



**HAL**  
open science

# Scores nutritionnels : méthodes, aspects socio-économiques et association avec l'état nutritionnel et la morbidité dans la cohorte SU.VI.MAX

Carla dos Santos Pires Estaquio

## ► To cite this version:

Carla dos Santos Pires Estaquio. Scores nutritionnels : méthodes, aspects socio-économiques et association avec l'état nutritionnel et la morbidité dans la cohorte SU.VI.MAX. Médecine humaine et pathologie. Conservatoire national des arts et métiers - CNAM, 2011. Français. NNT : 2011CNAM0782 . tel-00699637

**HAL Id: tel-00699637**

**<https://theses.hal.science/tel-00699637>**

Submitted on 21 May 2012

**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.

**ÉCOLE DOCTORALE ED 415****INSERM U557, INRA U1125, CNAM****Université Paris13, Centre de Recherche en Nutrition Humaine d'Ile-de-France****THÈSE** présentée par :**Carla DOS SANTOS PIRES épouse ESTAQUIO**soutenue le : **14 Décembre 2011**pour obtenir le grade de : **Docteur du Conservatoire National des Arts et Métiers**Discipline/ Spécialité : **Epidémiologie spécialité Nutrition****Scores nutritionnels :  
Méthodes, aspects socio-économiques et  
association avec l'état nutritionnel et la  
morbidité dans la cohorte SU.VI.MAX****THÈSE dirigée par :****Mr HERCBERG Serge**Professeur, Directeur de recherche INSERM U557, INRA  
U1125, CNAM; Université Paris13, Centre de Recherche  
en Nutrition Humaine d'Ile-de-France**RAPPORTEURS :****Mme CLAVEL-CHAPELON Françoise**Docteur, Directrice de recherche INSERM UMR 1018,  
Institut de Cancérologie Gustave Roussy**Mr BRIANÇON Serge**Professeur, Ecole de Santé Publique, Faculté de  
médecine, Nancy Université**JURY :****Mme CASTETBON Katia**Docteur, Responsable de l'Unité de surveillance et  
d'épidémiologie nutritionnelle, Institut de veille sanitaire -  
Université Paris 13**Mr DAB William****Mr POCHART Philippe**Professeur, Conservatoire National des Arts et Métiers  
Professeur, Conservatoire National des Arts et Métiers

A Hugo et Philippe

# Remerciements

Au Professeur Serge Hercberg, directeur de cette thèse, pour la confiance qu'il m'a accordée toutes ces années.

Au Docteur Françoise Clavel-Chapelon et au Professeur Serge Briançon qui m'ont fait l'honneur d'accepter la charge de rapporteur de cette thèse.

A Monsieur le Professeur William Dab et Monsieur le Professeur Philippe Pochart d'avoir acceptés de faire partie de mon jury.

Au Docteur Katia Castetbon pour les précieux conseils qu'elle m'a prodigués tout au long de ces années.

Au CNAM et à la Fondation Louis Bonduelle pour leur soutien financier.

A toute l'équipe SU.VI.MAX et plus particulièrement à Sandrine et Nathalie pour leur disponibilité et leur gentillesse.

A tous ceux qui de près ou de loin m'ont apporté leur aide ou leurs encouragements tout au long de ce travail.

A ma famille pour leur soutien sans faille, malgré les difficultés et les doutes qui ont pu surgir le long du chemin.

## Table des matières

Remerciements .....	3
Liste des tableaux .....	7
Liste des figures .....	9
Liste des annexes.....	10
Valorisation scientifique de la thèse .....	12
Introduction.....	17
Nutrition (alimentation, activité physique et état nutritionnel) et santé - Etat des connaissances .....	20
Consommation en fruits et légumes et santé - Etat des connaissances .....	22
Etude des déterminants sociodémographiques et économiques de l'alimentation .....	24
<i>Exemple des F&amp;L</i> .....	25
Equilibre nutritionnel et politique de santé publique .....	27
Typologies alimentaires .....	30
<i>Scores nutritionnels a priori- Etat des connaissances</i> .....	31
<i>Relation entre les scores a priori nutritionnels, le statut socio-économique et les maladies chroniques-Etat des connaissances</i> .....	32
Objectifs de la thèse .....	37
Etude SU.VI.MAX (SUPplémentation en VITamines et Minéraux AntioXydants).....	38
<i>Contexte</i> .....	38
<i>Objectif de l'essai</i> .....	38
<i>Aspects éthiques</i> .....	39
<i>Population</i> .....	39
<i>Recrutement de la cohorte</i> .....	39
<i>Suivi des sujets</i> .....	40
<i>Recueil des données démographiques, socio-économiques et de style de vie</i> .....	41
<i>Recueil des données biologiques</i> .....	42
<i>Recueil des données cliniques</i> .....	42
<i>Recueil des données alimentaires</i> .....	43
<i>Table de composition</i> .....	43
<i>Evénements de santé</i> .....	44
<i>Résultats principaux de l'essai SU.VI.MAX</i> .....	44
<i>Groupe de travail</i> .....	45

Travaux réalisés dans le cadre de la thèse.....	46
Différences socio-économiques liées à la consommation de fruits et de légumes : qui consomme au moins cinq fruits et légumes par jour ? .....	47
Introduction .....	47
Matériels et méthodes.....	48
Analyses statistiques .....	50
Résultats .....	51
Discussion .....	53
Conclusion.....	56
L'adhésion de la population aux repères du PNNS est associée à un meilleur statut nutritionnel (alimentation, état nutritionnel, activité physique).....	64
Introduction .....	64
Matériel et Méthodes.....	65
Application du PNNS-GS .....	67
Analyses statistiques .....	69
Résultats .....	70
Discussion .....	71
Conclusion.....	74
L'adhésion aux repères du PNNS est associée à une moindre variation de l'adiposité abdominale et globale et à une moindre incidence de présenter, au bout de 6 ans, un surpoids ou une obésité. ....	81
Introduction .....	81
Matériels et méthodes.....	82
Analyses statistiques .....	82
Résultats .....	83
Discussion .....	84
Conclusion.....	85
Associations entre l'adhésion de la population aux indicateurs d'objectifs du PNNS, le statut nutritionnel et l'incidence des maladies chroniques. ....	90
Introduction .....	90
Matériels et méthodes.....	91
Définition du score FSIPO (French Score of Indicators of the PNNS Objectives) .....	92
Analyses statistiques .....	93
Résultats .....	94

Discussion .....	96
Conclusion.....	99
Discussion générale.....	108
Principaux résultats .....	109
Construction des scores PNNS-GS et FSIPO – aspects méthodologiques .....	110
Perspectives de recherche.....	114
Méthodologie de construction des scores <i>a priori</i> .....	115
Interventions en santé publique.....	116
Scores <i>a priori</i> et facteurs environnementaux.....	117
Scores <i>a priori</i> et déterminants socio-économiques de l'alimentation .....	117
Scores <i>a priori</i> et maladies chroniques .....	118
Perspectives de recherche pour le PNNS-GS et/ou le FSIPO .....	118
Conclusion.....	121

## Liste des tableaux

Tableau 1. Cas incidents et décès estimés par localisation de cancer (11)	21
Tableau 2. Aliments et statut socio-économique (adapté de Darmon <i>et al.</i> ) (37,38)	25
Tableau 3. Repères de consommation du PNNS	29
Tableau 4. Recensement des scores <i>a priori</i> retrouvés dans la littérature (origine des recommandations, composantes et notation choisie-article princeps)	33
Tableau 5 : Classification utilisée pour les fruits et légumes (y compris les recettes)	57
Tableau 6. Caractéristiques sociodémographiques et estimation des apports alimentaires de l'échantillon	58
Tableau 7. Consommation de F&L selon le sexe et les caractéristiques socio-économiques et démographiques	60
Tableau 8. Part des F&L dans le coût de la ration journalière selon le sexe et les caractéristiques socio-économiques et démographiques	62
Tableau 9. Part des groupes de fruits ou de légumes les plus consommés (au moins 10%) sur la consommation totale en F&L	63
Tableau 10. Définitions du score PNNS-GS	75
Tableau 11. Pourcentages de sujets atteignant les repères (point maximum obtenu) selon les quartiles du PNNS-GS	77
Tableau 12. Comparaison des caractéristiques sociodémographiques des sujets selon les quartiles du PNNS-GS (Q1-Q3 vs Q4)	78
Tableau 13. Statut nutritionnel selon les quartiles du PNNS-GS	79
Tableau 14. Marqueurs nutritionnels biologiques selon les quartiles du PNNS-GS	80
Tableau 15. PNNS-GS moyen obtenu selon les caractéristiques sociodémographiques des volontaires à l'inclusion de l'étude SU.VI.MAX	87
Tableau 16. Association entre le PNNS-GS (à l'inclusion) et les variations anthropométriques (régression linéaire)	88
Tableau 17. Risque d'être en surpoids ou obèse à la fin du suivi en fonction du PNNS-GS	88
Tableau 18. Neufs objectifs nutritionnels de santé publique	100
Tableau 19. Définitions du FSIPO	102
Tableau 20. Scores moyens obtenus selon les caractéristiques des sujets au moment de l'inclusion dans l'étude (1994-1995)	104
Tableau 21. Statut nutritionnel et marqueurs biologiques par tertiles de score FSIPO	105



Tableau 22. Estimation du risque (Hazard Ratio  $\pm$  IC à 95%) de déclarer au cours du suivi un évènement majeur de santé par tertiles du score \_\_\_\_\_ 107

## Liste des figures

Figure 1. Pyramides alimentaires diffusés au Etats-Unis en 1992 et actualisée en 2005 et 2010 .....	28
Figure 2. « Choose my plate » diffusé aux Etats-Unis depuis Juin 2011.....	28
Figure 3. Identification des sujets inclus .....	89
Figure 4. Identification des sujets inclus .....	101

## Liste des annexes

Annexe 1 Conclusions du panel d'experts, WCRF/AICR (2007)	150
Annexe 2 Recensement des différentes études étudiant la relation entre les scores <i>a priori</i> nutritionnels, le statut nutritionnel, les biomarqueurs, la morbidité et la mortalité	151
Annexe 3 Questionnaire d'inclusion de l'étude SU.VI.MAX	167
Annexe 4 Socioeconomic Differences in Fruit and Vegetable Consumption in Middle-Aged French Adults: Adherence to the 5-a-day Recommendation	175
Annexe 5 Adherence to the French Programme National Nutrition Santé Guideline Score is associated with better nutrient intake and nutritional status	185
Annexe 6 Association between the French Nutritional Guideline-based score and 6-year anthropometric changes in a French middle-aged adult cohort	196
Annexe 7 The French National Nutrition and Health program Score is associated with Nutritional Status and risk of major chronic diseases	205

## Glossaire des abréviations utilisées régulièrement dans ce texte

AESA : Apports énergétiques sans alcool  
AHEI : Alternate Healthy Eating Index  
ANC : Apports Nutritionnels Conseillés  
BMR : Basal metabolic rate  
CES : Centre d'examen de santé  
CIM-10: Classification internationale des maladies  
Ciqual : Centre d'informations sur la qualité des aliments  
CIRC: Centre International de Recherche sur le Cancer  
DGA : Dietary Guidelines for Americans  
DGAI : Dietary guidelines for Americans Index  
DQI : Diet Quality Index  
DQI-R : Diet Quality Index-Revised  
ENNS: Enquête National Nutrition Santé  
F&L : Fruits et légumes  
FAO: Food Administration Office  
FFQ: Food frequency questionnaire  
FSIPO : French score of indicators of the PNNS objectives  
HCSP : Haut Comité de la Santé Publique  
HDI : Healthy Diet Indicator  
HEI : Healthy Eating Index  
IMC : Indice de masse corporelle  
INCA: Etude Individuelle Nationale des Consommations Alimentaires  
INRA : Institut National de Recherche Agronomique  
INSEE : Institut National de la statistique et des études économiques  
MAQ : Modifiable Activity Questionnaire  
MCV : Maladies cardiovasculaires  
MET : Coût métabolique de l'activité  
OMS : Organisation Mondiale de la Santé  
PAL : Physical activity level  
PCS : Profession et catégories socio-professionnelles  
PNNS : Programme National Nutrition Santé  
PNNS-GS : Programme National Nutrition Santé Guideline Score  
RFS : Recommended food score  
SSE : Statut socio-économique  
SU.VI.MAX: Supplémentation en vitamines, minéraux et anti-oxydants  
USEN : Unité de surveillance en épidémiologie nutritionnelle  
WCRF : World Cancer Research Fund

## VALORISATION SCIENTIFIQUE DE LA THESE

### Publications issues du travail de thèse

---

#### Articles dans revues internationales à comité de lecture

**C. Estaquio**, E. Kesse-Guyot, V. Deschamps, S. Bertrais, L. Dauchet, P. Galan, S. Hercberg, K. Castetbon. Adherence to the French Programme National Nutrition Santé guideline score is associated with better nutrient intake and nutritional status. *Journal of the American Dietetic Association* 2009;109(6):1031-41.

E. Kesse-Guyot, K. Castetbon, **C. Estaquio**, S. Czernichow, P. Galan, S. Hercberg. Association between the French nutritional guidelines-based score and 6-year anthropometric changes in a French middle-aged adult cohort. *American Journal of Epidemiology* 2009;170(6):757-65.

**C. Estaquio**, K. Castetbon, E. Kesse-Guyot, S. Bertrais, V. Deschamps, L. Dauchet, S. Péneau, P. Galan, S. Hercberg. The French National Nutrition and Health Program score is associated with nutritional status and risk of major chronic diseases. *Journal of Nutrition* 2008; 138(5) :946-53.

**C. Estaquio**, N. Druesne-Pecollo, P. Latino-Martel, L. Dauchet, S. Hercberg, S. Bertrais. Socioeconomic differences in fruit and vegetable consumption among middle-aged adults in France: adherence to the 5 A Day recommendation. *Journal of the American Dietetic Association* 2008 ; 108(12) :2021-30.

#### Colloques nationaux et internationaux

**C. Estaquio**, N. Druesne-Pecollo, P. Latino-Martel, L. Dauchet, S. Hercberg, S. Bertrais. Socioeconomic differences in fruit and vegetable consumption among middle-aged adults in France: adherence to the “five-a-day” recommendation. 3<sup>ème</sup> Congrès de la Société Française de Nutrition, Lille, 6-7 Décembre 2007. Publié in *Proceedings of the Nutrition Society* 2008 (67): E177

**C. Estaquio**, K. Castetbon, E. Kesse-Guyot, S. Bertrais, V. Deschamps, L. Dauchet, S. Péneau, P. Galan, S. Hercberg. A nutrition score based on public health indicators of the French nutrition and health program: Relationships with nutritional status and the risk of major chronic diseases in the SU.VI.MAX cohort. 3<sup>ème</sup> Congrès de la Société Française de Nutrition, Lille, 6-7 Décembre 2007 Publié in *Proceedings of the Nutrition Society* 2008 (67): E173

**C. Estaquio**, K. Castetbon, V. Deschamps, E. Kesse, S. Bertrais, S. Péneau, L. Dauchet, S. Czernichow, P. Galan, S. Hercberg. A diet quality index based on the French dietary guidelines- Programme National Nutrition Santé (PNNS)-in the SU.VI.MAX study. 10<sup>th</sup> European Nutrition Conference, Paris, 10-13 Juillet 2007. Publié in *Annals of nutrition and metabolism* 2007 vol 51, suppl 1.

**C. Estaquio**, V. Deschamps, E. Kesse, S. Bertrais, L. Dauchet, S. Hercberg. Construction of a diet index developed on the French dietary guidelines-Programme National Nutrition Santé (PNNS)- in the SU.VI.MAX study, France. I World Congress of Public Health Nutrition. Barcelone, 28-30 Septembre 2006. Publié in *Public Health Nutrition* 2006 vol 9(5).

**Cette thèse a été initiée tardivement dans mon parcours professionnel. Ce travail a débuté au sein du laboratoire du Pr Hercberg et s'est poursuivi en parallèle de mon activité professionnelle. Ci-après un bref rappel de mon parcours.**

## EXPERIENCE PROFESSIONNELLE

---

- Depuis Mai 10**                    **Chargée de projets risques comportementaux, environnementaux et nutrition** au sein du département sciences humaines et sociales, épidémiologie et santé publique à l'Institut National du Cancer (INCA)
- De Nov 07 à Avril 10**        **Epidémiologiste** au sein de la Cellule interrégionale d'épidémiologie d'Ile-de-France (InVS/DRASSIF)
- D'Oct 04 à Sept 07**            **Allocataire de recherche**  
Ministère de la recherche- Conservatoire National des Arts et Métiers (CNAM).
- De Nov 02 à Sept 04**        **Epidémiologiste** à l'Unité de Surveillance en Epidémiologie Nutritionnelle (USEN). Département des maladies chroniques et traumatismes (DMCT). Institut de veille sanitaire (InVS).
- De Fev 02 à Oct 02**            **Epidémiologiste** au Département de Santé Publique de l'Hôpital Paul Brousse.
- De Nov 00 à Jan 02**            **Epidémiologiste** à l'unité INSERM U258- Hôpital Paul Brousse.
- De 1995 à 2000**                **Différents CDD ou stages** au sein de l'INSERM (Port-Royal) ; l'Institut de recherche et d'évaluation médico-économique (IREME). Département de Santé Publique de l'Université Paris 13 ; Centre de Recherches Appliquées à la thérapie du Cancer (Pitié-Salpêtrière/Dr Khayat).

## PRIX SCIENTIFIQUE

---

2006 : Lauréate du premier prix de recherche de la Fondation Louis Bonduelle

## DIPLOMES

---

- 1998/1999 :            Titulaire du D.E.S.S de Santé Publique *option* Promotion de la santé organisé par l'Ecole Nationale de Santé Publique (E.N.S.P- Antenne de St Maurice) et l'Université Paris VII.  
*Mention Assez Bien.*
- 1997/1998 :            Titulaire du Diplôme d'Université (D.U) de Statistique et Sciences de la vie (S.S.V) *option* Recherche épidémiologique. Université Paris XI.
- 1996/1997 :            Titulaire d'une Maîtrise en Sciences et Techniques (M.S.T) en Sciences Sociales Appliquées (S.S.A) *option* Epidémiologie. Université Paris V.
- 1994/1995 :            Titulaire du Diplôme Universitaire de Technologie (D.U.T) Statistique et Traitement Informatique des Données (S.T.I.D). Institut Universitaire de Technologie de Paris (I.U.T) Université Paris V.
- 1992/1993 :            Titulaire du Baccalauréat Section D (Mathématiques et Sciences de la Nature)

## PUBLICATIONS

---

### **2010**

10-1. M. Touvier, E. Kesse-Guyot, C. Méjean, **C. Estaquio**, S. Péneau, S. Hercberg, K. Castetbon. Variations in compliance with recommendations and types of Meat/Seafood/Eggs according to sociodemographic and socioeconomic categories. *Ann Nutr Metab* 2010;56(1):65-73.

10-2. Malon A, Deschamps V, Salanave B, Vernay M, Szego E, **Estaquio C**, Kesse-Guyot E, Hercberg S, Castetbon K. Compliance with French nutrition and health program recommendations is strongly associated with socioeconomic characteristics in the general adult population. *J Am Diet Assoc* 2010 ;110(6):848-56.

### **2009**

09-1. **C. Estaquio**, E. Kesse-Guyot, V. Deschamps, S. Bertrais, L. Dauchet, P. Galan, S. Hercberg, K. Castetbon. Adherence to the French Programme National Nutrition Santé guideline score is associated with better nutrient intake and nutritional status. *Journal of the American Dietetic Association* 2009;109(6):1031-41.

09-2. **C. Estaquio**, K. Castetbon, P. Valeix (Rapport). Maladies thyroïdiennes dans la cohorte SU.VI.MAX. Estimation de leur incidence et des facteurs de risque associés, 1994-2002. Saint-Maurice (Fra) : Institut de veille sanitaire et Université Paris 13, Novembre 2009, 58 pages.

09-3. **C. Estaquio**, P. Valeix, L. Leenhardt, E. Modigliani, M.C Boutron-Ruault, L. Chérié-Challine, M. Legrand, S. Hercberg, K. Castetbon. Maladies thyroïdiennes dans la cohorte SU.VI.MAX. Estimation de leur incidence et des facteurs de risque associés, 1994-2002. Institut de veille sanitaire, Saint-Maurice (Fra) : *Bulletin Epidémiologique Hebdomadaire* (BEH) N°41 (3 Novembre 2009).

09-4. **C. Estaquio**, P. Valeix, L. Leenhardt, E. Modigliani, M.C Boutron-Ruault, L. Chérié-Challine, M. Legrand, S. Hercberg, K. Castetbon. Serum thyrotropin and free thyroxine reference ranges as defined in a disease-free sample of French middle-aged adults. *Clin Chem Lab Med* 2009 ;47(12) :1497-1505.

09-5. A-C Vergnaud, **C. Estaquio**, S. Czernichow, S. Péneau, S. Hercberg, P. Galan, S. Bertrais. Energy density and 6-year anthropometric changes in a middle-aged adult cohort. *British Journal of Nutrition* 2009.102(2):302-9.

09-6. E. Kesse-Guyot, K. Castetbon, **C. Estaquio**, S. Czernichow, P. Galan, S. Hercberg. Association between the French nutritional guidelines-based score and 6-year anthropometric changes in a French middle-aged adult cohort. *American Journal of Epidemiology* 2009;170(6):757-65.

09-7. P. Valeix, P. Faure, S. Péneau, **C. Estaquio**, S. Hercberg, S. Bertrais. Lifestyle factors related to iodine intakes in French adults. *Public Health Nutrition* 2009; 12(12):2428-37.

09-8. E. Kesse-Guyot, S. Bertrais, S. Péneau, **C. Estaquio**, L. Dauchet, A-C Vergnaud, S. Czernichow, P Galan, S. Hercberg, F. Bellisle. Dietary patterns and their sociodemographic and behavioural correlates in French middle-aged adults from the SU.VI.MAX cohort. *European Journal of Clinical Nutrition* 2009;63(4):521-8.

### **2008**

08-1. **C. Estaquio**, K. Castetbon, E. Kesse-Guyot, S. Bertrais, V. Deschamps, L. Dauchet, S. Péneau, P. Galan, S. Hercberg. The French National Nutrition and Health Program score is associated with nutritional status and risk of major chronic diseases. *Journal of Nutrition* 2008; 138(5) :946-53.

08-2. **C. Estaquio**, N. Druesne-Pecollo, P. Latino-Martel, L. Dauchet, S. Hercberg, S. Bertrais. Socioeconomic differences in fruit and vegetable consumption among middle-aged adults in France: adherence to the 5 A Day recommendation. *Journal of the American Dietetic Association* 2008 ; 108(12) :2021-30.

08-3. S. Péneau, L. Dauchet, A-C Vergnaud, **C. Estaquio**, E. Kesse-Guyot, S. Bertrais, P. Latino-Martel, S. Hercberg, P. Galan. Relationship between iron status and dietary fruits and vegetables based on their vitamin C and fiber content. *American Journal of Clinical Nutrition* 2008; 87(5):1298-305.

08-4. L. Dauchet, S. Péneau, S. Bertrais, A-C Vergnaud, **C. Estaquio**, E. Kesse-Guyot, S. Czernichow, A. Favier, H. Faure, P. Galan, S. Hercberg. Relationships between consumption of different types of fruits and vegetables and plasma levels of antioxidant vitamins. *British Journal of Nutrition* 2008; 100(3):633-41.

08-5. P. Astorg, S. Bertrais, F. Laporte, N. Arnault, **C. Estaquio**, P. Galan, A. Favier, S. Hercberg. Plasma n-6 and n-3 polyunsaturated fatty acids as biomarkers of their dietary intakes: a cross-sectional study within a cohort of middle-aged French men and women. *European Journal of Clinical Nutrition* 2008; 62(10): 1155-61.

### **2007**

07-1. L. Dauchet, E. Kesse-Guyot, S. Czernichow, S. Bertrais, **C. Estaquio**, S. Péneau, A-C Vergnaud, S. Chat-Yung, K. Castetbon, V. Deschamps, P. Brindel, S. Hercberg. Dietary patterns and blood pressure change over 5-y follow-up in the SU.VI.MAX cohort. *American Journal of Clinical Nutrition* 2007; 85(6):1650-6.

07-2. S. Hercberg, K. Ezzedine, C. Guinot, P. Preziosi, P. Galan, S. Bertrais, **C. Estaquio**, S. Briançon, A. Favier, J. Latreille, D. Malvy. Antioxidant supplementation increases the risk of skin cancers in women but not in men. *Journal of Nutrition* 2007; 137(9):2098-2105.

### **2006**

06-1. P. Galan, N. Noisette, **C. Estaquio**, S. Czernichow, L. Mennen, J-C Renversez, S. Briançon, A. Favier, S. Hercberg. Serum ferritin, cardiovascular risk factors and ischaemic heart diseases : a prospective analysis in the SU.VI.MAX cohort. *Public Health Nutrition* 2006; 9(1):70-4.

06-2. J. Arnaud, S. Bertrais, A.M. Roussel, N. Arnault, D. Ruffieux, A. Favier, S. Berthelin, **C. Estaquio**, P. Galan, S. Czernichow, S. Hercberg. Serum selenium determinants in French adults: the SU.VI.MAX study. *British Journal of Nutrition* 2006; 95(2):313-20.

### **2005**

05-1. S. Hercberg, **C. Estaquio**, S. Czernichow, L. Mennen, N. Noisette, S. Bertrais, J-C Renversez, S. Briançon, A. Favier, P. Galan. Iron status and risk of cancers in the SU.VI.MAX Study. *Journal of Nutrition* 2005;135(11): 2664-8.

05-2. F. Meyer, P. Galan, P. Douville, I. Bairati, P. Kegel, S. Bertrais, **C. Estaquio**, S. Hercberg. Antioxidant vitamin and mineral supplementation and prostate cancer prevention in the SU.VI.MAX trial. *Int J Cancer* 2005;116(2):182-6.

### **2004**

04-1. P. Valeix, **C. Dos Santos**, K. Castetbon, S. Bertrais, C. Cousty, S. Hercberg. Statut thyroïdien et fréquences des dysthyroïdies chez les adultes inclus dans l'étude SU.VI.MAX en 1994-1995. *Annales d'Endocrinologie* 2004; 65(6):477-86.

04-2. I. Gasquet, S. Villeminot, **C. Estaquio**, P. Durieux, P. Ravaud, B. Falissard. Construction of a questionnaire measuring outpatients' opinion of quality of hospital consultation departments. *Health and Quality of Life Outcomes* 2004; 2(1):43.

### **2003**

03-1. L. Vaivre-Douret, **C. Dos Santos**, C. Charlemaïne, D. Cabrol : Effects of sleeping and waking positions on infant motor development. *European Review of Applied Psychology* 2003:53(3-4): 245-52. reprint en 2005: 55(1): 1-8.



03-2. I. Gasquet, S. Villeminot, **C. Dos Santos**, O. Vallet, A. Verdier, V. Kovess, MC Hardy-Baylé, B. Falissard. Adaptation culturelle et validation de questionnaires de satisfaction à l'égard du système de santé français. *Santé Publique* 2003; 15(4):383-402.

03-3. PY Scarabin, D. Arveiler, P. Amouyel, **C. Dos Santos**, A. Evans, G. Luc, J. Ferrières, I. Juhan-Vague: Plasma fibrinogen explains much of the difference in risk of coronary heart disease between France and Northern Ireland. The PRIME Study. *Atherosclerosis* 2003; 166(1):103-9.

#### **2000**

00-1. L. Vaivre-Douret, **C. Dos Santos**, A. Richard, V. Jarjanette, BJ Paniel, D. Cabrol : Comportements des mères face à la position de couchage de leur bébé: effets de la dernière campagne de prévention concernant la mort subite du nourrisson. *Archives de Pédiatrie* 2000; 7(12) :1293-99.

# **Introduction**

En France, comme dans l'ensemble des pays industrialisés, les habitudes alimentaires ont plus changé au cours des cinquante dernières années qu'au cours des siècles précédents. De nouveaux aliments ont été introduits alors que d'autres ont pratiquement disparu de la composition des repas. L'évolution de l'alimentation a accompagné les transformations de notre société : modifications des modes de vie, évolutions sociologiques, développement socio-économique, progrès technologiques, changement des goûts des consommateurs et des modes de consommation (1).

Plusieurs sources de données (FAO, Eurostat, Insee etc.) apportent des informations relativement précises sur l'évolution de la consommation des différents groupes d'aliments au cours des dernières décennies. En 2000, le Haut Comité de la Santé Publique (HCSP) (2) constatait qu'au cours de la période 1950-1996, la consommation de produits céréaliers, de légumes secs et de féculents avait considérablement chuté. À l'inverse, il rapportait une augmentation de la consommation de viandes, de poissons, d'œufs, des produits laitiers, des produits sucrés et des fruits et légumes (F&L) ; cependant cette dernière était en diminution depuis le début des années 1990. Quant à la consommation des matières grasses visibles, elle s'était considérablement accrue au cours des dernières décennies, mais avait tendance à se stabiliser depuis les années 1980.

En 2005, pour faire suite aux travaux du HCSP (2), des données sur la période 1997-2003 ont été publiées par l'Unité de Surveillance et d'Epidémiologie Nutritionnelle (USEN) (3). Les auteurs constataient que les données statistiques montraient peu d'évolution des disponibilités sur cette période, sauf pour quelques groupes d'aliments particuliers comme par exemple les légumes surgelés, ou certains produits laitiers. Entre 1997 et 2003, la consommation de F&L (sous toutes leurs formes) semblait avoir légèrement progressé en volume, et plus nettement en valeurs (dépenses). Les consommations globales de viandes et volailles, produits de la pêche et œufs étaient restées relativement stables. De même, aucune évolution notable des consommations de pain, pommes de terre et légumes secs n'avait été observée sur cette période. Quant à la consommation de lait elle diminuait alors que celle des produits laitiers avait tendance à augmenter (cela se vérifiait surtout pour les desserts lactés). Les consommations apparentes de toutes les matières grasses ajoutées avaient diminué légèrement entre 1997 et 2000.

Au cours des dernières décennies, les conséquences nutritionnelles de l'évolution de l'alimentation en France (2), comme dans les autres pays industrialisés, se sont caractérisées par :

- une réduction globale de l'apport énergétique (en rapport avec la diminution des dépenses énergétiques),
- une diversification importante de l'alimentation
- une modification de la répartition des différents macronutriments dans la couverture des besoins énergétiques se caractérisant par une diminution de la part des glucides complexes et une augmentation de la part des sucres simples (saccharose) ; une augmentation de la part des protéines d'origine animale et une diminution de la part des protéines d'origine végétale ; une augmentation de la part des lipides, notamment invisibles et saturés ; une diminution de l'apport des fibres alimentaires.

Ces profondes modifications comportent sur le plan nutritionnel et sanitaire, des avantages comme des inconvénients. L'alimentation est incontestablement plus variée, plus diversifiée qu'autrefois et bien que les problèmes de carence sévère aient disparu, l'évolution de l'alimentation en France a eu des conséquences négatives pour le risque de certaines maladies chroniques qui ont un poids relatif considérable en termes de santé publique.

# **Nutrition (alimentation, activité physique et état nutritionnel) et santé - Etat des connaissances**

Dès les années 1960 émergea l'hypothèse que des pathologies non liées à des carences sévères par malnutrition, pouvaient être liées à des facteurs nutritionnels. De très nombreux travaux issus de la recherche fondamentale, clinique et épidémiologique ont mis en évidence, avec des degrés de certitude différents, le rôle de la nutrition (en excès ou en insuffisance) dans ses trois dimensions (alimentation, activité physique et état nutritionnel) dans le déterminisme de maladies chroniques comme certains cancers (Annexe 1), le diabète de type II et les maladies cardiovasculaires (MCV) (2,4-6). Par exemple, une consommation suffisante en fruits et/ou en légumes réduirait le risque de cancer de la bouche, du pharynx, du larynx, de l'œsophage, du poumon, du côlon-rectum et de l'estomac. Une consommation d'alcool trop élevée serait impliquée dans le risque de cancers de la bouche, du pharynx, du larynx, de l'œsophage, du foie, du côlon-rectum et du sein (Annexe 1)(4,6,7). Il a été démontré qu'une alimentation riche en fibres (produits céréaliers complets, F&L), en poisson et faible en acides gras saturés jouerait, un rôle dans la réduction du risque des MCV.

S'il est difficile de mesurer précisément le poids relatif des facteurs alimentaires dans le déterminisme des maladies, de nombreux arguments suggèrent qu'il est important. Ainsi, dans le cas des cancers, une analyse réalisée par Doll et Peto (8) au début des années 80, suggérait que l'alimentation contribuait pour 30 à 40% des cancers chez l'homme et pour 60% des cancers chez la femme. Plus récemment, le World Cancer Research Fund (WCRF) a publié un rapport selon lequel la fraction des cancers attribuable à la nutrition varierait de 27 à 34% selon les pays (6). Les modalités de calcul de cette estimation peuvent certes être discutées, mais ces chiffres permettent de prendre conscience de la place importante des facteurs alimentaires dans le déterminisme des maladies chroniques. Ce point est d'autant plus essentiel que l'alimentation est un phénomène sur lequel les possibilités d'intervention existent en termes de santé publique et de prévention. Les MCV représentaient, en 2008, 149 541 décès dont une sur deux correspondait à une cardiopathie ischémique ou à une maladie cérébrovasculaire (9). En 2005, le nombre de nouveaux cas de cancers en France a été estimé à près de 320 000 et le nombre de décès à environ 146 000 (10,11). Si la nutrition n'est responsable que d'une partie des incidences observées et de la mortalité, le Tableau 1 permet

d'appréhender le bénéfice en termes de santé publique que pourrait apporter l'adoption de pratiques alimentaires adéquates au sein de la population générale.

Tableau 1. Cas incidents et décès estimés par localisation de cancer (11)

	Cas incidents		Décès	
	Hommes	Femmes	Hommes	Femmes
<b>Lèvre/Bouche/Pharynx</b>	9 531	2 739	3 264	736
<b>Oesophage</b>	3 733	988	3 095	755
<b>Côlon-rectum</b>	19 913	17 500	8 901	7 964
<b>Larynx</b>	3 242	493	1 251	155
<b>Poumon</b>	23 937	6 714	20 950	5 674
<b>Estomac</b>	4 405	2 389	2 974	1 782
<b>Foie</b>	5 104	1 329	5 405	1 985
<b>Sein</b>	-	49 814	-	11 201

en effectifs, année 2005

La corpulence tout au long de la vie, le niveau de pression artérielle, les taux en lipides sanguins, la glycémie ou encore le statut selon certains micronutriments, constituent également des marqueurs prédictifs de la morbidité et de la mortalité (4). Enfin, il a été également démontré l'intérêt d'une pratique suffisante d'activité physique pour la prévention et la prise en charge de certaines maladies chroniques<sup>1</sup>.

Il existe d'autres maladies pour lesquelles les facteurs nutritionnels interviennent dans le déterminisme (diabète, ostéoporose etc..) et qui ont également un poids important en termes de santé publique. Ces pathologies ne seront pas abordées dans le cadre de ce travail de recherche.

Au final, les travaux scientifiques accumulés au cours des dernières décennies suggèrent que les régimes alimentaires ayant un effet protecteur contre le cancer et les MCV sont principalement composés d'aliments d'origine végétale (F&L, légumes non féculents) (6,13). Actuellement, ce consensus international sert de base aux recommandations nutritionnelles de santé publique notamment concernant les F&L.

<sup>1</sup> il a été estimé qu'en France, pour l'année 2000 que l'inactivité était responsable d'environ 2200 décès par cancer (12)

# Consommation en fruits et légumes et santé - Etat des connaissances

Les F&L sont une composante importante d'un régime équilibré et leur consommation quotidienne pourrait participer à la prévention des principales maladies chroniques. Cette efficacité est attribuée à leur richesse en nutriments voire à d'autres composés biologiquement actifs, comparativement à leur très faible apport calorique (14). Ils constituent aussi un groupe d'aliments important pour satisfaire la couverture des besoins nutritionnels dans les apports nutritionnels conseillés<sup>2</sup>(ANC) (15). Au cours de ces dernières décennies, la mise en évidence biologique de possibles effets protecteurs de nombreux constituants, notamment des antioxydants, a stimulé un intérêt particulier pour l'étude des propriétés des F&L. A la fin des années 1980, la cohérence des données expérimentales, cliniques et épidémiologiques qui montraient des effets favorables des F&L et de leurs composés sur l'athérosclérose, a conduit les autorités sanitaires internationales à promouvoir leur consommation (2,4,6,16).

Selon l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS), la faible consommation de F&L fait partie des 10 plus importants facteurs de risque pour la santé mondiale, tout comme l'hypertension artérielle, l'hypercholestérolémie, la surcharge pondérale et la sédentarité. L'OMS estimait, en 2005, que la mortalité totale dans le monde attribuable à une consommation insuffisante en F&L pouvait atteindre jusqu'à 2 635 millions de décès par an (17). Une consommation adéquate de F&L pourrait permettre de réduire la charge de la morbidité totale dans le monde de 1,8%, et la charge de l'insuffisance coronarienne et d'accident vasculaire cérébral respectivement de 31% et 19% (17). Pour les cancers de l'estomac, de l'œsophage, du poumon et du côlon/rectum, les réductions potentielles seraient respectivement de 19%, 20%, 12% et 2% (17).

Plusieurs expertises scientifiques concernant les F&L ont été publiées très récemment par le WCRF (6) et par l'Institut National de Recherche Agronomique (INRA) (18). Les paragraphes qui suivent reprennent les conclusions de ces travaux, concernant les relations existantes entre les F&L et les maladies chroniques. Dans la plupart des études épidémiologiques, une consommation suffisante de F&L (soit l'équivalent d'au moins 400 grammes par jour) est associée à un moindre risque de mortalité (19), ainsi qu'à une plus

---

<sup>2</sup> la notion d'ANC s'articule avec celle des besoins nutritionnels. Les besoins nutritionnels relève du domaine de l'individu et sont liés à un objectif médical. Ces derniers correspondent à une quantité d'énergie ou de nutriments suffisants pour couvrir les besoins nets (c'est-à-dire la quantité de nutriments utilisés après absorption intestinale permettant la constitution et le maintien des réserves) en prenant en compte la quantité réellement absorbée. Les ANC correspondent à une moyenne majorée pour couvrir les besoins de la quasi-totalité de la population (97,5%).

faible incidence de la plupart des maladies chroniques (20-22). Il existe en effet des arguments en faveur d'un effet protecteur des F&L (Annexe 1), sur le risque de certains cancers qui reposent sur des enquêtes prospectives, de très nombreuses études cas-témoins et des études mécanistiques. Cependant, des études de cohorte sont encore nécessaires pour confirmer cet effet protecteur. Dans une méta-analyse récente, Dauchet *et al.* ont mesuré la relation entre les quantités de F&L consommées et le risque d'accident vasculaire cérébral et cardiaque à partir d'études épidémiologiques prospectives (23,24). Ce travail a mis en évidence une diminution de 11% [7-15%] et 3% [2-8%] du risque relatif d'accident vasculaire cérébral par portion additionnelle quotidienne de fruits ou de légumes (106 gr) respectivement (23). Pour les événements coronaires, une diminution du risque de 7% [3-10%] par portion de fruits additionnelle quotidienne (24) a été estimée. L'analyse de la relation entre la consommation de F&L, pris dans leur globalité, montrait une diminution de 5% [2-7%] du risque d'accident vasculaire cérébral par portion quotidienne supplémentaire (23) et une diminution de 4% [1-7%] du risque d'accident coronaire (24). Deux autres méta-analyses ont été réalisées rapportant la relation entre la consommation de F&L (considérés dans leur globalité) et la survenue d'accidents vasculaires cérébraux et coronaires. Ces études montraient une diminution du risque relatif d'accident vasculaire cérébral de 26% [21-31%] (21) et une diminution du risque relatif de cardiopathie ischémique de 17% [11-23%] (25) entre les sujets qui consommaient au moins 5 portions de F&L par jour par rapport à ceux qui en consommaient moins de 3. Certains auteurs (26-28) suggèrent que, compte tenu de la forte prévalence de l'hypertension artérielle dans la population ; environ 31% d'après l'étude nationale nutrition santé (ENNS) 2006-2007 (29) ; et de sa relation étroite avec les maladies vasculaires, une diminution (même modeste) de la pression artérielle sous l'effet d'une alimentation riche en F&L pourrait permettre d'envisager un bénéfice cardiovasculaire à l'échelle de la population. La consommation de F&L contribue indirectement à la réduction du risque de MCV puisqu'elle s'accompagne généralement d'une diminution des apports d'autres aliments dont certains pourraient être délétères sur le plan vasculaire, de même elle participe au maintien d'un poids corporel normal et à la prévention du diabète, du surpoids et de l'obésité (6,18,30).

De très nombreux déterminants influencent la consommation et les habitudes alimentaires. Il est évident que le fait de se nourrir ne se résume pas au strict cadre de la couverture des besoins métaboliques mais s'insère dans un réseau de pratiques complexes faisant intervenir de nombreux facteurs culturels, sociologiques, psychologiques, environnementaux et économiques.



# Etude des déterminants sociodémographiques et économiques de l'alimentation

Les conditions d'existence (y compris celle au cours de l'enfance) et les modes de vie ont une influence sur l'état de santé des individus (31-34). De nombreuses études conduites dans les pays occidentaux ont montré qu'il existait des différences sociales concernant le niveau de santé et la longévité des individus et des populations (31,35-38). Parmi les facteurs expliquant les différences socio-économiques de morbi-mortalité, l'alimentation paraît jouer un rôle crucial (35,36). Dans tous les pays industrialisés, la morbi-mortalité des populations de faible statut socio-économique (SSE) est supérieure à celle des personnes ayant des revenus plus importants (37-39). Ces inégalités de santé concernent toutes les pathologies chroniques et notamment celles liées à la nutrition, telles que l'obésité, le diabète, les MCV et les cancers. Ces disparités sociales de santé sont généralement expliquées par le fait que la plupart des comportements défavorables à la santé sont plus fréquents dans les populations de faible niveau socio-économique. En effet, d'après certains auteurs, les sujets appartenant à la classe sociale la plus aisée ou ayant un niveau d'éducation élevé se montreraient plus sensibles aux problèmes de santé alors que les individus appartenant à des milieux modestes ou ayant un niveau d'études peu élevé seraient moins préoccupés par leur état de santé (39-41). Ceci influencerait leurs choix alimentaires puisque les premiers privilégieraient ainsi des aliments réputés bénéfiques pour la santé alors que les seconds seraient influencés uniquement par leur capacité matérielle et financière à se procurer certains aliments.

L'analyse des relations entre facteurs socio-économiques et nutrition ont fait l'objet d'un intérêt récent en France, mais relativement peu d'études existent à ce jour (37,42-45). Dans l'ensemble, la revue de la littérature (Tableau 2) confirme que la plupart des aliments recommandés pour la santé, tels que les F&L, le pain complet, les viandes maigres et les poissons sont consommés préférentiellement par les personnes de plus fort SSE (38,46-49). En parallèle, cette alimentation « considérée comme saine » s'accompagne d'une activité physique plus importante et un moindre tabagisme (47,48,50-53). A l'inverse, l'alimentation des groupes socio-économiques modestes est basée principalement sur des aliments tels que la viande, le lait entier, les graisses, les sucres, les conserves, les pommes de terre et les céréales (31,38).

Le niveau de revenus et le coût des aliments sont cités dans la littérature comme un facteur clé des choix alimentaires. Plusieurs études se sont intéressées au fait que les

populations modestes achètent des produits alimentaires à forte densité énergétique<sup>3</sup> (c'est à dire riches en graisses et en sucres) qui sont moins chers que les produits considérés comme sains (F&L, poisson etc.) (38,42-44,56-60).

Tableau 2. Aliments et statut socio-économique (adapté de Darmon *et al.*) (37,38)

Aliments caractéristiques d'un faible SSE	Aliments caractéristiques d'un SSE élevé
<b>Féculeux</b>	
- pain - pâtes/riz/céréales raffinées - pommes de terre - légumes secs	- pain complet
<b>Viandes/volailles/œufs</b>	
- viandes grasses, frites ou en conserve - charcuteries grasses - œufs - abats	- viandes maigres
<b>Poisson</b>	
- poisson croquette/pané, frit ou en conserve	- poisson, crustacés
<b>Produits laitiers</b>	
- lait entier	- lait ½ écrémé - lait écrémé - produits laitiers frais, écrémés - fromage
<b>Fruits et légumes</b>	
- légumes frais (Espagne, Grèce, Hongrie, Portugal, Pologne)  - choux de bruxelles	- fruits et légumes frais - fruits frais - légumes frais ou surgelés - jus de fruit - noix et autres graines oléagineuses
<b>Graisses</b>	
- beurre et graisses animales - huile de tournesol	- graisses animales (si pays méditerranéen) - huile d'olive
<b>Aliments sucrés</b>	
- sucre - gâteaux secs - chocolat en poudre ou à tartiner	- bonbons - glaces et sorbets - gâteaux secs - pâtisseries - céréales du petit déjeuner
<b>Boissons</b>	
- sodas et limonades - bière - café	- boissons alcoolisées - vin - café - eaux minérales - thé

### *Exemple des F&L*

Une consommation supérieure de F&L est corrélée, à âge égal, à un SSE plus élevé (revenu, activité professionnelle, niveau d'éducation). Les F&L apparaissent comme un "marqueur social".

<sup>3</sup>Les personnes qui achètent leur « énergie » plus cher ont généralement une alimentation de meilleure qualité nutritionnelle. Ces résultats contribueraient à fournir une explication économique au fait que l'obésité est plus répandue dans les catégories les plus défavorisées de la société que dans les catégories de SSE élevé (14,54,55)

C'est aujourd'hui un des groupes d'aliments dont le niveau de consommation (exprimé en quantité, fréquence ou variété) apparaît comme étant le plus lié au SSE des ménages (18,61,62) et aux inégalités de santé.

Aux Etats-Unis, cette tendance se retrouve également car bien que le nombre de portions journalières de F&L ait globalement augmenté depuis 15 ans, cette hausse cache en réalité une stagnation de la consommation de F&L dans les catégories de faible SSE, et donc une augmentation des inégalités sociales (63). De nombreux facteurs sociodémographiques autres que l'éducation et le statut social ont été décrits dans la littérature: le sexe et l'âge (64,65), la composition du ménage (66,67), la région de résidence (68-70), le pays d'origine (71-75). Il est intéressant de noter qu'un gradient inverse est observé pour un certain nombre de pays, à savoir une plus forte consommation de F&L pour les personnes de faible SSE (Tableau 2). Cette situation est observée dans certains pays méditerranéens et de l'Est (76). Ces pays sont aussi ceux où on observe les plus gros consommateurs de F&L et les plus forts taux de consommation de la production domestique de ces aliments (66,76). La France se comporte globalement comme les pays européens non méditerranéens puisque les études menées en population générale mettent en évidence une faible consommation de F&L et de jus de fruits dans les catégories de faible SSE (77). D'après l'expertise collective de l'INRA (18), le prix des F&L peut être vu comme un obstacle à l'accroissement de leur consommation. Les Français accordent à l'achat des F&L une part non négligeable de leur budget alimentaire (12% en moyenne). Cependant, le « budget F&L » n'est pas celui qui augmente le plus en cas d'accroissement des revenus. En effet, lorsque cela se produit, une telle augmentation bénéficie en premier lieu à la viande et au poisson.

Les apports en macro et micronutriments et le statut vitaminique et minéral des individus suivent le même gradient socio-économique que les groupes d'aliments décrits ci-dessus (38). L'équilibre nutritionnel étant atteint lorsque l'alimentation couvre de façon optimale les besoins nutritionnels de l'organisme, celui-ci semble plus difficilement atteignable pour les personnes ayant un SSE peu élevé (78).

# Équilibre nutritionnel et politique de santé publique

Il est généralement admis que la qualité des apports nutritionnels permet de préserver un bon état de santé et une bonne qualité de vie. Le modèle de la pyramide alimentaire, largement utilisée aux USA ; s'est initialement imposé comme étant l'illustration de la notion d'équilibre alimentaire. Le département américain de l'agriculture (USDA) a créé, en 1992, la première pyramide alimentaire (79)(Figure 1). Elle a par la suite été révisée et actualisée en 2005 et plus récemment en 2010 en même temps que les Dietary Guidelines for Americans (79-81)(Figure 1). L'équilibre alimentaire était décrit par les principaux groupes d'aliments que sont les céréales et féculents, les F&L, les produits laitiers, les viandes et poissons, les corps gras et les sucres. Ceux qui figurent à la base de la structure sont à consommer en plus grande quantité, les quantités diminuant au fur et à mesure que l'on s'élève dans la pyramide. Afin de simplifier le message et de le rendre plus intuitif l'USDA a dévoilé en Juin 2011 un nouveau pictogramme : une assiette<sup>4</sup> (Figure 2). La pyramide alimentaire a été adaptée à divers types de régimes alimentaires, comme le régime méditerranéen où l'huile d'olive est la source principale de lipides (82). Cette pyramide inclut également deux autres facteurs : la consommation modérée de vin et une activité physique quotidienne. Globalement la pyramide alimentaire était mieux respectée avec l'élévation du niveau d'éducation et celle des niveaux de revenus (79).

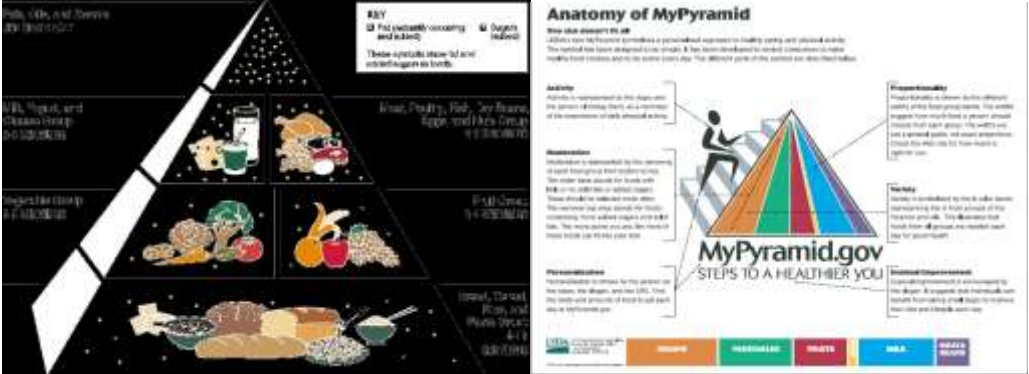
Compte tenu des enjeux humains, sociaux et économiques que représentent les maladies dans lesquels les facteurs nutritionnels sont impliqués, la mise en place d'une politique nutritionnelle est apparue comme une véritable priorité de santé publique au niveau international (4,83) et national (2). En 2000, le HCSP a publié un rapport (2) faisant état de la situation nutritionnelle en France. Ce rapport a permis de faire un bilan des connaissances sur les relations existantes entre l'alimentation et la santé et a proposé une série de recommandations pour la population. Ces recommandations servent aujourd'hui de base au Programme National Nutrition Santé (PNNS). En effet, le Ministère de la santé a mis en place, au début des années 2000, avec l'ensemble des ministères et des acteurs concernés, le

---

<sup>4</sup> Cette assiette met en évidence les F&L (qui comportent aussi les légumineuses et la pomme de terre). Le message principal précise qu'à chaque repas, l'assiette doit être composée pour moitié de F&L. Le compartiment des légumes est plus grand que celui des fruits pour souligner que les premiers ont l'avantage sur les seconds. Les sources de protéines et les produits céréaliers se partagent équitablement l'autre moitié de l'assiette avec pour message de choisir au moins la moitié de ces produits sous forme de céréales complètes. Les produits laitiers sont à part afin de privilégier le choix de lait écrémé ou à faible teneur en matière grasse. A noter que le concept de la pyramide alimentaire restera accessible aux professionnels.

PNNS (84) dans le but d'améliorer l'état de santé de l'ensemble de la population en agissant sur l'un de ses déterminants majeurs qu'est la nutrition.

Figure 1. Pyramides alimentaires diffusés au Etats-Unis en 1992 et actualisée en 2005 et 2010



source : <http://www.choosemyplate.gov/downloads/MyPlate/ABriefHistoryOfUSDAFoodGuides.pdf>

Figure 2. « Choose my plate » diffusé aux Etats-Unis depuis Juin 2011



source : <http://www.choosemyplate.gov>

Figure 3. Pyramide alimentaire représentant le régime méditerranéen












Ce programme est fondé sur des hypothèses scientifiques certaines ou suffisamment fortes qui permettaient de faire des recommandations alimentaires et nutritionnelles à la population générale (2,7).

L'objectif général du PNNS est l'amélioration de l'état nutritionnel, de l'état de santé et de la qualité de vie, la réduction du risque de maladies chroniques par une politique nutritionnelle visant à :

- une meilleure adéquation entre les apports et les dépenses énergétiques
- un meilleur équilibre concernant la contribution des différents macronutriments aux apports énergétiques (répartition des glucides, lipides et protéines) et les différents sous-groupes de macronutriments (acides gras saturés/insaturés ; glucides simples/complexes, protéines animales/végétales, fibres etc.) ;
- une meilleure couverture des apports en vitamines et minéraux.

Neuf objectifs nutritionnels ont été définis pour l'ensemble de la population<sup>5</sup>. Ces objectifs (qui comprennent un ou plusieurs indicateurs) ont été choisis en fonction de la situation française au moment du lancement du PNNS et ils doivent permettre d'améliorer la situation de façon graduelle vis-à-vis d'un certain nombre de déterminants nutritionnels qui constituent des facteurs de risque ou de protection pour la santé, tout en ayant un impact significatif à plus long terme sur la morbidité et la mortalité liées à ces facteurs. Ces objectifs de santé publique ont été traduits sous la forme de repères de consommation (et non sous la forme d'une pyramide alimentaire) et de façon suffisamment généraliste pour être perçus comme atteignables (Tableau 3). Pour soutenir ce programme, différents guides destinés au grand public ont été diffusés largement. Certains des objectifs du PNNS ont été repris dans le rapport annexé à la loi relative à la politique de santé publique du 9 Août 2004.

Tableau 3. Repères de consommation du PNNS

LES REPÈRES DE CONSOMMATION		CORRESPONDANT AUX OBJECTIFS DU PNNS	
<b>Fruits et légumes</b>		au moins 5 par jour	<ul style="list-style-type: none"> <li>à chaque repas et en cas de petits creux</li> <li>crus, cuits, nature ou préparés</li> <li>fraîches, surgelées ou en conserve</li> </ul>
<b>Pain, céréales, pommes de terre et légumes secs</b>		à chaque repas et selon l'appétit	<ul style="list-style-type: none"> <li>favoriser les aliments céréaliers complets ou le pain bis</li> <li>privilégier la variété</li> </ul>
<b>Lait et produits laitiers (yaourts, fromages)</b>		3 par jour	<ul style="list-style-type: none"> <li>privilégier la variété</li> <li>privilégier les fromages les plus riches en calcium, les moins gras et les moins salés</li> </ul>
<b>Vianes et volailles, produits de la pêche et œufs</b>		1 à 2 fois par jour	<ul style="list-style-type: none"> <li>en quantité inférieure à celle de l'accompagnement</li> <li>viande : privilégier la variété des espèces et les morceaux les moins gras</li> <li>poisson : au moins 2 fois par semaine</li> </ul>
<b>Matières grasses, quinquina</b>		limiter la consommation	<ul style="list-style-type: none"> <li>privilégier les matières grasses végétales (huiles d'olive, de colza...)</li> <li>limiter les graisses d'origine animale (beurre, crème...)</li> </ul>
<b>Produits sucrés</b>		limiter la consommation	<ul style="list-style-type: none"> <li>attention aux boissons sucrées</li> <li>attention aux aliments gras et sucrés à la fois (pâtisseries, crèmes dessert, chocolat, glaces...)</li> </ul>
<b>Boissons</b>		de l'eau à volonté	<ul style="list-style-type: none"> <li>au cours et en dehors des repas</li> <li>limiter les boissons sucrées (privilégier les boissons à 0%)</li> <li>boissons alcoolisées : ne pas dépasser, par jour, 2 verres de vin (10 cl) pour les femmes et 3 pour les hommes, 2 verres de vin sont équivalents à 2 demi de bière ou 6 cl d'alcool fort</li> </ul>
<b>Sel</b>		limiter la consommation	<ul style="list-style-type: none"> <li>préférer le sel iodé</li> <li>ne pas resaler avant de goûter</li> <li>réduire l'apport de sel dans les eaux de cuisson</li> <li>limiter les fromages et les charcuteries les plus salés et les produits apéritifs salés</li> </ul>
<b>Activité physique</b>		Au moins l'équivalent d'une demi-heure de marche rapide par jour	<ul style="list-style-type: none"> <li>à intégrer dans la vie quotidienne (marcher, monter les escaliers, faire du vélo...)</li> </ul>

<sup>5</sup> Neuf objectifs nutritionnels spécifiques ont également été définis pour des populations particulières : les femmes en âge de procréer, les femmes enceintes, les enfants et les adolescents, les personnes âgées et les personnes en situation de précarité. source : <http://www.inpes.sante.fr/CFESBases/catalogue/pdf/581.pdf>

# Typologies alimentaires

La dernière décennie a été marquée par une expansion rapide du nombre de travaux scientifiques dans le domaine de la recherche en nutrition, en particulier en épidémiologie nutritionnelle (85). D'après certains auteurs (86), l'étude des typologies alimentaires serait plus appropriée à l'analyse des relations de l'alimentation avec des données de morbi-mortalité. En effet, la prévention des maladies chroniques passerait par l'identification de typologies comportementales, regroupant en particulier des profils d'alimentation et d'activité physique, mais également par une meilleure compréhension des différents facteurs économiques ou environnementaux. Traditionnellement, l'épidémiologie nutritionnelle examinait les maladies ou les facteurs de risque en relation avec un aliment ou un nutriment considéré isolément. Cette approche présente un certain nombre de limites. Les individus ne mangent pas de nutriments ou d'aliments isolés. Bien au contraire, ils mangent une grande variété d'aliments qui contiennent des combinaisons de nutriments susceptibles d'interagir ; l'effet d'un seul nutriment peut être difficile à détecter : ainsi certains essais d'intervention nutritionnelle portant sur un nutriment ou un groupe de nutriments ne sont pas parvenus à confirmer leurs effets bénéfiques, tandis que les effets cumulés de plusieurs nutriments inclus dans un type de régime alimentaire peuvent être suffisamment importants pour être détectables. Ce phénomène est également vérifié lorsqu'on étudie uniquement un groupe d'aliment.

Depuis plusieurs années, on observe un intérêt croissant de l'usage de profils alimentaires en épidémiologie. Une telle approche peut être particulièrement pertinente, au vu de la complexité et de la diversité des données alimentaires (86-88). Afin de classer les personnes en fonction d'une typologie alimentaire, des scores ont été développés. Dans la littérature, on retrouve trois approches : les scores alimentaires, les analyses factorielles, et les méthodes de classification ou de partitionnement. Ces approches sont souvent déclinées en deux catégories :

- les méthodes *a posteriori* qui extraient l'information à partir des données collectives, *via* une modélisation statistique (86-90), la méthode statistique la plus souvent utilisée étant l'analyse factorielle. Les profils ainsi calculés mettent en évidence des tendances ou profils alimentaires (« patterns »).
- les méthodes *a priori* permettent l'établissement de scores sur la base des recommandations de santé publique et des connaissances épidémiologiques existantes (91-93).

L'intérêt des typologies alimentaires ne se limite pas à l'étude des relations entre alimentation et santé mais peut également avoir des implications en termes de santé publique. Elles peuvent aussi être utilisées comme outils d'évaluation des effets des recommandations nutritionnelles sur la santé et apporter des éléments d'orientation dans le domaine de l'éducation nutritionnelle (91,94-98). La France s'étant dotée d'une politique nutritionnelle, ce travail s'intéressera plus particulièrement à l'approche *a priori* puisque seule cette approche permet d'évaluer l'adhésion de la population aux repères alimentaires existants.

### *Scores nutritionnels a priori- Etat des connaissances*

La quantification de l'adhésion d'une population aux recommandations nutritionnelles de santé publique représente un enjeu de recherche récent en France, alors qu'elle était jusqu'à présent localisée essentiellement aux Etats-Unis. En effet, depuis plusieurs années, de nombreux articles ont été consacrés aux scores nutritionnels *a priori* qu'ils soient basés sur des recommandations de santé publique, inspiré de l'alimentation méditerranéenne ou s'intéressant à la diversité alimentaire. Avec ce type de scores, les équipes de recherche ne cherchent pas à identifier des profils alimentaires mais à évaluer si les sujets étudiés respectent les recommandations nutritionnelles.

Bien qu'il constitue un mode alimentaire équilibré plutôt favorable à la santé, le régime méditerranéen (99,100) ne relève pas de recommandations nutritionnelles. Les scores *a priori* développés à partir de ce régime (99) ne seront donc pas inclus dans cette revue de la littérature. Pour la même raison, les scores de variété/diversité (101-104) ainsi que les scores à visée spécifique comme le score DASH (Dietary Interventions to Stop Hypertension) ne seront pas décrits dans ce travail (26-28).

