

# Impact de la nutrition sur la prise de décision sociale - Synthèse

Sabrina Strang , Christina Hoeber , Olaf Uhl , Berthold Koletzko , Thomas F.Münste , Hendrik Lehnert, Raymond J.Dolan , Sebastian M. Schmid et Soyoung Q. Park

PNAS 20 juin 2017 114 (25) 6510-6514; publié pour la première fois le 12 juin 2017;

<https://doi.org/10.1073/pnas.1620245114>

Édité par Matthew D. Lieberman, University of California, Los Angeles, CA, et accepté par Michael S. Gazzaniga, membre du comité de rédaction, le 8 mai 2017 (reçu pour révision le 9 décembre 2016)

## Importance

L'apport alimentaire est essentiel à la survie de toutes les espèces pour répondre aux demandes énergétiques. Cependant, l'apport alimentaire module également divers processus biochimiques sous-jacents à la cognition. À travers deux études, nous avons montré que différentes compositions de macronutriments dans les repas européens standard affectent les niveaux de précurseurs des neurotransmetteurs plasmatiques, et ceux-ci influencent à leur tour la prise de décision sociale. Nos résultats prouvent que les variations de la teneur en macronutriments d'un repas européen normal exercent un impact significatif sur la cognition humaine de haut niveau. Cette étude ouvre des perspectives sur la modulation de la cognition axée sur la nutrition. Les résultats ont des implications pour l'éducation, l'économie et les politiques publiques en soulignant l'importance d'une alimentation équilibrée sur les expressions fondamentales de la cognition.

## Résumé

L'apport alimentaire est essentiel pour maintenir l'homéostasie, qui est nécessaire à la survie de toutes les espèces. Cependant, la consommation de nourriture a également un impact sur plusieurs processus biochimiques qui influencent notre comportement. Ici, nous étudions la relation causale entre la composition des macronutriments, son impact biochimique corporel et une modulation de la prise de décision sociale humaine.

À travers deux études, nous montrons que les petits déjeuners avec différentes compositions de macronutriments modulaient le comportement social humain. Les petits déjeuners avec un rapport glucides / protéines élevé ont augmenté le comportement de punition sociale en réponse aux violations des normes par rapport à celui en réponse à un repas pauvre en glucides / protéines. Nous montrons que ces changements de comportement induits par les macronutriments dans la prise de décision sociale sont liés de manière causale à une baisse des taux plasmatiques de tyrosine.

Les résultats indiquent que, dans un sens limité, « Nous sommes ce que nous mangeons » et offre une perspective sur une modulation de la cognition basée sur la nutrition. Les résultats ont des implications pour l'éducation, l'économie et les politiques publiques, et soulignent que l'importance d'une alimentation équilibrée peut aller au-delà des simples avantages physiques d'une nutrition adéquate.

## Article

L'apport alimentaire est une base fondamentale pour la survie de tous les organismes vivants dans la mesure où un apport alimentaire quotidien adéquat garantit les niveaux d'énergie ( [1](#) ). Chaque repas contient une composition de macronutriments différente qui à son tour influence une variété de processus biochimiques ( [2](#) , [3](#) ). En plus de fournir au corps des nutriments, ces processus biochimiques influencent également les processus cérébraux, y compris la cognition de plus haut niveau, comme la prise de décision sociale ( [4](#) , [5](#) ). Par conséquent, ce n'est pas seulement si et quand nous mangeons qui est important, mais également ce que nous mangeons.

La composition en macronutriments, la relation entre les graisses, les protéines et les glucides, est connue pour modifier les signaux endocriniens ( [6](#) ↓ - [8](#) ). Plus précisément, les grands acides aminés neutres (LNAA) ( [9](#) ) peuvent agir pour moduler la dynamique des neurotransmetteurs cérébraux ( [10](#) ). Plus précisément, il a été démontré que la consommation d'aliments riches en protéines modifie les taux sanguins de tyrosine (un LNAA et un précurseur de la dopamine) ( [2](#) ), tandis que la consommation d'aliments riches en glucides augmente les taux sanguins de tryptophane (un LNAA et un précurseur de la sérotonine) ( [2](#) ). De plus, cette modification des taux périphériques de LNAA a été liée à la synthèse cérébrale de dopamine et de sérotonine ( *aliments et LNAA* ) ( [11](#) ↓ - [13](#) ).

