



HAL
open science

Impact carbone de l'alimentation et qualité nutritionnelle des choix alimentaires en France

Nicole N. Darmon, Louis-Georges Soler, Armelle Champenois, Sarah Martin, Jerome Mousset, Barbara Redlingshofer, Marie Russel, Marketa Supkova, Djilali Touazi

► To cite this version:

Nicole N. Darmon, Louis-Georges Soler, Armelle Champenois, Sarah Martin, Jerome Mousset, et al.. Impact carbone de l'alimentation et qualité nutritionnelle des choix alimentaires en France. Chapitre 3. 2011. <hal-02808611>

HAL Id: hal-02808611

<https://hal.inrae.fr/hal-02808611v1>

Submitted on 6 Jun 2020

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



HAL Authorization

Chapitre 3

Impact carbone et qualité nutritionnelle des régimes alimentaires en France

Auteurs

Nicole Darmon

Inra, UMR1260 NLP2M Nutriments Lipidiques et Prévention
des Maladies Métaboliques, 13005 Marseille

Louis-Georges Soler

Inra, UR1303 ALISS Alimentation et Sciences Sociales,
94200 Ivry-sur-Seine

Contributeurs

Armelle Champenois

Inra, UR1303 ALISS Alimentation et Sciences Sociales,
94200 Ivry-sur-Seine

Catherine Esnouf

Inra, UAR0233 CODIR Collège de Direction, 75007 Paris

Sarah Martin

Ademe

Jérôme Mousset

Ademe

Barbara Redlingshöfer

Inra, UAR1049 MaR/S Mission d'anticipation
Recherche/Société & Développement durable, 75007 Paris

Marie Russel

Inra, UAR0233 CODIR Collège de Direction, 75007 Paris

Markéta Supkova

UrbanFoodLab, Sustainable Food for Cities

Djilali Touazi

Inra, UR1303 ALISS Alimentation et Sciences Sociales,
94200 Ivry-sur-Seine

Florent Vieux

Inra, UMR1260 NLP2M Nutriments Lipidiques et Prévention
des Maladies Métaboliques, 13005 Marseille

juillet 2011 – mise à jour novembre 2011



INRA



cirad

Pour citer ce document :

Darmon, N. et Soler, L.G., 2011. Impact carbone et qualité nutritionnelle des régimes alimentaires en France, *in : duALIne - durabilité de l'alimentation face à de nouveaux enjeux. Questions à la recherche*, Esnouf, C., Russel, M. et Bricas, N. (Coords.), Rapport Inra-Cirad (France), 45-59

L'ouvrage duALIne est paru chez Quae en décembre 2011 :

Esnouf, C., Russel, M. et Bricas, N. (Coords.), 2011. *Pour une alimentation durable. Réflexion stratégique duALIne*, Paris, Éditions Quae, 288 p.

Ce chapitre et le rapport complet sont disponibles en ligne sur les sites Inra et Cirad :

- http://www.inra.fr/l_institut/prospective/rapport_dualine
- <http://www.cirad.fr/publications-ressources/editions/etudes-et-documents/dualine>

Chapitre 3. Impact carbone et qualité nutritionnelle des régimes alimentaires en France

Auteurs : Nicole Darmon et Louis-Georges Soler

Contributeurs : Armelle Champenois, Catherine Esnouf, Sarah Martin, Jérôme Mousset, Barbara Redlingshöfer, Marie Russel, Markéta Supkova, Djilali Touazi et Florent Vieux

Ce chapitre présente les résultats originaux d'une étude de l'impact carbone de l'alimentation en France. Les facteurs susceptibles d'expliquer la variabilité interindividuelle de l'impact carbone associé aux consommations alimentaires habituelles d'un échantillon représentatif d'adultes français sont explorés. À travers l'analyse de la relation entre la qualité nutritionnelle de l'alimentation et son impact carbone, ce chapitre aborde aussi la question plus générale de la compatibilité entre deux piliers de la durabilité.

Les auteurs remercient l'Ademe et l'Inra pour le soutien financier qui a permis la réalisation de cette étude.

1. Introduction

Les premières observations de l'impact environnemental de l'alimentation montrent une large variabilité interindividuelle de cet impact (même en prenant en compte les variations de consommation énergétique). Ceci a contribué à laisser penser qu'il suffirait de modifier les choix alimentaires (c'est-à-dire opérer des substitutions entre aliments) pour réduire l'impact environnemental de l'alimentation (Carlsson-Kanyama *et al.*, 2003; Coley *et al.*, 1998). Il a été proposé en particulier de réduire la consommation de viande rouge en provenance de ruminants, parce que ce sont les aliments dont la production entraîne le plus d'émission de gaz à effet de serre par calorie, environ 11 g eqCO₂/kcal (Kling et Hough, 2010). Il est vrai que l'élevage compte pour 80 % des émissions de gaz à effet de serre du secteur agricole (Steinberg *et al.*, 2006). De ce fait, les aliments et les régimes végétariens ont été démontrés comme ayant un moindre impact environnemental que les régimes omnivores (Baroni *et al.*, 2006; Carlsson-Kanyama et Gonzalez, 2009; Marlow *et al.*, 2009; Reijnders et Soret, 2003; Risku-Norja *et al.*, 2008).

Par ailleurs, les effets bénéfiques pour la santé d'une alimentation riche en fruits, légumes et autres végétaux complexes, et comportant des produits animaux en quantité modérée, ont été démontrés à de nombreuses reprises, alors qu'une alimentation qualifiée de *western diet*, caractérisée non seulement par une consommation élevée de viandes rouges et de charcuteries, mais aussi par une trop forte consommation de céréales raffinées, de produits frits et de produits sucrés est associée à une plus forte mortalité totale et par maladies chroniques (OMS et FAO, 2003). Ainsi, puisque d'une part les produits végétaux ont un plus faible impact environnemental que les produits animaux et que d'autre part une alimentation riche en végétaux semble protectrice vis-à-vis des maladies chroniques, il est aujourd'hui à peu près universellement accepté qu'un changement global d'alimentation vers un régime principalement constitué de produits d'origine végétale aurait un impact favorable à la fois sur l'environnement et sur la santé (Duchin, 2005; Garnett, 2011; Tukker *et al.*, 2011). Plus spécifiquement, une convergence internationale de la consommation de viande (réduction dans les pays à haut revenu et augmentation raisonnable dans les pays à bas revenus) a été proposée comme une bonne voie de réduction des émissions de gaz à effet de serre et d'amélioration de la santé des populations (Griffon M. (Ed.), 2006; McMichael *et al.*, 2007; Paillard *et al.*, 2010).

Cependant, la bonne santé des végétariens serait plutôt attribuable à leur intérêt pour leur santé qui les conduit à adopter des comportements plus en accord avec les recommandations concernant l'activité physique, l'équilibre alimentaire et le tabac qu'au fait qu'ils ne consomment pas de viande (Key *et al.*, 2006). De plus, la viande et le poisson et, dans une moindre mesure, les produits laitiers, sont les sources exclusives de nutriments essentiels spécifiques ; aussi réduire leur consommation est-il un véritable défi nutritionnel (Garnett, 2011; Millward et Garnett, 2010). En fait, une alimentation comprenant de très petites quantités de produits animaux peut être saine si et seulement si elle est parfaitement pensée par ailleurs. Ainsi, tout dépend des substitutions qui sont faites pour limiter les impacts environnementaux. En particulier, il apparaît que les aliments riches en graisses et/ou en sucres ont un faible coût carbone (environ 2,5 g eqCO₂/kcal) (Kling et Hough, 2010), ce qui suggère l'existence de possibles incompatibilités entre les objectifs environnementaux et les objectifs nutritionnels. De même, de nombreuses publications soulignent la nécessité d'augmenter la proportion de poisson dans la ration pour atteindre les recommandations nutritionnelles (Arnoult *et al.*, 2010; Maillot *et al.*, 2010), mais la durabilité de ces fortes consommations est hautement critiquable en termes environnemental, économique et toxicologique (Lang, 2005; Lobstein, 2002).

