

Juin 2017  
volume n°7 / numéro n°1  
www.agronomie.asso.fr

# Agronomie

environnement & sociétés

La revue de l'association française d'agronomie



## Nutrition et agronomie



Agronomie, Environnement & Sociétés est une revue à comité de lecture et en accès libre éditée par l'Association Française d'Agronomie (AFA) sous le numéro ISSN 1775-4240. Plus d'informations [www.agronomie.asso.fr/aes](http://www.agronomie.asso.fr/aes). L'AFA est une association à but non lucratif qui publie des travaux en accès libre.

Les articles sont publiés sous la licence Creative Commons2.0. La citation ou la reproduction de tout article doit mentionner son titre, le nom de tous les auteurs, la mention de sa publication dans la revue AE&S et de son URL, ainsi que la date de publication.

## Produits ultra-transformés versus aliments complexes

### Ultra-processed products versus complex foods

Anthony FARDET\*

\*Chargé de Recherche en Alimentation Préventive  
INRA, UMR 1019, UNH, CRNH Auvergne, F-63000 Clermont-Ferrand & Clermont Université, Université d'Auvergne, Unité de Nutrition Humaine, BP 10448, F-63000 Clermont-Ferrand, France - Tél. : 04 73 62 47 04 - Fax : 04 73 62 47 55  
E-mail: Anthony.fardet@clermont.inra.fr

#### Résumé

Il est usuel de définir le potentiel santé d'un aliment sur la seule base de sa composition nutritionnelle. Cette approche réductionniste n'est que partiellement vraie et a entraîné les nutritionnistes et les technologues à ne considérer les aliments que comme une somme de composés qui pouvait être fractionnée puis recombinaison sous forme d'aliments ultra-transformés par opposition aux aliments complexes peu transformés. Or le potentiel santé d'un aliment, c'est aussi son effet « matrice » qui joue des rôles essentiels sur la satiété et la vitesse de libération des nutriments dans l'organisme. Cette vision holistique de l'aliment considère alors que le tout est supérieur à la somme des parties et qu'un aliment n'est pas qu'une somme de nutriments. D'autant plus que les études épidémiologiques montrent très clairement qu'une forte adhésion à des produits ultra-transformés enrichis en gras, sucre et sel est associée à des augmentations significatives des risques de maladies chroniques.

#### Mots-clés

Aliments complexes, degré de transformation, produits ultra-transformés, potentiel santé, effet « matrice ».

#### Abstract

It is usual to define the health potential of a food on the basis of its nutritional composition. This reductionist approach is only partially true and has led nutritionists and technologists to consider the food as a sum of compounds which can be fractionated and recombined in the form of ultra-processed foods as opposed to normally processed or unprocessed complex foods. Yet the health potential of a food is also its "matrix" effect which plays essential roles on satiety and nutrient release rates in the body. This holistic view of the food considers that the whole is greater than the sum of its parts and that food is not only a sum of nutrients. Especially since epidemiological studies clearly showed that a strong adherence to ultra-processed food, enrich in fat, sugar and salt is associated with significant increases in the risk of chronic diseases.

#### Keywords

Complex foods, degree of processing, ultra-processed products, health potential, 'matrix' effect.

## Introduction

L'alimentation durable est aujourd'hui au centre de tous les débats. La durabilité inclut de nombreuses dimensions dont celle de la protection de l'environnement, du bien-être animal et de la santé (Johnston *et al.*, 2014). Concernant la santé, une alimentation durable est une alimentation qui permet de vivre longtemps en bonne santé, ce qui n'est pas le cas aujourd'hui puisqu'en moyenne le français vit 21 ans en mauvaise santé jusqu'à sa mort (Fardet et Rock, 2014b). Si l'on considère l'espérance de vie théorique et en bonne santé, globalement le français vit donc avec une maladie chronique entre sa retraite et son décès.

On a coutume de parler du triple fardeau de la malnutrition qui englobe les déficiences nutritionnelles (dues à des régimes monotones ou riches en produits raffinés), la sous-nutrition et la surnutrition. Tous les pays sont touchés par ce triple fardeau selon des proportions différentes, mais dans nos pays occidentalisés, la surnutrition est particulièrement prégnante depuis quelques décennies, avec comme conséquences le développement du diabète de type 2 et de l'obésité dans des proportions alarmantes (Ng *et al.*, 2014). Or, ces deux maladies métaboliques constituent des portes d'entrée pour les autres maladies chroniques comme les maladies cardiovasculaires, certains cancers, la sarcopénie ou l'ostéoporose (Fardet et Boirie, 2013).

Si se focaliser sur la composition nutritionnelle est important pour combattre les déficiences, comme en témoignent les produits enrichis en certains micronutriments ou les opérations menées dans les pays en développement pour lutter contre les déficiences en iode, vitamine A et fer, c'est plutôt sur le degré de transformation des aliments qu'il faut se focaliser pour combattre les maladies chroniques de surnutrition (Fardet, 2014b ; Fardet et Rock, 2015). Cependant, pratiquement tous les aliments sont transformés ; par conséquent le problème ne réside pas dans la transformation en tant que telle mais plutôt dans sa nature et/ou son intensité. Certaines transformations améliorent le potentiel des aliments tandis que d'autres le détériorent (Fardet, 2014a).

La technologie a d'abord eu pour objectif de fournir des aliments sains sur le plan microbiologique (techniques de conservation, fermentations et traitements thermiques) et aux propriétés organoleptiques satisfaisantes. La troisième composante, à savoir développer des aliments bons pour la santé, n'est venue que plus tardivement : c'est ce que j'appelle la « triple-contraainte technologique ». On pourrait aussi ajouter une quatrième contraainte, celle de la durabilité pour l'environnement.

Il n'est pas tâche aisée pour les technologues de remplir toutes ces contraintes ensemble, à savoir développer des aliments à la fois sains, bons pour la santé et l'environnement, et savoureux. Pourtant un aliment bon pour la santé mais désagréable au goût ne sera pas consommé. Ou alors un aliment bon au goût mais mauvais pour la santé peut aussi poser problème : c'est par exemple le cas de la « junk food » riche en sucres, sel et matières grasses ajoutées pour rendre les aliments très palatables et favoriser l'acte d'achat. En outre un aliment bon pour la santé peut ne pas l'être autant pour l'environnement si son coût carbone (calculé avec les analyses de cycle de vie ou ACV) est élevé. On le voit, l'équation est complexe.

Dans cet article, j'aimerais tout d'abord revenir sur la définition du potentiel santé d'un aliment, puis d'un aliment ultra-

transformé et enfin terminer sur la relation qui existe entre le degré de transformation d'un aliment et ses effets sur la santé et les risques de développer des maladies chroniques.