D'autre part, les décisions sociales, telles que l'aide, la confiance ou la punition sociale [généralement évaluées comme des taux de rejet dans le jeu de l'ultimatum (UG)] sont sensibles aux influences des états hormonaux et des neurotransmetteurs ( [3](#) , [5](#) , [14](#) ). Les études humaines sur la neuromodulation induisent généralement des effets supraphysiologiques, par exemple, par des manipulations pharmacologiques qui vont au-delà de celles induites par une prise alimentaire régulière (par exemple, réf. [2](#) vs réf. [4](#) ). D'autres études ont tenté de manipuler les concentrations de glucose dans le sang soit par des boissons contenant du glucose, soit par des exercices cognitifs censés épuiser les ressources en glucose ( [3](#) , [15](#) ). Contrairement aux interventions pharmacologiques hautement sélectives ou à l'impact des boissons contenant du glucose, un repas équilibré contient un mélange de protéines et de glucides, ce qui entraîne des fluctuations physiologiques évidentes à travers une gamme de paramètres métaboliques. Cependant, on ne sait pas si la composition en macronutriments d'un simple repas de style occidental est suffisante pour modifier les paramètres métaboliques qui à leur tour ont un impact sur la prise de décision sociale.

Dans cette étude, nous avons étudié l'impact de la composition en macronutriments d'un repas typiquement occidental sur la prise de décision sociale. Tout d'abord, nous avons testé si la composition en macronutriments du petit-déjeuner influence le comportement de prise de décision sociale. Dans une deuxième étude, nous avons manipulé expérimentalement la composition en macronutriments d'un petit-déjeuner standardisé et surveillé les paramètres métaboliques tout en évaluant les décisions sociales. Comme résultat principal, nous avons évalué les taux de rejet (comme une approximation de la punition sociale) qui ciblent un comportement non conforme à la norme dans un UG ( [16](#) ). Nous avons émis l'hypothèse qu'un repas avec un rapport glucides / protéines (glucides / protéines) élevé induirait des changements métaboliques et hormonaux distincts qui se traduiraient par des taux de punition sociale différents.

## **Matériaux et méthodes**

Le jeu Ultimatum (UG) est un jeu à deux dans lequel une personne (le proposant) suggère comment partager une somme d'argent avec un autre joueur (le receveur; voir [Fig. S1](#) ). Si le destinataire accepte l'offre proposée, les deux joueurs sont payés en conséquence. Cependant, si le destinataire

rejette l'offre, aucun des deux ne reçoit de paiement. Des études montrent que les destinataires rejettent généralement les offres abusives, ce qui est interprété comme une forme de punition sociale (16).