En conséquence, le récent rapport de la FAO recommande de considérer la durabilité lors du développement des guides alimentaires et des politiques nutritionnelles et souligne la nécessité d'études démontrant la synergie entre les différentes dimensions de la durabilité (FAO, 2010). Il est donc nécessaire et urgent d'étudier la relation entre la qualité nutritionnelle de l'alimentation et son impact environnemental, afin d'identifier les choix qui permettraient de réduire l'impact environnemental tout en prenant en compte les autres aspects d'une alimentation durable, en particulier l'acceptabilité culturelle et économique et l'équilibre nutritionnel.

L'objectif de l'étude est double :

- estimer l'impact carbone de l'alimentation habituellement consommée en France ;
- analyser l'impact carbone de l'alimentation en fonction de sa qualité nutritionnelle.

Par rapport à d'autres travaux internationaux qui analysent des consommations moyennes ou stéréotypées (régimes carnés, régimes végétariens, par exemple), l'approche présentée ici est doublement originale, car :

- elle considère les consommations alimentaires spontanées d'individus vivant en population générale ;
- elle définit la qualité nutritionnelle comme l'adéquation aux recommandations basées sur les nutriments, plutôt que sur des *a priori* concernant la composition d'une alimentation équilibrée.

2. Quantification de l'impact carbone de l'alimentation

2.1. Méthodes

L'étape préalable à l'analyse consiste à recueillir les données de consommation. Cette étape est cruciale puisqu'elle influence la qualité des données. Plusieurs méthodes sont disponibles à l'heure actuelle. Aucune méthode de référence n'existe réellement et chaque méthode présente des avantages et des inconvénients. Le choix de la méthode de recueil doit être adapté au type d'étude et aux objectifs spécifiques (Etievant *et al.*, 2010; Zetlaoui *et al.*, 2011).

La façon dont les aliments sont regroupés par catégories (*i.e.* nomenclatures) est également importante, surtout quand on veut « croiser » des variables appartenant à des secteurs d'étude et des disciplines différentes. C'est le cas pour le croisement entre nutrition, environnement et économie. Pour les enquêtes de consommation individuelle et l'épidémiologie nutritionnelle, les aliments sont regroupés en fonction de leur composition en nutriments. Pour les enquêtes d'achats, les aliments sont regroupés selon leur organisation dans les lieux de vente. Pour les travaux sur l'impact environnemental, il serait sans doute judicieux de les classer selon le type de production, d'emballage, de stockage... Analyser les relations entre ces différentes dimensions nécessiterait de créer une nomenclature commune qui soit très grossière (plus petit commun dénominateur) soit devrait être très détaillée (toutes les informations sont disponibles pour chaque aliment tel que produit, vendu, consommé...).

Pour les besoins de la présente analyse, nous avons adopté une nomenclature de type « nutritionnel », puisque nous nous sommes basés sur l'étude Inca 2, dont l'objectif initial était de décrire les consommations individuelles et d'analyser les apports nutritionnels des Français.

2.1.1. Identification d'aliments « représentatifs »

L'étude est basée sur les données de consommation alimentaire d'adultes (1 918 individus normo déclarants âgés de plus de 18 ans : 776 hommes et 1 142 femmes) ayant participé à l'enquête Inca 2 – étude individuelle nationale des consommations alimentaires des Français, réalisée en 2006-2007 par l'Agence française de sécurité sanitaire des aliments, Afssa, aujourd'hui Anses (Lafay et Volatier, 2009).

Au total, 1 312 aliments différents ont été déclarés comme consommés pendant la semaine d'enquête par l'ensemble des participants à l'étude Inca 2. Les données concernant l'impact carbone des aliments étant rares et difficiles d'accès (généralement privées), il était impossible d'envisager recueillir, dans les délais impartis à l'étude, des données sur l'impact carbone de chacun de ces 1 312 aliments. La présente analyse est donc basée sur un nombre plus restreint d'aliments « représentatifs », couramment consommés par la population française. Ont été considérés comme représentatifs les aliments qui présentaient le plus grand nombre de consommateurs par rapport aux autres produits ayant des caractéristiques nutritionnelles similaires (c'est-à-dire appartenant à la même famille ($n = 36$ familles) et à la même catégorie ($n = 11$ catégories) d'aliments. Dans la mesure du possible, nous avons sélectionné des aliments consommés au moins une fois pendant la semaine d'enquête par au moins 10 % des adultes. La disponibilité réelle ou supposée des données environnementales sur ces produits a été également un des critères de choix, ainsi que les qualités nutritionnelles spécifiques de certains aliments (ex. noix, lentilles, sardine).

2.1.2. Impact carbone de chaque aliment représentatif

Le terme « impact carbone » désigne le potentiel de réchauffement global des émissions des six gaz à effet de serre retenus par le Giec. L'impact carbone de l'alimentation est calculé à partir de l'impact carbone des aliments, lui-même estimé à partir d'analyses de cycle de vie des produits (ACV). L'analyse du cycle de vie est une méthode normalisée (ISO 14044) de quantification des impacts environnementaux générés par un produit tout au long de son cycle de vie. Elle propose une estimation de l'impact carbone des aliments mis en marché, ce qui désigne, en équivalent CO₂ (eqCO₂), la quantité de gaz à effet de serre émis par la production, la transformation et le transport des produits. Ces gaz correspondent au dioxyde de carbone (CO₂) qui résulte de la combustion des énergies fossiles, au méthane (CH₄) issu de la fermentation entérique des ruminants et des déjections animales et au protoxyde d'azote (N₂O) lié à la fertilisation azotée et à la gestion des déjections animales. Les émissions de gaz à effet de serre, ou l'impact carbone, rassemblées pour les différents produits alimentaires de l'étude, sont exprimées en g eqCO₂/100 g de produit.

Des données sur l'impact carbone de chaque aliment représentatif ont été recherchées en prenant pour périmètre les phases suivantes : production agricole, transformation, conditionnement/emballage, transport vers un magasin en France et distribution avec stockage au magasin. Les phases liées au transport entre le point de vente et le domicile du consommateur, à la consommation, à l'utilisation au stockage et à la préparation chez le consommateur, ainsi que la gestion de fin de vie du produit alimentaire n'ont pas été comptabilisées, par défaut de données fiables facilement mobilisables. L'unité fonctionnelle choisie pour le recueil des données carbone correspond à 100 g de produit alimentaire « tel qu'acheté » (*i.e.* disponible en magasin) en France.

L'impact carbone des aliments représentatifs a été déterminé à partir des impacts carbone issus de la littérature internationale, des études ACV françaises et internationales, de thèses et d'articles scientifiques, ou ont fait l'objet d'une reconstitution. Pour la plupart des produits analysés, une moyenne d'impacts carbone a été calculée pour définir l'impact carbone final. Les impacts carbone extrêmes ont été volontairement écartés.

Une fois tous les impacts carbone rassemblés et validés par le comité de pilotage, il a été nécessaire de convertir les impacts carbone des produits « tels qu'achetés » en impacts carbone des produits « tels que consommés ». Par exemple, l'impact de la viande achetée avec os a été converti en impact de la viande consommée sans os en appliquant un facteur de conversion (appelé portion comestible) issu de la table de composition du Ciqual (Centre d'information sur la qualité des aliments, www.afssa.fr/TableCIQUAL). Étant donné la diversité des modes de production, des circuits de distribution et des types d'emballage, nous avons dû restreindre le champ de l'analyse en posant pour hypothèse que tous les aliments représentatifs étaient issus de l'agriculture conventionnelle et produits en France, sauf pour les fruits tropicaux, comme la banane ou l'orange, importés et distribués par camion sur le lieu de vente en France.

2.1.3. Impact carbone journalier de l'alimentation de chaque individu

À partir des données individuelles de consommation des valeurs d'impact carbone des 73 aliments représentatifs et d'hypothèses sur le taux de représentativité de ces 73 aliments dans les consommations individuelles, l'impact carbone journalier de l'alimentation de chacun des 1 918 individus a pu être calculé.

2.2. Résultats

2.2.1. Impact carbone de l'alimentation : moyenne et variabilité interindividuelle

La figure 3.1 indique comment se distribuent les impacts carbone journaliers au sein de l'échantillon Inca 2. On observe qu'il existe une grande variabilité interindividuelle autour de ces moyennes. L'impact carbone moyen de l'alimentation des adultes en France est de 4 090 g eqCO₂ par personne et par jour (écart type : 1 175), de 4 725 g eqCO₂/j pour les hommes (écart type : 1 183) et de 3 658 g eqCO₂/j pour les femmes (écart type : 953).