## Qu'est-ce que le potentiel santé d'un aliment ?

### Effet « composition » + effet « matrice »

On a coutume de définir le potentiel santé d'un aliment sur sa seule composition nutritionnelle, notamment au regard des besoins journaliers en macro- (glucides, protéines et lipides) et micro- (vitamines, minéraux et oligo-éléments) nutriments, et fibres alimentaires. Cette approche par nutriment est en réalité très réductrice car elle néglige un aspect fondamental du potentiel santé d'un aliment : les propriétés de sa matrice, à savoir sa forme, sa dureté, sa porosité, les interactions entre ses constituants... (Fardet, 2015c ; Fardet et Rock, 2015) ; autant de propriétés physicochimiques de l'aliment qui sont fondamentales pour bien comprendre le réel potentiel santé d'un aliment (Fardet et al., 2013). A composition strictement identique (en nutriments et calories) mais avec des matrices différentes, deux aliments n'auront pas le même potentiel santé (Fardet, 2016b). Pourquoi ? Parce que la matrice et les interactions des nutriments en son sein jouent un rôle primordial sur la vitesse de libération des nutriments dans l'organisme humain, donc sur leur biodisponibilité et au final sur le métabolisme, mais elle joue aussi un rôle sur le sentiment de satiété (Fardet, 2016b). En effet, un aliment plus dur et qui demande un certain degré de mastication stimulera davantage les hormones de satiété qu'un aliment mou et vite avalé (Higgs et Jones, 2013 ; Park et al., 2016 ; Zhu et Hollis, 2014).

Pour résumer, le potentiel santé d'un aliment, c'est la combinaison de sa composition nutritionnelle (composante quantitative) et de son effet « matrice » (composante qualitative) (Fardet et Rock, 2015). Par exemple, un aliment peut contenir 10 mg de vitamine C - comme indiqué sur son étiquette - ; cela ne présage pourtant pas de la vitesse de libération, ni des sites d'absorption, ni de la quantité finale absorbée de la vitamine dans l'organisme, autant de paramètres clefs pour le métabolisme du nutriment en question. Ainsi acheter ses aliments sur la seule base de la composition sur les étiquettes est un leurre ; car cela ne dit rien de l'effet « matrice », de l'impact glycémique, du pouvoir satiétogène et donc au final du degré de transformation de l'aliment. Par exemple une pomme entière ou broyée en compote avec la même composition n'auront pas les mêmes effets métaboliques, par exemple sur le sentiment de satiété ou la vitesse de libération des sucres dans l'organisme (Haber et al., 1977).

Si vous fabriquez un pain ou des pâtes alimentaires à partir du même blé dur (donc de même composition nutritionnelle), vous obtenez chez l'homme des effets métaboliques très différents. Les pâtes sont une source de glucides lentement libérés dans le tube digestif et le pain, une source de sucres plus rapidement libérés : les hormones, comme l'insuline, ne réagissent pas de la même manière selon ces cinétiques (Granfeldt et al., 1991). Pour les lipides, selon la taille des globules gras, toujours à composition identique, on obtient des effets métaboliques différents (Armand et al., 1999). Concernant l'effet « matrice », des amandes consommées intactes ou broyées ne libèrent pas leurs lipides de la même manière : ainsi, pour les amandes intactes, la proportion de lipides arrivant au côlon est plus importante que

pour des amandes broyées, les cellules fibreuses naturelles jouant le rôle de barrière aux enzymes digestives comme la lipase, limitant ainsi la proportion de lipides absorbés puis métabolisés (Grundy et al., 2016 ; Grundy et al., 2015a ; Grundy et al., 2015b). Pour les protéines, il existe aussi des protéines lentes ou rapides selon la matrice et le degré de mastication, avec des conséquences bien identifiées sur l'anabolisme postprandial (Boirie et al., 1997 ; Rémond et al., 2007). Et on pourrait élargir et décliner cet effet « matrice » à tous les autres micronutriments, notamment les vitamines B et les polyphénols qui bien souvent dans l'aliment ont des formes à la fois libres et liées (Fardet et al., 2013). On voit bien que la seule composition nutritionnelle est une approche très limitée - voire désuète.

Dans les aliments complexes, la fraction fibre joue un rôle très important, non seulement dans l'effet « matrice » en encapsulant certains nutriments et les rendant moins accessibles aux enzymes, mais aussi par tous les micro- et phytonutriments qui leur sont liés (« fiber co-passengers » en anglais) (Vitaglione et al., 2008). Ainsi liés, ils peuvent être délivrés très progressivement dans le tube digestif, voire même dans le côlon où certains antioxydants liés aux fibres jouent un rôle essentiel pour piéger la multitude de radicaux libres produits par les bactéries coliques, limitant ainsi l'augmentation du stress oxydant, un facteur de risque pour le cancer colorectal (Vitaglione et al., 2008). Qu'en est-il des fibres purifiées et ajoutées aux aliments ? Le raisonnement des industriels est le suivant : si les fibres, c'est « bon pour l'organisme », alors on peut les isoler et enrichir les aliments avec ; mais encore une fois c'est oublier l'effet « matrice » et toutes les interactions entre les fibres et les nutriments en son sein. Plusieurs études montrent que les effets physiologiques des fibres naturelles versus ajoutées (e.g., métabolismes glucidiques et lipidiques) ne sont pas les mêmes (Jones, 2013). En outre il a été récemment montré que les fibres ajoutées ou transformées ont des propriétés physicochimiques détériorées comme une moins bonne capacité de rétention d'eau ou une aptitude différente à fermenter dans le colon (Monro et al., 2016). Et les fibres extraites et purifiées ont perdu leurs composés associés ou « fibres co-passengers ». Bien que d'autres études soient nécessaires, il semble donc que les fibres naturelles au sein d'un aliment aient de meilleures propriétés nutritionnelles que des fibres ajoutées.

### Le « Nutritionism »

L'approche selon seulement les nutriments - ce que les anglo-saxons appellent le « Nutritionism » (Scrinis, 2013) - n'arrange au final que les industriels (Scrinis, 2015). Pourquoi ? D'abord parce que les gens n'ont généralement pas les connaissances suffisantes pour déchiffrer correctement ces étiquettes (qui sont d'ailleurs souvent écrites très petites !) ; et deuxièmement parce qu'avec cette approche on peut vous vendre un aliment ultra-transformé très raffiné et riche en énergie sous couvert d'allégation santé (Scrinis, 2015) ; et bien souvent à un prix supérieur. Par exemple, beaucoup se plaignent que certains sodas sont trop riches en sucre : « OK » disent les industriels, « on va vous faire un soda 'light' » en vous faisant croire que c'est un produit plus sain. Il n'en demeure pas moins que cela reste un aliment ultra-transformé pauvre en micronutriments protecteurs. Pareil pour les réductions de sels et de gras : si l'aliment à la

base est déjà pauvre nutritionnellement on peut bien modifier sa formulation à l'infini, il restera pauvre. Et il faut bien remplacer le gras, le sel et le sucre par d'autres ingrédients (e.g. additifs de texture), souvent pour des raisons technologiques. C'est la même chose avec les aliments enrichis ou fonctionnels. L'approche reste toujours réductionniste basée sur l'enrichissement en quelques nutriments : rien sur l'effet « matrice » ni sur le degré de transformation. Or la transformation ne se contente pas de modifier la composition elle joue grandement sur l'effet « matrice » (Fardet et al., 2015).

Concernant le « Nutritionism » un des pionniers à avoir pointé les risques de cette approche est Gyorgy Scrinis, un enseignant-chercheur australien. Il définit trois phases dans le Nutritionism (Scrinis, 2013) :

1) La période du 'Quantifying Nutritionism' plutôt contrôlée par les chercheurs (≈1850-1950 : le focus principal des scientifiques était de découvrir et quantifier les nutriments dans les aliments, et les besoins nutritionnels de l'organisme, afin notamment de lutter contre les maladies de déficiences nutritionnelles) ;

2) La période du 'Good-and-Bad Nutritionism' plutôt contrôlée par les pouvoirs publics (commence au début des années 60 : le focus est ici mis sur les nutriments à éviter ou à réduire, et ceux à privilégier afin de lutter contre le développement des maladies chroniques) ;

3) La période du 'Functional Nutritionism' plutôt contrôlée par les industries agro-alimentaires (du milieu des années 90 à nos jours : les aliments sont considérés comme fonctionnels en relation avec la santé de l'organisme afin notamment d'optimiser notre statut santé ou de corriger certains déséquilibres).

