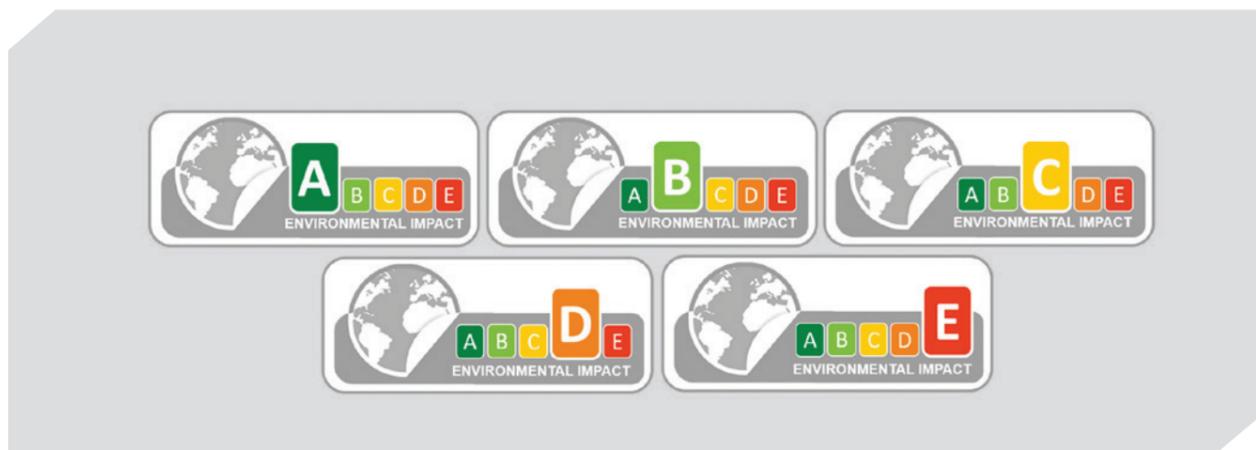


Comprendre et agir sur les comportements et les choix alimentaires

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.



> Vers des choix alimentaires plus durables grâce à l'affichage environnemental ?

L'affichage environnemental dans le secteur alimentaire est une stratégie actuellement considérée par les pouvoirs publics pour réduire l'impact sur l'environnement des régimes alimentaires. Néanmoins, les faiblesses méthodologiques des études scientifiques disponibles soulignent la nécessité de conduire des essais contrôlés randomisés dans des environnements de choix réalistes pour venir en appui de la décision publique. Ainsi, les chercheurs ont développé un environnement immersif virtuel recréant un supermarché pour reproduire une situation proche de la vie réelle. Ils ont testé l'effet d'un affichage environnemental sur les choix alimentaires et sur la capacité des individus à identifier les aliments de moindre impact environnemental.

Cent trente deux participants ont été répartis aléatoirement dans deux conditions expérimentales, avec ou sans affichage environnemental, et ont choisi des aliments dans un supermarché virtuel pour composer des repas selon deux scénarios : « choix pour tous les jours » et « choix bons pour la planète ».

Dans la situation avec affichage environnemental, le score environnemental était affiché sur les différentes catégories de produits (légumes frais, poisson, viande, tartinables). Le score allait de A, faible impact, à E, fort impact. Le design du label a été adapté à partir de la charte graphique IMPACT ENVIRONNEMENTAL® de l'ADEME tout en respectant la recommandation d'utiliser un code couleur prescriptif.

Lorsque le label était affiché, 89% des participants ont déclaré avoir vu le label et 96% avoir compris qu'il indiquait l'impact environnemental des aliments. La comparaison du score environnemental des choix effectués avec et sans affichage a indiqué que la présence du label diminuait l'impact environnemental des choix effectués lorsque les participants étaient dans le scénario "choix pour tous les jours" et améliorait la capacité des individus à identifier les aliments ayant un plus faible impact sur l'environnement lors du scénario "choix bons pour la planète". En particulier, les chercheurs ont observé une évolution des choix vers plus de repas végétariens. Ces substitutions n'ont été faites ni au détriment de la qualité nutritionnelle, ni de l'appréciation des aliments choisis et n'ont pas entraîné de surcoût.

L'apposition d'un label environnemental sur la face avant des produits permettrait de réduire l'impact environnemental des choix alimentaires en entraînant des substitutions entre différentes catégories d'aliments, notamment des produits carnés vers des produits végétaux. Ces résultats concernent spécifiquement une offre d'aliments pour l'élaboration d'un plat principal. En effet, les produits carnés occupent une place centrale dans la constitution des plats principaux en France et ce groupe est aussi le plus impactant d'un point de vue environnemental. Il est donc pertinent de cibler les plats principaux pour diminuer significativement l'impact environnemental de l'alimentation.

Dans la présente étude, le label a été vu, compris et permettait de comparer l'ensemble des produits entre eux, ce qui en a probablement maximisé les effets. Ceci souligne l'importance de parvenir à un consensus sur un label facile à comprendre et de veiller à un déploiement coordonné afin que l'affichage environnemental puisse être une mesure réellement efficace.



CONTACT > lucile.marty@inrae.fr
Référence > <https://doi.org/10.1186/s12966-023-01410-8>
Partenaires > CSGA · GAEL · Strategir



> Mesurer les attitudes des consommateurs à l'égard des légumes secs et des céréales au moyen d'une tâche implicite

Les consommateurs éprouvent souvent des difficultés à adopter de nouvelles habitudes alimentaires, même lorsqu'ils sont convaincus de l'intérêt de changer. Ceci est particulièrement vrai lorsqu'on considère la consommation de légumes secs. De précédents travaux ont mis en évidence que, pour les consommateurs français, la viande est considérée comme l'élément central du repas, et que les légumes secs et les céréales sont plutôt des accompagnements de ce plat principal. On peut se demander pourquoi, en dépit des actions de communication sur leurs atouts nutritionnels et environnementaux, les légumes secs ne sont pas plus consommés par les consommateurs français.

Les perceptions des consommateurs, qu'elles soient positives ou négatives, façonnent leurs attitudes qui déterminent ensuite le comportement de consommation, ainsi que les préférences sensorielles personnelles et les préoccupations en matière de santé. Jusqu'à présent, les méthodologies utilisées (questionnaires, enquêtes) pour étudier les attitudes des consommateurs captent surtout les attitudes explicites et les préférences. Une étude a donc été spécifiquement conçue pour mesurer les attitudes implicites des individus à l'égard des légumes secs. Pour ce faire, une tâche de tri de caractéristiques appariées a été adaptée et utilisée. Cette tâche issue de la psychologie mesure la force des associations automatiques entre des images (de légumes secs ou de céréales) et des adjectifs (positifs ou négatifs). L'objectif de cette étude était de comparer les attitudes implicites des participants français non végétariens à l'égard des légumes secs et des céréales au moyen de la tâche de tri.

Les chercheurs ont montré que les participants ont des temps de réaction plus courts pour associer les légumes secs avec les adjectifs négatifs que pour associer les céréales avec des adjectifs négatifs. Au contraire, ils ont des temps de réaction plus courts pour associer les céréales avec des adjectifs positifs que pour associer les légumes secs avec des adjectifs positifs. Ces résultats révèlent des attitudes implicites plus négatives à l'égard des légumes secs qu'à l'égard des céréales.

Alors que les consommateurs déclarent avoir des attitudes positives envers les légumes secs, cette étude fournit une preuve de l'existence d'attitudes implicites négatives des consommateurs à l'égard des légumes secs, ce qui pourrait expliquer leur faible consommation. Changer les attitudes implicites peut s'avérer difficile car elles sont profondément ancrées et souvent non conscientes.

Pour modifier les attitudes implicites négatives à l'égard des légumineuses, il faudrait davantage familiariser les consommateurs français avec ces produits, par exemple en leur fournissant plus d'informations pratiques sur les légumes secs (des recettes), leurs atouts et leurs caractéristiques uniques. Il serait également intéressant de créer des interventions combinant à la fois des stratégies implicites et explicites et des informations permettant aux consommateurs d'associer les légumes secs à une valence positive. Ainsi, les attitudes positives nouvellement acquises pourraient se traduire par un changement d'intention et de comportement.



CONTACT > stephanie.chambaron@inrae.fr
Référence > <https://doi.org/10.3390/nu15112608>
Partenaires > CSGA · Terres Univia · Institut Agro Dijon



► Comment se développe la littératie alimentaire chez les enfants et les adolescents ?

L'enfance et l'adolescence, en tant que périodes clés pour établir les fondements des habitudes alimentaires, représentent une opportunité d'action importante pour contribuer à l'établissement de régimes alimentaires sains et durables. Les chercheurs ont exploré la littérature scientifique pour expliquer comment se développe la littératie alimentaire, c'est-à-dire l'ensemble des connaissances et compétences nécessaires pour favoriser une alimentation de qualité à tout âge.