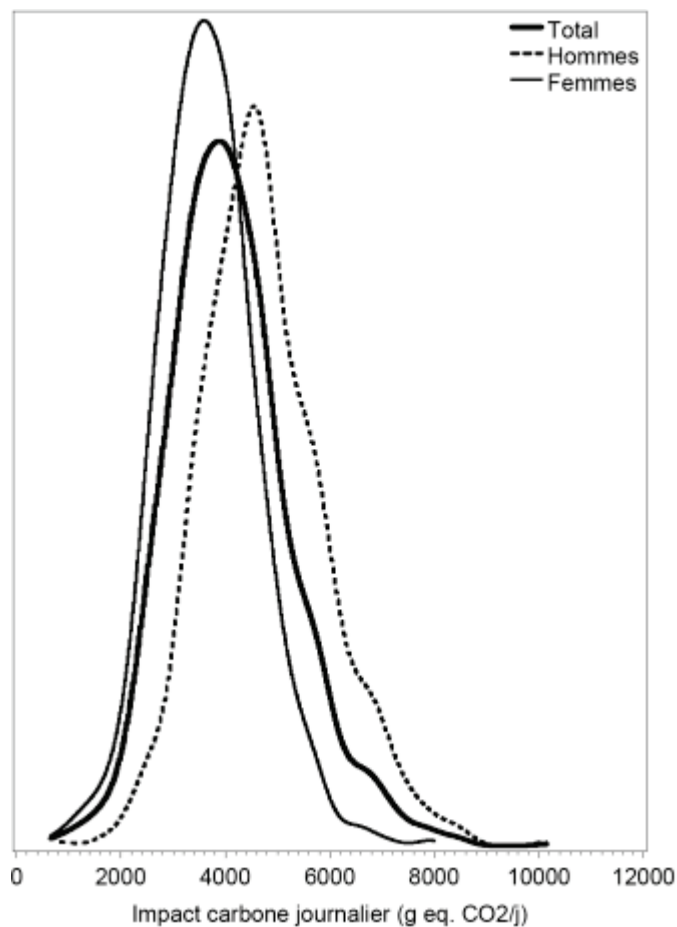


Figure 3.1. Distribution de l'impact carbone journalier de l'alimentation (g eqCO₂/j) des participants adultes à l'étude Inca 2 (population totale, hommes, femmes).

Le fait que l'alimentation des hommes ait un impact carbone supérieur à celui des femmes pourrait être dû d'une part au fait que les hommes mangent plus que les femmes, d'autre part au fait qu'ils mangent différemment (en particulier, les hommes consomment plus de viandes et moins de fruits et légumes que les femmes). D'une façon plus générale, la grande variabilité interindividuelle observée pour les impacts carbone des régimes pourrait être due à un effet quantité ou à un effet qualité (ou effet structure).

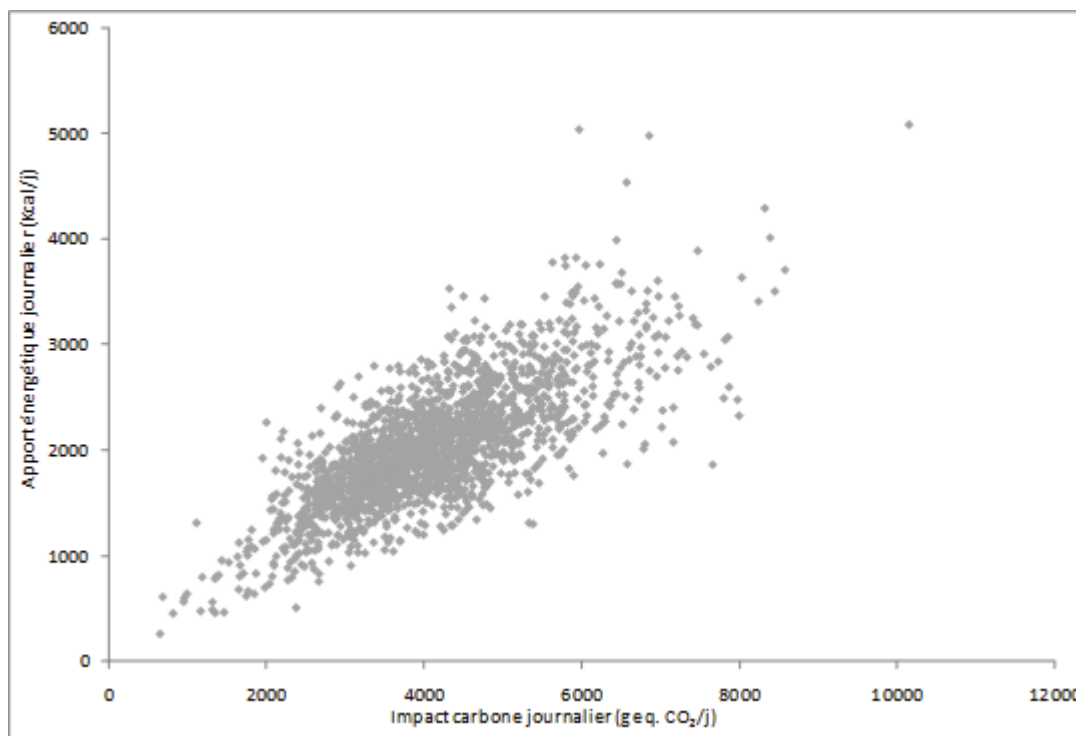


Figure 3.2. Relation entre la consommation de calories journalières (kcal/j) et l'impact carbone journalier de l'alimentation (g eqCO₂/j) des participants adultes à l'étude Inca 2.

La figure 3.2 indique qu'il existe une très forte corrélation positive entre les calories totales ingérées par les individus et l'impact carbone journalier de l'alimentation. De même, une relation positive très forte existe entre les quantités totales consommées et l'impact carbone journalier.

2.2.2. Contribution de chaque catégorie d'aliments à l'impact carbone de l'alimentation

Pour chaque sexe séparément, les participants ont été classés en quintiles, en fonction de l'impact carbone journalier de leur alimentation. Puis, la contribution de chaque catégorie d'aliments à l'impact carbone journalier a été calculée par quintile. Les tableaux 3.1 et 3.2 montrent comment évoluent, pour les hommes, les contributions de chaque catégorie d'aliments, en valeur absolue (g/j) et en pourcentage, selon le quintile d'impact carbone total :

- l'impact carbone journalier varie de 2 900 g eqCO₂/j pour le premier quintile jusqu'à 6 063 g eqCO₂/j pour le dernier quintile ;
- la contribution en valeur absolue de chaque catégorie d'aliments à l'impact carbone total augmente avec l'impact carbone total. Par exemple, les viandes rouges et les charcuteries, les sucreries et desserts, les fruits et légumes contribuent respectivement de 743 à 2 032, de 286 à 511 et de 312 à 513 g eqCO₂/j du premier au dernier quintile d'impact carbone ;
- la structure en pourcentage de la contribution des différentes catégories d'aliments n'est pas totalement homogène du premier au dernier quintile. On note une diminution de la contribution des aliments préparés contenant des ingrédients d'origine animale (12 % à 7 %), des féculents (8 à 5 %), des produits laitiers (7 % à 5 %) et une augmentation de la contribution de la viande rouge et de la charcuterie (25 à 34 %), du fromage (8 à 11 %) et des boissons alcoolisées quand l'impact carbone total augmente.

Tableau 3.1. Contribution (en g eqCO₂/j) des catégories d'aliments à l'impact carbone journalier de l'alimentation des adultes de sexe masculin dans l'étude Inca 2 classés par quintile d'impact carbone.

