



Notes et études socio-économiques

CENTRE D'ÉTUDES ET DE PROSPECTIVE

n° 37 - Janvier-Juin 2013



Florent Vieux, Louis-Georges Soler, Djilali Touazi,
Nicole Darmon

- Impact carbone et qualité nutritionnelle
de l'alimentation en France

NESE n° 37, Janvier-Juin 2013, pp. 185-197

CENTRE D'ÉTUDES ET DE PROSPECTIVE

SERVICE DE LA STATISTIQUE ET DE LA PROSPECTIVE

Présentation

Notes et Études Socio-Économiques est une revue du ministère de l'Agriculture, de l'Agroalimentaire et de la Forêt, publiée par son Centre d'Études et de Prospective. Cette revue technique à comité de rédaction se donne pour double objectif de valoriser des travaux conduits en interne ou des études commanditées par le ministère mais également de participer au débat d'idées en relayant des contributions d'experts extérieurs. Veillant à la rigueur des analyses et du traitement des données, elle s'adresse à un lectorat à la recherche d'éclairages complets et solides sur des sujets bien délimités. D'une périodicité de deux numéros par an, la revue existe en version papier et en version électronique.

Les articles et propos présentés dans cette revue n'engagent que leurs auteurs.

Directrice de la publication :

Béatrice Sédillot, MAAF-SG-SSP, Chef du Service de la Statistique et de la Prospective

Rédacteur en chef :

Bruno Hérault, MAAF-SG-SSP, Chef du Centre d'Études et de Prospective

Secrétaire de rédaction :

Pierre Claquin, MAAF-SG-SSP-CEP, Chef du bureau de la prospective, Centre d'Études et de Prospective

Comité de rédaction

Jean-Claude Teurlay, MAAF-SG-SSP, Adjoint au chef du SSP

Martin Bortzmeyer, MEDDTL-CGDD, Chef de bureau

Patrick Aigrain, FranceAgriMer, Direction Marché Études et Prospective

Frédéric Courleux, MAAF-SG-SSP-CEP, Chef du BEAE

Bruno Hérault, MAAF-SG-SSP, Chef du Centre d'Études et de Prospective

Aurélien Daubaire, MEFI-DGT, chef du BEA (POLSEC 4)

Elsa Delcombel, MAAF-DGPAAT, Chef du BSECC

Jean-Luc Pujol, INRA, Directeur Mission d'anticipation Recherche Société et Développement durable

Sébastien Treyer, IDDRI, Directeur des programmes

Tancrede Voituriez, CIRAD, IDDRI

Pascale Pollet, MAAF-SG-SSP, Sous-directrice de la SDSSR

Composition : SSP - ANCD

Impression : SSP - BSS

Dépôt légal : à parution

ISSN : 2259-4841

Renseignements et diffusion : voir page 4 de couverture

Impact carbone et qualité nutritionnelle de l'alimentation en France

Florent Vieux¹⁻²⁻³, Louis-Georges Soler⁴, Djilali Touazi⁴, Nicole Darmon¹⁻²⁻³

Résumé

L'objectif de l'étude était d'analyser l'impact carbone de l'alimentation en fonction de sa qualité nutritionnelle. Les participants à l'enquête nationale INCA2 ont été répartis en 4 classes selon la qualité nutritionnelle de leur alimentation, celle-ci étant définie par comparaison à la médiane des trois critères suivants : densité énergétique, MAR (Mean Adequacy Ratio, pourcentage moyen des apports nutritionnels conseillés pour 20 nutriments essentiels), et MER (Mean Excess Ratio, pourcentage moyen des valeurs maximales recommandées pour 3 nutriments à limiter). Par ailleurs, l'impact carbone de l'alimentation de chacun des individus a été estimé à partir de l'impact carbone de 73 aliments couramment consommés. La part des produits végétaux (fruits et légumes notamment) était d'autant plus forte et celle des produits sucrés et salés d'autant plus faible, que la qualité nutritionnelle de l'alimentation était élevée. Après ajustement pour les apports énergétiques, l'impact carbone de l'alimentation était d'autant plus élevé que la qualité nutritionnelle était élevée également (+ 4 % et + 17 % de CO₂ e/j entre classe 1 et classe 4, chez les hommes et les femmes respectivement). Contrairement à ce qui est couramment admis, nos résultats suggèrent qu'une alimentation en accord avec les recommandations nutritionnelles n'a pas nécessairement un faible impact carbone. Ceci ne signifie pas qu'il soit impossible d'avoir une alimentation équilibrée et peu impactante pour l'environnement, mais témoigne qu'aujourd'hui, en France, les personnes qui ont l'alimentation la plus proche des recommandations nutritionnelles ne sont pas nécessairement celles dont l'alimentation a le plus faible impact carbone. Ceci est dû, d'une part au fait que la consommation totale de viande ne varie pas entre les 4 classes de qualité nutritionnelle, et d'autre part au fait que ceux qui mangent mieux sur le plan nutritionnel, ingèrent des quantités d'aliments plus importantes, bien que leurs apports énergétiques soient plus faibles que ceux qui ont une alimentation déséquilibrée, et bien qu'ils consomment des aliments de plus faible impact carbone par unité de poids.

Mots clés

Alimentation, aliments, impact carbone, recommandations nutritionnelles, densité énergétique

**Le texte ci-après ne représente pas nécessairement les positions officielles
du ministère de l'Agriculture, de l'Agroalimentaire et de la Forêt.
Il n'engage que ses auteurs.**

Les auteurs remercient pour leurs contributions et suggestions Catherine Esnouf, Sarah Martin, Barbara Redlingshoeffler, Marie Russel et Markéta Supkova. Les éventuelles erreurs restent de la responsabilité des auteurs.

1. INRA, UMR1260, F-13385, Marseille, France.

2. INSERM, UMR1062, "Nutrition, Obesity and Risk of Thrombosis", F-13385, Marseille, France.

3. Aix-Marseille Univ., Faculté de Médecine, F-13385, Marseille, France.

4. Institut National de Recherche Agronomique UR 1303 ALISS - 65 Boulevard de Brandebourg, 94205 Ivry sur Seine, France.

Introduction

La modification des consommations alimentaires est souvent considérée comme un moyen de réduire l'impact environnemental du secteur alimentaire. Ce dernier représente entre 15 et 30 % des émissions totales de gaz à effet de serre dans les pays développés, les incertitudes sur ces valeurs restant grandes compte tenu de la complexité et de la diversité des méthodes mises en œuvre pour les estimer (Garnett, 2008 ; Kim and Neff, 2009 ; Kling and Hough, 2010 ; Tukker et al., 2006). En particulier, la modification de l'alimentation (Carlsson-Kanyama et al., 2003 ; Coley et al., 1998) par le biais d'une réduction de la consommation de viande dans les pays à fort niveau de revenu (associée à une augmentation raisonnable de celle-ci dans les pays à faible revenu) a été proposée comme un bon moyen de réduire les émissions de gaz à effet de serre associées au secteur alimentaire, tout en améliorant simultanément la santé des populations concernées (McMichael et al., 2007). Toutefois, les viandes, les poissons et les produits laitiers sont des sources uniques de nutriments spécifiques et essentiels, et la réduction de leur consommation soulève un certain nombre de défis nutritionnels (Millward and Garnett, 2010).