▲ Dans le monde entier, les enfants et les adolescents ne consomment pas suffisamment d'aliments riches en micronutriments, tels que les fruits, les légumes, les légumineuses et les céréales complètes, mais à l'inverse, ils consomment une quantité excessive de produits ultra-marketés et ultra-transformés à forte densité énergétique et à forte teneur en sucre, en matières grasses et/ou en sodium. Cette situation s'écarte largement des objectifs scientifiques en matière d'alimentation saine et durable, caractérisée par une diversité d'aliments d'origine végétale, de faibles quantités de produits d'origine animale et d'aliments ultra-transformés.

Les habitudes alimentaires des enfants et des adolescents sont largement façonnées par leur interaction avec les processus et les conditions des systèmes alimentaires, de la production à la consommation. Ainsi, il convient d'équiper ceux-ci pour qu'ils soient en capacité de naviguer dans cet environnement complexe.

Les chercheurs expliquent comment la littératie alimentaire se développe chez les enfants et les adolescents et comment elle est liée à la capacité de faire des choix éclairés et critiques au sein d'un système alimentaire très complexe. Trois types de compétences caractérisent la littératie alimentaire : relationnelles,

fonctionnelles et critiques. Les compétences relationnelles font référence à une série de pratiques, de compétences culturelles et d'associations hédoniques et émotionnelles qui permettent aux enfants et aux adolescents de développer des habitudes alimentaires saines et durables en lien avec leur culture alimentaire. Les compétences fonctionnelles comprennent les connaissances de base en matière d'alimentation et de nutrition, ainsi que les compétences alimentaires liées à la planification, à la préparation des repas et à la gestion des aliments. Enfin, les compétences critiques comprennent les aptitudes cognitives nécessaires à l'analyse critique des informations et à la reconnaissance des aspects sociaux, économiques et environnementaux des systèmes alimentaires, ainsi qu'à l'utilisation des informations pour faire des choix éclairés. Cette revue de littérature détaille de manière critique le développement de ces compétences aux différentes étapes de l'enfance et de l'adolescence, et propose des pistes pour les politiques publiques en la matière dans différents contextes (au domicile, en structure d'accueil, en restauration scolaire...). Par exemple, les compétences relationnelles sont les premières à se former, sous l'effet des expériences alimentaires de l'enfant. Ainsi, dès la maternelle il est possible d'étayer les compétences relationnelles par exemple par des programmes d'éducation sensorielle ou de jardinage pédagogique, qui permettent d'augmenter la culture alimentaire de l'enfant. Les compétences fonctionnelles émergent avec le développement cognitif ; elles supposent un niveau d'abstraction plus important. Par exemple, les connaissances nutritionnelles ne pourront être développées qu'à partir de 7-8 ans, quand les enfants développent des capacités de raisonnements causaux. Les compétences critiques supposent un niveau de raisonnement hypothétique qui ne se développe qu'à partir de 12 ans. A partir de cet âge, les enfants peuvent être incités à développer des analyses critiques du système alimentaire et comprendre le fonctionnement des médias.

La mise en œuvre de stratégies visant à promouvoir la littératie alimentaire ne doit être considérée que comme une partie de l'ensemble des actions nécessaires pour parvenir à des habitudes alimentaires saines et durables chez les enfants et les adolescents. Des changements dans les chaînes d'approvisionnement alimentaire et les environnements alimentaires externes doivent être introduits pour mettre en place des systèmes alimentaires centrés sur l'enfant qui rendent les régimes alimentaires sains et durables disponibles, abordables, attrayants et ambitieux.



CONTACT > sophie.nicklaus@inrae.fr
Référence > <https://dx.doi.org/10.1093/nutrit/nuad072>
Partenaires > CSGA · Università de la Republica · Nofima · Wageningen University Research



► Quelles voies pour réduire le risque de diabète de type 2 aux Antilles ?

Les Antilles françaises étant confrontées à une transition nutritionnelle toujours en cours avec une augmentation de l'incidence et de la prévalence du diabète de type 2, les chercheurs ont cherché à évaluer l'effet de changements potentiels des consommations alimentaires sur ce risque chez les adultes.

▲ Comme l'ensemble des Caraïbes, les Antilles françaises sont confrontées à une transition nutritionnelle à un stade avancé, avec une augmentation de l'incidence et de la prévalence du diabète de type 2, qui ne semble pas achevée. Les chercheurs ont précédemment mis en évidence quatre profils alimentaires coexistants actuellement aux Antilles, reflétant différentes étapes de transition nutritionnelle : « sain », « traditionnel », « moderne » et « en transition ».

Le profil « en transition » comprend à la fois des consommations d'aliments traditionnels et d'aliments « modernes ». Il est adopté par 27 % de la population, principalement des individus d'âge moyen, qui vont probablement poursuivre

leur transition vers une alimentation plus mondialisée, moins saine (profil « moderne ») ou plus saine (profil « sain »), comme le prédit le cadre conceptuel de la transition nutritionnelle. Alternativement, ils peuvent évoluer vers un profil « traditionnel » de très bonne qualité nutritionnelle, si les politiques publiques en font la promotion.

À l'aide du modèle PRIME-Diabetes qui permet l'évaluation comparative des risques, les chercheurs ont évalué l'impact de plusieurs scénarios de changements alimentaires du profil « en transition » vers d'autres profils sur le risque de diabète de type 2 auprès d'un échantillon représentatif d'adultes antillais.

Un changement potentiel des consommations du profil « en transition » vers le profil « traditionnel » réduirait le risque de diabète de type 2 chez les femmes (-16 %) et chez les hommes (-14 %), tout comme le changement vers le profil « sain » (-23 % chez les femmes et -19 % chez les hommes). Ces réductions du risque sont principalement dues à l'augmentation de la consommation de céréales complètes, de fruits et de légumes à feuilles vertes, et à la diminution de la consommation de pommes de terre, de viandes rouges, de charcuteries et de boissons sucrées.

Le changement des consommations alimentaires vers le profil « moderne » maintiendrait à un niveau élevé les risques de diabète de type 2.

Pour freiner l'augmentation de la prévalence du diabète, une action de santé publique pourrait consister à cibler les adultes « en transition » pour les aider à adopter un régime alimentaire associé à un risque plus faible de diabète de type 2, comme celui constituant les profils sain ou traditionnel. Les régimes alimentaires traditionnels tels que les régimes méditerranéens ou nordiques ont été décrits comme protecteurs contre les maladies chroniques mais aussi moins impactants pour l'environnement s'ils sont intégrés dans le système alimentaire local. Ainsi le profil alimentaire traditionnel antillais constitue une option réaliste pour guider la transition nutritionnelle vers une alimentation plus saine et plus durable, s'il est soutenu par la mise en œuvre de politiques spécifiques.



Le passage d'une alimentation « en transition », dans laquelle co-existent des consommations traditionnelles et modernes, à une alimentation « traditionnelle » ou « saine » réduirait considérablement le risque de diabète de type 2 dans la population antillaise



CONTACT > caroline.mejean@inrae.fr
Référence > <https://dx.doi.org/10.1007/s00394-023-03144-6>
Partenaires > MOISA · PSAE



► Représentations alimentaires des enfants selon leur milieu social

L'alimentation des individus est influencée par des facteurs sociaux et culturels. Les goûts et les représentations alimentaires des enfants, principalement transmis par leurs parents, sont susceptibles de dépendre de leur milieu social. Comme il est connu que les stratégies d'alimentation et l'éducation alimentaire des parents diffèrent en fonction de leurs positions sociales, cette étude visait à examiner comment les représentations et les goûts alimentaires varient chez les enfants.

▲ Une étude sociologique qualitative, utilisant des entretiens semi-structurés, a été menée auprès de 40 enfants, âgés de 9 à 11 ans, issus de quatre écoles élémentaires françaises ; puis des entretiens collectifs ont ensuite été mis en place dans chaque classe, dans lesquelles étaient expérimentés des échanges construits à partir de matériaux issus des entretiens semi-directifs.

Les résultats ont montré que les enfants issus de milieux sociaux défavorisés mentionnent moins d'aliments, semblent avoir une alimentation moins variée, consomment moins de légumes et aiment davantage manger des aliments ultra-transformés que les autres. Les enfants issus de milieux sociaux favorisés semblent très préoccupés par les liens entre alimentation et santé, mentionnant préférer les aliments « faits maison » et « bio », avec des inquiétudes concernant les produits chimiques. Les disparités dans les habitudes alimentaires des enfants pourraient être théoriquement liées aux inégalités sociales observées et croissantes en matière de santé, si l'on tient compte des pratiques potentielles que ces habitudes impliquent et de leurs effets probables sur la santé.

Des recherches complémentaires pourraient porter sur la manière de construire des méthodes pédagogiques d'éducation alimentaire participatives qui s'adaptent à la réalité sociale des enfants, et donc à leurs différentes représentations de l'alimentation. Un moteur d'action serait de développer des outils pédagogiques d'éducation alimentaire qui intègrent des éléments de discours et des concepts que l'on retrouve dans les conversations des enfants.