## Résultats de l'étude 1

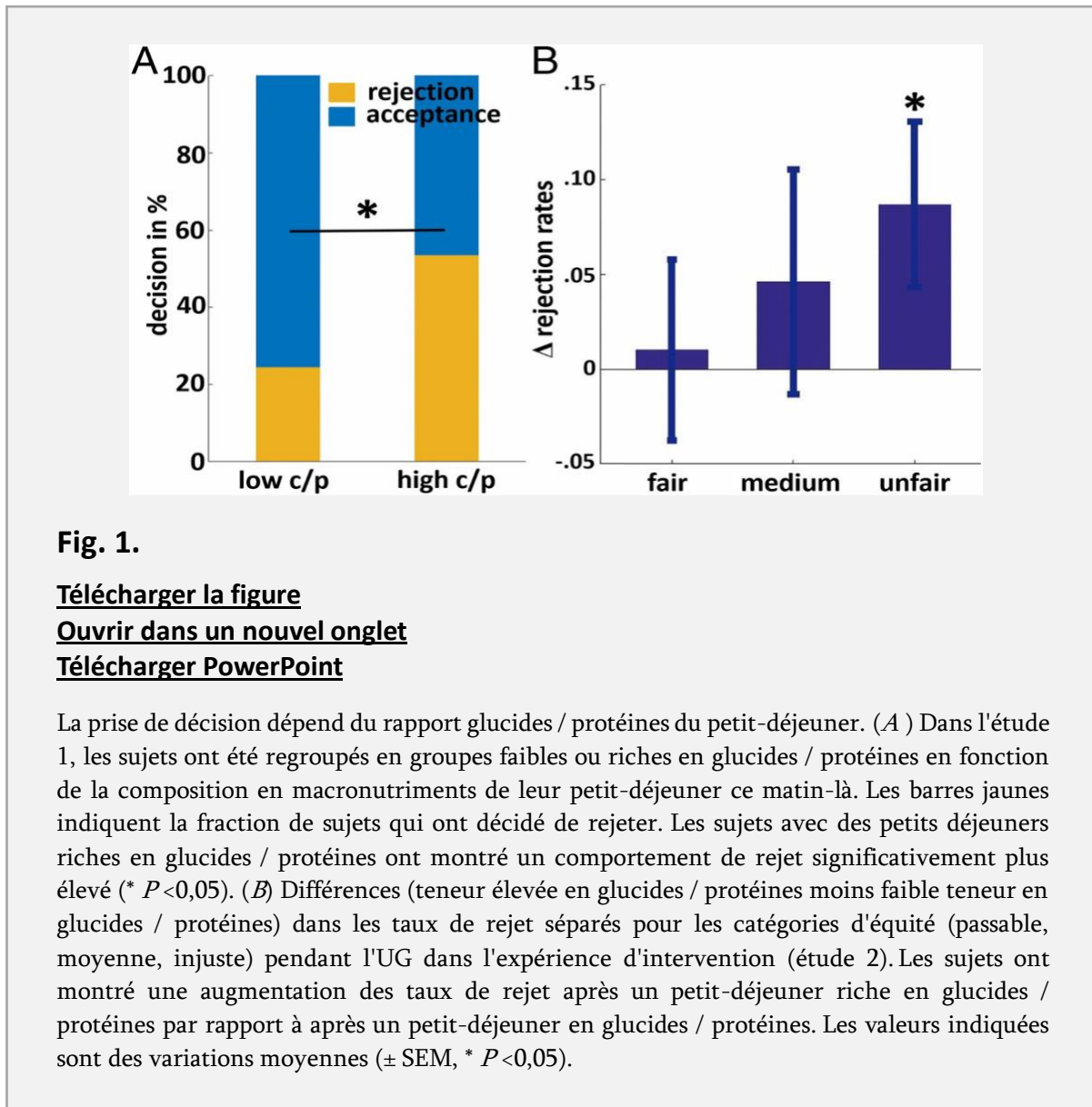


Fig. 1.

[Télécharger la figure](#)

[Ouvrir dans un nouvel onglet](#)

[Télécharger PowerPoint](#)

La prise de décision dépend du rapport glucides / protéines du petit-déjeuner. (A) Dans l'étude 1, les sujets ont été regroupés en groupes faibles ou riches en glucides / protéines en fonction de la composition en macronutriments de leur petit-déjeuner ce matin-là. Les barres jaunes indiquent la fraction de sujets qui ont décidé de rejeter. Les sujets avec des petits déjeuners riches en glucides / protéines ont montré un comportement de rejet significativement plus élevé (\*  $P < 0,05$ ). (B) Différences (teneur élevée en glucides / protéines moins faible teneur en glucides / protéines) dans les taux de rejet séparés pour les catégories d'équité (passable, moyenne, injuste) pendant l'UG dans l'expérience d'intervention (étude 2). Les sujets ont montré une augmentation des taux de rejet après un petit-déjeuner riche en glucides / protéines par rapport à après un petit-déjeuner en glucides / protéines. Les valeurs indiquées sont des variations moyennes ( $\pm$  SEM, \*  $P < 0,05$ ).