À travers la notion « d'alimentation durable », l'Organisation pour l'Alimentation et l'Agriculture (FAO) prône « des consommations alimentaires compatibles avec la protection et le respect de la biodiversité et des écosystèmes, culturellement acceptables, accessibles, économiquement équitables et financièrement abordables ; nutritionnellement adéquates, dépourvues de risques et saines ; tout en étant capables d'optimiser les ressources naturelles et humaines » (FAO, 2010). Pour tendre vers cet objectif, la FAO recommande de tenir compte de la durabilité lors de l'élaboration des recommandations nutritionnelles basées sur les aliments, et des politiques alimentaires, et a souligné le besoin d'études démontrant des synergies entre ces différentes dimensions de la durabilité (FAO, 2010).

Le but de cet article est précisément d'analyser en détail la relation entre la qualité nutritionnelle de l'alimentation spontanée des individus et les émissions de gaz à effet de serre qui lui sont associées. Pour tenir compte de la diversité réelle des consommations alimentaires en France, les données de la dernière enquête nutritionnelle menée auprès d'un échantillon représentatif de la population adulte française ont été utilisées (AFSSA, 2009). En se basant sur les valeurs d'émissions de gaz à effet de serre ou « impact carbone » (exprimé en grammes d'équivalents CO₂) d'une sélection des aliments les plus consommés en France, et déjà publiées (Vieux et al., 2012), l'impact carbone associé aux consommations alimentaires de chaque individu de cet échantillon (ou impact carbone alimentaire journalier) a été estimé. Une fois calculé, cet impact carbone a été corrélé avec les quantités consommées des différents groupes d'aliments et avec des indicateurs de qualité nutritionnelle des régimes alimentaires individuels. Afin d'éviter des *a priori* sur la composition d'une alimentation de bonne ou moins bonne qualité nutritionnelle, une méthode de classement des consommations alimentaires individuelles tenant compte uniquement de leur densité énergétique et de leurs teneurs en nutriments (mais pas de leur contenu en aliments) a été spécifiquement développée pour cette étude. Les consommations alimentaires individuelles ont été réparties en quatre classes de qualité nutritionnelle croissante (classe 1 à classe 4) et l'impact carbone alimentaire journalier a été comparé entre ces quatre classes. Dans la première partie de l'article, nous présentons les données et les méthodes utilisées. Dans la deuxième partie, nous décrivons les résultats des analyses effectuées, puis nous les discutons dans la troisième partie.

1. Méthodes

1.1. Échantillon de population et données alimentaires

Les données alimentaires utilisées dans la présente étude ont été tirées de carnets alimentaires de 7 jours d'un échantillon national aléatoire représentatif d'adultes ($n = 2\,624$; âge > 18 ans) participant à l'enquête alimentaire transversale INCA 2 (« *Enquête Individuelle et Nationale sur les Consommations Alimentaires* »), menée en 2006-2007 par l'ANSES (Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail) (AFSSA, 2009). Après l'exclusion des sujets sous-évaluant leurs apports alimentaires par des procédures standard, la présente analyse a été menée sur un échantillon final de 1918 adultes (776 hommes et 1 142 femmes). Tous les aliments déclarés comme consommés par les participants lors de l'enquête ($n = 1\,314$ aliments et boissons, y compris l'eau) ont été répertoriés dans une base de données associée à l'enquête alimentaire donnant la composition nutritionnelle de chaque aliment. Le poids total des aliments consommés, les apports énergétiques totaux, la consommation des groupes alimentaires et les apports nutritionnels ont été calculés sur une base quotidienne pour chaque participant, à partir de la liste des aliments et des boissons qu'il (ou elle) a enregistrée d'une part, et le poids, et le contenu en énergie et en nutriments des aliments consommés d'autre part.

1.2. Trois indicateurs de qualité nutritionnelle

Pour caractériser la qualité nutritionnelle des régimes alimentaires individuels, nous avons utilisé trois indicateurs : le pourcentage moyen des apports nutritionnels conseillés en nutriments essentiels (Mean Adequacy Ratio, MAR), le pourcentage moyen des valeurs maximales recommandées en nutriments à limiter (Mean Excess Ratio, MER) et la densité énergétique (DE). Ils ont été estimés sans tenir compte des nutriments provenant des boissons alcoolisées.

Le MAR a été utilisé comme indicateur de bonne qualité nutritionnelle, car à plusieurs reprises il a été retrouvé positivement associé à d'autres indices de bonne qualité de l'alimentation (Cox et al., 1997 ; Dubois et al., 2000 ; Krebs-Smith et al., 1987 ; Torheim et al., 2004) et avec les indicateurs de santé (Ferland and O'Brien, 2003 ; Keller et al., 1997). Dans la présente étude, le MAR a été calculé sur une base journalière pour l'alimentation de chaque individu, comme étant le pourcentage moyen des Apports Nutritionnels Conseillés pour la population adulte française (ANC) (Martin, 2001) pour 20 éléments essentiels (à savoir les protéines, les fibres, la vitamine A, la thiamine, la riboflavine, la niacine, la vitamine B6, les folates, la vitamine B12, l'acide ascorbique, la vitamine E, la vitamine D, le calcium, le potassium, le fer, le magnésium, le zinc, le cuivre, l'iode et le sélénium) en différenciant les valeurs conseillées pour les hommes et pour les femmes. Afin d'éviter que des apports élevés en un ou plusieurs nutriments puissent compenser des apports insuffisants en un ou plusieurs autres nutriments, chaque pourcentage est coupé à 100 % avant d'en faire la moyenne¹.

1. De nombreuses études montrent que le MAR est très stable, quels que soient le nombre et le type de nutriments intégrés. De plus, les protéines et les fibres y sont comptées. Par ailleurs, signalons que si lipides et glucides ne sont pas pris en compte dans cet indicateur (notamment parce qu'il s'agit dans ces cas de fourchettes d'apports conseillés et non de valeurs cibles), ces derniers apportent des calories, et ces calories sont prises en compte dans l'indicateur « densité énergétique » (cf. *infra*). Enfin, les macronutriments que sont les acides gras saturés et le sucre ajouté sont pris en compte dans le MER.