CONTACT > louis.lebredonchel@unicaen.fr
anthony.fardet@inrae.fr

Référence > <https://doi.org/10.1080/14461242.2022.2148832>
 Partenaires > UNH · Université de Caen



► Mieux comprendre l'hyperphagie émotionnelle pour mieux la prévenir

Les modifications drastiques des conditions de vie des étudiants pendant le confinement et les fermetures universitaires ont induit une prévalence accrue des symptômes dépressifs et autres troubles mentaux chez les étudiants, ce qui a pu conduire certains d'entre eux à adopter des stratégies de réponse capables d'impacter négativement leur santé et leur bien-être à long terme. Les chercheurs ont voulu connaître l'évolution du comportement d'hyperphagie émotionnelle observé chez les étudiants et identifier les traits de comportement et de personnalité associés à l'expression de l'hyperphagie émotionnelle, afin de mieux orienter les actions de prévention et d'intervention corrective.

▲ L'hyperphagie émotionnelle se caractérise par la perte de contrôle des quantités d'aliments consommées en réponse à des émotions, le plus souvent négatives. Juste avant la crise COVID-19, les auteurs avaient mené une première étude transversale parmi les étudiants rennais démontrant que cinq étudiantes sur dix exprimaient un comportement d'hyperphagie émotionnelle intermittente, c'est-à-dire une perte transitoire de contrôle sur la quantité d'aliments consommés sous le coup d'émotions négatives (1 à 5 jours durant le mois écoulé). Dans cette nouvelle étude menée en pleine fermeture universitaire durant la crise COVID-19, le pourcentage d'étudiantes concernées par ce comportement est monté à 91,4%, illustrant, au niveau des comportements alimentaires, les effets psychosociaux délétères du stress induit par l'isolement et le contexte imprévisible.

L'hyperphagie en réponse à des émotions négatives (anxiété, solitude, tristesse, colère, fatigue) a été trouvée positivement associée avec la consommation de tabac, la propension à l'ennui, l'abus de substances, l'impulsivité attentionnelle, l'alimentation incontrôlée et l'incapacité à résister à des signaux émotionnels. Cette hyperphagie était aussi négativement associée à l'âge et au score de bien-être.

Une meilleure compréhension des mécanismes attentionnels, neurobiologiques et neurocognitifs sous-tendant l'hyperphagie émotionnelle en réponse au stress, aux émotions négatives et au manque de stimulation sociale/externe permettrait d'améliorer les interventions préventives en lien avec les troubles du comportement alimentaire. Une étude clinique pilotée par INRAE est en cours au CHU de Rennes pour explorer le potentiel du neurofeedback fNIRS pour lutter contre l'hyperphagie émotionnelle chez une cohorte d'étudiantes présentant une hyperphagie émotionnelle.



CONTACT > david.val-laillet@inrae.fr, aymery.constant@ehesp.fr
 Référence > <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0286439>
 Partenaires > NUMECAN · EHESP

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.



> Dioxyde de titane : la bouche, première voie de passage du E171 dans le sang

L'usage alimentaire du E171 est interdit en Europe depuis 2022. Il avait en effet été démontré par des travaux pionniers d'INRAE que cet additif alimentaire passe dans le sang et s'accompagne d'effets toxiques dès l'intestin. De nouveaux résultats montrent que les nanoparticules qui composent cet additif peuvent passer directement par les muqueuses de la bouche.

Le E171 est un additif alimentaire, utilisé jusqu'à peu comme colorant blanc et opacifiant dans de nombreux produits comme les pâtisseries, les bonbons, les sauces ou encore les glaces. Il est composé de micro- et nanoparticules de dioxyde de titane, TiO₂.

De précédents travaux, sur modèle animal, ont révélé que les nanoparticules de dioxyde de titane peuvent provoquer l'apparition de cellules précancéreuses dans le côlon, entre autres effets dans l'organisme. Sur la base du principe de précaution, l'utilisation du E171 dans l'alimentation a donc été interdite en France dès 2020, puis en Europe en 2022.

Une fois ingérées, les nanoparticules s'accumulent dans le foie et la rate après leur absorption depuis l'intestin, mais aussi dans le placenta, jusqu'à contaminer le fœtus. Mais existe-t-il d'autres voies de passage pour ces nanoparticules ?

Pour y répondre, les scientifiques ont étudié son absorption par les muqueuses de la cavité buccale. Ils ont tout d'abord investigué leur passage dans la bouche de cochons (histologiquement très proche de celle de l'humain), puis l'effet des nanoparticules sur des cellules buccales humaines en culture. Dans ces conditions respectivement in vivo et in vitro, les tests montrent qu'elles sont en effet rapidement absorbées. Une fois passées, celles-ci endommagent l'ADN des cellules en les soumettant à un stress oxydatif, affectant la survie des cellules en croissance, un effet susceptible d'affecter le renouvellement de l'épithélium buccal.

Ces résultats confirment non seulement que ces nanoparticules passent par les muqueuses buccales pour atteindre la circulation sanguine, donc bien avant leur absorption dans l'intestin, mais aussi qu'elles peuvent affecter la régénération cellulaire au sein de ces mêmes muqueuses.

Ces travaux soulignent l'importance de prendre en compte l'exposition directe de la cavité buccale à l'additif alimentaire E171 lors de l'évaluation des risques chez l'être humain, aussi bien lors de son usage dans les produits alimentaires, qu'en cosmétique (en particulier pour les dentifrices) et dans les produits pharmaceutiques.

L'additif E171 est utilisé comme colorant alimentaire blanc et agent opacifiant. Il reste utilisé dans des préparations pharmaceutiques et dentifrices, et hors Europe en alimentation. Dans cette étude, les scientifiques ont suivi les particules de TiO₂ grâce à de la microscopie électronique couplée à une analyse spectrométrique du titane. Ils ont également utilisé le « nanoparticle-scope », une technologie innovante permettant de cartographier leur distribution dans les tissus à l'échelle du nanomètre.



CONTACT > eric.houdeau@inrae.fr

Référence > <https://doi.org/10.1080/17435390.2023.2210664>

Partenaires > TOXALIM • Laboratoire national de métrologie et d'essais • Centre de MicroCaractérisation Raimond Castaing • Luxembourg Institute of Science and Technology • ETH Zurich



➤ Exposition chronique périnatale au E171 et risque allergique dans la descendance

L'utilisation de l'additif alimentaire E171 comportant une fraction nanométrique, encore appelé TiO₂ ou dioxyde de titane, a été récemment interdite en Europe en raison d'une suspicion de génotoxicité.

En parallèle, les autorités de santé mentionnaient que l'évaluation du risque sanitaire de cet additif demeurait incomplète, notamment quant à ses effets sur la santé de la descendance suite à une exposition chronique en période périnatale. De nouveaux résultats montrent qu'une exposition précoce au E171 pourrait contribuer à l'épidémie d'allergies alimentaires actuellement observée.

De précédents travaux montrent que le TiO₂ passe la barrière placentaire chez l'Homme et que son exposition bloque l'induction de la tolérance orale et perturbe le dialogue microbiote-système immunitaire chez l'animal adulte. Les chercheurs ont donc cherché à évaluer l'impact d'une exposition chronique pré-et périnatale au E171 sur le risque allergique dans la jeune descendance, et à en décrire les potentiels mécanismes sous-jacents.

Dans un modèle d'exposition chronique à dose humaine chez la souris, initiée dès la conception et se poursuivant dans la descendance après le sevrage, les travaux démontrent que le E171 prédispose les jeunes mâles à développer une plus forte réaction allergique aux protéines du lait de vache, tandis que leur capacité à induire la tolérance orale est altérée.

Des approches multi-omiques chez les mâles au niveau basal, c'est-à-dire avant induction de la tolérance/allergie, montraient une altération de l'homéostasie intestinale caractérisée par une augmentation de la perméabilité intestinale, une dysbiose intestinale (qui se traduit par une augmentation de la diversité du microbiote; une augmentation des Rikinellaceae et une diminution des Lachnospiraceae), ainsi que des modifications de la fréquence de différentes populations immunitaires dans l'intestin grêle, ainsi qu'au niveau systémique. De plus, différentes voies métaboliques étaient altérées, tant au niveau local que systémique. Toutes ces différentes apparaissaient moins marquées chez les jeunes femelles, concluant à un dimorphisme sexuel marqué.

Ces travaux fournissent des modèles et des outils sensibles d'aide à la décision dans le cadre de l'évaluation du risque sanitaire lié à l'exposition chronique précoce à des additifs ou à des contaminants alimentaires. Ils ouvrent également la voie à des recherches plus fondamentales pour comprendre les mécanismes associés et estimer la part relative des différentes composantes de l'homéostasie intestinale dans les effets observés.