HOMMES	1er quintile	2nd quintile	3ème quintile	4ème quintile	5ème quintile
Fruits et légumes	312	369	429	442	513
Féculents	222	223	245	276	320
Fromages	247	342	421	481	642
Laits	217	230	240	270	317
Viande	743	1008	1256	1534	2032
Œufs et volaille	210	293	295	313	366
Poissons	124	152	191	270	328
Plats préparés (Veg.)	39	41	35	32	46
Plats préparés (Anim.)	342	362	373	375	397
Biscuits salés	7	6	8	11	13
Desserts et sucreries	286	384	399	410	511
Matières grasses	193	279	315	389	497
<i>Total (eq. CO2 g/jour)</i>	<i>2942</i>	<i>3691</i>	<i>4206</i>	<i>4804</i>	<i>5981</i>

HOMMES	1er quintile	2nd quintile	3ème quintile	4ème quintile	5ème quintile
Eau	46	64	78	68	88
Boissons non alcoolisées	121	138	129	132	155
Boissons alcoolisées	102	167	208	263	271
<i>Total (eq. CO2 g/jour)</i>	<i>269</i>	<i>369</i>	<i>415</i>	<i>463</i>	<i>515</i>

Tableau 3.2. Contribution, en pourcentage, des catégories d'aliments à l'impact carbone journalier de l'alimentation des adultes de sexe masculin dans l'étude Inca 2, classés par quintile d'impact carbone.

HOMMES	1er quintile	2nd quintile	3ème quintile	4ème quintile	5ème quintile
<i>Total (eq. CO2 g/jour)</i>	<i>2942</i>	<i>3691</i>	<i>4206</i>	<i>4804</i>	<i>5981</i>
Fruits et légumes	11%	10%	10%	9%	9%
Féculents	8%	6%	6%	6%	5%
Fromages	8%	9%	10%	10%	11%
Laits	7%	6%	6%	6%	5%
Viande	25%	27%	30%	32%	34%
Œufs et volaille	7%	8%	7%	7%	6%
Poissons	4%	4%	5%	6%	5%
Plats préparés (Veg.)	1%	1%	1%	1%	1%
Plats préparés (Anim.)	12%	10%	9%	8%	7%
Biscuits salés	0,2%	0,2%	0,2%	0,2%	0,2%
Desserts et sucreries	10%	10%	9%	9%	9%
Matières grasses	7%	8%	7%	8%	8%
<i>Total (%)</i>	<i>100%</i>	<i>100%</i>	<i>100%</i>	<i>100%</i>	<i>100%</i>

HOMMES	1er quintile	2nd quintile	3ème quintile	4ème quintile	5ème quintile
<i>Total (eq. CO2 g/jour)</i>	<i>269</i>	<i>369</i>	<i>415</i>	<i>463</i>	<i>515</i>
Eau	17%	17%	19%	15%	17%
Boissons non alcoolisées	45%	37%	31%	29%	30%
Boissons alcoolisées	38%	45%	50%	57%	53%
<i>Total (%)</i>	<i>100%</i>	<i>100%</i>	<i>100%</i>	<i>100%</i>	<i>100%</i>

Les résultats des tableaux 3.1 et 3.2 ne concernent que les hommes, mais des tendances similaires ont été observées pour les femmes.

Quel que soit le quintile d'impact carbone, le groupe d'aliments qui contribue le plus, en valeur absolue comme relative, à l'impact carbone de l'alimentation, est celui des viandes rouges et des charcuteries, ce qui confirme les résultats de la plupart des études internationales.

2.2.3. Variabilité de l'impact carbone de l'alimentation : effet « structure » ou effet « quantité » ?

Comment savoir si la relation observée dans la figure 3.2 (corrélation entre kcal et impact carbone) reflète plutôt un effet « quantité » lié aux volumes totaux consommés (les individus qui ont l'impact carbone le plus élevé consommant plus de tout, comme le montre le tableau 3.1) ou un effet structure (les différences dans les proportions d'aliments, telles qu'on peut les observer dans le tableau 3.2, expliquant plus fortement que les quantités totales ingérées, la variabilité des émissions individuelles) ? Pour répondre à cette question, on peut remarquer que l'impact carbone (IC) journalier de l'alimentation de chaque individu (en g eqCO₂) peut être décomposé de la façon suivante :

$$IC = IE \times DE \times Q$$

où IE représente l'impact carbone de l'alimentation exprimé par calorie ingérée (g eqCO₂/kcal), DE est la densité énergétique de l'alimentation (kcal/kg) et Q la quantité totale consommée par individu (kg/j). Les deux premiers termes reflètent la « structure » de l'alimentation (liée à la part de chaque famille d'aliments, en pourcentage, dans les consommations individuelles journalières). Le dernier terme renvoie, par définition, à la quantité (qui peut induire une variation des IC individuels, quand la structure des consommations alimentaires est fixée). La question qui nous intéresse ici est de savoir dans quelle mesure la variation des IC individuels au sein de la population est expliquée par des effets de structure (le pourcentage de chaque famille d'aliments dans l'alimentation quotidienne) ou de quantité.

Pour répondre à cette question, les valeurs individuelles d'IC ont été régressées sur chacune de ces trois variables. On observe alors que les effets se classent de façon décroissante de la façon suivante : l'effet « quantité », puis l'effet « impact carbone par calorie ingérée », puis l'effet « densité énergétique » de l'alimentation expliquent la dispersion des émissions de gaz à effet de serre des régimes individuels.

3. Impact carbone et qualité nutritionnelle sont-ils compatibles ?

3.1. État des lieux sur la définition de l'équilibre nutritionnel

L'équilibre alimentaire est un concept parfaitement accepté du grand public. Les scientifiques y font régulièrement référence et il est largement utilisé aussi bien par les professionnels de santé que par les différents acteurs du secteur agroalimentaire. Pourtant, il n'existe aucun consensus sur la définition de l'équilibre alimentaire. Les guides alimentaires (recommandations basées sur les groupes d'aliments ou *food-based dietary guidelines*) développés un peu partout dans le monde pour promouvoir des choix alimentaires plus sains, comme le recommandent l'AESA (Agence européenne de sécurité sanitaire des aliments) et l'OMS (EFSA, 2010; WHO, 1998), sont tous différents les uns des autres. La définition des groupes d'aliments conseillés tout comme les quantités recommandées varient d'un pays à l'autre. Même les conseils de consommation de fruits et légumes varient selon les pays et les comités d'experts, aussi bien en termes de quantité que de diversité. En absence de consensus sur la définition de l'équilibre alimentaire, il n'existe pas non plus de façon unique d'estimer l'équilibre global d'une ration alimentaire (Kant, 1996; Waijers *et al.*, 2007). Dans la pratique, de nombreux indicateurs coexistent et sont largement utilisés en épidémiologie nutritionnelle pour mettre en évidence des relations entre l'alimentation et la santé (Willett, 1998). Ces indicateurs s'appuient généralement sur des recommandations officielles d'apports en aliments et/ou en nutriments, mais il n'existe pas de *gold standard* reconnu et les objectifs poursuivis peuvent être très différents.

Même la très médiatisée pyramide alimentaire méditerranéenne (Willett *et al.*, 1995) fait l'objet d'interprétations différentes, comme en atteste l'existence de différents scores d'adéquation à une alimentation de type méditerranéen. Ainsi, les consommations de viande et de produits laitiers sont considérées comme défavorables¹ à l'équilibre global par le *Mediterranean Diet Score* (Trichopoulou *et al.*, 2003), alors que d'autres scores « méditerranéens » considèrent qu'une consommation modérée de ces aliments est favorable² (Goulet *et al.*, 2003) ou ne les prennent tout simplement pas en compte (Issa *et al.*, 2011).

Cette multiplicité des guides alimentaires et des scores de qualité suggère qu'il n'existe pas un seul bon régime alimentaire, mais sans doute de très nombreux. Des travaux basés sur la modélisation de rations individuelles ont en effet démontré que les besoins nutritionnels peuvent être couverts de plusieurs manières par la combinaison des aliments les plus divers (Maillot *et al.*, 2010).

Pour respecter les recommandations nutritionnelles, un apport calorique minimal est requis (Darmon et Briand, 2001) de même qu'un budget minimal (Darmon *et al.*, 2006). La présence de certains aliments semble incontournable (fruits, légumes, légumes secs, céréales complètes, fruits oléagineux, poisson gras...) (Maillot *et al.*, 2009). Ces exigences respectées, on peut affirmer qu'il existe autant de façons de couvrir les besoins nutritionnels qu'il existe de façons de manger.