Plusieurs revues ont été consacrées ces dernières années aux scores nutritionnels *a priori* (87,88,91-93,105). Le Tableau 4 synthétise les différents scores retrouvés dans la littérature internationale<sup>6</sup>. Le nombre important d'articles scientifiques consacrés à la construction d'un score nutritionnel démontre la difficulté de mettre en place une telle démarche tant d'un point de vue scientifique que méthodologique. En effet, malgré l'existence de preuves scientifiques sur les relations entre la nutrition et la santé (6), le nombre important de scores définis à travers le monde montre que les messages de santé publique sont perçus et exprimés, différemment selon les pays qui ont fait le choix de mettre

---

<sup>6</sup> On trouve également dans la littérature un nombre important d'adaptations, les auteurs ayant fait ce choix utilisent un score ayant été développé dans un autre pays et y apportent des modifications en fonction des habitudes alimentaires du pays concerné (102,106-109)



en place une politique nutritionnelle. En parallèle, le nombre conséquent de scores existants au sein d'un même pays (comme c'est le cas aux Etats-Unis) alors que les recommandations nutritionnelles sont les mêmes souligne les différentes constructions de scores possibles (choix du type de composantes, du nombre de composantes, de la notation etc.). A ce jour, aucun de ces scores ne peut être utilisé comme « gold standard ».

### *Relation entre les scores a priori nutritionnels, le statut socio-économique et les maladies chroniques-Etat des connaissances*

D'après la littérature, le respect des recommandations nutritionnelles permet de préserver un bon état de santé et une bonne qualité de vie. L'utilisation de scores *a priori* nutritionnels sur des cohortes prospectives est d'un grand intérêt pour tester leur valeur prédictive en termes de santé. Plusieurs études (33,98,107,110-119) utilisant des scores *a priori* ont décrits leur résultats en fonction du SSE (revenus et/ou niveau socio-économique). Quelque soit le score utilisé, la conclusion est la même pour chacune de ces études : il existe une relation très nette entre le SSE des individus et leur alimentation. Quatre scores sont utilisés de façon régulière, le Healthy Eating Index (HEI) (95), le Diet Quality Index (DQI) (110) et le Healthy Diet Indicator (HDI) (120) et le Alternate Healthy Eating Index (AHEI) (121). La majorité des scores retrouvés dans la littérature sont prédictifs d'un meilleur statut nutritionnel et biologique en macro et micro-nutriments, vitamines et minéraux (Annexe 2). Concernant les événements majeurs de santé, les bénéfices d'une alimentation suivant les recommandations nutritionnelles en vigueur dans le pays considéré sont contrastées selon la population et l'événement de santé étudié. Un effet protecteur a été retrouvé dans un certain nombre d'études concernant les MCV, la mortalité toutes causes, la mortalité par cancer ou par MCV. Peu d'études retrouvent un effet protecteur sur les cancers (quelque soit leur localisation). De plus on constate pour les études ayant réalisé leurs analyses selon le sexe, que les effets protecteurs d'une alimentation adéquate ; évalué par un score ; sont plus souvent retrouvés chez les hommes que chez les femmes. Il est important de noter que bien que les conclusions de ces différentes études aillent dans le même sens il est difficile de faire des comparaisons entre elles<sup>7</sup>.

---

<sup>7</sup> Les méthodologies étant différentes en termes de population, de suivi, de questionnaire alimentaire et d'ajustement sur les facteurs de confusion potentiels décrits dans la littérature.

Tableau 4. Recensement des scores *a priori* retrouvés dans la littérature (origine des recommandations, composantes et notation choisie-article princeps)

Pays	Nom du score, année (référence bibliographique)	Source(s) des recommandations	Source des données	Population (âge à l'inclusion)	Type de recueil alimentaire	Type de composantes	Nombre de composantes	Cut-off <sup>8</sup>	Score total
<b>Australie</b>									
	Australian Healthy Eating Index (Aust-HEI), 2007 (122)	Dietary Guidelines for Australian Adults (DGAA) 2003 Et Australian Guide to Healthy Eating 1998	Australian National Nutrition Survey (NNS) 1995	7 578 sujets (19 ans et +)	FFQ SDQ	Groupe d'aliments Nutriments Variété	7	0-10 pour 5 composantes  0-5 pour 2 composantes	0-60
	Dietary Guideline Index (DGI), 2008 (98)	Dietary Guidelines for Australian Adults (DGAA) Et Australian Guide to Healthy Eating	Australian National Nutrition Survey	8 220 sujets (19 ans et +)	1 rappel de 24h Et FFQ Et Food habits and attitudes questionnaire	Groupe d'aliments Nutriments Variété	15	0-10 <sup>P</sup>	0-150
	Australian Recommended Food Score (ARFS), 2008 (116)	Australian Dietary Guidelines Et Australian Guide to Health Eating	Australian Longitudinal Study on Women's Health (ALSWH)	40 000 femmes (18-75 ans)	FFQ	Groupe d'aliments	7	1 point pour les aliments à favoriser 0 point pour les autres	0-74
<b>Etats-Unis</b>									
<i>Diet Quality Index</i>									
	Diet Quality Index (DQI), 1994 (110)	National Research Council Committee on Diet and Health 1990	Nationwide Food Consumption Survey 1987-1988	5 484 sujets (21 ans et +)	1 rappel de 24 h Et 2 enregistrements alimentaires	Nutriments Groupe d'aliments	8	0,1 ou 2	0-16
	DQI-2005, 2010 (123)	Dietary Guidelines for Americans (DGA) 2005	Coronary Artery Risk Development in Young Adults (CARDIA)	4 913 sujets (18-30 ans)	Diet history	Nutriments Groupe d'aliments	10	0 à 10 par composante	0-100
<i>Healthy Eating Index</i>									
	Healthy Eating Index (HEI), 1995 (95)	DGA 1990	Continuing Survey of Food Intakes by Individuals (CSFII) 1990	7 463 sujets (2 ans et +)	1 rappel de 24 h Et 2 enregistrements alimentaires	Groupe d'aliments Nutriments Variété	10	0-10 <sup>P</sup>	0-100

<sup>8</sup> Deux choix sont possibles pour les auteurs concernant la définition des cut-off : soit ils choisissent de définir un minimum et un maximum de points par composante, le sujet obtient dans ce cas un score proportionnel; soit les auteurs définissent de manière *a priori* la notation possible. Dans le tableau, les points obtenus de manière proportionnelle sont identifiés par un p, les autres sont des points définis *a priori*.

Tableau 4 (suite)

Pays Nom du score, année (référence bibliographique)	Source(s) des recommandations	Source des données	Population (âge à l'inclusion)	Type de recueil alimentaire	Type de composantes	Nombre de composantes	Cut-off	Score total
Alternative Healthy Eating Index (AHEI), 2002 (96)	DGA 1995	Health Professionals' Follow up Study (cohorte masculine)	38 615 hommes (40-75 ans)	FFQ	Aliments Nutriments Vitamines	9	8 composantes de 0-10 <sup>p</sup> 1 composante: 2.5 ou 7.5	2.5-87.5
HEI-05, 2008 (124)	DGA 2005	Nurses' Health Study (cohorte féminine)	67 271 femmes (30-55 ans)	FFQ	Groupe d'aliments Nutriments Variété	10	0-10	0-100
Healthy eating Index- 2005, 2008 (125)	DGA 2005	Multi-Ethnic Study of Atherosclerosis (MESA)	6 236 sujets (45-84 ans)	FFQ	Groupe d'aliments Apports énergétiques dû aux graisses, alcool, et sucres ajoutés	12	0-10 pour les groupes d'aliments 0-20 pour apports énergétiques	0-100
<i>Autres échelles américaines</i>								
Recommended Food score (RFS) 2000 (126)	National Research Council. Committee on Diet and Health 1990 Et DGA 1995	Breast Cancer Detection and Demonstration Project (phase 1987-1989)	42 254 femmes (35-74 ans)	FFQ	Aliments	23	1 point pour les 23 aliments à favoriser 0 point sinon	0-23
Dietary guidelines index (DGI), 2002 (127)	DGA 2000	Iowa Women's Health Study	34 708 femmes (55-69 ans)	FFQ	Groupe d'aliments Nutriments Variété	9	0,1 ou 2	0-18
Recommended Food and behavior Score (RFBS), 2004 (128)	DGA 2000	National Health Interview Surveys of 1987 and 1992	10 084 sujets, (45 ans et +)	FFQ	Groupe d'aliments	25	0,1	0-25
Dietary Guidelines for Americans Index (DGAI), 2006 (97)	DGA 2005	Framingham Heart Study Offspring Cohort 1995	3 323 sujets (10-70 ans)	FFQ	Groupe d'aliments Variété Nutriments	20	0, 0.5 ou 1	0-20
AICR guidelines, 2004 (129)	American Institute for Cancer Research recommendations	Iowa Women's Health Study	29 838 femmes (55- 69 ans)	FFQ	Groupe d'aliments, Poids, Activité physique, Tabac	9	0,1	0-9

Tableau 4 (suite)

Pays Nom du score, année (référence bibliographique)	Source(s) des recommandations	Source des données	Population (âge à l'inclusion)	Type de recueil alimentaire	Type de composantes	Nombre de composantes	Cut-off	Score total
ACS guidelines score, 2011 (130)	American Cancer Society 2006	Cancer Prevention Study Nutrition Cohort II	111 966 sujets (50-74 ans)	FFQ	Groupe d'aliments Activité physique IMC	4 grandes composantes	0 à 2 par composante	0-8
<b>Europe</b>								
<b>Allemagne</b>								
German Food Pyramid Index (GFPI), 2010 (131)	Pyramide alimentaire	EPIC-Potsdam	23 531 sujets (35-65 ans)	FFQ	Groupe d'aliments	8	0 à 10 par composante Selon ratio portions consommés /portions recommandées	0-100
Healthy Diet Indicator (HDI), 1997 (120)	World Health Organisation 1990	5 cohortes masculine suivi depuis 1958	3 045 sujets (50-70 ans)	FFQ	Groupes d'aliments Nutriments	9	0 ou 1	0-9
<b>Belgique</b>								
Index d'alimentation recommandée (IAR) ou Healthy Food and Nutrient Index (HFNI), 2005 (132,133)	Recommandations nutritionnelles pour la Belgique 2003	Belgian Interuniversity Research on Nutrition and Health	11 302 sujets (25-74 ans)	1 rappel de 24 h	Nutriments Groupes d'aliments	9	0 ou 1	0-9
Flemish Food-based dietary guidelines (Flemish-FBDG), 2011 (134)	Recommandations nutritionnelles pour la Belgique	Belgian Asklepios	2 524 sujets (35-55 ans)	FFQ	Groupe d'aliments	9	% d'adhésion	0-100 %
<b>Danemark</b>								
Simple Dietary Quality Index (SDQI), 2008 (135)	Nordic Nutrition Recommendation (NNR) 2004 Et Danish Dietary Guidelines (DDG) 2005	Danish National Dietary Survey 2000-2	3 151 sujets (18-75 ans)	Carnet alimentaire de 7 jours	Nutriments, valeurs de référence pour apport énergétique	2	% d'adhésion <sup>p</sup>	0-100 %
Diet Quality Score (DQS), 2007 (136)	Nordic Nutrition Recommendation (NNR) 2004 Et Danish Dietary Guidelines (DDG) 2005	Inter99 study	6 112 sujets (30-60ans)	FFQ	Groupe d'aliments	4	1,2 ou 3	1-12

Tableau 4 (suite)

Pays Nom du score, année (référence bibliographique)	Source(s) des recommandations	Source des données	Population (âge à l'inclusion)	Type de recueil alimentaire	Type de composantes	Nombre de composantes	Cut-off	Score total
<b>Italie</b>								
Food pyramid Index (FPI), 2004 (137)	Pyramide alimentaire	Risk Factors and Life Expectancy Project (regroupement de 2 études OB43 et RF2)	7 665 sujets (20-59 ans)	FFQ	Aliments	2	Aliments consommés au moins une fois par jour : 30 Au moins une fois par semaine : 13 Au moins une fois par mois Aliments saisonniers : 1 Aucune consommation : 0	Ratio entre 0 et 1
<b>Suède</b>								
Recommended Food Score ET Non Recommended Food Score (NRFS), 2002 (138)	Swedish nutrition recommendations	Swedish Mammography Screening cohort	59 036 femmes (40-76 ans)	FFQ	Aliments	21	1 point pour les 21 aliments « non favorables » 0 point sinon	0-21
Diet Quality Index-Swedish Nutrition Recommendations (DQI-SNR), 2011 (139)	Swedish nutrition recommendations Et Swedish dietary guidelines	Malmö Diet and Cancer cohort	4525 hommes 8491 femmes (nés entre 1926- 45)	FFQ	Aliments Nutriments	6		
<b>Pays Nordiques</b>								
Nordic Nutrition Recommendations (NNR), 2010 (140)	Recommandations nutritionnelles « nordiques »	Lifestyle and Immune Fonction (LIME)	1509 sujets (20-60 ans)	FFQ	Aliments Nutriments Activité physique	6	1 point pour chaque groupe recommandation atteinte	0-6

## Objectifs de la thèse

La mise en place du PNNS en France au début des années 2000 a constitué un contexte original de recherche qui permet d'apporter des connaissances sur les liens entre l'alimentation, la santé et les politiques alimentaires.

Les actions mises en œuvre dans le cadre du PNNS ont suscité des attentes et des interrogations sociales fortes, parmi lesquels la faisabilité et l'accessibilité, notamment financière, de l'alimentation préconisée dans le cadre du programme. La première campagne d'information menée dans le cadre du PNNS était axée sur la consommation d'au moins 5 F&L par jour. Parmi les travaux menés dans le cadre de cette thèse, un des articles qui sera décrit dans les chapitres suivants s'est intéressé aux caractéristiques sociodémographiques, économiques et aux habitudes de vie des personnes adhérant à ce message de santé publique. Ce travail s'est également intéressé à la contribution des F&L au coût de la ration alimentaire quotidienne et aux familles de F&L consommées selon le SSE.

Afin d'évaluer l'adhésion de la population au PNNS, il était nécessaire de disposer d'outils adéquats d'observation et de suivi de l'alimentation et du statut nutritionnel de la population. Plusieurs scores *a priori* avaient été développés et validés dans des études en majorité américaines. Or, en 2007, un score français permettant d'évaluer la qualité du régime alimentaire ainsi que l'adhésion de la population aux recommandations n'existait pas en population générale. Les scores développés par ailleurs ne paraissaient pas directement applicables à la France. De plus, contrairement aux autres pays qui ont mis en place des politiques nutritionnelles, la France s'est doté de deux types d'indicateurs (objectifs de santé publique et recommandations à la population). Une démarche adaptée au contexte français semblait donc indispensable.

En parallèle, l'un des objectifs du PNNS est de diminuer à long terme, la morbidité et la mortalité de la population générale. L'approche *a priori* permet d'évaluer l'adhésion de la population aux repères alimentaires existants, elle permet également d'évaluer si le respect des recommandations nutritionnelles en vigueur est « gage de bonne santé ». En effet, bien que les scores soient établis sur la base des connaissances des relations existantes entre alimentation et santé, des études sont nécessaires afin de vérifier que ces recommandations sont bien associées à un bon état de santé.

Les travaux menés dans le cadre de cette thèse sont issus de la cohorte SU.VI.MAX (SUplémentation en VItamines et Minéraux AntioXydants).

# Etude SU.VI.MAX (SUplémentation en Vitamines et Minéraux AntioXydants)

Les points de méthodes de l'étude SU.VI.MAX seront abordés en détail lors de la description des travaux de recherche menés dans le cadre de cette thèse. Les paragraphes ci-dessous présentent brièvement cette étude.

## *Contexte*

Au moment de la mise en place de SU.VI.MAX, les cancers représentaient, en France, la première cause de décès entre 35 et 64 ans (1/4 des décès) et la deuxième cause de décès (tous âges confondus) après les MCV (environ 200 000 décès par an). Il existait à l'époque un faisceau d'arguments convergents suggérant que la production de radicaux libres pouvait, directement ou indirectement, jouer un rôle essentiel dans les processus cellulaires impliqués dans l'athérosclérose et la cancérogenèse (141). Les résultats de ces travaux étaient convergents et indiquaient que des apports alimentaires ou des concentrations sanguines élevées en certaines vitamines et oligo-éléments antioxydants étaient associés à un risque plus faible de MCV et de cancers.

## *Objectif de l'essai*

L'étude SU.VI.MAX (1994-2002) était un essai d'intervention primaire randomisé en double aveugle *versus* placebo. Cette étude était destinée à évaluer l'impact d'un apport quotidien supplémentaire en  $\beta$ -carotène (6 mg), vitamine C (120 mg) et E (30 mg), sélénium (100  $\mu$ g) et zinc (20 mg) sur l'incidence des cardiopathies ischémiques et des cancers. Les sujets sélectionnés ont été randomisés en deux groupes : l'un recevant l'association de minéraux et vitamines antioxydants (principe actif), l'autre recevant un placebo. L'attribution du type de supplément a été fait par tirage au sort individuel, stratifié sur le sexe, la classe d'âge, le statut tabagique et le lieu de résidence. La durée de suivi a été de huit ans. Les quantités journalières, ajoutées aux apports naturels par l'alimentation, permettaient d'assurer des apports qui se situaient entre 1 et 3 fois les apports nutritionnels recommandés, c'est-à-dire à des doses qui pouvaient être obtenues par des conseils alimentaires et/ou la consommation d'aliments enrichis.

L'efficacité de l'intervention a été jugée sur trois critères principaux : la mortalité globale, l'incidence des cancers (toutes localisations confondues) et l'incidence des maladies cardiovasculaires ischémiques. Les critères de jugement secondaires étaient : la mortalité par

cancer et l'incidence de certaines localisations cancéreuses, la mortalité par cardiopathie ischémique et par mort subite de cause inconnue et l'incidence de l'angor. Il faut souligner qu'au-delà des données spécifiques à l'essai d'intervention, cette étude a permis également d'estimer les relations existantes entre l'alimentation et la santé (141-146) grâce à la constitution d'une banque de données importante sur la consommation alimentaire et l'état de santé

#### *Aspects éthiques*

Le projet SU.VI.MAX a été approuvé par le Comité Consultatif pour la Protection des Personnes se prêtant à la Recherche Biomédicale de Paris Cochin (CCPPRB n°706) et par la Commission Nationale Informatique et Liberté (CNIL n°334641). Un comité de surveillance supervisait la progression de l'étude.

#### *Population*

La cohorte de l'étude était constituée de femmes âgées de 35 à 60 ans et d'hommes de 45 à 60 ans. L'inclusion de femmes relativement jeunes (35-44 ans) était justifiée par l'incidence précoce des cancers du sein et de l'utérus. De plus, en raison de la plus faible incidence des maladies cardiovasculaires ischémiques chez les femmes, plus de femmes ont été incluses (deux tiers des volontaires).

Afin de tester les effets de l'intervention sur le nombre de cancers et de MCV, l'étude SU.VI.MAX visait à randomiser au moins 12 500 sujets, qui devaient être suivis sur une période de huit ans. Le calcul du nombre de sujets nécessaires devait permettre la détection d'une différence de 25% sur l'incidence des cancers et de la mortalité et de 33% sur l'incidence des pathologies cardiovasculaires avec un risque alpha à 5% et une puissance à 90% (141,147).

#### *Recrutement de la cohorte*

Les participants ont été recrutés à partir du panel de 80 000 volontaires constitués au niveau national grâce à une campagne multimédia (télévision, radio, presse écrite nationale et régionale) (141). Une pré-enquête (148) a permis de tester la capacité d'adhésion au protocole des sujets volontaires. Il leur a aussi été demandé de remplir un questionnaire conçu pour fournir des informations démographiques, de style de vie, nutritionnelles, et sur leur état de santé passé et présent. Parmi les questionnaires d'informations et les formulaires de



consentement qui sont parvenus, 21 481 étaient suffisamment complets pour être évalués. Pour être définitivement éligibles, les sujets devaient :

- 1/ être dans la tranche d'âge sélectionnée ;
- 2/ se déclarer non atteint de toute pathologie sévère qui puisse limiter la participation pendant huit ans ;
- 3/ ne prendre aucun supplément contenant l'une ou l'autre des vitamines ou minéraux étudiés ;
- 4/ ne manifester aucune inquiétude ou réticence à se conformer aux contraintes du protocole, en particulier à recevoir un placebo<sup>9</sup> ;
- 5/ n'exprimer aucune motivation ambiguë, ni aucun comportement obsessionnel concernant l'alimentation et la santé.

L'étude SU.VI.MAX a finalement inclus 12 741 volontaires. Les sujets ont été inclus entre octobre 1994 et juin 1995 (141). Tous les participants ont reçu la recommandation de ne consommer aucun des nutriments étudiés, sous forme médicamenteuse ou de supplément tout au long du suivi.

#### *Suivi des sujets*

Des examens, cliniques ou biologiques (en alternance), ont été réalisés annuellement tout au long du suivi. Ces examens avaient lieu soit dans des centres d'examen de santé (CES) de l'assurance maladie impliqués dans l'étude, soit dans les unités mobiles SU.VI.MAX<sup>10</sup> qui permettaient de réaliser dans chaque ville-étape tous les examens cliniques ou biologiques nécessaires.

Par ailleurs, différents questionnaires ont été remplis par les sujets, à l'inclusion ou régulièrement au cours du suivi. Enfin, ils étaient invités à transmettre chaque mois des informations sur leur état de santé<sup>11</sup> et chaque deux mois, sur leurs consommations alimentaires. Afin de communiquer plus facilement ces informations au centre coordonnateur de l'étude, les investigateurs conseillaient aux sujets inclus dans l'étude de se munir d'un minitel qui leur permettait d'envoyer toutes les données *via* un logiciel conçu spécifiquement pour l'étude. Plus récemment, un site internet permettait de saisir également ces données. Au cas où le sujet ne s'équipait pas d'un minitel, le centre coordonnateur lui faisait parvenir des

---

<sup>9</sup> Une analyse lexicale des motivations lors d'une étude pilote a permis de reconnaître les sujets avec un comportement exceptionnellement sain (148). Des questions spécifiques ont été posées dans le questionnaire initial pour éliminer ce type de volontaire.

<sup>10</sup> Semi-remorques comprenant, entre autres, une salle de prélèvement et un laboratoire spécialement équipé

<sup>11</sup> Mensuellement, les volontaires fournissaient des informations sur leur santé (questions concernant le nombre de consultations, précisions sur spécialiste(s), diagnostic(s), traitement(s) ou examen(s) prescrit(s) ...) à travers les trois supports (minitel, papier et internet).

questionnaires imprimés qui devaient être retournés par courrier. En outre, il était rappelé régulièrement à chaque volontaire de transmettre tout compte-rendu d'examen, qu'il ait été réalisé à la suite d'un bilan SU.VI.MAX, ou dans le cadre d'une autre consultation.

*Recueil des données démographiques, socio-économiques et de style de vie*

Le questionnaire rempli par le volontaire lors de leur inclusion dans l'étude (1994-1995) a permis de disposer des informations sociodémographiques, de style de vie (tabac, activité physique) et nutritionnelles (Annexe 3). En complément, au cours du suivi, des questionnaires spécifiques ont été adressés aux volontaires. Par exemple, un questionnaire spécifique à l'activité physique a été envoyé à tous les volontaires en 1998. Le questionnaire utilisé est le Modifiable Activity Questionnaire (MAQ) dont la reproductibilité et la validité par rapport à des mesures objectives d'activité physique ont été établies (149). Il a été traduit, adapté et validé dans un sous-échantillon de l'étude SU.VI.MAX (150). Ce questionnaire permet d'évaluer l'activité physique au cours de l'année écoulée. Il comprend 2 parties principales, l'une sur l'activité physique au cours des loisirs, l'autre sur l'activité physique professionnelle et domestique. Pour l'activité physique de loisirs, il est demandé de lister les activités pratiquées au moins 10 fois dans les 12 derniers mois et au moins 10 minutes à chaque fois, en indiquant le temps moyen passé à chaque fois ainsi que la fréquence de pratique (nombre de fois par mois). Pour l'activité physique professionnelle, celle-ci peut être classée en différentes catégories (travail au bureau, à l'extérieur...) ; sont aussi demandés le temps de trajet (marche ou vélo), le temps de travail et le temps passé assis au travail. Par ailleurs, des questions spécifiques précisent le nombre d'heures de télévision par jour, utilisées comme indicateur de sédentarité. Les informations précisant la nature des activités de loisirs pratiquées, leur durée et leur fréquence permettent de calculer des scores en durée d'activité et en équivalent énergétique en utilisant des tables pour chaque activité rapportée (151,152). Autrement dit, le temps de pratique de chaque activité physique rapportée a été exprimé en nombre d'heures par semaine (h/sem) puis multipliée par le coût métabolique de l'activité (MET) pour obtenir un indicateur de la dépense énergétique totale en MET-h/sem. Le score d'activité physique de loisirs de chaque sujet correspond donc à la somme des dépenses énergétiques par semaine associées aux activités déclarées.

### *Recueil des données biologiques*

A l'inclusion, un prélèvement de 35 ml de sang veineux a été réalisé sur tube Vacutainer® dans 6 tubes : 3 tubes de 7 ml contenant de l'héparinate de sodium, 2 tubes de 7 ml « spécial oligoéléments », et 1 tube EDTA de 2 ml. Le traitement des échantillons était assuré sur place, dans les laboratoires des unités mobiles SU.VI.MAX ou des différents CES. Les échantillons ont été conservés à +4°C à l'abri de la lumière avant centrifugation (qui avait lieu dans les 30 minutes suivant le prélèvement, sauf pour le tube « oligoéléments » qui devait rester à température ambiante pendant une heure). Les aliquots ont été préparés dans les 20 minutes qui suivaient la fin de la centrifugation. Ensuite, les échantillons pour la constitution de la bibliothèque ont été conservés à -20°C ou à -80°C et des paillettes ont été conservées dans l'azote liquide à -196°C (147,153). Toutes les analyses biologiques ont été réalisées dans un même laboratoire.

Les paramètres dosés ont été les suivants :

- vitamines antioxydantes ( $\beta$ -carotène, rétinol, vitamine C et E sériques) ;
- oligo-éléments antioxydants (zinc et sélénium sériques) ;
- hémoglobine, glycémie, iodurie, bilan lipidique.

Les échantillons pour les dosages de  $\beta$ -carotène, d'alpha tocophérol et de rétinol ont été centrifugés immédiatement. Le sérum a été congelé et gardé à -80°C jusqu'à la détermination par le système HPLC utilisant la méthode d'Arnaud (154). Pour mesurer la concentration en vitamine C (acide dehydroascorbique et acide ascorbique), la concentration de sérum a été diluée (1:10) immédiatement dans une solution à 10% d'acide métaphosphorique (155) et congelée à -80°C jusqu'à la détermination par spectrofluorimétrie. La plupart des dosages effectués tout au long du suivi ont été centralisés et réalisés dans un même laboratoire (Institut interRégional pour la Santé, Tours). A noter que les prélèvements sanguins ont été réalisés à l'inclusion, avant le début de la supplémentation.

### *Recueil des données cliniques*

Un an après l'inclusion et par la suite tous les deux ans, un bilan clinique et paraclinique était réalisé. Le bilan clinique comportait un examen clinique complet : mesure de la pression artérielle, des données anthropométriques (poids, taille etc.), électrocardiogramme, recherche de sang dans les selles par un test Hemoccult chez les personnes de plus de 45 ans, et pour les femmes, un frottis ainsi qu'une mammographie pour celles qui étaient âgées de plus de 45 ans.

### *Recueil des données alimentaires*

Il était également demandé aux volontaires de transmettre par minitel tous les deux mois, un enregistrement alimentaire de 24 heures. Les jours choisis pour les enregistrements (soit 6 enregistrements par sujet et par an) ont été répartis sur la semaine (week-ends compris), ceci afin d'être le plus représentatif possible dans la mesure des apports alimentaires. Les volontaires saisissaient, selon le moment de la journée, toutes les prises alimentaires (y compris les collations) en indiquant tous les aliments consommés ainsi que les quantités correspondantes. Au moment du remplissage, des précisions étaient demandées sur les lieux de prise alimentaire (domicile, restaurant, cantine etc.), les modes de préparation, l'origine des aliments (surgelés, conserve etc.). Pour la saisie des aliments consommés, les volontaires devaient se référer à un manuel qui a été spécialement conçu pour l'étude SU.VI.MAX contenant des « codes » pour chaque aliment. En ce qui concerne les quantités consommées, le manuel contenait également des photos représentant plus de 250 aliments représentés en trois tailles. Les participants pouvaient aussi choisir parmi deux portions intermédiaires ou deux portions extrêmes pour un total de 7 tailles différentes de portions. Ce manuel photos a été validé lors d'un pré-test (156).

### *Table de composition*

Les apports en nutriments, vitamines, minéraux et alcool ont été estimés en utilisant une table de composition alimentaire. Cette table repose en grande partie sur la banque de données CIQUAL (centre d'informations sur la qualité des aliments)<sup>12</sup> qui fournit pour un nombre important d'aliments, la composition en nutriments. Lorsque les aliments listés dans l'étude SU.VI.MAX n'étaient pas présents ou présentés sous une forme différente dans la table du CIQUAL, la table de composition SU.VI.MAX a été complétée. Les teneurs des aliments en acides gras essentiels des familles n-6 et n-3, en fibres (totales, solubles et insolubles) et en sucres ajoutés ont été estimées à partir des valeurs issues des tables existantes et de publications originales (157). Cette table de composition permet de disposer de la composition nutritionnelle de 923 aliments classés en 38 familles d'aliments. Les données sont exprimées pour chaque nutriment pour 100 grammes d'aliment tel que consommé. L'énergie est calculée à partir de la composition en protéines, lipides, glucides, eau et alcool. Le poids des portions représentées dans le manuel photo SU.VI.MAX

---

<sup>12</sup> Le Ciqua est la structure qui gère et valorise la banque de données sur la composition nutritionnelle des aliments consommés ou produits en France, rassemblant des valeurs nutritionnelles de référence utilisables au plan national

correspond aux poids avant correction pour la portion comestible<sup>13</sup>. Par exemple, le poids des portions de fruits correspond aux fruits entiers (156). A cette table vient s'ajouter une table des « recettes SU.VI.MAX » développées par des diététiciennes. En effet, la composition nutritionnelle de 30% des aliments de la table a été obtenue par calcul, à partir de leur contenu en aliments simples ou ingrédients.

#### *Evénements de santé*

L'ensemble des événements de santé a été codé selon la classification internationale des maladies (CIM-10) proposée par l'OMS (158).

#### *Résultats principaux de l'essai SU.VI.MAX*

L'étude s'est achevée le 1<sup>er</sup> Septembre 2002 (date de point des événements). Les résultats de l'étude SU.VI.MAX ont été publiés en 2004 (159). Au cours des huit ans de suivi, 271 sujets ont développé une cardiopathie ischémique et 562 un cancer. De plus, 174 décès ont été enregistrés. Il n'y avait pas de différence entre les deux groupes (supplémentation/placebo) en ce qui concerne le risque de cardiopathies ischémiques (RR : 0,97 ; IC à 95% : 0,77-1,20). En revanche, il a été observé une réduction de 31% du risque de cancers (tous sites confondus) dans le groupe des hommes qui ont reçu les antioxydants par rapport au groupe placebo (RR : 0,69 ; IC à 95% : 0,53-0,91). Cet effet de la supplémentation n'a pas été retrouvé chez les femmes. Enfin, il a été observé une réduction de la mortalité de 37% chez les hommes qui ont reçu les antioxydants par rapport au groupe placebo (RR : 0,63 ; IC à 95% : 0,42-0,93). Comme précédemment, cet effet n'a pas été retrouvé chez les femmes.

L'absence d'effets chez les femmes ne semble pas pouvoir s'expliquer par la répartition différente des cancers qui les affectent. Elle semble plutôt résulter de leur meilleur état nutritionnel au début de l'étude en ce qui concerne les antioxydants. L'apport supplémentaire ne serait efficace chez les hommes que par le fait qu'ils n'ont pas un statut optimum et donc bénéficient spécifiquement de la correction obtenue par l'apport supplémentaire. Il est intéressant de noter que les hommes, après plus de 7 ans de prise d'une dose supplémentaire de vitamines et minéraux antioxydants avaient, en fin d'étude, des concentrations sanguines (notamment en  $\beta$ -carotène) proches de celles des femmes à l'inclusion (c'est-à-dire avant le début des apports supplémentaires). Il est donc possible que

---

<sup>13</sup> La portion comestible est également indiquée dans la table de composition.

chez les femmes dont le statut en  $\beta$ -carotène était meilleur, l'effet d'une consommation supplémentaire ne pouvait être détecté.

### *Groupe de travail*

La nature des travaux développés dans cette thèse a nécessité la mise en place d'un groupe de travail spécifique. Ce groupe de travail était composé de chercheurs en nutrition, d'épidémiologistes, de statisticiens et de diététiciennes. Les décisions prises dans les chapitres suivants ont été faites de manière collégiale sur la base des connaissances épidémiologiques et cliniques disponibles entre 2004 et 2007. Les articles correspondants à ces travaux ont été publiés entre 2007 et 2009.

**Travaux réalisés**  
**dans le cadre de la thèse**

## Différences socio-économiques liées à la consommation de fruits et de légumes : qui consomme au moins cinq fruits et légumes par jour ?

*Ce travail a été présenté sous la forme d'une communication affichée au 3<sup>ème</sup> Congrès de la Société Française de Nutrition en Décembre 2007 et a fait l'objet d'une publication en 2008 dans la revue Journal of the American Dietetic Association (160) (Annexe 4).*

### Introduction

L'augmentation de la consommation de F&L dans la population générale est devenue une priorité de santé publique au niveau mondial (4,22,161). Le message de santé publique repris par l'ensemble de ces pays est que la population doit consommer au moins 5 portions de F&L par jour (ce qui équivaut à au moins 400 grammes) (4).

Aux Etats-Unis, les objectifs concernant la consommation de F&L à l'horizon 2010 (Healthy People 2010) étaient les suivants : 75% de la population devraient manger au moins 2 portions quotidiennes de fruits alors que le nombre de personnes consommant au moins 3 portions de légumes était estimé à 50%.

En France, parmi les neuf objectifs prioritaires définis dans le cadre du PNNS, un objectif concerne la consommation de F&L. Cet objectif vise plus particulièrement une réduction de 25% du nombre des petits consommateurs de F&L (162) (un petit consommateur étant défini comme une personne consommant moins de 3,5 portions par jour). En parallèle à la mise en place du PNNS, une campagne nationale a été lancée dans les médias en octobre 2001 pour promouvoir la consommation d'au moins 5 F&L par jour.

L'identification des déterminants socio-économiques pouvant influencer sur la consommation de F&L est une première étape dans l'identification des populations à risque. En effet, selon un certain nombre d'études, la profession et catégorie socio-professionnelle (PCS) ainsi que le niveau d'études sont des facteurs influençant la consommation de F&L (48,66). Or contrairement aux Etats-Unis ou à certains pays européens (48,66,76), il existait en 2007 peu d'études françaises qui se soient intéressées à cette thématique.

L'objectif de ce travail était d'étudier les relations entre la consommation de F&L (exprimée sous la forme de quantité, variété ou en prix moyen) et les facteurs socio-économiques, démographiques et comportementaux auprès d'un échantillon d'adultes français d'âge mûr. Une de nos hypothèses de travail était que, en raison des contraintes budgétaires, les personnes ayant un faible niveau d'instruction et/ou issus des PCS les plus



basses avaient une consommation de F&L (exprimée en quantité ou variété) inférieure à celle recommandée dans le PNNS.

## Matériels et méthodes

### *Sélection de l'échantillon*

Les critères d'inclusion étaient les suivants :

- être âgé entre 45 et 60 ans
- disposer de l'ensemble des données sociodémographiques pour l'ensemble des sujets.

Les volontaires sélectionnés dans cette étude devaient également avoir transmis au moins 6 enregistrements alimentaires au cours des deux premières années de suivi de la cohorte SU.VI.MAX. En outre, pour tenir compte des variations saisonnières dans la consommation de F&L (163), l'échantillon d'étude a été restreint aux sujets ayant transmis au moins deux enregistrements alimentaires au cours des saisons « printemps-été » (mai-octobre) et « automne-hiver » (novembre-avril). L'utilisation d'au moins six enregistrements alimentaires transmis sur une période de deux ans permettait d'avoir des estimations alimentaires satisfaisantes et représentatives de l'alimentation habituelle (85).

### *Recueil des données sociodémographiques, de mode de vie et nutritionnelles à l'inclusion*

Les données sociodémographiques et de mode de vie ont été recueillies par auto-questionnaire au moment de l'inclusion dans l'étude. La nomenclature des PCS de l'Insee (164) a été utilisée pour classer les sujets en fonction de la PCS déclarée lors de l'inclusion. La PCS a ainsi été codée en 4 classes, à partir des 9 initialement présentes dans le questionnaire d'inclusion :

- cadres et chefs d'entreprise,
- professions intermédiaires et employés,
- agriculteurs, artisans, commerçants
- ouvriers.

Les sujets retraités ou sans emploi, au moment de l'inclusion, ont été reclassés en fonction du dernier emploi occupé.

Le niveau d'études a été codé en trois classes : niveau primaire, secondaire ou études supérieures.

La typologie du lieu de résidence a été déterminée à partir du code postal de la commune en utilisant la classification de l'Insee (165).

Le statut tabagique a été classé en trois classes : non fumeurs, anciens fumeurs, fumeurs actuels.

L'activité physique a été évaluée à l'inclusion à travers deux questions (réponse en oui/non) : « Pratiquez-vous une activité physique régulière (trajet, travail, loisirs ..) ? » et si oui, « l'estimez-vous équivalente à plus d'une heure de marche par jour ? » (166). Trois classes ont ainsi été définies (cf analyses statistiques)

La consommation d'alcool (exprimé en g/jour) a été évaluée à partir de l'auto-questionnaire soumis aux volontaires à l'inclusion. Les fréquences de consommation de vin, de bière et de cidre par jour, et d'apéritifs ou de digestifs par semaine, ont été converties en quantité d'alcool consommée quotidiennement à partir des équations établies par Lasfargues *et al* (167).

#### *Définition du groupe des F&L*

Dans le cadre de cette étude, en plus des F&L, habituellement définis comme tels, les 100% jus de fruits et/ou de légumes ainsi que les recettes contenant des F&L ont également été considérés dans ce groupe. Pour se conformer aux recommandations françaises, les fruits secs, séchés ou oléagineux, les pommes de terre, les légumineuses et les légumes secs n'ont pas été considérés comme des F&L (161).

#### *Définition d'une portion type de F&L*

Les données alimentaires contenues dans la base de données SU.VI.MAX étaient disponibles en grammes par jour. Les repères du PNNS étant exprimés en fréquence par jour (161), il était nécessaire de définir une portion type selon les groupes d'aliments considérés dans le PNNS. Aucune portion standard n'ayant été décrite dans les guides PNNS concernant les F&L, la valeur la plus utilisée dans la littérature a été reprise dans cette étude soit une portion type de F&L de 80 grammes (6,168).

#### *Définition des différentes familles de F&L*

La classification du Centre International de Recherche sur le Cancer (CIRC) (22) a été utilisée dans cette étude pour classer les F&L en familles. Cependant, quelques adaptations ont été nécessaires pour classer l'ensemble des F&L disponibles dans l'étude SU.VI.MAX (Tableau 5).

#### *Définition de la variété de la consommation en fruits ou en légumes*

La méthodologie employée pour définir la variété en fruits ou en légumes est semblable à celle publiée par Giskes *et al.* (61). La variété a été estimée en fonction du nombre de fruits

ou de légumes différents consommés au cours de la journée (enregistrement alimentaire de 24H). Il a été attribué un point à chaque aliment consommé. En ce qui concerne les recettes, un score de 2 était attribué si elles contenaient au moins 2 fruits ou légumes différents.

#### *Coût des rations alimentaires*

En complément de la table de composition, une table répertoriant 691 aliments avec, pour 100 g, la totalité des apports nutritionnels correspondant ainsi que leur prix (en Euros) était également disponible dans SU.VI.MAX. En effet, grâce aux données du panel SECODIP<sup>14</sup> de 1997, un prix moyen a pu être attribué aux aliments contenus dans la table de composition. Pour certains aliments composés, les prix dans le commerce n'étaient pas disponibles. Pour ces aliments, le prix a été calculé à partir des recettes (décomposition des aliments composés en aliments simples) en faisant la somme des prix de chaque composante de la recette (proportionnellement à la quantité de chaque composante).

#### Analyses statistiques

D'après la littérature, les habitudes alimentaires diffèrent selon le sexe; les analyses statistiques ont donc été menées séparément chez les hommes et les femmes. Les F&L consommés et les coûts correspondants ont été estimés par des moyennes sur la base des enregistrements alimentaires envoyés au cours des 24 premiers mois de l'étude.

Afin de déterminer les facteurs associés à une consommation d'au moins 5 F&L par jour, une régression logistique a été réalisée. Les modèles multivariés (ORa± IC à 95%) ont inclus les variables suivantes : âge, niveau d'études, PCS, statut marital, lieu de résidence (urbain/rural), statut tabagique, activité physique (irrégulière < 1h de marche par jour/ ≥1h), consommation d'alcool et apports énergétiques journaliers. Des analyses de covariance (ajustées selon les apports énergétiques journaliers) ont été réalisées afin de comparer, selon le sexe et le statut socio-économique (défini par le niveau d'études ou la PCS) :

- les scores de variété ;
- le coût journalier associé à la consommation de F&L
- la part des F&L dans le budget quotidien alloué à l'alimentation
- les fruits ou légumes les plus consommés
- les scores de variété

---

<sup>14</sup> Les enquêtes sur les achats alimentaires des ménages sont réalisées à l'aide de carnets d'achats pendant une semaine (Insee) ou sur toute l'année mais collectées une fois par semaine (Secodip) sur un panel de volontaires. Ces enquêtes ne prennent pas en compte la consommation hors du domicile, l'auto-consommation et la consommation des personnes vivant en institution

- les scores de variété ne suivant pas une distribution gaussienne, une transformation par racine carrée a été appliquée à ces variables (61). Le seuil de 5% a été choisi pour l'ensemble des analyses comme seuil de signification.

## Résultats

Les caractéristiques sociodémographiques des sujets inclus dans cette étude sont décrites dans le Tableau 6. En moyenne, les hommes étaient âgés de 52,1 ans ( $\pm 4,7$ ) et les femmes de 51,1 ( $\pm 4,6$ ) ( $P < 0,0001$ ). L'ensemble des caractéristiques (à l'exception du lieu de résidence) étaient significativement différentes selon le sexe.

### *Estimation de la consommation journalière en F&L*

L'apport énergétique quotidien moyen était estimé à 2 431 kcal ( $\pm 537$ ) pour les hommes et de 1 775 kcal ( $\pm 421$ ) pour les femmes ( $P < 0,0001$ ). Nos analyses (Tableau 6) montrent que plus de 50% de notre échantillon déclarait consommer au moins 5 F&L par jour ( $\geq 400$  gr). Malgré une consommation brute de F&L identique (selon la classification adoptée dans cette étude) et des scores de variété de fruits ou de légumes proches, les femmes consommaient au final plus de F&L que les hommes, une fois pris en compte dans les analyses l'apport énergétique quotidien (Tableau 6).

Selon la classification établie dans cette étude, les F&L les plus consommés (c'est-à-dire représentant au moins 10% de la consommation quotidienne en fruit ou en légumes), étaient :

- les fruits à pépins, les agrumes, les fruits exotiques, les fruits à noyau, les fruits rouges et baies et les jus de fruits
- les légumes-fruits, les légumes-racines, les salades, les haricots verts et les petits pois ainsi que les bulbes et légumes-tiges

### *Estimation de la consommation journalière en F&L provenant des plats composés*

L'apport quotidien moyen de légumes contenus dans les plats composés était estimé au alentour de 50 grammes, ce qui représentait 25% des apports totaux quotidiens en F&L. Concernant les fruits, la consommation de plats composés contribuait plus modestement, puisque cette part s'élevait à 20 grammes par jour (soit entre 9 et 10% de la consommation totale) alors que les jus de fruits apportaient, en moyenne, 40 grammes (soit 20%)

### *Atteinte du repère de consommation « au moins 5 fruits et légumes par jour »*

Les analyses univariées montrent que le pourcentage de sujets atteignant le repère de consommation augmentait significativement, pour l'ensemble de l'échantillon, avec l'âge, le

niveau d'étude, la pratique d'une activité physique régulière et chez les non-fumeurs (Tableau 7). Une consommation d'alcool inférieure à 20 grammes par jour était également liée à l'atteinte du repère uniquement chez les hommes. Les analyses multivariées confirment que la consommation d'au moins 5 F&L par jour augmentait significativement avec l'âge, le niveau d'étude et le fait d'être non fumeur et d'avoir une consommation faible de boissons alcoolisées (<20 g/j).

#### *Score de variété alimentaire*

Quelque soit le sexe, le score de variété concernant les légumes augmentait avec l'âge (Tableau 7). Aucune relation n'était observée concernant les fruits. Le score de variété concernant les légumes était associé, pour les hommes et les femmes, au niveau d'étude. Concernant les fruits, plus la PCS et le niveau d'étude augmentaient chez les hommes, plus le score augmentait. Dans l'ensemble de la population, une plus grande diversité de légumes était observée chez les personnes ayant un conjoint. La diversité de consommation de fruits ou de légumes était associée chez les hommes à un mode de vie sain incluant l'absence de tabagisme, la pratique d'une activité physique et une consommation faible de boissons alcoolisées alors que ce type de comportement ne semblait pas être associé à la consommation de F&L chez les femmes.

#### *Part des fruits et légumes dans le coût de la ration journalière*

Le montant quotidien moyen alloué à l'alimentation était estimé à 6,92€ ( $\pm 1,8$ ) pour les hommes et à 5,36€ ( $\pm 1,5$ ) pour les femmes (Tableau 8). Chez les femmes, plus la PCS ou le niveau d'étude était élevé, plus le budget quotidien alloué à l'alimentation augmentait, alors que chez les hommes, seul la PCS influençait le coût de la ration journalière. La part des F&L dans le coût de la ration journalière était estimée à 16% pour les hommes (1,09€) et à 20% chez les femmes (1,05€). Des différences significatives étaient observées selon le niveau d'étude (dû essentiellement à la part des fruits) chez les hommes et selon la PCS chez les femmes. En effet, les hommes déclarant occuper une fonction de niveau cadre ou de niveau intermédiaire accordaient une part plus importante au F&L dans le coût de la ration journalière que les ouvriers (Tableau 8). A l'inverse, les femmes déclarant être cadres supérieurs accordaient une part moindre aux F&L dans leur budget alimentaire quotidien que les femmes ouvrières.

### *Part des différentes catégories de F&L (selon la classification adoptée) dans le coût de la ration journalière*

Quel que soit le sexe, les personnes ayant un niveau d'études peu élevé accordaient une part importante de leur budget à l'achat de fruits exotiques (hors banane) et moindre aux jus de fruits (Tableau 9). A l'inverse, on observait au sein de la population (hommes et femmes) ayant un niveau d'études élevé, une augmentation de la consommation des jus de fruits (la PCS ne jouerait un rôle que chez les hommes). Pour les femmes, on constatait que plus le niveau d'études est élevé plus elles accordaient une part importante aux légumes-fruits et aux salades et diminuaient leur achat de fruits à pépin, légumes-racines, bulbes, haricots verts et petits pois. Aucune différence significative n'a été retrouvée pour les hommes concernant les différentes catégories de légumes consommés.

### Discussion

La consommation d'au moins 5 F&L par jour est liée, dans notre étude, au niveau d'études. Une consommation adéquate de F&L est le plus souvent observée chez les sujets les plus âgés, les non-fumeurs ainsi que chez les buveurs occasionnels d'alcool. Chez les femmes, cette observation se vérifie également chez les personnes pratiquant une activité physique régulière. Aucune relation n'a été retrouvée en ce qui concerne la PCS, une fois pris en compte les ajustements sur le niveau d'études et les caractéristiques socio-économiques. Concernant les scores de variété, chez les hommes, plus la PCS s'élève plus la consommation en fruit est variée ; de même plus le niveau d'études est élevé et plus les scores de variétés des fruits ou de légumes le sont également. Chez les femmes, seul le score concernant les légumes est associé au niveau d'études. Nous observons également que la part des F&L dans le budget quotidien alloué à l'alimentation, est différente selon les PCS.

### *Estimation de la consommation journalière en F&L provenant des plats composés*

La plupart des études ne tiennent pas compte des aliments composés et des jus de fruits, bien que ces aliments soient des sources importantes de consommation en F&L. Les résultats trouvés, dans cette étude, démontrent que les F&L entrant dans la composition d'un plat ainsi que les jus de fruits devraient être inclus dès lors que les auteurs souhaitent estimer correctement les consommations de F&L (169). Il est intéressant de noter que c'est essentiellement grâce à une consommation plus élevée en jus de fruits que les plus importants consommateurs de F&L sont les cadres et les professions intermédiaires. Ce résultat avait déjà été décrit chez des adultes britanniques (170).

*Statut socio-économique et atteinte du repère de consommation « au moins 5 fruits et légumes par jour »*

Plusieurs publications ont décrit la relation entre une consommation adéquate de F&L et le niveau d'études (48,76,77). Ces auteurs s'accordent sur le fait que plusieurs indicateurs socio-économiques doivent être pris en compte dans les études, ceci afin de pouvoir disposer d'une description plus fine de l'existence d'inégalités sociales dans les habitudes alimentaires (40,41,171). Les deux indicateurs les plus couramment utilisés dans la littérature sont la PCS et le niveau d'études. Dans notre étude, la PCS n'apparaît pas être un facteur influençant la consommation de F&L. Une des hypothèses pouvant expliquer ce résultat, serait que le niveau d'éducation reflète des aspects non appréhendés par la PCS (par exemple : connaissances culinaires, capacité d'interpréter des messages de santé publique, etc.) (40,41).

*Caractéristiques sociodémographiques et atteinte du repère de consommation « au moins 5 fruits et légumes par jour »*

Une association inverse entre la consommation de F&L et des habitudes de vie considérées comme non favorables à une bonne qualité de vie tel que le tabac (170,172,173) ; une consommation d'alcool (174,175) ; une activité physique insuffisante (174,176) sont décrits régulièrement dans la littérature. Nos résultats sont en accord avec les données de la littérature, bien que nous ne retrouvions pas chez les hommes, de relation entre la pratique d'une activité physique régulière et une plus forte adhésion à la recommandation F&L. D'après la littérature, le statut marital influencerait également la consommation de F&L. En effet, les personnes ayant un conjoint auraient une consommation en F&L plus élevée que les personnes vivant seules (66). Dans notre étude, l'influence du statut marital n'est retrouvée que chez les hommes mariés ( $p < 0,06$ ). Contrairement à Johansson *et al.* (177) qui concluaient à une plus basse consommation de F&L en zone rurale (*vs* urbaine) nous ne retrouvons pas de différence dans la consommation de F&L en fonction du lieu de résidence. Ce résultat se maintenait après ajustement sur l'âge, le sexe et l'éducation. L'accès aux magasins d'alimentation ainsi que la disponibilité des F&L dans ces magasins pourraient être un des facteurs environnementaux à ne pas négliger dans les analyses afin d'estimer la consommation des F&L comme le suggère le nombre croissant de publications à ce sujet (66,178,179). D'autres facteurs environnementaux (disponibilité perçue des produits, réseaux sociaux, insécurité) ont également été décrits dans des travaux récents (180,181).

### *Statut socio-économique et consommation variée en fruits ou en légumes*

Encourager la consommation de F&L, ainsi que leur variété, est important pour garantir des apports suffisants en certains nutriments (52). Concernant plus particulièrement les relations entre la variété de l'alimentation et les aspects socio-économiques, seule l'étude australienne de Giskes *et al.* (61) était publiée au moment de la publication de cette étude. Cette étude rapportait une variété de fruits ou de légumes moindre parmi les individus appartenant aux SSE les plus faibles. Nous retrouvons dans notre échantillon, un score de variété pour les fruits très proche de celui décrit dans la population australienne, alors que le score de variété pour les légumes est quant à lui inférieur d'un point (61). Deux possibilités sont envisageables pour expliquer ces différences. La première concerne le manque de précision, retrouvé dans la plupart des études, car elles n'utilisent qu'un questionnaire de fréquence alimentaire ou un rappel de 24 heures. Le fait d'inclure dans notre étude des sujets qui ont transmis au moins 6 enregistrements alimentaires au cours des deux premières années de suivi nous a permis une estimation de l'alimentation plus fiable et diminue par la même occasion la variation intra-individuelle (182). La deuxième possibilité repose sur les classifications utilisées (à noter qu'aucune comparaison n'a pu être faite étant donné que celle de Giskes n'a pas été publiée). Cependant, malgré des recueils alimentaires différents, nous retrouvons des relations comparables à celles décrites dans la population australienne. Nos résultats soutiennent l'hypothèse que les contraintes économiques peuvent être une des barrières à la consommation de F&L, surtout au sein des populations à faible SSE (43). Nous observons également que le prix influence le type de fruits ou de légumes consommés (44). En effet, les sujets ayant un niveau d'étude peu élevé ou les ouvriers achètent les F&L les moins chers tels que les fruits à pépin (pommes), les légumes-fruits (tomates), les haricots verts ou les petits pois.

### *Limites de l'étude*

Cette étude ayant été réalisée en France, les comparaisons avec d'autres études internationales doivent être faites avec précaution. Plus de la moitié des sujets sélectionnés dans cette analyse atteignent le repère de consommation concernant les F&L (au moins 5 par jour). Cette consommation est particulièrement élevée si on la compare aux chiffres qui sont habituellement décrits dans d'autres pays (183,184). Par exemple, aux Etats-Unis, en 1990, 32% des adultes ( $\geq 20$  ans) consommaient au moins 5 F&L par jour (185), ce chiffre était estimé à 40% en 1999-2000 (183). Le fait que notre échantillon ait été restreint aux classes d'âge 45-60 ans pourrait expliquer cette différence étant donné que les autres études inclus



des tranches d'âge plus jeunes qui sont connues pour avoir une consommation moindre en F&L (183,186).

Il est également important de rappeler que le recrutement de la cohorte SU.VI.MAX étant basé sur le volontariat (159) un intérêt plus important de ces volontaires concernant la santé et/ou l'alimentation n'est pas à exclure. Ces volontaires peuvent suivre une alimentation plus saine ou avoir un mode vie plus favorable qu'un sujet inclus par une autre source de recrutement. Comme cela a été décrit précédemment (48), une sur-déclaration dans la consommation d'aliments perçus comme « sains », des personnes ayant un niveau d'études élevé n'est pas à exclure.

### Conclusion

L'adhésion au message de santé publique “consommer au moins 5 fruits et légumes par jour” est uniquement influencée par le niveau d'études dans notre population. En résumé, au sein d'une population d'adultes d'âge mûr, des disparités socio-économiques ont été retrouvées concernant la consommation des F&L (exprimée en quantité ou en variété). Les SSE les plus élevées sont celles qui allouent le plus d'argent (exprimé en part des F&L dans le coût de la ration journalière) à l'achat des fruits ou des légumes. Ce résultat suggère qu'une baisse des prix pourrait augmenter le taux d'adhésion de la population (essentiellement parmi les PCS les moins élevés) aux recommandations nutritionnelles (187). Certains pays ont d'ailleurs mis en place des chèques permettant l'achat de fruits ou de légumes (188,189).

Afin de développer des actions de santé publique cohérentes pour augmenter la consommation de F&L auprès de la population, il est indispensable de connaître l'influence de l'ensemble des facteurs économiques, sociaux ou environnementaux. L'éducation nutritionnelle pourrait être un des moyens à mettre en œuvre pour améliorer l'adhésion des populations aux recommandations nutritionnelles.

Tableau 5 : Classification<sup>a</sup> utilisée pour les fruits et légumes (y compris les recettes)

<b>FRUITS</b>	
<b>Pommes, poires, fruits à pépin</b>	pomme ; nèfle ; poire
<b>Agrumes</b>	citron, clémentine, mandarine, orange, pamplemousse (jaune, rose)
<b>Raisins</b>	raisin (blanc, noir)
<b>Fruit rouges et baies</b>	cassis, fraise, framboise, groseille (à maquereau, en grappe), mûre, myrtille, cerise
<b>Fruits à noyau</b>	abricot, brugnion, nectarine, mirabelle, pêche, prune
<b>Melons</b>	melon, pastèque
<b>Bananes</b>	
<b>Fruits exotiques</b>	figue, fruit de la passion, grenade, kiwi, litchee, mangue, papaye, ananas, kaki
<b>Jus de fruits</b>	jus de pomme, jus d'orange, jus de pamplemousse, jus de citron, jus d'ananas, jus de raisin
<b>LEGUMES</b>	
<b>Salades</b>	laitue, frisée, cresson, mâche, pissenlit, chicorée, salade verte, endive
<b>Légumes feuille</b>	chou (rouge, blanc, vert), choux de bruxelles, épinard, bette, choucroute
<b>Légumes fruit</b>	asperge, courgette, potiron, concombre, avocat, aubergine, poivron (vert, jaune, rouge), tomate (crue, cuite, concentré, sauce), tomate cerise, ratatouille
<b>Légumes racine</b>	carotte (crue, cuite, râpée, purée), betterave, céleri-rave (cru, cuit), navet, radis (rose, noir), salsifis
<b>Haricot, petit pois</b>	haricot vert, petit pois, jardinière, macédoine
<b>Bulbes et légumes tige</b>	oignon, échalote, ail, poireau (cru, cuit), cœur de palmier, céleri-branche, fenouil, rhubarbe
<b>Légumes fleur</b>	artichaut, brocoli, chou-fleur, fond d'artichaut
<b>Champignons</b>	
<b>Germes de Soja</b>	
<b>Jus de légumes</b>	jus de tomate, jus de carotte, jus de légumes

<sup>a</sup> adaptée de la classification utilisée par le CIRC (22)

Tableau 6. Caractéristiques sociodémographiques et estimation des apports alimentaires de l'échantillon<sup>a</sup>

	<b>Hommes (N=2 373)</b>	<b>Femmes (N=1 909)</b>
<b><u>Caractéristiques sociodémographiques (en effectifs)</u></b>		
<b>Classes d'âge (en années) <sup>b</sup></b>		
45-49	866 (36,5)	860 (45,1)
50-54	727 (30,6)	560 (29,3)
+ 55	780 (61,5)	489 (38,5)
<b>Niveau d'études <sup>b</sup></b>		
Etudes supérieures	959 (40,4)	676 (35,4)
Secondaire	843 (35,5)	834 (43,7)
Primaire	571 (24,1)	399 (20,9)
<b>Profession et catégorie socio-professionnelle <sup>b,c</sup></b>		
Cadres et chefs d'entreprise	1007 (42,4)	355 (18,6)
Professions intermédiaires, employés	1074 (45,3)	1420 (74,4)
Agriculteurs, artisans, commerçants	127 (5,4)	87 (4,6)
Ouvriers	165 (7,0)	47 (2,5)
<b>Statut marital <sup>b</sup></b>		
Vivant seul	224 (9,4)	360 (18,9)
Vivant avec un partenaire	2149 (90,6)	1549 (81,7)
<b>Lieu de résidence<sup>d</sup></b>		
Urbain	1989 (83,8)	1620 (84,9)
Rural	384 (16,2)	289 (15,1)
<b>Statut tabagique <sup>b</sup></b>		
Non-fumeurs/Anciens fumeurs	2056 (86,7)	1696 (88,8)
Fumeurs	317 (13,4)	213 (11,2)
<b>Activité physique <sup>b,e</sup></b>		
Irrégulière	550 (23,2)	473 (24,8)
< 1 heure de marche par jour	586 (24,7)	671 (35,2)
≥ 1 heure de marche par jour	1237 (52,1)	765 (40,0)
<b><u>Estimation des apports alimentaires</u></b>		
<b>Consommation d'alcool (g/jour) <sup>b,f</sup></b>		
< 20 g/jour	821 (34,6)	1763 (92,4)
≥ 20 g/jour	1552 (65,4)	146 (7,6)
<b>≥ 5 portions de fruits et légumes par jour (%)</b>	<b>54%</b>	<b>53%</b>

<sup>a</sup> Sujets participants à la cohorte SU.VI.MAX (Supplémentation en Vitamines et Minéraux Antioxydants)

<sup>b</sup> Différences selon le sexe. Le seuil de signification a été défini à p < 0,05

<sup>c</sup> La nomenclature de l'INSEE a été utilisée pour classer les sujets

<sup>d</sup> La typologie du lieu de résidence a été réalisée selon la classification INSEE.

<sup>e</sup> Estimation de l'activité physique faite selon les déclarations du sujet lors de l'auto-questionnaire d'inclusion de l'étude.