CONTACT > karine.patient@cea.fr

Référence > <https://doi.org/10.1111/all.15960>

Partenaires > MTS · GABI · VIM · TOXALIM · Laboratoire d'Innovation en Spectrométrie de Masse · ANSE



➤ L'association entre l'obésité de l'enfant et l'exposition prénatale aux polluants environnementaux pourrait dépendre du statut nutritionnel de la mère

L'exposition prénatale aux polluants organiques persistants pourrait contribuer au développement de l'obésité infantile et aux troubles métaboliques. Une étude récente suggère que le statut nutritionnel de la mère pendant la grossesse pourrait moduler ces effets.

Certains polluants organiques persistants (POP) qui peuvent s'accumuler dans le tissu adipeux ont été associés à l'obésité et aux troubles métaboliques chez l'enfant. Parmi ces composés, qui peuvent être absorbés par la mère via l'alimentation, on trouve le fongicide hexachlorobenzène ainsi que le DDT et son principal métabolite le DDE.

Les auteurs de cette étude ont voulu savoir si les effets obésogènes des POP pouvaient être influencés par certains nutriments qui présentent des mécanismes d'absorption,

de transport et de métabolisme similaires ou qui ciblent les mêmes voies de signalisation moléculaire. En particulier, ils ont testé l'hypothèse d'une éventuelle modulation de l'impact biologique de ces polluants par les nutriments lipophiles, tels que les caroténoïdes ou les acides gras polyinsaturés (par ex. oméga 3).

L'étude s'est basée sur des données collectées de 2003 à 2008 dans le cadre de la cohorte INMA, une cohorte prospective espagnole fournissant des données sur la naissance, l'enfance et l'environnement. La présence de POP (6 composés organochlorés et 4 substances perfluoroalkylées et polyfluoroalkylées aussi appelées PFAS) et de nutriments spécifiques (vitamines D, B12, folate, acides gras polyinsaturés et caroténoïdes) a été analysée dans le sang de 1 394 femmes au cours du premier trimestre de grossesse. Les données anthropométriques de leurs enfants, dont 40 % étaient en surpoids ou obèses, ont été collectées à l'âge d'environ 7 ans.

Les chercheurs ont montré que des taux élevés de vitamine B12, que l'on trouve principalement dans les aliments d'origine animale, tels que la viande et les produits laitiers, ou dans des compléments vitaminiques, peuvent favoriser l'effet obésogénique d'une exposition prénatale au hexachlorobenzène. À l'inverse, l'antioxydant β-cryptoxanthine (caroténoïde) présent dans de nombreux aliments d'origine végétale ou animale, tels que les oranges, les pommes et le jaune d'œuf, pourrait avoir un effet protecteur contre les effets obésogéniques du perfluorooctane sulfonate (PFOS).

Les travaux doivent être poursuivis pour confirmer ces résultats et pour mieux comprendre les interactions entre les polluants et les nutriments au cours de la grossesse et leurs impacts sur la programmation métabolique de l'enfant. Ils contribueront à identifier des populations vulnérables aux POP et à établir des recommandations précises sur la nutrition et la supplémentation vitaminique pendant la grossesse.



CONTACT > german.cano-sancho@inrae.fr

Référence > <https://doi.org/10.1289/EHP11258>

Partenaires > LABERCA · ISGlobal

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.

► Comment réduire son empreinte hydrique et son empreinte carbone tout en respectant les recommandations alimentaires ?

Les systèmes alimentaires sont confrontés à des défis liés à leurs empreintes hydrique et carbone. Les données suggèrent qu'il est possible d'améliorer ces deux impacts simultanément, mais leurs conflits et compromis potentiels n'ont pas été explorés de manière systématique.

À cette fin, les chercheurs ont utilisé une approche de modélisation des compromis afin d'identifier les changements alimentaires nécessaires pour améliorer l'une et/ou l'autre de ces empreintes, tout en garantissant l'adéquation nutritionnelle et le respect des recommandations alimentaires.

▲ À partir des données françaises sur la consommation alimentaire (1 456 adultes âgés de 18 à 64 ans de l'étude INCA 3) et l'impact environnemental des aliments fourni par la base de données Agribalyse®, une gamme complète de scénarios a été identifiée en hiérarchisant différemment les deux objectifs, en donnant un poids de 0 à 100 %, par pas de 5 %, à l'amélioration des émissions de gaz à effet de serre par rapport à celle de l'utilisation de l'eau bleue, c'est-à-dire l'eau qui transite dans les cours d'eau et les nappes phréatiques vers la mer et qui représente 40 % de la masse totale des précipitations.

Dans l'ensemble, les chercheurs ont montré qu'il est possible de réduire de manière significative l'utilisation de l'eau bleue et les émissions de

gaz à effet de serre par rapport aux niveaux actuellement observés. En fonction de l'ordre de priorité attribué à la réduction de l'utilisation de l'eau bleue ou aux émissions de gaz à effet de serre dans le modèle mathématique, la réduction de l'utilisation de l'eau variait de 14 % à 36 % et celle des émissions de gaz à effet de serre variait de 52 % à 44 %. Dans les modèles priorisant graduellement 100 % de la minimisation de l'utilisation de l'eau jusqu'à 100 % de la minimisation des émissions de gaz à effet de serre, une augmentation des œufs, des graisses animales, des légumineuses, des légumes et des soupes était observée alors que les produits laitiers, les abats et les produits de snacking diminuaient.

En revanche, la consommation de viande (bœuf, porc, volaille et viande transformée) a été systématiquement supprimée, tandis que les consommations d'abats et de produits laitiers sont restées modérées afin de respecter les valeurs nutritionnelles de référence. Le poisson, les céréales complètes et les fruits sont également restés relativement constants d'un scénario à l'autre en raison des contraintes imposées par les recommandations nutritionnelles. Quel que soit le scénario, les régimes modélisés étaient plus végétalisés que le régime observé dont ils différaient significativement (seulement 23 à 31 % des consommations alimentaires communes), et étaient plus sains (réduction de 63 à 76 % de la distance par rapport au risque minimum théorique de maladies chroniques).

En conclusion, si le fait de se concentrer uniquement sur la réduction de l'utilisation de l'eau bleue induit une réduction conjointe des gaz à effet de serre proche de la valeur maximale, l'inverse n'est pas vrai, ce qui montre qu'il existe un bon alignement, mais aussi une certaine divergence entre ces objectifs qui devrait être mieux prise en compte dans les conceptions d'alimentations durables.



CONTACT > e.kesse@eren.smbh.univ-paris13.fr
Référence > <https://doi.org/10.1016/j.spc.2023.09.008>
Partenaires > CRESS

► Motivations des personnes s'engageant dans une réduction de leurs apports carnés et impact sur la qualité de leur alimentation

La réduction de la consommation de viande est préconisée pour des régimes plus sains et plus durables. A partir des données issues de NutriNet-Santé, il a été possible d'identifier des adultes non végétariens engagés dans la réduction de la consommation de viande.

Les personnes qui sont le plus engagées dans cette diminution ré-équilibrent leurs apports de manière satisfaisante sur le plan de la qualité nutritionnelle, en augmentant la part des produits végétaux dits favorables à la santé, par exemple avec une consommation de fruits, de légumes et de produits céréaliers complets plus importante. Leurs motivations englobent le fait de rester en bonne santé, mais aussi de préserver l'environnement, ainsi que le bien-être animal qui demeure toutefois une motivation moins forte que les précédentes. A l'inverse, d'autres personnes semblent moins engagées dans cet objectif de diminution de leurs apports carnés et leurs niveaux de motivations sont donc d'autant plus faibles. Cette étude permet d'enrichir les connaissances autour des caractéristiques nutritionnelles et motivationnelles des personnes diminuant leur consommation de viande, afin de mieux orienter les campagnes de santé publique.



CONTACT > b.alles@eren.smbh.univ-paris13.fr
Référence > <https://doi.org/10.1016/j.tjn.2023.09.017>
Partenaires > CRESS - MOISA



► Durabilité du régime méditerranéen

Le régime méditerranéen est caractérisé par des apports élevés en fruits et légumes, légumineuses et huile d'olive et de faibles quantités de viande et produits gras et sucrés. S'il a été associé à des bénéfices pour la santé, peu d'études ont examiné la durabilité de ce régime en considérant toutes les composantes de l'alimentation durable, c'est-à-dire la nutrition, l'environnement et les aspects économiques et sanitaires.

Dans ce travail, les scientifiques ont évalué la relation entre régime méditerranéen et durabilité alimentaire en se basant sur les consommations de près de 30 000 individus de la cohorte NutriNet-Santé. Globalement, une plus forte adéquation au régime méditerranéen était associée à des bénéfices nutritionnels et environnementaux mais à un coût monétaire plus élevé et à une exposition aux pesticides plus importante en raison de la forte part de produits végétaux dans ce régime. Les personnes suivant une alimentation de type méditerranéen étaient aussi davantage enclines à avoir des niveaux d'activité physique élevés. Ces résultats plaident en faveur de la mise en place de stratégies et politiques de grande ampleur pour l'accès à tous et toutes à un régime sain avec de faibles conséquences sur l'environnement, peu contaminé et abordable financièrement.