Ainsi, pour un individu donné, le bon régime, c'est celui qui lui permet de couvrir l'ensemble de ses besoins nutritionnels, tout en respectant au mieux ses préférences alimentaires et son

¹ Attribution de points négatifs quand les consommations de produits laitiers et de viande sont supérieures aux médianes respectives dans la population étudiée.

² Attribution de points négatifs quand les consommations de produits laitiers et de viande sont trop faibles ou trop élevées.

budget, ainsi que son environnement socioculturel. Pour une région donnée, l'équilibre alimentaire à promouvoir, c'est celui qui tient compte de la disponibilité et des coutumes locales. Pour cette raison, une équipe de chercheurs norvégiens a remis récemment en cause la promotion universelle de l'alimentation méditerranéenne et insiste au contraire sur l'importance de tenir compte des spécificités régionales dans le développement des guides alimentaires (Bere et Brug, 2009).

Même si elles peuvent elles aussi varier d'un pays à l'autre, les recommandations d'apports en nutriments font l'objet d'un meilleur consensus que les recommandations d'apports en aliments. C'est pourquoi, dans l'étude de cas décrite plus loin, nous proposons de nous baser sur l'adéquation des apports nutritionnels aux recommandations pour identifier des régimes équilibrés.

L'intérêt d'une telle approche est qu'elle est transposable d'une région à l'autre, alors que le suivi de recommandations nationales ou de la pyramide méditerranéenne ne l'est pas. Ainsi, en se basant sur les recommandations nutritionnelles plutôt que sur des présupposés sur l'« équilibre alimentaire », il est possible d'identifier des régimes adéquats sur le plan nutritionnel qui respectent l'extrême diversité individuelle, économique, géographique, sociale et culturelle des consommations alimentaires.

3.2. Méthodes

3.2.1. Choix d'indicateurs de qualité nutritionnelle

Pour estimer la qualité nutritionnelle de l'alimentation, les nutritionnistes utilisent le *mean adequacy ratio* (MAR), qui estime le pourcentage moyen d'adéquation des apports en un certain nombre de nutriments par rapport aux apports recommandés en ces mêmes nutriments (Madden *et al.*, 1976). Il est négativement corrélé avec la densité énergétique (DE, en kcal/100 g) de l'alimentation, ce dernier paramètre étant considéré en tant que tel comme un indicateur de mauvaise qualité nutritionnelle (Ledikwe *et al.*, 2006). Disposer d'indicateurs synthétiques de la qualité nutritionnelle, qu'ils soient positifs ou négatifs, est d'un grand intérêt pour établir des corrélations avec d'autres dimensions de l'alimentation. Ainsi, le MAR et la DE ont permis de mettre en évidence une association positive entre la qualité nutritionnelle de l'alimentation et son coût (Maillot *et al.*, 2007). Par analogie au MAR, dans la présente étude, nous avons aussi défini le *mean excess ratio* (MER) qui estime l'excès (par rapport aux valeurs maximales recommandées) d'apport en nutriments dont il est conseillé de limiter la consommation (sodium, acides gras saturés et sucres ajoutés).

3.2.2. Identification de groupes de mangeurs différenciés selon la qualité nutritionnelle de leur alimentation

Pour chaque individu le MAR, le MER et la DE de son alimentation ont été calculés. Les individus ont ensuite été classés selon les valeurs que prenait chacun de ces trois indicateurs par rapport aux médianes observées pour chaque indicateur dans la population, hommes et femmes séparément.

Ceci nous a permis d'identifier quatre groupes de mangeurs ayant une alimentation de qualité nutritionnelle contrastée (cf. figure 3.3) ; nous avons ainsi défini :

- les mangeurs « adéquats », dont l'alimentation se situait à l'intersection de trois exigences nutritionnelles : à la fois un MAR supérieur à la médiane, un MER inférieur à la médiane et une DE inférieure à la médiane. Ceci concernait 101 hommes et 180 femmes ;
- les mangeurs « inadéquats », qui ne satisfaisaient à aucune de ces exigences (108 hommes et 178 femmes) ;
- les mangeurs « intermédiaires + », qui respectaient deux critères de bonne qualité

nutritionnelle sur trois (294 hommes et 389 femmes) ;

- les mangeurs « intermédiaires – », qui ne respectaient qu'un seul critère de bonne qualité nutritionnelle (273 hommes et 395 femmes).

MAR (Mean Adequacy Ratio)

% d'adéquation moyen aux apports nutritionnels conseillés en 20 nutriments essentiels

MER (Mean Excess Ratio)

% d'excès moyen d'apport en Na, Acides Gras Saturés et Sucres Libres

DE Densité Énergétique de la ration, en kcal/100g d'aliments solides

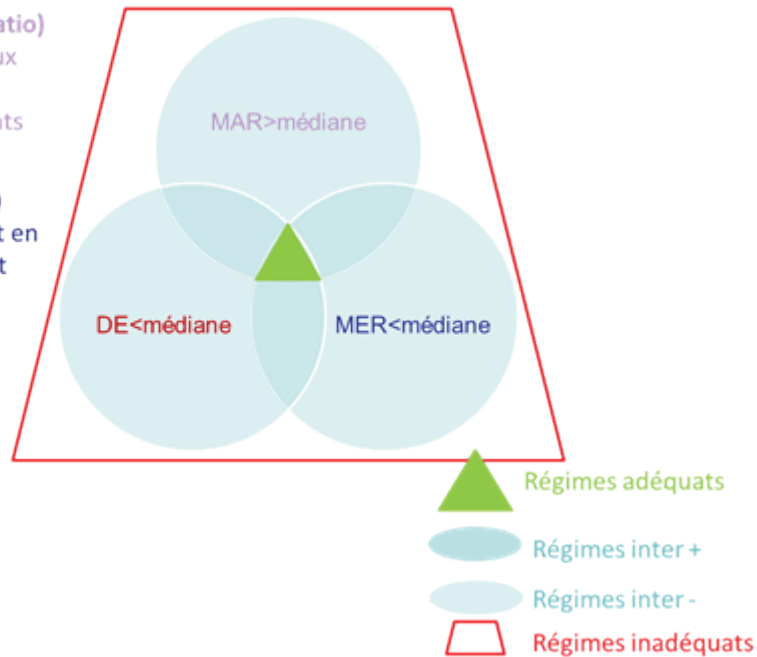


Figure 3.3. Des indicateurs exclusivement nutritionnels (non bâtis sur des compositions de régimes stéréotypés) pour qualifier la qualité nutritionnelle des régimes.

Pour chaque sexe, nous avons donc quatre groupes de mangeurs et pour chaque groupe de mangeurs nous pouvons calculer non seulement leurs apports en aliments et en nutriments, mais aussi leur impact carbone.

Ainsi, nous aboutissons à huit groupes d'individus différenciés selon la qualité nutritionnelle de leur alimentation, quatre pour les hommes et quatre pour les femmes.

3.3. Résultat : impact carbone de l'alimentation selon sa qualité nutritionnelle

La figure 3.4 montre que l'impact carbone est peu influencé par la qualité nutritionnelle des régimes. Chez les hommes, les impacts carbone des quatre groupes de qualité nutritionnelle ne sont pas différents ($p = 0,1596$). Par contre, chez les femmes, la différence est significative et c'est l'alimentation des mangeuses « inadéquates » qui a un impact carbone plus faible que celle des mangeuses « adéquates ». Les résultats ne vont donc pas dans le sens attendu de régimes plus sains qui seraient moins impactants.