<sup>f</sup> Estimation de la consommation d'alcool faite à partir de l'auto-questionnaire d'inclusion de l'étude



Tableau 7. Consommation de F&L selon le sexe et les caractéristiques socio-économiques et démographiques<sup>a</sup>

	Hommes (N=2373)		Score de variété <sup>b</sup>		Femmes (N=1909)		Score de variété <sup>b</sup>	
	Fruits et légumes ≥ 5 portions par jour		fruits	légumes	Fruits et légumes ≥ 5 portions par jour		fruits	légumes
	%	OR [IC à 95%] <sup>c</sup>			%	OR [IC à 95%] <sup>c</sup>		
<b>Classes d'âge (en années)</b>								
45-50	49,2	1 (Référence)	2,13	1,88	48,8	1,00 (Référence)	2,43	1,99
50-55	53,7	1,26 (1,02-1,56)	2,10	1,93	52,7	1,19 (0,95-1,50)	2,43	2,1
55+	60,5	1,75 (1,41-2,16)	2,16	2,02	60,7	1,75 (1,37-2,23)	2,43	2,13
<i>P-value for trend</i>	<i>&lt;0,0001</i>	<i>&lt;0,0001</i>	<i>0,77</i>	<i>&lt;0,0001</i>	<i>0,0001</i>	<i>&lt;0,0001</i>	<i>0,94</i>	<i>0,001</i>
<b>Niveau d'études</b>								
Etudes supérieures	58,1	1,00 (Référence)	2,28	2,02	56,7	1,00 (Référence)	2,34	2,1
Secondaire	52,6	0,74 (0,59-0,92)	2,13	1,88	53,2	0,88 (0,69-1,11)	2,53	2,07
Primaire	50,4	0,70 (0,54-0,92)	1,96	1,88	46,4	0,65 (0,48-0,88)	2,37	1,96
<i>P-value for trend</i>	<i>0,007</i>	<i>0,0008</i>	<i>0,0002</i>	<i>0,002</i>	<i>0,005</i>	<i>0,009</i>	<i>0,78</i>	<i>0,002</i>
<b>PCS<sup>d</sup></b>								
Cadres et chefs d'entreprise	55,6	1,00 (Référence)	2,16	1,93	54,9	1,00 (Référence)	2,43	2,1
Professions intermédiaires, employés	55	1,13 (0,91-1,40)	2,19	1,96	52,2	0,96 (0,73-1,27)	2,43	2,07
Agriculteurs, artisans, commerçants	46,5	0,77 (0,51-1,18)	1,74	1,82	58,6	1,34 (0,78-2,30)	2,43	1,99
Ouvriers	47,3	0,86 (0,58-1,28)	1,96	1,88	53,2	1,36 (0,68-2,72)	2,19	1,99
<i>P-value for trend</i>	<i>0,06</i>	<i>0,60</i>	<i>0,005</i>	<i>0,19</i>	<i>0,57</i>	<i>0,66</i>	<i>0,71</i>	<i>0,63</i>
<b>Statut marital</b>								
Vivant avec un partenaire	53,8	1,00 (Référence)	2,13	1,96	53,7	1,00 (Référence)	2,5	2,1
Vivant seul	59,4	1,31 (0,97-1,77)	2,16	1,82	50,0	0,94 (0,73-1,20)	2,16	1,93
<i>P-value</i>	<i>0,11</i>	<i>0,07</i>	<i>0,78</i>	<i>0,02</i>	<i>0,20</i>	<i>0,61</i>	<i>0,0003</i>	<i>0,0009</i>

<sup>a</sup> Sujets participants à la cohorte SU.VI.MAX (Supplémentation en Vitamines et Minéraux Antioxydants). Consommation alimentaire évaluée à partir des enregistrements alimentaires envoyés entre 1995 et 1997

<sup>b</sup> La variété est mesurée par le nombre de fruits ou de légumes différents consommés au cours d'un repas. Il a été attribué un point à chaque aliment consommé. En ce qui concerne les recettes, un score de 2 leur a été attribué si elles contenaient au moins 2 fruits ou légumes différents

<sup>c</sup> Odds-Ratio (OR) et IC à 95%. Les variables incluses dans le modèle multivarié sont les suivantes: âge, niveau d'études, PCS, statut marital, lieu de résidence, statut tabagique, activité physique quotidienne, consommation d'alcool, apports énergétiques journaliers

<sup>d</sup> La nomenclature de l'INSEE a été utilisée pour classer les sujets

Tableau 7 (suite). Consommation de F&L selon le sexe et les caractéristiques socio-économiques et démographiques<sup>a</sup>

	Hommes (N=2373)				Femmes (N=1909)			
	Fruits et légumes ≥5 portions par jour		Score de variété <sup>b</sup>		Fruits et légumes ≥5 portions par jour		Score de variété <sup>b</sup>	
	%	OR [IC à 95%] <sup>c</sup>	fruits	légumes	%	OR [IC à 95%] <sup>c</sup>	fruits	légumes
<b>Lieu de résidence<sup>e</sup></b>								
Urbain	50,3	1,00 (Référence)	2,16	1,93	51,6	1,00 (Référence)	2,37	2,07
Rural	55,1	1,19 (0,94-1,52)	2,13	1,93	53,3	1,17 (0,89-1,55)	2,43	2,07
<i>P-value</i>	0,08	0,12	0,62	0,66	0,59	0,36	0,53	0,98
<b>Statut tabagique</b>								
Non-fumeurs/Anciens fumeurs	57,0	1,00 (Référence)	2,19	1,96	55,4	1,00 (Référence)	2,46	2,07
Fumeurs	36,6	0,44 (0,34-0,57)	1,74	1,74	33,8	0,46 (0,33-0,63)	2,10	1,99
<i>P-value</i>	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,001	0,09
<b>Activité physique<sup>f</sup></b>								
Irregularière	49,8	1,00 (Référence)	2,02	1,93	45,2	1,00 (Référence)	2,34	2,02
< 1 heure de marche par jour	53,6	1,10 (0,86-1,41)	2,16	1,93	55,4	1,33 (1,04-1,71)	2,46	2,07
≥ 1 heure de marche par jour	56,6	1,13 (0,91-1,41)	2,19	1,93	55,7	1,44 (1,13-1,85)	2,46	2,07
<i>P-value for trend</i>	0,03	0,28	0,03	0,77	0,0005	0,004	0,17	0,16
<b>Consommation d'alcool<sup>g</sup></b>								
< 20 g/jour	57,5	1,00 (Référence)	2,31	1,96	53,4	1,00 (Référence)	2,43	2,07
≥ 20 g/jour	52,6	0,67 (0,56-0,81)	2,04	1,93	48,0	0,66 (0,45-0,95)	2,25	1,99
<i>P-value</i>	0,02	<0,0001	0,0002	0,65	0,20	0,03	0,15	0,18

<sup>b</sup> La variété est mesurée par le nombre de fruits ou de légumes différents consommés au cours d'un repas. Il a été attribué un point à chaque aliment consommé. En ce qui concerne les recettes, un score de 2 leur a été attribué si elles contenaient au moins 2 fruits ou légumes différents

<sup>c</sup> Odds-Ratio (OR) et IC à 95%. Les variables incluses dans le modèle multivarié sont les suivantes: âge, niveau d'études, PCS, statut marital, lieu de résidence, statut tabagique, activité physique quotidienne, consommation d'alcool, apports énergétiques journaliers

<sup>e</sup> La typologie du lieu de résidence a été réalisée selon la classification INSEE.

<sup>f</sup> Estimation de l'activité physique faite selon les déclarations du sujet lors de l'auto-questionnaire d'inclusion de l'étude.

<sup>g</sup> Estimation de la consommation d'alcool faite à partir de l'auto-questionnaire d'inclusion de l'étude

Tableau 8. Part des F&L dans le coût de la ration journalière selon le sexe et les caractéristiques socio-économiques et démographiques<sup>a</sup>

	Budget quotidien moyen accordé à l'alimentation	Budget quotidien moyen accordé à l'achat des fruits		Budget quotidien moyen accordé à l'achat des légumes		Budget quotidien moyen accordé à l'achat des F&L	
	€/jour <sup>b</sup>	€/jour	%	€/jour	%	€/jour	%
<b>HOMMES (N=2373)</b>	6,92	0,55	8,2	0,54	8,0	1,09	16,0
<b>Niveau d'études<sup>c</sup></b>							
Etudes supérieures	6,9	0,59	8,8	0,55	8,2	1,14	16,9
Secondaire	6,97	0,54	7,9	0,53	7,8	1,07	15,7
Primaire	6,84	0,51	7,6	0,53	7,9	1,04	15,5
<i>P-value for trend</i>	0,4	<0,0001	<0,0001	0,21	0,2	<0,0001	<0,0001
<b>PCS<sup>d,e</sup></b>							
Cadres et chefs d'entreprise	7,09	0,57	8,2	0,54	7,9	1,1	16,0
Professions intermédiaires, employés	6,8	0,56	8,4	0,53	8,0	1,09	16,4
Agriculteurs, artisans, commerçants	6,66	0,49	7,5	0,53	8,1	1,01	15,6
Ouvriers	6,87	0,5	7,5	0,54	8,3	1,04	15,8
<i>P-value for trend</i>	0,0001	0,006	0,02	0,88	0,48	0,06	0,21
<b>FEMMES (N=1909)</b>	5,36	0,54	10,2	0,5	9,7	1,05	19,9
<b>Niveau d'études<sup>c</sup></b>							
Etudes supérieures	5,48	0,56	10,5	0,51	9,6	1,07	20,0
Secondaire	5,35	0,55	10,4	0,51	9,7	1,05	20,2
Primaire	5,19	0,5	9,7	0,49	9,7	0,99	19,4
<i>P-value for trend</i>	0,0002	0,0001	0,02	0,07	0,72	0,0001	0,13
<b>PCS<sup>d,e</sup></b>							
Cadres et chefs d'entreprise	5,56	0,51	9,6	0,5	9,3	1,01	18,9
Professions intermédiaires, employés	5,31	0,54	10,4	0,5	9,7	1,05	20,1
Agriculteurs, artisans, commerçants	5,52	0,57	10,6	0,56	10,4	1,14	21,0
Ouvriers	5,14	0,55	10,6	0,51	10,0	1,06	20,6
<i>P-value for trend</i>	0,003	0,14	0,05	0,04	0,08	0,03	0,008

<sup>a</sup> Sujets participants à la cohorte SU,VI,MAX (Supplémentation en Vitamines et Minéraux Antioxydants), Consommation alimentaire évaluée à partir des enregistrements alimentaires envoyés entre 1995 et 1997

<sup>b</sup> Boissons incluses, Coût estimé selon les prix moyens constatés dans la base SECODIP en 1997, Valeur au 02/01/2008 : 1 €=1,49 US \$,

<sup>c</sup> Ajusté sur l'âge, apports énergétiques totaux et PCS

<sup>d</sup> La nomenclature de l'INSEE a été utilisée pour classer les sujets

<sup>e</sup> Ajusté sur l'âge, apports énergétiques totaux et niveau d'études

Tableau 9. Part des groupes de fruits ou de légumes les plus consommés (au moins 10%) sur la consommation totale en F&L<sup>a,b</sup>

	% sur la consommation totale de fruits						% sur la consommation totale de légumes				
	Fruits à pépin	Jus de fruit	Agrumes	Fruits exotiques <sup>c</sup>	Fruits à noyau	Fruits rouges et baies	Légumes-fruits	Légumes racines	Salades	Haricots verts et petits pois	Bulbes et légumes tiges
<b>HOMMES (N=2373)</b>	33,8	15,3	11,3	9,3	9,1	8,5	27,5	19,3	14,3	13,7	9,6
<b>Niveau d'études<sup>d</sup></b>											
Etudes supérieures	33,2	16,4	11,3	8,7	9,0	8,5	28,7	19,3	14,2	12,8	9,3
Secondaire	33,7	15,3	10,9	9,4	9,3	8,6	26,8	19,8	13,8	14,0	9,8
Primaire	35,0	14,2	10,3	10,1	9,0	8,4	27,7	19,7	14,5	13,7	9,8
<i>P-value for trend</i>	<i>0,14</i>	<i>0,06</i>	<i>0,14</i>	<i>0,04</i>	<i>0,94</i>	<i>0,91</i>	<i>0,47</i>	<i>0,52</i>	<i>0,61</i>	<i>0,13</i>	<i>0,18</i>
<b>PCS<sup>e,f</sup></b>											
Cadres et chefs d'entreprise	32,6	16,3	11,0	9,4	9,1	8,7	28,8	19,1	14,4	12,8	9,4
Professions intermédiaires, employés	34,3	15,7	10,7	9,1	9,2	8,4	26,8	19,6	14,2	13,8	9,8
Agriculteurs, artisans, commerçants	37,0	9,9	12,3	10,2	8,7	9,0	25,6	20,7	14,7	12,9	10,0
Ouvriers	35,1	12,9	10,7	8,7	9,3	7,9	28,3	21,3	12,1	14,7	9,3
<i>P-value for trend</i>	<i>0,13</i>	<i>0,006</i>	<i>0,6</i>	<i>0,72</i>	<i>0,96</i>	<i>0,77</i>	<i>0,07</i>	<i>0,13</i>	<i>0,07</i>	<i>0,14</i>	<i>0,47</i>
<b>FEMMES (N=1909)</b>	31,2	15,2	12,2	9,1	9,9	9,6	27,3	19,6	14,1	12,8	9,5
<b>Niveau d'études<sup>d</sup></b>											
Etudes supérieures	29,7	16,1	12,2	8,8	10,2	10,3	28,9	18,2	14,8	11,9	9,0
Secondaire	31,8	14,7	13,1	8,6	9,9	9,2	26,6	19,6	14,3	13,3	9,6
Primaire	32,5	13,6	12,7	10,7	9,5	8,9	24,7	20,8	13,5	14,6	10,0
<i>P-value for trend</i>	<i>0,02</i>	<i>0,04</i>	<i>0,47</i>	<i>0,007</i>	<i>0,35</i>	<i>0,05</i>	<i>&lt;0,0001</i>	<i>0,0001</i>	<i>0,03</i>	<i>&lt;0,0001</i>	<i>0,01</i>
<b>PCS<sup>e,f</sup></b>											
Cadres et chefs d'entreprise	31,2	13,9	12,8	10,2	8,7	9,9	28,2	18,3	15,8	12,1	9,3
Professions intermédiaires, employés	30,9	15,5	12,6	9,1	10,1	9,5	26,9	19,6	14,1	13,2	9,5
Agriculteurs, artisans, commerçants	33,3	13,3	12,7	7,5	12	9,2	24,5	19,8	13,0	13,9	10,8
Ouvriers	36,2	11,9	14,5	6,9	10,1	9,2	26,4	19,5	12,7	15,9	8,8
<i>P-value for trend</i>	<i>0,18</i>	<i>0,24</i>	<i>0,68</i>	<i>0,08</i>	<i>0,05</i>	<i>0,9</i>	<i>0,15</i>	<i>0,24</i>	<i>0,01</i>	<i>0,09</i>	<i>0,16</i>

<sup>a</sup> Sujets participants à la cohorte SU,VI,MAX (Supplémentation en Vitamines et Minéraux Antioxydants), Consommation alimentaire évaluée à partir des enregistrements alimentaires envoyés entre 1995 et 1997

<sup>b</sup> Coût estimé selon les prix moyens constatés dans la base SECODIP en 1997, Valeur au 02/01/2008 : 1 €=1,49 U.S \$.

<sup>c</sup> Banane exclus

<sup>d</sup> ajusté sur l'âge, apports énergétiques totaux et PCS

<sup>e</sup> ajusté sur l'âge, apports énergétiques totaux et niveau d'études

<sup>f</sup> La nomenclature de l'INSEE a été utilisée pour classer les sujets



L'adhésion de la population aux repères du PNNS est associée à un meilleur statut nutritionnel (alimentation, état nutritionnel, activité physique)

*Ce travail a été présenté sous la forme d'une communication affichée au 1<sup>er</sup> World Congress of Public Health Nutrition en septembre 2006 (définition du score) et au 10<sup>ème</sup> European Nutrition Conference en juillet 2007 (association avec le statut nutritionnel). Il a fait l'objet d'une publication en 2009 dans la revue Journal of the American Dietetic Association (190) (Annexe 5).*

### Introduction

Le suivi d'habitudes alimentaires adéquates, la pratique d'une activité physique suffisante et le maintien d'une corpulence normale sont nécessaires pour maintenir un bon état de santé. Ces habitudes de vie permettent également de réduire l'incidence des maladies chroniques (6). Depuis quelques années, plusieurs pays ont mis en place des politiques nutritionnelles afin de prévenir les maladies chroniques (191,192). En France, neuf objectifs nutritionnels prioritaires ont été définis dans le PNNS pour l'ensemble de la population (161). Afin d'être accessible au grand public, des repères ont été diffusés pour quelques groupes d'aliments ainsi que pour l'activité physique afin de mettre en valeur leur accessibilité quotidienne.

Au cours de la dernière décennie, les études épidémiologiques retrouvant une association entre la nutrition et les maladies chroniques se sont principalement focalisées, pour la plus grande majorité d'entre elles, sur un seul aliment voire nutriment. Un intérêt croissant a été porté ces dernières années à l'alimentation dans son ensemble grâce au développement des scores alimentaires. Deux revues de la littérature étaient disponibles au moment de la publication de cet article (91,92). Ces revues recensaient une vingtaine de scores alimentaires (certains étant des adaptations de scores existants). La plupart de ces scores sont fondés sur des groupes d'aliments (certains y incluent des nutriments) (94,95,97). En 2009, une seule étude prenant en compte à la fois l'évaluation de la consommation alimentaire et l'activité physique a été retrouvée dans la littérature ceci malgré son rôle protecteur reconnu dans la prévention des maladies chroniques (127).

L'objectif de cette étude était d'analyser dans une cohorte d'adultes d'âge mûr les associations existantes entre le comportement alimentaire, évalué par un score d'adéquation

aux repères alimentaires du PNNS, les caractéristiques sociodémographiques et le statut nutritionnel.

## Matériel et Méthodes

### *Définition du score PNNS-GS (PNNS guideline score)*

Le PNNS-GS est fondé sur les recommandations quantitatives et qualitatives, publiées dans les guides PNNS (Tableau 10) (161). Parmi les neuf repères, différents types de conseils (encouragement, modération etc.) ont été formulés. Trois repères alimentaires indiquent une limite minimum et maximum concernant la fréquence de consommation quotidienne (« pain, céréales, pommes de terre et légumes secs » ; « lait et produits laitiers »; « viandes, volailles, produits de la pêche et œufs »). Pour les repères concernant les F&L et l'activité physique seul un minimum est proposé. Pour les repères restants, le conseil donné est de limiter la consommation de matières grasses, de produits sucrés et de sel et de consommer de l'eau « à volonté » (161) (Tableau 10). Des conseils spécifiques sont préconisés pour certains groupes d'aliments. Les aliments céréaliers complets ou le pain bis, les matières grasses végétales ainsi que la consommation de poisson (au moins 2 fois par semaine) sont à favoriser. Les boissons sucrées et alcoolisées sont quant à elles à limiter (161).

### *Définition des groupes alimentaires*

Ce travail s'est également basé sur les guides alimentaires du PNNS diffusés auprès du grand public. Afin de ne pas sous-estimer les quantités consommées, les plats composés ont été inclus. Ces derniers participaient à hauteur de la contribution de l'ingrédient dans la recette. Par exemple, pour le groupe F&L, tous les F&L (à l'exception des fruits secs, séchés ou oléagineux, les pommes de terre et les légumes secs), les 100% pur jus de fruits ou de légumes et les plats composés contenant au moins un fruit et/ou un légume ont été inclus dans ce groupe (161). Etant donné qu'aucune indication n'était disponible dans le PNNS, toutes les viandes (hors charcuteries) ainsi que tous les produits laitiers ont été inclus dans les composantes du score correspondantes sans tenir compte de leur teneur en matières grasses.

### *Seuils et notation définis dans le PNNS-GS*

Les différentes composantes du score, les seuils ainsi que les points attribués ont été définis d'après les recommandations nutritionnelles (elles mêmes définies par rapport aux connaissances épidémiologiques et cliniques) (Tableau 10). Le principe retenu pour l'attribution des points est le suivant :

- Un point (note maximum) est attribué aux personnes atteignant le repère défini dans le PNNS,
- Un demi-point (note intermédiaire) a été attribué aux sujets qui n'atteignent pas le repère attendu mais qui en sont très proches (à l'exception des composantes concernant la consommation hebdomadaire de poisson, de matières grasses ajoutées, de produits sucrés et de sel) ;
- Aucun point (note minimum) n'est attribué aux autres situations.

En complément, les apports nutritionnels conseillés (ANC) (15) ou les objectifs de santé publique du PNNS (161) ont été utilisés comme références pour les repères de consommation pour lesquels un seuil n'a pas été défini dans les guides PNNS (« sel »; « matières grasses ajoutées »; « sucres simples »; « alcool »). Les apports énergétiques journaliers ont été définis sans alcool en accord avec les ANC (15).

#### *Bonification et pénalisation*

Afin de tenir compte de l'effet protecteur d'une consommation relativement élevée en F&L ainsi que d'une pratique suffisante d'une activité physique (4) sur la morbidité, des points supplémentaires ont été attribués aux personnes dépassant ces recommandations. A l'inverse, une consommation importante de produits sucrés ou de sel a été pénalisée.

Au final, en tenant compte des neuf repères de consommation et des conseils spécifiques, treize composantes définissent le PNNS-GS. Parmi ces 13 composantes, 8 mesurent l'adhésion aux repères de consommation (« F&L »; « pain, céréales, pommes de terre et légumes secs »<sup>15</sup>; « lait et produits laitiers »; « viandes, volailles, produits de la pêche et œufs »<sup>16</sup>, « Eau et boissons sucrées », « alcool »). Quatre composantes indiquent les groupes d'aliments à consommer avec modération (« matières grasses ajoutées »; « utilisation matières grasses végétales vs matières grasses d'origine animale »; « sucres simples », « sel »). La dernière composante estime l'adhésion au repère concernant l'activité physique quotidienne (Tableau 10).

#### *Déduction de points selon les apports énergétiques*

La conception de ce score inclut également une pénalisation pour les sujets déclarant des apports énergétiques plus élevés que ceux qui lui sont nécessaires. En effet, en théorie,

---

<sup>15</sup> y compris la consommation des aliments céréaliers complet ou pain bis

<sup>16</sup> y compris la consommation hebdomadaire de poisson

l'apport énergétique doit être égal à la dépense énergétique. Les besoins énergétiques ont été estimés pour chaque sujet *via* leur métabolisme de base (basal metabolic rate, BMR). Le BMR a été estimé grâce aux équations de Schofield définies selon le sexe, l'âge, le poids et la taille (193). Un classement des sujets selon leur niveau d'activité physique déclarée (sédentaire, modérée, intense) a été réalisé. A chacun de ces groupes, a été attribué un coefficient d'activité physique (physical activity level, PAL) (194). Les apports énergétiques attendus ont été calculés pour chaque sujet (BMR x PAL) et comparés aux apports énergétiques reportés dans les enregistrements alimentaires transmis au cours du suivi de l'étude SU.VI.MAX. Les sujets pour lesquels le rapport entre les apports énergétiques reportés et ceux attendus était supérieur à 5% ont vu leur score diminué proportionnellement.

Le score maximum (sans application de la déduction de points selon les apports énergétiques) est de 15 points (plus le score est élevé plus le sujet respecte les repères de consommation).

### Application du PNNS-GS

#### *Population*

L'étude SU.VI.MAX permet d'appliquer le PNNS-GS de façon rétrospective et d'estimer les facteurs associés au respect des recommandations nutritionnelles au sein d'une population d'adultes âgés entre 35 et 60 ans ayant répondu à au moins 3 enregistrements alimentaires au cours des deux premières années de suivi de l'étude et ayant une information disponible pour tous les facteurs associés.

#### *Données collectées dans l'étude SU.VI.MAX*

Les données sociodémographiques (niveau d'études, PCS), de mode de vie (statut tabagique, activité physique) et nutritionnelles (alcool, consommation hebdomadaire de poisson) ont été recueillies par auto-questionnaire au moment de l'inclusion dans l'étude (cf article précédent). Les mesures anthropométriques (poids, taille etc.) ont été réalisées lors du premier examen clinique SU.VI.MAX. Le poids était mesuré alors que le sujet était en sous-vêtements et sans chaussures sur des balances électroniques. La taille était mesurée avec une toise murale (avec une précision de 0,5 cm).

Les données biologiques proviennent du bilan sanguin effectué lors de l'inclusion des sujets (153). Certaines variables disponibles dans l'étude SU.VI.MAX ont dû être adaptées pour

correspondre aux composantes du PNNS-GS (portions types, alcool, sodium et activité physique).

#### *Définition des portions types*

Les données alimentaires contenues dans la base de données SU.VI.MAX étaient disponibles en grammes par jour. Les repères du PNNS étant exprimés en fréquence par jour, il était nécessaire de définir une portion moyenne standard selon les groupes d'aliments considérés dans le PNNS. La plupart des portions utilisées dans cette étude ont été reprises des différents guides PNNS existants (161). Une portion standard a été appliquée pour chaque groupe d'aliment, à l'exception des produits laitiers et des féculents pour lesquels les portions varient selon les aliments considérés. Par exemple, la portion définie pour les fromages est de 30 grammes alors que celle d'un yaourt est estimée à 125 grammes. Dans le cas où aucune portion standard n'ait été décrite dans les guides PNNS, la valeur la plus décrite dans la littérature a été utilisée. Comme pour l'article précédent, une portion type de F&L a été estimée à 80 grammes (6).

#### *Définition d'un consommateur irrégulier d'alcool*

D'après l'auto-questionnaire alimentaire rempli lors de l'inclusion (167), le groupe de travail a choisi de classer comme consommateur irrégulier, toute personne déclarant consommer moins d'une fois par semaine de l'alcool.

#### *Définition des apports alimentaires en sodium*

Dans l'étude SU.VI.MAX, les apports alimentaires en sodium ne prenaient pas en compte le sel ajouté à table ou au cours de la cuisson. Afin de ne pas sous-estimer ces quantités, tous les enregistrements alimentaires ont été augmentés de 20%. En effet, étant donné qu'il a été estimé que 80% du sel consommé provient des produits achetés et non des ajouts pouvant être effectués au cours des repas (195) cette augmentation permettait de prendre en compte la salière domestique.

La consommation de nutriments, de vitamines, de minéraux et d'alcool a été estimée grâce à la table de composition nutritionnelle des aliments utilisée dans le cadre de l'étude SU.VI.MAX (157).

#### *Définition de l'activité physique quotidienne*

Pour rappel, en complément des données d'activité physique disponible au moment de l'inclusion, un questionnaire spécifique à l'activité physique (MAQ) a été envoyé à tous les

volontaires en 1998. Pour les volontaires n'ayant pas répondu au MAQ envoyé en 1998 mais dont une information était disponible dans le questionnaire d'inclusion (1994), le groupe de travail a fait le choix d'utiliser les données disponibles en 1994 pour estimer l'activité physique quotidienne bien que le codage ne soit pas identique. En effet, le MAQ permet de disposer de MET (150-152) alors que le questionnaire à l'inclusion permettait trois types de réponse : irrégulier, <1h/jour, ≥1h/jour (166).

Les sujets ont été classés de la manière suivante :

- ceux déclarant une activité irrégulière ont été codés comme ayant une activité physique inférieure à 30 minutes par jour
- ceux qui déclaraient plus d'une heure étaient classés dans la catégorie correspondante de la composante du score.
- ceux déclarant moins d'une heure par jour le groupe de travail a décidé d'appliquer une imputation (cf analyses statistiques)

### Analyses statistiques

Pour rappel, le nombre d'enregistrements alimentaires nécessaire pour cette étude (au moins 3) était un compromis entre le nombre de rappels minimum requis pour décrire l'alimentation à un niveau populationnel (196) et la puissance statistique nécessaire aux analyses menées dans cette étude. Les analyses ont été réalisées de façon séparée selon le sexe. Les aliments et les nutriments consommés ont été estimés par des moyennes des enregistrements alimentaires envoyés au cours des 24 premiers mois de l'étude.

Concernant le classement des volontaires ayant estimé leur activité physique à moins d'une heure par jour lors de leur inclusion dans l'étude, une régression ajustée sur l'âge et le niveau d'étude a permis d'identifier les sujets marchant entre 30 et 60 minutes et de les classer dans la composante du score correspondante.

Des régressions logistiques tenant compte des variables sociodémographiques ont permis d'estimer les odds-ratios (4<sup>ème</sup> quartile vs les autres). Les associations entre les nutriments, les marqueurs biologiques et le PNNS-GS ont été évaluées par des modèles linéaires. Certains marqueurs biologiques (triglycérides, glucose, ferritine sérique, sélénium sérique, zinc sérique, beta-carotène et vitamine C) ne vérifiaient pas les hypothèses d'une distribution gaussienne, une transformation logarithmique a été appliquée à ces variables. Les analyses ont été réalisées avec le logiciel SAS (SAS Institute, version 8.2).

## Résultats

Initialement, 7 322 sujets avaient envoyé au cours des deux premières années de suivi au moins 3 enregistrements alimentaires. Parmi ces sujets, ont été exclues les 1 296 personnes pour qui la taille et le poids n'ont pas été mesurés au cours de l'examen clinique (1<sup>ère</sup> année de suivi), ainsi que les 526 sujets pour lesquels les données sociodémographiques et de mode de vie n'étaient pas complètes. L'échantillon final était composé de 5 500 sujets (2 380 hommes et 3 120 femmes). Le PNNS-GS suivait une distribution de loi normale. Les hommes étaient âgés en moyenne ( $\pm$ écart-type) de 52,1 ans ( $\pm$ 4,6) et obtenaient un score moyen de 7,54 ( $\pm$ 1,91) (étendue: 0,52-13,0). Les femmes étaient âgées en moyenne de 46,9 ans ( $\pm$ 6,5) et obtenaient en moyenne un PNNS-GS de  $7,87 \pm 1,86$  (étendue: 0,81-13,5). Comme attendu, les repères de consommation étaient plus souvent atteints par les sujets obtenant des scores élevés (Tableau 11). Des variations importantes, selon les quartiles du PNNS-GS, étaient constatées pour le pourcentage de sujets atteignant les repères « aliments céréaliers », « viandes, volailles, produits de la pêche et œufs », « poisson », « alcool », « sel » et « activité physique » (Tableau 11). Parmi les 13 composantes du score, certains repères semblaient plus difficiles que d'autres à atteindre (« aliments céréaliers », « sel » et « alcool » pour l'ensemble de la population ; « pain, céréales, pommes de terre et légumes secs » et « laits et produits laitiers » pour les femmes).

### *PNNS-GS et données sociodémographiques*

Les hommes âgés de plus de 55 ans (*vs* 45-49 ans) ainsi que ceux ayant déclaré une profession d'employés/professions intermédiaires (*vs* cadres) étaient le plus souvent classés dans le dernier quartile du PNNS-GS (Tableau 11). A l'inverse, les hommes déclarant être agriculteurs ou artisans (*vs* cadres), les fumeurs (*vs* non-fumeurs) et ceux ayant un indice de masse corporelle  $\geq 30$  (*vs* IMC  $< 25$ ) étaient fréquemment classés dans les quartiles inférieurs du score. Les femmes les plus âgées ou les anciennes fumeuses étaient classées le plus souvent dans le 4<sup>ème</sup> quartile (Tableau 12) alors que les ouvrières (*vs* cadres), les fumeuses et les obèses obtenaient des scores les classant dans les quartiles inférieurs.

### *PNNS-GS et données biologiques et nutritionnelles*

Le PNNS-GS était associé chez les hommes et les femmes à une alimentation ayant une teneur moins élevée en Kcal, en cholestérol et en sucres simples ajoutés. Il était également associé à de meilleurs statuts nutritionnels en folates, en vitamine C, bêta-carotène, calcium, fer, potassium, magnésium, phosphore, fibres solubles, fibres totales, sucres simples et protéines végétales (Tableau 13) et à des taux plus élevés en bêta-carotène et vitamine C sériques (Tableau 14). Un PNNS-GS élevé était également associé, pour les hommes, à un

moindre apport en protéines, protéines animales et en matières grasses ajoutées ainsi qu'à des taux sériques moins élevés pour les triglycérides et la glycémie (Tableau 14). Concernant les femmes, plus le score était élevé, plus les apports en sel et en matières grasses ajoutées étaient faibles (Tableau 13).

### Discussion

L'adhésion aux repères de consommation, mesuré par le PNNS-GS, est associée à un meilleur statut nutritionnel qu'il soit évalué par des apports en nutriments ou par des marqueurs biologiques. Cette association se vérifie chez les sujets obtenant les scores les plus élevés puisqu'ils ont de meilleurs statuts en micro et macro-nutriments. De meilleurs statuts en bêta-carotène et en vitamine C, que l'on retrouve plus particulièrement dans les F&L, sont également associés aux sujets se classant dans le quartile le plus élevé. Pendant plusieurs années, l'épidémiologie nutritionnelle s'est restreint à étudier un certain nombre de groupes d'aliments ou de nutriments. L'utilisation de scores, tel que le PNNS-GS, pour décrire l'alimentation dans sa globalité est à présent l'une des méthodes les plus utilisées dans la littérature (91,92). Bien que les connaissances épidémiologiques sur lesquelles se basent les recommandations nutritionnelles à travers le monde soient comparables, leur mise en application et leur diffusion auprès du grand public diffèrent, ce qui explique le nombre important de scores développés à l'heure actuelle dans la littérature. Afin d'être le plus accessible possible à l'ensemble de la population, la France a fait le choix de diffuser des repères basés sur des groupes d'aliments et sur la pratique d'une activité physique quotidienne adéquate (161). En complément aux repères de consommation, des objectifs nutritionnels prioritaires ont également été définis dans le cadre du PNNS (161). Un score se basant sur ces objectifs, nommé le FSIPO (French Score of Indicators of the Pnns Objectives), a été développé par notre équipe de recherche et fait l'objet d'une publication qui sera décrite ultérieurement (197). Ces deux scores basés soit sur les repères de consommation (PNNS-GS), soit sur les objectifs de santé publique (FSIPO) sont complémentaires puisque l'un évalue l'adhésion aux recommandations nutritionnelles et l'autre permet d'estimer l'effet (protecteur) de la politique nutritionnelle, menée en France via le PNNS, sur la morbidité et la mortalité. En dehors des recommandations qui diffèrent selon les pays, les différences existantes entre les scores sont aussi dues au choix des seuils et à la notation choisie (91,198). L'approche utilisée pour définir le PNNS-GS permet de distinguer les individus comme le montre les différences entre les quartiles.



Certains scores ont également tenu compte des apports énergétiques, certains en ajustant les recommandations nutritionnelles selon le sexe et l'âge comme le Healthy Eating Index (HEI) (95), le Diet Quality Index-Revised (DQI-R) (94) et le Dietary Guidelines for Americans Adherence Index (DGAI) (97). A notre connaissance, au moment de la publication du PNNS-GS en 2009, seul le DGAI (97) avait adopté une pénalisation dans leur démarche. En effet, deux spécificités caractérisent le PNNS-GS : une bonification pour un mode de vie considéré comme particulièrement « sain » (consommation adéquate de F&L, de sel et une activité physique régulière) (198) et une pénalisation concernant les apports énergétiques journaliers trop élevés. En effet, les personnes qui ont tendance à consommer tous les groupes d'aliments dans des proportions « correctes » ont par conséquent, plus de chance d'adhérer aux repères de consommation, exprimés par un PNNS-GS élevé, non pas par la qualité de leur alimentation mais par la quantité.

Les sujets les plus âgés et les femmes obtiennent les scores les plus élevés dans notre étude. Ces résultats sont communément décrits dans la littérature puisque plusieurs travaux antérieurs (95,97,98,110,177,199) ont démontré que plus les individus vieillissent, plus ils adoptent une alimentation et un mode de vie sains. Bien que non vérifiable dans cette étude, une autre hypothèse pourrait être formulée pour expliquer ce résultat : le manque de transmission entre les générations des pratiques culinaires entraînerait des habitudes alimentaires différentes chez les jeunes générations.

Un des facteurs d'ajustement pris en compte dans les modèles multivariés était l'IMC. Le schéma de l'étude ne permettait pas de disposer, sur une longue période, des habitudes alimentaires mais comme cela était attendu, les volontaires ayant un  $IMC \geq 25$  kg/m<sup>2</sup> étaient moins souvent classés dans le quartile le plus élevé.

Nos résultats confirment également le fait que les fumeurs ont généralement des habitudes alimentaires défavorables puisqu'ils obtiennent des scores peu élevés (97,98). En effet, les fumeurs consomment peu d'aliments « sains » (ex : F&L) mais ont des apports élevés concernant les aliments dont la consommation doit être limitée (ex : produits sucrés) (200). Il est intéressant de noter que dans notre étude, les anciennes fumeuses obtenaient les meilleurs scores, ceci étant probablement dû à l'adoption d'habitudes alimentaires plus saines au moment de l'arrêt du tabac.

Les sujets classés dans le dernier quartile déclaraient plus souvent une PCS plus élevée confirmant ainsi les travaux antérieurs qui montraient que les PCS les moins élevées ont des habitudes alimentaires défavorables (38,47). Quelques études ont également examiné les

relations entre un score nutritionnel et les marqueurs biologiques, et trouvaient des tendances similaires à celles décrites dans ce travail (91,201,202).

Il est généralement admis que les personnes consommant en grande quantité des F&L adoptent en parallèle d'autres habitudes alimentaires considérées comme saines et pratique la plupart du temps une activité physique quotidienne suffisante (203). Cette adhésion aux recommandations nutritionnelles est généralement associée à de meilleurs marqueurs intermédiaires de maladies chroniques (par exemple : triglycérides, cholestérol etc.) (98,117,119,204) comme cela est retrouvée dans notre étude. Il est important de noter que les marqueurs biologiques inclus dans cette étude ont été sélectionnés car ils ont été validés antérieurement comme étant représentatifs d'une alimentation adéquate (108).

L'originalité du PNNS-GS est d'avoir pris en compte l'ensemble des repères du PNNS contrairement aux scores développés dans d'autres pays qui sélectionnent les conseils qui y sont intégrés (94,95,97).

Quelques limites sont à signaler dans notre méthodologie. La consommation de sel calculée à l'aide des enregistrements alimentaires est sous-estimée car l'ajout de sel effectué à table ou au cours de la cuisson n'est pas pris en compte. Malgré tout, l'augmentation de 20% appliquée à l'ensemble des enregistrements alimentaires disponibles permet d'estimer correctement la consommation réelle de sel dans l'alimentation.

Un nombre important de sujets exclus est à signaler dans cette analyse (essentiellement dû au nombre d'enregistrements alimentaires pré-requis) comme dans l'article précédent. Il est important de rappeler que le recrutement de la cohorte SU.VI.MAX était basé sur le volontariat (147), un intérêt plus important de ces volontaires concernant la santé et/ou l'alimentation n'est pas à exclure. Ces volontaires peuvent suivre une alimentation plus saine ou avoir un état de santé plus favorable que des sujets inclus par un autre moyen de recrutement.

L'utilisation d'au moins trois enregistrements alimentaires (196) transmis sur une période de deux ans permet d'avoir des estimations alimentaires satisfaisantes et représentatives de l'alimentation habituelle (85). Le PNNS-GS semble être un bon reflet de l'alimentation quotidienne et limite les erreurs de classement des sujets en diminuant entre autre la variation intra-individuelle (182). Cette méthodologie semble être pertinente et précise, en comparaison avec l'utilisation d'un questionnaire de fréquence alimentaire (FFQ) (91,97). En effet, le FFQ est connu pour sur-estimer les consommations et ne permet pas d'obtenir un bon reflet des apports énergétiques journaliers.

Le PNNS ayant été lancé en 2001, soit plusieurs années après le lancement de l'étude SU.VI.MAX, ce score a été appliqué de manière rétrospective au sein de cette cohorte. Ce score devra être appliqué à des populations ayant pris connaissance de ces repères de consommation.

Notre score a démontré sa validité puisque les sujets obtenant les scores les plus élevés étaient ceux ayant adopté un mode de vie et des habitudes alimentaires saines. Des travaux complémentaires devront être mis en place afin d'estimer la relation entre le PNNS-GS et l'incidence des maladies chroniques.

### Conclusion

La cohorte SU.VI.MAX est constituée par des adultes d'âge mûr ; habituellement ces personnes ont de meilleures habitudes alimentaires que la population générale. Cette hypothèse n'est pas vérifiée dans notre échantillon puisque, en moyenne, les scores obtenus sont relativement faibles (au alentour de 7,5 sur 15 points). Ce résultat souligne l'importance de la mise en place d'une politique nutritionnelle en France.

Lors de la parution de cet article nous avons conclu que le PNNS-GS permettrait d'évaluer l'adhésion de la population au PNNS et de suivre l'évolution des habitudes alimentaires des français

Tableau 10. Définitions du score PNNS-GS

	Repère défini par le PNNS	Définitions des seuils <sup>a</sup>	Score		
<b>Fruits et Légumes (F&amp;L)</b>	au moins 5 par jour	[0 – 3,5[	0		
		[3,5 – 5[	0,5		
		[5 – 7,5[	1		
		≥ 7,5	2		
<b>Pains, céréales, pommes de terre et légumes secs</b>	à chaque repas et selon l'appétit	[0 – 1[	0		
		[1 – 3[	0,5		
		[3 – 6[	1		
		≥ 6	0,5		
		<i>Aliments céréaliers</i>	<i>favoriser les aliments céréaliers complets ou le pain bis</i>	[0 – 1/3[	0
				[1/3 – 2/3[	0,5
≥ 2/3	1				
<b>Lait et produits laitiers (yaourts, fromages)</b>	3 par jour (≥ 55 ans: 3 à 4 par jour)	[0 – 1[	0		
		[1 – 2,5[	0,5		
		[2,5 – 3,5] (≥ 55 ans: [2,5 – 4,5])	1		
		> 3,5 (≥ 55 ans: > 4,5)	0,5		
<b>Viandes et volailles, produits de la pêche et œufs</b>	1 à 2 par jour	0	0		
		]0-1[	0,5		
		[1 – 2]	1		
		> 2	0		
		<i>Poisson</i>	<i>au moins 2 fois par semaine</i>	< 2 fois par semaine	0
				≥ 2 fois par semaine	1
<b>Matières grasses ajoutées (MGA) <sup>b</sup></b>	limiter la consommation	Lipides provenant des MGA > 16% des AESA <sup>c</sup> /jour	0		
		Lipides provenant des MGA ≤ 16% des AESA /jour	1		
<i>Matières grasses végétales (MGV)</i>	<i>privilégier les matières grasses végétales</i>	Aucune utilisation de MGV ou ratio MGV/MGA ≤ 0,5	0		
		Aucune utilisation de MGA ou ratio MGV/MGA > 0,5	1		

a. fréquence par jour, le cas échéant la précision est apportée

b. définies d'après les ANC

c. AESA: apports énergétiques sans alcool

Tableau 10 (suite). Définition du score PNNS-GS

	Repère défini par le PNNS	Définitions des seuils <sup>a</sup>	Score
<b>Produits sucrés</b> <sup>b</sup>	Limiter la consommation	Sucre simple issus des produits sucrés $\geq 15\%$ des AESA/jour	-0,5
		Sucre simple issus des produits sucrés [10 – 15[ des AESA/jour	0
		Sucre simple issus des produits sucrés < 10% des AESA/jour	1
<b>Boissons</b>			
<i>Eau et boissons sucrées</i> <sup>b</sup>	De l'eau à volonté limiter les boissons sucrées : un verre par jour	< 1 L d'eau et > 250 mL de boissons sucrées	0
		$\geq 1$ L d'eau et > 250 mL de boissons sucrées	0,50
		< 1 L d'eau et $\leq 250$ mL de boissons sucrées	0,75
		$\geq 1$ L d'eau et $\leq 250$ mL de boissons sucrées	1
<i>Alcool</i>	Les femmes* ne doivent pas dépasser 2 verres de vin Les hommes ne doivent pas dépasser 3 verres de vin	Alcool >20 g/jour pour les femmes et >30 g pour les hommes	0
		Alcool $\leq 20$ g/jour pour les femmes et $\leq 30$ g pour les hommes	0,8
		Abstinentes ou consommateurs irréguliers (moins d'une fois par semaine)	1
<b>Sel</b> <sup>b</sup>	Limiter la consommation	> 12 g /j	-0,5
		]10 – 12] g /j	0
		]8 – 10] g /j	0,5
		]6 – 8] g /j	1
		$\leq 6$ g /j	1,5
<b>Activité physique</b>	Au moins l'équivalent ½ heure de marche rapide par jour	[0 – 30[ min /j	0
		[30 – 60[ min / j	1
		$\geq 60$ min /j	1,5

a. fréquence par jour, le cas échéant la précision est apportée

b. définies d'après les ANC

c. AESA: apports énergétiques sans alcool

\* il est recommandé aux femmes enceintes de s'abstenir de toute consommation d'alcool dès le début de leur grossesse et pendant toute sa durée

Tableau 11. Pourcentages de sujets atteignant les repères (point maximum obtenu <sup>a</sup>) selon les quartiles du PNNS-GS

PNNS-GS	Hommes					Femmes				
	Q1	Q2	Q3	Q4	Total	Q1	Q2	Q3	Q4	Total
	<6,25 n=552	6,25-7,55 n=616	7,55-8,80 n=574	≥8,80 n=638		<6,75 n=768	6,75-8,00 n=775	8,00-9,05 n=741	≥9,05 n=836	
<b>Fruits et légumes (F&amp;L) <sup>b</sup></b>	45,5	53,7	65,9	78,5	61,4	42,1	49,4	59,1	74,8	56,7
<b>Pains, céréales, pommes de terre et légumes secs</b>	52,5	62,5	61,3	69,7	61,9	52,3	43,9	42,9	44,1	45,8
<i>Aliments céréaliers</i>	6,3	7,8	14,6	26,3	14,1	6,3	7,7	11,9	20,7	11,8
<b>Lait et produits laitiers</b>	22,5	31,3	37,6	51,6	36,2	19,0	25,7	33,1	44,7	30,9
<b>Viandes et volailles, produits de la pêche et œufs</b>	33,9	50,7	59,8	71,0	54,4	54,8	67,4	71,3	79,7	68,5
<i>Poisson</i>	20,7	29,4	47,6	64,3	41,1	17,2	24,7	39,3	64,2	36,9
<b>Produits sucrés</b>	77,9	82,3	88,5	93,0	85,6	66,8	83,1	89,1	94,9	83,7
<b>Matières grasses ajoutées</b>	64,1	76,0	78,9	86,7	76,8	62,8	68,9	72,7	80,1	71,3
<i>Matières grasses végétales</i>	43,5	58,1	70,2	85,6	65,0	38,2	59,9	73,3	85,1	64,5
<b>Boissons</b>										
<i>Eau et boissons alcoolisées</i>	42,9	49,8	41,6	62,9	49,8	50,0	49,2	60,2	59,2	54,7
<i>Alcool</i>	10,9	19,5	16,9	29,2	19,5	37,4	41,7	53,7	49,3	45,5
<b>Sel <sup>c</sup></b>	3,6	5,7	9,9	13,6	8,4	15,7	28,9	36,7	44,6	31,7
<b>Activité physique <sup>c</sup></b>	20,3	44,2	58,5	79,6	51,7	12,4	22,1	39,3	66,3	35,6

a. Sujets obtenant 1 point à l'exception des composantes F&L, sel et activité physique

b. Sujets obtenant 1 ou 2 points

c. Sujets obtenant 1 ou 1.5 points

Tableau 12. Comparaison des caractéristiques sociodémographiques des sujets selon les quartiles du PNNS-GS (Q1-Q3 vs Q4)

	Hommes		Modèle multivarié OR <sup>a</sup> (IC à 95%)	P	Femmes		Modèle multivarié OR <sup>a</sup> (IC à 95%)	P
	% Q1-Q3 (N=1742)	Q4 (N=638)			% Q1-Q3 (N=2284)	Q4 (N=836)		
<b>Classes d'âge, en années (%) <sup>a</sup></b>								
35-39	-	-	-		17,3	11,4	1,00	
40-44	-	-	-		23,3	19,0	1,24 (0,93-1,66)	0,14
45-49	38,6	31,7	1,00		30,1	25,7	1,33 (1,00-1,75)	0,04
50-54	33,0	28,5	1,07 (0,85-1,35)	0,58	17,4	20,6	1,87 (1,39-2,51)	<0,0001
+55	28,5	39,8	1,73 (1,38-2,16)	<0,0001	11,9	23,3	3,10 (2,30-4,20)	<0,0001
<b>Statut marital (%) <sup>a</sup></b>								
Vivant seul	90,8	88,7	1,00		80,3	77,9	1,00	
Vivant avec un partenaire	9,2	11,3	1,31 (0,97-1,77)	0,08	19,7	22,1	1,12 (0,91-1,36)	0,29
<b>PCS (%) <sup>a,b</sup></b>								
Cadres et chefs d'entreprise	43,0	42,5	1,00		19,0	22,4	1,00	
Agriculteurs, artisans, commerçants	7,2	3,1	0,48 (0,29-0,81)	0,005	4,1	3,6	0,78 (0,49-1,25)	0,30
Professions intermédiaires, employés	43,0	48,1	1,25 (1,01-1,56)	0,05	74,1	72,6	0,85 (0,68-1,05)	0,13
Ouvriers	6,8	6,3	1,19 (0,77-1,84)	0,43	2,8	1,4	0,47 (0,24-0,94)	0,03
<b>Niveau d'études (%) <sup>a</sup></b>								
Etudes supérieures	40,0	41,2	1,00		42,5	43,9	1,00	
Secondaire	36,5	37,3	0,92 (0,73-1,16)	0,50	40,2	40,8	0,96 (0,79-1,16)	0,66
Primaire	23,6	21,5	0,80 (0,60-1,07)	0,14	17,3	15,3	0,84 (0,64-1,09)	0,18
<b>Statut tabagique (%) <sup>a</sup></b>								
Non fumeurs	33,4	39,0	1,00		56,4	56,0	1,00	
Anciens fumeurs	52,0	53,1	0,89 (0,73-1,09)	0,25	28,4	34,5	1,28 (1,07-1,54)	0,007
Fumeurs	14,6	7,8	0,46 (0,33-0,65)	<0,0001	15,2	9,6	0,72 (0,55-0,94)	0,02
<b>Indice de masse corporelle <sup>c</sup></b>								
IMC < 25	47,0	50,3	1,00		78,1	76,7	1,00	
25 ≤ IMC < 30	45,0	43,6	0,92 (0,76-1,12)	0,39	15,4	18,9	1,10 (0,89-1,36)	0,39
IMC ≥ 30	8,0	6,1	0,68 (0,46-1,00)	0,05	6,5	4,4	0,61 (0,42-0,90)	0,01

a. Données issues du questionnaire d'inclusion;

b. La nomenclature de l'INSEE a été utilisée pour classer les sujets

c. Le poids et la taille ont été mesurés lors du premier examen clinique

Tableau 13. Statut nutritionnel selon les quartiles du PNNS-GS

PNNS-GS	Hommes				P	Femmes				P
	Q1	Q2	Q3	Q4		Q1	Q2	Q3	Q4	
	<6,25 n=552	6,25-7,55 n=616	7,55-8,80 n=574	≥8,80 n=638		<6,75 n=768	6,75-8,00 n=775	8,00-9,05 n=741	≥9,05 n=836	
<b>Nutriments<sup>1</sup></b>										
Apports énergétiques journaliers <sup>2,3</sup> , kcal	2781,3±23,5	2469,3±22,3	2384,1±23,0	2317,5±21,9	<0,0001*	2141,8±15,5	1816,1±15,4	1752,3±15,7	1711,4±14,9	<0,0001*
Fats <sup>4</sup> , %	41,2±0,2	40,3±0,2	40,2±0,2	38,5±0,2	<0,0001*	41,2±0,2	41,2±0,2	40,7±0,2	39,3±0,2	<0,0001*
Cholestérol, mg	466,9±5,6	450,9±5,1	440,6±5,3	419,4±5,1	<0,0001*	371,2±3,5	363,7±3,3	354,9±3,4	344,4±3,2	<0,0001*
Glucides disponibles <sup>4</sup> , %	40,3±0,3	41,6±0,2	41,8±0,3	44,0±0,2	<0,0001*	41,03±0,2	41,20±0,2	41,56±0,2	42,60±0,2	<0,0001*
Fibres, g	18,1±0,2	20,3±0,2	21,9±0,2	25,3±0,2	<0,0001*	15,0±0,2	16,8±0,2	18,1±0,2	20,2±0,2	<0,0001*
Fibres solubles, g	3,60±0,05	4,00±0,05	4,34±0,05	5,00±0,04	<0,0001*	3,12±0,04	3,43±0,04	3,72±0,04	4,11±0,03	<0,0001*
Sucres simples, g	93,3±1,3	101,0±1,2	105,7±1,3	115,4±1,2	<0,0001*	84,0±0,9	86,8±0,8	88,1±0,8	95,2±0,8	<0,0001*
Sucres ajoutés, g	47,2±0,9	45,4±0,8	44,9±0,9	43,9±0,8	<0,0001*	41,8±0,6	37,7±0,6	35,8±0,6	34,5±0,6	<0,0001*
Protéines <sup>4</sup> , %	18,4±0,1	18,0±0,1	17,9±,1	17,5±0,1	<0,0001*	17,74±0,10	17,63±0,10	17,71±0,10	18,08±0,09	<0,0001*
Protéines végétales <sup>2</sup> , %	4,63±0,04	4,77±0,03	4,81±0,03	5,12±0,03	<0,0001*	4,53±0,03	4,63±0,03	4,75±0,03	4,91±0,03	0,005*
Protéines animales <sup>2</sup> , %	13,8±0,1	13,3±0,1	13,1±0,1	12,4±0,1	<0,0001*	13,21±0,1	13,0±0,1	12,97±0,1	13,17±0,1	0,27
β-carotène, µg	3414,1±104,9	3718,0±96,2	4404,2±100,0	4982,9±95,5	<0,0001*	3133,9±91,6	3817,3±86,5	4134,5±88,9	4539,1±84,5	<0,0001*
Vitamine B9, µg	303,8±3,2	331,1±2,9	350,6±3,0	383,5±2,9	<0,0001*	252,5±2,6	282,9±2,5	302,0±2,6	327,8±2,4	<0,0001*
Vitamine C, mg	75,6±1,9	92,2±1,7	101,7±1,8	120,9±1,7	<0,0001*	75,0±1,5	89,5±1,4	96,0±1,4	112,8±1,4	<0,0001*
Vitamine D, µg	3,09±0,08	3,12±0,08	3,02±0,08	3,19±0,08	0,47	2,52±0,07	2,48±0,06	2,47±0,06	2,66±0,06	0,11
Calcium, mg	942,7±12,2	1026,5±11,2	1043,5±11,7	1104,0±11,1	<0,0001*	844,7±9,7	901,4±9,1	935,9±9,4	981,9±8,9	<0,0001*
Potassium, mg	3189,4±20,3	3332,9±18,6	3432,2±19,3	3601,7±18,5	<0,0001*	2546,6±16,5	2694,7±15,6	2804,5±16,0	2987,7±15,2	<0,0001*
Magnesium, mg	325,1±2,1	336,2±2,0	341,5±2,0	361,6±2,0	<0,0001*	248,4±1,7	259,1±1,6	269,3±1,6	286,0±1,5	<0,0001*
Phosphore, mg	1415,5±8,9	1462,4±8,2	1471,0±8,5	1507,2±8,1	<0,0001*	1125,5±7,1	1162,0±6,7	1186,3±6,9	1235,7±6,6	<0,0001*
Sodium, mg	4098,5±42,3	4095,0±38,7	4087,3±40,3	4003,4±38,5	0,26	3130,1±28,6	3093,0±27,0	3047,2±27,8	2934,6±26,4	<0,0001*
Fer, mg	15,0±0,12	15,0±0,10	15,25±0,11	15,35±0,10	<0,0001*	10,45±0,08	10,96±0,08	11,06±0,08	11,50±0,07	<0,0001*

<sup>1</sup> les valeurs sont des moyennes quotidiennes ajustées sur l'âge et les apports énergétiques totaux (le cas échéant la précision est apportée);<sup>2</sup> 1 kcal= 4,184 kJ;<sup>3</sup> apports énergétiques moyens journaliers (± ET) ajusté sur l'âge (application de la pénalisation pour les sujets ayant des apports énergétiques élevés);<sup>4</sup> % des AESA;

\*: p trend&lt; 0.05



Tableau 14. Marqueurs nutritionnels biologiques selon les quartiles du PNNS-GS

PNNS-GS	Hommes					Femmes				
	Q1	Q2	Q3	Q4	P	Q1	Q2	Q3	Q4	P
	<6,25 n=552	6,25-7,55 n=616	7,55-8,80 n=574	≥8,80 n=638		<6,75 n=768	6,75-8,00 n=775	8,00-9,05 n=741	≥9,05 n=836	
<b>Marqueurs nutritionnels biologiques</b> <sup>1,2,3</sup>										
Cholestérol <sup>a,k</sup>	6,22±0,04	6,17±0,04	6,18±0,04	6,18±0,04	0,36	5,91±0,04	5,89±0,03	5,89±0,04	5,86±0,03	0,74
Triglycéridémie <sup>b,l,4</sup> , mmol/L	1,17±0,02	1,21±0,02	1,14±0,02	1,11±0,02	0,04*	0,78±0,02	0,80±0,02	0,79±0,02	0,77±0,02	0,22
Glycémie <sup>b,m,4</sup> , mmol/L	5,98±0,005	5,95±0,005	5,90±0,005	5,83±0,005	0,0003*	5,49±0,004	5,50±0,004	5,50±0,004	5,44±0,004	0,17
Apo-lipoprotéine A1 <sup>c,n</sup> , g/L	1,55±0,01	1,52±0,01	1,54±0,01	1,55±0,01	0,10	1,72±0,009	1,70±0,009	1,69±0,009	1,71±0,009	0,31
Apo-lipoprotéine B <sup>c,n</sup> , g/L	1,21±0,01	1,20±0,01	1,18±0,01	1,19±0,01	0,37	1,03±0,008	1,04±0,008	1,03±0,008	1,01±0,008	0,21
Ferritine <sup>d,o,4</sup> , µg/L	146,1±0,04	149,2±0,04	137,1±0,04	121,3±0,04	0,002*	36,38±0,03	34,63±0,03	34,23±0,04	35,65±0,03	0,59
Transferrine <sup>e,p</sup> , g/L	2,55±0,02	2,51±0,02	2,48±0,02	2,49±0,02	0,19	2,58±0,02	2,57±0,02	2,58±0,02	2,55±0,02	0,55
Sélénium <sup>f,q,4</sup> , µmol/L	1,12±0,007	1,10±0,007	1,13±0,007	1,13±0,007	0,04*	1,07±0,006	1,06±0,006	1,08±0,006	1,08±0,006	0,10
Zinc <sup>g,r,4</sup> , µmol/L	13,40±0,006	13,45±0,006	13,37±0,006	13,38±0,006	0,83	12,69±0,005	12,73±0,005	12,69±0,005	12,68±0,005	0,94
Rétinol <sup>h,s,4</sup> , µmol/L	2,40±0,01	2,38±0,01	2,43±0,01	2,39±0,01	0,56	2,00±0,01	2,00±0,01	1,94±0,01	1,96±0,01	0,25
Tocophérol <sup>h,s</sup> , µmol/L	31,6±0,3	32,0±0,3	32,1±0,4	32,3±0,3	0,61	30,79±0,3	31,23±0,3	30,67±0,3	30,62±0,3	0,42
β-Carotène <sup>i,s,4</sup> , µmol/L	0,35±0,03	0,36±0,03	0,40±0,03	0,44±0,03	<0,0001*	0,52±0,02	0,55±0,02	0,58±0,02	0,64±0,02	<0,0001*
Vitamine C <sup>j,t,4</sup> , µmol/L	42,4±0,02	46,9±0,02	49,2±0,02	54,0±0,02	<0,0001*	54,5±0,02	55,7±0,02	59,6±0,02	63,4±0,02	<0,0001*

<sup>1</sup> les valeurs sont des moyennes quotidiennes ajustées sur l'âge (le cas échéant la précision est apportée);

<sup>2</sup> données disponibles en fonction du marqueur (rappel : 2095 hommes ont été initialement inclus) : (a) 2370 (b) 2320 (c) 2363 (d) 1637 (e) 1638 (f) 2323 (g) 2328 (h) 2051 (i) 2050 (j) 1819;

<sup>3</sup> données disponibles en fonction du marqueur (rappel : 2881 femmes initialement incluses) : (k) 3106 (l) 3035 (m) 3036 (n) 3102 (o) 2953 (p) 2955 (q) 3026 (r) 3038 (s) 2698 (t) 2431;

<sup>4</sup> moyenne géométrique;

\*: p trend < 0.05.

L'adhésion aux repères du PNNS est associée à une moindre variation de l'adiposité abdominale et globale et à une moindre incidence de présenter, au bout de 6 ans, un surpoids ou une obésité.

*Ce travail a fait l'objet d'une publication en 2009 dans la revue American Journal of Epidemiology (205)(Annexe 6).*

### Introduction

L'obésité est reconnue comme un problème majeur de santé publique (facteur de risque pour les MCV et les cancers ; retentissement sur la qualité de vie) (206). L'augmentation importante de la prévalence de l'obésité est observée au niveau mondial. De fortes prévalences de surpoids ou d'obésité sont observées particulièrement chez les personnes âgées laissant supposer qu'au cours de l'âge adulte une prise de poids est probable (6). L'alimentation et l'activité physique sont des comportements modifiables qui présentent un grand intérêt dans le cadre de la mise en place de la prévention contre l'obésité et la prise de poids au cours de l'âge adulte.

Les scores *a priori* développés au cours de ces dernières années permettent de décrire la qualité nutritionnelle et d'évaluer l'adhésion aux recommandations nutritionnelles en vigueur (91,198). Cette approche est particulièrement utile pour estimer l'impact potentiel des recommandations nutritionnelles sur la prise de poids au cours de l'âge adulte. Les études transversales mettant en relation des scores *a priori*<sup>17</sup> et les données anthropométriques concluent toutes à une relation inverse (97,119,207-209). Par exemple, les participants à la cohorte Framingham Heart Study Offsprings qui respectaient les recommandations américaines (évaluées par le DGAI) avaient un IMC moins élevé que ceux qui les respectaient le moins (97). Une autre étude prospective nord-américaine, constituée d'adultes d'âge mûr (45-84 ans), a été publiée sur les relations existantes entre le score HEI et les variations anthropométriques (124). Les auteurs concluaient à une association car un IMC moins élevé était observé parmi les sujets adhérant le plus aux recommandations ayant cours aux Etats-Unis en 2005. L'obtention d'un score élevé était prédictif d'un moindre risque de devenir obèse au cours du temps (124).