CONTACT > julia.baudry@inrae.fr
Référence > <https://doi.org/10.1017/s0007114523001411>
<https://doi.org/10.1017/s0007114523001800>
Partenaires > CRESS - MOISA



► Y a-t-il un lien entre l'insécurité alimentaire ou le revenu et l'impact environnemental de l'alimentation des personnes en France ?

Une analyse récente à l'échelle mondiale a montré l'ampleur des inégalités en termes d'émissions totales de gaz à effet de serre liées à la consommation des ménages, les plus riches émettant nettement plus de gaz à effet de serre que les moins dotés. Alors que le statut socio-économique est un déterminant connu des consommations alimentaires, très peu d'études ont exploré les différences socio-économiques de l'impact environnemental de l'alimentation.

L'objectif de cette étude était de comparer les impacts environnementaux de l'alimentation en fonction du statut d'insécurité alimentaire et du niveau de revenu des adultes (n=1964) ayant participé à la dernière étude nationale des consommations alimentaires (INCA3), en s'appuyant sur la base AGRIBALYSE® de l'ADEME pour les données d'impact environnemental des aliments calculés par analyse du cycle de vie.

Pour chaque individu, l'impact environnemental de son alimentation a été estimé à travers le calcul de quatorze indicateurs d'impact (changement climatique, épuisement des ressources (énergétiques, minéraux, eau), eutrophisation des eaux, ...) et d'un indicateur agrégé appelé score unique. Les impacts environnementaux de l'alimentation des individus en situation d'insécurité alimentaire ont été comparés à ceux des personnes en situation de sécurité alimentaire, ces derniers étant catégorisés par niveau de revenu.

L'impact environnemental de l'alimentation est très variable d'un individu à l'autre ; selon

l'indicateur utilisé il est 3 à 6 fois plus élevé chez les 10 % des personnes ayant les valeurs d'impact les plus fortes, par rapport aux 10 % ayant les valeurs d'impact les plus faibles. Cependant, cette variabilité n'était pas associée au fait d'être ou pas en situation d'insécurité alimentaire ou, pour ceux qui étaient en situation de sécurité alimentaire, d'avoir un niveau de revenu plus ou moins élevé. Les seules exceptions concernent l'épuisement des ressources en eau et de l'eutrophisation des eaux douces. Pour ces deux critères, les niveaux les plus faibles (donc les plus favorables sur le plan environnemental) ont été observés pour les situations d'insécurité alimentaire sévère et les plus élevés (les moins favorables sur le plan environnemental) pour les forts niveaux de revenu, les différences s'expliquant principalement par le niveau d'apport en fruits et légumes pour l'épuisement des ressources en eau (quantités plus importantes de fruit et légumes chez les plus aisés) et par le type de poisson consommé pour l'eutrophisation des eaux douces (chez les plus aisés, choix de poissons dont la production est plus impactante).

Les populations à faible revenu, en particulier celles en situation d'insécurité alimentaire sévère, avaient une consommation plus élevée de viande de ruminant (par rapport aux autres catégories de population), mais le fort impact environnemental associé à cette consommation était compensé par une faible consommation d'autres groupes à impact élevé (fruits et légumes notamment) et/ou par une consommation élevée d'aliments ayant un impact faible (féculents notamment), si bien qu'il n'y avait aucune différence d'impact environnemental à l'échelle du régime alimentaire global.

Les résultats de cette étude soulignent l'importance de prendre en compte les habitudes alimentaires individuelles et de raisonner à l'échelle du régime alimentaire plutôt que de considérer les impacts d'aliments ou de groupes d'aliments spécifiques lors de la conception d'outils éducatifs ou de politiques publiques visant à promouvoir une alimentation plus saine et plus durable.



CONTACT > marlene.perignon@inrae.fr
Référence > <https://doi.org/10.1007/s00394-023-03163-3>
Partenaires > MOISA - MS-Nutrition - CIRAD - IRD



➤ Plus de protéines végétales : jusqu'où et comment ?

Il faut végétaliser davantage nos apports protéiques alimentaires, mais jusqu'où faut-il et peut-on aller ? Quelle est la gamme de valeurs possibles pour le taux de protéines végétales dans le régime et existe-t-il une valeur optimale prenant en compte l'adéquation nutritionnelle, la santé humaine et planétaire et nos habitudes alimentaires ? En ouvrant le répertoire alimentaire, les nouveaux aliments sources de protéines végétales qui se substituent aux produits animaux peuvent-ils aider à végétaliser davantage ou mieux les régimes ?

▲ Par des méthodes de modélisation multicritères des régimes français, les chercheurs ont caractérisé la gamme de taux de protéines végétales compatible avec l'adéquation nutritionnelle et la santé à long-terme, et ont identifié les freins nutritionnels et les leviers diététiques à la végétalisation. Ils ont constaté que, d'un point de vue unifiant nutrition et santé, il n'existe pas de valeur optimale du taux de protéines végétales mais un éventail assez large de possibilités équivalentes couvrant toute la gamme 25%-70%, où tous les régimes nutritionnellement sûrs et pleinement bons pour la santé s'écartent beaucoup des régimes actuels. Il n'existe donc pas de taux de protéines végétales optimal unique, qui serait par exemple à 50%, mais plutôt un assez large volant d'action permettant d'augmenter le taux de protéines végétales bien au-delà de sa valeur actuelle, qui n'est que de 34% environ.

Par ailleurs, les impacts environnementaux des régimes modélisés (émissions de gaz à effets de serre, utilisation des terres et de l'énergie) baissent avec le taux de protéines végétales, ce qui conforte l'intérêt de la végétalisation des régimes. Les freins nutritionnels à la végétalisation protéique consistent en une difficulté à couvrir les besoins en iode, vitamine B12, fer biodisponible, calcium et en acides gras EPA et DHA (mais pas en protéines ou acides aminés indispensables). En termes de leviers diététiques pour assurer ces apports nutritionnels limitants, les produits laitiers et produits de la mer jouent un rôle-clé jusqu'à 80 % de taux de protéines végétales, mais au-delà, une supplémentation, un enrichissement ou le développement de nouveaux produits devient nécessaire.

Parmi les nouveaux aliments qui pourraient permettre de repousser la limite de végétalisation possible, tout en facilitant en pratique la transition protéique, les chercheurs ont étudié les substituts végétaux pour en faire le bilan des bénéfices-risques nutritionnels, et ils ont conduit une étude de modélisation des régimes français pour identifier comment y inclure des substituts de viande et avec quels impacts en nutrition-santé. Ils ont constaté que les substituts de viande standards/moyens sont peu utiles pour parvenir théoriquement à des régimes sains, à moins qu'ils ne soient enrichis en fer et en zinc, et qu'ils pourraient contribuer à un apport excessif en sodium. En revanche, un substitut de viande bien conçu sur le plan nutritionnel s'avère un levier bien plus efficace pour l'amélioration des régimes, mais des enrichissements en fer et en zinc restent nécessaires pour permettre des réductions radicales (-90 %) de la viande rouge.

Ces résultats sont utiles pour identifier les freins et leviers à la transition protéique des français vers une alimentation plus durable.