Nous avons développé le MER par analogie avec le MAR, et nous l'avons utilisé comme indicateur de mauvaise qualité nutritionnelle. Le MER a été calculé pour chaque individu, comme le pourcentage moyen des valeurs maximales (limites de sécurité) pour trois des éléments dont il est conseillé de limiter la consommation dans une alimentation équilibrée, à savoir les acides gras saturés (AGS), le sodium et les sucres libres. Le terme « sucres libres » se réfère aux sucres ajoutés plus les sucres naturellement présents dans le miel, les sirops et jus de fruits (Joint WHO/FAO expert consultation, 2003).

Une limite de cet indicateur, comme du précédent, est qu'ils sont généralement positivement reliés au niveau des apports énergétiques, car, en moyenne, plus on mange plus on ingère de bons comme de mauvais nutriments. C'est pourquoi la densité énergétique de l'alimentation (DE, en kcal pour 100 g ingérés) a été également prise en compte, et utilisée comme indicateur de mauvaise qualité nutritionnelle. En effet, il est connu qu'une alimentation de faible densité énergétique a généralement une bonne qualité nutritionnelle globale (Ledikwe et al., 2006 ; Schroder et al., 2008). D'ailleurs, une diminution de la densité énergétique de l'alimentation est recommandée par plusieurs autorités de santé publique pour prévenir l'obésité et les maladies associées à l'obésité (Swinburn et al., 2004 ; World Cancer Research Fund International/Association Institute of Cancer Research, 2007). La DE de l'alimentation (en kcal/100 g d'aliments) a été calculée en divisant l'apport énergétique par le poids des aliments consommés par chaque individu. Comme proposé par Ledikwe et al. (2005), des aliments consommés habituellement sous forme de boissons, comme le lait, les jus de fruits, et les boissons non alcoolisées, ont été exclus du calcul de la densité énergétique².

1.3. Quatre classes de qualité nutritionnelle

Une méthode permettant de classer les individus en fonction de la qualité nutritionnelle de leur alimentation a été spécialement développée pour cette étude. Les trois indicateurs de qualité nutritionnelle décrits ci-dessus ont été calculés pour l'alimentation de chaque individu de l'échantillon. Les individus ont ensuite été classés selon les valeurs prises pour chacun de ces indicateurs par rapport à la médiane observée dans les populations d'hommes et les femmes, séparément. Une alimentation de qualité nutritionnelle de classe 1 a été définie comme conforme aux trois objectifs nutritionnels suivants : un MAR au-dessus de la médiane, un MER inférieur à la médiane et une DE inférieure à la médiane. Une alimentation conforme à seulement 2, 1 ou 0 de ces objectifs a été définie comme appartenant à la classe 2, classe 3 ou classe 4, respectivement. Cette méthode revient à équilibrer l'importance des trois critères (MAR, MER, DE).

1.4. Estimation de l'impact carbone associé à l'alimentation, ou impact carbone alimentaire

Comme décrit ailleurs (Supkova et al., 2011 ; Vieux et al., 2012), l'estimation de l'impact carbone alimentaire a été réalisée à partir des valeurs d'impact carbone d'une sélection

2. Dans la littérature, la justification de l'exclusion des boissons dans le calcul de la densité énergétique de l'alimentation est argumentée par le moindre effet satiétogène des boissons par rapport aux solides, malgré leur très faible densité énergétique. D'ailleurs, c'est seulement avec la densité énergétique calculée en excluant les aliments liquides qu'ont été mis en évidence des risques de surpoids et d'obésité et une relation négative avec la qualité nutritionnelle.

de 73 aliments largement consommés en France³. Pour cette estimation, une série d'hypothèses a été faite. Nous avons tout d'abord supposé que les produits alimentaires sélectionnés étaient obtenus par des procédés de production et de distribution conventionnels et les plus fréquents en France. Autrement dit, nous avons raisonné sur des valeurs moyennes d'impact carbone pour chaque famille d'aliments sans tenir compte de l'existence possible d'une variabilité associée à des modes de production ou de distribution « alternatifs » (bio, local, de saison, etc.). D'autre part, les valeurs d'impact carbone associées aux aliments que nous avons utilisées tiennent compte des étapes de production agricole, de transformation, d'emballage et de transport jusqu'aux points de vente de détail. Par contre, les étapes qui se déroulent après l'achat en magasin (transport du magasin au domicile, stockage, préparation et cuisson à la maison, gestion des phases finales) n'ont pas été considérées en raison d'un manque de données. Les valeurs ont été exprimées en g équivalent de CO₂ pour 100 g de portion comestible (g CO₂ e/100 g). Comme les données concernaient 73 aliments parmi un nombre potentiel plus élevé d'aliments, nous avons calculé un facteur de pondération pour chaque produit alimentaire représentatif choisi au sein de chaque catégorie, afin d'estimer l'impact carbone associé à la consommation de chaque catégorie d'aliments⁴.

1.5. Analyse statistique

Les relations entre l'impact carbone alimentaire et les autres variables (apports énergétiques, MAR, MER, DE, quantités consommées de chaque groupe d'aliments) ont été testées en utilisant les coefficients de corrélation de Pearson simples et aussi partiels (ajustement pour l'âge et le sexe). L'impact carbone alimentaire de la consommation des grands groupes d'aliments, exprimé pour 100 g et pour 100 kcal consommés, a été comparé. Les quantités moyennes consommées de chaque groupe d'aliments et l'impact carbone alimentaire moyen ont été comparés en fonction des 4 classes nutritionnelles. Dans des analyses supplémentaires, les résultats ont été contrôlés pour les apports énergétiques. En effet, il existe généralement un lien très fort entre le niveau des apports énergétiques et de nombreuses autres caractéristiques de l'alimentation, telles que son poids, son prix ou sa teneur en nutriments, que ces derniers soient favorables ou défavorables à la santé. C'est pourquoi il est généralement nécessaire en épidémiologie nutritionnelle de compléter les analyses statistiques « brutes » par des analyses « ajustées pour les apports énergétiques » (autrement dit « à niveau d'apport énergétique constant »), afin de mettre au jour d'autres relations que celle due à la très forte corrélation avec ces apports. Sans surprise, nous avons montré dans une publication précédente (Vieux, 2012), que l'impact carbone journalier était lui aussi très fortement corrélé avec les apports énergétiques des individus, ce qui rend l'ajustement énergétique nécessaire si l'on souhaite caractériser autre chose que cette très forte association. Un niveau alpha de 0,05 a été utilisé pour déterminer la signification statistique⁵.

3. L'ensemble des aliments a été réparti dans 36 catégories d'aliments. Puis, les aliments les plus fréquemment consommés dans chacune de ces catégories ont été sélectionnés. Cette sélection représente en moyenne 51,6 % des quantités consommées et 27,4 % des apports énergétiques.

4. Cette pondération et le calcul associés ont été précédemment décrits (Supkova et al., 2011 ; Vieux et al., 2012). Le lecteur intéressé pourra se reporter à ces publications pour plus de détail méthodologique.