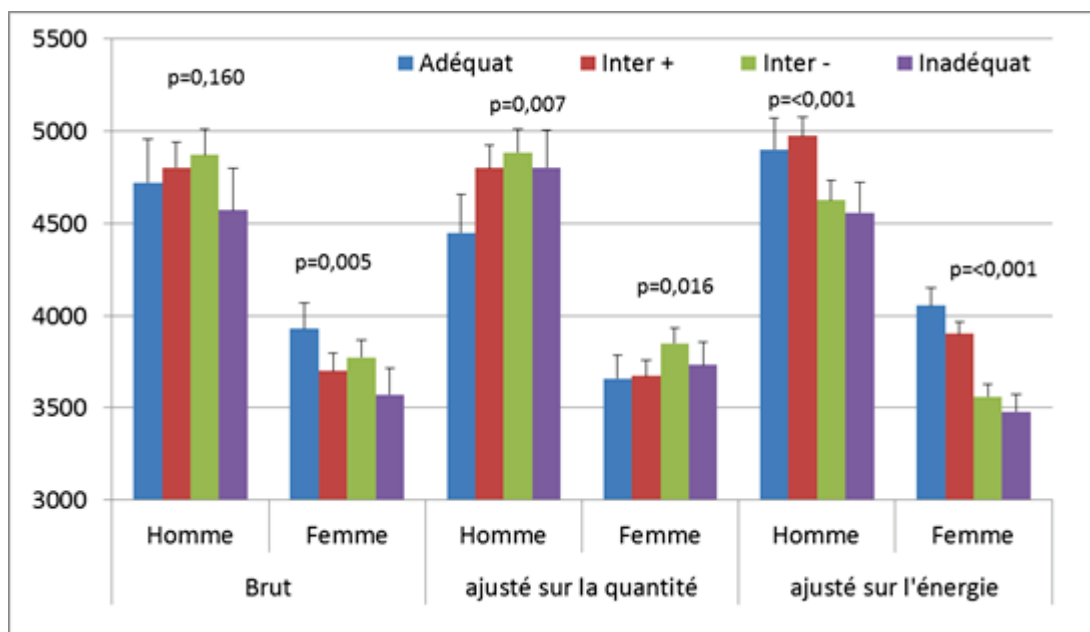


Figure 3.4. Impact carbone moyen en fonction du groupe de qualité nutritionnelle et du sexe (g eqCO₂/j) avec ou sans ajustement sur la quantité et sur les apports énergétiques. Les analyses et les ajustements sont réalisés sexes séparés.

L'ajustement de ces résultats bruts pour les apports énergétiques ou pour les quantités consommées montre que :

- lorsque c'est la quantité totale consommée qui est fixée, ce sont les groupes en adéquation avec les recommandations nutritionnelles (mangeurs « adéquats », hommes ou femmes) qui ont l'impact carbone le plus faible ;
- lorsque ce sont les apports énergétiques qui sont fixés, ce sont les groupes en inadéquation avec les recommandations nutritionnelles (mangeurs « inadéquats », hommes ou femmes) qui ont le plus faible impact carbone.

Ceci est dû au fait que les mangeurs « adéquats » ingèrent des quantités plus importantes d'aliments que les mangeurs « inadéquats » (résultats issus du rapport Inra-Ademe 2010) (Supkova *et al.*, 2010), car la qualité nutritionnelle est inversement corrélée à la densité énergétique des rations. Ainsi, même si l'alimentation des mangeurs « adéquats » est caractérisée par la prédominance d'aliments moins impactants, tels que les féculents et les fruits et légumes, le fait qu'ils en mangent beaucoup explique qu'ils puissent avoir *in fine* une alimentation aussi impactante, voire plus que celle des mangeurs « inadéquats ».

4. Limites de l'étude et perspectives

4.1. Limites

La table Inca 2, comportant 1 312 aliments, a été contractée en une table de 73 aliments représentatifs rassemblés en 36 familles. En réalité, ces aliments ne représentent que la moitié des quantités consommées et le tiers de l'énergie ingérée, c'est pourquoi il a été nécessaire de poser des hypothèses sur le taux de représentativité de ces aliments dans l'alimentation. Un test a été effectué pour tenter d'estimer l'erreur liée à cette contraction. Ce test a consisté à reclasser les individus en mangeurs adéquats, intermédiaires + et -, et inadéquats, en calculant le MAR, le MER et la DE, non pas à partir de l'ensemble des consommations alimentaires (c'est-à-dire les 1 312 aliments, comme cela a été fait pour identifier les huit groupes de mangeurs), mais seulement à partir des 73 aliments représentatifs. Les résultats montrent que malgré cette simplification les individus restent à 67 % dans le même groupe nutritionnel de mangeurs et à 96 % dans le même groupe ou un groupe directement voisin.

La méthode d'ACV est une approche largement répandue dans l'analyse des impacts environnementaux d'un produit ou d'un procédé. Sa principale limite est l'influence potentielle que peuvent avoir sur le résultat final les hypothèses de départ et les choix méthodologiques effectués tout au long de l'étude (périmètre, unité fonctionnelle, catégories d'impacts, règles d'allocations...). Les approches adoptées dans les ACV des produits alimentaires retenus dans cette étude peuvent différer entre elles et par rapport au périmètre de l'étude. Les filières alimentaires sont notamment très marquées par la question des allocations (affectation des coproduits), qui concerne souvent les étapes de l'amont agricole et de la première transformation et qui fait également l'objet d'hypothèses spécifiques à chaque étude. Les méthodes de calcul utilisées varient également, ce qui ne permet pas de comparer des résultats provenant de différentes études disponibles dans la littérature.

Indépendamment des choix méthodologiques, les émissions de gaz à effet de serre (GES) de l'agriculture relèvent de processus biologiques et sont donc très variables selon les milieux (variabilité géographique et temporelle) et selon les modes de production. Par ailleurs, les données disponibles intègrent rarement la variation des stocks de carbone dans les sols (prairies...) et les végétaux eux-mêmes (arbres fruitiers, vignes...) qui peuvent considérablement modifier l'estimation des émissions de GES.

Les données GES disponibles utilisées comportent donc un degré d'incertitude fort nous amenant à beaucoup de précaution dans l'interprétation des résultats. Une analyse plus précise des relations environnement/santé de l'alimentation sera possible grâce au développement de bases de données publiques d'ACV des produits agricoles, puis des produits transformés.

4.2. Perspectives

Pour obtenir des résultats plus fiables et donc des conclusions plus robustes, il serait souhaitable de pouvoir être plus précis dans les estimations des impacts carbone des familles de produits et des régimes. Cette meilleure précision pourrait être obtenue d'une part en augmentant le nombre de références bibliographiques relatives aux données carbone des aliments et d'autre part en augmentant le nombre d'aliments représentatifs (les nouveaux aliments devant être préférentiellement choisis dans les familles les plus impactantes en termes de contribution aux apports énergétiques et à l'impact carbone des régimes).

Il serait intéressant de comparer les écarts entre l'impact de la consommation réelle actuelle et ceux d'un régime très carné, d'un régime végétarien ou d'un régime suivant les recommandations basées sur les aliments (PNNS) ou les nutriments (ANC, apports nutritionnels conseillés) pour évaluer la concordance ou l'antinomie entre recommandations et impact carbone. L'enjeu est d'identifier le levier sur lequel agir avec efficacité pour aller vers plus de durabilité de l'alimentation, à savoir sur la consommation ou à d'autres maillons de la filière.

Étant donné le faible nombre d'études ACV disponibles, il est actuellement difficile de rassembler les impacts carbone pour les phases de stockage et préparation/cuisson à domicile de chaque produit. Par contre, une valeur générique pourrait être définie pour chaque mode de cuisson associé à un groupe de produits. Le croisement de cet impact générique avec les données nutritionnelles et les quantités ingérées (et pas les quantités de produits bruts) semble pertinent. L'impact carbone des plats préparés achetés tient déjà compte de la phase de préparation culinaire (industrielle ou artisanale). Par un souci de cohérence, l'impact carbone de la phase de cuisson/préparation maison des produits bruts devrait être intégré dans l'impact carbone de chaque produit nécessitant une cuisson (steak haché, pâtes alimentaires, riz...) avant d'être consommé.

En ce qui concerne la phase de transport entre le magasin et le domicile du consommateur, elle n'a pas été prise en compte dans cette étude. Son impact carbone est variable selon le mode de transport et la distance parcourue par le consommateur. Des hypothèses pourraient être établies selon le type de transport, en s'appuyant par exemple sur le *Guide des facteurs d'émission de l'Ademe* (ADEME, 2010) pour estimer les impacts carbone associés et ainsi compléter le périmètre de l'étude.

Dans un second temps, il serait nécessaire de prendre en compte les enjeux environnementaux autres que l'impact carbone (biodiversité, eau, sol...).

L'étude de cas a montré que la variabilité interindividuelle de l'impact carbone des régimes dépend des quantités totales consommées et de la structure des consommations.