Puis dans un article plus récent, Gyorgy Scrinis analyse les dangers du Nutritionism appliqué à la technologie pour le développement de nouveaux aliments, notamment vis-à-vis de la reformulation, l'enrichissement (« fortification ») et la fonctionnalisation (« aliments fonctionnels ») (Scrinis, 2015). Il explique qu'une telle approche permet aux industriels de l'agroalimentaire de mettre sur le marché, sous couvert d'innovation pour notre santé, une multitude de nouveaux aliments en les reformulant, les enrichissant ou les fonctionnalisant. Cependant, compte-tenu du développement toujours croissant des maladies chroniques liées à l'alimentation dans nos sociétés occidentales, et aujourd'hui dans les pays émergents, il semble que la reformulation des aliments ait échoué à enrayer ces « épidémies ». Avec comme seule approche la composition nutritionnelle, les formulations des aliments sont infinies mais pour l'heure aucun bénéfice pour notre santé n'en a résulté.

## Qu'est-ce qu'un aliment ultra-transformé ?

### **De la technologie au service de l'aliment à l'aliment au service de la technologie**

Force est de constater que si, à son origine, la technologie était au service de l'aliment, progressivement c'est l'aliment qui est devenu au service de la technologie. En effet, au tout début la technologie a servi l'aliment pour le rendre sûr, comestible et palatable. Difficile de manger des grains de céréales non transformés ! La fermentation a aussi donné du goût à certains aliments comme pour les produits laitiers, le pain, les légumineuses, etc. La mise en conserve a permis de

conserver les aliments sur de longues périodes permettant par exemple aux marins de partir en mer avec des stocks suffisants et sûrs de produits alimentaires.

Puis progressivement, en raison d'impératifs économiques et de rentabilité, c'est l'aliment qui a dû s'adapter aux contraintes agronomiques et technologiques. Prenons l'exemple du pain. Pour gagner du temps, on a accéléré la fermentation en remplaçant le levain par des levures chimiques, on a augmenté l'intensité du pétrissage, on a sélectionné les blés sur leur teneur en protéines (et non plus sur leur densité en composés bioactifs protecteurs) pour obtenir un réseau protéique dans le pain plus résistant aux nouvelles contraintes technologiques, e.g. la congélation des pâtes, ajoutant même du gluten vital quand cela était insuffisant (Rémésy et al., 2015). Ainsi, on a fini par produire un pain blanc à la mie très aérée pauvre en fibres, vitamines et minéraux et sans aucune valeur nutritionnelle à part apporter de l'énergie et des sucres rapidement digérés. A l'opposé, un pain semi-complet au levain avec un pétrissage moins intensif donne des pains à la mie plus dense, riche en micronutriments et source de sucres « lents ». Par ailleurs lorsque la sélection des variétés de tomate a été organisée à partir des années 50, elle ne s'est pas préoccupée du goût ni de sa densité nutritionnelle : résistances aux maladies et aux ravageurs, rendements, précocité, texture et conservation étaient prioritaires. Certes les fruits sont beaux, bien rouges et ronds mais que reste-t-il de la saveur et de la richesse en micronutriments en voulant accélérer la croissance ou fournir des aliments en toutes saisons ?

En outre, l'intensité des traitements technologiques a augmenté, passant de la simple cuisson à l'eau bouillante ou à la vapeur à la cuisson-extrusion à hautes pressions et températures ou au fractionnement des aliments (« cracking ») puis à leur reconstitution à partir d'ingrédients initialement extraits d'aliments complexes. Dans ces deux cas, la matrice initiale de l'aliment complexe est malmenée, soit déstructurée, soit raffinée, soit fragmentée. Pourquoi pas ? On a aussi besoin d'innovation et de créer de nouveaux aliments, pourvu que ce soit pour notre plaisir ou notre santé. Le problème c'est quand ces aliments deviennent la base de notre régime comme on le verra dans la partie suivante.

### **Vers une classification des aliments selon leur degré de transformation**

Pour chaque groupe d'aliments, que ce soient les fruits, légumes, céréales, légumineuses, viandes, poissons ou produits laitiers, le degré de transformation peut donc varier grandement. Certes, on conseille cinq fruits et légumes par jour, mais avec quel degré de transformation ? Ce n'est pas pareil de consommer cinq verres de jus de pomme clarifié que cinq fruits complexes non transformés et différents.

S'apercevant que les populations les plus touchées par les maladies chroniques, notamment l'obésité et le diabète de type 2, étaient celles qui adhéraient le plus fortement à un régime à base majoritairement d'aliments très transformés, des chercheurs brésiliens se sont interrogés sur la pertinence de classer les aliments sur la base de leur degré de transformation (Monteiro et al., 2015). C'est ainsi qu'est née officiellement la classification internationale NOVA (Moubarac et al., 2014). En effet ce ne sont pas les groupes alimentaires tels qu'on les connaît qui posent problème en tant que tel mais plutôt la façon dont on les transforme.



La classification NOVA définit 4 groupes technologiques (Monteiro et al., 2016) :

**Groupe 1 : Les aliments peu ou pas transformés (Tableau 1)**

Les aliments non transformés (ou naturels) sont les parties comestibles des végétaux (graines, fruits, feuilles, tiges, racines) ou des animaux (muscles, abats, œufs, lait) et aussi des champignons et des algues, et l'eau. Les aliments peu transformés sont des aliments naturels soumis à un ou des traitements, surtout physique, qui ne modifie pas substantiellement les propriétés nutritionnelles et les utilisations des aliments d'origine (voir la liste dans le Tableau 1). Ces procédés sont utilisés pour prolonger la durée de vie des aliments non transformés, permettant ainsi leur stockage pour une utilisation prolongée, et pour faciliter et ou diversifier la préparation des aliments comme dans le cas du retrait des parties non comestibles, l'écrasement ou le broyage des

graines, le grillage des grains de café ou des feuilles de thé et la fermentation du lait pour fabriquer des yaourts. Le Groupe 1 inclut aussi les aliments faits de deux ou plus d'aliments représentatifs de ce groupe tels que les mélanges de fruits secs, le « granola » (un mélange d'avoine, d'amandes et de miel apparenté au muesli), les mélanges de fruits secs et de fruits à coques sans sucre, miel ou huile ajoutés ; et les aliments complémentés avec des vitamines et des minéraux généralement ajoutés pour remplacer les nutriments perdus durant la transformation tels que les farines de blé ou de maïs enrichies en fer ou acide folique. Les éléments du Groupe 1 peuvent contenir, mais peu fréquemment, des additifs utilisés pour préserver les propriétés de l'aliment original : les exemples sont les légumes emballés sous vide avec ajout d'antioxydants et le lait ultra-pasteurisé avec ajout de stabilisants.