5. Pour chaque analyse, le seuil de significativité des tests statistiques (erreur de première espèce) a été fixé à 5 %. Les analyses statistiques ont été effectuées à l'aide du logiciel SAS version 9.2 (SAS Institute, Cary, NC).

2. Résultats

2.1. Corrélation entre l'impact carbone alimentaire et les indicateurs de qualité nutritionnelle

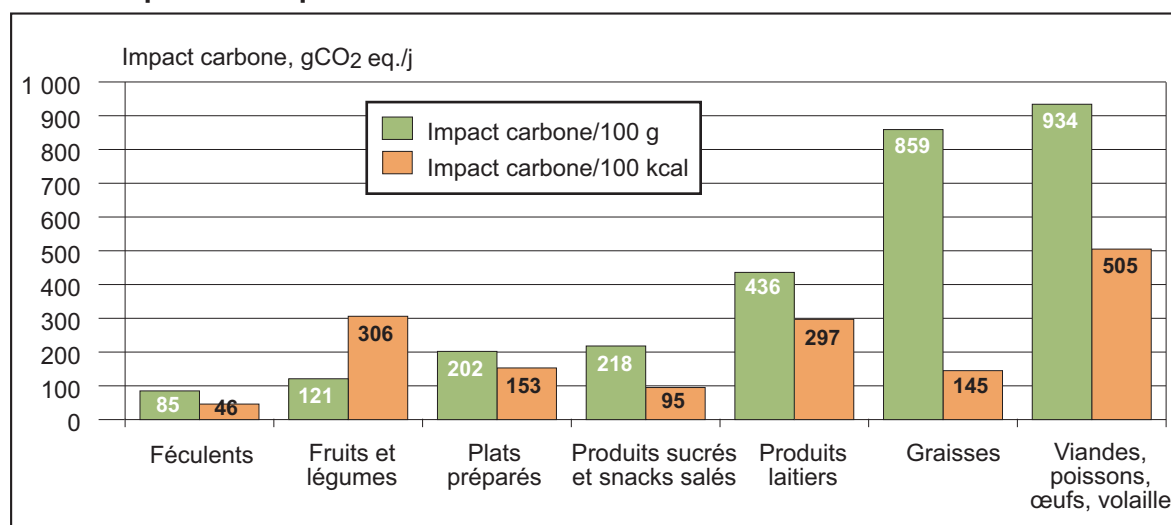
Dans les analyses de régression simple, il ressort que le MAR ($R = 0,67$, $p < 0,0001$), le MER ($R = 0,80$, $p < 0,0001$), la DE des aliments ($R = 0,34$, $p < 0,0001$) et l'impact carbone alimentaire ($R = 0,79$, $p < 0,0001$) sont chacun positivement et significativement corrélés avec les apports énergétiques. Toutes les valeurs augmentent quand les apports énergétiques journaliers des individus augmentent.

Comme attendu, après ajustement sur les apports énergétiques, la DE est corrélée positivement avec le MER et négativement avec le MAR. Le MAR est négativement associé avec le MER. Toujours après ajustement sur les apports énergétiques, l'impact carbone alimentaire est positivement corrélé avec le MAR et négativement avec la DE, mais aucune corrélation n'est observée avec le MER.

2.2. Impact carbone des groupes d'aliments et contributions respectives de leurs consommations à l'impact carbone total de l'alimentation

Quelle que soit la base de calcul (pour 100 g ou 100 kcal d'aliment consommé) l'impact carbone le plus élevé est observé pour le groupe VPOV (viande, poisson, œufs et volaille), et le plus faible pour les féculents (figure 1). Dans le groupe VPOV, la viande a le plus fort impact carbone, et celui-ci est plus de 10 fois supérieur, pour 100 g tels que consommés, à celui des fruits et légumes (1 387 g vs 121 g de $\text{CO}_2 \text{e}/100 \text{g}$ respectivement). Après les féculents, le groupe qui a le plus faible impact carbone est le groupe des fruits et légumes lorsque l'impact carbone est exprimé pour 100 g, mais celui des produits sucrés et snacks salés lorsque l'impact carbone est exprimé pour 100 kcal. Enfin, exprimé pour 100 kcal, l'impact carbone moyen des produits laitiers est similaire à celui des fruits et légumes.

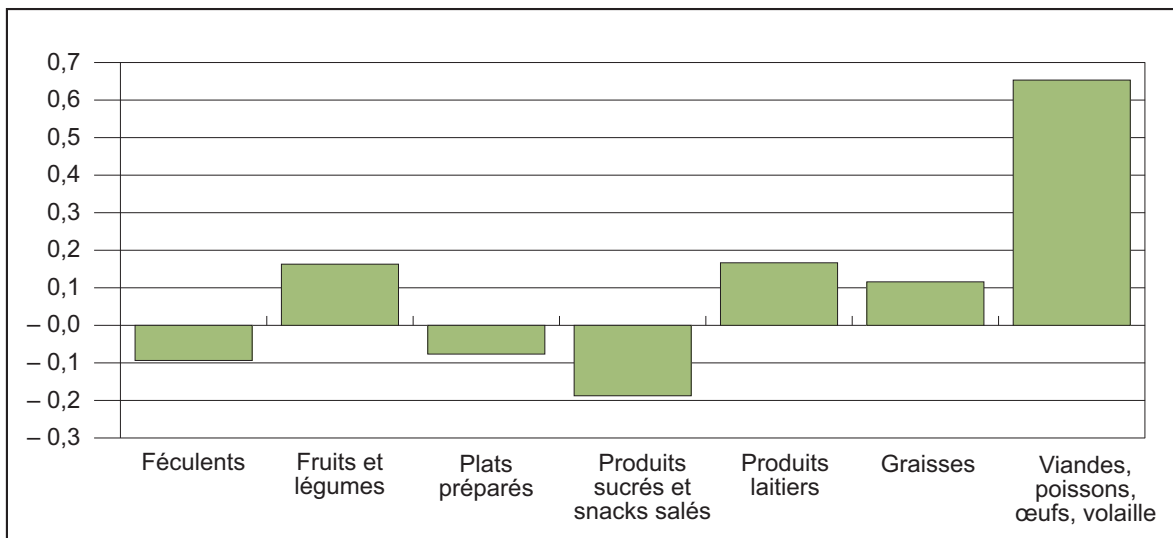
Figure 1 - Impact carbone de chaque groupe d'aliments, exprimé par 100 g et par 100 kcal et pondéré par les consommations des adultes (n = 1918) participant à l'enquête INCA2



Note : les valeurs sont des moyennes. Les barres représentent l'intervalle de confiance à 95 % (dispersion des rations réelles des adultes).