Si ces résultats étaient confirmés par d'autres études, cela signifierait que la réduction des impacts carbone des régimes devrait être envisagée à la fois par une baisse des quantités totales consommées et par une réduction de l'impact carbone associé à chaque calorie ingérée. Ce dernier objectif pourrait quant à lui être atteint soit par une réduction des impacts environnementaux de chaque famille d'aliments *via* des actions du côté de l'offre, soit par substitution entre des aliments ayant un fort ratio « impact carbone/calorie » par des aliments ayant un ratio plus faible.

5. Conclusion

La vision selon laquelle les produits végétaux sont bons pour la santé et l'environnement, alors que les produits animaux seraient à la fois mauvais pour l'environnement et la santé apparaît simpliste et nécessite d'être reconsidérée. À cet égard, une attention particulière devrait être portée à l'impact – sur les résultats des études et sur leur diffusion – de la façon dont sont catégorisés les aliments dans les analyses. Pour les viandes rouges, notamment, des conclusions très différentes sont tirées selon qu'un regroupement est effectué ou non avec les charcuteries, les hamburgers, les saucisses et d'autres viandes transformées (Gonzalez et Riboli, 2010; Micha *et al.*, 2010).

Concernant les ACV et d'autres méthodes d'analyse des impacts, l'étude de cas fait ressortir les mêmes besoins en infrastructures que ceux mis en évidence au chapitre 10. Outre un

besoin flagrant en données autant horizontales (gamme de produits) que verticales (à toutes les étapes de la chaîne), l'étude montre à la fois la nécessité et la carence quant à la prise en compte, sur le plan conceptuel et méthodologique, du transport, de l'emballage, des pratiques domestiques et d'indicateurs multiples.

De façon centrale, le débat soulevé est de savoir dans quelle mesure des changements de comportements de consommation peuvent permettre une réduction significative des émissions de gaz à effet de serre, et surtout sous quelles conditions ils peuvent s'avérer acceptables et finalement mis en œuvre. Sans aller ici trop avant dans cette discussion, on peut identifier où se situent néanmoins les leviers d'action. Dans quelle mesure les améliorations des performances environnementales du côté de l'offre, depuis la production de la matière première jusqu'au produit fini, permettront-elles de limiter les émissions de gaz à effet de serre et, ce faisant, de réduire la nécessité d'un changement profond des modes de consommation ? C'est là un objet important des réflexions et recherches à venir sur l'alimentation et la durabilité du système alimentaire.

Les résultats de l'étude de cas interrogent directement les arbitrages publics et l'orientation de la recherche sur le croisement nutrition environnement : quelle compatibilité entre les recommandations nutritionnelles et les exigences environnementales ? En effet, l'étude montre que la relation entre l'adéquation nutritionnelle des régimes individuels et leur impact carbone est faible, en partie car les régimes nutritionnellement adéquats contiennent des grandes quantités d'aliments à faible impact carbone. On a aussi vu que pour diminuer l'impact carbone de l'alimentation, une voie majeure serait une réduction de la consommation de calories ingérées, indépendamment des familles d'aliments concernées. Dans quelle mesure les consommateurs sont-ils prêts à opérer de tels changements, sous quelles conditions et à quel horizon ? On peut noter à cet égard que, pour lutter contre l'obésité et les maladies associées, toutes les instances officielles, à commencer par l'OMS (WHO, 2003), insistent sur la nécessité de favoriser la balance énergétique, d'une part en pratiquant une activité physique régulière, mais aussi en consommant une alimentation de faible densité énergétique qui limite le risque de surconsommation d'énergie par rapport aux besoins. De plus, la frugalité est une recommandation qui fait partie intégrante de nombreux guides alimentaires, à commencer par la pyramide méditerranéenne (Willett *et al.*, 1995). D'ailleurs, une relation entre l'état de santé et le respect du PNNS n'a été mise en évidence qu'à partir du moment où une composante quantitative a été intégrée dans le score FSIPO (*French score of indicators of the PNNS objectives*) de respect du PNNS (une pénalité est attribuée aux individus ayant des apports énergétiques trop élevés) (Estaquio *et al.*, 2008). Enfin, aux États-Unis, un rapport de plusieurs sociétés savantes propose d'adopter une approche graduelle à petits pas (*small steps*) pour diminuer l'épidémie d'obésité à long terme : parmi les recommandations énoncées dans ce cadre, il est suggéré à chacun de marcher 2 000 pas de plus par jour, de diminuer la densité énergétique de l'alimentation de 10 kcal pour 100 g d'aliments consommés et, surtout, de diminuer les apports énergétiques de 100 kcal/j (Hill, 2009).

Références bibliographiques

- ADEME, 2010. *Guide des facteurs d'émission*. Paris: ADEME, 240 p. [Texte intégral](#)
- Arnoult, M.H.; Jones, P.J.; Tranter, R.B.; Tiffin, R.; Traill, W.B.; Tzanopoulos, J., 2010. Modelling the likely impact of healthy eating guidelines on agricultural production and land use in England and Wales. *Land Use Policy*, 27 (4): 1046-1055. [Texte intégral](#)
- Baroni, L.; Cenci, L.; Tettamanti, M.; Berati, M., 2006. Evaluating the environmental impact of various dietary patterns combined with different food production systems. *European Journal of Clinical Nutrition*, 61 (2): 279-286. [Texte intégral](#)
- Bere, E.; Brug, J., 2009. Towards health-promoting and environmentally friendly regional diets ? a Nordic example. *Public Health Nutrition*, 12 (01): 91-96. [Texte intégral](#)
- Carlsson-Kanyama, A.; Ekström, M.P.; Shanahan, H., 2003. Food and life cycle energy inputs: consequences of diet and ways to increase efficiency. *Ecological Economics*, 44 (2-3): 293-307. [Texte intégral](#)
- Carlsson-Kanyama, A.; Gonzalez, A.D., 2009. Potential contributions of food consumption patterns to climate change. *American Journal of Clinical Nutrition*, 89 (5): S1704-S1709. [Texte intégral](#)
- Coley, D.A.; Goodliffe, E.; Acdiarmid, J., 1998. The embodied energy of food: the role of diet : viewpoint. *Energy Policy*, 26 (6): 455-459. [Texte intégral](#)
- Darmon, M.; Briend, A., 2001. Contraintes et coût d'une alimentation équilibrée. *Cuisine Collective*, (140): 1-2. [Texte intégral](#)
- Darmon, N.; Ferguson, E.L.; Briend, A., 2006. Impact of a cost constraint on nutritionally adequate food choices for French women: An analysis by linear programming. *Journal of Nutrition Education and Behavior*, 38 (2): 82-90. [Texte intégral](#)
- Duchin, F., 2005. Sustainable Consumption of Food: A Framework for Analyzing Scenarios about Changes in Diets. *Journal of Industrial Ecology*, 9 (1-2): 99-114. [Texte intégral](#)
- EFSA, 2010. Scientific Opinion on establishing Food-Based Dietary Guidelines *EFSA Journal*, 8 (3): 42 p. [Texte intégral](#)
- Estaquio, C.; Castetbon, K.; Kesse-Guyot, E.; Bertrais, S.; Deschamps, V.; Dauchet, L.; Peneau, S.; Galan, P.; Hercberg, S., 2008. The French National Nutrition and Health Program score is associated with nutritional status and risk of major chronic diseases. *J.Nutr.*, 138 (5): 946-953. [Texte intégral](#)
- Etievant, P.; Bellisle, F.; Dallongeville, J.; Etile, F.; Guichard, E.; Padilla, M.; Romon-Rousseaux, M., 2010. *Les comportements alimentaires. Quels en sont les déterminants ? Quelles actions, pour quels effets ? Rapport de l'expertise scientifique collective*. Paris: INRA, 277 p. [Texte intégral](#)
- FAO, 2010. Definition of sustainable diets. *International scientific symposium Biodiversity and sustainable diets United againts hunger*. Rome. FAO, 2 p. [Texte intégral](#)
- Garnett, T., 2011. Where are the best opportunities for reducing greenhouse gas emissions in the food system (including the food chain)? *Food Policy*, 36 (Supplement 1): S23-S32. [Texte intégral](#)
- Gonzalez, C.A.; Riboli, E., 2010. Diet and cancer prevention: Contributions from the European Prospective Investigation into Cancer and Nutrition (EPIC) study. *European Journal of Cancer*,

46 (14): 2555-2562. [Texte intégral](#)

Goulet, J.; Lamarche, B.; Nadeau, G.; Lemieux, S., 2003. Effect of a nutritional intervention promoting the Mediterranean food pattern on plasma lipids, lipoproteins and body weight in healthy French-Canadian women. *Atherosclerosis*, 170 (1): 115-124. [Texte intégral](#)

Griffon M. (Ed.), 2006. *Nourrir la planète - Pour une révolution doublement verte* Paris: Odile Jacob, 456 p.