Groupes technologiques	Traitements technologiques	Aliments représentatifs
<b>Groupe 1: Les aliments pas ou peu transformés</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Nettoyage et l'élimination des fractions non comestibles</li> <li>- Lavage</li> <li>- Filtrage</li> <li>- Vannage</li> <li>- Tamisage</li> <li>- Dépeçage, découpage et désossage</li> <li>- Mise en portions</li> <li>- Mise en filet</li> <li>- Mise en bouteille, récipient ou contenant</li> <li>- Râpage</li> <li>- Pelage</li> <li>- Décorticage</li> <li>- Broyage</li> <li>- Floconnage des grains</li> <li>- Séchage</li> <li>- Réfrigération</li> <li>- Refroidissement</li> <li>- Congélation</li> <li>- Pasteurisation</li> <li>- Stérilisation</li> <li>- Cuisson à l'eau bouillante</li> <li>- Réduction de matières grasses et écrémage</li> <li>- Emballage simple, sous vide ou en présence de gaz</li> <li>- Pressage</li> <li>- Maltage (addition d'eau) et fermentation (addition de microorganismes vivant) sans production d'alcool</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Viandes rouges, volailles, poissons et fruits de mer, entier ou sous forme de steak, filets et autres morceaux ; frais, séchés, refroidis ou congelés</li> <li>- Œufs</li> <li>- Laits entier, demi-écrémé et écrémé frais, pasteurisé ou en poudre</li> <li>- Laits fermentés comme le yaourt nature sans sucre ou édulcorant ajouté</li> <li>- Céréales entières (e.g. grain de blé cuit, grain de maïs doux sur épi ou non, riz brun) ou polies incluant tous les types de riz (riz blanc, précuit)</li> <li>- Graines de légumineuses (lentilles, haricots et pois chiche de tous types)</li> <li>- Pâtes alimentaires, couscous ou polenta faits de farine, flocons ou gruaux et d'eau</li> <li>- Farines, flocons ou gruaux de maïs, blé, avoine ou manioc</li> <li>- Fruits frais, refroidis, congelés, comprimés, emballés sous vide ou séchés</li> <li>- Jus de fruits ou légumes frais ou pasteurisés non reconstitués et sans sucres, édulcorants ou arômes ajoutés</li> <li>- Légumes feuille ou racine frais, congelés, comprimés, emballés sous vide ou séchés</li> <li>- Racines et tubercules amylicés entiers, pelés ou emballés (e.g. pomme de terre et manioc)</li> <li>- Champignons frais ou secs</li> <li>- Fruits à coque et autres graines oléagineuses sans sucre ou sel ajouté</li> <li>- Epices (e.g. poivre, clous de girofle, cannelle)</li> <li>- Herbes fraîches ou séchées (e.g. thym, menthe)</li> <li>- Infusions à partir d'herbes</li> <li>- Thé</li> <li>- Café</li> <li>- Eau du robinet, de source, filtrée ou minérale</li> </ul>

Tableau 1 : Les aliments peu ou pas transformés  
Table 1. Un- and minimally-processed foods

## Groupe 2 : Les ingrédients culinaires (Tableau 2)

Ce sont des substances extraites du Groupe 1 par des transformations physiques et chimiques, tels que le pressage, le raffinage, la meunerie, le broyage et le séchage par pulvérisation, ou provenant directement de la nature comme le sel. Ils ont des propriétés et usages nutritionnels entièrement différents des aliments entiers originaux. L'objectif de ces transformations est de fabriquer des produits utilisables à la maison ou dans les cuisines de restaurant pour préparer, assaisonner et cuire les aliments du Groupe 1 ; afin de faire avec eux des plats « faits maison », soupes, bouillons, pains, conserves, salades, boissons, desserts et autres préparations culinaires diversifiées et agréables. La plupart fournissent essentiellement de l'énergie. Cependant, ils ne sont généralement pas consommés directement en tant que tels. Les éléments du Groupe 2 sont rarement consommés en l'absence des aliments du Groupe 1. Les exemples sont le sel

des mines ou de l'eau de mer, le sucre et les molasses obtenus à partir de la betterave ou de la canne à sucre, le miel extrait des ruches, le sirop d'érable, les huiles végétales à partir d'olives ou de graines écrasées, le beurre et le lard obtenus à partir du lait et du porc, respectivement, et les amidons extraits du maïs et autres plantes. Les produits consistant en deux éléments du Groupe 2 comme le beurre salé, des éléments du Groupe 2 avec ajouts de minéraux ou vitamines (e.g. sel iodé) et le vinaigre fabriqué par fermentation acétique du vin ou d'autres boissons alcoolisées restent dans ce groupe. Par ailleurs, les éléments du Groupe 2 peuvent contenir des additifs utilisés pour préserver les propriétés originales du produit : les exemples sont les huiles végétales avec ajout d'antioxydants, le sel de cuisson avec ajout d'anti-humectant (anti-moisissure), et le vinaigre avec ajout de conservateurs qui préviennent la prolifération des micro-organismes.

Groupes technologiques	Traitements technologiques	Aliments représentatifs
<b>Groupe 2 : Les ingrédients culinaires</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Raffinage</li><li>- Broyage</li><li>- Pressage</li><li>- Moutures</li><li>- Mise en poudre</li><li>- Hydrolyse</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Huiles végétales</li><li>- Graisses animales</li><li>- Sucres et sirops (e.g. miel, sirop d'érable)</li><li>- Amidons</li><li>- Vinaigres</li><li>- Sels</li><li>- Agents stabilisants</li><li>- Agents purifiants</li><li>- Autres additifs</li></ul>

Tableau 2 : Les ingrédients culinaires  
Table 2. Culinary ingredients

## Groupe 3 : Les aliments transformés (Tableau 3)

Les produits transformés sont relativement simples et sont fabriqués essentiellement avec l'ajout de sel, de sucre ou une autre substance d'utilisation culinaire du Groupe 2 comme l'huile ou le vinaigre à un aliment peu ou pas transformé du Groupe 1. La plupart des aliments transformés sont constitués d'un ou deux ingrédients. Les procédés incluent des méthodes de conservation et de cuisson variées, et dans le cas du pain et du fromage des fermentations non alcooliques. Le but principal de la fabrication des aliments transformés est d'augmenter la « durée de vie »

des aliments du Groupe 1, ou de modifier ou d'améliorer leurs qualités sensorielles. Les aliments transformés peuvent contenir des additifs utilisés pour conserver leurs propriétés originales ou pour résister à la contamination microbienne. Les exemples sont les fruits au sirop avec ajouts d'antioxydants et les viandes salées séchées avec ajouts de conservateurs. Quand des boissons alcoolisées sont identifiées comme « aliments », ceux produits par fermentation des aliments du Groupe 1 comme la bière, le cidre et le vin sont classés dans le Groupe 3.

Groupes technologiques	Traitements technologiques	Aliments représentatifs
<b>Groupe 3 : Les aliments transformés</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Cuissons (autres qu'à l'eau bouillante)</li><li>- Séchage</li><li>- Fumage</li><li>- Fermentations (alcooliques, pains et fromages)</li><li>- Mise en conserve, en bouteille ou en bocal avec de l'huile, du sucre, du sirop ou du sel</li><li>- Autres méthodes de conservation comme le salage, le marinage, le fumage ou l'épiciage</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Légumes et légumineuses mise en conserve ou bouteille et préservés dans une saumure</li><li>- Fruits pelés ou tranchés préservés dans du sirop</li><li>- Viandes et poissons transformés mais non reconstitués tels que le jambon, le bacon et le poisson fumé</li><li>- Poisson entier ou en morceaux conservé dans de l'huile</li><li>- Fromages</li><li>- Pains</li><li>- Graines (dont fruits à coque) salées</li><li>- Frites</li></ul>

Tableau 3 : Les aliments transformés  
Table 3. Processed foods.