Après ajustement sur l'âge, le sexe et les apports énergétiques, une plus grande consommation de produits sucrés et de snacks salés, de plats préparés et de féculents est associée avec un plus faible impact carbone alimentaire journalier (figure 2). En revanche, pour les autres groupes d'aliments, y compris celui des fruits et légumes, une augmentation de consommation est associée à un plus fort impact carbone alimentaire journalier. La plus forte association positive est observée pour le groupe VPOV (et au sein de ce groupe, pour la catégorie de la viande, résultats non montrés)

Figure 2 - **Corrélations de Pearson partielles (ajustement pour l'âge, le sexe et les apports énergétiques) entre l'impact carbone alimentaire journalier (en g CO₂ e/j), et la consommation (en g/j) de chaque groupe d'aliments par des adultes (n = 1 918) participant à l'enquête INCA2**



Note : tous les coefficients sont significativement différents de 0 ($p < 0,001$).

2.3. Consommations alimentaires dans les quatre classes de qualité nutritionnelle

Pour les deux sexes, les personnes ayant une alimentation de bonne qualité nutritionnelle ont des apports alimentaires (en g/j) plus élevés, et des apports énergétiques plus faibles (résultats non montrés), que celles ayant une alimentation de faible qualité nutritionnelle, et leur alimentation contient plus de produits végétaux, fruits et légumes notamment, et moins de produits sucrés et snacks salés (tableau 1).

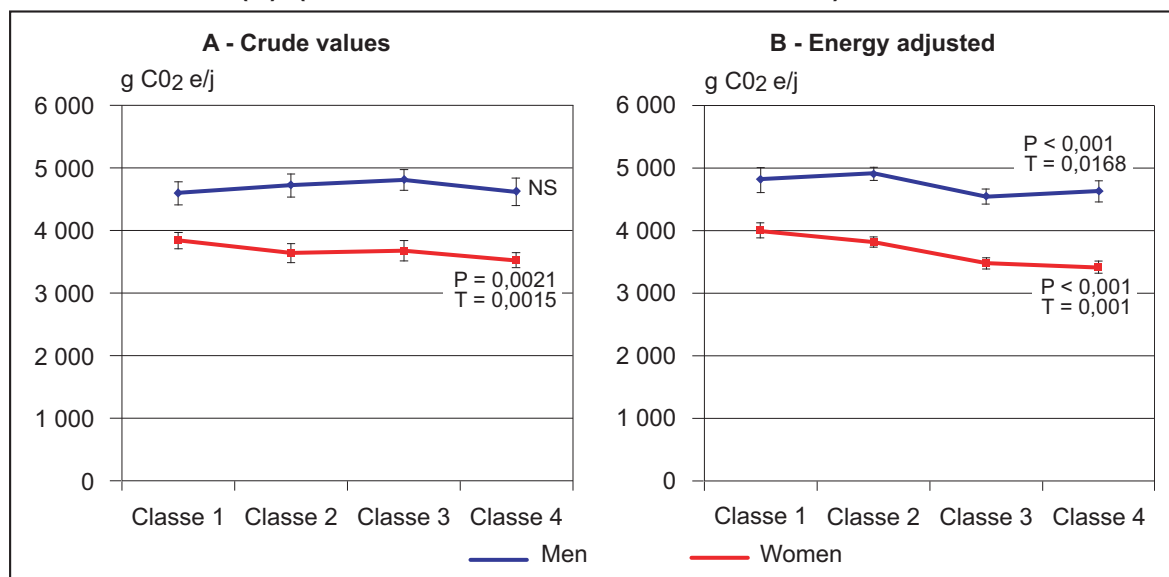
Pour les deux sexes, une alimentation de bonne qualité nutritionnelle contient significativement plus de poisson et moins de charcuteries qu'une alimentation de faible qualité nutritionnelle, mais la quantité de viande ne diffère pas entre les quatre classes de qualité nutritionnelle [69 et 51 g/j de viande (hors viande de volaille) pour la classe 1, chez les hommes et les femmes respectivement]. Pour les femmes, une alimentation de bonne qualité nutritionnelle contient plus de volailles et d'œufs qu'une alimentation de faible qualité, si bien que l'apport total du groupe VPOV augmente parallèlement à la qualité nutritionnelle.

Tableau 1 - **Consommation moyenne (g/1) par groupe d'aliments en fonction de la qualité nutritionnelle de leur alimentation**

P = p – value globale, T = test pour la tendance linéaire de la p – value

Classes de qualité nutritionnelle	Hommes						Femmes				
	1	2	3	4	p	t	1	2	3	4	p
Nombre d'individus	98	297	275	106			171	397	385	189	
Fruits et légumes	522,5	415,5	298,5	170,6	< 0,0001	< 0,0001	518,8	408,2	299,0	217,8	< 0,0001
Féculents	327,4	302,2	307,4	251,3	< 0,0001	< 0,0001	188,3	193,2	210,6	190,1	0,0648
Plats préparés	233,5	231,1	190,9	186,8	0,0139	0,0069	181,0	196,1	150,1	149,5	< 0,0001
Produits gras sucrés salés	143,4	171,9	274,7	386,9	< 0,0001	< 0,0001	145,1	142,6	207,0	318,2	< 0,0001
Produits laitiers	225,0	199,3	203,8	180,0	0,2237	0,0674	257,4	196,1	182,1	155,6	< 0,0001
Matières grasses	40,4	39,4	36,7	33,8	0,0825	0,03	37,4	37,8	37,5	33,1	0,1618
Viandes, poissons, œufs, volaille	194,3	194,1	192,4	187,2	0,8818	0,4501	154,4	143,7	135,3	124,2	< 0,0001

Figure 3 - **Impact carbone alimentaire journalier (en g CO₂ e/j) des adultes participant à l'enquête INCA2, en fonction de la qualité nutritionnelle de leur alimentation. Valeurs brutes (A) et valeurs ajustées pour les apports énergétiques totaux (B). (trait foncé = hommes ; clair = femmes)**



Note : les valeurs sont des moyennes. Les barres représentent l'intervalle de confiance à 95 %. P = p – value globale, T = test pour la tendance linéaire de la p – value. NS = non significatif.

2.4. Impact carbone alimentaire journalier (en g CO₂ e/j) dans les quatre classes de qualité nutritionnelle

Les valeurs brutes et ajustées de l'impact carbone alimentaire journalier dans les quatre classes de qualité nutritionnelle sont présentées figure 4. Sans ajustement (partie A),

l'impact carbone n'est pas significativement différent entre les quatre classes pour les hommes ($p = 0,27$), mais il est supérieur dans la classe 1, de meilleure qualité nutritionnelle, pour les femmes ($p = 0,0021$). Après ajustement pour les apports énergétiques (partie B), l'impact carbone de l'alimentation est d'autant plus élevé que la qualité nutritionnelle est élevée également (4 % et + 17 % de CO_2 e/j entre classe 1 et classe 4, chez les hommes et les femmes respectivement).