CONTACT > francois.mariotti@agroparistech.fr

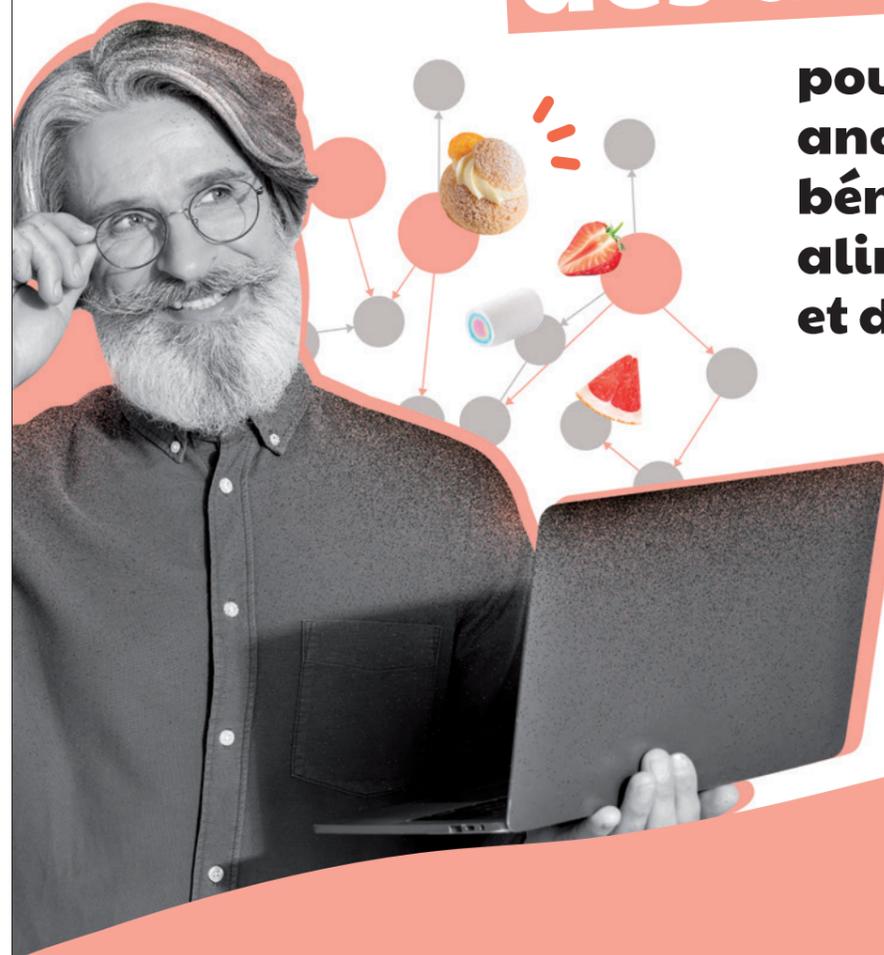
Référence > <https://doi.org/10.3389/fnut.2023.1178121>
<https://doi.org/10.1007/s00394-023-03117-9>
<https://doi.org/10.1016/j.advnut.2023.03.003>
<https://doi.org/10.1017/s0029665123004767>

Partenaires > PNCA • CRESS

Développer l'accès et le déploiement

des sciences des données

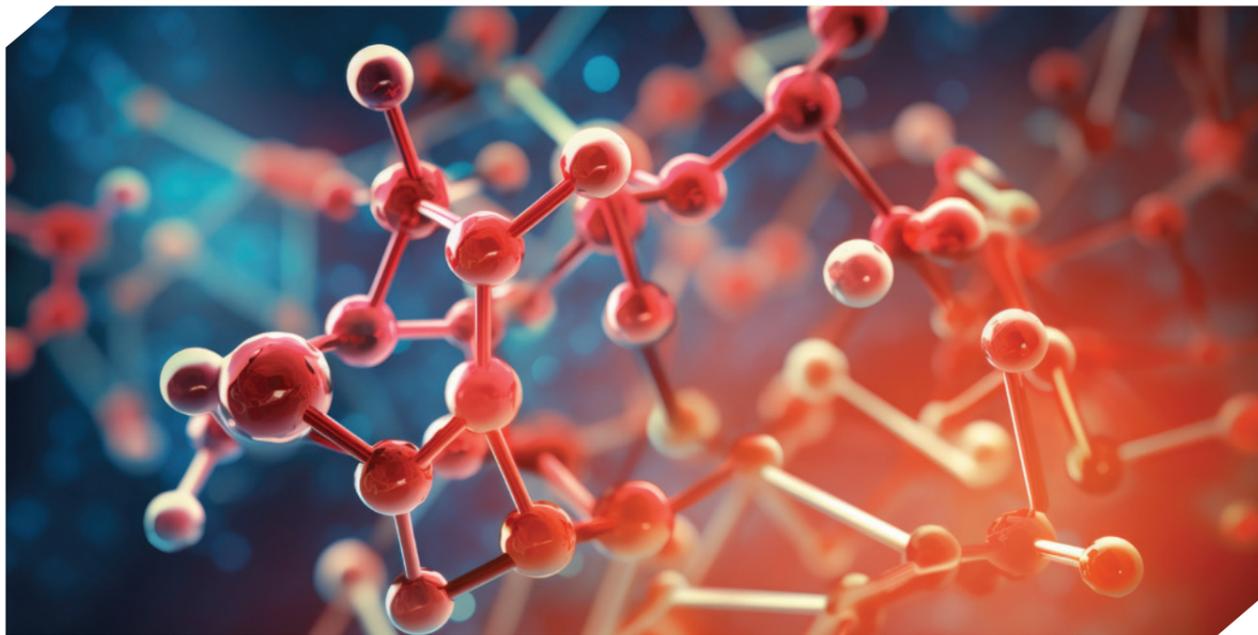
pour mieux prédire et analyser le rapport bénéfique/risque d'une alimentation saine et durable.



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 bénéfices/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 promeut par ailleurs l'intégration des données complexes pour prédire et analyser le rapport bénéfique/risque d'une alimentation saine et durable.



► Identification du pipecolate et de la taurine comme biomarqueurs urinaires de la déficience en lysine et en thréonine

La consommation de protéines de faible qualité augmente le risque de déficience en acides aminés indispensables, en particulier en lysine et en thréonine. Afin de pouvoir détecter facilement un déficit en acides aminés indispensables, les chercheurs ont développé des approches métabolomiques pour identifier des biomarqueurs spécifiques, non invasifs, d'un déficit de la lysine et la thréonine.

▲ Parmi les neuf acides aminés indispensables, la lysine et la thréonine sont considérés comme strictement indispensables. Or, dans les pays en développement, l'alimentation étant principalement à base de céréales avec une faible teneur et qualité en protéines, il existe un risque de déficience en ces acides aminés indispensables.

Différentes méthodes ont été utilisées pour estimer les besoins en acides aminés, mais elles reposent sur des protocoles invasifs et les valeurs de besoins obtenues révèlent des différences significatives selon le protocole utilisé. Il est donc urgent de développer des approches plus précises et non invasives pour estimer le besoin de chaque acide aminé indispensable.

Trois expériences ont été menées chez le rat en croissance, nourris avec du gluten, un régime naturellement déficient en lysine ou en thréonine, ou avec des régimes semi-synthétiques, à base de protéines de lait et d'acides aminés libres, pour induire différents niveaux de carence en lysine ou en thréonine. Les profils métabolomiques plasmatiques (veine porte et veine cave) et urinaires ont été analysés.

Les chercheurs ont identifié deux métabolites urinaires, le pipecolate, qui signe la déficience en lysine, et la taurine qui reflète celle en thréonine. Ces biomarqueurs reflètent les variations de croissance observées chez l'animal en fonction des apports en lysine ou en thréonine permettant ainsi d'obtenir des valeurs similaires de besoin en acides aminés.

Ces résultats indiquent que les carences en acides aminés indispensables influencent le métabolome. Les biomarqueurs urinaires spécifiques identifiés pourraient donc être facilement utilisés pour détecter la déficience en acides aminés indispensables et mieux cibler les interventions alimentaires visant à y remédier.



CONTACT > dalila.azzout-marniche@agroparistech.fr
delphine.bouveresse@agroparistech.fr
Référence > <https://doi.org/10.1016/j.tjnnt.2023.06.039>
Partenaires > PNCA - C2VN - Aix Marseille Université - INSERM



► Le métabolome urinaire : un marqueur de l'altération du microbiote chez les gros consommateurs de viande rouge ?

La consommation de viande rouge et charcuterie est associée à une augmentation du risque de cancers, notamment colorectal, mais aussi de pathologies chroniques telles que le diabète et les maladies cardiovasculaires. Les chercheurs ont cherché à identifier de nouveaux biomarqueurs urinaires d'une forte consommation de ces aliments.

▲ La viande rouge et les charcuteries ont été classées comme étant respectivement probablement cancérigène et cancérigènes pour l'Homme, par le Centre International de Recherche sur le Cancer de l'Organisation Mondiale de la Santé. Ces associations pourraient notamment être expliquées par la forte teneur de ces produits en fer héminique. Or, des études chez l'animal ont montré que le fer héminique favorisait la mise en place d'un environnement pro-oxydant dans le côlon et modifiait le microbiote intestinal au profit de pathobiontes (qui n'expriment pas de pouvoir délétère dans un écosystème microbien en équilibre, mais qui peuvent devenir pathogènes en condition dysbiotique, c'est-à-dire lors d'une réduction de la densité et de la diversité microbienne).

L'objectif de l'étude était d'explorer chez l'Homme, dans la cohorte NutriNet-Santé et dans un modèle animal, le métabolome urinaire des gros consommateurs de viande rouge et charcuteries, pour mettre en évidence de nouveaux biomarqueurs d'une forte

consommation de ces aliments, mais aussi de nouveaux éléments mécanistiques sous-jacents.

L'analyse par spectrométrie de masse des échantillons urinaires issus de participants de la cohorte NutriNet-Santé a permis de montrer des différences entre les gros consommateurs de viande rouge et charcuteries, avec une consommation moyenne de 123 g/jour de ces aliments, soit supérieure aux recommandations, et les personnes qui n'en mangeaient pas du tout. Certains des métabolites différemment excrétés, comme l'indoxyl sulfate qui augmente chez les gros consommateurs et la cinnamoylglycine qui diminue chez ces mêmes personnes, pourraient avoir une origine microbienne, suggérant un impact négatif de ces aliments sur le microbiote intestinal. En effet, la cinnamoylglycine a été associée à une plus grande diversité du microbiote, alors que l'indoxyl sulfate est plutôt corrélé à des effets négatifs.