## Groupe 4 : Les aliments ultra-transformés (Tableau 4)

Ce sont des formulations industrielles réalisées à partir typiquement de cinq ou plus d'ingrédients, le plus souvent de très nombreux. De tels ingrédients incluent souvent ceux aussi utilisés dans les aliments transformés tels que le sucre, les huiles, les autres matières grasses (notamment ani-

males), le sel, des antioxydants, des stabilisants et des conservateurs. Les ingrédients que l'on ne trouve que dans les aliments ultra-transformés incluent des substances non communément utilisées dans les préparations culinaires et des additifs dont le but est d'imiter les qualités sensorielles des aliments du Groupe 1 et des préparations culinaires réa-

lisées à partir de ces aliments, ou de masquer les qualités sensorielles indésirables des produits finaux. Les aliments du Groupe 1 ne sont qu'une petite proportion ou sont même absents des produits ultra-transformés. Les substances trouvées seulement dans les produits ultra-transformés incluent certaines directement extraites des aliments comme la caséine, le lactose, le lactosérum et le gluten, et certaines dérivées d'une transformation supplémentaire des constituants alimentaires telles que les huiles hydrogénées ou inter-estérifiées, les protéines hydrolysées, les isolats de protéines de soja, les maltodextrines, les amidons modifiés, le sucre inverti (mélange équimolaire de glucose et de fructose obtenu par hydrolyse du saccharose) et les sirop de maïs à teneur élevée en fructose. Les classes d'additifs trouvés seulement dans les aliments ultra-transformés incluent les colorants, les stabilisants de couleurs, les arômes, les exhausteurs de saveurs, les édulcorants et les aides technologiques telles que la carbonatation, les épaississants, les agents de charge, les anti-moussants, les agents antiagglomérants, les agents de glaçage, les émulsifiants, les séquestrants et les agents humectants. Au final, ce sont des aliments très denses en énergie et pauvres en micronutriments protecteurs.

Plusieurs procédés industriels sans aucun équivalent domestique sont utilisés dans la fabrication des produits ultra-transformés comme l'extrusion, le moulage et les prétraitements pour la friture. L'objectif principal de l'ultra-transformation industrielle est de créer des produits qui sont prêts à l'emploi ou à être chauffés, assujettis à remplacer à la fois les aliments non ou peu transformés qui sont naturellement prêts à être consommés tels que les fruits et légumes à coque, le lait et l'eau, les boissons, plats, desserts et repas fraîchement préparés. Les attributs communs des produits ultra-transformés sont l'hyper-palatabilité, une très grande accessibilité, des emballages sophistiqués et attrayants, des allégations santé, une forte rentabilité, et ils appartiennent généralement à de grandes marques de compagnies transnationales. En outre ces aliments sont souvent consommés par des individus isolés, rapidement « sur le pouce », devant des écrans, et/ou en dehors des

heures habituelles des repas, autant de facteurs obésogéniques en comparaison avec ceux associés à des repas pris en groupe. Quand des produits fabriqués uniquement d'aliments des Groupes 1 et 3 contiennent aussi des additifs cosmétiques ou intensifient les propriétés sensorielles tels que le yaourt nature avec des édulcorants ou les pains avec ajout d'émulsifiants, ils sont classés dans le Groupe 4. Quand des boissons alcooliques sont identifiées comme aliments, celles produites par fermentation des aliments du Groupe 1 suivies par distillation, comme le whisky, le gin, le rhum ou la vodka, sont classées dans le Groupe 4.

Bref, si l'on veut définir simplement un aliment ultra-transformé, c'est un aliment recombinaison à partir d'ingrédients isolés d'aliments complexes originaux ou ultra-raffiné au point de ne plus reconnaître l'aliment d'origine. Par exemple, vous ne trouverez pas de barres chocolatées ou de bonbons dans la nature : ils sont le fruit de la recombinaison de l'homme. En outre, plus la liste d'ingrédients sur l'emballage est longue plus vous avez de chances de vous trouver en face d'un aliment ultra-transformé. Si les aliments ultra-transformés ont perdu leur effet « matrice » il faut rappeler que leurs profils nutritionnels sont généralement très « mauvais » comme cela a été montré par exemple aux USA (Martínez Steele et al., 2017) et au Brésil (Martins et al., 2013), notamment en raison de l'ajout massif d'ingrédients et nutriments « non-sains » dans leur composition type sirop de fructose ou graisses hydrogénées.

Certes une telle classification pourrait ne pas plaire aux grandes industries agro-alimentaires qui mettent sur le marché de nombreux produits ultra-transformés sous couvert d'innovation ou bien aux technologues même comme en attestent quelques papiers récents (Botelho et al., 2016 ; Dwyer, 2015 ; Eicher-Miller et al., 2015 ; Weaver et al., 2014). Ces derniers proposent d'autres classifications des traitements technologiques, qui certes, sont sans doute intéressantes et pertinentes, mais le point de départ de la classification internationale NOVA a été de partir de problèmes de santé, et donc la problématique scientifique de départ n'est pas la même que celle des technologues.

Groupes technologiques	Traitements technologiques	Aliments représentatifs
<b>Groupe 4 : Les aliments ultra-transformés</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Recombinaison, reconstitution et formulation à partir d'ingrédients, notamment ceux du groupe 2 (huiles et matières grasses, farines, amidons et sucres)</li> <li>- Ajout en grand nombre de stabilisants, solvants, liants, conservateurs, épaississants, émulsifiants, édulcorants, exhausteurs de goût, colorants et autres additifs (agents technologiques)</li> <li>- Ajout d'eau et/ou d'air pour augmenter le volume</li> <li>- Ajout de micronutriments</li> <li>- Hydrogénation</li> <li>- Hydrolyse</li> <li>- Cuisson-extrusion</li> <li>- Mise en forme et remodelage</li> <li>- Prétraitements par friture ou cuisson</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Margarinés et pâtes à tartiner</li> <li>- Saucisses et charcuteries</li> <li>- Hamburgers et hot-dogs</li> <li>- Extraits de poulet et autres viandes</li> <li>- Produits à base de viandes reconstituées</li> <li>- Nuggets et bâtonnets de poulet ou de poisson</li> <li>- Chips</li> <li>- Laits concentrés</li> <li>- Yaourts aux fruits</li> <li>- Desserts préparés</li> <li>- Biscuits</li> <li>- Gâteaux, cakes, biscuits, viennoiseries et pâtisseries</li> <li>- Pain de mie, brioches et pains emballés</li> <li>- Conserves de confitures</li> <li>- Céréales du petit-déjeuner</li> <li>- Bonbons</li> <li>- Barres énergétiques et céréalières</li> <li>- Nectars de fruits</li> <li>- Café instantané</li> <li>- Bières et vins sans alcool</li> <li>- Snacks sucrés, salés et/ou gras</li> </ul>

		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Glaces</li> <li>- Chocolats</li> <li>- Soupes, nouilles et desserts instantanées emballées en poudre</li> <li>- Boissons laitières</li> <li>- Boissons fruitées</li> <li>- Boissons gazeuses, sucrées ou énergétiques (e.g. les sodas)</li> <li>- Boissons chocolatées</li> <li>- Boissons énergétiques</li> <li>- Sauces instantanées</li> <li>- Plats cuisinés industriels</li> <li>- Laits et formule infantiles</li> <li>- Produits prêts à chauffer incluant tartes, pizzas et plats de pâtes préparés</li> <li>- Produits préparés pour bébés</li> <li>- Produits amaigrissants tels que repas en poudre ou fortifiés, et substituts de repas</li> <li>- Extraits de levures</li> </ul>
--	--	--

Tableau 4 : Les aliments ultra-transformés  
Table 4. Ultra-processed foods.