Notre travail précédent a permis de définir un score d'adéquation aux repères du PNNS (PNNS-GS) (190). Dans notre étude transversale (190), un PNNS-GS élevé (c'est-à-

---

<sup>17</sup> qu'ils soient basés sur des recommandations ou sur un régime réputé comme sain tel que le régime méditerranéen)

dire proche des recommandations) était associé à un meilleur statut nutritionnel et à un IMC moins élevé. L'étude décrite dans ce chapitre s'intéresse plus particulièrement au fait que l'adhésion aux recommandations nutritionnelles pourrait diminuer (au bout de 6 ans de suivi) la prise de poids et par conséquent limiterait une hausse de l'IMC. Cette étude s'intéresse également à la répartition du tissu adipeux en utilisant les données du tour de taille et tour de hanche (complémentaires à l'IMC). Le second objectif de cette étude est d'évaluer le risque prédictif du PNNS-GS de présenter un surpoids ou une obésité au cours du suivi dans la cohorte SU.VI.MAX.

### Matériels et méthodes

Après exclusion des cas prévalents de maladies chroniques, le PNNS-GS a été appliqué au sein de l'étude SU.VI.MAX auprès d'adultes âgés entre 45 et 60 ans ayant transmis au moins 3 enregistrements alimentaires entre 1994-1995 (date d'inclusion dans SU.VI.MAX) et 1995-1996 (date du premier bilan clinique) et dont l'ensemble des informations concernant les co-variables étaient disponibles et complètes.

Les données anthropométriques obtenues à la fin du suivi (2001-2002) sont issues du dernier bilan clinique réalisé lors du suivi de la cohorte.

Les données nécessaires pour la définition et l'application du PNNS-GS dans la cohorte SU.VI.MAX ont été décrites dans l'article précédent.

### Analyses statistiques

Les aliments et les nutriments consommés ont été estimés par des moyennes par le biais des enregistrements alimentaires envoyés entre l'inclusion et le premier bilan clinique SU.VI.MAX (au moins 3).

Les variations anthropométriques ont été établies en comparant les données mesurées lors du bilan clinique réalisé à la fin du suivi (2001-2002) *vs* celles mesurées lors du premier bilan clinique (1995-1996). Le rapport tour de taille/tour de hanche a également été calculé.

Afin d'estimer la valeur prédictive, à 6 ans, du PNNS-GS sur les variations du poids, du tour de taille, de l'IMC et du rapport tour de taille/tour de hanche, deux modèles de régression linéaire multiple ont été appliqués à notre population d'étude. Le premier modèle utilise les variables d'ajustement suivantes : âge, sexe et apport énergétique total. Le deuxième modèle utilise les variables d'ajustement suivantes : âge, sexe, apport énergétique total, niveau d'études, statut tabagique, supplémentation (placebo/principe actif), taille, poids, tour de hanche, IMC et rapport tour de taille/tour de hanche. En complément, deux modèles logistiques ont été appliqués afin d'estimer le risque d'être en surpoids ou obèse à la fin du

suivi en fonction du PNNS-GS. Les variables d'ajustement utilisées sont les suivantes : âge, sexe, apport énergétique total (modèle 1), le niveau d'études, le statut tabagique et la supplémentation (modèle 2).

## Résultats

### *Caractéristiques de la population étudiée*

L'échantillon inclus dans cette étude, après application des différents critères d'exclusion, était composé de 1600 femmes et de 1931 hommes (Figure 3). A l'inclusion, ces sujets étaient âgés en moyenne de 52,1 ans ( $\pm 4,7$ ) pour les hommes et de 51,1 ( $\pm 4,6$ ) pour les femmes ( $p < 0,0001$ ). Le PNNS-GS moyen obtenu par les hommes était de 7,4 ( $\pm 2,0$ ) vs 7,8 ( $\pm 1,9$ ) pour les femmes ( $p < 0,0001$ ). Pour l'ensemble de la population, on constatait que les fumeurs obtenaient un score moins élevé par rapport aux anciens ou aux non-fumeurs (Tableau 15). Chez les hommes, un score plus faible était estimé pour ceux qui n'avaient qu'un niveau d'études équivalent au primaire contrairement à ceux qui avaient suivi des études supérieures. A l'inclusion, 44,1% des hommes étaient en surpoids (6,7% obèses) alors que, chez les femmes ces prévalences étaient estimées à 19,5% et 6,5%. Les femmes en surpoids obtenaient un score plus élevé que celles qui présentaient une obésité ou un poids normal au début de l'étude.

### *PNNS-GS et variations anthropométriques*

Les associations entre le PNNS-GS et les variations anthropométriques sont décrites dans le Tableau 16. Le modèle, tenant compte de l'ensemble des variables, a estimé que chaque augmentation (équivalente à un point du PNNS-GS) était associée à une moindre prise de poids ( $p = 0,004$ ), à une moindre augmentation du tour de taille ( $p = 0,01$ ), du rapport taille/hanche ( $p = 0,02$ ) et de l'IMC ( $p = 0,002$ ).

### *Probabilité d'être en surpoids ou obèse*

A l'issue des 6 ans de suivi parmi les 949 hommes et les 1184 femmes dont l'IMC était considéré comme normal au moment de leur inclusion dans la cohorte, 219 hommes et 164 femmes présentaient un surpoids. Parmi les sujets dont l'IMC était inférieur à 30 (1801 hommes et 1496 femmes), 6 hommes et 47 femmes sont devenus obèses. Après 6 ans de suivi, plus le PNNS-GS était élevé moins le volontaire avait de risque de présenter un

surpoids (ORa=0.93 [0.88-0.99]), le risque d'être obèse était lui aussi diminué (ORa=0.89 [0.80-0.99])<sup>18</sup> (Tableau 17).

### Discussion

Nos résultats montrent que les marqueurs de l'adiposité globale (mesuré par le poids ou l'IMC) ou abdominale (mesurée par le tour de taille ou le rapport tour de taille/hanche) étaient meilleurs lorsque qu'un volontaire de la cohorte SU.VI.MAX obtenait un PNNS-GS élevé. De plus, cette étude montre que le fait d'adhérer aux recommandations nutritionnelles du PNNS diminue le risque à 6 ans d'être en surpoids voire obèse. En effet, nous avons constaté qu'une réduction de 11% de la probabilité d'être obèse (après six ans de suivi) était observée pour une augmentation d'un point du PNNS-GS.

Aux Etats-Unis, l'effet à court terme (18 mois) du suivi des recommandations sur l'adiposité abdominale et globale a été évalué par le HEI (dans ses versions de 1990 et de 2005) au sein de la cohorte MESA (Multi-Ethnic Study of Atherosclerosis) (124). Cette cohorte incluait des adultes âgés entre 45 et 84 ans. Les auteurs de cette étude concluaient que l'adhésion des sujets aux repères américains était liée à une moindre augmentation de l'IMC et du tour de taille au cours du temps. Bien que les analyses statistiques menées entre la cohorte MESA et la cohorte SU.VI.MAX soient différentes, et que la durée de suivi dans SU.VI.MAX soit beaucoup plus longue, les résultats trouvés par ces deux études sont similaires. Ces auteurs concluaient également que le HEI-2005 était plus prédictif que le HEI défini initialement au début des années 1990. En effet, dans sa version la plus récente, le HEI tient compte de l'âge et du sexe d'un individu afin de définir le nombre de portions nécessaires ; de plus dans sa version 2005 une composante évaluant l'activité physique a été incluse. Ces différences entre les deux versions du HEI soulignent l'importance de prendre en compte la « sur-consommation » dans la mise en œuvre d'un score nutritionnel (91). Il est important de noter que lors de la mise en œuvre de ce travail de recherche cet aspect a été pris en compte lors de la définition du PNNS-GS. D'autres études utilisant des scores méditerranéens (210-212) ou des scores *a posteriori* (213-217) sur les variations anthropométriques ont été publiées. Actuellement, les conclusions retrouvées dans ces différentes études ne sont pas cohérentes entre elles.

Dans notre étude, en stratifiant les analyses selon le sexe, aucune relation significative n'a été retrouvée chez les hommes entre le PNNS-GS et les marqueurs d'adiposité. Plusieurs

---

<sup>18</sup> A noter que la même analyse en excluant les volontaires ayant déclaré au cours du suivi une maladie chronique (cancer ou maladies cardiovasculaires) a été réalisée. Ces exclusions ne modifient pas les résultats présentés ci-dessus.

hypothèses peuvent être avancées afin d'expliquer cette différence entre les hommes et les femmes. Les hommes inclus dans la cohorte SU.VI.MAX sont en moyenne plus âgés que les femmes ; cette différence d'âge pourrait masquer, une éventuelle relation (si elle existe) entre le PNNS-GS et une variation du tour de taille au cours du temps. De plus, l'âge moyen à l'inclusion de la population féminine est proche de celui de la ménopause, les changements physiologiques (augmentation du tour de taille etc.) liés à cette période sont connus et décrits dans la littérature et expliqueraient la relation retrouvée. Nous ne pouvons également pas exclure un manque de puissance statistique. De plus, nous ne pouvons pas exclure un biais de sélection; en effet les sujets inclus dans cette étude sont de fait très compliants à l'étude SU.VI.MAX puisqu'ils ont transmis régulièrement des données alimentaires, répondu aux différents questionnaires (dont celui de l'activité physique), et sont venus aux deux examens cliniques qui permettaient d'obtenir les données anthropométriques nécessaires à cette étude. Ces sujets ont peut être un profil alimentaire « plus sain » que les autres volontaires de l'étude SU.VI.MAX. Ce biais de sélection peut être illustré par la prévalence de l'obésité dans notre échantillon (6,5%) qui est plus basse que celle reportée dans l'étude Obépi dans les années 90 qui était évaluée à 11%. A noter que la prévalence de l'obésité est identique, au sein de notre échantillon, pour les deux sexes. Ceci n'est pas vérifié pour le surpoids puisque une prévalence plus élevée est observée chez les hommes que chez les femmes. De tels résultats ont déjà été décrits en France (218,219) ainsi que dans d'autres pays (220). Cependant, une des limitations de cette étude est que la population incluse dans SU.VI.MAX est d'âge mûr, ces résultats ne sont donc pas transposables à l'ensemble de la population française.

Malgré la prise en compte d'un nombre important de co-variables dans les différents modèles, nous ne pouvons pas exclure que d'autres facteurs puissent intervenir dans la variation de l'adiposité.

Contrairement à la plupart des scores *a priori*, aucune sélection dans les recommandations du PNNS n'a été effectuée pour mettre en œuvre le PNNS-GS. La pénalisation appliquée aux sujets ayant des apports énergétiques supérieurs à leurs besoins semble indispensable particulièrement dans le cadre de ce travail qui évalue la variation de l'adiposité abdominale et globale au cours du temps.

### Conclusion

En conclusion, une adhésion aux recommandations nutritionnelles est associée chez des adultes d'âge mûr à une moindre augmentation de l'adiposité globale et à une moindre probabilité de présenter au bout de 6 ans un surpoids ou une obésité. Le PNNS a été mis en

place en 2001 dans le but de prévenir des maladies chroniques, cette étude démontre que le respect des recommandations nutritionnelles peut aider à prévenir la prise de poids et diminuer l'incidence de l'obésité. Elle permet également de souligner l'importance de limiter la prise de poids à l'âge adulte.

Tableau 15. PNNS-GS moyen obtenu selon les caractéristiques sociodémographiques des volontaires à l'inclusion de l'étude SU.VI.MAX

	Hommes			Femmes			Total		
	N	Moyenne (ET)	P	N	Moyenne (ET)	P	N	Moyenne (ET)	P
<b>Statut tabagique</b>									
Non fumeurs	707	7,58 (1,87)	<0,0001	1 024	7,80 (1,89)	0,001	1 731	7,71 (1,89)	<0,0001
Anciens fumeurs	988	7,45 (1,94)		414	8,01 (1,80)		1 402	7,61 (1,92)	
Fumeurs	236	6,58 (2,03)		162	7,38 (1,68)		398	6,91 (1,93)	
<b>Niveau d'études</b>									
Primaire	464	7,19 (2,00)	0,02	360	7,66 (1,78)	0,21	824	7,40 (1,92)	0,01
Secondaire	698	7,40 (1,91)		681	7,86 (1,87)		1 379	7,62 (1,91)	
Etudes supérieures	769	7,50 (1,94)		559	7,86 (1,88)		1 328	7,65 (1,92)	
<b>Supplémentation</b>									
Principe actif	991	7,40 (1,97)	0,75	804	7,85 (1,83)	0,40	1 736	7,56 (1,92)	0,48
Placebo	940	7,38 (1,93)		796	7,77 (1,88)		1 795	7,60 (1,92)	
<b>IMC</b>									
IMC<25	949	7,41 (2,03)	0,52	1 184	7,75 (1,88)	0,01	2 133	7,60 (1,95)	0,22
25≤IMC<30	852	7,39 (1,86)		312	8,11 (1,78)		1 164	7,58 (1,87)	
IMC≥30	130	7,21 (1,92)		104	7,58 (1,71)		234	7,37 (1,84)	



Tableau 16. Association entre le PNNS-GS (à l'inclusion) et les variations anthropométriques (régression linéaire)

	$\beta^{a,b}$			<i>R</i> -square
	Estimate	IC à 95%	<i>P</i>	
<b>% variation de poids</b>				
Modèle 1 <sup>c</sup>	-0,17	-0,27, -0,06	0,001	0,02
Modèle 2 <sup>d</sup>	-0,15	-0,26, -0,05	0,004	0,03
<b>% variation de tour de taille</b>				
Modèle 1 <sup>c</sup>	-0,15	-0,29, 0,00	0,05	0,02
Modèle 2 <sup>d</sup>	-0,19	-0,34, -0,04	0,01	0,06
<b>% variation du rapport tour de taille/tour de hanche</b>				
Modèle 1 <sup>c</sup>	-0,05	-0,20, 0,10	0,50	0,05
Modèle 2 <sup>d</sup>	-0,16	-0,30, -0,03	0,02	0,25
<b>% variation de l'IMC</b>				
Modèle 1 <sup>c</sup>	-0,18	-0,29, -0,08	0,001	0,01
Modèle 2 <sup>d</sup>	-0,17	-0,28, -0,07	0,002	0,02

<sup>a</sup> Values are regression coefficients  $\beta$ , 95% CI, *P* value for a 1-point increase in PNNS-GS, and *R*-square of the model.

<sup>b</sup> A negative  $\beta$  indicates that the increase (expressed as a percentage of the initial anthropometric marker) was less by  $\beta\%$  for a 1-point higher PNNS-GS; a positive  $\beta$  means that the increase was more by  $\beta\%$  for a 1-point higher PNNS-GS.

<sup>c</sup> Model 1: adjusted for sex, age, and energy intake.

<sup>d</sup> Model 2: adjusted for sex, age, energy intake, tobacco status, education, supplementation group, height, and baseline anthropometric values.

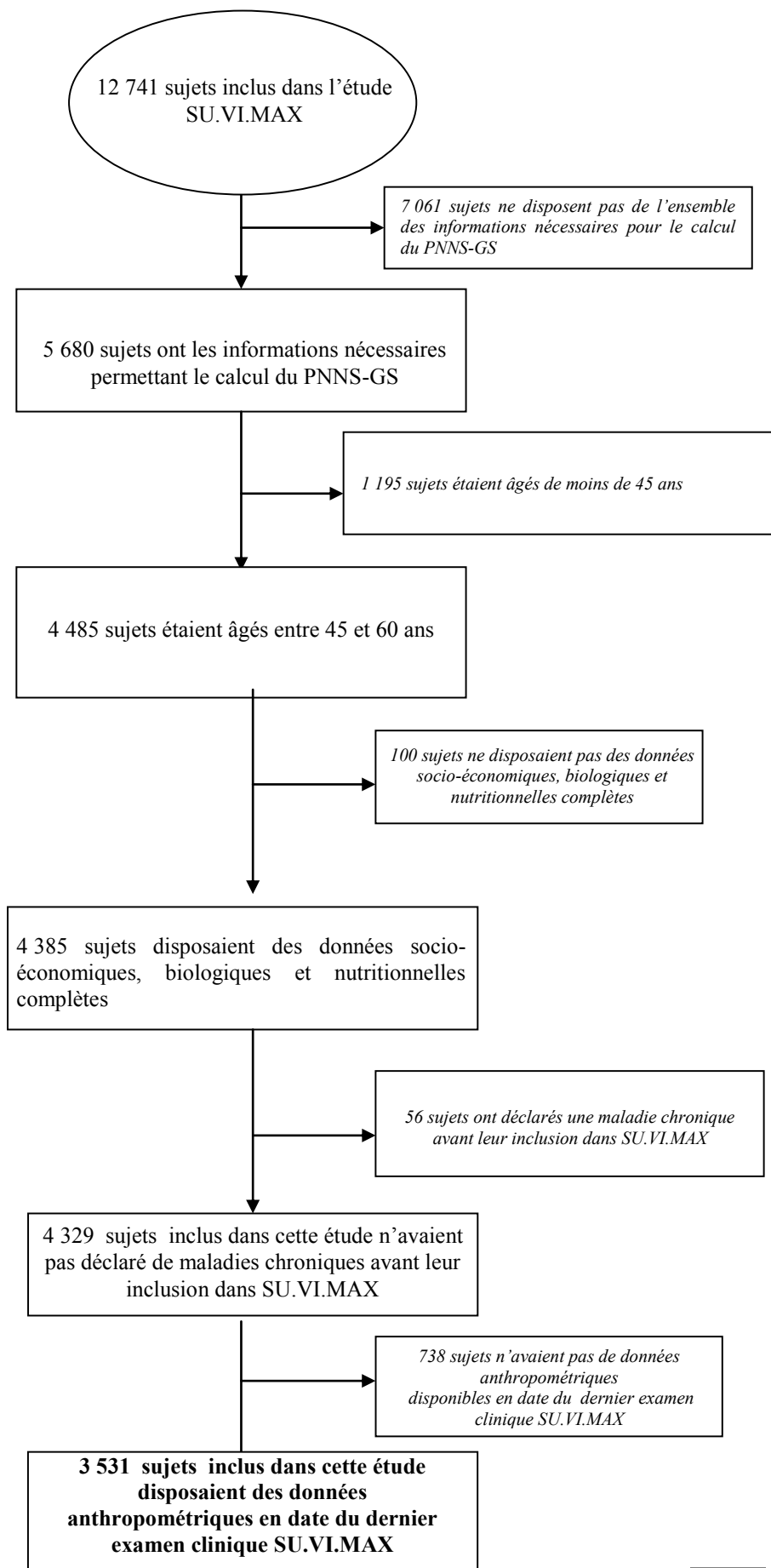
Tableau 17. Risque d'être en surpoids ou obèse à la fin du suivi en fonction du PNNS-GS

	<b>OR</b>	<b>IC à 95%</b>	<b><i>P</i></b>
<b>Risque de surpoids</b>			
Modèle 1 <sup>a</sup>	0,93	0,88-0,99	0,02
Modèle 2 <sup>b</sup>	0,93	0,88-0,99	0,03
<b>Risque d'obésité</b>			
Modèle 1 <sup>a</sup>	0,88	0,79-0,97	0,01
Modèle 2 <sup>b</sup>	0,89	0,80-0,99	0,03

<sup>a</sup> Adjusted for sex, age, and energy intake.

<sup>b</sup> Adjusted for sex, age, energy intake, tobacco status, education, supplementation group, and baseline anthropometric values.

Figure 3. Identification des sujets inclus



## Associations entre l'adhésion de la population aux indicateurs d'objectifs du PNNS, le statut nutritionnel et l'incidence des maladies chroniques.

*Ce travail a été présenté sous la forme d'une communication affichée au 3<sup>ème</sup> Congrès de la Société Française de Nutrition en Décembre 2007 et a fait l'objet d'une publication en 2008 dans la revue Journal of Nutrition (197) (Annexe 7)*

### Introduction

Un intérêt croissant a été porté ces dernières années à l'ensemble de l'alimentation, en tenant compte, si l'étude le permettait, de certains facteurs de risque nutritionnels (IMC, pression artérielle etc.) voire de marqueurs nutritionnels biologiques, afin de caractériser la relation entre la nutrition et les maladies chroniques. En effet, l'adhésion à une alimentation saine est associée dans la plupart des études à un moindre risque de mortalité (120,126,221) ainsi qu'à une incidence plus faible de maladies cardiovasculaires (96,222-224). Comme cela a été précisé précédemment, la plupart des scores alimentaires développés ces dernières années sont fondés sur des groupes d'aliments (certains y inclus des nutriments). Une seule étude, au moment de la publication de cet article, tenait compte à la fois de l'évaluation de la consommation alimentaire et du statut nutritionnel (127). Cette étude concluait à un moindre risque de développer un cancer chez les femmes ménopausées (127).

Parmi les neuf objectifs nutritionnels prioritaires du PNNS (Tableau 18) définis pour l'ensemble de la population française (84), cinq de ces objectifs portent sur des modifications de la consommation alimentaire (F&L, calcium et vitamine D, lipides, glucides, fibres et consommation d'alcool), trois portent sur des modifications des marqueurs de l'état nutritionnel (cholestérolémie, pression artérielle systolique et IMC) et un sur la modification de l'hygiène de vie en relation avec l'alimentation (activité physique).

Actuellement, la situation nutritionnelle en France au regard des objectifs de santé publique définis dans le PNNS est décrite par des études nationales (Etude Nationale Nutrition Santé-ENNS ; Etude Individuelle Nationale des Consommations Alimentaires-INCA). Afin de juger de l'éventuel impact des mesures et des actions mises en place par le PNNS, ces études seront répétées dans le temps afin de pouvoir mesurer l'évolution de la situation nutritionnelle. Ces études ne permettent pas à ce jour d'évaluer l'une des finalités du PNNS qui concerne la prévention des maladies chroniques.

L'objectif de cette étude était d'analyser les relations existantes entre l'adhésion de la population aux indicateurs d'objectifs du PNNS (évalué par un score *a priori*), le statut nutritionnel et l'incidence des maladies chroniques.

## Matériels et méthodes

### *Sélection de l'échantillon*

Les sujets inclus devaient remplir trois critères

- avoir rempli au moins 3 enregistrements alimentaires (147) au cours des 24 premiers mois de suivi. La consommation de nutriments, de vitamines, de minéraux et d'alcool a été estimée grâce à la table de composition nutritionnelle des aliments utilisés dans le cadre de l'étude SU.VI.MAX (157) ;
- ne déclarer aucun antécédent ou aucune maladie chronique au cours des 24 premiers mois de suivi ;
- l'ensemble des co-variables prises en compte dans les analyses statistiques devait être disponibles.

### *Données collectées dans le cadre de l'étude SU.VI.MAX*

A l'inclusion, nous disposions des données sociodémographiques (niveau d'études, PCS), de mode vie (statut tabagique, activité physique) ainsi que du bilan biologique. Lors du premier bilan clinique, en complément des mesures anthropométriques (poids, taille, IMC), la pression artérielle était mesurée en utilisant un sphygmomanomètre à mercure après une période de repos de 10 minutes, en position allongée. Si la pression artérielle systolique était supérieure à 160 mmHg ou si la pression artérielle diastolique était supérieure à 90 mmHg, alors une nouvelle mesure était prise après une période de repos de 5 minutes ; la valeur mesurée la plus faible était conservée. Les données d'activité physique utilisées dans cette étude sont celles issues du questionnaire MAQ envoyé aux volontaires en 1998.

### *Evénements de santé au cours du suivi*

A partir du moment où un volontaire signalait un problème de santé pouvant concerner les critères principaux de l'étude (cardiopathies ischémiques et/ou cancers), les médecins de l'étude SU.VI.MAX constituaient un dossier complet. Une fois constitué, ce dossier était validé ou non par le comité d'experts de l'étude SU.VI.MAX<sup>19</sup>, les autres pathologies étaient repérées lors des transmissions mensuelles des volontaires ou lors des examens biologiques

ou cliniques. Etant donné que les volontaires devaient transmettre régulièrement des données, le centre coordinateur de l'étude recherchait des informations sur le volontaire si celui-ci ne communiquait plus ou s'il ne se rendait pas à un rendez-vous programmé. En cas de décès, l'équipe cherchait à obtenir un certificat de décès spécifiant la cause de celui-ci. Des recherches ont également été faites dans le registre national des décès en utilisant la date et la commune de naissance. L'ensemble des événements de santé a été codé selon la classification internationale des maladies (CIM-10) proposée par l'OMS (158).

### Définition du score FSIPO (French Score of Indicators of the PNNS Objectives)

#### *Choix des composantes*

Le choix des composantes intégrées dans ce score repose sur les indicateurs de suivi définis dans le cadre des objectifs de santé publique du PNNS (Tableau 19). Chacun de ces objectifs comprend un ou plusieurs indicateurs à mesurer. En fonction des données disponibles existantes au sein de la population, les composantes du FSIPO ont été définies sur la base de l'une des sources suivantes :

- les guides alimentaires du PNNS ;
- les ANC (15) ;
- les distributions observées au sein de la cohorte SU.VI.MAX lorsque ces données n'étaient pas disponibles au niveau national.

A l'exception de l'objectif concernant les F&L, les objectifs de santé publique du PNNS concernent essentiellement les apports en nutriments. Afin d'identifier les petits consommateurs de F&L (162), la définition du groupe F&L utilisée dans les travaux précédents a été reprise dans cette étude<sup>20</sup>. Comme dans les articles précédents, la plupart des portions standards utilisées dans cette étude ont été reprises des guides PNNS existants (161). Au cas où aucune portion standard n'ait été décrite dans les guides PNNS, la valeur la plus décrite dans la littérature a été utilisée (ex : F&L= 80 grammes) (6). Les ANC (15) ont été utilisés pour l'évaluation des apports en calcium, en fibres et en sucres simples. Les apports en énergie provenant des macronutriments (glucides, lipides, protéines, alcool) ont été rapportés aux apports énergétiques totaux sans alcool (AESA) (15). Les objectifs à atteindre pour la pression artérielle systolique et la cholestérolémie ont été définis dans la population SU.VI.MAX (ces données n'étant pas disponibles à un niveau national). La vitamine D n'a

---

<sup>19</sup> A noter que le comité d'experts ne connaissait pas le groupe de traitement du sujet (supplémentation ou placebo).

<sup>20</sup> tous les F&L (à l'exception des pommes de terre, des fruits secs, séchés ou oléagineux, les légumes secs), les 100% pur jus de fruits ou de légumes, les plats composés contenant dans leur composition des fruits ou des légumes ont été inclus dans ce groupe.

pas été retenue dans cette étude car elle n'a été dosée que dans un sous-échantillon de faible taille.

### *Notation*

Le principe retenu par le groupe de travail (Tableau 19) pour l'attribution des points est le suivant :

- Un point (note maximum) était attribué aux personnes atteignant l'objectif de santé défini dans le PNNS. Une exception à cette règle a été faite pour les personnes dépassant l'objectif attendu pour l'activité physique. Ces sujets se voient attribuer un demi-point supplémentaire ;
- Un demi-point (note intermédiaire) a été attribué aux sujets qui n'atteignent pas l'objectif attendu mais qui s'en rapprochent ;
- Aucun point (note minimum) n'est attribué aux autres situations

Afin de tenir compte des connaissances sur les relations entre l'alimentation et les maladies chroniques (entre 2004-2007), le groupe de travail a fait le choix de définir des pondérations intra- et inter- composantes. Une pondération plus élevée a ainsi été attribuée aux composantes pour lesquelles le niveau de preuve était suffisant pour les considérer comme des facteurs protecteurs vis-à-vis de l'incidence des maladies chroniques (Tableau 19).

### *Déduction de points selon les apports énergétiques*

Comme pour le PNNS-GS, une pénalisation a été définie pour les sujets déclarant des apports énergétiques plus élevés que ceux attendus.

Au final, sur la base des neuf objectifs prioritaires, treize composantes définissent le FSIPO. Le score maximum est de 17.5. Les scores les plus élevés reflètent l'état nutritionnel des sujets proche des objectifs de santé publique définis dans le cadre du PNNS.

### Analyses statistiques

Les analyses statistiques ont été réalisées selon le sexe. La consommation alimentaire journalière a été estimée sur la base des moyennes des enregistrements alimentaires transmis au cours des 24 premiers mois de suivi.

Certains des nutriments et des marqueurs biologiques ont été transformés logarithmiquement. Une ANOVA a été utilisée pour analyser les relations existantes entre les tertiles du score et les données socio-économiques. Les associations entre le FSIPO et les nutriments ou les

biomarqueurs tiennent compte de l'âge (en continu) et de l'apport énergétique total (en continu) ; ces analyses incluent également un test de linéarité. Tous les modèles définis ont été ajustés sur l'âge (en continu). La relation entre le FSIPO et l'incidence des maladies chroniques a été analysée par des analyses de survie (225). Le premier événement de santé (cancer ou MCV ou décès) a été pris en compte dans les analyses de survie. Le temps de suivi considéré dans les analyses a été défini de la manière suivante :

- intervalle de temps entre la fin des deux premières années de suivi (1996-1997) et le premier événement majeur de santé (cancer ou MCV ou décès)

ou

- intervalle de temps entre la fin des deux premières années de suivi (1996-1997) et la date de dernières nouvelles

ou

- intervalle de temps entre la fin des deux premières années de suivi (1996-1997) et le jour où le volontaire a complété 10 ans de suivi (2004-2005).

L'ensemble des événements de santé a été codé selon la CIM-10 :

- pour les maladies cardio-vasculaires (ICD-10-CM codes 120-125, 163, 165, 166, 170, 171, 174) ;
- pour les cancers (ICD-10-CM codes C00-C97, D00-D09, D37-D48),
- à l'exception du mélanome malin de la peau (ICD-10-CM codes C44 et M809-M811) (158) ; ou toute cause de décès.

Les variables incluses dans les modèles de Cox sont les suivantes : statut tabagique (non fumeur, ancien fumeur, fumeur), niveau d'études (primaire, secondaire, études supérieures) ainsi que l'apport énergétique total (en continu). Pour les femmes, le statut ménopausique à l'inclusion (oui/non) ainsi que le nombre d'enfants (0, 1-2,  $\geq 3$ ) ont été pris en compte dans les modèles. Etant donné que les sujets de la cohorte SU.VI.MAX ont reçu soit un apport quotidien en vitamines et minéraux antioxydants soit un placebo, cette variable a été prise en compte dans tous les modèles multivariés. L'hypothèse des risques proportionnels a été vérifiée. Les analyses ont été réalisées sur SAS version 8.2.

## Résultats

La cohorte initiale SU.VI.MAX était composée de 12 741 sujets. Au final, 4 976 sujets (2 095 hommes et 2 881 femmes) remplissaient les critères d'inclusion de cette analyse (Figure 4). Au cours des 8 ans de suivi, 455 événements majeurs de santé ont été validés : 261 cancers (106 hommes et 155 femmes), 131 maladies cardiovasculaires (103 hommes et 28 femmes) et

63 décès (33 hommes et 30 femmes). Les hommes étaient en moyenne âgés de 52,0 ans ( $\pm 4,7$ ) et les femmes de 47,3 ans ( $\pm 6,6$ ). Le FSIPO moyen est estimé dans cette population à  $8,9 \pm 2,3$  (étendue : de 1,4 à 15,4) chez les hommes et à  $9,2 \pm 2,2$  (étendue : 0,9-15,3) chez les femmes. Ce score suit une distribution normale aussi bien au sein de la population féminine que masculine.

Chez les hommes, le FSIPO était associé significativement à l'âge, la PCS et le statut tabagique (Tableau 20). En effet, les hommes âgés entre 55 et 60 ans, ainsi que les non-fumeurs obtiennent les scores les plus élevés (Tableau 20). Chez les femmes, la même relation est observée pour les non-fumeuses et les cadres. Contrairement aux hommes, ce sont les femmes les plus jeunes qui obtiennent les scores les plus élevés (Tableau 20).

Comme le montre le Tableau 21, une fois pris en compte l'ajustement sur l'âge et les apports énergétiques journaliers, un meilleur état nutritionnel est retrouvé chez les sujets classés dans les tertiles les plus élevés. Cette relation est vérifiée dans l'ensemble de la population pour les macronutriments, les vitamines (à l'exception de la vitamine D) et les minéraux (à l'exception du fer chez les hommes et le sodium chez les femmes). Cette tendance se retrouve également pour la plupart des marqueurs biologiques nutritionnels étudiés (Tableau 21) ; à l'exception de l'apo-lipoprotéine A1 dans l'ensemble de la population, le zinc sérique et le rétinol chez les hommes et le sélénium sérique chez les femmes.

Après ajustement sur l'âge et les apports énergétiques journaliers (Tableau 22), le FSIPO est inversement associé au risque de déclarer un événement majeur de santé au cours du suivi chez les hommes inclus dans notre étude. Cette relation est de nouveau retrouvée dans les modèles multivariés. Les sujets se situant dans le tertile le plus élevé ont 36% moins de chance de déclarer au cours du temps un événement majeur de santé comparativement à ceux étant dans le tertile le plus bas (Tableau 22). Le test de linéarité est à la limite de la signification statistique ( $p=0,05$ ). Aucune relation n'a été retrouvée chez les femmes.

Ces mêmes analyses statistiques ont été réalisées sans application de la pénalité due à des apports énergétiques excédentaires. Bien que les deux scores classent la plus grande majorité des sujets de la même façon ( $r=0,93$ ,  $p<0,0001$ ), les résultats obtenus divergent puisque l'adhésion aux objectifs de santé publique n'apparaît plus, de manière significative, comme un facteur protecteur.



## Discussion

Au sein d'une population composée d'adultes d'âge moyen, nos résultats montrent que l'adéquation aux indicateurs d'objectifs de santé publique définis dans le cadre du PNNS diminuerait de 36% le risque de déclarer, au bout de huit ans de suivi, un évènement majeur de santé chez les hommes. Aucune relation n'a été retrouvée chez les femmes. Notre étude permet également de souligner que les sujets obtenant les scores les plus élevés présentent de meilleurs apports alimentaires et nutritionnels et de meilleurs statuts en minéraux et vitamines.

L'effet protecteur d'un régime alimentaire proche des recommandations nutritionnelles est retrouvé dans la plupart des études qu'elles aient inclus des nutriments (120,126,226) ou pas (221) dans leur score. Par exemple, le Recommended Food Score (RFS) (126) était associé à un moindre risque de décès par cancer. Une des limites de ce score était que la pondération accordée au F&L était très importante. En effet, sur un score maximum de 23 points, 15 étaient associés à la consommation de F&L. Malgré cette limite, le RFS confirmait le rôle protecteur des F&L sur certaines localisations de cancer.

Peu d'études ayant défini un score alimentaire *a priori* se sont intéressées à la relation entre celui-ci et l'incidence des maladies chroniques. A notre connaissance, deux cohortes (Nurses' Health Study ; Health Professionals Follow-up Study) (222,223) utilisant le HEI (95) avaient été publiées au moment de la publication de cet article. Dans l'étude Health Professionals Follow-up Study (222), les auteurs ont montré une relation inverse entre le HEI et l'incidence des maladies chroniques (MCV et cancer) chez des hommes suivis pendant 8 ans. Une association entre HEI et MCV avait été retrouvée chez les femmes suivies dans le cadre de la Nurses' Health Study pendant 12 ans. Aucune relation n'a été retrouvée concernant l'incidence du cancer dans ces études. Bien que les recommandations nutritionnelles soient différentes entre les deux pays et que d'un point de vue méthodologique le HEI et le FSIPO ne soient pas comparables, les conclusions entre ces trois études sont similaires.

Plusieurs hypothèses peuvent être formulées pour expliquer l'absence d'association entre le FSIPO et l'incidence de maladies chroniques chez les femmes. Le cancer le plus communément observé au cours des 8 ans de suivi chez les femmes incluses dans la cohorte SU.VI.MAX était le cancer du sein. A ce jour, et ce malgré une littérature importante sur la question, les experts considèrent que le niveau de preuve est insuffisant concernant les relations entre l'alimentation et cette localisation de cancer (227,228). Cependant, des publications récentes soulignent le rôle délétère d'un excès de consommation de boissons

alcoolisées, d'une prise de poids au cours de l'âge adulte, d'un manque d'activité physique sur l'apparition d'un cancer du sein parmi les femmes ménopausées (4,5,229). Le faible nombre de cancers du sein parmi les femmes ménopausées incluses dans cette étude combinée à une durée de suivi « insuffisante » (dû au temps de latence parfois important avant qu'un sujet ne déclare une maladie chronique) a probablement entraîné un manque de puissance statistique dans nos analyses. En effet, sur la même période de temps, le ratio cancer/maladies cardiovasculaires est 5,5 fois plus élevé chez les femmes alors qu'il est de 1 chez les hommes. Cette différence a probablement eu un effet lors de l'évaluation de la relation entre le FSIPO et l'incidence des maladies chroniques.

Nous avons retrouvé dans la littérature, un article ayant testé leur score avec et sans les composantes « non-alimentaire » (127) au sein d'une cohorte de femmes ménopausées. Cette étude ne retrouvait pas de relation significative entre l'incidence du cancer et les composantes alimentaires du score. Nous avons également testé cette approche au sein de notre population masculine (données non présentées) ; nous ne retrouvons plus de relation significative entre l'incidence des maladies chroniques étudiées dans l'étude SU.VI.MAX et le FSIPO. Ce résultat démontre que les marqueurs de l'état nutritionnel inclus dans les objectifs de santé publique doivent être considérés comme des facteurs intermédiaires de survenue de maladies chroniques. En effet, dans le cadre de la prévention des maladies chroniques, tenir compte uniquement de critères tels que le cholestérol, la pression artérielle ou l'indice de masse corporelle n'est probablement pas suffisant.

Contrairement aux Etats-Unis, la France n'a pas défini de recommandations nutritionnelles en fonction de l'âge, du sexe et de l'apport énergétique journalier. Malgré l'absence de ce type d'informations, la prise en compte de l'apport énergétique est apparue essentielle dans la conception du FSIPO. En effet, il était important de tenir compte du fait qu'un sujet ayant un apport énergétique élevé a plus de chances d'atteindre les objectifs alimentaires (91,97) que les autres individus. D'un point de vue méthodologique, ceci s'est traduit par la mise en place d'une pénalisation pour les sujets déclarant des apports énergétiques excédentaires. L'intérêt de cette pénalisation s'observe sur nos résultats puisque l'apport énergétique moyen par tertiles de score diffère chez les hommes. Bien que le FSIPO (avec ou sans pénalité) classent les sujets de la même façon, nous ne retrouvons plus de relation significative entre le FSIPO (sans pénalité) et les maladies chroniques montrant ainsi l'intérêt de notre démarche. A notre connaissance, un seul autre score (DGAI) a été conçu avec une pénalité (97).

Nos conclusions sont cohérentes avec l'ensemble des études disponibles. Dans notre étude, les sujets masculins les plus âgés sont ceux qui obtiennent des scores élevés (95,97,110). Ce résultat n'est pas observé chez les femmes. Une des explications possible est que les femmes les plus jeunes ont obtenues plus fréquemment que leurs aînées des diplômes sanctionnant des études supérieures et qu'elles ont eu plus souvent accès à des postes plus élevés. Les scores obtenus par les fumeurs confirment également une moindre adhésion de leur part aux indicateurs d'objectifs (200).

Quelques limites sont à souligner. Un nombre important de sujets a été exclus de cette analyse limitant ainsi la portée de ces résultats à d'autres populations (159). Comme pour les autres études décrites dans cette thèse, un intérêt plus important des volontaires de la cohorte SU.VI.MAX concernant la santé et/ou l'alimentation n'est pas à exclure.

Il serait également intéressant de disposer d'études bénéficiant de différentes méthodes de recueil alimentaire pour étudier leur impact éventuel lors de la conception d'un score alimentaire. En effet, il a été démontré qu'un sujet répondant à un enregistrement alimentaire, comme cela est le cas dans SU.VI.MAX, n'estime pas correctement la taille des portions et a tendance à sous-estimer les aliments « non sains ». Le fait que nous prenions en compte dans cette étude un nombre important d'enregistrements alimentaires sur une période de deux ans nous permet probablement de minimiser ce biais.

Certains points forts de notre étude doivent également être soulignés. L'étude SU.VI.MAX a permis de constituer une banque importante de données nutritionnelles, de mode de vie ou de caractéristiques socio-économiques. Cette collecte de données a permis de prendre en compte un nombre important de facteurs de confusion dans les analyses statistiques.

Notre score a démontré sa validité puisque les sujets obtenant les scores les plus élevés sont ceux ayant un mode de vie et des habitudes alimentaires considérés comme sains. L'association significative retrouvée entre le FSIPO et le statut nutritionnel valide notre approche et permet de souligner que ce sont des marqueurs prédictifs de la morbidité (les sujets ayant les scores les plus élevés ont un meilleur état nutritionnel).

Le choix d'analyser nos données selon le sexe se justifiait par la méthodologie choisie dans l'étude SU.VI.MAX. Cette stratification a permis de montrer que les femmes présentaient un meilleur statut nutritionnel et une meilleure adhésion aux objectifs nutritionnels de santé publique. L'utilisation d'au moins trois enregistrements alimentaires transmis sur une période de deux ans permet d'avoir des estimations alimentaires satisfaisantes et représentatives de l'alimentation habituelle. Le score ainsi généré semble être

un bon reflet de l'alimentation quotidienne et limite les erreurs de classement des sujets en diminuant entre autre la variation intra-individuelle (182). Cette méthodologie semble être plus pertinente et précise en comparaison avec l'utilisation d'un questionnaire de fréquence alimentaire (127,222,223).

Pour pouvoir étudier les éventuelles relations entre l'alimentation et les maladies chroniques, l'utilisation de données issues de cohortes (avec un suivi suffisamment long) sont nécessaires. Le recueil des données concernant les évènements de santé auprès des volontaires inclus dans SU.VI.MAX s'est poursuivi après la publication de ces travaux de recherche. A l'avenir, il sera sans doute possible d'analyser le FSIPO par type de pathologies avec des effectifs suffisants.

### Conclusion

Le PNNS a été lancé en 2001, soit plusieurs années après le lancement de l'étude SU.VI.MAX. Ce score a été appliqué de manière rétrospective au sein de cette cohorte, il devra, comme le PNNS-GS, être à présent appliqué à des populations ayant connaissance de l'existence d'une politique nutritionnelle en France.

Cette étude démontre que le respect des objectifs nutritionnels de santé publique définis dans le cadre du PNNS est associé, chez les hommes, à un moindre risque de déclarer au cours du temps une maladie chronique. Ces résultats soulignent l'importance de la mise en œuvre d'une politique nutritionnelle en France et l'intérêt de poursuivre un tel programme.

Tableau 18. Neufs objectifs nutritionnels de santé publique

1. **Augmenter la consommation de fruits et légumes** afin de réduire le nombre de petits consommateurs de fruits et légumes d'au moins 25%.
2. **Augmenter la consommation de calcium** afin de réduire de 25% la population des sujets ayant des apports calciques en dessous des apports nutritionnels conseillés, tout en réduisant de 25% la prévalence des déficiences en vitamine D.
3. **Réduire** la contribution moyenne des **apports lipidiques totaux** à moins de 35% des apports énergétiques journaliers, avec une réduction d'un quart de la consommation des acides gras saturés au niveau de la moyenne de la population (moins de 35% des apports totaux de graisses).
4. **Augmenter la consommation de glucides** afin qu'ils contribuent à plus de 50% des apports énergétiques journaliers, en favorisant la consommation des aliments sources d'amidon, en réduisant de 25% la consommation actuelle de sucres simples et en augmentant de 50% la consommation de fibres.
5. **Réduire l'apport d'alcool** chez ceux qui consomment des boissons alcoolisées. Cet apport ne devrait pas dépasser l'équivalent de 20 g d'alcool pur par jour.
6. **Réduire de 5% la cholestérolémie moyenne** dans la population d'adultes.
7. **Réduire de 10 mm de mercure** la pression artérielle systolique chez les adultes.
8. **Réduire de 20% la prévalence du surpoids et de l'obésité** (IMC > 25 kg/m<sup>2</sup>) chez les adultes
9. **Augmenter l'activité physique** quotidienne par une amélioration de 25% du pourcentage des sujets faisant l'équivalent d'au moins ½ h de marche rapide par jour.

Figure 4. Identification des sujets inclus

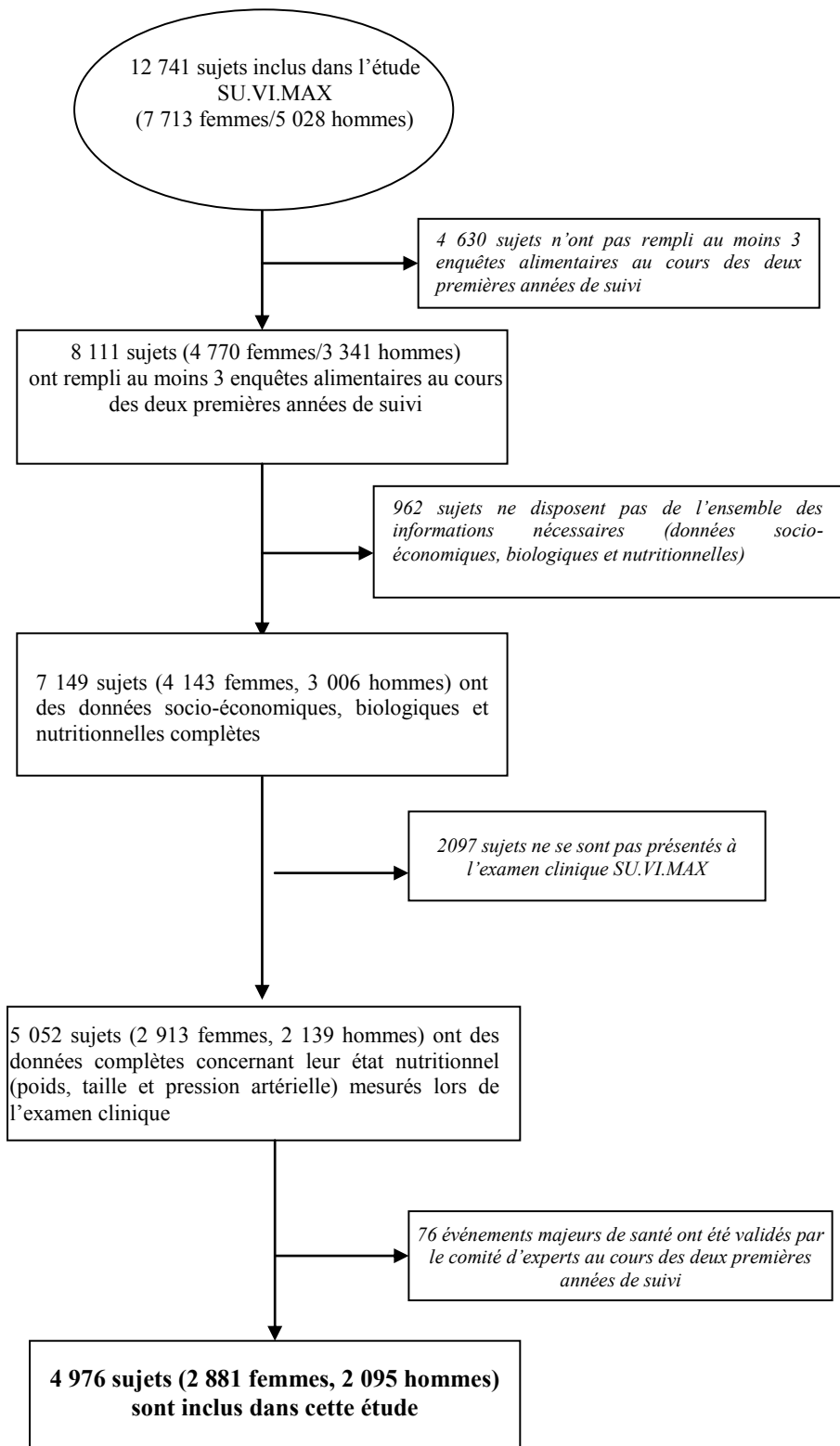


Tableau 19. Définitions du FSIPO

Objectifs nutritionnels prioritaire en terme de santé publique	Composante	Points	Seuils	Pondération intra-composante	Pondération inter-composante
Augmenter la consommation de fruits et légumes afin de réduire le nombre de petits consommateurs <sup>21</sup> de fruits et légumes d'au moins 25 %	1	0 0,5 1	< 2 fruits et légumes par jour Entre 2 et 3,5 fruits et légumes par jour ≥ 3,5 fruits et légumes par jour	-	3
Augmenter la consommation de calcium afin de réduire de 25 % la population des sujets ayant des apports calciques en dessous des apports nutritionnels conseillés, associée à une réduction de 25 % de la prévalence des déficiences en vitamine D	2	0 0,5 1	Apports calciques < 2/3 des ANC Apports calciques compris entre 2/3 des ANC et l'ANC Apports calciques ≥ Apports nutritionnels conseillés (ANC) <sup>22</sup>	-	1
Réduire la contribution moyenne des apports lipidiques totaux à moins de 35 % des apports énergétiques journaliers, avec une réduction d'un quart de la consommation des acides gras saturés au niveau de la moyenne de la population (moins de 35 % des apports totaux de graisses)	3	0 0,5 1	Apports lipidiques totaux ≥ 40% des AESA Apports lipidiques totaux compris entre 35-40% des AESA Apports lipidiques totaux ≤ 35% des AESA	1/3	2
	4	0 0,5 1	Acides gras saturés ≥ 45% des AESA Acides gras saturés compris entre 35-45% des AESA Acides gras saturés ≤ 35% des AESA	2/3	
Augmenter la consommation de glucides afin qu'ils contribuent à plus de 50 % des apports énergétiques journaliers en favorisant la consommation des aliments sources d'amidon, en réduisant de 25 % la consommation actuelle de sucres simples, et en augmentant de 50 % la consommation de fibres	5	0 0,5 1	Apports glucidiques < 40% des AESA Apports glucidiques compris entre 40-50% des AESA Apports glucidiques ≥ 50% des AESA	1/4	2
	6	0 0,5 1	<i>aliments sources d'amidon :</i> <25% (contribution amidon aux AESA) 25-35% ≥ 35%	1/4	
	7	0 0,5 1	<i>sucres simples:</i> +20% (contribution sucres simples aux AESA) 15-20% ≤15%	1/4	
	8	0 0,5 1	<i>fibres:</i> < 20 grammes par jour 20-30 grammes par jour ≥ 30 grammes par jour <sup>23</sup>	1/4	
Réduire la consommation d'alcool qui ne devrait pas dépasser 20 g d'alcool pur par jour chez ceux qui consomment des boissons alcoolisées	9	0 0,5 1	≥ 30 grammes par jour 20-30 grammes par jour ≤ 20 grammes par jour	-	1

<sup>21</sup> Un petit consommateur de fruits et légumes est défini comme consommant quotidiennement moins d'une portion et demi de fruits et moins de deux portions de légumes (pommes de terre exclue) (162)

<sup>22</sup> Les apports nutritionnels conseillés pour le calcium sont de 900 mg pour les adultes et de 1200 mg pour les femmes âgées de plus de 55 ans (15)

<sup>23</sup> Les apports nutritionnels conseillés en fibre est d'au moins 30 grammes par jour (15)

Tableau 19 (suite). Définition du FSIPO

Objectifs nutritionnels prioritaire en terme de santé publique	Composante	Points	Seuils	Pondération intra-composante	Pondération inter-composante
Réduire de 5% la cholestérolémie moyenne dans la population des adultes	10	0 0,5 1	$\geq 5.85 \text{ mmol/L}$ Cholestérolémie comprise entre 5.7 et 5.85 $\text{mmol/L}$ (réduction comprise entre 2.5 et 5% ) $\leq 5.7 \text{ mmol/L}$ (réduction d'au moins 5%, par rapport à la valeur moyenne observée dans SU.VI.MAX <sup>24</sup> )	-	1,5
Réduire de 10 mm de mercure la pression artérielle systolique chez les adultes	11	0 0,5 1	$\text{PAS} \geq 119 \text{ mmHg}$ PAS comprise entre 114 and 119 $\text{mmHg}$ (réduction comprise entre 5-10 $\text{mmHg}$ ) $\text{PAS} \leq 114 \text{ mmHg}$ (réduction d'au moins 10 $\text{mmHg}$ par rapport à la valeur moyenne observée dans SU.VI.MAX <sup>25</sup> )	-	1,5
Réduire de 20 % la prévalence du surpoids et de l'obésité (IMC > 25 $\text{kg/m}^2$ ) chez les adultes	12	0 0,5 1	$\text{IMC} \geq 30 \text{ kg/m}^2$ IMC comprise entre 25-30 $\text{kg/m}^2$ $\text{IMC} \leq 25 \text{ kg/m}^2$	-	3
Augmenter l'activité physique, dans les activités de la vie quotidienne, par une amélioration de 25 % du pourcentage des sujets faisant, par jour, l'équivalent d'au moins une demi-heure de marche rapide (monter les escaliers à pied, faire les courses à pied)	13	0 0,5 1  +0,5	Moins de 15 minutes Entre 15-30 minutes Au moins 30 minutes  Plus d'une heure	-	2

<sup>24</sup> La cholestérolémie moyenne est estimée à 6  $\text{mmol/L}$  dans la cohorte SU.VI.MAX.

<sup>25</sup> La pression artérielle systolique moyenne est estimée à 124  $\text{mmHg}$  dans la cohorte SU.VI..MAX



Tableau 20. Scores moyens obtenus selon les caractéristiques des sujets au moment de l'inclusion dans l'étude (1994-1995)

	Hommes			Femmes		
	n	FSIPO	P	n	FSIPO	P
<b>Classes d'âge, années</b>						
35-39		-		416	9,6±2,2	<0,0001
40-44		-		614	9,4±2,3	
45-49	789	8,8±2,3	0,009	818	9,3±2,2	
50-54	635	8,7±2,3		547	9,0±2,2	
+ 55	671	9,1±2,1		486	8,7±2,2	
<b>Statut marital</b>						
Vit seul(e)	200	8,8±2,2	0,56	541	9,2±2,3	0,98
Vit avec un partenaire	1895	8,9±2,3		2340	9,2±2,2	
<b>PCS</b>						
Agriculteurs, artisans/commerçants	165	8,5±2,2	0,04	100	8,7±2,4	0,002
Cadres et chefs d'entreprise	1270	8,9±2,3		1475	9,3±2,2	
Professions intermédiaires, employés, ouvriers	238	8,8±2,3		582	9,0±2,3	
Retraités, sans emploi	422	9,1±2,2		724	9,2±2,3	
<b>Niveau d'études</b>						
Primaire	512	8,7±2,3	0,10	540	8,8±2,3	<0,0001
Secondaire	740	8,8±2,4		1179	9,1±2,3	
Etudes supérieures	843	9,0±2,2		1162	9,4±2,2	
<b>Statut tabagique</b>						
Non fumeurs	749	9,2±2,3	<0,0001	1670	9,2±2,2	0,0006
Anciens fumeurs	1092	8,8±2,2		841	9,3±2,2	
Fumeurs	254	8,0±2,3		370	8,8±2,2	

Tableau 21. Statut nutritionnel et marqueurs biologiques par tertiles de score FSIPO

	Hommes				Femmes			
	FSIPO Tertiles			Ptrend	FSIPO Tertiles			Ptrend
	<9 n=1080	9-12 n=619	≥12 n=396		<9 n=1293	9-12 n=945	≥12 n=643	
<b>Prise de la supplémentation (%)</b>	50,4	52,2	53,0	0,60	49,3	50,4	50,7	0,80
<b>Nutriments<sup>1</sup></b>								
Vitamine B <sub>9</sub> , $\mu\text{g}$	326,0±98,4	349,7±99,9	3370,3±94,6	<0,0001	273,9±99,3	291,8±80,0	316,1±88,4	<0,0001
$\beta$ -carotène, $\mu\text{g}$	3746,5±2299,0	4383,5±2711,5	4882,2±2620,0	<0,0001	3420,3±2172,7	4033,4±2610,0	4577,9±2522,8	<0,0001
Vitamine C, $\text{mg}$	90,6±47,6	99,7±44,6	113,7±52,2	<0,0001	83,8±43,8	96,1±41,1	105,4±40,1	<0,0001
Calcium, $\text{mg}$	1006,1±351,7	1059,0±328,4	1072,3±304,2	<0,0001	867,0±325,3	916,8±292,4	977,3±297,1	<0,0001
Cholestérol, $\text{mg}$	453,9±148,2	440,1±141,1	409,4,4±129,4	<0,0001	370,0±127,2	352,3±113,2	338,9±109,8	<0,0001
Vitamine D, $\mu\text{g}$	3,1±2,1	3,2±2,0	3,0±2,1	0,34	2,56±1,7	2,51±1,7	2,57±1,8	0,92
Fer, $\text{mg}$	15,1±4,2	15,1±4,1	15,0±3,6	0,31	11,1±3,4	11,6±2,7	12,2±2,8	0,0002
Potassium, $\text{mg}$	3335,2±808,9	3431,5±748,7	3515,0±696,5	<0,0001	2651,9±750,3	2770,2±595,7	2910,7±615,7	<0,0001
Magnésium, $\text{mg}$	337,5±84,8	343,9±82,7	351,6±76,7	<0,0001	257,5±76,2	265,9±60,8	279,4±63,9	<0,0001
Sodium, $\text{mg}$	4000,4±1275,9	4079,1±1270,6	4200,4±1143,3	<0,0001	3038,9±1139,2	3057,6±920,0	3103,2±900,5	0,09
Phosphore, $\text{mg}$	1452,8±356,1	1475,7±329,4	1488,8±307,2	0,003	1148,9±333,3	1169,9±272,9	1217,0±274,3	<0,0001
Fibre soluble, $\text{g}$	3,9±1,4	4,5±1,4	4,9±1,5	<0,0001	3,3±1,3	3,6±1,1	4,1±1,1	<0,0001
Sucre simple, $\text{g}$	98,1±38,4	106,6±37,8	116,8±36,1	<0,0001	83,8±34,6	89,8±28,6	95,3±28,7	<0,0001
Fibres solubles, $\text{g}$	19,7±6,9	22,3±7,1	25,2±7,7	<0,0001	16,2±6,5	17,7±5,1	19,9±5,5	<0,0001
Protéines, % <sup>3</sup>	18,3	17,8	17,3	<0,0001	18,0	17,6	17,5	0,004
Protéines végétales, % <sup>3</sup>	4,7	4,9	5,3	<0,0001	4,6	4,7	5,0	<0,0001
Protéines animales, % <sup>3</sup>	13,6	12,9	12,0	<0,0001	13,4	12,9	12,6	<0,0001
Glucides disponibles, % <sup>3</sup>	40,5	42,8	45,9	<0,0001	40,7	42,2	43,5	<0,0001
Lipides, % <sup>3</sup>	41,2	39,4	36,8	<0,0001	41,3	40,2	38,9	<0,0001
Apports énergétiques journaliers, $\text{Kcal}^{4,5}$	2378,2±559,9	2530,7±570,8	2644,3±569,5	<0,0001	1732,4±450,0	1890,9±443,6	1951,6±465,1	<0,0001
Apports énergétiques journaliers, $\text{Kcal}^{4,6}$	2439,1±609,1	2493,1±557,4	2569,9±489,5	0,0001	1866,5±541,3	1825,0±388,8	1837,0±379,6	0,19

<sup>1</sup> Moyenne ± ET ajusté sur l'âge et l'apport énergétique<sup>2</sup> Moyenne ± ET ajusté sur l'âge<sup>3</sup> Apports énergétiques totaux sans alcool<sup>4</sup> 1 Kcal= 4.184 kJ<sup>5</sup> Apports énergétiques moyens sans application de la pénalisation (ajusté sur l'âge)<sup>6</sup> Apports énergétiques moyens avec application de la pénalisation (ajusté sur l'âge)

Tableau 21 (suite). Statut nutritionnel et marqueurs biologiques par tertiles de score FSIPO

	Hommes				Femmes			
	FSIPO Tertiles			Ptrend	FSIPO Tertiles			Ptrend
	<9 n=1080	9-12 n=619	≥12 n=396		<9 n=1293	9-12 n=945	≥12 n=643	
<b>Marqueurs biologiques<sup>2,7,8</sup></b>	<b>nutritionnels</b>							
Triglyceridémie, mmol/L <sup>a,9</sup>	1,27±0,02	1,08±0,02	0,93±0,03	<0,0001	0,86±0,01	0,74±0,01	0,72±0,02	<0,0001
Glycémie, mmol/L <sup>a,9</sup>	5,98±0,004	5,91±0,005	5,74±0,007	<0,0001	5,57±0,003	5,43±0,004	5,39±0,004	<0,0001
Apo-lipoprotéine A1, g/L <sup>b</sup>	1,54±0,2	1,55±0,2	1,54±0,2	0,98	1,72±0,3	1,69±0,3	1,71±0,3	0,24
Apo-lipoprotéine B, g/L <sup>b</sup>	1,25±0,2	1,16±0,3	1,06±0,2	<0,0001	1,08±0,2	1,00±0,2	0,95±0,2	<0,0001
Ferritine sérique, µg/L <sup>c,9</sup>	157,7±0,04	127,2±0,04	106,2±0,05	<0,0001	37,6±0,03	36,2±0,03	32,1±0,04	0,0007
Transferrine sérique, g/L <sup>d</sup>	2,55±0,5	2,46±0,5	2,43±0,4	0,0003	2,60±0,5	2,54±0,5	2,53±0,5	0,006
Sélénium, µmol/L <sup>e,9</sup>	1,14±0,005	1,15±0,007	1,11±0,009	0,02	1,09±0,005	1,09±0,005	1,07±0,007	0,10
Zinc, µmol/L <sup>f,9</sup>	13,5±0,004	13,3±0,006	13,4±0,007	0,30	12,8±0,005	12,7±0,005	12,6±0,006	0,04
Rétinol, µmol/L <sup>g,9</sup>	2,41±0,009	2,35±0,01	2,34±0,01	0,06	2,00±0,009	1,93±0,01	1,89±0,01	<0,0001
Alpha-tocophérol, µmol/L <sup>g</sup>	32,5±8,3	31,4±7,4	30,2±7,0	<0,0001	31,7±7,6	30,5±7,6	29,4±7,1	<0,0001
β-Carotène, µmol/L <sup>g, h,9</sup>	0,35±0,02	0,41±0,03	0,48±0,03	<0,0001	0,53±0,02	0,59±0,02	0,65±0,03	<0,0001
Vitamine C, µg/mL <sup>i,9</sup>	7,5±0,02	8,4±0,02	8,6±0,03	<0,0001	9,0±0,01	10,0±0,01	10,5±0,02	<0,0001

<sup>2</sup> Moyenne ± ET ajusté sur l'âge<sup>7</sup> Données disponibles pour les hommes : (a) 2056 (b) 2089 (c) 1459 (d) 1460 (e) 2051 (f) 2056 (g) 1771 (h) 1770 (i) 1739<sup>8</sup> Données disponibles pour les femmes : (a) 2823 (b) 2876 (c) 2745 (d) 2747 (e) 2804 (f) 2816 (g) 2459 (h) 2459 (i) 2416<sup>9</sup> Moyenne géométrique ± SEM

Tableau 22. Estimation du risque (Hazard Ratio  $\pm$  IC à 95%) de déclarer au cours du suivi un évènement majeur de santé<sup>1</sup> par tertiles du score

	FSIPO Tertiles		Ptrend
	1		
<b>Hommes</b>			
Evénements majeurs de santé (no.cas)	139		
Modèle 1	1	0,76 (0,56-1,02)	0,62 (0,42-0,91) 0,02
Modèle 2 <sup>2</sup>	1	0,78 (0,57-1,05)	0,64 (0,44-0,96) 0,05
<b>Femmes</b>			
Evénements majeurs de santé (no.cas)	101		
Modèle 1	1	0,92 (0,67-1,27)	0,91 (0,63-1,33) 0,84
Modèle 2 <sup>3</sup>	1	0,96 (0,70-1,31)	0,93 (0,64-1,36) 0,92

<sup>1</sup> Est considéré comme un évènement majeur de santé une déclaration de cancer, de MCV ou un décès

<sup>2</sup> Ajusté sur l'âge (en continu), statut tabagique (jamais, ancien, actuel), niveau d'études (primaire, secondaire, études supérieures), apports énergétiques totaux (en continu), supplémentation (placebo, principe actif)

<sup>3</sup> Ajusté sur l'âge (en continu), statut tabagique (jamais, ancien, actuel), niveau d'études (primaire, secondaire, études supérieures), apports énergétiques totaux (en continu), supplémentation (placebo, principe actif), statut ménopausique (oui/non), nombre d'enfants (0, 1-2,  $\geq$  3)

## Discussion générale

La première campagne d'information menée dans le cadre du PNNS s'est axée sur la consommation d'au moins 5 F&L par jour. Parmi les travaux menés dans le cadre de cette thèse, un des articles s'est intéressé aux caractéristiques sociodémographiques, économiques et aux habitudes de vie des personnes ayant un comportement en adéquation avec ce message de santé publique. Ce travail s'est également intéressé à la contribution des F&L au coût de la ration alimentaire quotidienne et aux familles de F&L consommées selon le SSE. Il est important de démontrer quels bénéfices pour la santé peuvent attendre la population générale si elle respecte les recommandations nutritionnelles. Afin d'évaluer l'impact des recommandations du PNNS, le score PNNS-GS a été développé à partir des 9 repères portant sur l'alimentation et l'activité physique. Ce score est basé sur des principes d'adéquation et de modération et permet de voir au niveau de la population l'intérêt de tendre vers les recommandations nutritionnelles. Le score FSIPO a lui été développé à partir des 9 objectifs de santé publique. Il permet de mesurer l'impact, en termes de santé publique, d'une politique comme le PNNS si elle est appliquée et atteinte par l'ensemble de la population.