Les résultats observés sur ce métabolome urinaire ont été confirmés dans le cadre d'une étude d'intervention chez le rat. L'analyse du microbiote des animaux a révélé une dysbiose due au régime riche en viande rouge. De plus, chez ces animaux, l'étude des métabolites urinaires a mis en exergue une forte peroxydation lipidique, probablement d'origine luminale.

La dysbiose observée chez l'animal reçu une alimentation riche en viande rouge devra être confirmée chez l'Homme pour pouvoir augmenter le niveau de preuve du lien entre ce régime, la dysbiose et le cancer colorectal. Si l'implication du microbiote dans le développement du cancer colorectal est fortement suspectée, ces résultats questionnent sur son rôle dans la pathogénie des autres maladies associées à une consommation excessive de viande rouge et de charcuteries.



CONTACT > francoise.gueraud@inrae.fr
Référence > <https://doi.org/10.1002/mnfr.202200432>
Partenaires > TOXALIM - CRESS - Metatoul-AXIOM



FOCUS innovations



Le département encourage et accompagne les chercheurs dans leur parcours de la recherche vers l'innovation. Ceci se traduit notamment par une belle performance dans la création d'entreprises issues des recherches du département puisque huit start-up et une association ont été créées entre 2017 et début 2024, dont deux nouvelles au cours de l'année écoulée.

Plus de 150 contrats de recherche avec des acteurs socio-économiques ont été conclus sur la période 2017-2023 en majorité avec les industries agro-alimentaires, suivies par les industries pharmaceutiques et enfin les fondations ou des sociétés savantes.

Sur la période 2017-2023 ce sont 97 déclarations d'inventions et résultats valorisables qui ont été soumises, 9 projets de maturation qui ont été financés, et 34 brevets qui ont été déposés.

Cette année, nous vous proposons de découvrir une association, un laboratoire commun et un brevet.



actap ACTION ALIMENTATION POSITIVE



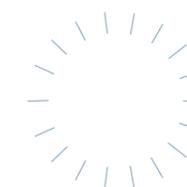
ACTAP "ACTION ALIMENTATION POSITIVE"

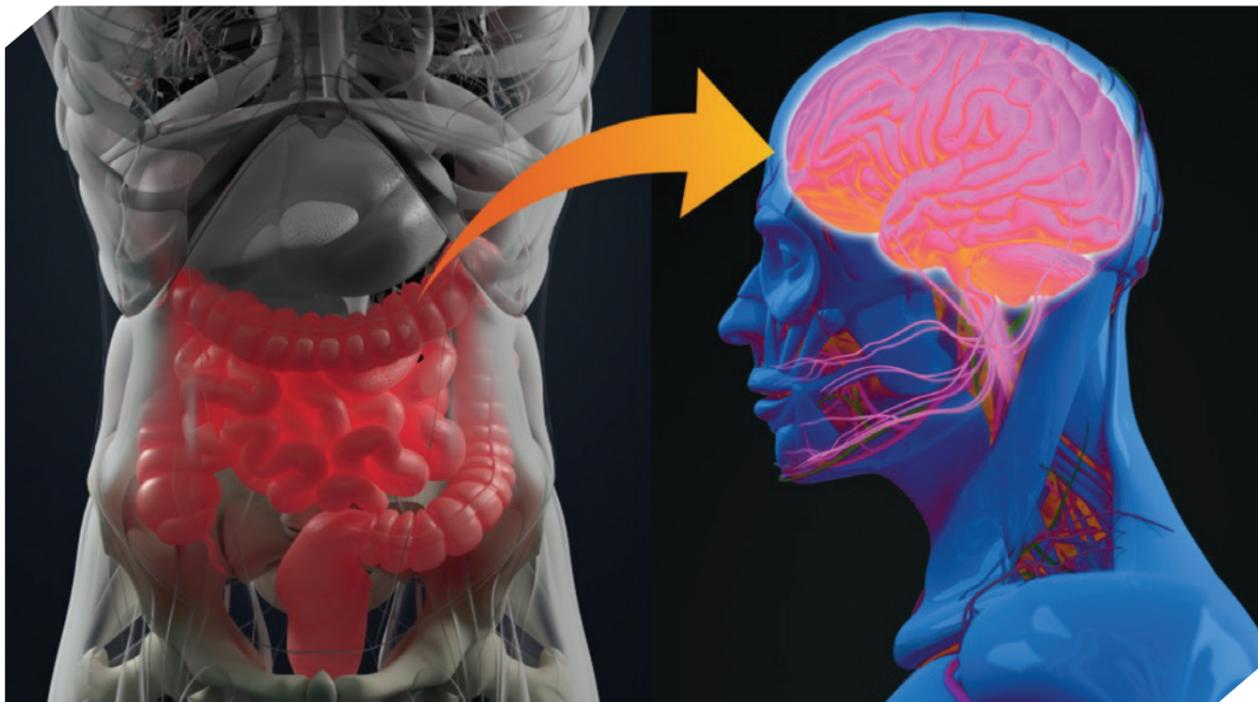
▲ Créée en juillet 2023, cette association porte et coordonne les activités liées à l'essai du programme Opticourses®, propriété d'INRAE, qui vise à aider les personnes qui ont un petit budget pour qu'elles puissent avoir des approvisionnements alimentaires plus équilibrés sans dépenser plus. Les méthodes sont celles de l'éducation à la santé, qui respecte des principes de non jugement, de respect des personnes, et de prise en compte de leurs savoir-faire.

L'objet de l'association ActAP est de promouvoir une alimentation et des modes de vie sains et durables pour tous, à travers des actions de sensibilisation, d'éducation, de formation, d'évaluation et de recherche. L'association forme ainsi les professionnels à l'animation d'ateliers à destination de publics en situation de précarité.

L'association est présidée par Nicole Darmon, directrice de recherche de classe exceptionnelle honoraire d'INRAE.

www.opticourses.org





> Un laboratoire commun pour étudier les probiotiques et phytonutriments pour moduler l'axe intestin-cerveau

L'équipe Interactions des Micro-organismes commensaux et probiotiques avec l'Hôte (ProbiHôte) de l'Institut MICALIS et l'entreprise PiLeJe ont obtenu un financement LabCom (Laboratoire Commun) auprès de l'Agence nationale de la recherche pour initier le ProPhySiCe Lab (pour Probiotiques et Phytonutriments pour la santé de l'axe Intestin-Cerveau). L'objectif de ce LabCom est de développer des solutions nouvelles basées sur des probiotiques et des phytonutriments pour intervenir sur l'axe intestin-cerveau, notamment dans le cas des malades d'Alzheimer.

Plus de 35 millions de personnes à travers le monde sont atteintes aujourd'hui de la maladie d'Alzheimer et, selon l'OMS, ce nombre serait amené à doubler tous les 20 ans. Les solutions développées dans le cadre du LabCom ProPhySiCe pourraient représenter des outils efficaces de prévention et de prise en charge complémentaire à l'arsenal disponible actuellement pour les pathologies neurodégénératives pour lesquelles aucun traitement curatif n'existe à l'heure actuelle.

Le LabCom ProPhySiCe a pour objectif de développer des stratégies innovantes à base de phytonutriments et de probiotiques qui pourraient dans un avenir proche améliorer la qualité de vie des patients et retarder les conséquences santé de la maladie d'Alzheimer et d'autres pathologies neuro-dégénératives. L'élaboration d'approches *in vitro* de type organoïdes combinées à des modèles pré-cliniques représentera un élément central d'une démarche prédictive permettant d'optimiser les chances d'identifier des candidats efficaces pour accompagner au mieux les patients atteints de la maladie d'Alzheimer. Le projet du LabCom ProPhySiCe devrait donc conduire à l'obtention de nouveaux outils de prévention et de traitement complémentaire pour ces pathologies pour lesquelles aucun traitement curatif n'existe à l'heure actuelle. Ces outils pourront être produits sous forme de compléments alimentaires par PiLeJe et testés dans le cadre d'essais cliniques humains.



CONTACT > jean-marc.chatel@inrae.fr
philippe.langella@inrae.fr



> Les acides gras furaniques, un nouvel acteur clé pour la santé du muscle?

Les acides gras furaniques (FuFAs), présents dans les algues et les champignons, de nombreux fruits et légumes, le poisson et les produits laitiers, possèdent des effets antioxydants et anti-inflammatoires.

Ils pourraient participer aux effets bénéfiques associés à la consommation de ces aliments, et plus largement d'un régime méditerranéen. Les chercheurs ont montré les effets des FuFAs sur le métabolisme musculaire et ont déposé un brevet «Furan fatty acids for enhancing muscle mass» en collaboration avec la SATT AxLR de Montpellier, INRAE Transfert et la DIMS du CIRAD.