3. Discussion

La présente étude a montré que, pour un niveau donné d'apport énergétique, l'impact carbone alimentaire journalier a tendance à être d'autant plus élevé que la qualité nutritionnelle de l'alimentation est élevée : i) une alimentation plus riche en nutriments (MAR élevé) paraît avoir un fort impact carbone alors qu'une alimentation de forte densité énergétique (DE élevée) a un faible impact carbone ; ii) la consommation de produits sucrés et de snacks salés est négativement corrélée à l'impact carbone total de l'alimentation, alors que la consommation de fruits et légumes y est positivement associée ; iii) une alimentation de bonne qualité nutritionnelle globale a tendance à avoir un plus fort impact carbone, alors qu'elle contient plus de produits végétaux qu'une alimentation de moins bonne qualité nutritionnelle.

En comparaison avec d'autres études internationales, notre approche se révèle originale par deux aspects : d'abord parce que nous avons analysé les consommations alimentaires spontanées des individus (et donc nous avons pu observer une variété étendue et naturelle de choix alimentaires réalistes), et, deuxièmement, parce que nous avons tenu compte de la qualité nutritionnelle sur la base d'une définition reposant sur des indicateurs purement nutritionnels, et non pas sur des idées préconçues sur la composition en aliments d'une alimentation équilibrée. Au contraire, les études antérieures sur l'impact environnemental de l'alimentation ont été fondées soit sur des repas (Reijnders and Soret, 2003) et des régimes stéréotypés (Baroni et al., 2007 ; Carlsson-Kanyama and Gonzalez, 2009 ; Carlsson-Kanyama et al., 2003) soit sur la comparaison entre des consommations alimentaires moyennes et une alimentation théorique (Eshel and Martin, 2006 ; Macdiarmid et al., 2011 ; Risku-Norja et al., 2008 ; Wallén et al., 2004). Notons qu'une seule étude contrôlait précisément la qualité nutritionnelle de l'alimentation (Macdiarmid et al., 2011). La conclusion des auteurs était qu'« *il est possible de concevoir un régime réaliste et abordable qui réponde aux recommandations nutritionnelles pour un impact carbone réduit de 25 % par rapport à l'impact carbone actuel de l'alimentation* ». Toutefois, le « réalisme » des rations théoriques générées est sujet à caution, car il était fondé sur des hypothèses arbitraires quant à l'acceptabilité culturelle et sociale des changements introduits par rapport aux consommations actuelles réelles, notamment en ce qui concerne la réduction de la consommation de viande et de produits laitiers.

Au total, nos résultats semblent donc moduler l'opinion généralement acceptée qu'une alimentation bonne pour la santé est nécessairement bonne pour la planète. Cette idée a émergé progressivement, s'appuyant sur le plus faible impact carbone, pour 100 g, des produits végétaux par rapport aux produits animaux, et sur la conviction qu'une alimentation végétarienne est nécessairement saine. Toutefois, quand on considère les valeurs d'impact carbone pour 100 kcal, l'écart entre les produits végétaux et ceux d'origine animale est

amoindri. De fait, des régimes alimentaires de qualité nutritionnelle plus élevée, qui donc intègrent plus de fruits et légumes, peuvent avoir, à apport calorique total égal, des impacts carbone plus élevés que des régimes de mauvaise qualité nutritionnelle contenant trop de produits gras et sucrés, dont l'impact carbone par calorie est très faible.

Un certain nombre de travaux mettent en évidence qu'une surconsommation de viande rouge et de charcuterie pose des problèmes de santé. Or, dans cette étude, la consommation de charcuterie était plus faible dans la classe de bonne qualité nutritionnelle, mais pas la quantité totale de viande, qui était similaire dans les quatre classes de qualité nutritionnelle. D'autres limites peuvent être soulignées. Tout d'abord, l'impact carbone alimentaire a été estimé à partir d'un nombre limité d'aliments. Toutefois, ces aliments sont les plus fréquemment consommés dans la population étudiée, et notre estimation de l'impact carbone quotidien avait un ordre de grandeur comparable à celui estimé dans les études menées dans d'autres populations européennes (Coley et *al.*, 1998 ; FAO, 2010 ; Risku-Norja et *al.*, 2009 ; Wallén et *al.*, 2004). Deuxièmement, l'impact carbone a été le seul critère environnemental considéré dans notre étude, et nous n'avons pas tenu compte du cycle de vie complet des produits alimentaires (seulement jusqu'aux points de vente de détail). De plus, nous nous sommes limités aux procédés de production et de distribution conventionnels (les productions biologiques et/ou locales et/ou la distribution locale n'ont pas été considérées). Dans les études futures, d'autres critères environnementaux, tels que l'utilisation de l'eau et des terres et/ou la préservation de la biodiversité, devront également être pris en compte, ainsi que l'impact des systèmes alternatifs de production et de distribution, et des comportements des consommateurs (transport, stockage, cuisson, etc.). Troisièmement, la méthode que nous avons utilisée pour classer l'alimentation en fonction de sa qualité nutritionnelle n'a pas été publiée précédemment. Cependant, notre objectif était d'adopter une classification qui se fonde uniquement sur les teneurs en calories et en nutriments (classification nutritionnelle), et, à notre connaissance, il n'existait pas d'approche publiée permettant une telle classification au moment où nous avons réalisé ce travail. Depuis, une méthode a été proposée, et il serait intéressant de vérifier les présents résultats avec cette nouvelle approche (Vergier et *al.*, 2012). Il convient de noter que notre méthode de classification est en accord avec les principes de base des recommandations nutritionnelles (USDA, 2011 ; WHO Regional Office for Europe, 1998). En effet, avec l'approche de classification nutritionnelle que nous avons adoptée, se retrouvent dans la meilleure classe de qualité nutritionnelle les alimentations riches en produits végétaux, fruits et légumes notamment contenant toutes les variétés de produits d'origine animale, et des quantités limitées de produits sucrés et de snacks salés.

Ces résultats ne signifient pas qu'il est impossible d'avoir une alimentation équilibrée et peu impactante pour l'environnement, mais cela montre qu'aujourd'hui en France, les personnes qui ont l'alimentation la plus proche des recommandations nutritionnelles ne sont pas nécessairement celles dont l'alimentation a le plus faible impact carbone.

Conclusion

Dans la présente étude, une alimentation saine, qu'elle soit définie par un apport élevé en fruits et légumes, une faible consommation de produits sucrés et de snacks salés, une forte densité en nutriments, une faible densité énergétique, ou qu'elle soit basée sur une définition plus globale de la qualité nutritionnelle (appartenance à la classe 1), n'était pas moins impactante qu'une alimentation de moins bonne qualité nutritionnelle. À apports énergétiques fixés, une bonne qualité nutritionnelle s'est même révélée être associée à un impact carbone légèrement mais significativement plus élevé qu'une mauvaise qualité nutritionnelle.