## **Principaux résultats**

### *Fruits et légumes*

La consommation d'au moins 5 F&L par jour était moins fréquente chez les personnes n'ayant pas fait d'études supérieures. En revanche, aucune différence n'a été observée par rapport à la PCS. Au sein de notre population d'adultes d'âge mûr, des disparités socio-économiques ont été retrouvées concernant la consommation des F&L (exprimée en quantité ou en variété). Les SSE les plus élevés sont ceux qui allouent le plus d'argent (exprimé en part) à l'achat des F&L. Nos résultats soutiennent l'hypothèse que les contraintes économiques peuvent être une des barrières à la consommation de F&L, surtout au sein des populations à faible SSE. Nous avons aussi observé que le prix influence le type de fruits ou de légumes consommés. En effet, les sujets ayant un niveau d'étude peu élevé ou les ouvriers achètent les F&L les moins chers tels que les fruits à pépin (pommes), les légumes-fruits (tomates), les haricots verts ou les petits pois.

### *Scores a priori*

Une meilleure adéquation aux recommandations ou aux objectifs était associée dans nos études à de meilleurs apports en macro/micro-nutriments, vitamines et minéraux. Les sujets présentant un score élevé (PNNS-GS ou FSIPO) étaient généralement plus âgés, pratiquaient plus fréquemment une activité physique quotidienne adéquate, appartenaient à une PCS plus

favorisée, étaient plus souvent non-fumeurs et avaient plus souvent une corpulence normale (IMC <25). Une augmentation de 1 point du PNNS-GS était associée à une réduction de 7% du risque de surpoids et à une réduction de 11% du risque d'obésité à 6 ans. Par ailleurs, une meilleure adéquation aux recommandations était associée à une moindre prise de poids, une moindre augmentation du tour de taille et une moindre augmentation de l'IMC. Une réduction de 36% du risque de maladies chroniques (décès, cancers et MCV) a été observée chez les hommes ayant un FSIPO élevé.

### **Construction des scores PNNS-GS et FSIPO – aspects méthodologiques**

L'existence de deux types d'indicateurs en France nous a fourni un contexte original pour définir des scores *a priori*. Les recommandations et les objectifs de santé publique définis dans le cadre du PNNS, ont servis de fondement aux scores développés dans le cadre de ce travail de recherche (161,190,197). L'originalité du PNNS-GS et du FSIPO est d'avoir pris en compte l'ensemble des repères/recommandations du PNNS y compris l'activité physique contrairement aux scores développés dans d'autres pays qui sélectionnent les conseils qui y sont intégrés (94,95,97).

Le groupe de travail a dû définir une méthodologie rigoureuse afin de créer ces scores ; certains de nos choix méthodologiques nous différencient de la plupart des scores *a priori* retrouvés dans la littérature. Les décisions prises au sein du groupe de travail sont détaillées ci-dessous.

*Quel classement des aliments utiliser pour définir les groupes d'aliments ?, de quelle façon peut-on tenir compte des plats composés ?*

La constitution des groupes d'aliments SU.VI.MAX a fait l'objet d'un consensus au sein de notre groupe de travail. En effet d'un point de vue méthodologique, la définition des groupes d'aliments est fondamentale pour l'évaluation des apports. Les guides alimentaires du PNNS présentent des exemples de groupes d'aliments mais ils ne pouvaient pas être exhaustifs sur tous les aliments existants (161). Il est donc apparu nécessaire de définir de manière collégiale et précise les groupes d'aliments concernés par les repères alimentaires du PNNS en déterminant les aliments et les boissons à inclure ou pas. Pour illustrer ce propos, on peut citer le groupe des F&L. Si les pommes de terre ne font généralement pas partie de ce groupe (sauf aux Etats-Unis), les conserves de légumes et les surgelés sont eux toujours inclus dans la catégorie des F&L. La question se pose plus souvent concernant les jus de fruits (100% pur jus) ou les soupes qui ne sont que très rarement classés dans ce groupe. De la même manière,

l'intégration des produits élaborés pour estimer par exemple la consommation quotidienne en F&L n'est pas homogène entre les études. Peu d'études ont à ce jour intégré des recettes dans leur méthodologie (HEI, HEI-2005, AHEI, DQI) (94,95,110,125,222,223) mais étant donné que les données de l'étude SU.VI.MAX le permettaient (et afin de respecter les recommandations du PNNS), le PNNS-GS et le FSIPO (pour les composantes concernées) ont été définis en tenant compte des aliments et de leurs recettes (à hauteur de leur contribution) (160,197,230). Il est important de noter que parmi les 250 aliments disponibles dans l'étude SU.VI.MAX, certains n'appartiennent à aucun groupe d'aliment (ex : les condiments).

#### *Quel système de notation (bonification, pénalisation) ?*

Peu de scores publiés jusqu'à présent ont utilisés le principe de bonification et/ou de pénalisation. Suite au recensement de la littérature effectué dans le cadre de ces travaux de recherche, nous avons pu observer pour certains scores<sup>26</sup> que les apports énergétiques journaliers étaient supérieurs chez les sujets qui obtenaient les scores les plus élevés. Il est intéressant de constater qu'aucun des ces auteurs ne discute ce résultat dans leurs publications malgré l'importance de ce point dans la construction d'un score *a priori*. En effet, ce résultat nous semble remettre en cause la validité de ces scores car les sujets obtenant un bon score sont ceux qui consomment le plus et qui ont de fait le plus de chances d'atteindre les repères/objectifs. Les sujets ainsi classés ne sont donc pas uniquement ceux qui suivent une alimentation conforme aux recommandations. De plus, ces personnes sont plus à risque de déclarer une prise de poids sur le long terme.

Parallèlement, certains scores développés aux Etats-Unis ont tenu compte des apports énergétiques, soit en ajustant les recommandations nutritionnelles selon le sexe et l'âge comme le HEI (95), le DQI-R (94) et le DGAI (97), soit en fonction de la « dietary misreporting » (135,232) soit en définissant leurs seuils selon les apports énergétiques conseillés (2500 Kcal pour les hommes, 2000 pour les femmes) (123). Afin de classer correctement les sujets, le groupe de travail a souhaité définir une pénalisation. Celle-ci a été appliquée dans nos deux scores aux sujets déclarant des apports énergétiques trop élevés. L'intérêt d'une pénalisation sur les apports énergétiques journaliers avait déjà été démontré dans l'étude de Fogli *et al.* avec le DGAI (97).

Afin de tenir compte de l'effet protecteur sur la morbidité d'une consommation relativement élevée en F&L, d'une consommation très modérée de sel ainsi que d'une pratique suffisante



d'une activité physique nous avons choisi d'attribuer des points supplémentaires aux personnes atteignant ces recommandations. A l'inverse une consommation importante de produits sucrés ou de sel a été pénalisée.

*Faut-il aborder la notion de « variété » ?*

Contrairement à d'autres scores (80,103,134,233,234), le groupe de travail a fait le choix de ne pas inclure de composante spécifique caractérisant la notion de « variété ». En effet, nous avons fait l'hypothèse que le suivi de la plupart des repères du PNNS permet *a priori* d'avoir une alimentation variée. De plus la notion de « variété » n'est pas réellement mise en avant dans les messages de santé publique diffusés auprès du grand public (sauf pour les F&L par exemple).

*Doit-on intégrer des pondérations inter-groupes et/ou intra-groupes ?*

Bien que l'attribution de points supplémentaires dans le PNNS-GS, pondère indirectement ce score (190,235), aucune hypothèse scientifique ne nous permettait d'intégrer des pondérations dans le PNNS-GS (190). Les repères étant globaux (pour être compris par l'ensemble de la population) et leurs effets étant différents en fonction de la pathologie considérée il n'y avait donc pas de justification valable pour les définir dans le PNNS-GS. De plus, les repères de consommation ne sont pas hiérarchisés selon leur importance dans le PNNS. La démarche a été différente concernant le FSIPO (197). Etant donné que l'un des objectifs principaux du FSIPO est de mesurer l'impact en termes de santé publique d'une politique nutritionnelle si elle était atteinte par l'ensemble de la population, le groupe de travail a fait le choix d'intégrer des pondérations intra ou inter composantes car d'après les études épidémiologiques ou cliniques, il ne semble pas pertinent de considérer que l'ensemble des composantes agissent de manière identique dans la réduction de l'incidence des maladies chroniques (1,91,236). Une pondération plus élevée a ainsi été attribuée aux composantes pour lesquelles le niveau de preuve (entre 2004 et 2007) était jugé convaincant par les panels d'experts pour les considérer comme des facteurs protecteurs.

### **Etude SU.VI.MAX- forces et limites**

Le recueil des données au cours du suivi (qu'il soit sur support papier, minitel ou internet), les enquêtes alimentaires (avec l'aide du manuel photos) ou spécifiques (comme par exemple le MAQ pour l'activité physique), la prise en compte des recettes, la mise au point d'un logiciel

---

<sup>26</sup> Références 95,109,118,124,126,133,135,136,222,223,231

spécifique pour le minitel, la création d'unités mobiles pour réaliser les examens cliniques ont fait de l'étude SU.VI.MAX l'une des bases de données nutritionnelles françaises les plus importantes au cours des années 1990-2000.

La constitution d'une banque de données sur la consommation alimentaire et l'état de santé des adultes de 35 à 60 ans en France (141,147) a permis de prendre en compte dans les analyses statistiques réalisées, un nombre important de données sociodémographiques, de mode de vie, de marqueurs biologiques ou anthropométriques reconnus dans la littérature comme étant des facteurs (protecteurs ou délétères) impliqués dans le déterminisme des maladies chroniques.

A noter que les résultats obtenus d'un point de vue socio-économique ne sont pas extrapolables à l'ensemble de la population. En effet, plusieurs études ont montré que les individus appartenant aux populations défavorisées ont des habitudes et des consommations alimentaires très différentes (45,237,238). Cette population n'étant que peu représentée dans la cohorte SU.VI.MAX (141), il était important de le souligner.

Les enquêtes prospectives nutritionnelles présentent des limites méthodologiques. En effet, les sujets qui s'engagent dans les cohortes sont des volontaires, particulièrement motivés, qui présentent la plupart du temps des caractéristiques différentes de la population générale. A noter que ce résultat n'a pas été observé dans l'étude SU.VI.MAX au moment de l'inclusion dans l'essai (141). Cependant, comme nous l'avons souligné dans l'ensemble des travaux présentés, la participation à un suivi de plusieurs années pour un essai portant sur la nutrition a probablement sélectionné les personnes déjà sensibilisées à cette question. De plus, l'un des principaux critères pour sélectionner la population d'étude dans nos différents travaux reposait sur un nombre minimum d'enquêtes alimentaires remplis au cours des 24 premiers mois de l'étude SU.VI.MAX ; ce critère nous a sans doute amené à encore sélectionner une population plus assidue et motivée contrairement à la plupart des études où les habitudes alimentaires sont recueillies une seule et unique fois à l'inclusion des sujets. En contrepartie, cette sélection nous a permis de disposer, pour chaque individu, de données alimentaires représentatives de leur consommation habituelle.

D'autres limites peuvent aussi être relevées. Tout d'abord, la population est composée d'adultes d'âge mûr (35-60 ans pour les femmes et 45-60 pour les hommes) ; nos résultats ne sont donc pas extrapolables à la population générale. De plus, le faible nombre de cancers recensés au cours des huit ans de suivi, ne nous a pas permis de distinguer dans les analyses statistiques, les cancers en fonction de leur localisation.

## Perspectives de recherche

### *Evaluation du PNNS- Impact des messages de santé publique*

En dehors des facteurs tels que l'âge, le poids corporel, le niveau d'études ou la PCS qui sont classiquement cités dans les études comme influençant la consommation de certains groupes d'aliments, notamment les F&L (160), d'autres freins liés plutôt à l'environnement sont retrouvés dans la littérature : les proches qui n'ont pas un comportement en adéquation avec le message (enfants, conjoint, amis), le coût des denrées, l'acceptabilité du message, le caractère périssable des produits frais, la difficulté d'approvisionnement, la contrainte de temps et le manque de savoir-faire culinaire (1,18,239).

En 2009, l'INRA concluait dans son rapport sur les F&L, que « bien que l'intérêt d'une consommation accrue de F&L soit largement reconnu, les comportements n'évoluent pas beaucoup ». En France, la recommandation de manger « au moins 5 F&L par jour » est bien connue<sup>27</sup>, mais encore peu suivie par les individus. De tels obstacles semblent plus importants pour les légumes que pour les fruits (184). Séparer dans les messages de santé publique, ces deux groupes d'aliments sera sans doute une piste à privilégier dans les prochaines années (240). Ceci se justifierait d'autant plus que des études récentes suggèrent que le rôle protecteur des F&L dans la survenue des cancers ou des MCV serait variable selon les localisations (ou en fonction des familles d'aliments considérés) (6,241).

Il a été également démontré que les campagnes d'information qui s'adressent à l'ensemble de la population atteignent surtout les catégories déjà sensibilisées aux liens entre nutrition et santé (242,243). Les populations les plus défavorisées sont d'autant moins réceptives que les messages sont éloignés de leur représentation de l'alimentation (voire les culpabilise), de la santé ou des normes corporelles et qu'elles doivent faire face à d'autres préoccupations. Ces messages pourraient à court terme accroître les disparités dans les comportements (242,243). Le désir d'accéder à des produits de consommation fortement médiatisés est également un des freins à l'évolution des comportements vers les recommandations.

Les pouvoirs publics français doivent évaluer dans les prochaines années l'efficacité des messages en fonction des niveaux socio-économiques comme cela a été fait par exemple en Grande-Bretagne sur la campagne « 5-a-day » (244).

---

<sup>27</sup> Des études pour mesurer l'impact des campagnes sur le comportement alimentaire des Français (enfants et adultes) ont été menées. Depuis la création du PNNS en 2001, la notoriété des messages nutritionnels croît, en particulier celle des F&L. Aujourd'hui, 75% des individus citent ce message contre 36% il y a cinq ans ([http://www.sante-sports.gouv.fr/IMG/pdf/060510dossier\\_de\\_presse-PNNS.pdf](http://www.sante-sports.gouv.fr/IMG/pdf/060510dossier_de_presse-PNNS.pdf))

## **Méthodologie de construction des scores *a priori***

### *Constitution des groupes d'aliments*

Afin d'être plus précis dans la définition des groupes d'aliments, la mise à disposition d'une table de composition nutritionnelle permettant de distinguer les sucres naturellement présents dans les aliments (fructose des fruits, lactose du lait) des sucres ajoutés (saccharose etc.) devrait voir le jour. La même réflexion se pose pour les acides gras saturés dont la consommation doit être réduite.

Pour aller dans le sens d'une harmonisation des méthodes, les travaux qui seront développés dans les prochaines années devront s'interroger jusqu'à quel point un aliment est décomposable et appartient ainsi à différents groupes d'aliments. Cette question se pose surtout pour des aliments du type tarte aux fruits qui sont constitués d'aliments à favoriser (les fruits) mais qui par ailleurs, possèdent des matières grasses et sucrées. A noter qu'à la demande de la Direction Générale de la Santé, une première harmonisation des méthodologies, des données à collecter etc. liées aux orientations fixées par le PNNS, pour les études régionales et locales a été réalisée en 2009 par la Fédération Nationale des Observatoires Régionaux de Santé (245)

### *Définition des cut-off, pondérations, pénalisations, bonifications*

Une nouvelle méthodologie de score « hybride » a récemment été publiée (236). Cette méthode consiste à utiliser un score *a priori* (dans cet article le DGAI) puis de lui appliquer des méthodes *a posteriori* (data-driven approach) pour définir les poids des composantes. Dans cette étude, le score utilisé dans sa version d'origine n'est pas associé à une réduction de la progression de l'athérosclérose chez les femmes alors qu'elle est significativement associée dans sa version « hybride ». Cette méthodologie permettrait de diminuer la subjectivité introduite dans la définition des scores *a priori* puisque les pondérations appliquées dans le score seraient définies de manière purement statistique. Ce type d'approche, qui permet d'allier les méthodes *a priori* et *a posteriori* doit encore être testé au sein d'autres études voire avec d'autres scores nutritionnels. L'emploi de score *a priori* pour examiner les relations nutrition-santé restant controversé (91), des travaux complémentaires sur l'intérêt de définir des bonifications, des pénalisations et des pondérations (ainsi que les techniques pour les définir) restent nécessaires.

Bien que non abordé dans ces travaux de recherche, la spécificité de scores dédiés aux enfants doit également être envisagée (246,247).

## **Interventions en santé publique**

Les cancers et les maladies cardiovasculaires représentant, en France, les deux premières causes de mortalité (9), l'alimentation est l'un des facteurs environnementaux sur lesquels il est possible d'agir pour améliorer la prévention primaire en mettant en place des interventions de santé publique et de prévention (1,6,84). L'accessibilité des F&L reste une préoccupation pour les décideurs de santé publique dans la plupart des pays. Comme cela a été évoqué précédemment malgré des campagnes qui visent à favoriser la consommation des F&L, on observe dans de nombreuses études peu de variation de la consommation dans la population (63,65,248-251). De plus, la consommation moyenne n'augmente que très peu et reste caractérisée par de fortes disparités socio-économiques dans la population (81,235,252). Pour amener les consommateurs à se rapprocher des recommandations des interventions ont été mises en place, essentiellement auprès des jeunes et des populations défavorisées (238,251). Les résultats obtenus par ces différentes études sont mitigés au regard des objectifs initiaux. Certains auteurs proposent des pistes économiques afin de rendre accessibles les F&L : interventions sur les prix et/ou distribution de chèques F&L (18,238,253,254). L'INRA dans son expertise collective de 2009 (1) soulignait que la disponibilité et la composition des aliments pouvaient aussi être des leviers d'action plus opérationnels que les prix.

Un intérêt croissant est apparu, au cours de ces dernières années, concernant l'analyse des inégalités de santé à l'égard de l'accès à des aliments sains dans les environnements urbains (255-257). Des études menées en Angleterre et aux Etats Unis suggèrent que l'accès à une nourriture de bonne qualité serait plus difficile dans les quartiers défavorisés, certains quartiers étant même qualifiés de « déserts alimentaires » ("food deserts") (258). Les petits commerçants sur-représentés dans ces quartiers pratiqueraient en règle générale des prix plus élevés que les grandes surfaces. Ceci se répercuterait d'autant plus sur les aliments de bonne qualité nutritionnelle (lorsqu'ils sont proposés à la vente ce qui n'est pas systématique dans ces commerces dit de proximité). Pour certains auteurs ceci pourrait expliquer que le fait de vivre (ou avoir vécu pendant son enfance) dans un quartier défavorisé représente en soi un facteur de risque d'obésité (39,259). D'autres facteurs tels que le manque d'espaces verts et/ou d'équipements sportifs mais aussi un fort degré d'insécurité sont également régulièrement cités dans les études (260).

### **Scores *a priori* et facteurs environnementaux**

Quelques équipes américaines s'intéressant à l'environnement social ont utilisé dans leurs analyses un score *a priori* (HEI-2005 ou AHEI). Ces auteurs ont montré que le AHEI était moins élevé pour les personnes habitant dans un quartier où se trouvait un fast-food (261) ou des supermarchés (262). Concernant le HEI-2005 (263), les auteurs ont démontré que ce score pouvait être pris en compte pour évaluer l'offre alimentaire d'un quartier et ainsi être utilisé à un niveau collectif et non plus à un niveau individuel (adhésion aux recommandations) qui est son utilisation habituelle.

En complément, il serait intéressant de favoriser en France des recherches sur les déterminants sociaux de la santé, en utilisant des systèmes d'informations géographiques (264-266). Ce type d'approche permettant de modéliser l'environnement géographique, social et environnemental serait d'un grand intérêt pour étudier les scores alimentaires, l'obésité etc.. Certaines études américaines (260,262,263) utilisant des scores *a priori* ont été publiées récemment montrant l'intérêt d'associer ces deux outils pour l'étude des relations nutrition-santé. En conclusion, les facteurs environnementaux devraient être intégrés dans tout programme de recherche ou d'interventions en santé publique. Des travaux français sur ces questions sont nécessaires.

### **Scores *a priori* et déterminants socio-économiques de l'alimentation**

De nombreuses publications montrent que le coût d'une alimentation équilibrée est relativement élevé et pourrait induire des choix alimentaires défavorables à la santé chez les personnes de faible SSE (1,18,38,42,267,268)

Trois scores ont évalués le coût associé aux recommandations alimentaires, les études de Cade *et al.* utilisant le HDI (269), celle de Schroder *et al.* avec le HEI (270) et celle de Bernstein *et al.* avec le AHEI (271). Ces études ont montré que seules les personnes consacrant un budget important à leur alimentation étaient capables de suivre les recommandations nutritionnelles. Aucune étude permettant d'évaluer le coût associé au suivi du PNNS n'est disponible à ce jour. Une fois menée en France, ce type d'études permettra de renforcer la pertinence des actions visant à orienter les consommateurs et plus spécifiquement les publics en difficulté financière vers des choix alimentaires à la fois favorables à la santé et compatibles avec leurs habitudes alimentaires et leur budget (37).

Des questions persistent quant à l'identification d'autres indicateurs socio-économiques que la PCS ou le niveau d'études. Par exemple, des indicateurs du type équipement ou insécurité alimentaire (218,235,272), ou le développement d'indice de déprivation (39,273-275) adaptés

au contexte français pourraient apporter un nouvel éclairage sur les politiques de santé à mettre en œuvre.

### **Scores *a priori* et maladies chroniques**

L'intérêt scientifique de définir et d'appliquer des scores *a priori* pour évaluer l'adhésion des populations aux recommandations nutritionnelles n'est que très rarement remis en cause (91-93). Nos travaux ont permis de définir pour la première fois, en France, des scores nutritionnels. Cette démarche était indispensable car les scores existants au niveau international n'étaient pas applicables en France (102,109) parce que le PNNS n'est pas comparable aux autres programmes de politique nutritionnelle mis en place dans les autres pays. L'analyse des relations entre des scores de consommation alimentaire et divers marqueurs du statut nutritionnel s'inscrit dans le développement d'une recherche en lien avec la politique de santé publique actuelle (notamment en termes de validation de cette politique). L'évaluation du statut nutritionnel, *via* des marqueurs du risque cardiovasculaire principalement, et des indicateurs du statut vitaminique et minéral permet de fournir une vue d'ensemble des associations possibles entre alimentation et statut nutritionnel. Concernant les événements majeurs de santé, les bénéfices d'une alimentation suivant les recommandations nutritionnelles en vigueur sont contrastées selon la population et l'événement de santé étudié (Annexe 2). Un effet protecteur a été retrouvé dans un certain nombre d'études concernant les maladies cardiovasculaires et la mortalité toutes causes. Très peu d'études concluent à un effet protecteur sur la survenue d'un cancer. En raison du temps de latence très long entre l'exposition et la découverte d'une maladie chronique (ou le décès), l'évolution de la prévalence de l'exposition à des facteurs de risque alimentaires (comme la consommation de graisses saturées, de F&L ou de calcium), des marqueurs biologiques, anthropométriques ou cliniques (cholestérol plasmatique, IMC, pression artérielle etc.) ou des habitudes de vie sont à l'évidence, des indicateurs précoces qui doivent être pris en compte dans les stratégies de prévention.

### **Perspectives de recherche pour le PNNS-GS et/ou le FSIPO**

Nos travaux de recherche ont été réalisés entre 2004 et 2007 sur la base des recommandations et des objectifs de santé publique du PNNS initié en 2001. Depuis, le PNNS a été poursuivi pour les années 2006-2010 (PNNS2) et 2011-2015 (PNNS 3). En complément, un plan obésité (2011-2013) et un Programme national pour l'alimentation (PNA) ont été initiés. Le PNA prévu dans le projet de loi de modernisation agricole et de la pêche vise à assurer à la

population l'accès ; dans des conditions économiquement acceptables pour tous ; à une alimentation de bonne qualité gustative et nutritionnelle et produite dans des conditions durables. Cette continuité dans la politique nutritionnelle française permet(tra) à ces scores d'être appliqués à une population qui a, à présent, connaissance des messages du PNNS.

Notre démarche est complémentaire à l'étude ENNS, pour le suivi du PNNS. En effet, l'étude ENNS a pour objectifs de décrire la situation nutritionnelle en France selon les indicateurs d'objectifs et les repères du PNNS (218,235,276,277). La mise en place de cette étude en 2006-2007 a permis de mettre en œuvre le PNNS-GS défini dans cette thèse (235). On constate que dans ENNS, basé sur un échantillon représentatif de la population vivant en France, les conclusions sont assez similaires puisque les auteurs constatent que l'adhésion aux recommandations du PNNS peut encore être améliorée. Ce résultat souligne l'importance de poursuivre une politique nutritionnelle en France d'autant plus que ces auteurs retrouvent que ce sont les populations à faible SSE qui obtiennent les plus mauvais scores (235). La répétition de l'étude ENNS en 2012-2013 permettra de comparer dans le temps les premières observations et d'évaluer l'adhésion de la population aux recommandations nutritionnelles comme cela a pu être réalisé avec le HEI-2005 (81) (rappel : seule une légère amélioration a été observé aux Etats-Unis malgré plusieurs décennies de recommandations nutritionnelles).

Des travaux complémentaires à ceux présentés dans cette thèse, utilisant le PNNS-GS ou le FSIPO ont été récemment publiés grâce aux données de l'étude SU.VI.MAX (205,278-280).

Bien qu'il soit difficile d'établir des liens de causalité entre les typologies alimentaires et la survenue de certaines maladies chroniques comme le cancer ou les MCV, nous avons conclu avec le FSIPO que le respect des objectifs nutritionnels de santé publique définis dans le cadre du PNNS était associé, chez les hommes, à un moindre risque de déclarer au cours du temps une maladie chronique. Plus récemment, grâce à la mise en place de SU.VI.MAX 2 (depuis 2007), deux études utilisant le PNNS-GS ont pu être menées par notre équipe. Il a été montré dans la première de ces études qu'un PNNS-GS élevé était associé à un moindre risque de déclarer des MCV après 13 ans de suivi (278). Comme nous avons pu l'observer dans la cohorte SU.VI.MAX, les liens sont clairement établis concernant l'obésité. En effet, l'intérêt de suivre les recommandations nutritionnelles (score PNNS-GS) (190) dans le cadre de la prévention contre l'obésité et le syndrome métabolique a également été récemment démontré (205,279). Ce résultat avait été retrouvé par ailleurs pour les scores HEI (124,281) ou Framingham (282). La deuxième étude a testé les relations entre le PNNS-GS et le déclin



cognitif<sup>28</sup> (280). Après 13 années de suivi, notre équipe a pu constater que les meilleurs résultats aux tests cognitifs étaient obtenus par les sujets qui respectaient le plus les recommandations (c'est particulièrement vrai pour les performances concernant la mémoire verbale, qui est toujours la première à décliner).

En dehors des projets développés dans le cadre de la cohorte SU.VI.MAX, une équipe de recherche a récemment utilisée le FSIPO dans l'étude MONA-Lisa NUT (283). Ces auteurs ont montré que le niveau socio-économique et les comportements alimentaires sont étroitement liés et que des facteurs géographiques (régionaux) et culturels influencent également l'alimentation. L'objectif de ce travail était aussi d'évaluer si les facteurs géographiques affectent la relation entre les indicateurs socio-économiques et l'adhésion au PNNS. Ces auteurs ont observé que la relation entre le niveau d'éducation et l'adhésion aux recommandations du PNNS différait selon les régions alors que la relation entre le niveau d'impôt (indicateur du niveau de vie) était indépendante des régions. Ces résultats suggèrent que les messages des programmes d'éducation nutritionnelle pourraient être adaptés selon les régions, alors que les politiques budgétaires incitatives concernent indistinctement l'ensemble du territoire.

Les différentes applications des scores définis dans le cadre de cette thèse démontrent l'intérêt que suscite leur définition en France. Une des perspectives de santé publique envisageable pour ces outils est de pouvoir les mettre à disposition du grand public *via* internet comme cela se faisait jusqu'à présent aux Etats-Unis.

---

<sup>28</sup> C'est-à-dire dans cette étude : les troubles de la mémoire, le recul de la capacité d'apprentissage, et des capacités linguistiques

# Conclusion

Les actions mises en œuvre dans le cadre du PNNS suscitent des attentes et des interrogations sociales fortes, l'une des plus importantes étant la notion de faisabilité et d'accessibilité, notamment financière, de l'alimentation préconisée dans le cadre de ce programme de santé publique. Nos études confirment que le suivi d'habitudes alimentaires adéquates, la pratique d'une activité physique suffisante et le maintien d'une corpulence normale au cours de l'âge adulte améliorent ensemble le statut nutritionnel et réduisent l'incidence des maladies chroniques.

En grande partie antérieure à la mise en place du PNNS, les données décrites dans cette thèse représentent un état des lieux étant donné que les volontaires de la cohorte SU.VI.MAX ne disposaient pas des connaissances nutritionnelles diffusées au grand public à partir de 2001.

La validation de ces scores s'avère indispensable pour convaincre tant les autorités de santé publique que les professionnels de santé et le grand public que tendre vers les recommandations est utile tant au niveau individuel que collectif. Les résultats de cette thèse permettront également de définir des actions de santé publique, qui, d'une part sont développées en association avec le monde économique dans le cadre du PNNS et d'autre part devraient conduire à une diminution des coûts de santé dus aux maladies chroniques dont l'un des déterminants majeurs est la nutrition.

## Bibliographie

- (1) Etievant, P, Bellisle, F., Dallongeville, J., Etilé, F, Guichard, M, Padilla, M, and Romon-Rousseaux, M. Les comportements alimentaires. *Quels en sont les déterminants ? Quelles actions, pour quels effets ?* INRA (2010).
- (2) Tallec, A. and Hercberg, S. *Pour une politique nutritionnelle de santé publique en France. Enjeux et propositions.* Haut Comité de la Santé Publique (2000).
- (3) Unité de Surveillance et d'Epidémiologie Nutritionnelle. *Situation et évolution des apports alimentaires de la population en France, 1997-2003.* Institut de Veille Sanitaire. (2005).
- (4) World Health Organisation. *Diet, Nutrition and the prevention of chronic diseases.* Technical report series 916. WHO (2003).
- (5) COMA Working Group on Diet and Cancer. *Nutritional aspects of the development of cancer.* COMA (1998).
- (6) World Cancer Research Fund, American Institute for Cancer Research. *Food, nutrition, physical activity and the prevention of cancer. A global perspective.* AICR (2007).
- (7) Quintin, I., Castetbon, K., Mennen, L., and Hercberg, S. *Alimentation, nutrition et cancer. Vérités, hypothèses et idées fausses.* Synthèses du PNNS (2003).
- (8) Doll R, Peto R. The causes of cancer: quantitative estimates of avoidable risks of cancer in the United States today. *J Natl Cancer Inst.* 1981;66(6):1191-308.
- (9) Aouba A, Eb M, Rey G, Pavillon G, Jouglà E. Données sur la mortalité en France: principales causes de décès en 2008 et évolutions depuis 2000. *Bull Epidem Hebd.* 2011;22:249-55.
- (10) Belot A, Grosclaude P, Bossard N et al. Cancer incidence and mortality in France over the period 1980-2005. *Rev Epidemiol Sante Publique.* 2008;56(3):159-75.
- (11) Belot, A., Velten, M., Grosclaude, P., Bossard, N., Launoy, G., Remontet, L., Benhamou, E., and Cherie-Challine, L. *Estimation nationale de l'incidence et de la mortalité par cancer en France entre 1980 et 2005.* Institut de veille sanitaire (2009).

- (12) International Agency for Research on Cancer. *Attributable causes of cancer in France in the year 2000*. WHO (2007).
- (13) Institut National du Cancer et Réseau National Alimentation Cancer Recherche (NACRe). *Nutrition et prévention des cancers: des connaissances scientifiques aux recommandations*. Institut National du Cancer (2009)
- (14) Ledoux TA, Hingle MD, Baranowski T. Relationship of fruit and vegetable intake with adiposity: a systematic review. *Obes Rev*. 2011;12(501):e143-e150.
- (15) Agence Française de Sécurité Sanitaire des Aliments. *Apports nutritionnels conseillés pour la population française*. AFSSA (2001).
- (16) WHO. *Fruit and vegetable promotion initiative*. WHO (2003).
- (17) Lock K, Pomerleau J, Causer L, Altmann DR, McKee M. The global burden of disease attributable to low consumption of fruit and vegetables: implications for the global strategy on diet. *Bull World Health Organ*. 2005;83(2):100-8.
- (18) Amiot-Carlin, M. J., Caillavet, F, Causse, M, Combris, P, Dallongeville, J., Padilla, M, Renard, C, and Solers, LG. *Fruits et légumes dans l'alimentation. Enjeux et déterminants de la consommation. Rapport de l'expertise scientifique collective menée par l'Inra à la demande du ministère de l'Agriculture et de la Pêche*. INRA (2009).
- (19) Agudo A, Cabrera L, Amiano P et al. Fruit and vegetable intakes, dietary antioxidant nutrients, and total mortality in Spanish adults: findings from the Spanish cohort of the European Prospective Investigation into Cancer and Nutrition (EPIC-Spain). *Am J Clin Nutr*. 2007;85(6):1634-42.
- (20) Dauchet L, Amouyel P, Hercberg S, Dallongeville J. Fruit and vegetable consumption and risk of coronary heart disease: a meta-analysis of cohort studies. *J Nutr*. 2006;136(10):2588-93.
- (21) He FJ, Nowson CA, MacGregor GA. Fruit and vegetable consumption and stroke: meta-analysis of cohort studies. *Lancet*. 2006;367(9507):320-6.
- (22) International Agency for Research on Cancer. *Handbooks of Cancer Prevention. vol 8: Fruits and vegetables*. IARC (2003).

- (23) Dauchet L, Amouyel P, Dallongeville J. Fruit and vegetable consumption and risk of stroke: a meta-analysis of cohort studies. *Neurology*. 2005;65(8):1193-7.
- (24) Dauchet L, Amouyel P, Hercberg S, Dallongeville J. Fruit and vegetable consumption and risk of coronary heart disease: a meta-analysis of cohort studies. *J Nutr*. 2006;136(10):2588-93.
- (25) He FJ, Nowson CA, Lucas M, MacGregor GA. Increased consumption of fruit and vegetables is related to a reduced risk of coronary heart disease: meta-analysis of cohort studies. *J Hum Hypertens*. 2007;21(9):717-28.
- (26) Dauchet L, Kesse-Guyot E, Czernichow S et al. Dietary patterns and blood pressure change over 5-y follow-up in the SU.VI.MAX cohort. *Am J Clin Nutr*. 2007;85(6):1650-6.
- (27) Levitan EB, Wolk A, Mittleman MA. Consistency with the DASH diet and incidence of heart failure. *Arch Intern Med*. 2009;169(9):851-7.
- (28) Parikh A, Lipsitz SR, Natarajan S. Association between a DASH-like diet and mortality in adults with hypertension: findings from a population-based follow-up study. *Am J Hypertens*. 2009;22(4):409-16.
- (29) Godet-Thobie H, Vernay M, Noukpoape A, Salanave B, Malon A, Castetbon K. Niveau tensionnel moyen et prévalence de l'hypertension artérielle chez les adultes de 18 à 74 ans, ENNS 2006-2007. *Bull Epidem Hebd*. 2008;49-50.
- (30) Bazzano LA. The high cost of not consuming fruits and vegetables. *J Am Diet Assoc*. 2006;106(9):1364-8.
- (31) James WP, Nelson M, Ralph A, Leather S. Socioeconomic determinants of health. The contribution of nutrition to inequalities in health. *BMJ*. 1997;314(7093):1545-9.
- (32) Taylor S, Marandi A. Social determinants of health and the design of health programmes for the poor. *BMJ*. 2008;337:a290.
- (33) Beydoun MA, Powell LM, Wang Y. The association of fast food, fruit and vegetable prices with dietary intakes among US adults: is there modification by family income? *Soc Sci Med*. 2008;66(11):2218-29.
- (34) Hare-Bruun H, Togo P, Andersen LB, Heitmann BL. Adult food intake patterns are related to adult and childhood socioeconomic status. *J Nutr*. 2011;141(5):928-34.

- (35) Smith GD, Brunner E. Socio-economic differentials in health: the role of nutrition. *Proc Nutr Soc.* 1997;56(1A):75-90.
- (36) Mackenbach JP, Stirbu I, Roskam AJ et al. Socioeconomic inequalities in health in 22 European countries. *N Engl J Med.* 2008;358(23):2468-81.
- (37) Caillavet, F, Darmon, N., Lhuissier, A, and Regnier, F. *L'alimentation des populations défavorisées en France. Une revue de la littérature dans les domaines économique, sociologique et nutritionnel.* Institut National de la Recherche Agronomique (2004).
- (38) Darmon N, Drewnowski A. Does social class predict diet quality? *Am J Clin Nutr.* 2008;87(5):1107-17.
- (39) Giskes K, Avendano M, Brug J, Kunst AE. A systematic review of studies on socioeconomic inequalities in dietary intakes associated with weight gain and overweight/obesity conducted among European adults. *Obes Rev.* 2010;11(6):413-29.
- (40) Galobardes B, Morabia A, Bernstein MS. Diet and socioeconomic position: does the use of different indicators matter? *Int J Epidemiol.* 2001;30(2):334-40.
- (41) Turrell G, Hewitt B, Patterson C, Oldenburg B. Measuring socio-economic position in dietary research: is choice of socio-economic indicator important? *Public Health Nutr.* 2003;6(2):191-200.
- (42) Andrieu E, Darmon N, Drewnowski A. Low-cost diets: more energy, fewer nutrients. *Eur J Clin Nutr.* 2006;60(3):434-6.
- (43) Drewnowski A, Darmon N. Food choices and diet costs: an economic analysis. *J Nutr.* 2005;135(4):900-4.
- (44) Maillot M, Darmon N, Drewnowski A, Arnault N, Hercberg S. Le coût et la qualité nutritionnelle des groupes d'aliments: quelle hiérarchie ? *Cah Nutr Diet.* 2006;41(2):87-96.
- (45) Unité de Surveillance et d'Epidémiologie Nutritionnelle (Usen). Surveillance nutritionnelle des populations défavorisées: premiers résultats de l'étude Abena. *Bull Epidem Hebd.* 2006;(11-12):77-84.

- (46) Pryer JA, Nichols R, Elliott P, Thakrar B, Brunner E, Marmot M. Dietary patterns among a national random sample of British adults. *J Epidemiol Community Health*. 2001;55(1):29-37.
- (47) Martikainen P, Brunner E, Marmot M. Socioeconomic differences in dietary patterns among middle-aged men and women. *Soc Sci Med*. 2003;56(7):1397-410.
- (48) Irala-Estevez JD, Groth M, Johansson L, Oltersdorf U, Prattala R, Martinez-Gonzalez MA. A systematic review of socio-economic differences in food habits in Europe: consumption of fruit and vegetables. *Eur J Clin Nutr*. 2000;54(9):706-14.
- (49) Groth MV, Fagt S, Brondsted L. Social determinants of dietary habits in Denmark. *Eur J Clin Nutr*. 2001;55(11):959-66.
- (50) Roos E, Prattala R, Lahelma E, Kleemola P, Pietinen P. Modern and healthy?: socioeconomic differences in the quality of diet. *Eur J Clin Nutr*. 1996;50(11):753-60.
- (51) Roos E, Talala K, Laaksonen M et al. Trends of socioeconomic differences in daily vegetable consumption, 1979-2002. *Eur J Clin Nutr*. 2008;62(7):823-33.
- (52) Giskes K, Turrell G, Patterson C, Newman B. Socioeconomic differences among Australian adults in consumption of fruit and vegetables and intakes of vitamins A, C and folate. *J Hum Nutr Diet*. 2002;15(5):375-85.
- (53) Agudo A, Slimani N, Ocke MC et al. Consumption of vegetables, fruit and other plant foods in the European Prospective Investigation into Cancer and Nutrition (EPIC) cohorts from 10 European countries. *Public Health Nutr*. 2002;5(6B):1179-96.
- (54) Ball K, Crawford D. Socioeconomic status and weight change in adults: a review. *Soc Sci Med*. 2005;60(9):1987-2010.
- (55) McLaren L. Socioeconomic status and obesity. *Epidemiol Rev*. 2007;29:29-48.
- (56) Drewnowski A, Darmon N, Briend A. Replacing fats and sweets with vegetables and fruits--a question of cost. *Am J Public Health*. 2004;94(9):1555-9.
- (57) Darmon N, Briend A, Drewnowski A. Energy-dense diets are associated with lower diet costs: a community study of French adults. *Public Health Nutr*. 2004;7(1):21-7.



- (58) Monsivais P, Drewnowski A. Lower-energy-density diets are associated with higher monetary costs per kilocalorie and are consumed by women of higher socioeconomic status. *J Am Diet Assoc.* 2009;109(5):814-22.
- (59) Darmon N, Maillot M. In foods, energy is cheap where it is abundant and expensive where it is scarce: this is a fact, not an artifact. *Am J Clin Nutr.* 2010;91(4):1068-9.
- (60) Drewnowski A. The cost of US foods as related to their nutritive value. *Am J Clin Nutr.* 2010;92(5):1181-8.
- (61) Giskes K, Turrell G, Patterson C, Newman B. Socio-economic differences in fruit and vegetable consumption among Australian adolescents and adults. *Public Health Nutr.* 2002;5(5):663-9.
- (62) Lallukka T, Pitkaniemi J, Rahkonen O, Roos E, Laaksonen M, Lahelma E. The association of income with fresh fruit and vegetable consumption at different levels of education. *Eur J Clin Nutr.* 2010;64(3):324-7.
- (63) Stables GJ, Subar AF, Patterson BH et al. Changes in vegetable and fruit consumption and awareness among US adults: results of the 1991 and 1997 5 A Day for Better Health Program surveys. *J Am Diet Assoc.* 2002;102(6):809-17.
- (64) Krachler B, Eliasson MC, Johansson I, Hallmans G, Lindahl B. Trends in food intakes in Swedish adults 1986-1999: findings from the Northern Sweden MONICA (Monitoring of Trends and Determinants in Cardiovascular Disease) Study. *Public Health Nutr.* 2005;8(6):628-35.
- (65) Friel S, Newell J, Kelleher C. Who eats four or more servings of fruit and vegetables per day? Multivariate classification tree analysis of data from the 1998 Survey of Lifestyle, Attitudes and Nutrition in the Republic of Ireland. *Public Health Nutr.* 2005;8(2):159-69.
- (66) Kamphuis CB, Giskes K, de Bruijn GJ, Wendel-Vos W, Brug J, van Lenthe FJ. Environmental determinants of fruit and vegetable consumption among adults: a systematic review. *Br J Nutr.* 2006;96(4):620-35.
- (67) Pollard J, Greenwood D, Kirk S, Cade J. Lifestyle factors affecting fruit and vegetable consumption in the UK Women's Cohort Study. *Appetite.* 2001;37(1):71-9.

- (68) Perrin AE, Dallongeville J, Ducimetiere P et al. Interactions between traditional regional determinants and socio-economic status on dietary patterns in a sample of French men. *Br J Nutr*. 2005;93(1):109-14.
- (69) Kesse E, Boutron-Ruault MC, Clavel-Chapelon F. Regional dietary habits of French women born between 1925 and 1950. *Eur J Nutr*. 2005;44(5):285-92.
- (70) Czernichow S, Bruckert E, Oppert JM et al. Intake of added oils and fats among middle-aged French adults: relationships with educational level and region of residence. *J Am Diet Assoc*. 2005;105(12):1889-94.
- (71) Darmon N, Khlat M. An overview of the health status of migrants in France, in relation to their dietary practices. *Public Health Nutr*. 2001;4(2):163-72.
- (72) Mejean C, Traissac P, Eymard-Duvernay S, El AJ, Delpuech F, Maire B. Influence of socio-economic and lifestyle factors on overweight and nutrition-related diseases among Tunisian migrants versus non-migrant Tunisians and French. *BMC Public Health*. 2007;7:265.
- (73) Mejean C, Traissac P, Eymard-Duvernay S, El AJ, Delpuech F, Maire B. Diet quality of North African migrants in France partly explains their lower prevalence of diet-related chronic conditions relative to their native French peers. *J Nutr*. 2007;137(9):2106-13.
- (74) Lert F, Melchior M, Ville I. Functional limitations and overweight among migrants in the Histoire de Vie study (Insee, 2003). *Rev Epidemiol Sante Publique*. 2007;55(6):391-400.
- (75) Mejean C, Traissac P, Eymard-Duvernay S, Delpuech F, Maire B. Influence of acculturation among Tunisian migrants in France and their past/present exposure to the home country on diet and physical activity. *Public Health Nutr*. 2009;12(6):832-41.
- (76) Roos G, Johansson L, Kasmel A, Klumbiene J, Prattala R. Disparities in vegetable and fruit consumption: European cases from the north to the south. *Public Health Nutr*. 2001;4(1):35-43.
- (77) Perrin AE, Simon C, Hedelin G, Arveiler D, Schaffer P, Schlienger JL. Ten-year trends of dietary intake in a middle-aged French population: relationship with educational level. *Eur J Clin Nutr*. 2002;56(5):393-401.

- (78) Nelson M, Dick K, Holmes B. Food budget standards and dietary adequacy in low-income families. *Proc Nutr Soc.* 2002;61(4):569-77.
- (79) Dixon LB, Cronin FJ, Krebs-Smith SM. Let the pyramid guide your food choices: capturing the total diet concept. *J Nutr.* 2001;131(2S-1):461S-72S.
- (80) Guenther PM, Reedy J, Krebs-Smith SM. Development of the Healthy Eating Index-2005. *J Am Diet Assoc.* 2008;108(11):1896-901.
- (81) Krebs-Smith SM, Reedy J, Bosire C. Healthfulness of the U.S. food supply: little improvement despite decades of dietary guidance. *Am J Prev Med.* 2010;38(5):472-7.
- (82) Willett WC, Sacks F, Trichopoulou A et al. Mediterranean diet pyramid: a cultural model for healthy eating. *Am J Clin Nutr.* 1995;61(6 Suppl):1402S-6S.
- (83) Report of a joint FAO/WHO consultation. *Preparation and use of food-based dietary guidelines.* WHO (1996).
- (84) Ministère de la santé. Programme National Nutrition Santé pour les années 2001-2005. [http://www.mangerbouger.fr/IMG/pdf/Rapport\\_PNNSI-Compleet.pdf](http://www.mangerbouger.fr/IMG/pdf/Rapport_PNNSI-Compleet.pdf)
- (85) Willett WC. *Nutritional Epidemiology.* Oxford University Press (1998).
- (86) Hu FB. Dietary pattern analysis: a new direction in nutritional epidemiology. *Curr Opin Lipidol.* 2002;13(1):3-9.
- (87) Kant AK. Dietary patterns and health outcomes. *J Am Diet Assoc.* 2004;104(4):615-35.
- (88) Kant AK. Indexes of overall diet quality: a review. *J Am Diet Assoc.* 1996;96(8):785-91.
- (89) Costacou T, Bamia C, Ferrari P, Riboli E, Trichopoulos D, Trichopoulou A. Tracing the Mediterranean diet through principal components and cluster analyses in the Greek population. *Eur J Clin Nutr.* 2003;57(11):1378-85.
- (90) Schulze MB, Hoffmann K, Kroke A, Boeing H. Dietary patterns and their association with food and nutrient intake in the European Prospective Investigation into Cancer and Nutrition (EPIC)-Potsdam study. *Br J Nutr.* 2001;85(3):363-73.
- (91) Waijers PM, Feskens EJ, Ocke MC. A critical review of predefined diet quality scores. *Br J Nutr.* 2007;97(2):219-31.

- (92) Arvaniti F, Panagiotakos DB. Healthy indexes in public health practice and research: a review. *Crit Rev Food Sci Nutr.* 2008;48(4):317-27.
- (93) Kourlaba G, Panagiotakos DB. Dietary quality indices and human health: a review. *Maturitas.* 2009;62(1):1-8.
- (94) Haines PS, Siega-Riz AM, Popkin BM. The Diet Quality Index revised: a measurement instrument for populations. *J Am Diet Assoc.* 1999;99(6):697-704.
- (95) Kennedy ET, Ohls J, Carlson S, Fleming K. The Healthy Eating Index: design and applications. *J Am Diet Assoc.* 1995;95(10):1103-8.
- (96) McCullough ML, Feskanich D, Stampfer MJ et al. Diet quality and major chronic disease risk in men and women: moving toward improved dietary guidance. *Am J Clin Nutr.* 2002;76(6):1261-71.
- (97) Fogli-Cawley JJ, Dwyer JT, Saltzman E, McCullough ML, Troy LM, Jacques PF. The 2005 Dietary Guidelines for Americans Adherence Index: development and application. *J Nutr.* 2006;136(11):2908-15.
- (98) McNaughton SA, Ball K, Crawford D, Mishra GD. An index of diet and eating patterns is a valid measure of diet quality in an Australian population. *J Nutr.* 2008;138(1):86-93.
- (99) Bach A, Serra-Majem L, Carrasco JL et al. The use of indexes evaluating the adherence to the Mediterranean diet in epidemiological studies: a review. *Public Health Nutr.* 2006;9(1A):132-46.
- (100) Sofi F, Cesari F, Abbate R, Gensini GF, Casini A. Adherence to Mediterranean diet and health status: meta-analysis. *BMJ.* 2008;337:a1344.
- (101) Kant AK, Schatzkin A, Harris TB, Ziegler RG, Block G. Dietary diversity and subsequent mortality in the First National Health and Nutrition Examination Survey Epidemiologic Follow-up Study. *Am J Clin Nutr.* 1993;57(3):434-40.
- (102) Drewnowski A, Henderson SA, Shore AB, Fischler C, Preziosi P, Hercberg S. Diet quality and dietary diversity in France: implications for the French paradox. *J Am Diet Assoc.* 1996;96(7):663-9.

- (103) Drewnowski A, Henderson SA, Driscoll A, Rolls BJ. The Dietary Variety Score: assessing diet quality in healthy young and older adults. *J Am Diet Assoc.* 1997;97(3):266-71.
- (104) Drescher LS, Thiele S, Mensink GB. A new index to measure healthy food diversity better reflects a healthy diet than traditional measures. *J Nutr.* 2007;137(3):647-51.
- (105) Fransen HP, Ocke MC. Indices of diet quality. *Curr Opin Clin Nutr Metab Care.* 2008;11(5):559-65.
- (106) Dubois L, Girard M, Bergeron N. The choice of a diet quality indicator to evaluate the nutritional health of populations. *Public Health Nutr.* 2000;3(3):357-65.
- (107) Fisberg RM, Morimoto JM, Slater B et al. Dietary quality and associated factors among adults living in the state of Sao Paulo, Brazil. *J Am Diet Assoc.* 2006;106(12):2067-72.
- (108) Gerber MJ, Scali JD, Michaud A et al. Profiles of a healthful diet and its relationship to biomarkers in a population sample from Mediterranean southern France. *J Am Diet Assoc.* 2000;100(10):1164-71.
- (109) Drewnowski A, Fiddler EC, Dauchet L, Galan P, Hercberg S. Diet quality measures and cardiovascular risk factors in France: applying the healthy eating index to the SU.VI.MAX study. *J Am Coll Nutr.* 2009;28(1):22-9.
- (110) Patterson RE, Haines PS, Popkin BM. Diet quality index: capturing a multidimensional behavior. *J Am Diet Assoc.* 1994;94(1):57-64.
- (111) Popkin BM, Siega-Riz AM, Haines PS. A comparison of dietary trends among racial and socioeconomic groups in the United States. *N Engl J Med.* 1996;335(10):716-20.
- (112) Rodrigues SS, Caraher M, Trichopoulou A, de A. Portuguese households' diet quality (adherence to Mediterranean food pattern and compliance with WHO population dietary goals): trends, regional disparities and socioeconomic determinants. *Eur J Clin Nutr.* 2008;62(11):1263-72.
- (113) Cabe-Sellers BJ, Bowman S, Stuff JE, Champagne CM, Simpson PM, Bogle ML. Assessment of the diet quality of US adults in the Lower Mississippi Delta. *Am J Clin Nutr.* 2007;86(3):697-706.

- (114) Guo X, Warden BA, Paeratakul S, Bray GA. Healthy Eating Index and obesity. *Eur J Clin Nutr.* 2004.
- (115) McNaughton SA, Dunstan DW, Ball K, Shaw J, Crawford D. Dietary quality is associated with diabetes and cardio-metabolic risk factors. *J Nutr.* 2009;139(4):734-42.
- (116) Collins CE, Young AF, Hodge A. Diet quality is associated with higher nutrient intake and self-rated health in mid-aged women. *J Am Coll Nutr.* 2008;27(1):146-57.
- (117) Ford ES, Mokdad AH, Liu S. Healthy Eating Index and C-reactive protein concentration: findings from the National Health and Nutrition Examination Survey III, 1988-1994. *Eur J Clin Nutr.* 2005;59(2):278-83.
- (118) Hann CS, Rock CL, King I, Drewnowski A. Validation of the Healthy Eating Index with use of plasma biomarkers in a clinical sample of women. *Am J Clin Nutr.* 2001;74(4):479-86.
- (119) Kant AK, Graubard BI. A comparison of three dietary pattern indexes for predicting biomarkers of diet and disease. *J Am Coll Nutr.* 2005;24(4):294-303.
- (120) Huijbregts P, Feskens E, Rasanen L et al. Dietary pattern and 20 year mortality in elderly men in Finland, Italy, and The Netherlands: longitudinal cohort study. *BMJ.* 1997;315(7099):13-7.
- (121) McCullough ML, Robertson AS, Jacobs EJ, Chao A, Calle EE, Thun MJ. A prospective study of diet and stomach cancer mortality in United States men and women. *Cancer Epidemiol Biomarkers Prev.* 2001;10(11):1201-5.
- (122) Australian Institute of Health and Welfare. *Australian diet quality index project.* AIHW (2007).
- (123) Zamora D, Gordon-Larsen P, Jacobs DR, Jr., Popkin BM. Diet quality and weight gain among black and white young adults: the Coronary Artery Risk Development in Young Adults (CARDIA) Study (1985-2005). *Am J Clin Nutr.* 2010;92(4):784-93.
- (124) Gao SK, Beresford SA, Frank LL, Schreiner PJ, Burke GL, Fitzpatrick AL. Modifications to the Healthy Eating Index and its ability to predict obesity: the Multi-Ethnic Study of Atherosclerosis. *Am J Clin Nutr.* 2008;88(1):64-9.

- (125) Guenther PM, Reedy J, Krebs-Smith SM, Reeve BB. Evaluation of the Healthy Eating Index-2005. *J Am Diet Assoc.* 2008;108(11):1854-64.
- (126) Kant AK, Schatzkin A, Graubard BI, Schairer C. A prospective study of diet quality and mortality in women. *JAMA.* 2000;283(16):2109-15.
- (127) Harnack L, Nicodemus K, Jacobs DR, Jr., Folsom AR. An evaluation of the Dietary Guidelines for Americans in relation to cancer occurrence. *Am J Clin Nutr.* 2002;76(4):889-96.
- (128) Kant AK, Graubard BI, Schatzkin A. Dietary Patterns Predict Mortality in a National Cohort: The National Health Interview Surveys, 1987 and 1992. *J Nutr.* 2004;134(7):1793-9.
- (129) Cerhan JR, Potter JD, Gilmore JM et al. Adherence to the AICR cancer prevention recommendations and subsequent morbidity and mortality in the Iowa Women's Health Study cohort. *Cancer Epidemiol Biomarkers Prev.* 2004;13(7):1114-20.
- (130) McCullough ML, Patel AV, Kushi LH et al. Following cancer prevention guidelines reduces risk of cancer, cardiovascular disease, and all-cause mortality. *Cancer Epidemiol Biomarkers Prev.* 2011;20(6):1089-97.
- (131) von RA, Illner AK, Buijsse B, Heidemann C, Boeing H. Adherence to recommendations of the German food pyramid and risk of chronic diseases: results from the EPIC-Potsdam study. *Eur J Clin Nutr.* 2010;64(11):1251-9.
- (132) Bazelmans C, Dramaix M, Kornitzer M, Moreau M, Leveque A. [Application of a dietary pattern approach in the Belgium context]. *Rev Epidemiol Sante Publique.* 2005;53(2):182-91.
- (133) Bazelmans C, De Henauw S, Matthys C et al. Healthy food and nutrient index and all cause mortality. *Eur J Epidemiol.* 2006;21(2):145-52.
- (134) Hoebeek LI, Rietzschel ER, Langlois M et al. The relationship between diet and subclinical atherosclerosis: results from the Asklepios Study. *Eur J Clin Nutr.* 2011.
- (135) Biloft-Jensen A, Fagt S, Groth MV, Matthiessen J, Wachmann HC, Christensen T. The intake of saturated fat and dietary fibre: a possible indicator of diet quality. *Br J Nutr.* 2008;100(3):624-32.