## La place des aliments ultra-transformés dans l'alimentation

Les produits ultra-transformés ont leur place dans notre alimentation, mais plutôt comme produits de niche et ne devraient pas idéalement dépasser 15% de notre apport calorique journalier (Louzada et al., 2015). Au-delà, le risque de développer des maladies chroniques augmente significativement. Ces aliments sont donc intéressants pour manger « sur le pouce » quand on est pressé et qu'on n'a pas le temps de faire la cuisine (sens originel du terme « fast foods » qui n'est pas forcément négatif au départ), l'innovation, les aliments plaisir comme la confiserie ou la pâtisserie, ou bien pour créer de nouveaux aliments pour les rations militaires, l'alimentation clinique, l'alimentation des sportifs ou l'alimentation dans l'espace, pourquoi pas à plus long terme. Mais ces aliments ne devraient pas constituer la base de l'alimentation comme cela est presque devenu la norme dans certaines parties du monde (e.g. Brésil), dans de nombreuses grandes villes (e.g. Mexico) et dans certains pays anglo-saxons (e.g. USA, Canada et Angleterre). Par exemple au Canada la part de calories provenant des produits ultra-transformés a aujourd'hui dépassé 50% (Moubarac et al., 2016), et entre 1938 et 2011 la part de produits prêts à consommer a grimpé de 26,1 à 61,7 %, l'augmentation étant particulièrement notable pour les aliments ultra-transformés (Moubarac et al., 2014).

## Aliments ultra-transformés et santé

### Les études épidémiologiques

Au départ, dans les études épidémiologiques d'observation (transversales et longitudinales), le degré de transformation était peu pris en compte dans l'étude des associations entre alimentation et santé (Fardet et al., 2015). On y trouvait majoritairement des calculs de risques de développer des maladies chroniques sur la base d'aliments (e.g. soda), groupes d'aliments (e.g. fruits, légumes, viandes rouges et blanches, etc.) ou de nutriments isolés (e.g. acides gras saturés, vitamines, etc.) selon une approche réductionniste par nutriment. On pouvait trouver ici ou là la mention du degré de transformation des aliments dans une analyse binaire du type « céréales complètes versus raffinées » ou « produits

laitiers entiers versus écrémés » ou « viandes rouges versus transformées » par exemple. Mais cela n'allait guère plus loin !

Puis les chercheurs ont commencé à s'intéresser aux relations entre régimes alimentaires complexes (type méditerranéen ou végétarien) et santé. C'est déjà plus pertinent car on consomme des régimes, pas des nutriments, des aliments ou des groupes d'aliments. Les résultats sont d'autant plus intéressants qu'ils montrent que les régimes dit « sains » sont toujours constitués de beaucoup de produits végétaux peu transformés tandis que les régimes qualifiés de « non sains » sont plutôt caractérisés par un apport énergétique sous forme de produits animaux et ultra-transformés, augmentant quasiment tous le risque de développer des maladies chroniques (Fardet et al., 2015). Au contraire, les régimes sains diminuent ces risques, ou alors sont neutres. Plus qu'un groupe d'aliments, c'est donc le degré de transformation qui fait sens d'un point de vue santé pour lutter contre le développement des maladies chroniques (Fardet et al., 2015).

D'où l'idée d'introduire dans les questionnaires alimentaires pour ces études épidémiologiques le degré de transformation des aliments, mais plus détaillé qu'une comparaison binaire comme citée précédemment (Fardet et al., 2015). C'est ce que certains chercheurs ont commencé à faire en utilisant notamment la classification internationale NOVA, et montrant que les populations brésiliennes adhérant le plus aux produits ultra-transformés avaient des risques significativement supérieurs de développer l'obésité (Canella et al., 2014 ; Louzada et al., 2015), le syndrome métabolique (Tavares et al., 2012) ou des dyslipidémies (Rauber et al., 2015). On peut donc espérer que le degré de transformation soit maintenant davantage mis en avant dans les études épidémiologiques afin de formuler des recommandations alimentaires utiles au grand public. Ces études utilisant la classification NOVA montrent qu'il faut favoriser les aliments pas, peu ou normalement transformés.

Il est donc clair que l'accent devrait davantage être mis sur le degré de transformation des aliments dans les recommandations alimentaires des services publics (comme les brésiliens ont été les premiers à le faire en 2014) ; plutôt que sur des groupes d'aliments ou des nutriments. Car c'est



l'important « effet matrice » qui est ici en jeu et qui n'a jamais été considéré dans toutes les recommandations alimentaires quel que soit le pays. Si l'on pousse le raisonnement encore plus loin, on peut même aller jusqu'à dire que la composition nutritionnelle n'a plus beaucoup d'importance car si vous consommez en majorité des produits végétaux diversifiés peu transformés vous êtes sûr de remplir toutes les recommandations journalières par nutriment sans avoir réellement besoin de vous en préoccuper.

### Vers une approche plus holistique

Ainsi, plutôt que de consommer des aliments fonctionnels ou enrichis pour compenser à la base un régime alimentaire déséquilibré dans une logique curative réductionniste, il faudrait revenir à une alimentation globale à base d'aliments complexes pas, peu ou modérément transformés dans une logique préventive et holistique (Fardet et Rock, 2014a). C'est le point de vue défendu par Colin T Campbell, un chercheur américain en biochimie nutritionnelle : ce qu'il définit par le « Wholism » en faisant un jeu de mots entre « Holism » et « Whole » (Campbell et Jacobson, 2013). Sur la base de ses travaux de recherche et de son expérience, il propose de revenir à une alimentation végétale complexe peu transformée, ce qu'il appelle le « Whole Plant-based Food Diet ou WPFDF » (Campbell et Jacobson, 2013). Dans sa fameuse étude épidémiologique chinoise de grande envergure, il a observé que les populations adhérant le plus à des produits végétaux peu transformés étaient les moins malades, et qu'une alimentation riche en produits animaux et très transformée était associée à une augmentation significative du risque de développer des maladies chroniques (Campbell et Campbell, 2008). Il cite notamment des travaux de recherche des années 80 où des diabètes de type 2 ont pu être inversés en revenant à une alimentation à base de produits végétaux peu transformés, et ceci en seulement quelques semaines. Il n'y a donc pas de fatalité et il semblerait qu'une alimentation équilibrée à base d'aliments complexes peu transformés soit un atout majeur pour prévenir les maladies chroniques.

### Conclusion

L'aliment devrait donc être considéré holistiquement, c'est-à-dire comme un tout supérieur à la somme des parties, et non pas comme une seule somme de nutriments (Fardet, 2014b ; Fardet, 2016a). Les interactions des nutriments au sein de sa matrice sont essentielles et trop fractionner l'aliment complexe en ingrédients participe d'une démarche réductionniste considérant que l'aliment n'est qu'une somme de nutriments, ce qui est scientifiquement faux (Fardet et Rock, 2014b). En outre, les aliments ne sont jamais consommés seuls mais au sein de régimes alimentaires complexes dans lesquels les interactions entre les aliments jouent également un rôle ; ce qui revient à considérer que le potentiel santé d'un aliment au sein d'un régime de type occidental (« Western diet ») ne sera pas le même que celui au sein d'un régime de type méditerranéen.