Cela suggère que l'objectif d'amélioration de la qualité nutritionnelle des régimes, ne suffit pas, en lui-même, à garantir une amélioration de leurs impacts environnementaux. La compatibilité et les conditions de convergence de ces deux dimensions de la durabilité doivent être examinées plus précisément, en utilisant des indicateurs plus complets et plus détaillés de l'impact environnemental de la consommation alimentaire. De nouvelles études devront préciser, toujours à partir des régimes alimentaires réellement consommés en France, quels sont ceux qui parviennent à assurer, à la fois, une bonne qualité nutritionnelle et un faible impact carbone. Les résultats de cette étude ne signifient pas qu'il n'est pas possible de mener les deux objectifs conjointement, mais ils indiquent qu'améliorer l'un n'est pas une condition suffisante pour améliorer l'autre. Pour que des recommandations nutritionnelles puissent aller de pair avec une réduction de l'impact environnemental, il apparaît nécessaire de les compléter par des recommandations visant à orienter le consommateur au sein de chaque catégorie d'aliments vers ceux dont l'impact est le plus réduit.

Références bibliographiques

- AFSSA, 2009, *Étude Individuelle Nationale des Consommations Alimentaires 2 (INCA 2) 2006-2007*, Maison-Alfort.
- Baroni L., Cenci L., Tettamanti M. and Berati M., 2007, "Evaluating the environmental impact of various dietary patterns combined with different food production systems", *Eur J Clin Nutr*, 61, Feb, 279-86.
- Carlsson-Kanyama A. and Gonzalez A.D., 2009, "Potential contributions of food consumption patterns to climate change", *Am J Clin Nutr*, 89, May, 1704S-1709S.
- Carlsson-Kanyama A., Pipping Ekström M. and Shanahan H., 2003, "Food and life cycle energy inputs: consequences of diet and ways to increase efficiency", *Ecological Economics*, 44, 293-307.
- Coley A.D., Goodliffe E. and Macdiarmid J., 1998, "The embodied energy of food: the role of diet", *Energy Policy*, 26, 455-459.
- Cox D.R., Skinner J.D., Carruth B.R., Moran J., 3rd, and Houck, K.S., 1997, "A Food Variety Index for Toddlers (VIT): development and application", *J Am Diet Assoc*, 97, Dec, 1382-6; quiz 1387-8.
- Dubois L., Girard M. and Bergeron N., 2000, "The choice of a diet quality indicator to evaluate the nutritional health of populations", *Public Health Nutr*, 3, Sep, 357-65.
- Eshel G. and Martin P., 2006, "Diet, energy, and global warming", *Earth interactions*, 10. (ed.) 2010. International scientific symposium "Biodiversity and sustainable diets United against hunger", FAO Headquarters, Rome. 3-5 Nov.
- Ferland S. and O'Brien H.T., 2003, "Maternal dietary intake and pregnancy outcome", *J Reprod Med*, 48, Feb, 86-94.
- Garnett T., 2008, "Cooking up a storm: Food, greenhouse gas emissions and our changing climate", *Food Climate Research Network, Centre for Environmental Strategy, University of Surrey*.
- Joint WHO/FAO expert consultation, 2003, "Diet, nutrition and the prevention of chronic diseases", *World Health Organ Tech Rep Ser*, 916, i-viii, 1-149, backcover.
- Keller H.H., Ostbye T. and Bright-See E., 1997, "Predictors of dietary intake in Ontario seniors", *Can J Public Health*, 88, Sep-Oct, 305-9.
- Kim B. and Neff R., 2009, "Measurement and communication of greenhouse gas emissions from U.S. food consumption via carbon calculators", *Ecological Economics*, 69, 186-196.
- Kling M.M. and Hough I.J., 2010, "The American Carbon Footprint: Understanding your food's impact on climate change", *Brighter Planet, Inc.*
- Krebs-Smith S.M., Smiciklas-Wright H., Guthrie H.A. and Krebs-Smith J., 1987, "The effects of variety in food choices on dietary quality", *J Am Diet Assoc*, 87, Jul, 897-903.
- Ledikwe J.H., Blanck H.M., Khan L.K., Serdula M.K., Seymour J.D., Tohill B.C. and Rolls B.J., 2005, "Dietary energy density determined by eight calculation methods in a nationally representative United States population", *J Nutr*, 135, Feb, 273-8.
- Ledikwe J.H., Blanck H.M., Khan L.K., Serdula M.K., Seymour J.D., Tohill B.C. and Rolls B.J., 2006, "Low-energy-density diets are associated with high diet quality in adults in the United States", *J Am Diet Assoc*, 106, Aug, 1172-80.

- Macdiarmid J., Kyle J., Horgan G., Loe J., Fyfe C., Johnstone A. and McNeill G., 2011, *Livewell: a balance of healthy and sustainable food choices*.
- Martin A., 2001, «The “apports nutritionnels conseillés (ANC)” for the French population», *Reprod Nutr Dev*, 41, Mar-Apr, 119-28.
- McMichael A.J., Powles J.W., Butler C.D. and Uauy R., 2007, “Food, livestock production, energy, climate change, and health”, *Lancet*, 370, Oct 6, 1253-63.
- Millward D.J. and Garnett T., 2010, “Plenary Lecture 3: Food and the planet: nutritional dilemmas of greenhouse gas emission reductions through reduced intakes of meat and dairy foods”, *Proc Nutr Soc*, 69, Feb, 103-18.
- Reijnders L. and Soret S., 2003, “Quantification of the environmental impact of different dietary protein choices”, *Am J Clin Nutr*, 78, Sep, 664S-668S.
- Risku-Norja H. Kurppa S. and Helenius J., 2009, Impact of consumers’ diet choices on greenhouse gas emissions Future of the Consumer Society, Tampere, Finland.
- Risku-Norja H., Hietala R., Virtanen H., Ketomaki H. and Helenius J., 2008, “Localisation of primary food production in Finland: production potential and environmental impacts of food consumption patterns”, *Agric Food Sci*, 17, 127-145.
- Schroder H., Vila J., Marrugat J. and Covas M.I., 2008, “Low energy density diets are associated with favorable nutrient intake profile and adequacy in free-living elderly men and women”, *J Nutr*, 138, Aug, 1476-81.
- Supkova M., Darmon N., Vieux F., Touazi D., Redlingshoefer B. and Russel M., 2011, *Étude de cas. Impact carbone de régimes alimentaires différenciés selon leur qualité nutritionnelle : une étude basée sur des données Françaises. French (Carbon impact of food and nutritional quality of food choices in France. A case study)*.
- Swinburn B.A., Caterson I., Seidell J.C. and James W.P., 2004, “Diet, nutrition and the prevention of excess weight gain and obesity”, *Public Health Nutr*, 7, Feb, 123-46.
- Torheim L.E., Ouattara F., Diarra M.M., Thiam F.D., Barikmo I., Hatloy A. and Oshaug A., 2004, “Nutrient adequacy and dietary diversity in rural Mali: association and determinants”, *Eur J Clin Nutr*, 58, Apr, 594-604.
- Tukker A., Huppel G., Guinee J., Heijungs R., de Koning A., van Oers L., Suh S., Geerken T., Van Holderbeke M., Jansen B., Eder P. and Delgado L., 2006, *Environmental Impact of Products (EIPRO): Analysis of the Life Cycle Environmental Impacts Related to the Total Final Consumption of the EU 25*.
- USDA, 2011, “<http://www.choosemyplate.gov/>”.
- Verger E.O., Mariotti F., Holmes B.A., Paineau D. and Huneau J.F., 2012, “Evaluation of a Diet Quality Index Based on the Probability of Adequate Nutrient Intake (PANDiet) Using National French and US Dietary Surveys”, *PLoS One*, 7, e42155.
- Vieux F., Darmon N., Touazi D. and Soler L.G., 2012, “Greenhouse gas emissions of self-selected individual diets in France: changing the diet structure or consuming less?”, *Ecological Economics*, 75, 91-101.
- Wallén A., Brandt N. and Wennersten R., 2004, “Does the Swedish consumer’s choice of food influence greenhouse gas emissions?”, *Environmental Science and Policy*, 7, 525-535.
- WHO Regional Office for Europe, 1998, “CINDI dietary guide”, http://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0010/119926/E70041.pdf.
- World Cancer Research Fund International/ Association Institute of Cancer Research, 2007, “Food, Nutrition, Physical Activity, and the Prevention of Cancer: a Global Perspective”, <http://www.wcrf.org/>.