- (136) Toft U, Kristoffersen LH, Lau C, Borch-Johnsen K, Jorgensen T. The Dietary Quality Score: validation and association with cardiovascular risk factors: the Inter99 study. *Eur J Clin Nutr.* 2007;61(2):270-8.
- (137) Massari M, Freeman KM, Seccareccia F, Menotti A, Farchi G. An index to measure the association between dietary patterns and coronary heart disease risk factors: findings from two Italian studies. *Prev Med.* 2004;39(4):841-7.
- (138) Michels KB, Wolk A. A prospective study of variety of healthy foods and mortality in women. *Int J Epidemiol.* 2002;31(4):847-54.
- (139) Drake I, Gullberg B, Ericson U et al. Development of a diet quality index assessing adherence to the Swedish nutrition recommendations and dietary guidelines in the Malmo Diet and Cancer cohort. *Public Health Nutr.* 2011;14(5):835-45.
- (140) Fondell E, Christensen SE, Balter O, Balter K. Adherence to the Nordic Nutrition Recommendations as a measure of a healthy diet and upper respiratory tract infection. *Public Health Nutr.* 2011; 14(5):860-9.
- (141) Hercberg S, Galan P, Preziosi P et al. Background and rationale behind the SU.VI.MAX Study, a prevention trial using nutritional doses of a combination of antioxidant vitamins and minerals to reduce cardiovascular diseases and cancers. SUPPLEMENTATION EN VITAMINES ET MINÉRAUX ANTIOXYDANTS STUDY. *Int J Vitam Nutr Res.* 1998;68(1):3-20.
- (142) Mennen LI, de Courcy GP, Guillard JC et al. Homocysteine, cardiovascular disease risk factors, and habitual diet in the French Supplementation with Antioxidant Vitamins and Minerals Study. *Am J Clin Nutr.* 2002;76(6):1279-89.
- (143) Dauchet L, Peneau S, Bertrais S et al. Relationships between different types of fruit and vegetable consumption and serum concentrations of antioxidant vitamins. *Br J Nutr.* 2008;100(3):633-41.
- (144) Hercberg S, Ezzedine K, Guinot C et al. Antioxidant supplementation increases the risk of skin cancers in women but not in men. *J Nutr.* 2007;137(9):2098-105.
- (145) Galan P, Noiset N, Estaquio C et al. Serum ferritin, cardiovascular risk factors and ischaemic heart diseases: a prospective analysis in the SU.VI.MAX (SUPPLEMENTATION EN VITAMINES ET MINÉRAUX ANTIOXYDANTS) cohort. *Public Health Nutr.* 2006;9(1):70-4.



- (146) Hercberg S, Estaquio C, Czernichow S et al. Iron status and risk of cancers in the SU.VI.MAX cohort. *J Nutr.* 2005;135(11):2664-8.
- (147) Hercberg S, Preziosi P, Briancon S et al. A primary prevention trial using nutritional doses of antioxidant vitamins and minerals in cardiovascular diseases and cancers in a general population: the SU.VI.MAX study--design, methods, and participant characteristics. *SUPPLEMENTATION EN VITAMINES ET MINERAUX ANTIOXYDANTS. Control Clin Trials.* 1998;19(4):336-51.
- (148) Hercberg S, Hebel P, Preziosi P et al. [Motivations of volunteers for participation in an interventional study in the field of nutritional prevention: results of a pilot study of the SU.VI.MAX project]. *Rev Epidemiol Sante Publique.* 1995;43(2):139-46.
- (149) Pereira MA, FitzGerald SJ, Gregg EW et al. A collection of Physical Activity Questionnaires for health-related research. *Med Sci Sports Exerc.* 1997;29(6 Suppl):S1-205.
- (150) Vuillemin A, Oppert JM, Guillemin F et al. Self-administered questionnaire compared with interview to assess past-year physical activity. *Med Sci Sports Exerc.* 2000;32(6):1119-24.
- (151) Ainsworth BE, Haskell WL, Leon AS et al. Compendium of physical activities: classification of energy costs of human physical activities. *Med Sci Sports Exerc.* 1993;25(1):71-80.
- (152) Ainsworth BE, Haskell WL, Whitt MC et al. Compendium of physical activities: an update of activity codes and MET intensities. *Med Sci Sports Exerc.* 2000;32(9 Suppl):S498-S504.
- (153) Galan P, Favier A, Preziosi P, Bertrais S, Arnault N, Hercberg S. [The bank of biological material in the SU.VI.MAX study]. *Rev Epidemiol Sante Publique.* 2003;51(1 Pt 2):147-50.
- (154) Arnaud J, Bellanger J, Bienvenu F, Chappuis P, Favier A. Recommended method for assaying serum zinc with flame atomic absorption. *Ann Biol Clin (Paris).* 1986;44(1):77-87.
- (155) Bourgeois, CF, Chartrois, RR, Counstans, MF, and George, PR. Automated determination of vitamin C in foodstuffs and biological tissues. *Analysis* 1989;9:519-25.

- (156) Le Moullec N, Deheeger M, Preziosi P et al. Validation du manuel-photos utilisé pour l'enquête alimentaire de l'étude SU.VI.MAX. *Cah Nutr Diet*. 1996;31:158-64.
- (157) Hercberg S, Arnault N, Astorg P, Aubert A, Bertrais S, Collectif. *Table de composition des aliments*. Lavoisier (2005).
- (158) WHO. *International classification of Diseases, Tenth revision clinical modification*. WHO (2003).
- (159) Hercberg S, Galan P, Preziosi P et al. The SU.VI.MAX Study: a randomized, placebo-controlled trial of the health effects of antioxidant vitamins and minerals. *Arch Intern Med*. 2004;164(21):2335-42.
- (160) Estaquio C, Druesne-Pecollo N, Latino-Martel P, Dauchet L, Hercberg S, Bertrais S. Socioeconomic differences in fruit and vegetable consumption among middle-aged French adults: adherence to the 5 A Day recommendation. *J Am Diet Assoc*. 2008;108(12):2021-30.
- (161) Hercberg S, Chat-Yung S, Chauliac M. The French National Nutrition and Health Program: 2001–2006–2010. *Int J Public Health*. 2008;53(2):68-77.
- (162) Beer-Borst S, Hercberg S, Morabia A et al. Dietary patterns in six European populations: results from EURALIM, a collaborative European data harmonization and information campaign. *Eur J Clin Nutr*. 2000;54(3):253-62.
- (163) Capita R, Alonso-Calleja C. Differences in reported winter and summer dietary intakes in young adults in Spain. *Int J Food Sci Nutr*. 2005;56(6):431-43.
- (164) INSEE. *Les nomenclatures des professions et catégories socioprofessionnelles*. INSEE (2003).
- (165) Le Jeannic, T and Vidalenc, J. *Pôles urbains et périurbanisation, le zonage en aires urbaines*. INSEE Première 516. INSEE (1997).
- (166) Czernichow S, Bertrais S, Preziosi P, Galan P, Hercberg S, Oppert JM. Indicators of abdominal adiposity in middle-aged participants of the SU.VI.MAX study: relationships with educational level, smoking status and physical inactivity. *Diabetes Metab*. 2004;30(2):153-9.

- (167) Lasfargues G, Vol S, Le Clesiau H et al. [Validity of a short self-administered dietary questionnaire compared with a dietetic interview]. *Presse Med.* 1990;19(20):953-7.
- (168) Williams C. Healthy eating: clarifying advice about fruit and vegetables. *BMJ.* 1995;310(6992):1453-5.
- (169) O'Brien MM, Kiely M, Galvin M, Flynn A. The importance of composite foods for estimates of vegetable and fruit intakes. *Public Health Nutr.* 2003;6(7):711-26.
- (170) Billson H, Pryer JA, Nichols R. Variation in fruit and vegetable consumption among adults in Britain. An analysis from the dietary and nutritional survey of British adults. *Eur J Clin Nutr.* 1999;53(12):946-52.
- (171) Lallukka T, Laaksonen M, Rahkonen O, Roos E, Lahelma E. Multiple socio-economic circumstances and healthy food habits. *Eur J Clin Nutr.* 2007;61(6):701-10.
- (172) Birkett NJ. Intake of fruits and vegetables in smokers. *Public Health Nutr.* 1999;2(2):217-22.
- (173) Pollard J, Greenwood D, Kirk S, Cade J. Motivations for fruit and vegetable consumption in the UK Women's Cohort Study. *Public Health Nutr.* 2002;5(3):479-86.
- (174) Agudo A, Pera G. Vegetable and fruit consumption associated with anthropometric, dietary and lifestyle factors in Spain. EPIC Group of Spain. European Prospective Investigation into Cancer. *Public Health Nutr.* 1999;2(3):263-71.
- (175) Padrao P, Lunet N, Santos AC, Barros H. Smoking, alcohol, and dietary choices: evidence from the Portuguese National Health Survey. *BMC Public Health.* 2007;7:138.
- (176) Oppert JM, Thomas F, Charles MA, Benetos A, Basdevant A, Simon C. Leisure-time and occupational physical activity in relation to cardiovascular risk factors and eating habits in French adults. *Public Health Nutr.* 2006;9(6):746-54.
- (177) Johansson L, Thelle DS, Solvoll K, Bjorneboe GE, Drevon CA. Healthy dietary habits in relation to social determinants and lifestyle factors. *Br J Nutr.* 1999;81(3):211-20.

- (178) Morland K, Wing S, Diez RA. The contextual effect of the local food environment on residents' diets: the atherosclerosis risk in communities study. *Am J Public Health*. 2002;92(11):1761-7.
- (179) Winkler E, Turrell G, Patterson C. Does living in a disadvantaged area mean fewer opportunities to purchase fresh fruit and vegetables in the area? Findings from the Brisbane food study. *Health Place*. 2006;12(3):306-19.
- (180) Giskes K, van Lenthe FJ, Brug J, Mackenbach JP, Turrell G. Socioeconomic inequalities in food purchasing: the contribution of respondent-perceived and actual (objectively measured) price and availability of foods. *Prev Med*. 2007;45(1):41-8.
- (181) Sorensen G, Stoddard AM, Dubowitz T et al. The influence of social context on changes in fruit and vegetable consumption: results of the healthy directions studies. *Am J Public Health*. 2007;97(7):1216-27.
- (182) Sempos CT, Johnson NE, Smith EL, Gilligan C. Effects of intraindividual and interindividual variation in repeated dietary records. *Am J Epidemiol*. 1985;121(1):120-30.
- (183) Guenther PM, Dodd KW, Reedy J, Krebs-Smith SM. Most Americans eat much less than recommended amounts of fruits and vegetables. *J Am Diet Assoc*. 2006;106(9):1371-9.
- (184) Naska A, Vasdekis VG, Trichopoulou A et al. Fruit and vegetable availability among ten European countries: how does it compare with the 'five-a-day' recommendation? DAFNE I and II projects of the European Commission. *Br J Nutr*. 2000;84(4):549-56.
- (185) Krebs-Smith SM, Cook A, Subar AF, Cleveland L, Friday J. US adults' fruit and vegetable intakes, 1989 to 1991: a revised baseline for the Healthy People 2000 objective. *Am J Public Health*. 1995;85(12):1623-9.
- (186) Agudo A, Amiano P, Barcos A et al. Dietary intake of vegetables and fruits among adults in five regions of Spain. EPIC Group of Spain. European Prospective Investigation into Cancer and Nutrition. *Eur J Clin Nutr*. 1999;53(3):174-80.
- (187) Claro RM, Carmo HC, Machado FM, Monteiro CA. [Income, food prices, and participation of fruit and vegetables in the diet.]. *Rev Saude Publica*. 2007;41(4):557-64.

- (188) Anderson JV, Bybee DI, Brown RM et al. 5 a day fruit and vegetable intervention improves consumption in a low income population. *J Am Diet Assoc.* 2001;101(2):195-202.
- (189) Herman DR, Harrison GG, Jenks E. Choices made by low-income women provided with an economic supplement for fresh fruit and vegetable purchase. *J Am Diet Assoc.* 2006;106(5):740-4.
- (190) Estaquio C, Kesse-Guyot E, Deschamps V et al. Adherence to the French Programme National Nutrition Sante Guideline Score is associated with better nutrient intake and nutritional status. *J Am Diet Assoc.* 2009;109(6):1031-41.
- (191) Lachat C, Van CJ, De HS et al. A concise overview of national nutrition action plans in the European Union Member States. *Public Health Nutr.* 2005;8(3):266-74.
- (192) Dixon LB, Balder HF, Virtanen MJ et al. Dietary patterns associated with colon and rectal cancer: results from the Dietary Patterns and Cancer (DIETSCAN) Project. *Am J Clin Nutr.* 2004;80(4):1003-11.
- (193) Schofield WN. Predicting basal metabolic rate, new standards and review of previous work. *Hum Nutr Clin Nutr.* 1985;39 Suppl 1:5-41.
- (194) Report of a Joint FAO/WHO/UNU Expert Consultation. *Energy and protein requirements.* Technical Report Series 724. WHO (1985).
- (195) Agence Française de Sécurité Sanitaire des Aliments. *Rapport du groupe de travail sur le sel.* AFSSA (2002).
- (196) Brussaard JH, Lowik MR, Steingrimsdottir L et al. A European food consumption survey method--conclusions and recommendations. *Eur J Clin Nutr.* 2002;56 Suppl 2:S89-S94.
- (197) Estaquio C, Castetbon K, Kesse-Guyot E et al. The French National Nutrition and Health Program score is associated with nutritional status and risk of major chronic diseases. *J Nutr.* 2008;138(5):946-53.
- (198) Moeller SM, Reedy J, Millen AE et al. Dietary patterns: challenges and opportunities in dietary patterns research an Experimental Biology workshop, April 1, 2006. *J Am Diet Assoc.* 2007;107(7):1233-9.

- (199) Naska A, Fouskakis D, Oikonomou E et al. Dietary patterns and their socio-demographic determinants in 10 European countries: data from the DAFNE databank. *Eur J Clin Nutr.* 2006; 60(2):181-90.
- (200) Dallongeville J, Marecaux N, Fruchart JC, Amouyel P. Cigarette smoking is associated with unhealthy patterns of nutrient intake: a meta-analysis. *J Nutr.* 1998;128(9):1450-7.
- (201) Campbell DR, Gross MD, Martini MC, Grandits GA, Slavin JL, Potter JD. Plasma carotenoids as biomarkers of vegetable and fruit intake. *Cancer Epidemiol Biomarkers Prev.* 1994;3(6):493-500.
- (202) Drewnowski A, Rock CL, Henderson SA et al. Serum beta-carotene and vitamin C as biomarkers of vegetable and fruit intakes in a community-based sample of French adults. *Am J Clin Nutr.* 1997;65(6):1796-802.
- (203) Hung HC, Joshipura KJ, Jiang R et al. Fruit and vegetable intake and risk of major chronic disease. *J Natl Cancer Inst.* 2004;96(21):1577-84.
- (204) Fung TT, McCullough M, van Dam RM, Hu FB. A prospective study of overall diet quality and risk of type 2 diabetes in women. *Diabetes Care.* 2007; 30(7):1753-7.
- (205) Kesse-Guyot E, Castetbon K, Estaquio C, Czernichow S, Galan P, Hercberg S. Association between the French nutritional guideline-based score and 6-year anthropometric changes in a French middle-aged adult cohort. *Am J Epidemiol.* 2009;170(6):757-65.
- (206) Kumanyika SK, Obarzanek E, Stettler N et al. Population-based prevention of obesity: the need for comprehensive promotion of healthful eating, physical activity, and energy balance: a scientific statement from American Heart Association Council on Epidemiology and Prevention, Interdisciplinary Committee for Prevention (formerly the expert panel on population and prevention science). *Circulation.* 2008;118(4):428-64.
- (207) Togo P, Osler M, Sorensen TI, Heitmann BL. Food intake patterns and body mass index in observational studies. *Int J Obes Relat Metab Disord.* 2001;25(12):1741-51.
- (208) Schroder H, Marrugat J, Vila J, Covas MI, Elosua R. Adherence to the traditional mediterranean diet is inversely associated with body mass index and obesity in a spanish population. *J Nutr.* 2004;134(12):3355-61.

- (209) Panagiotakos DB, Chrysohoou C, Pitsavos C, Stefanadis C. Association between the prevalence of obesity and adherence to the Mediterranean diet: the ATTICA study. *Nutrition*. 2006;22(5):449-56.
- (210) Mendez MA, Popkin BM, Jakszyn P et al. Adherence to a Mediterranean diet is associated with reduced 3-year incidence of obesity. *J Nutr*. 2006;136(11):2934-8.
- (211) Sanchez-Villegas A, Bes-Rastrollo M, Martinez-Gonzalez MA, Serra-Majem L. Adherence to a Mediterranean dietary pattern and weight gain in a follow-up study: the SUN cohort. *Int J Obes (Lond)*. 2006;30(2):350-8.
- (212) Yannakoulia M, Panagiotakos D, Pitsavos C et al. Five-year incidence of obesity and its determinants: the ATTICA study. *Public Health Nutr*. 2009;12(1):36-43.
- (213) Schulz M, Nothlings U, Hoffmann K, Bergmann MM, Boeing H. Identification of a food pattern characterized by high-fiber and low-fat food choices associated with low prospective weight change in the EPIC-Potsdam cohort. *J Nutr*. 2005;135(5):1183-9.
- (214) Togo P, Osler M, Sorensen TI, Heitmann BL. A longitudinal study of food intake patterns and obesity in adult Danish men and women. *Int J Obes Relat Metab Disord*. 2004;28(4):583-93.
- (215) Newby PK, Muller D, Hallfrisch J, Andres R, Tucker KL. Food patterns measured by factor analysis and anthropometric changes in adults. *Am J Clin Nutr*. 2004;80(2):504-13.
- (216) Newby PK, Weismayer C, Akesson A, Tucker KL, Wolk A. Longitudinal changes in food patterns predict changes in weight and body mass index and the effects are greatest in obese women. *J Nutr*. 2006;136(10):2580-7.
- (217) Newby PK, Muller D, Hallfrisch J, Qiao N, Andres R, Tucker KL. Dietary patterns and changes in body mass index and waist circumference in adults. *Am J Clin Nutr*. 2003;77(6):1417-25.
- (218) Castetbon K, Vernay M, Malon A et al. Dietary intake, physical activity and nutritional status in adults: the French nutrition and health survey (ENNS, 2006-2007). *Br J Nutr*. 2009;102(5):733-43.
- (219) Charles MA, Eschwege E, Basdevant A. Monitoring the obesity epidemic in France: the Obepi surveys 1997-2006. *Obesity (Silver Spring)*. 2008;16(9):2182-6.

- (220) Ogden CL, Yanovski SZ, Carroll MD, Flegal KM. The epidemiology of obesity. *Gastroenterology*. 2007;132(6):2087-102.
- (221) Trichopoulou A, Costacou T, Bamia C, Trichopoulos D. Adherence to a Mediterranean diet and survival in a Greek population. *N Engl J Med*. 2003;348(26):2599-608.
- (222) McCullough ML, Feskanich D, Rimm EB et al. Adherence to the Dietary Guidelines for Americans and risk of major chronic disease in men. *Am J Clin Nutr*. 2000;72(5):1223-31.
- (223) McCullough ML, Feskanich D, Stampfer MJ et al. Adherence to the Dietary Guidelines for Americans and risk of major chronic disease in women. *Am J Clin Nutr*. 2000;72(5):1214-22.
- (224) McCullough ML, Willett WC. Evaluating adherence to recommended diets in adults: the Alternate Healthy Eating Index. *Public Health Nutr*. 2006;9(1A):152-7.
- (225) Cox DR. Regression models and life tables (with discussion). *R Stat Soc B*. 1972;(34):187-220.
- (226) Seymour JD, Calle EE, Flagg EW, Coates RJ, Ford ES, Thun MJ. Diet Quality Index as a predictor of short-term mortality in the American Cancer Society Cancer Prevention Study II Nutrition Cohort. *Am J Epidemiol*. 2003;157(11):980-8.
- (227) Key TJ, Schatzkin A, Willett WC, Allen NE, Spencer EA, Travis RC. Diet, nutrition and the prevention of cancer. *Public Health Nutr*. 2004;7(1A):187-200.
- (228) Gonzalez CA, Riboli E. Diet and cancer prevention: where we are, where we are going. *Nutr Cancer*. 2006;56(2):225-31.
- (229) World Cancer Research Fund. *Food, Nutrition and the prevention of cancer: a global perspective*. WCRF (1997).
- (230) Estaquio C, Kesse-Guyot E, Deschamps V et al. Adherence to the French Programme National Nutrition Sante Guideline Score is associated with better nutrient intake and nutritional status. *J Am Diet Assoc*. 2009;109(6):1031-41.
- (231) Fargnoli JL, Fung TT, Olenczuk DM, Chamberland JP, Hu FB, Mantzoros CS. Adherence to healthy eating patterns is associated with higher circulating total and



high-molecular-weight adiponectin and lower resistin concentrations in women from the Nurses' Health Study. *Am J Clin Nutr.* 2008;88(5):1213-24.

- (232) McNaughton SA, Ball K, Crawford D, Mishra GD. An index of diet and eating patterns is a valid measure of diet quality in an Australian population. *J Nutr.* 2008;138(1):86-93.
- (233) Bowman SA, Lino M, Gerrior SA, Basiotis PP. *The Healthy Eating Index: 1994-1996*. US Department of Agriculture, Center for Nutrition Policy and Promotion (1998).
- (234) Tur JA, Romaguera D, Pons A. The Diet Quality Index-International (DQI-I): is it a useful tool to evaluate the quality of the Mediterranean diet? *Br J Nutr.* 2005;93(3):369-76.
- (235) Malon A, Deschamps V, Salanave B et al. Compliance with French nutrition and health program recommendations is strongly associated with socioeconomic characteristics in the general adult population. *J Am Diet Assoc.* 2010;110(6):848-56.
- (236) Imamura F, Jacques PF, Herrington DM, Dallal GE, Lichtenstein AH. Adherence to 2005 Dietary Guidelines for Americans is associated with a reduced progression of coronary artery atherosclerosis in women with established coronary artery disease. *Am J Clin Nutr.* 2009;90(1):193-201.
- (237) Mejean C, Deschamps V, Bellin-Lestienne C et al. Sociodemographic and economic determinants of overweight and obesity in female food-aid users in France (the ABENA study 2004-2005). *Prev Med.* 2010;51(6):517-8.
- (238) Bihan H, Castetbon K, Mejean C et al. Sociodemographic factors and attitudes toward food affordability and health are associated with fruit and vegetable consumption in a low-income French population. *J Nutr.* 2010;140(4):823-30.
- (239) Carter OB, Pollard CM, Atkins JF, Marie MJ, Pratt IS. 'We're not told why - we're just told': qualitative reflections about the Western Australian Go for 2&5(R) fruit and vegetable campaign. *Public Health Nutr.* 2011;14(6):982-8.
- (240) Glasson C, Chapman K, James E. Fruit and vegetables should be targeted separately in health promotion programmes: differences in consumption levels, barriers,

- knowledge and stages of readiness for change. *Public Health Nutr.* 2011;14(4):694-701.
- (241) Boffetta P, Couto E, Wichmann J et al. Fruit and vegetable intake and overall cancer risk in the European Prospective Investigation into Cancer and Nutrition (EPIC). *J Natl Cancer Inst.* 2010;102(8):529-37.
- (242) Gerber, S. L. *Vaut-il toujours mieux prévenir que guérir ? Arguments pour une prévention plus ciblée.* La note de veille n° 167. Centre d'analyse stratégique (2010).
- (243) Sauneron, S, Gimbert, V, and Oullier, O. *Lutte contre l'obésité: repenser les stratégies préventives en matière d'information et d'éducation.* La note de veille n°166 Centre d'analyse stratégique (2010).
- (244) Capacci S, Mazzocchi M. Five-a-day, a price to pay: an evaluation of the UK program impact accounting for market forces. *J Health Econ.* 2011;30(1):87-98.
- (245) FNORS. *Harmoniser les études en nutrition. Un guide de bonnes pratiques pour les études régionales et locales.* FNORS (2009).
- (246) Feskanich D, Rockett HR, Colditz GA. Modifying the Healthy Eating Index to assess diet quality in children and adolescents. *J Am Diet Assoc.* 2004;104(9):1375-83.
- (247) Woodruff SJ, Hanning RM, McGoldrick K, Brown KS. Healthy eating index-C is positively associated with family dinner frequency among students in grades 6-8 from Southern Ontario, Canada. *Eur J Clin Nutr.* 2010;64(5):454-60.
- (248) Tamers SL, gurs-Collins T, Dodd KW, Nebeling L. US and France adult fruit and vegetable consumption patterns: an international comparison. *Eur J Clin Nutr.* 2009;63(1):11-7.
- (249) Blanck HM, Gillespie C, Kimmons JE, Seymour JD, Serdula MK. Trends in fruit and vegetable consumption among U.S. men and women, 1994-2005. *Prev Chronic Dis.* 2008;5(2):A35.
- (250) Ashfield-Watt PA, Welch AA, Day NE, Bingham SA. Is 'five-a-day' an effective way of increasing fruit and vegetable intakes? *Public Health Nutr.* 2004;7(2):257-61.

- (251) Caldwell EM, Miller KM, DuBow WM, Wytinck SM. Perceived access to fruits and vegetables associated with increased consumption. *Public Health Nutr.* 2009;12(10):1743-50.
- (252) Dibsdall LA, Lambert N, Bobbin RF, Frewer LJ. Low-income consumers' attitudes and behaviour towards access, availability and motivation to eat fruit and vegetables. *Public Health Nutr.* 2003;6(2):159-68.
- (253) Dallongeville J, Dauchet L, de MO, Requillart V, Soler LG. Increasing fruit and vegetable consumption: a cost-effectiveness analysis of public policies. *Eur J Public Health.* 2011;21(1):69-73.
- (254) de Mouzon O, Réquillart V, Soler L, Dallongeville J, Dauchet L. Une politique de bons d'achat pour les fruits et légumes est-elle efficace ? *Nutrition clinique et métabolisme.* 2010;24(S1):22.
- (255) Inagami S, Cohen DA, Finch BK, Asch SM. You are where you shop: grocery store locations, weight, and neighborhoods. *Am J Prev Med.* 2006;31(1):10-7.
- (256) Inagami S, Cohen DA, Brown AF, Asch SM. Body mass index, neighborhood fast food and restaurant concentration, and car ownership. *J Urban Health.* 2009;86(5):683-95.
- (257) McKinnon RA, Reedy J, Morrissette MA, Lytle LA, Yaroch AL. Measures of the food environment: a compilation of the literature, 1990-2007. *Am J Prev Med.* 2009;36(4 Suppl):S124-S133.
- (258) Walker RE, Keane CR, Burke JG. Disparities and access to healthy food in the United States: A review of food deserts literature. *Health Place.* 2010;16(5):876-84.
- (259) Michimi A, Wimberly MC. Associations of supermarket accessibility with obesity and fruit and vegetable consumption in the conterminous United States. *Int J Health Geogr.* 2010;9:49.
- (260) Lovasi GS, Hutson MA, Guerra M, Neckerman KM. Built environments and obesity in disadvantaged populations. *Epidemiol Rev.* 2009;31:7-20.
- (261) Moore LV, ez Roux AV, Nettleton JA, Jacobs DR, Franco M. Fast-food consumption, diet quality, and neighborhood exposure to fast food: the multi-ethnic study of atherosclerosis. *Am J Epidemiol.* 2009;170(1):29-36.

- (262) Moore LV, ez Roux AV, Nettleton JA, Jacobs DR, Jr. Associations of the local food environment with diet quality--a comparison of assessments based on surveys and geographic information systems: the multi-ethnic study of atherosclerosis. *Am J Epidemiol.* 2008;167(8):917-24.
- (263) Reedy J, Krebs-Smith SM, Bosire C. Evaluating the food environment: application of the Healthy Eating Index-2005. *Am J Prev Med.* 2010;38(5):465-71.
- (264) Chaix B, Kestens Y, Bean K et al. Cohort Profile: Residential and non-residential environments, individual activity spaces and cardiovascular risk factors and diseases--The RECORD Cohort Study. *Int J Epidemiol.* 2011. doi: 10.1093/ije/dyr107 First published online: July 7, 2011
- (265) Charreire H, Kesse-Guyot E, Bertrais S et al. Associations between dietary patterns, physical activity (leisure-time and occupational) and television viewing in middle-aged French adults. *Br J Nutr.* 2011;105(6):902-10.
- (266) Silhol R, Zins M, Chauvin P, Chaix B. Investigating the spatial variability in incidence of coronary heart disease in the Gazel cohort: the impact of area socioeconomic position and mediating role of risk factors. *J Epidemiol Community Health.* 2011;65(2):137-43.
- (267) Maillot M, Darmon N, Drewnowski A. Are the lowest-cost healthful food plans culturally and socially acceptable? *Public Health Nutr.* 2010;13(8):1178-85.
- (268) Monsivais P, Aggarwal A, Drewnowski A. Are socio-economic disparities in diet quality explained by diet cost? *J Epidemiol Community Health.* 2010. jech.2010.122333. Published Online First: 10 December 2010
- (269) Cade J, Upmeier H, Calvert C, Greenwood D. Costs of a healthy diet: analysis from the UK Women's Cohort Study. *Public Health Nutr.* 1999;2(4):505-12.
- (270) Schroder H, Marrugat J, Covas MI. High monetary costs of dietary patterns associated with lower body mass index: a population-based study. *Int J Obes (Lond).* 2006;30(10):1574-9.
- (271) Bernstein AM, Bloom DE, Rosner BA, Franz M, Willett WC. Relation of food cost to healthfulness of diet among US women. *Am J Clin Nutr.* 2010;92(5):1197-203.
- (272) Darmon M, Vieux F, Bocquier A, Lioret S, Dubuisson C, Caillavet F. L'insécurité alimentaire. *Nutrition clinique et métabolisme.* 2010;24(S1):66-7.

- (273) Carstairs V, Morris R. Deprivation: explaining differences in mortality between Scotland and England and Wales. *BMJ*. 1989;299(6704):886-9.
- (274) Jarman B, Townsend P, Carstairs V. Deprivation indices. *BMJ*. 1991;303(6801):523.
- (275) Pampalon R, Raymond G. A deprivation index for health and welfare planning in Quebec. *Chronic Dis Can*. 2000;21(3):104-13.
- (276) Julia C, Vernay M, Salanave B et al. Nutrition patterns and metabolic syndrome: a need for action in young adults (French Nutrition and Health Survey - ENNS, 2006-2007). *Prev Med*. 2010;51(6):488-93.
- (277) Vernay M, Malon A, Oleko A et al. Association of socioeconomic status with overall overweight and central obesity in men and women: the French Nutrition and Health Survey 2006. *BMC Public Health*. 2009;9:215.
- (278) Kesse-Guyot E, Touvier M, Henegar A et al. Higher adherence to French dietary guidelines and chronic diseases in the prospective SU.VI.MAX cohort. *Eur J Clin Nutr*. 2011; 65(8):887-94.
- (279) Kesse-Guyot E, Fezeu L, Galan P, Hercberg S, Czernichow S, Castetbon K. Adherence to French Nutritional Guidelines Is Associated with Lower Risk of Metabolic Syndrome. *J Nutr*. 2011; 141(6):1134-9.
- (280) Kesse-Guyot E, Amieva H, Castetbon K et al. Adherence to nutritional recommendations and subsequent cognitive performance: findings from the prospective Supplementation with Antioxidant Vitamins and Minerals 2 (SU.VI.MAX 2) study. *Am J Clin Nutr*. 2011;93(1):200-10.
- (281) Tande DL, Magel R, Strand BN. Healthy Eating Index and abdominal obesity. *Public Health Nutr*. 2010;13(2):208-14.
- (282) Wolongevicz DM, Zhu L, Pencina MJ et al. Diet quality and obesity in women: the Framingham Nutrition Studies. *Br J Nutr*. 2010;103(8):1223-9.
- (283) Wyndels K, Dallongeville J, Simon C et al. Regional factors interact with educational and income tax levels to influence food intake in France. *Eur J Clin Nutr*. 2011; 65(9):1067-75.

# Annexes



## Annexe 2 Recensement des différentes études étudiant la relation entre les scores *a priori* nutritionnels, le statut nutritionnel, les biomarqueurs, la morbidité et la mortalité

Nom du score, pays, référence bibliographique <sup>29</sup>	Année de publication	Source des données	Population (âge à l'inclusion)	Année de recrutement (période de suivi)	Type de recueil alimentaire	Evénement(s) de santé étudié(s)	Résultats principaux
<b>AHEI</b>							
AHEI, Etats-Unis (1)	2002	Nurses's Health Study	67 271 femmes (30-55 ans)	1984-1996 (suivi 12 ans)	FFQ	Cancers MCV Décès	Un score AHEI élevé est associé chez les hommes et les femmes à une réduction des maladies chroniques (surtout MCV). Aucune relation n'a été retrouvée concernant le risque de déclarer un cancer.
		Health Professionals' Follow-up Study	38 615 hommes (40-75 ans)	1986-1994 (suivi 8 ans)			
AHEI, Etats-Unis (2)	2005	Nurses's Health Study	690 femmes (43-69 ans)	1990 (cross sectional)	FFQ	Biomarqueurs	Un score AHEI élevé est associé à des concentrations moindres de marqueurs d'inflammation ou de dysfonctionnement endothéliale
AHEI, Etats-Unis, (3)	2006	Nurses's Health Study	67 271 femmes (30-55 ans)	1984-1996 (suivi 12 ans)	FFQ	Cancers MCV Décès	Incidence plus faible de déclarer une maladie chronique au cours du suivi pour les hommes et les femmes inclus dans le quintile le plus élevé vs le plus bas.
		Health Professionals' Follow-up Study	38 615 hommes (40-75 ans)	1986-1994 (suivi 8 ans)			Incidence plus faible de déclarer une maladie cardiovasculaire au cours du suivi pour les hommes et les femmes inclus dans le quintile le plus élevé vs le plus bas.
							Aucune relation significative n'a été retrouvée concernant l'incidence des cancers
AHEI, Etats-Unis (4)	2006	Nurses's Health Study	71 058 femmes (30-55 ans)	1984-2002 (suivi 18 ans)	FFQ	Cancer du sein	Les femmes ayant un score AHEI élevé ont un risque plus faible de développer un cancer du sein ER-
AHEI, Etats-Unis (5)	2007	Nurses's Health Study	80 029 femmes (30-55 ans)	1984-2002 (suivi 18 ans)	FFQ	Diabète de type 2	Les femmes ayant un score AHEI élevé ont moins un risque plus faible d'avoir un diabète. Ce résultat se confirme chez les femmes qui ont déclarées un score AHEI élevé tout au long du suivi. De plus, les femmes qui ont améliorées leurs scores (et donc leur alimentation) au cours du suivi, ont également moins de risque d'avoir un diabète que celles qui ont eu tout au long du suivi un score bas.
AHEI, Etats-Unis (6)	2007	Nurses's Health Study	578 femmes (43-69 ans)	1989-1990 (cross sectional)	FFQ	Plasma sex hormone concentrations	Un score AHEI élevé est associé à des niveaux moins élevés d'oestradiol et à des niveaux élevés de SHBG. Chez les femmes ayant un BMI >25, un score AHEI élevé est inversement associé au taux d'oestradiol > 25
AHEI, Etats-Unis (7)	2008	National Institutes of Health (NIH)-AARP Diet and Health Study	492 382 sujets (50-71 ans)	1995/1996-2000 (suivi 5 ans)	FFQ	Cancer colorectal	Chez les hommes: Incidence plus faible chez les sujets inclus dans le quintile le plus élevé vs le plus bas Chez les femmes : aucune relation

<sup>29</sup> Nota Bene : Il n'est pas fait mention dans ce tableau si le score utilisé a nécessité une adaptation par les auteurs



Nom du score, pays, référence bibliographique	Année de publication	Source des données	Population (âge à l'inclusion)	Année de recrutement (période de suivi)	Type de recueil alimentaire	Événement(s) de santé étudié(s)	Résultats principaux
AHEI, Etats-Unis (8)	2008	Nurses's Health Study	1 922 femmes (30-55 ans)	1984-1990 (cross sectional)	FFQ	Biomarqueurs	AHEI est associé à des concentrations moins élevés de CRP, SE-selectin et ferritine et à de meilleures concentrations de HMW plasma adiponectin
AHEI, Grande Bretagne (9)	2010	Whitehall II study of London-based office workers	339 with METS en 1997-1999 (35-55 ans)	1997-1999 (suivi 5ans)	FFQ	Syndrome métabolique	Les scores les plus élevés sont associés à l'amélioration des différentes composantes qui définissent le syndrome métabolique
AHEI, Grande-Bretagne (10)	2011	Whitehall II study of London-based office workers	7 319 sujets (35-55 ans)	1985-1988 (suivi 18 ans)	FFQ	Mortalité	Les sujets ayant les scores les plus élevés ont une mortalité moins élevée que les sujets ayant des scores peu élevés (-25%). La mortalité pour MCV est de -40%. Aucune relation n'a été retrouvée pour la mortalité par cancer
<b>Agences USA</b>							
AICR, Etats-Unis (11)	2004	Iowa Women's Health Study (IWHWS)	29 564 femmes (55-69 ans)	1986-1998 (suivi 13 ans)	FFQ	Incidence de cancer	L'adhésion aux recommandations de l'AICR réduit l'incidence de cancer
ACS guideline score, Etats-Unis (12)	2011	Cancer Prevention Study II (CPS-II) Nutrition Cohort	50 727 hommes 61 239 femmes	1992-1993 (suivi 14 ans)	FFQ	Mortalité toutes causes, par cancer, ou MCV	L'adhésion aux recommandations pour l'obésité, l'alimentation, l'activité physique, l'alcool réduisent la mortalité toutes causes, par cancer ou MCV chez les non-fumeurs
<b>DGAI</b>							
DGAI, Etats-Unis (13)	2006	Framingham Heart Study Offspring Cohort	3 323 sujets	1991-1994 (cross sectional)	FFQ	Statut nutritionnel	Un meilleur statut nutritionnel a été retrouvé chez les sujets ayant un DGAI élevé (sauf vitamine B12 et sodium)
DGAI, Etats-Unis (14)	2007	Framingham Heart Study	3 799 sujets (28-62 ans)	1991-1995 (cross sectional)	FFQ	Syndrome métabolique	Un score DGAI élevé est associé à une moindre prévalence de syndrome métabolique
DGAI, Etats-Unis (15)	2007	Framingham Heart Study	3 082 sujets (28-62 ans)	1991-1995 (cross sectional)	FFQ	Insulino-résistance	Les femmes ayant un score DGAI élevé ont de meilleures concentrations que celles qui ont des scores moins élevés. Aucune relation n'a été retrouvée pour les hommes
DGAI weighted et DGAI Etats-Unis (16)	2009	Estrogen Replacement and Atherosclerosis study	224 femmes (<80 ans)	1995-1996 (suivi 3 ans)	FFQ	Atherosclerosis progression	DGAI was not associated with atherosclerosis progression (P = 0.44), whereas wDGAI was inversely associated; a 1-SD difference in wDGAI was related to 0.049-mm less narrowing of the coronary arteries (SE = 0.017, P = 0.004)
<b>DQI</b>							
DQI, Etats-Unis (17)	1994	1987-88 Nationwide Food Consumption Survey (NFCS)	5 484 sujets (≥21 ans)	1987-1988 (cross sectional)	Rappel 24h et 2 day food record	Statut nutritionnel	Un DQI élevé est associé à un meilleur statut nutritionnel
DQI, France (18)	1996	Val de Marne Study	837 sujets (≥18 ans)	1988-1989 (cross sectional)	FFQ sur les 6 derniers mois	Statut nutritionnel	Un DQI élevé est associé à un meilleur statut nutritionnel
DQI, Etats-Unis (19)	1997	Echantillon	24 sujets (20-30 ans) 24 sujets (60-75 ans)	(cross sectional)	Rappel 24h + 14 consecutive food record	Statut nutritionnel	Un DQI élevé est associé à des apports énergétiques moins élevés

Nom du score, pays, référence bibliographique	Année de publication	Source des données	Population (âge à l'inclusion)	Année de recrutement (période de suivi)	Type de recueil alimentaire	Evénement(s) de santé étudié(s)	Résultats principaux
DQI-Revised, Etats-Unis (20)	1999	Continuing Survey of Food Intakes by Individuals	3 202 sujets (≥18 ans)	1994 (cross sectional)	2 rappels de 24-h	Nutriments	Un DQI-R élevé est associé à un meilleur statut nutritionnel
DQI, France (21)	2000	Echantillon	146 sujets (20-75 ans)	Cross sectional	FFQ	Biomarqueurs	Un DQI élevé est associé à un meilleur statut nutritionnel (mesuré par le biais de biomarqueurs)
DQI, Etats-Unis (22)	2003	Echantillon	102 femmes (50-79 ans)	Cross sectional	FFQ	Biomarqueurs	Un DQI élevé est associé à un meilleur statut nutritionnel (mesuré par le biais de biomarqueurs)
DQI, Etats-Unis (23)	2003	American Cancer Society Cancer Prevention Study II Nutrition Cohort	115 833 sujets (50-79 ans)	1992-1996 (suivi 4 ans)	FFQ	Mortalité	Only circulatory disease mortality was clearly positively related to DQI and only in women
DQI-R, Etats-Unis (2)	2005	Nurses's Health Study	690 femmes (43-69 ans)	1990 (cross sectional)	FFQ	Marqueurs inflammation IMC	IMC moins important pour les sujets ayant été classé dans le dernier quintile du DQI-R  DQI-R n'est pas associé à une amélioration des marqueurs de l'inflammation
DQI, Etats-Unis (24)	2006	Framingham Offspring cohort	2 245 sujets (49-56 ans)	1984-1988 (suivi 8 ans)	3 day dietary records	Prise de poids	Les sujets ayant un score DQI élevé prennent moins de poids au cours du temps.
DQI-R, Etats-Unis (4)	2006	Nurses's Health Study	71 058 femmes (30-55 ans)	1984-2002 (suivi 18 ans)	FFQ	Cancer du sein Analyse séparé selon récepteur	Aucune association
DQI-2005, Etats-Unis (25)	2010	Coronary Artery Risk Development in Young Adults (CARDIA)	4 913 sujets (18-30 ans)	1985-1986 (suivi 20 ans)	FFQ	Prise de poids	Aucune association
DQI, Etats-Unis (26)	2011	Coronary Artery Risk Development in Young Adults (CARDIA)	5 115 sujets (18-30 ans)	1985-1986 (suivi 20 ans)	FFQ	Diabète de type II	Aucune association entre le DQI et l'incidence de déclarer un diabète
DQI-SNR, Suède (27)	2011	Malmo Diet and Cancer (MDC) cohort	4 525 hommes 8 491 femmes	1994-1996 (cross sectional)	diet history method	Statut nutritionnel	For participants with high DQI-SNR scores, nutrient and food intakes were close to recommendations
<b>DGI</b>							
Dietary guideline index (DGI), Etats-Unis(28)	2002	Iowa Women's Health Study (IWHS)	34 708 femmes (55-69 ans)	1986-1998 (suivi 13 ans)	FFQ	Cancers	Incidence moindre chez les sujets inclus dans le quintile le plus élevé vs le plus bas

Nom du score, pays, référence bibliographique	Année de publication	Source des données	Population (âge à l'inclusion)	Année de recrutement (période de suivi)	Type de recueil alimentaire	Evénement(s) de santé étudié(s)	Résultats principaux
DGI, Australie (29)	2008	Australian National Nutrition Survey (NNS)	10 851 sujets (≥19 ans)	1995 (cross sectional)	Rappel 24h FFQ Food and habits questionnaires	Statut nutritionnel	Un score DGI élevé est associé à un meilleur statut nutritionnel
DGI, Australie (30)	2009	Australian Diabetes, Obesity and Lifestyle (AusDiab)	7 441 sujets (≥ 25 ans)	1999/2000 (cross sectional)	FFQ	Facteurs de risque cardio-métabolique	Un score DGI élevé est associé : - chez les hommes à une pression systolique et diastolique moins élevée, à une moindre prévalence d'obésité abdominale et d'hypertension - chez les femmes à une pression systolique moins élevée et à de meilleures concentrations pour les marqueurs de l'insulino-résistance
<b>HDI</b>							
HDI, Finlande, Pays-Bas, Italie (31)	1997	5 cohortes masculine suivi depuis 1958	3 045 hommes (50-70 ans)	1970 (20 ans de suivi pour chacune des cohortes)	Dietary history method	Mortalité	Un HDI élevé est associé, au bout de 20 ans, à une moindre mortalité
HDI, Finlande, Pays-Bas, Italie (32)	1998	5 cohortes européennes	1 049 hommes (40-59 ans)	1958/64-1990 (cross sectional)	Dietary history method	Fonctions cognitives	Un HDI élevé est associé à de meilleures fonctions cognitives (chez les hommes âgés)
HDI, 10 pays européens (33)	2006	Healthy Ageing: a longitudinal study in Europe (HALE)	3 117 sujets (2068 hommes et 1049 femmes) (70-90 ans)	1988/91-1998/99 (suivi 10 ans)	Dietary history method	Mortalité	Une mortalité moindre a été observée chez les sujets ayant une alimentation jugée comme saine
HDI, Grande-Bretagne (34)	2011	UK Women's Cohort Study	33 731 femmes (35-69 ans)	1995-1998 (suivi 9 ans en moyenne)	FFQ	Cancer du sein	Aucune association
<b>HEI</b>							
HEI, Etats-Unis (35)	1995	Continuing Survey of Food Intake by Individuals	7 463 sujets (≥2 ans)	1989-1990 (cross sectional)	1 rappel de 24h 2 day food record	Statut nutritionnel	Un score HEI élevé est associé à un meilleur statut nutritionnel
HEI; Etats-Unis (36)	2000	Health Professionals Follow-up Study (HPFS)	38 622 hommes (40-75 ans)	1986-1994 (suivi 8 ans)	FFQ	Cancers MCV Décès IMC	Incidence moindre pour les maladies chroniques chez les hommes inclus dans le quintile le plus élevé vs le plus bas et ayant déclaré au cours du suivi une maladie chronique. Ceci est particulièrement observé chez les sujets ayant déclaré une maladie cardiovasculaire au cours du suivi. L'IMC est moins important dans les quintiles les plus élevés. Pas de relation observée sur le risque de cancer

Nom du score, pays, référence bibliographique	Année de publication	Source des données	Population (âge à l'inclusion)	Année de recrutement (période de suivi)	Type de recueil alimentaire	Événement(s) de santé étudié(s)	Résultats principaux
HEI, Etats-Unis (37)	2000	Nurses' Health Study	67 272 femmes (45-64 ans)	1984-1996 (suivi 12 ans)	FFQ	Cancers MCV Décès IMC	Incidence moindre pour les maladies chroniques chez les femmes incluses dans le quintile le plus élevé vs le plus bas et ayant déclaré au cours du suivi une maladie chronique. Ceci est particulièrement observé chez les sujets ayant déclaré une maladie cardiovasculaire au cours du suivi. L'IMC est moins important dans les quintiles les plus élevés. Pas de relation observée sur le risque de cancer
HEI, Etats-Unis (38)	2001	University of Michigan Hospitals' Breast Care Center	340 femmes (21-80 ans)	Cross sectional	3 enregistrements alimentaires	Statut nutritionnel Dosages biologiques	Un meilleur statut nutritionnel (apports nutritionnels et niveaux sériques) est associé à un meilleur score
HEI, Etats-Unis (39)	2004	Third National Health and Nutrition Examination Survey (NHANES III)	10 930 sujets (20-75 ans)	1994 (cross-sectional)	1 rappel de 24H	IMC	Un HEI peu élevé est associé au risque de surpoids ou d'obésité
HEI, Etats-Unis (40)	2004	NHANES III	6 979 sujets (≥ 17 ans)	1988/1994	1 rappel de 24H	Dosages biologiques	Un meilleur statut nutritionnel (estimé par des niveaux sériques) est associé à un meilleur score
HEI, Etats-Unis (41)	2005	NHANES III	13 811 sujets (≥ 20 ans)	1988/1994	1 rappel de 24H	Marqueurs inflammation	Plus le HEI obtenu par les sujets est élevé plus le taux de CRP est bas
HEI, Etats-Unis (2)	2005	Nurses's Health Study	690 femmes (43-69 ans)	1990	FFQ	Biomarqueurs fonction endothéliale	Aucune association
HEI, Etats-Unis (42)	2005	NHANES III	8 719 sujets (≥20 ans)	1988-1994	1 rappel de 24H	Biomarqueurs, facteurs de risque pour MCV, obésité et diabète	Les sujets classés dans le quartile le plus élevé vs le quartile le plus bas : ont de meilleurs statuts nutritionnels pour les vitamines C, E, folate et caraténoïde et présentent un IMC moins élevé ainsi que des taux moins élevés pour homocystéine, CRP, plasma glucose, Hémoglobine A1C
HEI, Etats-Unis (4)	2006	Nurses's Health Study	71 058 (30-55 ans)	1984-2002 (suivi 18 ans)	FFQ	Cancer du sein Analyse séparé selon les récepteurs	Aucune association
Healthy Eating Index-2005, Etats-Unis (7)	2008	National Institutes of Health (NIH)-AARP Diet and Health Study	492 382 sujets (50-71 ans)	1995/1996-2000 (5 ans)	FFQ	Cancer colorectal	Incidence moindre chez les sujets inclus dans le quintile le plus élevé vs le plus bas
HEI-05, Etats-Unis (43)	2008	Multi-Ethnic Study of Atherosclerosis (MESA)	6 236 sujets (45-84 ans)	2000 (cross-sectional) 2000-2002 (suivi 18 mois)	FFQ	IMC Tour de taille	A l'inclusion, les sujets inclus dans le quintile le plus élevé ont un IMC plus bas que ceux qui sont dans le premier quintile. Cette même tendance se vérifie au bout des 18 mois de suivi.
HEI-90, Etats-Unis (43)	2008	MESA	6 236 sujets (45-84 ans)	2000 (cross-sectional) 2000-2002 (18 mois)	FFQ	IMC Tour de taille	A l'inclusion, les sujets inclus dans le quintile le plus élevé ont un IMC plus bas que ceux qui sont dans le premier quintile. Cette même tendance se vérifie au bout des 18 mois de suivi.

Nom du score, pays, référence bibliographique	Année de publication	Source des données	Population (âge à l'inclusion)	Année de recrutement (période de suivi)	Type de recueil alimentaire	Événement(s) de santé étudié(s)	Résultats principaux
HEI, France, (44)	2009	SU.VI.MAX	5 081 sujets (35-61 ans)	1994-1996	12 rappels de 24H non consécutifs	IMC Pression artérielle Cholesterol et triglycérides	For men only, higher HEI scores were weakly associated with lower BMI and lower blood pressure. HEI was not associated with plasma lipid measures. Aucune relation significative pour les femmes
HEI-1995 et HEI-2005, Etats-Unis (45)	2010	Carotenoids in Age-related Eye Disease Study (CAREDS)- etude ancillaire Women's Health Initiative	1 808 femmes	1994-1998 (suivi 4 à 7 ans)	FFQ	Cataracte	Un score HEI-95 élevé pourrait contribuer à retarder l'apparition d'une cataracte Aucune différence n'a été trouvée avec le HEI-2005
HEI-2005, Etats-Unis (46)	2010	Carotenoids in Age-related Eye Disease Study (CAREDS)- etude ancillaire Women's Health Initiative	1 313 femmes (55-74 ans)	1994-1998 (suivi 4 à 7 ans)	FFQ	age-related macular degeneration (AMD)	Broadly healthy diets and lifestyles in women 50-69 years of age were associated with a lower prevalence of early AMD an average of 6 years later
HEI-2005, Etats-Unis (47)	2010	Health, Eating, Activity and Lifestyle (HEAL)	746 femmes pour lesquelles on a diagnostiqué un cancer du sein	30 mois	FFQ	CRP	HEI-2005 est associé à de plus basse concentration de CRP.
HEI-2005, Etats-Unis (48)	2010	Healthy Aging in Neighborhoods of Diversity across the Life Span (HANDLS)	1 118 sujets (30-64 ans)		Two non consecutive 24h-recall	Dépression	Un HEI-2005 élevé est associé à un plus faible report de syndrome dépressif. Cependant, le niveau de revenus est un facteur de confusion dans cette relation
HEI-05, Etats-Unis (49)	2010	Echantillon	1 157 sujets (726 cas et 431 témoins)	2007-2009 (cancer identifié au cours de cette période)	FFQ	Cancer colorectal	Une réduction de l'incidence du cancer colorectal a été observée chez les hommes et les femmes
HEI-2005, Etats-Unis (50)	2010	Chicago Health and Aging Project (CHAP)	2 289 blacks 1 510 blancs (≥65 ans)	1993 (cross sectional)	FFQ	Déclin cognitif	Pas d'association
HEI-2005, Etats-Unis (51)	2010	Echantillon	424 cas femmes Et 398 témoins	Cross sectional	FFQ	Cancer de l'endomètre	Pas d'association
HEI-2005, Etats-Unis, (47)	2010	Echantillon	746 femmes atteintes d'un cancer du sein	Cross sectional	FFQ	Biomarqueurs	Les femmes atteintes d'un cancer du sein qui déclarent une meilleure qualité nutritionnelle (estimée par un HEI-2005 élevé) semblent avoir des concentrations pour les marqueurs d'inflammation moins élevés
HEI, Etats-Unis (52)	2010	NHANES III	15 658 sujets	Cross sectional	24h recall	Obésité abdominale	Un HEI élevé est associé à un moindre risque d'obésité abdominale
HEI-2005, Etats-Unis (53)	2011	Echantillon	670 femmes atteintes d'un cancer du sein	Suivi 6 ans	FFQ	Cancer du sein	Les femmes suivant une alimentation "saine" (HEI-2005 élevé) et pratiquant une activité physique régulière pourrait voir leur pronostic amélioré

Nom du score, pays, référence bibliographique	Année de publication	Source des données	Population (âge à l'inclusion)	Année de recrutement (période de suivi)	Type de recueil alimentaire	Événement(s) de santé étudié(s)	Résultats principaux
HEI-2005, Italie, (54)	2011	European Prospective Investigation into Cancer and Nutrition –Italian section (EPICOR)	40 681 sujets (35-64 ans hommes, 35-74 femmes)	1993-1998 (suivi median 7,9 années)	FFQ	Stroke	Aucune association
HEI, Etats-Unis (55)	2011	Echantillon	205 femmes cas et 390 femmes témoins		FFQ	Cancer de l'ovaire	Aucune association
<b>Recommend Foods Score (RFS) et/ou Non RFS</b>							
RFS, Etats-Unis (56)	2000	Breast Cancer Detection and Demonstration Project (BCDDP)	42 254 femmes (35-74 ans)	1987/89-1993/95 (suivi 6 ans)	FFQ	Mortalité toutes causes confondues ou selon la pathologie diagnostiquée  IMC	Une mortalité moindre (toutes causes confondues) a été observée chez les sujets classés dans le quartile le plus élevé vs le quartile le moins élevé. Une mortalité moindre (selon la pathologie diagnostiquée) a été observée chez les sujets classés dans le quartile le plus élevé vs le quartile le moins élevé. Aucune relation significative n'a été retrouvée concernant l'IMC
RFS, Etats-Unis (56)	2000	Breast Cancer Detection Demonstration Project	42 254 femmes (35-74 ans)	1987-1989 (suivi 5,6 années en médiane)	FFQ	Mortalité	Une mortalité moindre (toutes causes confondues) pour les femmes ayant le score le plus élevé
RFS et NRFS, Suède (57)	2002	Swedish Mammography Screening cohort	59 038 femmes (40-76 ans)	1987/90-1997/00 (suivi 10 ans)	FFQ	Mortalité toutes causes confondues et par pathologie	Une incidence plus élevée de mortalité par cancer a été observée chez les sujets consommant plus de 18 aliments non recommandés vs au moins 8. Une mortalité plus faible (quelque soit la pathologie diagnostiquée) a été observée chez les sujets consommant plus de 16 aliments recommandés vs au moins 8.
RFS, Etats-Unis (1)	2002	Nurses's Health Study  Health Professionals' Follow-up Study	67 271 femmes (30-55 ans)  38 615 hommes (40-75 ans)	1984-1996 (suivi 12 ans)  1986-1994 (suivi 8 ans)	FFQ	Cancers MCV Décès	Chez les hommes, le RFS réduit les MCV; aucune association n'a été retrouvée chez les femmes. Aucune association n'a été retrouvée chez les hommes ou les femmes concernant les cancers ou les MCV
RFS, Etats-Unis (2)	2005	Nurses's Health Study	690 femmes (43-69 ans)	1990 (cross sectional)	FFQ	Plasma concentrations of markers of inflammation and endothelial dysfunction	Le RFS est uniquement associé à une concentration moins élevée de E-selectin
RFS, Etats-Unis (42)	2005	Third National Health and Nutrition Examination Survey	8 719 sujets (≥20 ans)	1988-1994 (cross sectional)	1 rappel de 24 heures	Biomarqueurs, obésité et diabète IMC	Les sujets classés dans le quartile le plus élevé vs le quartile le plus bas : ont de meilleurs statuts nutritionnels pour les vitamines C, E, folate et caroténoïdes et présentent un IMC moins élevé ainsi que des taux moins élevés pour homocystéine, CRP, plasma glucose, HA1C

Nom du score, pays, référence bibliographique	Année de publication	Source des données	Population (âge à l'inclusion)	Année de recrutement (période de suivi)	Type de recueil alimentaire	Événement(s) de santé étudié(s)	Résultats principaux
RFS, Etats-Unis(58)	2005	Breast Cancer Detection and Demonstration Project (BCDDP)	37 135 femmes (35-74 ans)	(1987/89-1998) (suivi 10 ans)	FFQ	Mortalité toutes causes confondues et selon la pathologie diagnostiquée	Une mortalité moindre (toutes causes confondues) pour les femmes ayant le score le plus élevé (surtout pour les cancers poumon; colorectal). Seule l'incidence du cancer du poumon semble diminué pour les scores les plus élevés
RFS, Etats-Unis (4)	2006	Nurses's Health Study	71 058 femmes (30-55 ans)	1984-2002 (suivi 18 ans)	FFQ	Cancer du sein Analyse séparé selon récepteurs	Les femmes ayant un score AHEI élevé ont un moindre risque de développer un cancer du sein ER-
RFS, Etats-Unis (7)	2008	National Institutes of Health (NIH)-AARP Diet and Health Study	492 382 sujets (50-71 ans)	1995/1996-2000 (suivi 5 ans)	FFQ	Cancer colorectal	Chez les hommes: Incidence moindre chez les sujets inclus dans le quintile le plus élevé vs le plus bas Chez les femmes : aucune relation
ARFS, Australie (59)	2008	Australian Longitudinal Study on Women's Health (ALSWH)	9 895 femmes (50-55 ans)	2001 (cross sectional)	FFQ	Statut nutritionnel	Un ARFS élevé est associé à un meilleur statut nutritionnel
Non-RFS, Etats-Unis (60)	2009	Cache County Study on Memory and Aging in Utah	3 634sujets (≥65ans)	1995-2006 (suivi 11 ans)	FFQ	Modified Mini-Mental State Examination	Aucune association
RFS, Etats-Unis (60)	2009	Cache County Study on Memory and Aging in Utah	3 634sujets (≥65ans)	1995-2006 (suivi 11 ans)	FFQ	Modified Mini-Mental State Examination	Un RFS élevé est associé à de meilleurs scores MMSE indiquant un moindre déclin cognitif
RFS et Non-RFS, Suède (61)	2009	Cohort of Swedish Men (COSM)	40 837 hommes (45-79 ans)	Décès entre 1998-2003 ou 2005 (selon la cause du décès)	FFQ	Mortalité -toutes causes -MCV - cancer	Une mortalité moindre (toutes causes confondues) a été observée
<b>Autres scores</b>							
Food pyramid Index (FPI), Italie(62)	2004	Risk Factors and Life Expectancy Project (regroupement de 2 études OB43 et RF2)	7 665 sujets (20-59 ans)	1978/79 Ou 1983/84	FFQ	Pression artérielle diastolique et systolique IMC Cholestérol plasmatique et glycémie	Les sujets masculins ayant un score élevé ont de meilleurs statuts pour les 5 paramètres étudiés. Les sujets féminins ayant un score élevé ont un meilleur taux de cholestérol et de glycémie.
Healthy Food and Nutrient Index, Belgique, (63)	2006	Belgian Interuniversity Research on Nutrition and Health	11 302 (25-74 ans)	1984-1994 (suivi 10 ans)	1 rappel de 24H	Mortalité	Incidence de la mortalité est moindre chez les hommes inclus dans le quartile le plus élevé vs le plus bas. Aucune relation significative n'a été retrouvée chez les femmes
Diet Quality Score, Danemark (64)	2007	Inter99 study	6 112 sujets (30-60 ans)	Cross sectional	FFQ	Lipides Homocysteine Pression artérielle	Le DQS est inversement associé aux concentrations de lipides et d'homocystéine

Nom du score, pays, référence bibliographique	Année de publication	Source des données	Population (âge à l'inclusion)	Année de recrutement (période de suivi)	Type de recueil alimentaire	Événement(s) de santé étudié(s)	Résultats principaux
German Food Pyramid Index, Allemagne (65)	2010	European Prospective Investigation into Cancer and Nutrition-Potsdam study	23 531 sujets (35-65 ans)	1994-1998 (suivi 8 ans médiane)	FFQ	MCV Diabète type 2 cancer	Aucune association
Flemish FBDG, Belgique (66)	2011	Belgian Asklepios cohort study	2 524 sujets (35-55 ans)	2002 (cross sectional)	FFQ	Biomarqueurs	Better adherence is associated with a better CV risk profile and less inflammation, mainly among men

### *Bibliographie*

- (1) McCullough ML, Feskanich D, Stampfer MJ et al. Diet quality and major chronic disease risk in men and women: moving toward improved dietary guidance. *Am J Clin Nutr.* 2002;76(6):1261-71.
- (2) Fung TT, McCullough ML, Newby PK et al. Diet-quality scores and plasma concentrations of markers of inflammation and endothelial dysfunction. *Am J Clin Nutr.* 2005;82(1):163-73.
- (3) McCullough ML, Willett WC. Evaluating adherence to recommended diets in adults: the Alternate Healthy Eating Index. *Public Health Nutr.* 2006;9(1A):152-7.
- (4) Fung TT, Hu FB, McCullough ML, Newby PK, Willett WC, Holmes MD. Diet quality is associated with the risk of estrogen receptor-negative breast cancer in postmenopausal women. *J Nutr.* 2006;136(2):466-72.
- (5) Fung TT, McCullough M, van Dam RM, Hu FB. A prospective study of overall diet quality and risk of type 2 diabetes in women. *Diabetes Care.* 2007; 30(7):1753-7.
- (6) Fung TT, Hu FB, Barbieri RL, Willett WC, Hankinson SE. Dietary patterns, the Alternate Healthy Eating Index and plasma sex hormone concentrations in postmenopausal women. *Int J Cancer.* 2007;121(4):803-9



- (7) Reedy J, Mitrou PN, Krebs-Smith SM et al. Index-based dietary patterns and risk of colorectal cancer: the NIH-AARP Diet and Health Study. *Am J Epidemiol.* 2008;168(1):38-48.
- (8) Fargnoli JL, Fung TT, Olenczuk DM, Chamberland JP, Hu FB, Mantzoros CS. Adherence to healthy eating patterns is associated with higher circulating total and high-molecular-weight adiponectin and lower resistin concentrations in women from the Nurses' Health Study. *Am J Clin Nutr.* 2008;88(5):1213-24.
- (9) Akbaraly TN, Singh-Manoux A, Tabak AG et al. Overall diet history and reversibility of the metabolic syndrome over 5 years: the Whitehall II prospective cohort study. *Diabetes Care.* 2010;33(11):2339-41.
- (10) Akbaraly TN, Singh-Manoux A, Tabak AG et al. Alternative Healthy Eating Index and mortality over 18 y of follow-up: results from the Whitehall II cohort. *Am J Clin Nutr.* 2011;94(1):247-53.
- (11) Cerhan JR, Potter JD, Gilmore JM et al. Adherence to the AICR cancer prevention recommendations and subsequent morbidity and mortality in the Iowa Women's Health Study cohort. *Cancer Epidemiol Biomarkers Prev.* 2004;13(7):1114-20.
- (12) McCullough ML, Patel AV, Kushi LH et al. Following cancer prevention guidelines reduces risk of cancer, cardiovascular disease, and all-cause mortality. *Cancer Epidemiol Biomarkers Prev.* 2011;20(6):1089-97.
- (13) Fogli-Cawley JJ, Dwyer JT, Saltzman E, McCullough ML, Troy LM, Jacques PF. The 2005 Dietary Guidelines for Americans Adherence Index: development and application. *J Nutr.* 2006;136(11):2908-15.
- (14) Fogli-Cawley JJ, Dwyer JT, Saltzman E et al. The 2005 Dietary Guidelines for Americans and risk of the metabolic syndrome. *Am J Clin Nutr.* 2007;86(4):1193-201.
- (15) Fogli-Cawley JJ, Dwyer JT, Saltzman E et al. The 2005 Dietary Guidelines for Americans and insulin resistance in the Framingham Offspring Cohort. *Diabetes Care.* 2007;30(4):817-22.