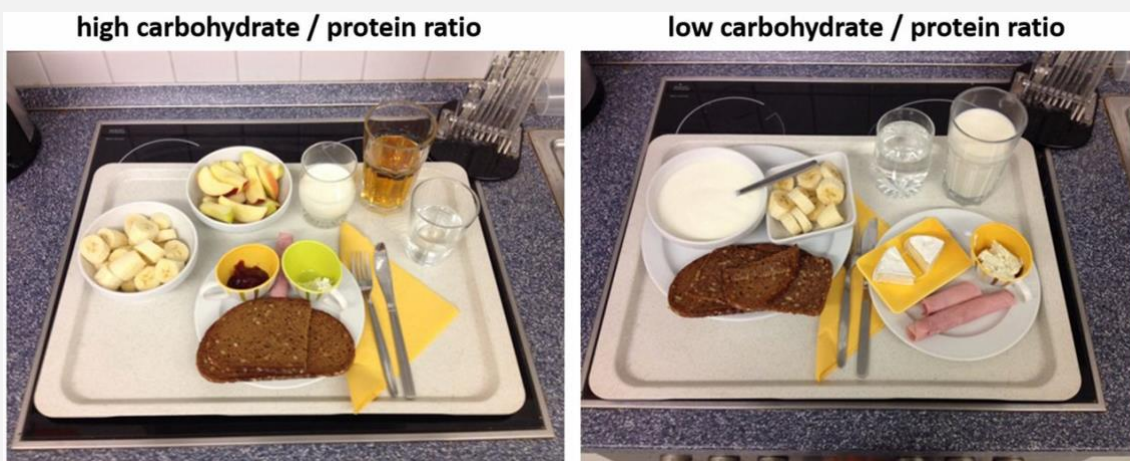
Motivés par les résultats de l'étude 1, nous avons conçu une expérience d'intervention randomisée, équilibrée et croisée avec une conception en double aveugle qui nous a permis de tester une relation causale entre la composition en macronutriments d'un repas contrôlé et les taux de rejet (étude 2). Parce que notre objectif était d'induire des fluctuations physiologiques des paramètres métaboliques en raison de la consommation alimentaire, nous avons proposé aux sujets des petits-

déjeuners dont la composition en macronutriments différait, bien que dans une fourchette présente dans les petits déjeuners de style occidental. Cette approche nous a permis d'évaluer l'impact d'un rapport glucides / protéines contrôlé faible (50% / 25%) vs élevé (80% / 10%) d'un petit-déjeuner standard sur les décisions de rejet ultérieures et les paramètres métaboliques individuels.

Confirmant les résultats de l'étude 1 dans un cadre expérimental contrôlé, dans l'étude 2, la composition en macronutriments du petit-déjeuner a considérablement modulé les taux de rejet en réponse à des offres injustes. Les résultats ont indiqué un effet principal pour le petit-déjeuner [  $F(1, 2090) = 7,77, P = 0,005$ ] et les catégories d'équité [  $F(2, 2090) = 209,859, P < 0,001$ ]. Les taux de rejet étaient significativement plus élevés dans la condition riche en glucides / protéines (moyenne = 0,69) par rapport à la condition faible en glucides / protéines (moyenne = 0,60) pour les offres déloyales [  $t(2090) = 2,82, P = 0,005$ ] ( [Fig. 1 B](#)). Ainsi, les sujets rejetaient plus souvent les offres déloyales après un petit-déjeuner riche en glucides / protéines.

## Procédure expérimentale de l'étude 2.

Les sujets ont été testés dans une conception randomisée, équilibrée, intra-sujet au cours de deux sessions séparées par au moins 7 jours (maximum 9 jours). Les deux séances étaient identiques à l'exception de la composition en macronutriments chez les sujets du petit déjeuner. Un jour, les sujets ont reçu un petit-déjeuner avec une faible teneur en glucides et en protéines (faible teneur en glucides / protéines), et l'autre jour, ils ont reçu un petit-déjeuner à haute teneur en glucides et en protéines (haute teneur en glucides) / condition protéique). Les deux petits-déjeuners contenaient la même quantité totale de calories (850 kcal) et les sujets devaient consommer tout le petit-déjeuner.