Recommandations aux auteurs

● Format

Les manuscrits sont présentés sous format Word ou Writer en police de taille 12. Ils ne dépassent pas 50 000 signes espaces inclus, y compris tableaux, graphiques, bibliographie et annexes.

Sur la première page du manuscrit doivent figurer :

- le titre de l'article ;
- le(s) nom(s) de(s) auteur(s) et leur(s) institution(s) ;
- le résumé de l'article (800 signes espaces compris) en français et en anglais ;
- trois à six mots-clés en français et en anglais.

Toutes les sources des chiffres cités doivent être précisées. Les sigles doivent être explicités. Lorsque l'article s'appuie sur une enquête, des traitements de données, etc., un encadré présentant la méthodologie est souhaité. Pour une meilleure lisibilité, les notes de bas de page doivent être limitées en nombre et en longueur.

Les références bibliographiques sont présentées ainsi :

- a** - Dans le texte ou les notes, chaque référence citée est constituée du nom de l'auteur et de l'année de publication entre parenthèses, renvoyant à la bibliographie en fin d'article. Par exemple : (Griffon, 2004).
- b** - À la fin de l'article, les références sont classées par ordre alphabétique d'auteurs et présentées selon les normes suivantes :
 - pour un ouvrage : nom de l'auteur, initiale du prénom, année, *Titre d'ouvrage*, ville, maison d'édition ;
 - pour un article : nom de l'auteur, initiale du prénom, année, « Titre d'article », *Revue*, n° de parution, mois, pages.

Seules les références explicitement citées ou mobilisées dans l'article sont reprises en fin d'article.

● Compléments pour mise en ligne de l'article

Dans la perspective de la publication de l'article sur le site internet du CEP et toujours selon leur convenance, les auteurs sont par ailleurs invités à :

- adresser le lien vers leur(es) page(s) personnelle(s) à caractère « institutionnelle(s) » s'ils en disposent et s'ils souhaitent la(les) communiquer ;
- communiquer une liste de références bibliographiques de leur choix utiles pour, contextualiser, compléter ou approfondir l'article proposé ;
- proposer une liste de lien vers des sites Internet pertinents pour se renseigner sur le sujet traité ;
- proposer, le cas échéant, des annexes complémentaires ou des développements utiles mais non essentiels (précisions méthodologiques, exemples, etc.) rédigés dans la phase de préparation de l'article mais qui n'ont pas vocation à intégrer la version livrée, limitée à 50 000 caractères. Ces compléments, s'ils sont publiables, viendront enrichir la version Internet de l'article.

● Procédure

Tout texte soumis est lu par au moins 3 membres du comité de rédaction. Deux fiches de lecture rédigées par un des membres du comité de rédaction et par un expert extérieur sont transmises aux auteurs. La décision de publication est prise collectivement par le comité de rédaction. Tout refus est argumenté.

Les manuscrits sont à envoyer, en version électronique uniquement, à :

- Pierre Claquin, secrétaire de rédaction : pierre.claquin@agriculture.gouv.fr
- Bruno Héroult, rédacteur en chef : bruno.herault@agriculture.gouv.fr

● Droits

En contrepartie de la publication, l'auteur cède à la revue *Notes et Études Socio-Économiques*, à titre exclusif, les droits de propriété pour le monde entier, en tous formats et sur tous supports, et notamment pour une diffusion, en l'état, adaptée ou traduite. À la condition qu'il demande l'accord préalable à la revue *Notes et Études Socio-Économiques*, l'auteur peut publier son article dans un livre dont il est l'auteur ou auquel il contribue à la condition de citer la source de première publication, c'est-à-dire la revue *Notes et Études Socio-Économiques*.

Notes et études socio-économiques

Tous les articles de *Notes et Études Socio-Économiques* sont téléchargeables gratuitement sur :

<http://www.agreste.agriculture.gouv.fr>

- Rubrique **Publications > Notes et études socio-économiques**

<http://agriculture.gouv.fr/centre-d-etudes-et-de-prospective>

- Rubrique **Publications du CEP > Notes et études socio-économiques**

Abonnement à l'alerte électronique en envoyant un message à l'adresse :

revue-nese@agriculture.gouv.fr avec le sujet « **abonnement** »

Notes et études socio-économiques

Ministère de l'Agriculture,

de l'Agroalimentaire et de la Forêt

Secrétariat Général

Service de la Statistique et de la Prospective

Centre d'études et de prospective

Renseignements :

Service de la Statistique et de la Prospective

Centre d'Études et de Prospective

12, rue Henri-Rol-Tanguy –

TSA 70007 –

93555 Montreuil sous Bois Cedex

tél. : 01.49.55.85.05

Diffusion :

Service de la Statistique et de la Prospective

Bureau des ventes – BP 32688

31326 – Castanet Tolosan cedex

Vente au numéro : agreste-ventes@agriculture.gouv.fr

fax : 05.61.28.93.66

Abonnement : tél. : 05.61.28.93.05