- (16) Imamura F, Jacques PF, Herrington DM, Dallal GE, Lichtenstein AH. Adherence to 2005 Dietary Guidelines for Americans is associated with a reduced progression of coronary artery atherosclerosis in women with established coronary artery disease. *Am J Clin Nutr.* 2009;90(1):193-201.
- (17) Patterson RE, Haines PS, Popkin BM. Diet quality index: capturing a multidimensional behavior. *J Am Diet Assoc.* 1994;94(1):57-64.
- (18) Drewnowski A, Henderson SA, Shore AB, Fischler C, Preziosi P, Hercberg S. Diet quality and dietary diversity in France: implications for the French paradox. *J Am Diet Assoc.* 1996;96(7):663-9.
- (19) Drewnowski A, Henderson SA, Driscoll A, Rolls BJ. The Dietary Variety Score: assessing diet quality in healthy young and older adults. *J Am Diet Assoc.* 1997;97(3):266-71.
- (20) Haines PS, Siega-Riz AM, Popkin BM. The Diet Quality Index revised: a measurement instrument for populations. *J Am Diet Assoc.* 1999;99(6):697-704.
- (21) Gerber MJ, Scali JD, Michaud A et al. Profiles of a healthful diet and its relationship to biomarkers in a population sample from Mediterranean southern France. *J Am Diet Assoc.* 2000;100(10):1164-71.
- (22) Neuhouser ML, Patterson RE, King IB, Horner NK, Lampe JW. Selected nutritional biomarkers predict diet quality. *Public Health Nutr.* 2003;6(7):703-9.
- (23) Seymour JD, Calle EE, Flagg EW, Coates RJ, Ford ES, Thun MJ. Diet Quality Index as a predictor of short-term mortality in the American Cancer Society Cancer Prevention Study II Nutrition Cohort. *Am J Epidemiol.* 2003;157(11):980-8.
- (24) Quatromoni PA, Pencina M, Cobain MR, Jacques PF, D'Agostino RB. Dietary quality predicts adult weight gain: findings from the Framingham Offspring Study. *Obesity (Silver Spring).* 2006;14(8):1383-91.

- (25) Zamora D, Gordon-Larsen P, Jacobs DR, Jr., Popkin BM. Diet quality and weight gain among black and white young adults: the Coronary Artery Risk Development in Young Adults (CARDIA) Study (1985-2005). *Am J Clin Nutr.* 2010;92(4):784-93.
- (26) Zamora D, Gordon-Larsen P, He K, Jacobs DR, Jr., Shikany JM, Popkin BM. Are the 2005 Dietary Guidelines for Americans Associated With reduced risk of type 2 diabetes and cardiometabolic risk factors? Twenty-year findings from the CARDIA study. *Diabetes Care.* 2011;34(5):1183-5.
- (27) Drake I, Gullberg B, Ericson U et al. Development of a diet quality index assessing adherence to the Swedish nutrition recommendations and dietary guidelines in the Malmo Diet and Cancer cohort. *Public Health Nutr.* 2011; 14(5):835-45.
- (28) Harnack L, Nicodemus K, Jacobs DR, Jr., Folsom AR. An evaluation of the Dietary Guidelines for Americans in relation to cancer occurrence. *Am J Clin Nutr.* 2002;76(4):889-96.
- (29) McNaughton SA, Ball K, Crawford D, Mishra GD. An index of diet and eating patterns is a valid measure of diet quality in an Australian population. *J Nutr.* 2008;138(1):86-93.
- (30) McNaughton SA, Dunstan DW, Ball K, Shaw J, Crawford D. Dietary quality is associated with diabetes and cardio-metabolic risk factors. *J Nutr.* 2009;139(4):734-42.
- (31) Huijbregts P, Feskens E, Rasanen L et al. Dietary pattern and 20 year mortality in elderly men in Finland, Italy, and The Netherlands: longitudinal cohort study. *BMJ.* 1997;315(7099):13-7.
- (32) Huijbregts PP, Feskens EJ, Rasanen L et al. Dietary patterns and cognitive function in elderly men in Finland, Italy and The Netherlands. *Eur J Clin Nutr.* 1998;52(11):826-31.
- (33) Knoop KT, Groot dL, Fidanza F, Alberti-Fidanza A, Kromhout D, van Staveren WA. Comparison of three different dietary scores in relation to 10-year mortality in elderly European subjects: the HALE project. *Eur J Clin Nutr.* 2006; 60(6):746-55.

- (34) Cade JE, Taylor EF, Burley VJ, Greenwood DC. Does the Mediterranean dietary pattern or the Healthy Diet Index influence the risk of breast cancer in a large British cohort of women? *Eur J Clin Nutr.* 2011;65(8):920-8
- (35) Kennedy ET, Ohls J, Carlson S, Fleming K. The Healthy Eating Index: design and applications. *J Am Diet Assoc.* 1995;95(10):1103-8.
- (36) McCullough ML, Feskanich D, Rimm EB et al. Adherence to the Dietary Guidelines for Americans and risk of major chronic disease in men. *Am J Clin Nutr.* 2000;72(5):1223-31.
- (37) McCullough ML, Feskanich D, Stampfer MJ et al. Adherence to the Dietary Guidelines for Americans and risk of major chronic disease in women. *Am J Clin Nutr.* 2000;72(5):1214-22.
- (38) Hann CS, Rock CL, King I, Drewnowski A. Validation of the Healthy Eating Index with use of plasma biomarkers in a clinical sample of women. *Am J Clin Nutr.* 2001;74(4):479-86.
- (39) Guo X, Warden BA, Paeratakul S, Bray GA. Healthy Eating Index and obesity. *Eur J Clin Nutr.* 2004; 58(12):1580-6.
- (40) Weinstein SJ, Vogt TM, Gerrior SA. Healthy Eating Index scores are associated with blood nutrient concentrations in the third National Health And Nutrition Examination Survey. *J Am Diet Assoc.* 2004;104(4):576-84.
- (41) Ford ES, Mokdad AH, Liu S. Healthy Eating Index and C-reactive protein concentration: findings from the National Health and Nutrition Examination Survey III, 1988-1994. *Eur J Clin Nutr.* 2005;59(2):278-83.
- (42) Kant AK, Graubard BI. A comparison of three dietary pattern indexes for predicting biomarkers of diet and disease. *J Am Coll Nutr.* 2005;24(4):294-303.
- (43) Gao SK, Beresford SA, Frank LL, Schreiner PJ, Burke GL, Fitzpatrick AL. Modifications to the Healthy Eating Index and its ability to predict obesity: the Multi-Ethnic Study of Atherosclerosis. *Am J Clin Nutr.* 2008;88(1):64-9.

- (44) Drewnowski A, Fiddler EC, Dauchet L, Galan P, Hercberg S. Diet quality measures and cardiovascular risk factors in France: applying the healthy eating index to the SU.VI.MAX study. *J Am Coll Nutr.* 2009;28(1):22-9.
- (45) Mares JA, Volland R, Adler R et al. Healthy diets and the subsequent prevalence of nuclear cataract in women. *Arch Ophthalmol.* 2010;128(6):738-49.
- (46) Mares JA, Volland RP, Sondel SA et al. Healthy lifestyles related to subsequent prevalence of age-related macular degeneration. *Arch Ophthalmol.* 2011;129(4):470-80.
- (47) George SM, Neuhauser ML, Mayne ST et al. Postdiagnosis diet quality is inversely related to a biomarker of inflammation among breast cancer survivors. *Cancer Epidemiol Biomarkers Prev.* 2010;19(9):2220-8.
- (48) Kuczmarski MF, Cremer SA, Hotchkiss L, Cotugna N, Evans MK, Zonderman AB. Higher Healthy Eating Index-2005 scores associated with reduced symptoms of depression in an urban population: findings from the Healthy Aging in Neighborhoods of Diversity Across the Life Span (HANDLS) study. *J Am Diet Assoc.* 2010;110(3):383-9.
- (49) Miller PE, Lazarus P, Lesko SM et al. Diet index-based and empirically derived dietary patterns are associated with colorectal cancer risk. *J Nutr.* 2010;140(7):1267-73.
- (50) Tangney CC, Kwasny MJ, Li H, Wilson RS, Evans DA, Morris MC. Adherence to a Mediterranean-type dietary pattern and cognitive decline in a community population. *Am J Clin Nutr.* 2011;93(3):601-7.
- (51) Chandran U, Bandera EV, Williams-King MG et al. Adherence to the dietary guidelines for Americans and endometrial cancer risk. *Cancer Causes Control.* 2010;21(11):1895-904.
- (52) Tande DL, Magel R, Strand BN. Healthy Eating Index and abdominal obesity. *Public Health Nutr.* 2010;13(2):208-14.

- (53) George SM, Irwin ML, Smith AW et al. Postdiagnosis diet quality, the combination of diet quality and recreational physical activity, and prognosis after early-stage breast cancer. *Cancer Causes Control*. 2011; 22(4):589-98.
- (54) Agnoli C, Krogh V, Grioni S et al. A priori-defined dietary patterns are associated with reduced risk of stroke in a large Italian cohort. *J Nutr*. 2011;141(8):1552-8.
- (55) Chandran U, Bandera EV, Williams-King MG et al. Healthy eating index and ovarian cancer risk. *Cancer Causes Control*. 2011; 22(4):563-71.
- (56) Kant AK, Schatzkin A, Graubard BI, Schairer C. A prospective study of diet quality and mortality in women. *JAMA*. 2000;283(16):2109-15.
- (57) Michels KB, Wolk A. A prospective study of variety of healthy foods and mortality in women. *Int J Epidemiol*. 2002;31(4):847-54.
- (58) Mai V, Kant AK, Flood A, Lacey JV, Jr., Schairer C, Schatzkin A. Diet quality and subsequent cancer incidence and mortality in a prospective cohort of women. *Int J Epidemiol*. 2005;34(1):54-60.
- (59) Collins CE, Young AF, Hodge A. Diet quality is associated with higher nutrient intake and self-rated health in mid-aged women. *J Am Coll Nutr*. 2008;27(1):146-57.
- (60) Wengreen HJ, Neilson C, Munger R, Corcoran C. Diet quality is associated with better cognitive test performance among aging men and women. *J Nutr*. 2009;139(10):1944-9.
- (61) Kaluza J, Hakansson N, Brzozowska A, Wolk A. Diet quality and mortality: a population-based prospective study of men. *Eur J Clin Nutr*. 2009;63(4):451-7.
- (62) Massari M, Freeman KM, Seccareccia F, Menotti A, Farchi G. An index to measure the association between dietary patterns and coronary heart disease risk factors: findings from two Italian studies. *Prev Med*. 2004;39(4):841-7.

- (63) Bazelmans C, De Henauw S, Matthys C et al. Healthy food and nutrient index and all cause mortality. *Eur J Epidemiol.* 2006;21(2):145-52.
- (64) Toft U, Kristoffersen LH, Lau C, Borch-Johnsen K, Jorgensen T. The Dietary Quality Score: validation and association with cardiovascular risk factors: the Inter99 study. *Eur J Clin Nutr.* 2007;61(2):270-8.
- (65) von RA, Illner AK, Buijsse B, Heidemann C, Boeing H. Adherence to recommendations of the German food pyramid and risk of chronic diseases: results from the EPIC-Potsdam study. *Eur J Clin Nutr.* 2010;64(11):1251-9.
- (66) Hoebeeck LI, Rietzschel ER, Langlois M et al. The relationship between diet and subclinical atherosclerosis: results from the Asklepios Study. *Eur J Clin Nutr.* 2011; 65(5):606-13.







Avant de répondre aux questions, voir page de gauche l'encadré :  
A LIRE ATTENTIVEMENT AVANT DE REMPLIR LE QUESTIONNAIRE

EXEMPLE : - Quel est votre horaire de travail ? (1 seule réponse possible)

Journée normale ① Journée continue ② 3 x 8 ③ Nuit ④  
Partiel, mi-temps ⑤ Sans horaire fixe ⑥ Occasionnel ⑦ 2 x 8 ⑧  
Si vous travaillez à temps partiel, mi-temps ① ② ③ ④ ⑤ ⑥ ⑦ ⑧

REPONRE ICI

## I - ÉLÉMENTS FAMILIAUX

- Combien avez-vous eu de frères et sœurs au total ? ..... (1 seul chiffre) 01
- indiquez votre rang de naissance : aîné ① 2ème ② 3ème ③ etc... ..... (1 seul chiffre) 02
- Situation de famille : Étes-vous :  
Célibataire ① Marié(e) ② Veuf(ve) ③ Séparé(e) ou Divorcé(e) ④  
Veuf(ve), remarié(e) ⑤ Divorcé(e), remarié(e) ⑥ En concubinage ou union libre ⑦ ..... (1 seul chiffre) 03
- Combien avez-vous d'enfants nés vivants ? ..... (1 seul chiffre) 04

## II - ÉLÉMENTS SOCIOPROFESSIONNELS

- Quel est le diplôme le plus élevé que vous avez obtenu :  
Pas de diplôme ① C.E.P. ② C.A.P. ③ Brevet ④ Brevet de technicien supérieur ou de spécialiste ne nécessitant pas le bac ⑤  
Bac ⑥ Bac + 2 années d'études ⑦ Diplôme d'enseignement supérieur ou de grandes écoles ⑧ ..... (1 seule réponse) 07
- QUELLE EST VOTRE SITUATION PROFESSIONNELLE ACTUELLE ?  
Retrouvez votre catégorie dans le tableau catégories socioprofessionnelles page de gauche ..... (1 seule réponse) 08
- Étes-vous ou avez-vous été durant votre vie professionnelle, exposé à une ou plusieurs substances toxiques ?  
(plomb, amiante, solvant, etc...) ..... 09
- SI OUI, précisez lesquelles répondre ici ☐

### SI VOUS TRAVAILLEZ

- Quelle est votre profession ? répondre ici ☐ ..... 11
- Travaillez-vous :  
A domicile ① Atelier ② Usine ③ Magasin ou Restaurant ④ Bureau ⑤ Plein air ⑥  
Itinérant ⑦ Établissement scolaire ⑧ Divers ⑨ ..... (1 seule réponse) 12
- Dans votre travail, êtes-vous exposé à des nuisances ?  
Pas de nuisances particulières ① Bruits ② Vibrations ③ Produits ou vapeurs toxiques ④  
Poussières ⑤ Intempéries ⑥ Autres ⑦ ..... (plusieurs réponses possibles) 13
- Étes-vous globalement satisfait de votre travail ? ..... 14
- Quel est votre horaire de travail ?  
Journée normale ① Journée continue ② 3 x 8 ③ Nuit ④  
Partiel ou à mi-temps ⑤ Sans horaire fixe ⑥ Occasionnel ⑦ 2 x 8 ⑧ ..... (1 seule réponse) 15
- Précisez, s'il y a lieu, la durée quotidienne du trajet domicile-lieu de travail aller(s) et retour(s)  
Moins de 1 heure ① de 1 à 2 heures ② plus de 2 heures ③ ..... (1 seule réponse) 16

### SI VOUS NE TRAVAILLEZ PAS

- Vous avez travaillé, quelle était votre profession ?  
répondre ici ☐ ..... 17
- Vous êtes chômeur(se) : - Étes-vous à la recherche d'un premier emploi ?  
- Depuis combien de temps êtes-vous au chômage :  
Moins de 6 mois ① plus de 6 mois ② ..... 18
- Vous êtes retraité(e) :  
Depuis Moins de 6 mois ① plus de 6 mois ② ..... 19
- Où habitez-vous ? Maison particulière ① Petit immeuble collectif ② Grand ensemble ③ Logement rural ④ En caravane ⑤ Autre ⑥ ..... 20
- Pendant la semaine, où prenez-vous habituellement vos principaux repas :  
Principaux repas en milieu familial ① Aucun repas en milieu familial ②  
Si un seul repas est pris en milieu familial, l'autre est-il pris : Au restaurant, cantine ③ Autre ④ ..... (1 seule réponse) 21
- Comment avez-vous eu connaissance du projet SU.VI.MAX ?  
Télévision ① Radio ② Presse écrite ③ Affiche ④ Membre de votre famille ⑤  
Voisin ou ami ⑥ Médecin traitant ⑦ Pharmacien ⑧ Autre ⑨ ..... (1 seule réponse) 22





REPONDE ICI

- Mangez-vous de la charcuterie (jambon - pâté - rillettes - saucisson - lard - boudin - andouillettes ...sans oublier les casse-croûtes)?  
1 fois par semaine ou moins ① de 2 à 4 fois par semaine ② plus de 4 fois par semaine ③ ..... 41
- Mangez-vous des fritures (frites, chips, beignets,...)?  
1 fois par semaine ou moins ① de 2 fois à 4 fois par semaine ② plus de 4 fois par semaine ③ ..... 42
- Mangez-vous du beurre au petit déjeuner, en accompagnement ou dans la cuisine ?  
jamais ou 1 fois par jour ① 2 fois par jour ② plus de 2 fois par jour ③ ..... 43
- Combien de fois dans la journée, en comptant le petit déjeuner, prenez-vous une part de laitage (yaourt, fromage blanc, crème-dessert) ou un verre ou un bol de lait ? : jamais ① moins d'1 fois ② 1 ou 2 fois ③ plus de 2 fois ④ ..... 43
- Combien de fromage mangez-vous chaque jour sachant qu'un camembert équivaut à 8 portions ?  
aucune ou 1 portion ① de 2 à 3 portions ② plus de 3 portions ③ ..... 44
- Sachant qu'une baguette pèse 200 g., combien mangez-vous de pain par jour ?  
moins de 50 g. ① de 50 à 200 g. ② plus de 200 g. ③ ..... 45
- Mangez-vous des desserts sucrés (pâtisserie, entremets, glace), confiseries (bonbon, caramel, chocolat) ?  
1 fois par sem. ou moins ① de 2 à 4 fois par sem. ② plus de 4 fois par sem. ③ ..... 46
- Combien de morceaux de sucre ou de cuillerées de sucre en poudre consommez-vous par jour  
(nature, dans le café ou d'autres boissons) ? : 2 ou moins ① 3 ou 4 ② 5 et plus ③ ..... 47

- Avez-vous des difficultés d'attention ? ..... 49
- Avez-vous des troubles de mémoire ? ..... 50
- Vos ongles ont-ils tendance à se casser ? ..... 51
- Vos ongles ont-ils tendance à être concaves ou plats ? ..... 52
- Vos cheveux sont-ils fins et cassants ? ..... 53
- Perdez-vous vos cheveux facilement ? ..... 54
- Avez-vous parfois une irritation à la commissure des lèvres (perleches) ? ..... 55
- Votre langue vous brûle-t-elle par période ? ..... 56
- Avez-vous facilement des brûlures d'estomac ? ..... 57
- Frissonnez-vous facilement quand vous avez-froid ? ..... 58
- Considérez-vous que vous faites facilement des infections ORL, bronchiques ou autres ? ..... 59

**V - ANTÉCÉDENTS PERSONNELS** (Ces questions vous concernent personnellement) :

- Un médecin vous a-t-il signalé que votre tension artérielle était égale ou supérieure à 16, même une seule fois ? ..... 60
- Avez-vous été soigné : - pour un infarctus du myocarde ? ..... 61
  - pour une maladie de cœur (angine de poitrine, coronarite) ? ..... 62
  - pour une maladie des artères des membres inférieurs (artérite) ? ..... 63
- Avez-vous eu dans votre enfance, un rhumatisme articulaire aigu ? ..... 64
- Vous a-t-on signalé un souffle au cœur ? ..... 65
- Avez-vous été diabétique ? ..... 66
- Avez-vous été soigné pour un cancer du colon - rectum ? ..... 67
- Avez-vous été soigné pour un cancer de l'estomac / œsophage ? ..... 68
- Avez-vous été soigné pour un cancer du poumon ? ..... 69
- Avez-vous eu : - de l'asthme, ..... 70
  - une tuberculose ? ..... 71
- Avez-vous été soigné pour un cancer de la prostate ? ..... 72
- Avez-vous été soigné pour un cancer du sein ? ..... 73
- Avez-vous été soigné pour un cancer de l'utérus ? ..... 74
- Avez-vous été soigné pour un ulcère de l'estomac ou du duodénum ? ..... 75
- Avez-vous eu : - une hépatite virale ? ..... 76
  - une amibiase intestinale ? ..... 77
  - des polypes intestinaux ? ..... 78
  - des hémorroïdes ? ..... 79
- Avez-vous été traité pour une affection de la glande thyroïde (goitre en particulier) ? ..... 80
- Avez-vous eu des crises épileptiques ou des convulsions ? ..... 81
- Avez-vous eu des coliques néphrétiques (calculs rénaux) ? ..... 82
- Avez-vous été hospitalisé pour une dépression ou une maladie nerveuse ? ..... 83
- Avez-vous été traitée ou opérée pour une affection gynécologique ? (pour les femmes uniquement) ..... 84
- Avez-vous une maladie sexuellement transmissible (syphilis, gonocoque, blennorragie, trichomonase...) ? ..... 85
- Avez-vous eu une ou plusieurs phlébites ? ..... 86
- Avez-vous eu une mastose des seins ? (pour les femmes uniquement) ..... 87





EXEMPLE : - Vous sentez-vous fatigué dès le reveil ?

Si OUI  OUI  NON

REPENDRE ICI

- Vous arrive-t-il de vous évanouir ou d'avoir l'impression que vous allez vous trouver mal ? ..... 91
- Avez-vous habituellement des troubles du sommeil ? ..... 92
- Avez-vous des troubles de la vision ? ..... 93
  - Si OUI de quel type ? myope ① presbyte ② astigmatisme ③
  - autre ④
- Vous estimez-vous surmené ? ..... 94
- Prenez-vous régulièrement des médicaments depuis un mois ou plus ? ..... 97
- Souffrez-vous de diarrhées quand vous buvez du lait ? ..... 17
  - Si OUI, pour : 1 verre de lait ① 2 verres de lait ② 1 litre de lait ③
- Êtes-vous satisfait de votre vie sexuelle ? ..... 96
- Avez-vous des "picotements ou des pointes" dans la région du cœur ? ..... 97
- Avez-vous quelquefois l'impression de "manquer d'air", de ne pas pouvoir respirer à fond ? ..... 98
- Avez-vous déjà ressenti une douleur, une gêne pénible, une sensation de poids ou d'étouffement dans la poitrine ? 99
  - Si OUI, avez-vous eu cette sensation lors d'un effort (marche, levée de poids, montée d'un escalier, etc...) ? ①
- Avez-vous eu des palpitations ou avez-vous senti que votre cœur "s'emballait" ou avait des "ratés" ? ..... ②
- Êtes-vous essouffé quand vous marchez avec d'autres gens de votre âge et à un pas normal en terrain plat ? ..... ③
- En marchant, avez-vous remarqué que des douleurs ou des crampes dans les mollets vous obligent à vous arrêter ? ... ④
- Avez-vous présenté une perte de poids au cours de ces derniers mois ? ..... ⑤
- Si OUI, de combien de kilos : moins de 2 ① de 2 à 5 ② de 6 à 10 ③ plus de 11 ④ ⑤

**POUR LES FEMMES UNIQUEMENT**

- Au cours de ces derniers mois, avez-vous remarqué dans vos seins une grosseur, même de petit volume ? ..... ⑤
- Avez-vous remarqué un écoulement du mamelon ? ..... ⑥
- Vous examinez-vous les seins (autopalpation) ? ..... ⑦
- Êtes-vous suivie régulièrement sur le plan gynécologique ? ..... ⑧
- En ce qui concerne les frottis de dépistage du cancer du col de l'utérus, cochez une seule des quatre propositions suivantes :
  - je n'ai jamais eu de frottis. .... ①
  - j'ai eu un frottis dans les douze derniers mois. .... ②
  - j'ai eu un frottis il y a plus d'un an et moins de cinq ans. .... ③
  - j'ai eu un frottis il y a plus de cinq ans. .... ④
- Êtes-vous enceinte ? ..... ⑧
- Avez-vous des bouffées de chaleur ? ..... ⑧
- Êtes-vous ménopausée ? ..... ⑧
- Si vous êtes encore réglée, la durée de vos cycles est-elle comprise habituellement entre 26 et 32 jours ? ..... ⑧
- Vos règles sont-elles abondantes ou accompagnées de caillots ? ..... ⑧
- Avez-vous subi une ligature ou une section des trompes ? ..... ⑧
- Êtes-vous porteuse d'un stérilet ? ..... ⑧
- Prenez-vous la pilule ? ..... ⑧

POUR LES FEMMES UNIQUEMENT

EXEMPLE :

Avez-vous des douleurs rhumatismales ?

Si OUI  OUI  NON

REpondre ici

PAGE 6

### POUR LES HOMMES ET LES FEMMES

- Êtes-vous diabétique ? ..... C6
- Avez-vous noté, au niveau de la peau, des boutons ou des croûtes qui ne guérissent pas, un changement d'aspect d'un grain de beauté ? ..... C7
- Avez-vous des ganglions (glandes, grosseurs) dans l'aisselle ou au niveau du cou ? ..... C8
- Êtes-vous asthmatique ? ..... C9
- Avez-vous craché du sang en toussant ? ..... D1
- Êtes-vous enrôlé en permanence depuis quelques semaines ? ..... D2
- Avez-vous des difficultés récentes pour avaler, particulièrement le pain ou la viande ? ..... D3
- Avez-vous des douleurs, des crampes ou des brûlures d'estomac ? ..... D4
- Souffrez-vous d'une polyarthrite rhumatoïde ? ..... D5
- Avez-vous une hernie diaphragmatique ou hiatale ? ..... D6
- Vous savez-vous porteur de calculs dans la vésicule ? ..... D7
- Vos selles se sont-elles modifiées récemment ? (constipation, diarrhée) ..... D8
- Saignez-vous par l'anus ? ..... D9
- Urinez-vous du sang ? ..... E1
- Avez-vous une gêne pour uriner ? ..... E2
- Vous levez-vous la nuit plusieurs fois pour uriner ? ..... E3
- Perdez-vous parfois vos urines lorsque vous toussiez ? (pour les hommes uniquement) ..... E4
- Avez-vous remarqué une augmentation récente de volume d'un testicule ? ..... E5  
(pour les hommes uniquement)
- Avez-vous des maux de tête ? ..... F6
- Avez-vous des douleurs rhumatismales ? ..... F7
- Êtes-vous actuellement au régime ? ..... F8
- Sans être au régime, surveillez-vous votre alimentation ? ..... F9
- Avez-vous un psoriasis ? ..... G1
- Si OUI, nombre de poussées par an ?  
1 - 2 ① 3 - 4 ② 5 ou plus ③ ..... 10
- Votre vision de près s'est-elle modifiée depuis plusieurs mois ? ..... G6
- Votre vision de loin s'est-elle modifiée depuis plusieurs mois ? ..... G7
- Avez-vous subi des interventions chirurgicales ? ..... G8
- Si OUI, laquelle (ou lesquelles) ? (notez au verso) ..... G9
- Êtes-vous suivi ou traité pour une ou plusieurs affections ? ..... H1
- Si OUI, laquelle (ou lesquelles) ? (notez au verso) ..... H2
- Êtes-vous affilié(e) à la Sécurité Sociale ? ..... H3
- Si OUI, à quel régime ? ① Général (avec ou sans mutuelle) ② Agricole  
③ S.N.C.F. ④ Militaire ⑤ EDF / GDF ⑥ Autres ..... H4
- D'autres personnes vivant avec vous sous le même toit sont-elles volontaires pour le projet S.U.VI.MAX ? ..... H5
- Prenez-vous régulièrement des minéraux et/ou des vitamines, sous forme de médicaments, de compléments ou de suppléments ?  
tous les jours ① quelques semaines par mois ②  
une à deux fois par an ③ rarement ④ jamais ⑤ ..... H6
- Vous sentez-vous actuellement fatigué ? Si OUI, depuis combien de temps ?  
moins de 2 semaines ① de 2 semaines à 3 mois ②  
plus de 3 mois ③ ..... H7
- Sentez-vous une fatigue ? ..... H8

**– ATTENTION –**  
**ÉPONDRE SUR CETTE FEUILLE AVEC UN CRAYON A PAPIER (type HB)**

avez subi des interventions chirurgicales, précisez-les (en essayant de préciser l'année de l'intervention et la cause) :

êtes suivi pour une ou plusieurs affections, précisez laquelle (ou lesquelles) :

également vous suivez un traitement, inscrivez-le en précisant le nom des médicaments, les quantités et les fréquences des prises :

il y a-t-il dans votre famille une maladie particulière ou rare que vous souhaitez signaler ? OUI  NON   
laquelle et qui a-t-elle touché dans votre famille :

si vous n'êtes pas sélectionné pour l'étude SU.VI.MAX, souhaitez-vous être informés sur d'autres recherches auxquelles vous pourriez éventuellement participer dans l'immédiat :

OUI       NON

veuillez expliquer, brièvement, pourquoi vous souhaitez participer à l'étude SU.VI.MAX :

si d'autres personnes vivant avec vous sous le même toit sont également volontaires pour participer à l'étude SU.VI.MAX, notez le(s) numéro(s) d'identification figurant sur l'étiquette amovible :

1)

2)



# Annexe 4 Socioeconomic Differences in Fruit and Vegetable Consumption in Middle-Aged French Adults: Adherence to the 5-a-day Recommendation

## RESEARCH

### Current Research

## Socioeconomic Differences in Fruit and Vegetable Consumption among Middle-Aged French Adults: Adherence to the 5 A Day Recommendation

CARLA ESTAQUIO, PhD; NATHALIE DRUESNE-PECOLLO, PhD; PAULE LATINO-MARTEL, PhD; LUC DAUCHET, MD, PhD; SERGE HERCBERG, MD, PhD; SANDRINE BERTRAIS, PhD

#### ABSTRACT

**Background** Numerous studies support the protective effect of high fruit and vegetable consumption on chronic disease risk, mainly against cancer and cardiovascular diseases. The increase of fruit and vegetable intake has become a public health priority in many countries.

**Objective** The aim of the study was to investigate the relationships of socioeconomic, demographic, and behavioral factors with both quantity and variety of fruit and vegetable consumption.

**Design/subjects** Fruit and vegetable intake was assessed using repeated 24-hour dietary records collected during a 2-year period from 4,282 French subjects (2,373 men and 1,909 women), aged 45 to 62 years, who participated in a large prospective study.

**Statistical analysis** Both education level and occupation categories were used as socioeconomic indicators. Logistic regression models were applied to assess factors related to meeting the 5 A Day fruit and vegetable recommendation. Covariance analyses were performed to compare the fruit and vegetable variety scores and the contributions of fruit and vegetables to the total daily diet cost across socioeconomic indicators within each sex.

**Results** Meeting the 5 A Day recommendation was more likely in subjects aged 50 years and older, higher education levels, nonsmokers, moderate alcohol drinkers and in women engaging in regular physical activity. The odds ratio (95% confidence interval) for the lower vs higher education level was 0.70 (0.54 to 0.92) in men and 0.65 (0.48 to 0.85) in women. No significant difference was observed between occupation categories. A positive relationship between vegetable variety and education level was found in both sexes. Fruit variety was positively associated with both education and occupation categories, but only in men. The contribution of fruits to the total daily diet cost increased with occupation ( $P < 0.02$ ) and education ( $P < 0.0001$ ) in men, but decreased with occupation in women ( $P < 0.05$ ).

**Conclusions** Although cost constraints may explain the lower fruit and vegetable intake in lower socioeconomic groups, the relative influence of budgetary resources, nutrition knowledge, and social and environmental barriers in socioeconomic disparities need further investigation. *J Am Diet Assoc.* 2008;108:2021-2030.

C. Estaquio and S. Bertrais are epidemiologists, Department of Nutritional Epidemiology, French Institute of Health and Medical Research, Bobigny, France. N. Druessne-Pecollo is a scientific attaché and P. Latino-Martel is a senior scientist, Department of Nutritional Epidemiology, French National Institute for Agricultural Research, Bobigny, France. L. Dauchet is assistant professor of epidemiology and public health, University Hospital of Lille, France. S. Hercberg is a nutritionist and full professor and head of the department, Department of Nutritional Epidemiology, French Institute of Health and Medical Research, Bobigny, France.

Address correspondence to: Carla Estaquio, PhD, UREN-UMR INSERM/INRA/CNAM, Paris 13, Centre de Recherche en Nutrition Humaine d'Ile-de-France, 74 rue Marcel Cachin, 93017 Bobigny Cedex, France. E-mail: c.estaquio@uren.ambh.univ-paris13.fr

Manuscript accepted: May 23, 2008.  
Copyright © 2008 by the American Dietetic Association.  
0002-8223/08/10812-0004\$34.00/0  
doi: 10.1016/j.jada.2008.09.011

High consumption of fruits and vegetables has been suggested to be associated with a lower mortality risk (1) and a reduced incidence of many chronic diseases such as cardiovascular disease (2), stroke (3), and certain cancers (4). A recent report of the World Health Organization stated that there is convincing evidence that fruit and vegetable consumption also decreases risk of diabetes and obesity (5). The report recommended a minimum intake of 400 g fruits and vegetables per day.

Increasing fruit and vegetable intake by the general population has become a public health priority in many countries (4-6), with government agencies around the world asserting that everyone should eat at least five servings of fruit and vegetables daily (ie,  $\geq 400$  g/day) (5). The *Healthy People 2010* health objectives in the United States include increasing to 75% the number of people who eat at least two daily servings of fruit and increasing to 50% the number of those who eat at least three daily servings of vegetables. In France, fruit and vegetables are targeted by one of the nine nutrition priority goals specified in the Programme National Nutrition Santé for the 2001-2010 period. More precisely, the objective is to reduce the frequency of low consumers ( $< 3.5$  servings per day [7]) by 25%. As in several other countries, a national



campaign has been launched to promote the consumption of at least five servings of fruits and vegetables per day.

Identifying the correlates of fruit and vegetable consumption is a first step that may help health policy makers target at-risk populations and guide the development of specific actions to improve fruit and vegetable intake by low consumers. According to previous studies, socioeconomic factors like occupation categories and education level are important determinants of low fruit and vegetable intake (8,9). Compared to the United States and other European countries (8-10), there are few data regarding the consumption of fruit and vegetables and its relation with socioeconomic status in France.

The aim of this study was to investigate relationships of socioeconomic, demographic, and behavior factors with both quantity and variety of fruit and vegetable consumption in a sample of middle-aged French subjects. This study also quantified the contribution of fruit and vegetables to total diet cost according to socioeconomic status. The hypothesis was that due to budgetary constraints people with low education and from low occupation categories have lower fruit and vegetables intake in terms of both consumed quantity and variety.

## MATERIALS AND METHODS

### Study Population

This study was conducted using data from the SUPplémentation en Vitamines Minérales et Antioxydants (SU.VI.MAX) cohort, a large sample of middle-aged adults living all over French territory. The design, methods, and rationale of the SU.VI.MAX study have been described elsewhere (11). The SU.VI.MAX study was initially designed as a randomized, double blind, placebo-controlled, primary prevention trial to test the efficacy of daily supplementation with antioxidant vitamins and minerals at nutritional doses in reducing the incidence of ischemic heart disease and cancers. A total of 13,017 subjects (5,141 men aged 45 to 62 years; 7,876 women aged 35 to 62 years) were included in 1994-1995 for a planned follow-up of 8 years. The SU.VI.MAX study was approved by the Ethical Committee for Studies with Human Subjects at the Paris-Cochin Hospital (CCPRB No. 706) and the Commission Nationale Informatique et Liberté (CNIL No. 334641).

For our analyses, the only subjects included were those aged 45 to 62 years who completed at least six 24-hour dietary records during the first 2 years of follow-up and with available data for all sociodemographic and behavioral characteristics. Furthermore, to take into account seasonal variations in fruit and vegetable consumption (12), the study sample was restricted to subjects having at least two 24-hour dietary records in the autumn-winter period (November to April) and at least two 24-hour dietary records in the spring-summer period (May to October).

### Dietary Assessment

Dietary data were collected using the Minitel Telematic Network. The Minitel is a small terminal that was widely used as an adjunct to the telephone in France at the beginning of the SU.VI.MAX study. Participants were

invited to transmit dietary data every 2 months. At enrollment, they received a scheduled calendar of 24-hour dietary data recording and a tiny central processing unit specifically developed for the study containing specialized software that allowed subjects to fill out the computerized dietary record off-line and to transmit data during brief telephone connections. The 24-hour records were distributed randomly for 2 weekend days and 4 weekdays per year, so that each day of the week was covered in all seasons for the mean intake of each participant. Diet has been shown to be very stable across the years in this cohort so diet measured over the first 2 years was considered to be representative of usual diet. Subjects were assisted by the conversational features of the software and an instruction guide for codification of foods, including photographs to facilitate estimation of portion size. This manual includes photographs of more than 250 foods (corresponding to 1,000 generic foods) represented in three different portion sizes. Along with the two intermediate and two extreme quantities, there are seven choices of amounts. Edible portions corresponding to each food were previously validated in a pilot study (13).

The nutritional values of the diet were estimated using a recently published French food composition table (14). This database was completed by the unit cost of each food, based on the mean retail prices in France in 1997, obtained from marketing research, from the French National Institute of Statistics and Economic Studies, and from supermarket Web sites. To account for potential seasonal and weekly variations, all values reported here are based on the average dietary intakes of each subject including beverages.

The fruit and vegetable group includes fruits, vegetables, 100% fruit or vegetable juices, and mixed foods whose ingredients contain fruits or vegetables. To comply with French guidelines, dried fruits, potatoes, and legumes were not included in the fruit and vegetable group (6). French recipes validated by food and nutrition professionals were used to assess the amounts consumed from mixed foods. To assess the compliance with fruit and vegetable recommendations (at least five servings per day), one serving was defined as 80 g fruit and vegetable (ie, a common portion size described in the literature) (15,16). Furthermore, fruit and vegetable were classified using the International Agency for Research on Cancer classification (4) adapted to French dietary habits (see the Figure). Methodology used to calculate fruit or vegetable variety scores was similar to those described by Giskes and colleagues (17). Separate scores were calculated for fruits and vegetables. Variety was measured as the number of different types of fruits/vegetables consumed. Each type of fruits/vegetables consumed was given a score of 1. Mixed dishes were given a score of 2 when the recipe contained at least two types of fruits/vegetables.

### Assessment of Sociodemographic and Behavior Characteristics

At enrollment subjects were asked to fill in a questionnaire to provide sociodemographic and lifestyle information. Level of education was coded in three categories: elementary school, secondary school (junior and high school), university, or equivalent. Occupation categories were used as proxy for income ranges because direct

<b>Fruit</b>	
Apple, pear, and other pome fruits	Apple, medlar, pear
Citrus fruits	Clementine, grapefruit (yellow/pink), lemon, mandarin orange, orange
Grapes	Grapes (red/green)
Berries	Blackberry, blackcurrant, gooseberry, huckleberry, raspberry, redcurrant, strawberry
Stone fruits	Apricot, cherry, nectarine, peach, plum
Melon	Cantaloupe (muskmelon), watermelon
Banana	Banana
Other tropical fruits	Fig, kiwi fruit, lychee, mango, papaya, passion fruit, persimmon, pineapple, pomegranate
Fruit juices	Apple juice, grape juice, grapefruit juice, lemon juice, orange juice, pineapple juice
<b>Vegetables</b>	
Green salads	Chicory, corn salad, curly endive, dandelion, French endive, lettuce, mixed green salad, watercress
Leafy vegetables	Brussels sprout, cabbage (green/red/white), pickled cabbage, spinach
Fruits used as vegetables	Avocado, cherry tomato, cucumber, eggplant, pepper (green, yellow, red), pumpkin, tomato, tomato puree, tomato sauce, zucchini
Root vegetables	Beet (beetroot), carrot, celeriac (celery root), radish, salsify, turnip
Green beans and peas	Green pea, green bean, mixture of diced vegetables
Bulb and stem vegetables	Asparagus, cardoon, celery, fennel bulb, garlic, heart of palm, leek, onion, rhubarb, shallot, scallion
Flowering vegetables	Artichoke, broccoli, cauliflower
Mushrooms	Mushrooms
Sprouts	Bean sprout
Vegetable juices	Carrot juice, tomato juice, mixed vegetable juices

Figure. Classification of fruits and vegetables according to French dietary habits. Methodology adapted from reference (4).

measure of material resources was not available. In France, subjects are generally unwilling to provide their income. The official French classification (18) was used to classify subjects into four occupation categories according to their self-reported occupation or last occupation if they were retired or unemployed. The incomes of these different occupation categories are generally quite close for intermediate professions, employees, farmers, and manual workers and higher for managerial staff.

The location of residence was classified in two categories (urban/rural) according to the definition of the French National Institute of Statistics and Economics Studies, which is based on both population density and economic activity of the area corresponding to each subject's zip code (19). Smoking status was categorized as current, former, or never. Overall level of habitual physical activity was assessed using the following questions: "Do you get regular physical activity (transportation, work, and leisure combined): yes/no? If yes, is it equivalent to at least 1 hour of walking per day?" Responses were coded in three categories (irregular, <1 hour of walking per day,  $\geq 1$  hour of walking per day) (20). Alcohol intake was estimated in grams of alcohol per day, from a short validated semiquantitative dietary questionnaire (21).

#### Statistical Analyses

Data were analyzed by gender to account for differences in dietary behaviors between men and women. All statistical analyses were performed using SAS software (version 8.2, 2001, SAS Institute Inc, Cary, NC). Descriptive results are reported as percentages or mean  $\pm$  standard deviation. The Student *t* test and  $\chi^2$  test were used to compare sexes, as appropriate. Logistic regression models were applied to assess factors related to meeting the

recommendation to consume five servings of fruits and vegetables per day. Multivariate models included age, education level, occupation categories, marital status, household location, smoking status, physical activity categories, alcohol consumption, and total daily energy intakes. Adjusted odds ratios and their 95% confidence intervals are reported. Covariance analyses were performed to compare average fruit and vegetable variety scores, expenses to eat fruit and vegetables, and contributions of fruit and vegetables to the total cost of the daily diet, across socioeconomic status (ie, education level and occupation categories) within each sex after adjustment for total energy intake. Global and linear trend tests were performed. Because of skewed distribution of variety score values, comparisons were based on square-root transformed data. For all analyses, the significance level was set at  $P < 0.05$ .

#### RESULTS

Table 1 summarizes the general characteristics of the subjects. Mean age was  $52.1 \pm 4.7$  years in men and  $51.1 \pm 4.6$  years in women ( $P < 0.0001$ ). All sociodemographic and behavior factors significantly differed between sexes. More than 83% of men and women lived in an urban area ( $P < 0.35$  for sex difference).

#### Consumption of Fruit and Vegetables

Mean daily energy intakes were  $2,431 \pm 537$  kcal/day in men and  $1,775 \pm 421$  kcal/day in women ( $P < 0.0001$ ). As shown in Table 1, more than 50% of men and women consumed at least five servings of fruit and vegetables per day (ie,  $\geq 400$  g per day). After controlling for total energy intakes, women had higher consumption than men for both fruits and vegetables. However, the contributions of

**Table 1.** Basic characteristics of selected participants in the Supplémentation en Vitamines et Minéraux Antioxydants study

Characteristic	Men (n=2,373)	Women (n=1,909)
← n % →		
<b>Age group (y)<sup>a</sup></b>		
45-49	866 36.5	860 45.1
50-54	727 30.6	580 29.3
55+	780 61.5	489 38.5
<b>Education level<sup>b</sup></b>		
University or equivalent	959 40.4	676 35.4
Secondary school	843 35.5	834 43.7
Elementary school	571 24.1	399 20.9
<b>Occupation categories<sup>bc</sup></b>		
Managerial staff	1,007 42.4	355 18.6
Intermediate professions, employees	1,074 45.3	1,420 74.4
Farmers, self-employed	127 5.4	87 4.6
Manual workers	165 7.0	47 2.5
<b>Marital status<sup>d</sup></b>		
Living alone	224 9.4	360 18.9
Cohabiting	2,149 90.6	1,549 81.7
<b>Household location<sup>e</sup></b>		
Urban	1,989 83.8	1,620 84.9
Rural	384 16.2	289 15.1
<b>Smoking status<sup>f</sup></b>		
Nonsmokers/former smokers	2,056 86.7	1,696 88.8
Current smokers	317 13.4	213 11.2
<b>Physical activity<sup>gd</sup></b>		
Irregular	550 23.2	473 24.8
<1 h/d of walking	586 24.7	671 35.2
≥1 h/d of walking	1,237 52.1	765 40.0
<b>Dietary intake</b>		
<b>Alcohol consumption (g/d)<sup>gh</sup></b>		
<20 g/d	821 34.6	1,763 92.4
≥20 g/d	1,552 65.4	146 7.6
<b>≥5 fruits and vegetables per day</b>	54%	53%
← mean ± standard deviation →		
<b>Energy intake (g/d)<sup>hi</sup></b>	2,431.0 ± 537	1,775.0 ± 421
<b>Fruits and vegetables (g/d)<sup>ij</sup></b>	424.4 ± 194.5	492.4 ± 163.5
<b>Fruits (g/d)<sup>ij</sup></b>	228.3 ± 152.0	266.4 ± 119.0
Apple, pear, and other pome fruits (% of fruit intakes) <sup>k</sup>	33.8 ± 21.4	31.2 ± 18.3
Citrus fruits (% of fruit intakes) <sup>k</sup>	10.9 ± 12.6	12.7 ± 11.0
Grapes (% of fruit intakes)	4.5 ± 8.6	4.1 ± 6.8
Berries (% of fruit intakes) <sup>l</sup>	8.5 ± 10.2	9.5 ± 10.2
Stone fruits (% of fruit intakes) <sup>k</sup>	9.1 ± 11.1	9.9 ± 10.3
Melon (% of fruit intakes)	5.3 ± 9.3	5.5 ± 8.8
Banana (% of fruit intakes) <sup>k</sup>	5.6 ± 9.6	4.1 ± 6.7
Other tropical fruits (% of fruit intakes)	9.3 ± 11.9	9.1 ± 10.2
Fruit juices (% of fruit intakes)	15.4 ± 20.3	15.0 ± 18.5

(continued)

**Table 1.** Continued

Characteristic	Men (n=2,373)	Women (n=1,909)
<b>Sociodemographic</b>		
Variety score (% of fruit intakes) <sup>ab</sup>	2.1 ± 0.5	2.4 ± 0.5
<b>Vegetables (g/day)<sup>ab</sup></b>	196.1 ± 89.8	226.0 ± 83.6
Green salads (% of vegetable intakes)	14.2 ± 9.8	14.3 ± 9.1
Leafy vegetables (% of vegetable intakes)	7.8 ± 8.4	8.3 ± 8.9
Fruits used as vegetables (% of vegetable intakes)	26.3 ± 17.8	25.7 ± 13.1
Root vegetables (% of vegetable intakes)	19.5 ± 11.0	19.4 ± 10.4
Green beans and peas (% of vegetable intakes)	13.4 ± 10.6	13.1 ± 10.0
Bulb and stem vegetables (% of vegetable intakes)	9.6 ± 6.6	9.2 ± 6.2
Flowering vegetables (% of vegetable intakes)	5.9 ± 7.6	7.1 ± 8.5
Mushrooms (% of vegetable intakes) <sup>g</sup>	4.6 ± 5.8	3.8 ± 4.5
Sprouts (% of vegetable intakes)	0.4 ± 1.8	0.4 ± 1.5
Vegetable juices (% of vegetable intakes)	0.3 ± 2.2	0.4 ± 3.2
Variety score (% of vegetable intakes) <sup>ah</sup>	1.9 ± 0.3	2.1 ± 0.3

<sup>a</sup>Test of difference between sexes. P value from  $\chi^2$  test for categorical variables and from Student t test for continuous variables <0.05.

<sup>b</sup>The official French classification (18) was used to classify subjects into four occupation categories according to self-reported occupation or last occupation if subject was retired or unemployed. The incomes of these different occupation categories are generally quite close for intermediate professions, employees, farmers, and manual workers and higher for the managerial staff.

<sup>c</sup>The location of residence was classified in two categories (urban or rural) according to the definition of the French National Institute of Statistics and Economics Studies, which is based on both population density and economic activity of the area corresponding to each subject's zip code (19).

<sup>d</sup>The overall level of habitual physical activity was assessed using the following questions: "Do you get regular physical activity (transportation, work, and leisure combined): yes/no? If yes, is it equivalent to at least 1 hour of walking per day?" (20). Responses were coded in three categories.

<sup>e</sup>Alcohol intake was estimated in grams of alcohol per day, from a short validated semiquantitative dietary questionnaire (21).

<sup>f</sup>Mean energy intakes estimated from repeated 24-hour dietary records collected during the 1995-1997 period.

<sup>g</sup>Adjusted for total daily energy intakes.

<sup>h</sup>Separate variety scores were calculated for fruits and vegetables. Methodology used was similar to those described by Giskes and colleagues (17). Variety was measured as the number of different types of fruits/vegetables consumed. Each variety of fruits/vegetables consumed was given a score of 1. Mixed dishes were given a score of 2 when the recipe contained at least two types of fruits/vegetables.

fruit and vegetable groups to total fruit and vegetable intake and the fruit and vegetable variety scores were very similar in both sexes (Table 1). Apple, pear, and other pome fruits; fruit juices; and citrus fruits (eg, orange and grapefruit) were the most consumed. Fruits used as vegetables (eg, tomato and cucumber) (>25%), root vegetables (>19%), green salads (>14%), and green

beans and peas (>13%) were the major contributors to total vegetable intake.

#### Intake of Composite Foods in Daily Fruit and Vegetable Consumption

The mean intake of vegetables from composite foods was around 50 g/day, which represents 25% of total vegetable consumption. For fruit, composite foods were a less important contributor, at 20 g/day (9% to 10% of total fruit intake). Fruit juices represented 40 g/day (20% of total fruit intake).

#### Meeting the 5 A Day Recommendation

Results from univariate associations showed that, in both sexes, the percentages of subjects who consumed at least five servings per day increased with age and education level (Table 2). Borderline significant differences between occupation categories were found in men ( $P < 0.06$ ). In both sexes, achieving the fruit and vegetable recommendation was negatively related to smoking status and positively to physical activity. A negative association was also observed with alcohol consumption, although only significant in men. No relationship was found with household location and marital status. In multivariate analyses, occupation categories in both sexes, and physical activity in men, were no longer related to fruit and vegetable intakes. Marital status was weakly associated with achieving recommended levels in men ( $P = 0.07$ ).

#### Variety Score

Older subjects had higher vegetable variety scores in both sexes (Table 2). In contrast, no difference in fruit variety was observed between age groups. Fruit variety scores significantly increased with both education level and occupation categories in men, whereas vegetable variety score was positively associated with education in both sexes. Moreover, being married/living with a partner was associated with a higher fruit variety in women, and a higher vegetable variety in both men and women. Fruit variety was also associated with a more healthful lifestyle, including nonsmoking in both sexes, and low alcohol consumption and regular physical activity in men. Vegetable variety was inversely related to smoking status in men.

#### Contribution of Fruit and Vegetables to Total Cost of Daily Diet

Mean total cost of daily diet was €6.92 ± 1.8 in men and €5.36 ± 1.5 in women (Table 3). Managerial staff had more expensive diets than farmers/self-employed or manual workers in men, whereas both occupation and education were positively associated with total daily diet cost in women. The contribution of fruit and vegetable to the total diet cost was 16% of total diet cost (€1.09) and 20% (€1.05), respectively, in men and women. Significant differences were found in men for education (mainly due to the contribution of fruits), whereas in women an association was found for occupation categories. In men, managerial staff and intermediate professions had the highest fruit cost contribution compared to manual workers (Table 3). In contrast, in women, managerial staff had the

lowest fruit and vegetable contribution to total daily diet cost.

#### Contribution of Fruit and Vegetable Categories to Total Cost of Daily Diet

Analyses of the relationship between the two indicators of socioeconomic status (ie, occupation and education) and the various fruit and vegetable groups showed that the contribution of apple, pear, and other pome fruits to fruit expenses decreased with increasing education in women (Table 4). In both sexes, less-educated subjects spent more money to eat tropical fruits (other than banana). The contributions of fruit juices to daily fruit cost increased with education in both sexes and with occupation categories in men. A positive association with education was also observed for the contribution of fruits used as vegetables and green salads to vegetable cost, in women. Conversely, the contributions of root vegetables, green beans and peas, bulb, and stem vegetables to daily vegetable cost decreased with education. Occupation and education categories were positively related to green salad cost contribution only in women. No vegetable categories differed significantly according to education and occupation in men.

#### DISCUSSION

In this study, achieving the 5 A Day fruit and vegetable recommendation was positively related to education level in both sexes. Older subjects, nonsmokers, and moderate alcohol drinkers were more likely to meet fruit and vegetable recommendations. In women, a positive relationship between fruit and vegetable consumption and physical activity level was also observed. No association was found with occupation categories, after adjustment for education, sociodemographic, and behavior characteristics. Variety scores increased with education level for fruits and vegetables in men and only for vegetables in women. Occupation categories were positively associated with fruit variety in men. Contribution of fruit and vegetable to total daily diet cost also differed between socioeconomic groups with some sex-specific relationships.

#### Intake of Composite Foods in Daily Fruit and Vegetable Consumption

Most studies do not take into account composite foods and fruit juices, although composite foods are an important source of fruit and vegetable intake. In our study, the results demonstrate that composite foods and fruit juices should be included when estimating fruit and vegetable intakes to avoid bias in estimates of intake, as mentioned elsewhere (22). It is interesting to note that the higher consumption of fruit and vegetable found for managerial and intermediate professions vs manual workers was due to the higher consumption of fruit juices. This result was also found among British adults (23).

#### Socioeconomic Status and Adherence to the 5 A Day Recommendation

The observed relationship between adherence to the 5 A Day recommendation and education level is consistent

**Table 2.** 5 A Day consumption and variety score, in both sexes, according to sociodemographic and behavior characteristics<sup>a</sup>

Characteristic	Men (n=2,373)				Women (n=1,909)			
	Fruits and Vegetables		Variety Score <sup>b</sup>		Fruits and Vegetables		Variety Score <sup>b</sup>	
	%	OR <sup>c</sup> (95% CI) <sup>d</sup>	Fruits	Vegetables	%	OR (95% CI)	Fruits	Vegetables
<b>Age (y)</b>								
45-50	49.2	1.00 (Referent)	2.13	1.88	48.8	1.00 (Referent)	2.43	1.99
50-55	53.7	1.26 (1.02-1.56)	2.10	1.93	52.7	1.19 (0.95-1.50)	2.43	2.1
55+	60.5	1.75 (1.41-2.16)	2.16	2.02	60.7	1.75 (1.37-2.23)	2.43	2.13
<i>P</i> for trend	<0.0001	<0.0001	0.77	<0.0001	0.0001	<0.0001	0.94	0.001
<b>Education level</b>								
University or equivalent	58.1	1.00 (Referent)	2.28	2.02	56.7	1.00 (Referent)	2.34	2.1
Secondary school	52.6	0.74 (0.59-0.92)	2.13	1.88	53.2	0.88 (0.69-1.11)	2.53	2.07
Elementary school	50.4	0.70 (0.54-0.92)	1.96	1.88	46.4	0.65 (0.48-0.88)	2.37	1.96
<i>P</i> for trend	0.007	0.0008	0.0002	0.002	0.005	0.009	0.78	0.002
<b>Occupation categories<sup>e</sup></b>								
Managerial staff	55.6	1.00 (Referent)	2.16	1.93	54.9	1.00 (Referent)	2.43	2.1
Intermediate professions, employees	55	1.13 (0.91-1.40)	2.19	1.96	52.2	0.96 (0.73-1.27)	2.43	2.07
Farmers, self-employed	46.5	0.77 (0.51-1.18)	1.74	1.82	58.6	1.34 (0.78-2.30)	2.43	1.99
Manual workers	47.3	0.86 (0.58-1.28)	1.96	1.88	53.2	1.36 (0.68-2.72)	2.19	1.99
<i>P</i> for trend	0.06	0.60	0.005	0.19	0.57	0.66	0.71	0.63
<b>Marital status</b>								
Cohabiting	53.8	1.00 (Referent)	2.13	1.96	53.7	1.00 (Referent)	2.5	2.1
Living alone	59.4	1.31 (0.97-1.77)	2.16	1.82	50.0	0.94 (0.73-1.20)	2.16	1.93
<i>P</i>	0.11	0.07	0.78	0.02	0.20	0.61	0.0003	0.0009
<b>Household location<sup>f</sup></b>								
Urban	50.3	1.00 (Referent)	2.16	1.93	51.6	1.00 (Referent)	2.37	2.07
Rural	55.1	1.19 (0.94-1.52)	2.13	1.93	53.3	1.17 (0.89-1.55)	2.43	2.07
<i>P</i>	0.08	0.12	0.62	0.66	0.59	0.36	0.53	0.98
<b>Smoking status</b>								
Nonsmokers/former smokers	57.0	1.00 (Referent)	2.19	1.96	55.4	1.00 (Referent)	2.46	2.07
Current smokers	36.6	0.44 (0.34-0.57)	1.74	1.74	33.8	0.46 (0.33-0.63)	2.10	1.89
<i>P</i>	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	0.001	0.09
<b>Physical activity<sup>g</sup></b>								
Irregular	49.8	1.00 (Referent)	2.02	1.93	45.2	1.00 (Referent)	2.34	2.02
<1 h/d of walking	53.6	1.10 (0.86-1.41)	2.16	1.93	55.4	1.33 (1.04-1.71)	2.46	2.07
≥1 h/d of walking	56.6	1.13 (0.91-1.41)	2.19	1.93	55.7	1.44 (1.13-1.85)	2.46	2.07
<i>P</i> for trend	0.03	0.28	0.03	0.77	0.0005	0.004	0.17	0.16
<b>Alcohol consumption<sup>h</sup></b>								
<20 g/d	57.5	1.00 (Referent)	2.31	1.96	53.4	1.00 (Referent)	2.43	2.07
≥20 g/d	52.6	0.67 (0.56-0.81)	2.04	1.93	48.0	0.66 (0.45-0.95)	2.25	1.89
<i>P</i>	0.02	<0.0001	0.0002	0.65	0.20	0.03	0.15	0.18

<sup>a</sup>Data from selected participants of Supplementation en Vitamines et Minéraux Antioxydants prospective study. Mean dietary intakes estimated from repeated 24-hour dietary records collected during 1995-1997.