Les technologies plus « douces » (ou « minimal processing ») sont plus « respectueuses » de la complexité des aliments : ce sont par exemple les techniques de pré-fermentation, pré-germination, ou d'autres techniques plus modernes de chauffage moins destructrices (Fardet, 2015c). On ne peut nier la complexité des aliments car c'est cette com-

plexité qui est protectrice, permettant à un maximum de nutriments à doses nutritionnelles d'agir en synergie dans l'organisme et de le protéger. Enrichir un aliment avec un seul composé à dose supra-nutritionnelle supposé protecteur, c'est déréguler cette complexité ou cet équilibre naturel. D'ailleurs, beaucoup d'études ont montré que ces types d'aliments n'amélioreraient pas vraiment la santé sur le long terme ; et même certaines études ont montré des effets délétères comme avec le beta-carotène (Fardet, 2015a ; Fardet, 2015b). Le bilan est décevant. Tout est question d'équilibre et de proportions.

Ainsi, sur la base d'un régime riche en produits végétaux peu transformés, on peut alors consommer un peu de viandes et des produits ultra-transformés en quantité raisonnable sans mettre en danger notre santé. Outre la santé, l'alimentation doit aussi être durable sur le plan environnemental. Or une alimentation à base de produits végétaux peu transformés l'est, sans aucun doute, notamment avec comme base des grains et graines, i.e. céréales, légumineuses et fruits à coque. En effet, les produits animaux sont coûteux sur le plan environnemental et fractionner des aliments pour les recombinaisonner n'est pas vraiment ce qu'il y a de mieux sur le plan énergétique, surtout pour un bénéfice santé très contestable. Enfin, les conséquences agronomiques de cette nouvelle approche holistique de l'alimentation et d'une nouvelle classification des aliments sont aujourd'hui encore difficiles à évaluer. Cependant, puisque la monoculture de quelques variétés végétales prédomine aujourd'hui, notamment pour servir à la production massive d'ingrédients alimentaires, on peut imaginer qu'une consommation plus importante dans la population de produits moins transformés favorise le développement de davantage de biodiversité des cultures végétales. Quant aux aliments d'origine Bio, s'ils sont ultra-transformés ou raffinés, ils risquent de perdre tout le bénéfice nutritionnel associé au bio. L'intensité des traitements technologiques est telle que les différences entre Bio et non Bio sont nivelées.

### Références bibliographiques

- Armand, M., Pasquier, B., Andre, M., Borel, P., Senft, M., Peyrot, J., Salducci, J., Portugal, H., Jaussan, V. et Lairon, D., 1999. Digestion and absorption of 2 fat emulsions with different droplet sizes in the human digestive tract. *American Journal of Clinical Nutrition*, 70, 1096-1106.
- Boirie, Y., Dangin, M., Gachon, P., Vasson, M.P., Maubois, J.L. et Beaufrere, B., 1997. Slow and fast dietary proteins differently modulate postprandial protein accretion. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 94, 14930-14935.
- Botelho, R., Araujo, W. et Pineli, L., 2016. Food formulation and not processing level: conceptual divergences between public health and food science and technology sectors. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, Jul 20:0. [Epub ahead of print].
- Campbell, C.T. et Jacobson, H., 2013. Whole: Rethinking the Science of Nutrition, Dallas, USA, BenBella Books.
- Campbell, T.C. et Campbell, T.M., 2008. Le Rapport Campbell : La plus vaste étude internationale à ce jour sur la nutrition, Outremont, Canada, Ariane Editions.

- Canella, D.S., Levy, R.B., Martins, A.P.B., Claro, R.M., Moubarac, J.C., Baraldi, L.G., Cannon, G. et Monteiro, C.A., 2014. Ultra-Processed Food Products and Obesity in Brazilian Households (2008-2009). *Plos One*, 9.
- Dwyer, J.T., 2015. Trailblazer Lecture: Why Are Processed Foods So Controversial? *Journal of the Academy of Nutrition and Dietetics*, 115, 1871-1876.
- Eicher-Miller, H.A., Fulgoni, V.L. et Keast, D.R., 2015. Processed Food Contributions to Energy and Nutrient Intake Differ among US Children by Race/Ethnicity. *Nutrients*, 7, 10076-88.
- Fardet, A., 2014a. Editorial - Are Technological Processes the Best Friends of Food Health Potential? *Advances in Nutrition and Food Technology*, 1, 103.
- Fardet, A., 2014b. Editorial - Food health potential is primarily due to its matrix structure, then nutrient composition: a new paradigm for food classification according to technological processes applied. *Journal of Nutritional Health & Food Engineering*, 1, 31.
- Fardet, A., 2015a. Complex foods versus functional foods, nutraceuticals and dietary supplements: differential health impact (Part 1). *Agro Food Industry Hi-Tech*, 26, 20-24.
- Fardet, A., 2015b. Complex foods versus functional foods, nutraceuticals and dietary supplements: differential health impact (Part 2). *Agro Food Industry Hi-Tech*, 26, 20-22.
- Fardet, A., 2015c. A shift toward a new holistic paradigm will help to preserve and better process grain product food structure for improving their health effects. *Food & Function*, 6, 363-382.
- Fardet, A., 2016a. Editorial - Towards a more Holistic Vision of Human Nutrition to Prevent from Diet-Related Chronic Diseases: The Reductionist Drift. *International Journal of Food Science, Nutrition and Dietetics*, 5, 1-2.
- Fardet, A., 2016b. Minimally processed foods are more satiating and less hyperglycemic than ultra-processed foods: a preliminary study with 98 ready-to-eat foods. *Food & Function*, 7, 2338-2346.
- Fardet, A. et Boirie, Y., 2013. Associations between diet-related diseases and impaired physiological mechanisms: a holistic approach based on meta-analyses to identify targets for preventive nutrition. *Nutrition Reviews*, 71, 643-656.
- Fardet, A. et Rock, E., 2014a. The search for a new paradigm to study micronutrient and phytochemical bioavailability: from reductionism to holism. *Medical Hypotheses*, 82, 181-186.
- Fardet, A. et Rock, E., 2014b. Toward a new philosophy of preventive nutrition: from a reductionist to a holistic paradigm to improve nutritional recommendations. *Advances in Nutrition*, 5, 430-446.
- Fardet, A. et Rock, E., 2015. From a reductionist to a holistic approach in preventive nutrition to define new and more ethical paradigms. *Healthcare*, 3, 1054-1063.
- Fardet, A., Rock, E., Bassama, J., Bohuon, P., Prabhasankar, P., Monteiro, C., Moubarac, J.-C. et Achir, N., 2015. Current food classifications in epidemiological studies do not enable solid nutritional recommendations to prevent diet-related chronic diseases: the impact of food processing. *Advances in Nutrition*, 6, 629-638.
- Fardet, A., Souchon, I. et Dupont, D., 2013. Structure des aliments et effets nutritionnels. Versailles, Quae Editions.
- Granfeldt, Y., Bjorck, I. et Hagander, B., 1991. On the importance of processing conditions, product thickness and egg addition for the glycaemic and hormonal responses to pasta: a comparison with bread made from 'pasta ingredients'. *European Journal of Clinical Nutrition*, 45, 489-499.
- Grundy, M.M., Lapsley, K. et Ellis, P., 2016. A review of the impact of processing on nutrient bioaccessibility and digestion of almonds. *International Journal of Food Science & Technology*. July, DOI: 10.1111/ijfs.13192.
- Grundy, M.M.L., Grassby, T., Mandalari, G., Waldron, K.W., Butterworth, P.J., Berry, S.E.E. et Ellis, P.R., 2015a. Effect of mastication on lipid bioaccessibility of almonds in a randomized human study and its implications for digestion kinetics, metabolizable energy, and postprandial lipemia. *American Journal of Clinical Nutrition*, 101, 25-33.
- Grundy, M.M.L., Wilde, P.J., Butterworth, P.J., Gray, R. et Ellis, P.R., 2015b. Impact of cell wall encapsulation of almonds on in vitro duodenal lipolysis. *Food Chemistry*, 185, 405-412.
- Haber, G.B., Heaton, K.W., Murphy, D. et Burroughs, L.F., 1977. Depletion and disruption of dietary fibre. Effects on satiety, plasma-glucose, and serum-insulin. *Lancet*, 2, 679-682.
- Higgs, S. et Jones, A., 2013. Prolonged chewing at lunch decreases later snack intake. *Appetite*, 62, 91-95.
- Johnston, J.L., Fanzo, J.C. et Cogill, B., 2014. Understanding Sustainable Diets: A Descriptive Analysis of the Determinants and Processes That Influence Diets and Their Impact on Health, Food Security, and Environmental Sustainability. *Advances in Nutrition*, 5, 418-429.
- Jones, J.M., 2013. Dietary fiber future directions: integrating new definitions and findings to inform nutrition research and communication. *Advances in Nutrition*, 4, 8-15.
- Louzada, M.L., Baraldi, L.G., Steele, E.M., Martins, A.P., Canella, D.S., Moubarac, J.C., Levy, R.B., Cannon, G., Afshin, A., Imamura, F., Mozaffarian, D. et Monteiro, C.A., 2015. Consumption of ultra-processed foods and obesity in Brazilian adolescents and adults. *Preventive Medicine*, 81, 9-15.
- Martínez Steele, E., Popkin, B.M., Swinburn, B., Monteiro, C., 2017. The share of ultra-processed foods and the overall nutritional quality of diets in the US: evidence from a nationally representative cross-sectional study. *Population Health Metrics*, 15, 6.
- Martins, A.P.B., Levy, R.B., Claro, R.M., Moubarac, J.C. et Monteiro, C. 2013. Increased contribution of ultra-processed food products in the Brazilian diet (1987-2009). *Revista de Saude Publica*, 47, 656-665.
- Monro, J., Mishra, S., Redman, C., Somerfield, S. et Ng, J., 2016. Vegetable dietary fibres made with minimal processing improve health-related faecal parameters in a valid rat model. *Food & Function*, 7, 2645-2654.