Les muscles jouent un rôle capital dans les fonctions motrices et métaboliques. Le maintien de la masse musculaire est donc un moyen efficace de prévenir à tout âge l'apparition de pathologies chroniques (diabète, maladies cardiovasculaires, arthrose...) et d'aider à rester autonome plus longtemps.

Pour explorer les effets santé des acides gras furaniques, les chercheurs ont utilisé des FuFAs issus de latex collecté en Thaïlande. Dans une première étude pré-clinique, ils ont testé l'influence des FuFAs sur le phénotype du muscle squelettique. Ils ont mis en évidence que les FuFAs favorisent l'anabolisme et augmentent la teneur en protéines des cellules. In vivo, ils ont montré que la supplémentation en FuFAs augmente la masse du muscle et favorise un métabolisme musculaire plus oxydatif.

Dans une deuxième étude, les chercheurs ont exploré l'impact d'une supplémentation nutritionnelle en FuFAs sur les dysfonctions métaboliques associées à l'obésité. Ils ont montré que la supplémentation en FuFAs réduit la prise de masse grasse induite par un régime en gras et en sucres, augmente la masse maigre et rétablit une dépense énergétique normale. De plus, ils ont constaté que les FuFAs améliorent la sensibilité à l'insuline et réduisent la stéatose hépatique.

Ces études indiquent que les FuFAs améliorent la sensibilité à l'insuline, augmentent la masse musculaire, mimant en partie l'effet de l'activité physique, et pourraient ainsi avoir de nombreux effets bénéfiques sur la santé.



CONTACT > christine.coudray@inrae.fr

Référence > <https://doi.org/10.1016/j.biopha.2023.114945>
<https://doi.org/10.1016/j.biopha.2023.115330>

Brevet n° 22306916.2 «Furan fatty acids for enhancing muscle mass»

Partenaires > DMEM • Kasetsart University • CIRAD, INSERM • Université de Montpellier • CHU de Montpellier • CNRS



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).



> Surveillance du cadmium dans la chaîne alimentaire en France

Le groupe de travail Cadmium de la Plateforme de Surveillance de la Chaîne Alimentaire, co-piloté par INRAE (Laberca) et l'ACTA, a rassemblé 15 acteurs publics et privés de l'alimentation humaine et animale et mené une réflexion sur l'amélioration de la surveillance du cadmium dans l'alimentation en France. Des chercheurs d'INRAE, des départements Alimentation Humaine et Agroécosystèmes, ont contribué à ces travaux.

▲ En France, la dernière Étude de l'Alimentation Totale conduite par l'Anses chez les adultes et enfants de plus de 3 ans (EAT 2 publiée en 2011) a montré que 0,6% de la population adulte et 15% des enfants (3-17 ans) étaient exposés à des concentrations journalières de cadmium supérieures à la valeur toxicologique de référence établie par l'EFSA en 2008. De plus, la comparaison avec l'EAT 1 a mis en évidence une augmentation des concentrations moyennes en cadmium pour presque toutes les catégories d'aliments entre 2000 (année d'échantillonnage de l'EAT 1) et 2007-2009 (EAT 2), sans que la cause ne soit identifiée. Un accroissement de l'imprégnation de la population française a également été observé par Santé Publique France en confrontant les résultats de l'étude Esteban à ceux de l'étude ENNS.

La Plateforme de surveillance de la chaîne alimentaire (SCA) étant un espace collaboratif multidisciplinaire et multi-partenarial consacré à la surveillance sanitaire des aliments, elle a initié, en 2020, un premier groupe de travail (GT) dédié à la surveillance du cadmium dans la chaîne alimentaire.

Un premier travail a permis de décrire et évaluer le système français de surveillance du cadmium tout au long de la chaîne alimentaire. En complément, les données de onze dispositifs de surveillance publique ou privée ont été mutualisées. Cette compilation a permis de constituer une base de près de 75 000 résultats d'analyse de cadmium de 2010 à 2019, couvrant l'alimentation humaine (82%) et animale (18%). Après évaluation de leur qualité, ces données ont été exploitées, afin d'estimer les niveaux de concentration et les tendances temporelles de contamination au cours de cette période. Des évolutions significatives des concentrations en cadmium dans les différentes catégories d'aliments étudiées n'ont pas été mises en évidence, à l'exception d'une baisse significative dans le blé dur sur l'ensemble de la période. Les résultats de l'EAT2 et du groupe de travail Cadmium ne sont pas directement comparables étant donné les différences de méthodologie et de type de données exploitées.

Le groupe a dégagé 18 recommandations à destination des acteurs de la surveillance de la chaîne alimentaire qui portaient notamment sur les méthodes d'échantillonnage mises en œuvre par les opérateurs de la surveillance, les méthodes analytiques utilisées et leur adéquation aux exigences réglementaires, la qualité des données collectées et enfin les collaborations à développer entre les acteurs en vue de mutualiser les efforts de surveillance.

Des partenaires privés ont indiqué utiliser les travaux du groupe de travail pour améliorer leur surveillance. La DGAL quant à elle a prévu d'exploiter ces résultats pour adapter ses plans de surveillance et de contrôle pour l'année 2024. La HAS avait également demandé à ce que le rapport lui soit transmis afin de contribuer à leur réflexion dans le cadre d'un projet en cours « Dépistage, suivi et prise en charge des personnes résidant sur des sites pollués ou potentiellement pollués par le cadmium » en partenariat avec la Société de Toxicologie Clinique (STC).

Les membres du groupe de travail Cadmium :

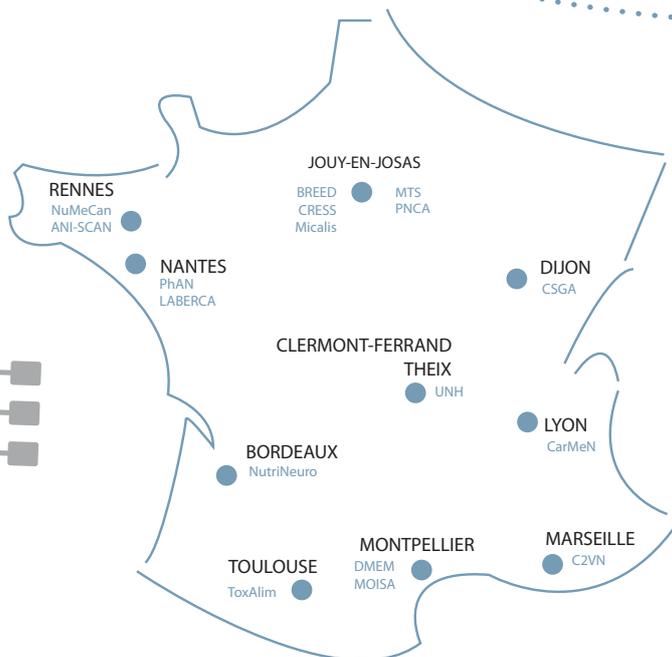
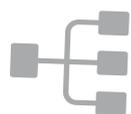
ACTA, ANIA, Anses, CITPPM, CNIPT, DGAL, DGCCRF, DGS, FCD, Hypérior repris par Intercéales, INRAE, La Coopération Agricole, Oqualim, Terres Inovia, UNIFA



CONTACT > helene.bernard@inrae.fr

Référence > https://www.plateforme-sca.fr/sites/default/files/2023-10/GT%20cadmium_Rapport_VF.pdf

Unités INRAE impliquées > LABERCA · UNH · ISPA



CARTE DES UNITES du département AlimH

ANI-SCAN	Unité de service scanographie
BREED	Biologie de la reproduction, environnement, épigénétique et développement
C2VN	Centre Cardiovasculaire et Nutrition
CarMeN	Cardiovasculaire Métabolisme Diabétologie et Nutrition
CRESS	Centre de recherche en épidémiologie et statistiques
CSGA	Centre des Sciences du Goût et de l'Alimentation
DMEM	Dynamique Musculaire et Métabolisme
LABERCA	Laboratoire d'Etudes des Résidus et Contaminants dans les Aliments
Micalis	Microbiologie de l'Alimentation au service de la Santé humaine
MOISA	Montpellier Interdisciplinary Center on Sustainable Agri-food Systems
MTS	Médicaments et technologies pour la santé
NuMeCan	Nutrition, Métabolismes et Cancer
NutriNeuro	Nutrition et Neurobiologie intégrée
PhAN	Physiopathologie des Adaptations Nutritionnelles
PNCA	Physiologie de la Nutrition et du Comportement Alimentaire
ToxAlim	Toxicologie Alimentaire
UNH	Nutrition Humaine



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

Photos :
Adobe Stock - Shutterstock - IStock

Rejoignez-nous sur :



www.inrae.fr/departements/alimh

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



**RÉPUBLIQUE
FRANÇAISE**

*Liberté
Égalité
Fraternité*

INRAE