Hill, J.O., 2009. Can a small-changes approach help address the obesity epidemic? A report of the Joint Task Force of the American Society for Nutrition, Institute of Food Technologists, and International Food Information Council. *American Journal of Clinical Nutrition*, 89 (2): 477-84. [Texte intégral](#)

Issa, C.; Darmon, N.; Salameh, P.; Maillot, M.; Batal, M.; Lairon, D., 2011. A Mediterranean diet pattern with low consumption of liquid sweets and refined cereals is negatively associated with adiposity in adults from rural Lebanon. *International Journal of Obesity*, 35 (2): 251-8. [Texte intégral](#)

Kant, A.K., 1996. Indexes of Overall Diet Quality: A Review. *Journal of the American Dietetic Association*, 96 (8): 785-791. [Texte intégral](#)

Key, T.J.; Appleby, P.N.; Rosell, M.S., 2006. Health effects of vegetarian and vegan diets. *Proceedings of the Nutrition Society*, 65 (01): 35-41. [Texte intégral](#)

Kling, M.; Hough, I., 2010. *The American Carbon Foodprint: Understanding your food's impact on climate change*, 17 p. [Texte intégral](#)

Lafay, L.C.; Volatier, J.L.C., 2009. *Etude individuelle nationale des consommations alimentaires 2 INCA 2, 2006-2007*. Maisons-Alfort: Afssa, 228 p. [Texte intégral](#)

Lang, T., 2005. Food control or food democracy? Re-engaging nutrition with society and the environment. *Public Health Nutrition*, 8 (6a): 730-737. [Texte intégral](#)

Ledikwe, J.H.; Blanck, H.M.; Khan, L.K.; Serdula, M.K.; Seymour, J.D.; Tohill, B.C.; Rolls, B.J., 2006. Low-Energy-Density Diets Are Associated with High Diet Quality in Adults in the United States. *Journal of the American Dietetic Association*, 106 (8): 1172-1180. [Texte intégral](#)

Lobstein, T., 2002. Food policies: a threat to health? *Proceedings of the Nutrition Society*, 61 (04): 579-585. [Texte intégral](#)

Madden, J.P.; Goodman, S.J.; Guthrie, H.A., 1976. Validity of the 24-hr. recall. Analysis of data obtained from elderly subjects. *Journal of the American Dietetic Association*, 68 (2): 143-147.

Maillot, M.; Darmon, N.; Darmon, M.; Lafay, L.; Drewnowski, A., 2007. Nutrient-dense food groups have high energy costs: An econometric approach to nutrient profiling. *Journal of Nutrition*, 137 (7): 1815-1820. [Texte intégral](#)

Maillot, M.; Vieux, F.; Amiot, M.J.; Darmon, N., 2010. Individual diet modeling translates nutrient recommendations into realistic and individual-specific food choices. *American Journal of Clinical Nutrition*, 91 (2): 421-430. [Texte intégral](#)

Maillot, M.; Vieux, F.; Ferguson, E.F.; Volatier, J.-L.; Amiot, M.J.; Darmon, N., 2009. To Meet Nutrient Recommendations, Most French Adults Need to Expand Their Habitual Food Repertoire. *Journal of Nutrition*, 139 (9): 1721-1727. [Texte intégral](#)

Marlow, H.J.; Hayes, W.K.; Soret, S.; Carter, R.L.; Schwab, E.R.; Sabaté, J., 2009. Diet and the environment: does what you eat matter? *American Journal of Clinical Nutrition*, 89 (5):

1699S-1703S. [Texte intégral](#)

McMichael, A.J.; Powles, J.W.; Butler, C.D.; Uauy, R., 2007. Food, livestock production, energy, climate change, and health. *The Lancet*, 370 (9594): 1253-1263. [Texte intégral](#)

Micha, R.; Wallace, S.K.; Mozaffarian, D., 2010. Red and Processed Meat Consumption and Risk of Incident Coronary Heart Disease, Stroke, and Diabetes Mellitus: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Circulation*, 121 (21): 2271-2283. [Texte intégral](#)

Millward, D.J.; Garnett, T., 2010. Food and the planet: nutritional dilemmas of greenhouse gas emission reductions through reduced intakes of meat and dairy foods. *Proceedings of the Nutrition Society*, 69 (01): 103-118. [Texte intégral](#)

OMS; FAO, 2003. *Diet, Nutrition and the Prevention of Chronic Diseases*. Geneva WHO Technical Report 64 p. Expert Consultation. [Texte intégral](#)

Paillard, S.C.; Treyer, S.C.; Dorin, B.C., 2010. *Agrimonde : Scénarios et défis pour nourrir le monde en 2050*. Paris: Quae (*Matière à débattre et décider*), 296 p.

Reijnders, L.; Soret, S., 2003. Quantification of the environmental impact of different dietary protein choices. *American Journal of Clinical Nutrition*, 78 (3): 664S-668S. [Texte intégral](#)

Risku-Norja, H.; Hietala, R.; Virtanen, H.; Ketomäki, H.; Helenius, J., 2008. Localisation of primary food production in Finland: production potential and environmental impacts of food consumption patterns. *Agricultural and Food Science*, 17: 127-145. [Texte intégral](#)

Steinberg, H.; Gerber, P.; Wasenaar, T.; Castel, V.; Rosales, M.; de Hann, C., 2006. *Livestock's long shadow. Environmental issues and options*. Rome: FAO, 390 p. [Texte intégral](#)

Supkova, M.; Darmon, N.; Martin, S.; Redlingshöfer, B.; Russel, M.; Vieux, F., 2010. *Impact carbone de régimes alimentaires différenciés selon leur qualité nutritionnelle : une étude basée sur des données françaises*. Paris: Etude co-financée par l'ADEME et l'INRA, 91 p.

Trichopoulou, A.; Costacou, T.; Bamia, C.; Trichopoulos, D., 2003. Adherence to a Mediterranean diet and survival in a Greek population. *New England Journal of Medicine*, 348 (26): 2599-2608. [Texte intégral](#)

Tukker, A.; Goldbohm, R.A.; de Koning, A.; Verheijden, M.; Kleijn, R.; Wolf, O.; Pérez-Domínguez, I.; Rueda-Cantuche, J.M., 2011. Environmental impacts of changes to healthier diets in Europe. *Ecological Economics*, In Press, Corrected Proof. [Texte intégral](#)

Waijers, P.M.; Feskens, E.J.; Ocke, M.C., 2007. A critical review of predefined diet quality scores. *British Journal of Nutrition*, 97 (2): 219-231. [Texte intégral](#)

WHO, 1998. *Preparation and use of food based dietary guidelines: report of a joint WHO/FAO expert consultation* Geneva: WHO, WHO Technical Report 116 p. [Texte intégral](#)

WHO, 2003. *Diet, nutrition and the prevention of chronic diseases: report of a joint WHO/FAO expert consultation*. Geneva: WHO, WHO technical report series, 160 p. [Texte intégral](#)

Willett, W., 1998. *Nutritional epidemiology*. New York: Oxford University Press (*Nutritional epidemiology.*), xiv + 514 p.

Willett, W.C.; Sacks, F.; Trichopoulou, A.; Drescher, G.; Ferroluzzi, A.; Helsing, E.; Trichopoulos, D., 1995. Mediterranean diet pyramid: a cultural model for healthy eating. *American Journal of Clinical Nutrition*, 61 (6): S1402-S1406. [Texte intégral](#)

Zetlaoui, M.; Feinberg, M.; Verger, P.; Cléménçon, S., 2011. Extraction of Food Consumption Systems by Nonnegative Matrix Factorization (NMF) for the Assessment of Food Choices.

duALine – Chapitre 3 Étude de cas

Biometrics, Article in press. [Texte intégral](#)