**Fig. S2.**

[Télécharger la figure](#)

[Ouvrir dans un nouvel onglet](#)

[Télécharger PowerPoint](#)

Étude sur le petit-déjeuner 2. Selon les conditions expérimentales, un petit-déjeuner riche en glucides / protéines (à gauche) ou faible en glucides / protéines (à droite) a été servi.

Dans l'étude 2, tous les sujets étaient dans le rôle du récepteur et ont joué 48 essais de l'UG avec 48 proposants différents via une interface informatique. Dans chaque essai, les sujets ont observé séquentiellement l'image du proposant (1 500 ms), la dotation du proposant (1 500 ms) et l'offre du proposant (3 000 ms). En appuyant sur l'un des deux boutons, les sujets pouvaient indiquer s'ils acceptaient ou rejetaient l'offre. Leur réponse a été mise en évidence sur l'écran ( [Fig. S1](#)). Les photos des proposants ont été mises en correspondance au hasard avec les offres. Huit offres «justes», huit «moyennes» et huit «abusives» ont toutes été présentées deux fois dans un ordre aléatoire. Les offres équitables se situaient entre 40% et 50% de la dotation du proposant, les offres médium entre 27% et 33%, et les offres injustes entre 18% et 22%. Ainsi, dans différents procès, le même montant pourrait être une offre juste ou injuste, selon la dotation du proposant. De cette façon, nous pourrions enquêter sur l'équité indépendamment de la récompense monétaire. La variable dépendante était la décision de punition (oui ou non) en ce qui concerne les offres justes, moyennes et déloyales rejetées. Les sujets ont été informés que les proposants sur la photo avaient déjà participé à l'expérience et qu'ils recevraient leur argent selon les décisions du destinataire. Chaque essai a commencé avec une photo du prétendu proposant.

Après avoir terminé l'UG, les sujets ont de nouveau rempli les questionnaires respectifs et ont été ramenés dans leur chambre où le dernier échantillon de sang a été prélevé (1315 heures). Les sujets ont reçu des frais pour leur participation à l'ensemble de l'étude. On leur a dit qu'en outre, l'un de tous les essais de la batterie de tests des deux sessions serait choisi au hasard et payé après la deuxième session.

## Conclusion

Dans cette étude, nous avons démontré que la composition en macronutriments des aliments influence fortement nos décisions sociales, montrant une modulation dans le précurseur de la dopamine comme mécanisme sous-jacent. Nos résultats jettent un éclairage nouveau sur la pertinence frappante de la prise alimentaire. Cela ouvre de nouvelles perspectives sur des problèmes, tels que les comportements antisociaux ainsi que le problème mondial de la mauvaise nutrition. Ces derniers peuvent non seulement avoir des conséquences négatives sur la santé physique mais aussi sur les décisions sociales. Dans ce contexte, les régimes populaires, comme par exemple les régimes à faible teneur en glucides, pourraient être traités avec prudence. Indépendamment de l'efficacité d'un régime pour perdre du poids, il pourrait avoir des effets secondaires potentiels sur le comportement social des gens. En soulignant l'importance des campagnes d'éducation et de soutien pour établir une alimentation équilibrée, nos résultats ont des implications pour la société, l'économie, et la formation des politiques. Plus précisément, la nature de la distribution alimentaire à grande échelle - comme dans la maternelle, les écoles et l'armée - mériterait d'être revue. Enfin, nos résultats suggèrent des possibilités inhérentes aux interventions alimentaires ciblées en tant que

traitements supplémentaires possibles dans le contexte clinique qui pourraient soutenir les programmes de modification du comportement établis.

## **Remerciements**

Ce travail a été soutenu par la Deutsche Forschungsgemeinschaft Grants INST 392 / 125-1 et PA 2682 / 1-1 (à SQP) et la subvention avancée META-GROWTH du Conseil européen de la recherche (ERC-2012-AdG 322605).