- Monteiro, C., Cannon, G., Levy, R.B. et al., 2016. The star shines bright. *World Nutrition*, 7, 28-38.
- Monteiro, C.A., Cannon, G., Moubarac, J.C., Martins, A.P., Martins, C.A., Garzillo, J., Canella, D.S., Baraldi, L.G., Barciotte, M., Louzada, M.L., Levy, R.B., Claro, R.M. et Jaime, P.C., 2015. Dietary guidelines to nourish humanity and the planet in the twenty-first century. A blueprint from Brazil. *Public Health Nutrition*, 18, 2311-22.
- Moubarac, J.-C., Batal, M., Louzada, M.L., Martinez Steele, E. et Monteiro, C.A. 2016. Consumption of ultra-processed foods predicts diet quality in Canada. *Appetite*, 108, 512-520
- Moubarac JC, Batal M, Martins AP, Claro R, Levy R.B., Cannon, G. et Monteiro, C.A. 2014. Processed and ultra-processed food products: consumption trends in Canada from 1938 to 2011. *Canadian Journal of Dietetic Practice and Research*, 75, 15-21.
- Moubarac, J.-C., Parra, D.C., Cannon, G. et Monteiro, C.A., 2014. Food Classification Systems Based on Food Processing: Significance and Implications for Policies and Actions: A Systematic Literature Review and Assessment. *Current Obesity Reports*, 3, 256-272.
- Moubarac, J.C., Martins, A.P.B., Claro, R.M., Levy, R.B., Cannon, G. et Monteiro, C., 2013. Consumption of ultra-processed foods and likely impact on human health. Evidence from Canada. *Public Health Nutrition*, 16, 2240-2248.
- Ng, M. et al., 2014. Global, regional, and national prevalence of overweight and obesity in children and adults during 1980-2013: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2013. *Lancet*, 384, 766-781.
- Park, E., Edirisinghe, I., Inui, T., Kergoat, S., Kelley, M. et Burton-Freeman, B., 2016. Short-term effects of chewing gum on satiety and afternoon snack intake in healthy weight and obese women. *Physiology & Behavior*, 159, 64-71.
- Rauber, F., Campagnolo, P.D.B., Hoffman, D.J. et Vitolo, M.R., 2015. Consumption of ultra-processed food products and its effects on children's lipid profiles: A longitudinal study. *Nutrition Metabolism and Cardiovascular Diseases*, 25, 116-122.
- Rémésy, C., Leenhardt, F. et Fardet, A., 2015. Donner un nouvel avenir au pain dans le cadre d'une alimentation durable et préventive. *Cahiers de Nutrition et de Diététique*, 50, 39-46.
- Rémond, D., Machebeuf, M., Yven, C., Buffière, C., Mioche, L., Mosoni, L. et Mirand, P.P., 2007. Postprandial whole-body protein metabolism after a meat meal is influenced by chewing efficiency in elderly subjects. *American Journal of Clinical Nutrition*, 85, 1286-1292.
- Scrinis, G., 2013. *Nutritionism - The Science and Politics of Dietary Advice*. New York, Columbia University Press.
- Scrinis, G., 2015. Reformulation, fortification and functionalization: Big Food corporations' nutritional engineering and marketing strategies. *The Journal of Peasant Studies*, 43, 17-37.
- Tavares, L.F., Fonseca, S.C., Garcia Rosa, M.L. et Yokoo, E.M., 2012. Relationship between ultra-processed foods and metabolic syndrome in adolescents from a Brazilian Family Doctor Program. *Public Health Nutrition*, 15, 82-87.
- Vitaglione, P., Napolitano, A. et Fogliano, V., 2008. Cereal dietary fibre: a natural functional ingredient to deliver phenolic compounds into the gut. *Trends in Food Science and Technology*, 19, 451-463.
- Weaver, C.M., Dwyer, J., Fulgoni III, V.L., King, J.C., Leveille, G.A., MacDonald, R.S., Ordovas, J. et Schnakenberg, D., 2014. Processed foods: contributions to nutrition. *American Journal of Clinical Nutrition*, 99, 1525-42.
- Zhu, Y. et Hollis, J.H., 2014. Increasing the Number of Chews before Swallowing Reduces Meal Size in Normal-Weight, Overweight, and Obese Adults. *Journal of the Academy of Nutrition and Dietetics*, 114, 926-931.