<sup>b</sup>Separate variety scores were calculated for fruits and vegetables. Methodology used was similar to those described by Gaskes and colleagues (17). Variety was measured as the number of different types of fruits/vegetables consumed. Each variety of fruits/vegetables consumed was given a score of 1. Mixed dishes were given a score of 2 when the recipe contained at least two types of fruits/vegetables.

<sup>c</sup>OR—odds ratio. OR determined by logistic regression analyses. Variables included in the model were age, education level, occupation categories, marital status, household location, smoking status, physical activity categories, alcohol consumption, and total daily energy intakes.

<sup>d</sup>CI—confidence interval. CI determined by logistic regression analyses. Variables included in the model were age, education level, occupation categories, marital status, household location, smoking status, physical activity categories, alcohol consumption, and total daily energy intakes.

<sup>e</sup>The official French classification (18) was used to classify subjects into four occupation categories according to their self-reported occupation or last occupation if they were retired or unemployed. The incomes of these different occupation categories are generally quite close for intermediate professions, employees, farmers, and manual workers and higher for the managerial staff.

<sup>f</sup>The location of residence was classified in two categories (urban/rural) according to the definition of the French National Institute of Statistics and Economics Studies, which is based on both population density and economic activity.

<sup>g</sup>The overall level of habitual physical activity was assessed using the following questions: "Do you get regular physical activity (transportation, work, and leisure combined) yes/no? If yes, is it equivalent to at least 1 hour of walking per day?" (20). Responses were coded in three categories.

<sup>h</sup>Alcohol intake was estimated in grams of alcohol per day, from a short, validated semiquantitative dietary questionnaire (21).

with previous literature (8,10,24). However, it has been suggested that relationships with several indicators of socioeconomic status should be addressed simultaneously

to provide a better understanding of the social inequalities in dietary habits (25-27). Occupation category is another widely used indicator of socioeconomic status. In



**Table 3.** Contribution of fruits and vegetables to total daily diet cost in both sexes of participants in the Supplémentation en Vitamines et Minéraux Antioxydants prospective study, according to education and occupation characteristics\*

Characteristic	Total Daily Diet		Fruits		Vegetables		Fruits and Vegetables	
	€/d <sup>b</sup>		€/d	%	€/d	%	€/d	%
<b>Men (n=2,373), overall</b>	6.92		0.55	8.2	0.54	8.0	1.09	16.0
<b>Education level<sup>c</sup></b>								
University or equivalent	6.9		0.59	8.8	0.55	8.2	1.14	16.9
Secondary school	6.97		0.54	7.9	0.53	7.8	1.07	15.7
Elementary school	6.84		0.51	7.6	0.53	7.9	1.04	15.5
P for trend	0.4		<0.0001	<0.0001	0.21	0.2	<0.0001	<0.0001
<b>Occupation categories<sup>d,e</sup></b>								
Managerial staff	7.09		0.57	8.2	0.54	7.9	1.1	16.0
Intermediate professions, employees	6.8		0.58	8.4	0.53	8.0	1.09	16.4
Farmers, self-employed	6.66		0.49	7.5	0.53	8.1	1.01	15.6
Manual workers	6.87		0.5	7.5	0.54	8.3	1.04	15.8
P for trend	0.0001		0.006	0.02	0.88	0.48	0.06	0.21
<b>Women (n=1,909), overall</b>	5.36		0.54	10.2	0.5	9.7	1.05	19.9
<b>Education level<sup>c</sup></b>								
University or equivalent	5.48		0.56	10.5	0.51	9.6	1.07	20.0
Secondary school	5.35		0.55	10.4	0.51	9.7	1.05	20.2
Elementary school	5.19		0.5	9.7	0.49	9.7	0.99	19.4
P for trend	0.0002		0.0001	0.02	0.07	0.72	0.0001	0.13
<b>Occupation categories<sup>d,e</sup></b>								
Managerial staff	5.56		0.51	9.6	0.5	9.3	1.01	18.9
Intermediate professions, employees	5.31		0.54	10.4	0.5	9.7	1.05	20.1
Farmers, self-employed	5.52		0.57	10.6	0.56	10.4	1.14	21.0
Manual workers	5.14		0.55	10.6	0.51	10.0	1.06	20.6
P for trend	0.003		0.14	0.05	0.04	0.08	0.03	0.008

\*Mean dietary intakes estimated from repeated 24-hour dietary records collected during 1995-1997.

<sup>b</sup>Including beverages. Costs were based on the mean retail prices in France in 1997, obtained from marketing research, from the French National Institute of Statistics and Economic Studies, and from supermarket Web sites. 1 € = 1.49 US\$ (as of January 2, 2008).

<sup>c</sup>Adjusted for age, total daily energy intake, and occupation categories.

<sup>d</sup>The official French classification (18) was used to classify subjects into four occupation categories according to their self-reported occupation or last occupation if they were retired or unemployed. The incomes of these different occupation categories are generally quite close for intermediate professions, employees, farmers, and manual workers and higher for the managerial staff.

<sup>e</sup>Adjusted for age, total daily energy intake, and education level.

our study, occupation was not an independent correlate of fruit and vegetable consumption. Education level reflects other aspects than socioeconomic status, such as dietary knowledge and ability to interpret health education messages (25,27). That may be another explanation of the differential relationships of adherence to the recommendation to consume five servings of fruits and vegetables per day with education level and occupation category.

#### Sociodemographic and Lifestyle Characteristics and the 5 A Day Recommendation

Numerous studies have reported inverse associations between fruit and vegetable consumption and other less-healthy behaviors, including smoking status (23,28,29), alcohol consumption (30,31), and low physical activity level (30,32). The results from our study are in line with previous data, even though in men physical activity level was not related to the adherence of the 5 A Day recommendation. Previous studies have shown that married people have higher fruit and vegetable intakes (9). In our study, being married/living with a partner was weakly

inversely associated with meeting fruit and vegetable recommendation in men (borderline significant) and no association was observed in women. No difference in fruit and vegetable consumption was found according to urban/rural location, whereas Johansson and colleagues (33) reported that subjects living in rural areas had lower fruit and vegetable intakes than their counterparts living in cities, even after adjustment for age, sex, and education. However, good local access to food stores and availability of fruit and vegetable may be a more important environmental determinant of fruit and vegetable consumption as suggested by a growing body of literature (9). Moreover, Giskes and colleagues (34) recently showed that perceived availability of healthful foods may be a major contributor of food purchasing.

#### Socioeconomic Status and Fruit and Vegetable Variety

In addition to encouraging fruit and vegetable consumption, promotion of their variety may be important to ensure sufficient intakes for certain nutrients (35). Only one study has previously examined the differences in fruit or

**Table 4.** Contribution of the major fruit and vegetable categories to total daily fruit and vegetable costs, based on data from selected participants in the Supplémentation en Vitamines et Minéraux Antioxydants prospective study<sup>10</sup>

Characteristic	Contribution to Total Fruit Cost (%)						Contribution to Total Vegetable Cost (%)				
	Apple, pear, and other pome fruits	Fruit juices	Citrus fruits	Tropical fruits <sup>2</sup>	Stone fruits	Berries	Fruits used as vegetables	Root vegetables	Green salads	Green beans and peas	Bulb and stem vegetables
<b>Men (n=2,373), overall</b>	33.8	15.3	11.3	9.3	9.1	8.5	27.5	19.3	14.3	13.7	9.6
<b>Education level<sup>3</sup></b>											
University or equivalent	33.2	16.4	11.3	8.7	9.0	8.5	28.7	19.3	14.2	12.8	9.3
Secondary school	33.7	15.3	10.9	9.4	9.3	8.6	26.8	19.8	13.8	14.0	9.8
Elementary school	35.0	14.2	10.3	10.1	9.0	8.4	27.7	19.7	14.5	13.7	9.8
P for trend	0.14	0.06	0.14	0.04	0.94	0.91	0.47	0.52	0.61	0.13	0.18
<b>Occupation categories<sup>4</sup></b>											
Managerial staff	32.6	16.3	11.0	9.4	9.1	8.7	28.8	19.1	14.4	12.8	9.4
Intermediate professions, employees	34.3	15.7	10.7	9.1	9.2	8.4	26.8	19.6	14.2	13.8	9.8
Farmers, self-employed	37.0	9.9	12.3	10.2	8.7	9.0	25.6	20.7	14.7	12.9	10.0
Manual workers	35.1	12.9	10.7	8.7	9.3	7.9	28.3	21.3	12.1	14.7	9.3
P for trend	0.13	0.008	0.6	0.72	0.96	0.77	0.07	0.13	0.07	0.14	0.47
<b>Women (n=1,909), overall</b>	31.2	15.2	12.2	9.1	9.9	9.6	27.3	19.6	14.1	12.8	9.5
<b>Education level<sup>3</sup></b>											
University or equivalent	29.7	16.1	12.2	8.8	10.2	10.3	28.9	18.2	14.8	11.9	9.0
Secondary school	31.8	14.7	13.1	8.6	9.9	9.2	26.6	19.6	14.3	13.3	9.6
Elementary school	32.5	13.6	12.7	10.7	9.5	8.9	24.7	20.8	13.5	14.6	10.0
P for trend	0.02	0.04	0.47	0.007	0.35	0.05	<0.0001	0.0001	0.03	<0.0001	0.01
<b>Occupation categories<sup>4</sup></b>											
Managerial staff	31.2	13.9	12.8	10.2	8.7	9.9	28.2	18.3	15.8	12.1	9.3
Intermediate professions, employees	30.9	15.5	12.6	9.1	10.1	9.5	26.9	19.6	14.1	13.2	9.5
Farmers, self-employed	33.3	13.3	12.7	7.5	12	9.2	24.5	19.8	13.0	13.9	10.8
Manual workers	36.2	11.9	14.5	6.9	10.1	9.2	26.4	19.5	12.7	15.9	8.8
P for trend	0.18	0.24	0.68	0.08	0.05	0.9	0.15	0.24	0.01	0.09	0.16

<sup>1</sup>Mean dietary intakes estimated from repeated 24-hour dietary records collected during 1995-1997.

<sup>2</sup>Costs were based on mean retail prices in France in 1997, obtained from marketing research, from the French National Institute of Statistics and Economic Studies, and from supermarket Web sites. 1 € = 1.49 US\$ (as of January 2, 2008).

<sup>3</sup>Excluding banana.

<sup>4</sup>Adjusted for age, total daily energy intake, and occupation categories.

<sup>5</sup>Adjusted for age, total daily energy intake, and education level.

<sup>6</sup>The official French classification (18) was used to classify subjects into four occupation categories according to their self-reported occupation or last occupation if they were retired or unemployed. The incomes of these different occupation categories are generally quite close for intermediate professions, employees, farmers, and manual workers and higher for the managerial staff.

vegetable varieties according to socioeconomic status. Giskes and colleagues reported a lower variety in adults from low-income socioeconomic groups (17). The observed fruit variety score is approximately the same as those found in Australian adults, whereas the variety in vegetables consumed was one point lower in this sample (17). This discrepancy could be related to differences in dietary assessment. In fact, the choice to select at least six 24-hour dietary records over a 2-year period allows a more reliable diet estimation and limits misclassification by decreasing intraindividual variation (36). Precision of data from other studies is limited because they used only food frequency questionnaires or one 24-hour dietary recall. Another possibility to this discrepancy is eventually the fruit and vegetable classification used, which was not specified in the article by Giskes and colleagues. However, in accordance with this previous study, a negative relationship of vegetable variety with education level was found in both sexes. In addition, fruit variety was posi-

tively associated with both education and occupation categories, but only in men. These results support the hypothesis that economic constraints may be one of the barriers to fruit and vegetable consumption, especially in low-income populations (37). Men from the highest occupation categories had higher total daily diet cost and spent more money to eat fruit and vegetable. In women, diet cost and fruit and vegetable expenses were positively related to education and negatively to occupation. Differences in fruit and vegetable product prices (38) may also explain some differential fruit and vegetable consumption patterns because subjects with a primary school level or having a manual occupation consumed more low-priced fruit and vegetables, such as pome fruits, fruits used as vegetables and beans/peas. Several studies also suggest that access to food stores and availability and variety of fruit and vegetable may be lower in poorer neighbourhoods (39). In addition to influence of local environment, results from a recently published study showed

that several dimensions of the social context might also influence fruit and vegetable consumption (40).

Several limitations should be addressed. Because our study was performed in a French context, these results should be compared to data obtained in other populations with caution. More than half of subjects achieved the five servings a day of fruit and vegetables recommendation. Fruit and vegetable consumption seems particularly high compared to other populations (41,42): In a study based on the 1989-1991 Continuing Surveys of Food Intakes by Individuals, 32% of US adults older than age 20 years old met the 5 A Day objective (43). In 1999-2000, it has been estimated that only 40% of Americans ate an average of five or more servings of fruits and vegetables per day (41). However, our study was limited to the age range 45 to 62 years and previous studies have shown that the percentages of subjects meeting the 5 A Day fruit and vegetable recommendation were lower in younger age groups (41,44). Another limitation is that subjects were participants of a nutrition intervention study (45), thus they may have had more healthful lifestyle and dietary patterns. Another potential limitation is the bias that can be derived from over-reporting consumption among those with higher levels of education (8).

#### CONCLUSIONS

In this study of middle-aged French subjects, socioeconomic disparities in both quantity and variety of fruit and vegetable consumed were found. Higher socioeconomic groups also spent more to eat fruit and vegetables. This suggests that price intervention may be a valuable strategy for increasing the proportion of subjects who attain the recommended levels, especially in low-income socioeconomic groups. A reduction in the price of fruit and vegetables, which can be achieved by means of public policies, could lead to an increase in fruit and vegetable intake (46). In addition, for underprivileged people with particularly low income, distribution of fruit and vegetable vouchers (or checks), has been demonstrated as a useful measure to encourage low-income consumers to increase the consumption of such products (47,48). Achieving the recommendation to consume five servings per day of fruit and vegetables was related to education but not to occupation categories, suggesting that factors other than budgetary resources may explain the socioeconomic disparities in fruit and vegetable consumption.

To develop effective interventions and policies, there is a need to better understand the relative influence of budgetary constraints, nutrition knowledge and skills, social context, and environmental barriers. Whatever the country, nutrition education is a practical intervention that can be applied by many health professionals until global policy changes can be accomplished.

The first author (C.E.) was supported in part by the Fondation Louis Bonduelle, France.

The authors thank Stacie Chat-Yung for reviewing and editing the manuscript.

#### References

1. Agado A, Cabrera L, Amiano P, Ardanaz E, Barricarte A, Berenguer T, Chirlaque MD, Dorronsoro M, Jakseyn P, Larranaga N, Martinez

- C, Navarro C, Quiros JR, Sanchez MJ, Tormo MJ, Gonzalez CA. Fruit and vegetable intakes, dietary antioxidant nutrients, and total mortality in Spanish adults: Findings from the Spanish cohort of the European Prospective Investigation into Cancer and Nutrition (EPIC-Spain). *Am J Clin Nutr*. 2007;85:1634-1642.
2. Dauchot L, Amouyel P, Hercberg S, Dallongeville J. Fruit and vegetable consumption and risk of coronary heart disease: A meta-analysis of cohort studies. *J Nutr*. 2006;136:2588-2593.
3. He FJ, Newsom CA, MacGregor GA. Fruit and vegetable consumption and stroke: Meta-analysis of cohort studies. *Lancet*. 2006;367:320-326.
4. International Agency for Research on Cancer. *IARC Handbooks of Cancer Prevention. Vol 8: Fruits and Vegetables*. Lyon, France: IARC Press; 2003.
5. *Diet, Nutrition, and the Prevention of Chronic Diseases*. Geneva, Switzerland: World Health Organization; 2003. Technical Report Series No. 916.
6. Hercberg S, Chat-Young S, Chauvaux M. The French National Nutrition and Health Program: 2001-2006-2010. *Int J Public Health*. 2008; 53:68-77.
7. Beer-Borst S, Hercberg S, Morabia A, Bernstein MS, Galan P, Galasso R, Giampaoli S, McCrum E, Panico S, Preziosi P, Ribas L, Serra-Majem L, Vescio MF, Vittek O, Yarnall J, Northridge ME. Dietary patterns in six European populations: Results from EURALIM, a collaborative European data harmonization and information campaign. *Eur J Clin Nutr*. 2000;54:253-262.
8. Irala-Estevez JD, Groth M, Johansson L, Oltersdorf U, Pratala R, Martinez-Gonzalez MA. A systematic review of socio-economic differences in food habits in Europe: Consumption of fruit and vegetables. *Eur J Clin Nutr*. 2000;54:706-714.
9. Kamphuis CB, Giskes K, de Bruijn GJ, Wendel-Vos W, Brug J, van Lenthe FJ. Environmental determinants of fruit and vegetable consumption among adults: A systematic review. *Br J Nutr*. 2008;96:620-635.
10. Ross G, Johansson L, Kasnel A, Klumbiere J, Pratala R. Disparities in vegetable and fruit consumption: European cases from the north to the south. *Public Health Nutr*. 2001;4:35-43.
11. Hercberg S, Preziosi P, Bianconi S, Galan P, Trol I, Mulvy D, Roussel AM, Favier A. A primary prevention trial using nutritional doses of antioxidant vitamins and minerals in cardiovascular diseases and cancers in a general population: The SU.VI.MAX study—Design, methods, and participant characteristics. Supplementations in Vitamins et Minéraux Antioxydants. *Control Clin Trials*. 1998;19:336-351.
12. Capita R, Alonso-Calleja C. Differences in reported winter and summer dietary intakes in young adults in Spain. *Int J Food Sci Nutr*. 2005;56:431-443.
13. Le Moullec N, Dehoeger M, Preziosi P, Montero P, Valeix P, Rolland-Cachera M-F, Potier de Courcy G, Christides J-P, Galan P, Hercberg S. Validation du manuel-photos utilisé pour l'enquête alimentaire de l'étude SU.VI.MAX [Validation of photographic document used to estimate the amounts of foods eaten by subjects in the SU.VI.MAX study]. *Cah Nutr Diet*. 1996;31:158-164.
14. Hercberg S, ed. *Table de composition des aliments SU.VI.MAX [French food composition databank from the SU.VI.MAX study]*. Paris, France: Economica; 2005.
15. Williams C. Healthy eating: Clarifying advice about fruit and vegetables. *BMJ*. 1995;310:1453-1455.
16. World Cancer Research Fund/American Institute for Cancer Research. *Food, Nutrition, Physical Activity, and the Prevention of Cancer: A Global Perspective*. Washington DC: American Institute for Cancer Research; 2007.
17. Giskes K, Turrell G, Patterson C, Newman B. Socio-economic differences in fruit and vegetable consumption among Australian adolescents and adults. *Public Health Nutr*. 2002;5:663-669.
18. *Les nomenclatures des professions et catégories socioprofessionnelles [Lexicon for occupational categories]*. National Institute for Statistics and Economic Studies Web site. [http://www.insee.fr/fr/nom\\_def\\_mel/nomenclatures/pcs.htm](http://www.insee.fr/fr/nom_def_mel/nomenclatures/pcs.htm). Accessed May 5, 2008.
19. Le Jeannic T, Vidalenc J. *Pôles urbains et périurbanisation, le zonage en aires urbaines [Urban and peri-urban zoning]*. Paris, France: INSEE Première; 1997.
20. Czernichow S, Bertrais S, Preziosi P, Galan P, Hercberg S, Oppert JM. Indicators of abdominal adiposity in middle-aged participants of the SU.VI.MAX study: Relationships with educational level, smoking status and physical inactivity. *Diabetes Metab*. 2004;30:153-159.
21. Lasfargues G, Vol S, Le Clesiau H, Bedouet M, Hagel L, Constans T, Tichet J. [Validity of a short self-administered dietary questionnaire compared with a dietetic interview]. *Presse Med*. 1990;19:953-957.
22. O'Brien MM, Kiely M, Galvin M, Flynn A. The importance of compos-



- its foods for estimates of vegetable and fruit intakes. *Public Health Nutr.* 2003;6:711-720.
23. Billaon H, Preyer JA, Nichols R. Variation in fruit and vegetable consumption among adults in Britain. An analysis from the dietary and nutritional survey of British adults. *Eur J Clin Nutr.* 1999;53:946-952.
  24. Peerin AE, Sisson C, Hedelin G, Arveiler D, Schaffner F, Schlienger JL. Ten-year trends of dietary intake in a middle-aged French population: Relationship with educational level. *Eur J Clin Nutr.* 2002;56:393-401.
  25. Galobardes B, Morabia A, Bernstein MS. Diet and socioeconomic position: does the use of different indicators matter? *Int J Epidemiol.* 2001;30:334-340.
  26. Lallukka T, Laaksonen M, Hakkanen O, Rose E, Lahti E. Multiple socio-economic circumstances and healthy food habits. *Eur J Clin Nutr.* 2007;61:701-710.
  27. Turrell G, Hewitt B, Patterson C, Oldenburg B. Measuring socio-economic position in dietary research: Is choice of socio-economic indicator important? *Public Health Nutr.* 2003;6:191-200.
  28. Burkett NJ. Intake of fruits and vegetables in smokers. *Public Health Nutr.* 1999;2:217-222.
  29. Pollard J, Greenwood D, Kirk S, Cade J. Motivations for fruit and vegetable consumption in the UK Women's Cohort Study. *Public Health Nutr.* 2002;5:479-486.
  30. Agudo A, Pera G. Vegetable and fruit consumption associated with anthropometric, dietary, and lifestyle factors in Spain. EPIC Group of Spain. European Prospective Investigation into Cancer. *Public Health Nutr.* 1999;2:263-271.
  31. Padrao P, Lunet N, Santos AC, Barros H. Smoking, alcohol, and dietary choices: Evidence from the Portuguese National Health Survey. *BMC Public Health.* 2007;7:138.
  32. Oppert JM, Thomas F, Charles MA, Benetos A, Basdevant A, Simon C. Leisure-time and occupational physical activity in relation to cardiovascular risk factors and eating habits in French adults. *Public Health Nutr.* 2006;9:746-754.
  33. Johansson L, Thelle DS, Solvoll K, Bjorneboe GE, Drevoen CA. Healthy dietary habits in relation to social determinants and lifestyle factors. *Br J Nutr.* 1999;81:211-220.
  34. Giskes K, van Lenthe FJ, Brug J, Mackenbach JP, Turrell G. Socio-economic inequalities in food purchasing: The contribution of respondent-perceived and actual (objectively measured) price and availability of foods. *Prev Med.* 2007;45:41-48.
  35. Giskes K, Turrell G, Patterson C, Newman B. Socioeconomic differences among Australian adults in consumption of fruit and vegetables and intakes of vitamins A, C and folate. *J Hum Nutr Diet.* 2002;15:375-385.
  36. Sempos CT, Johnson NE, Smith EL, Gilligan C. Effects of intraindividual and interindividual variation in repeated dietary records. *Am J Epidemiol.* 1985;121:120-130.
  37. Drewnowski A, Durmon N. Food choices and diet costs: An economic analysis. *J Nutr.* 2005;135:900-904.
  38. Maillot M, Durmon N, Drewnowski A, Arnault N, Herberg S. Le coût et la qualité nutritionnelle des groupes d'aliments: quelle hiérarchie? [Food groups: Which hierarchy in terms of nutritional quality and cost?] *Cah Nutr Diet.* 2006;41:87-96.
  39. Morland K, Wing S, Dietz RA. The contextual effect of the local food environment on residents' diets: The atherosclerosis risk in communities study. *Am J Public Health.* 2002;92:1761-1767.
  40. Sorensen G, Stoddard AM, Dubowitz T, Barbeau EM, Bigby J, Emmons KM, Berkman LF, Peterson KE. The influence of social context on changes in fruit and vegetable consumption: Results of the healthy directions studies. *Am J Public Health.* 2007;97:1216-1227.
  41. Guenther PM, Dodd KW, Reedy J, Krebs-Smith SM. Most Americans eat much less than recommended amounts of fruits and vegetables. *J Am Diet Assoc.* 2006;106:1371-1379.
  42. Naska A, Vasilakis VG, Trichopoulos A, Friel S, Losenhauser IU, Moreira O, Nelson M, Remaut AM, Schmitt A, Sekula W, Trygg KU, Zajakas G. Fruit and vegetable availability among 10 European countries: How does it compare with the '5-A-Day' recommendation? DAFNE I and II projects of the European Commission. *Br J Nutr.* 2000;84:549-556.
  43. Krebs-Smith SM, Cook A, Subar AF, Cleveland L, Friday J. US adults' fruit and vegetable intakes, 1989 to 1991: A revised baseline for the Healthy People 2000 objective. *Am J Public Health.* 1995;85:1623-1629.
  44. Agudo A, Amiano P, Barcos A, Barricarte A, Beguiristain JM, Chirlaque MD, Derasouro M, Gonzalez CA, Lasheras C, Martinez C, Navarro C, Pera G, Quiros JR, Rodriguez M, Tormo MJ. Dietary intake of vegetables and fruits among adults in five regions of Spain. EPIC Group of Spain. European Prospective Investigation into Cancer and Nutrition. *Eur J Clin Nutr.* 1999;53:174-180.
  45. Herberg S, Galan P, Preziosi P, Bertrais S, Mesnen L, Malby D, Rousset AM, Favier A, Briandson S. The SU.VI.MAX Study: A randomized, placebo-controlled trial of the health effects of antioxidant vitamins and minerals. *Arch Intern Med.* 2004;164:2335-2343.
  46. Clarr RM, Carmo HC, Machado FM, Monteiro CA. Income, food prices, and participation of fruit and vegetables in the diet. *Rev Saude Publica.* 2007;41:557-564.
  47. Anderson JW, Bybee DI, Brown RM, McLean DF, Garcia KM, Brant ML, Schillo BA. 5 A Day fruit and vegetable intervention improves consumption in a low income population. *J Am Diet Assoc.* 2001;101:195-202.
  48. Herman DR, Harrison GG, Jenks E. Choices made by low-income women provided with an economic supplement for fresh fruit and vegetable purchase. *J Am Diet Assoc.* 2006;106:740-744.

# Annexe 5 Adherence to the French Programme National Nutrition Santé Guideline Score is associated with better nutrient intake and nutritional status

 American Dietetic Association

## Current Research

### Adherence to the French Programme National Nutrition Santé Guideline Score Is Associated with Better Nutrient Intake and Nutritional Status

CARLA ESTAQUIO, MSc; EMMANUELLE KESSE-GUYOT, PhD; VALERIE DESCHAMPS, PhD; SANDRINE BERTRAISS, PhD; LUC DAUCHET, MD, PhD; PILAR GALAN, MD, PhD; SERGE HERCBERG, MD, PhD; KATIA CASTETBON, PhD

## RESEARCH

#### ABSTRACT

**Background** The Nutrition and Health Program (Programme National Nutrition Santé), which has been carried out in France since 2001, includes diet and physical activity recommendations that are being widely disseminated to the general population.

**Objectives** To develop a score based on adherence to these recommendations and retrospectively estimated its association with demographic and behavior factors, nutrient intake, and serum biomarkers. The Programme National Nutrition Santé Guideline Score (PNNS-GS) includes 13 components. Scoring and cut-off values were determined using information provided by national guidelines. At least one point was attributed when the behavior reported was in accordance with the recommendation.

**Design/subjects** Adults participating in the SU.VI.MAX study with a minimum of three 24-hour dietary records were included in our analysis (n=5,500).

**Statistical analysis** Data were analyzed by sex, and sex-specific quartiles of scores were estimated. Multiple logistic regression models adjusted for social and demographic variables were used to estimate the odds ratios for having a relatively high score (quartile 4 vs others). Multivariate

linear regression models were used to examine associations of nutrient intake or biomarkers with PNNS-GS quartiles. When applicable, we included a linear contrast to test for trend.

**Results** The authors found statistical associations between the top PNNS-GS quartile and older age, higher occupational categories, nonsmoking status, and normal body mass ( $P \leq 0.05$ ). Higher PNNS-GS was also associated with lower intake of energy, cholesterol, and added simple sugars, and higher intake of various protective micronutrients. In addition, higher levels of serum beta-carotene and vitamin C were positively associated with increasing quartiles of PNNS-GS.

**Conclusions** This score is a useful tool for monitoring compliance with the French recommendations.

*J Am Diet Assoc.* 2009;109:1031-1041.

C. Estaquio and S. Bertrais are epidemiologists, and E. Kesse Guyot and P. Galan are researchers, Department of Nutritional Epidemiology, French Institute of Health and Medical Research, Bobigny, France. V. Deschamps is an epidemiologist and K. Castetbon is an epidemiologist and head of the Nutritional Surveillance and Epidemiology Unit, Bobigny, France. L. Dauchet is an assistant professor of epidemiology and public health, University Hospital of Lille, Lille, France. S. Hercberg is a nutritionist, full professor, head of the Department of Nutritional Epidemiology, French Institute of Health and Medical Research, Bobigny, France.

Address correspondence to: Katia Castetbon, PhD, USEN (InVS-Paris 13-Cnam), 74 rue Marcel Cachin, 93017 Bobigny Cedex, France. E-mail: katia.castetbon@univ-paris13.fr

Manuscript accepted: December 2, 2008.  
Copyright © 2009 by the American Dietetic Association.

0002-8223/09/10906-0007\$36.00/0  
doi: 10.1016/j.jada.2009.03.012

Nutrition is one of the most important environmental risk factors associated with development of chronic diseases, such as cardiovascular disease, certain cancers, and type 2 diabetes (1,2). Indeed, a nutritionally balanced, varied diet, along with adequate physical activity, is considered essential for maintaining satisfactory health status and reducing the risk of chronic disease. During the past decades, many countries in Europe and North America have set up nutritional policies to prevent or decrease these public health burdens (3,4).

In France in 2001, the National Program on Nutrition and Health (Programme National Nutrition Santé [PNNS]) was implemented under the supervision of the Ministry of Health. The primary objective of the PNNS is to improve the health status of the general population by intervening in its nutrition (5). Nine public health objectives were established for the 2001-2010 period, including quantified indicators of diet and nutrient intake, physical activity, and nutritional markers. PNNS recommendations have since been widely disseminated within the French population in order to attain public health objectives via clear, simple and informative facts regarding diet and physical activity.

Epidemiologic studies evaluating relationships between diet and health often focused on a single food or nutrient and its association with chronic diseases or mortality. Such methods did not provide a description of the complexity of the diet. Recently, dietary patterns have been developed to evaluate the entire diet, with two kinds

of approaches. The first, an a posteriori approach, uses statistical empirical methods, such as principal component analysis and factor analysis (6,7). The second, referred to as the a priori approach, includes development of diet quality scores based on recommended diets or current dietary guidelines (8-13).

The description of how a population adheres to general recommendations can contribute to evaluating public health programs. One mean is to evaluate nutritional behavior as a whole. Two recent reviews (12,14) found approximately 20 distinct a priori indexes, with some of them being expanded forms of the others. Some scores include selected components of food groups and occasionally nutrients (8,9,11). No scores (12) with the exception of Harnack and colleagues (15) comprise physical activity, despite its important role in health, as shown, for instance, by the latest report of the World Cancer Research Fund (2). In France, PNNS recommendations involve food groups, along with proposals concerning physical activity. Population surveillance requires the use of tools that take into account these recommendations as a whole.

The first objective of our study was to establish an a priori score based on adherence to French national recommendations of the PNNS and to retrospectively apply it to a large population-based study of middle-aged adults. The second objective was to estimate the cross-sectional association of the highest values of such a score with demographic factors and determinants of behavior, nutrient intake, and plasma biomarkers to investigate its short-term validity.

## METHODS

### PNNS Guideline Score (PNNS-GS) Components and Scoring Criteria

The PNNS-GS is based on quantitative and qualitative recommendations published in PNNS guides (Table 1). Three PNNS recommendations comprise minimum and maximum consumption frequencies: bread, cereals, potatoes and legumes; milk and dairy products; and meat and poultry, seafood, and eggs. Two recommendations (fruits and vegetables, and physical activity) give a definition of minimal expected frequency, whereas water is recommended at will and three recommendations refer to intake moderation (eg, salt, added fat, and sweetened food) (5) (see Table 1).

**Definition of Components Included in the PNNS-GS.** Specific advice is given in the PNNS guidelines for some food groups. Whenever possible, whole grain is recommended within the starch food group; seafood should be consumed at least twice a week in addition to meat and poultry, seafood, and eggs recommendation; added fats of vegetable origin are recommended rather than those of animal origin; and detailed advice is given regarding water intake, sweetened beverages, and alcohol (5). These food groups therefore comprised two components, one general and another that concerned specific recommendations. Other recommendations were considered as one component: fruit and vegetables, milk and dairy products, sweetened food, salt, and physical activity (Table 1).

Finally, the PNNS-GS includes 13 components. Eight components measure total adherence to French serving

recommendations (for fruit and vegetables; bread, cereal, potatoes, and legumes; milk and dairy products; meat, poultry, seafood, and eggs; and nonalcoholic beverages and alcohol intake), whereas four components are markers of limited consumption of recommendations without providing quantified frequency (eg, added fats, added fat ratio, added sugars from sweetened foods, and salt). The final component helps estimate adherence to physical activity recommendations on a daily basis.

**Definition of Food Groups.** Food groups were defined using PNNS guides disseminated since 2001. For example, the fruit and vegetable group includes all fruits, vegetables, 100% fruit or vegetable juices, and mixed foods whose ingredients include fruits or vegetables. Compared to American guidelines, dried fruits, because of high energy density content, and potatoes, which are major sources of complex carbohydrates, were not included in the fruit and vegetable component in PNNS guides (5). Despite varying fat content, all meat (except processed meat) and high- and low-fat dairy products were incorporated into the recommended servings to be consistent with French recommendations that do not provide specific restriction on these issues. Mixed foods contributing to more than one food group were divided into components using French recipes to avoid underestimation of total amounts consumed.

**Choice of Cut-Off Values and Scoring.** Scoring and cut-off values (Table 1) were decided using information provided by national recommendations, themselves based on epidemiologic and clinical evidence. At least one point was attributed for each component when subject behavior was in accordance with the recommendation (Table 1). For most components (excluding seafood, added fat, sweetened foods, and physical activity components), intermediate points were attributed to subjects who did not entirely attain the recommendation but came close. Additional points were attributed when fruit and vegetable intake was >7.5 servings a day, salt intake was <6 g per day and physical activity was >1 hour of moderate activity per day due to epidemiologic evidence of a relationship with morbidity (1). In contrast, a half point was deducted when added simple sugars from sweetened foods and salt intake were too high, because of their proven association with chronic morbidity (Table 1).

Each component cut-off was that of the threshold explicitly provided by PNNS guidelines, when available. For salt, added fat, nonalcoholic beverages, and added simple sugars from sweetened foods, thresholds were established according to the French Recommended Dietary Allowances (16) or PNNS public health objectives (5). For calculation of total energy intake, alcohol (eg, energy intake through ethanol) was not taken into account following French recommendations (16). The overall score has a maximum of 15 points; a high score reflects behavior that is in accordance with national recommendations.

**Penalties Regarding Energy Intake.** Points were deducted for individuals with energy intakes greater than their estimated need. Schofield's equations based on age, body weight, and height were used to estimate each individual's basal metabolic rate (17). Physical activity level val-



**Table 1.** Programme National Nutrition Santé Guideline Score (PNNS-GS): Components and scores according to French recommendations

Nutrient	Recommendation	Scoring criteria <sup>a</sup>	Score	
Fruits and vegetables	At least 5/d	[0-3.5[	0	
		[3.5-5[	0.5	
		[5-7.5[	1	
		≥7.5	2	
Bread, cereals, potatoes, and legumes	At each meal according to appetite	[0-1[	0	
		[1-3[	0.5	
		[3-6[	1	
		≥6	0.5	
Whole-grain food	Choose whole grains and whole-grain breads more often	[0-1/3[	0	
		[1/3-2/3[	0.5	
		≥2/3	1	
Milk and dairy products (eg, yogurt, cheese)	3/d (≥55 y; 3 to 4/d)	[0-1[	0	
		[1-2.5[	0.5	
		[2.5-3.5] (≥55 y; [2.5-4.5])	1	
		>3.5 (≥55 y; >4.5)	0.5	
Meat and poultry, seafood, and eggs	1 to 2/d	0	0	
		[0-1[	0.5	
		[1-2]	1	
		>2	0	
Seafood	At least twice/wk	<2 servings/wk	0	
Added fats <sup>b</sup>	Limit consumption	≥2 servings/wk	1	
		Lipids from added fats >16% EI <sup>c</sup> /d	0	
Vegetable added fats	Favor fats of vegetable origin	Lipids from added fats ≤16% EI/d	1	
		No use of vegetable oil or ratio vegetable oil/total added fats <0.5	0	
		No use of added fats or ratio vegetable oil/total added fats >0.5	1	
		Added sugars from sweetened foods ≥15% EI/d	-0.5	
Sweetened foods <sup>b</sup>	Limit consumption	Added sugars from sweetened foods 10%-15% EI/d	0	
		Added sugars from sweetened foods <10% EI/d	1	
Beverages	Water and soda <sup>d</sup>	Drink water as desired	<1 L water and >250 mL soda/d	0
		Limit sweetened beverages: no more than one glass/d	≥1 L water and >250 mL soda/d	0.50
Alcohol	Women <sup>d</sup> advised to drink <2 glasses of wine/d and ≤3 glasses/d for men	<1 L water and ≤250 mL soda/d	<1 L water and ≤250 mL soda/d	0.75
		≥1 L water and ≤250 mL soda/d	≥1 L water and ≤250 mL soda/d	1
Salt <sup>b</sup>	Limit consumption	Ethanol >20 g/d for women and >30 g for men	Ethanol >20 g/d for women and >30 g for men	0
		Ethanol ≤20 g/d for women and ≤30 g for men	Ethanol ≤20 g/d for women and ≤30 g for men	0.8
Physical activity	At least the equivalent of 30 min of brisk walking/d	Abstainers and irregular consumers (< once a week)	Abstainers and irregular consumers (< once a week)	1
		>12 g/d	>12 g/d	-0.5
		[10-12] g/d	[10-12] g/d	0
		[8-10] g/d	[8-10] g/d	0.5
		[6-8] g/d	[6-8] g/d	1
		≤6 g/d	≤6 g/d	1.5
		[0-30[ min/d	[0-30[ min/d	0
		[30-60[ min/d	[30-60[ min/d	1
		≥60 min/d	≥60 min/d	1.5

<sup>a</sup>Servings per day unless otherwise noted, read brackets as follows: "[a" or "a]": boundary not included, and "[x" and "x]": boundary included.  
<sup>b</sup>Established according to French recommended dietary allowances.  
<sup>c</sup>EI—total energy intake without alcohol.  
<sup>d</sup>Pregnant women are advised to abstain from all alcohol consumption during the entire duration of their pregnancy.

ues were scored (18) as 1.55 (sedentary), 1.78 (moderate), and 2.10 (vigorous) in men and 1.56, 1.64, and 1.82 in women, respectively. Individual energy expenditures (basal metabolic rate × physical activity level) were then compared to energy intakes. If reported energy intake was >5% or more of the calculated energy need, the total score was reduced by the same proportion.

#### Application of the PNNS-GS in a Large Population-Based Study

**Subjects.** The data set that was created via the SU.VI. MAX study constituted an occasion for applying the PNNS-GS to retrospectively estimate factors associated with PNNS recommendations as a whole. The design, methods, and rationale of the SU.VI.MAX study have

been described elsewhere (19). Briefly, the SU.VI.MAX study was initially designed as a randomized, double-blind, placebo-controlled, primary prevention trial to test the efficacy of daily supplementation with antioxidant vitamins and minerals, at nutritional doses, in reducing the incidence of ischemic heart diseases, and cancer. A total of 12,741 participants were included in 1994-1995, with a planned follow-up of 8 years. Women were 35 to 60 years of age and men were 45 to 60 years of age at enrollment. Eligibility criteria included the following: absence of disease likely to hinder active participation or threatened 5-year survival, acceptance of the possibility of being given a placebo, acceptance of constraints linked to participation, no previous regular supplementation with any of the vitamins or minerals provided in the supplement, and absence of extreme beliefs or behavior regarding diet. Each subject underwent a yearly visit involving either biochemical sampling (at years 0, 2, 5, and 7) or clinical examination (at years 1, 3, and 7). Over the course of the study, responders provided food records and filled out health and demographic questionnaires. The SU.VI.MAX study was approved by the Regional Ethics Committee of Paris-Cochin, and the French Data Protection Authority. Living subjects aged 35 to 60 years old who completed at least three dietary records for the first 24 months of the study and had no missing covariables were included in the analyses.

**Data Collection.** Information on sex, age, smoking status, education level, occupational categories, marital status and weekly consumption of seafood was collected by a self-administered questionnaire at enrollment. Level of education was coded into three categories: elementary school, secondary school (junior and high school), or university or equivalent. The official French classification (20) was used to classify subjects into four occupational categories according to their self-reported occupation or last occupation if they were retired or unemployed. Smoking status was categorized as current, former or never.

At baseline, a 35-mL venous blood sample was obtained from participants who had been fasting for 12 hours. Certain nutritional biomarkers were centrally measured. Biochemical methods have been previously presented in detail elsewhere (21).

Height and weight were measured at the first clinical examination (year 1) and body mass index (BMI) was calculated as  $\text{kg}/\text{m}^2$ . Weight was measured using an electronic scale with subjects wearing indoor clothing and no shoes. Height was measured under the same conditions to the nearest 0.5 cm using a wall-mounted stadiometer.

Subjects were asked to provide 24-hour dietary records every 2 months for a total of six records per year (each day of the week and all seasons were accounted for) (22). Participants used a previously validated instruction manual for coding food portions (23). Alcohol intake was estimated in grams of alcohol per day, based on a short validated semiquantitative diet questionnaire (24). Irregular consumers were defined as consuming alcoholic beverages less than once a week. In the SU.VI.MAX study, neither salt added to meals prepared at home nor individual intakes were specifically collected. Total salt was estimated by multiplying reported intake by 1.25, because about 80% of salt intake in France is estimated to be provided by foods that already contain salt (25).

Physical activity was assessed in 1998 using a French self-administered version of the Modifiable Activity Questionnaire (26) that collects type, frequency, and duration of activity performed at least 10 times for 10 minutes during each session of leisure time during the past 12 months. Using published compendiums (27,28), metabolic equivalent tasks were assigned to each leisure activity reported and summary scores were computed, including average metabolic equivalent tasks hours per week of physical activity. Half an hour of moderate activity 5 days a week was considered as equivalent to 16.25 metabolic equivalent task-hours per week. When the Modifiable Activity Questionnaire was not available for a given subject, the inclusion self-questionnaire was used. Responses were coded into three categories (irregular, <1 hour of walking/day,  $\geq 1$  hour of walking/day) (29). Subjects who stated they were "irregular" were considered as having low physical activity (<30 minutes per day of equivalent walking). Those who indicated that they walked more than 1 hour per day were considered as having high physical activity. For others, imputation was performed (see Statistical Analysis section).

**Statistical Analysis.** Means of food consumption and nutrient intake were calculated from a minimum of three 24-hour dietary records during the first 2 years of follow-up. This was a compromise between the minimum number of days required for reliable diet description at the population level (30) and the gain in statistical power. Nutrient, vitamin, mineral, and alcohol intakes were estimated using food composition tables validated for typical French foods (31). Ratio variables were calculated using the average value for each component of the ratio in each subject.

Because dietary recommendations are stated in terms of number of daily servings, standard serving sizes were defined so that frequency of food group intake could be calculated. Intake frequency was the total weight in grams per day divided by the corresponding serving size. Most of the serving sizes were defined using national food recommendations (5). Portion sizes varied for dairy products and starchy foods. For example, the portion size of cheese was 30 g, whereas the portion size for yogurt was 125 g. When a serving size was not available, we used common portion sizes described in the literature, such as 80 g for fruit and vegetables (2).

As mentioned previously, when physical activity was estimated through the inclusion questionnaire, some subjects stated having performed regular physical activity, but which amounted to less than 1 hour. Regression imputation taking into account age and educational level was performed to identify subjects who walked an equivalent of between 30 and 60 minutes or less.

Data were analyzed by sex, and sex-specific quartiles of scores were estimated. Multiple logistic regression models adjusted for social and demographic variables were used to estimate the odds ratios for having a relatively high score (quartile 4 vs others). Multivariate linear regression models were used to examine associations of nutrient intake or biomarkers with PNN-S-GS quartiles. When applicable, we included a linear contrast to test for trend. Certain serum and plasma nutrient concentrations were log-transformed to improve normality (ie, triglycerides, blood glucose, serum ferritin, serum selenium, se-

**Table 2.** Percent of subjects meeting maximum<sup>a</sup> recommendation score according to Programme National Nutrition Santé Guideline Score (PNNS-GS) quartiles (Q)

PNNS-GS limits	Men					Women				
	Q1 <6.25 (n=552)	Q2 6.25-7.55 (n=616)	Q3 7.55-8.80 (n=574)	Q4 ≥8.80 (n=638)	All	Q1 <6.75 (n=768)	Q2 6.75-8.00 (n=775)	Q3 8.00-9.05 (n=741)	Q4 ≥9.05 (n=836)	All
Fruits and vegetables <sup>b</sup>	45.5	53.7	65.9	78.5	61.4	42.1	49.4	59.1	74.8	56.7
Bread, cereals, potatoes, and legumes	52.5	62.5	61.3	69.7	61.9	52.3	43.9	42.9	44.1	45.8
Whole-grain food	6.3	7.6	14.6	26.3	14.1	6.3	7.7	11.9	20.7	11.8
Milk and dairy products	22.5	31.3	37.6	51.6	36.2	19.0	25.7	33.1	44.7	30.9
Meat and poultry, seafood and eggs	33.9	50.7	59.8	71.0	54.4	54.8	67.4	71.3	79.7	68.5
Seafood	20.7	29.4	47.6	64.3	41.1	17.2	24.7	39.3	64.2	36.9
Sweetened foods	77.9	82.3	88.5	93.0	85.6	86.8	83.1	89.1	94.9	83.7
Added fats	64.1	76.0	78.9	86.7	76.8	62.8	68.9	72.7	80.1	71.3
Vegetable added fats	43.5	58.1	70.2	85.6	65.0	38.2	59.9	73.3	85.1	64.5
Beverages										
Water and soda	42.9	49.8	41.6	62.9	49.8	50.0	49.2	60.2	59.2	54.7
Alcohol	10.9	19.5	16.9	29.2	19.5	37.4	41.7	53.7	49.3	45.5
Salt <sup>c</sup>	3.6	5.7	9.9	13.6	8.4	15.7	28.9	36.7	44.6	31.7
Physical activity <sup>d</sup>	20.3	44.2	58.5	79.6	51.7	12.4	22.1	39.3	66.3	35.6

<sup>a</sup>Subjects who were attributed 1 point except for fruit and vegetables, salt, and physical activity.

<sup>b</sup>Subjects who were attributed 1 or 2 points.

<sup>c</sup>Subjects who received 1 or 1.5 points.

rum zinc, beta-carotene, and vitamin C). Statistical analyses were performed using SAS software (SAS Institute, version 8.2, 2001, SAS Institute Inc, Research Triangle Park, NC).

## RESULTS

Among participants who completed at least three dietary records during the first 2 years of follow-up (n=7,322), 1,296 subjects were not measured for height or weight at year 1, and 526 subjects had incomplete covariables. Final analyses included 5,500 individuals (2,380 men and 3,120 women). The mean age was 52.1±4.6 years in men and 46.9±6.5 years in women. The mean PNNS-GS was 7.54±1.91 (range 0.52 to 13.0) and 7.87±1.86 (range 0.81 to 13.5), respectively. The PNNS-GS was normally distributed. Needless to say, each French nutrition recommendation was reached by subjects with high scores more frequently than by those having lower global scores (Table 2). Variations across quartiles were particularly wide for recommendations such as whole grain foods, meat, poultry, seafood, and eggs, alcoholic beverages, salt, and physical activity (Table 2). Moreover, certain national recommendations were often not attained (eg, whole grain food, salt, and alcohol in both sexes; and milk and dairy products in women).

### PNNS-GS vs Social and Behavioral Characteristics

Men older than age 55 years (vs 45 to 49 years) and those in intermediate professional categories or who were employed (vs managerial staff) were more likely to be in the highest quartile of the PNNS-GS (Table 3). In contrast,

farmers and self-employed men (vs managerial staff), current smokers (compared to never-smokers), and men with BMI ≥30 (vs BMI <25) were less likely to have high PNNS-GS. In women, the likelihood of being in the highest PNNS-GS quartile increased across age categories and was higher in former smokers than in never-smokers (Table 3). In addition, women who were manual workers (vs managerial staff), current smokers, and obese were less likely to be found in the highest PNNS-GS quartile (Table 3).

### PNNS-GS vs Nutrient Intake and Nutritional Biomarkers

In both men and women, the PNNS-GS was inversely associated with intake of energy, cholesterol, and added simple sugars. It was positively associated with intake of folate and vitamin C, beta-carotene, calcium, iron, potassium, magnesium, phosphorus, soluble fiber, fiber, total simple sugar, vegetable protein (expressed as a percentage of total energy intake without alcohol), and carbohydrates (expressed as a percentage of total energy intake without alcohol) (Table 4). In men, an increasing PNNS-GS quartile was also associated with lower intake of protein, animal protein, and fat, whereas women had lower intake of sodium and added fats across PNNS-GS quartiles (Table 4). Serum beta-carotene and vitamin C were positively associated with quartiles of PNNS-GS in men and women (Table 5). Finally, men classified into the top score quartile also had a more favorable level of triglycerides, blood glucose, ferritin, transferrin, and selenium compared to the lowest quartile (Table 5).

**Table 3.** Characteristics of subjects in Programme National Nutrition Santé Guideline Score (PNNS-GS) quartiles and factors associated with top PNNS-GS quartile (Q4) vs others (Q1-Q3) (multivariate logistic regression)

	Men				Women			
	%		Model		%		Model	
	Q1-Q3 (n=1,742)	Q4 (n=636)	OR <sup>a</sup> adjusted (95% CI <sup>b</sup> )	P value	Q1-Q3 (n=2,284)	Q4 (n=836)	OR adjusted (95% CI)	P value
<b>Age group (%)<sup>c</sup></b>								
35-39 y	—	—	—		17.3	11.4	1.00	
40-44 y	—	—	—		23.3	19.0	1.24 (0.93-1.66)	0.14
45-49 y	38.6	31.7	1.00		30.1	25.7	1.33 (1.00-1.75)	0.04
50-54 y	33.0	28.5	1.07 (0.85-1.35)	0.58	17.4	20.6	1.87 (1.39-2.51)	<0.0001
+55 y	28.5	39.8	1.73 (1.38-2.16)	<0.0001	11.9	23.3	3.10 (2.30-4.20)	<0.0001
<b>Marital status (%)<sup>d</sup></b>								
Living with a partner	90.8	88.7	1.00		80.3	77.9	1.00	
Living alone	9.2	11.3	1.31 (0.97-1.77)	0.08	19.7	22.1	1.12 (0.91-1.36)	0.29
<b>Occupational categories (%)<sup>e,f</sup></b>								
Managerial staff	43.0	42.5	1.00		19.0	22.4	1.00	
Farmers and self employed	7.2	3.1	0.48 (0.29-0.81)	0.005	4.1	3.6	0.78 (0.49-1.25)	0.30
Intermediate professions/employees	43.0	48.1	1.25 (1.01-1.56)	0.05	74.1	72.6	0.85 (0.68-1.05)	0.13
Manual workers	6.8	6.3	1.19 (0.77-1.84)	0.43	2.8	1.4	0.47 (0.24-0.94)	0.03
<b>Education level (%)<sup>g</sup></b>								
University or equivalent	40.0	41.2	1.00		42.5	43.9	1.00	
Secondary school	36.5	37.3	0.92 (0.73-1.16)	0.50	40.2	40.8	0.96 (0.79-1.16)	0.66
Primary school	23.6	21.5	0.80 (0.60-1.07)	0.14	17.3	15.3	0.84 (0.64-1.09)	0.18
<b>Smoking status (%)<sup>h</sup></b>								
Nonsmokers	33.4	39.0	1.00		56.4	56.0	1.00	
Former smokers	52.0	53.1	0.89 (0.73-1.09)	0.25	28.4	34.5	1.28 (1.07-1.54)	0.007
Smokers	14.6	7.8	0.46 (0.33-0.65)	<0.0001	15.2	9.6	0.72 (0.55-0.94)	0.02
<b>Body mass index<sup>i</sup></b>								
<25	47.0	50.3	1.00		78.1	76.7	1.00	
25-30	45.0	43.6	0.92 (0.76-1.12)	0.39	15.4	18.9	1.10 (0.89-1.36)	0.39
≥30	8.0	6.1	0.68 (0.46-1.00)	0.05	6.5	4.4	0.61 (0.42-0.90)	0.01

<sup>a</sup>OR—odds ratio.  
<sup>b</sup>CI—confidence interval.  
<sup>c</sup>Data collected at enrollment in the SU.VI.MAX study.  
<sup>d</sup>The official French classification was used to classify subjects into four occupation categories according to their self-reported occupation or last occupation if they were retired or unemployed.  
<sup>e</sup>Height and weight were measured at the first clinical examination.

## DISCUSSION

On the basis of data from men and women participating in the SU.VI.MAX study, the PNNS-GS is related to healthier nutritional status, assessed by both dietary and biochemical markers. In particular, subjects with the highest scores had more satisfactory intakes of several macronutrients and micronutrients. Beta-carotene and vitamin C, which are mainly found in fruits and vegetables, were highly associated with the probability of being in the highest quartile of the PNNS-GS in both men and women. Like other previously published dietary indexes (12,14), PNNS-GS can accurately describe nutritional behavior as a whole; whereas for many years, epidemiologic studies on diet usually investigated specific nutrients or single food groups. Previously published scores differed due to national recommendations that vary between countries: Some guidelines are based on food groups, whereas others provide recommended nutrient intakes,

sometimes including nutrient supplementation. In France, recommendations are simply based on food groups, along with physical activity recommendations; supplements are explicitly not recommended (with certain specific exceptions) (5). Such an approach was developed so as to improve population understanding and real implementation of recommendations by most people. Moreover, public health objectives defined by the PNNS include nutrient intake and nutritional markers (5). We had previously developed another index, the FSIPO (French score of indicators of the PNNS objectives), that accounts for public health indicators (32). The highest FSIPO tertile was associated with lower morbidity and mortality in men but not in women. The FSIPO, which includes diet, nutrient, and nutritional status, is complementary to evaluation of the population's adherence to recommendations in an index such as that of the PNNS-GS. In fact, the FSIPO enables an estimation of preven-

Table 4. Mean nutrient intake across Programme National Nutrition Santé Guideline Score (PNNS-GS) quartiles (Q)

PNNS-GS limits for nutrient intake	Men				Women				P value
	Q1 <6.25 (n=592)	Q2 6.25-7.55 (n=616)	Q3 7.55-8.80 (n=674)	Q4 ≥8.80 (n=638)	Q1 <6.75 (n=796)	Q2 6.75-8.00 (n=775)	Q3 8.00-9.25 (n=741)	Q4 ≥9.25 (n=836)	
Energy <sup>a</sup> (kcal)	2,781.3±23.5	2,409.5±22.3	2,594.1±23.0	2,317.5±21.9	2,141.8±15.5	1,816.1±15.4	1,752.3±15.7	1,711.4±14.9	<0.0001*
Fat <sup>b</sup> (%)	41.2±0.2	40.3±0.2	40.2±0.2	38.5±0.2	41.2±0.2	41.2±0.2	40.7±0.2	39.3±0.2	<0.0001*
Cholesterol (mg)	466.9±5.6	450.9±5.1	440.6±5.3	418.4±5.1	371.2±3.5	363.7±3.3	364.9±3.4	344.4±3.2	<0.0001*
Carbohydrates <sup>c</sup> (%)	40.8±0.3	41.8±0.2	41.8±0.3	44.0±0.2	41.03±0.2	41.20±0.2	41.56±0.2	42.60±0.2	<0.0001*
Fiber (g)	18.1±0.2	20.3±0.2	21.8±0.2	25.3±0.2	15.9±0.2	16.8±0.2	18.1±0.2	20.2±0.2	<0.0001*
Soluble fiber (g)	3.60±0.05	4.00±0.05	4.38±0.05	5.00±0.04	3.12±0.04	3.43±0.04	3.72±0.04	4.11±0.03	<0.0001*
Total simple sugar (g)	63.9±1.3	60.0±1.2	105.7±1.3	115.8±1.2	84.0±0.8	86.8±0.8	88.1±0.8	91.2±0.8	<0.0001*
Added sugar (g)	47.2±0.9	45.4±0.8	44.0±0.9	43.8±0.8	43.8±0.8	37.2±0.6	35.8±0.6	34.5±0.6	<0.0001*
Protein (g)	104±0.1	130±0.1	173±0.1	175±0.1	47.74±0.10	47.74±0.10	47.74±0.10	47.74±0.10	<0.0001*
Animal protein (%)	4.89±0.04	4.77±0.03	4.81±0.03	5.12±0.03	4.53±0.03	4.63±0.03	4.75±0.03	4.91±0.03	<0.0001*
Vegetable protein (%)	13.8±0.1	13.3±0.1	13.1±0.1	12.4±0.1	13.21±0.1	13.02±0.1	12.97±0.1	13.17±0.1	0.27
Beta-carotene (µg)	3,416.1±704.9	3,718.0±96.2	4,404.2±100.0	4,962.0±95.5	3,153.9±91.6	3,817.3±86.5	4,134.5±86.8	4,538.1±84.5	<0.0001*
Folate (µg)	303.8±3.2	331.1±2.9	350.6±3.0	383.5±2.9	282.5±2.6	282.9±2.5	302.0±2.6	327.8±2.4	<0.0001*
Vitamin C (mg)	75.6±1.9	82.2±1.7	101.7±1.8	126.9±1.7	75.0±1.5	89.5±1.4	96.0±1.4	112.8±1.4	<0.0001*
Vitamin D (µg)	3.09±0.09	3.12±0.08	3.02±0.08	3.19±0.08	2.52±0.07	2.46±0.06	2.47±0.06	2.66±0.06	0.11
Calcium (mg)	842.7±12.2	1,036.5±11.2	1,043.2±11.7	1,104.0±11.1	844.7±9.7	907.4±9.1	935.9±9.4	987.9±9.9	<0.0001*
Potassium (mg)	3,189.4±20.3	3,332.0±18.6	3,432.2±19.3	3,601.7±18.5	2,546.5±16.5	2,694.7±15.6	2804.5±16.0	2,887.7±15.2	<0.0001*
Magnesium (mg)	325.1±2.1	336.2±2.0	341.5±2.0	361.6±2.0	248.4±1.7	259.1±1.6	269.3±1.6	286.0±1.5	<0.0001*
Phosphorus (mg)	1,475.5±8.9	1,462.4±8.2	1,471.0±8.5	1,507.2±8.1	1,325.5±7.1	1,162.0±6.7	1,186.3±6.9	1,235.7±6.6	<0.0001*
Sodium (mg)	4,058.5±42.3	4,095.0±39.7	4,087.3±40.3	4,003.4±38.5	3,130.1±28.6	3,053.0±27.0	3,047.2±27.8	2,834.6±26.4	<0.0001*
Iron (mg)	15.0±0.12	15.0±0.10	15.25±0.11	15.35±0.10	10.45±0.08	10.96±0.08	11.06±0.08	11.50±0.07	<0.0001*

<sup>a</sup>Values are controlled for age and 100% energy intake (unless otherwise noted).

<sup>b</sup>1 kcal=4.184 kJ.

<sup>c</sup>Mean total energy intake±standard deviation controlled for age (with point deductions according to excessive energy intake).

<sup>d</sup>Values are percentage of total daily energy intake (including alcohol).

\*P for trend <0.05.



Table 5. Mean serum biomarkers across Programme National Nutrition Santé Guideline Score (PNNS-GS) quartiles (Q)

PNNS-GS limits for serum biomarkers	Men				Women				P value
	Q1 <6.25	Q2 6.25-7.55	Q3 7.55-8.80	Q4 ≥8.80	Q1 <6.75	Q2 6.75-8.00	Q3 8.00-9.05	Q4 ≥9.05	
Cholesterol (n=2,370 men, 3,106 women)	6.22±0.04	6.17±0.04	6.18±0.04	6.18±0.04	5.91±0.04	5.89±0.03	5.88±0.04	5.88±0.03	0.74
Triglycerides (mmol/L) (n=2,320 men, 3,035 women) <sup>a</sup>	1.17±0.02	1.21±0.02	1.14±0.02	1.11±0.02	0.78±0.02	0.80±0.02	0.79±0.02	0.77±0.02	0.22
Blood glucose (mmol/L) (n=2,320 men, 3,036 women) <sup>a</sup>	5.88±0.005	5.95±0.005	5.90±0.005	5.83±0.005	5.49±0.004	5.50±0.004	5.50±0.004	5.44±0.004	0.17
Apoptotain A1 (g/L) (n=2,363 men, 3,102 women)	1.55±0.01	1.52±0.01	1.54±0.01	1.55±0.01	1.72±0.009	1.70±0.009	1.69±0.009	1.71±0.009	0.31
Apoptotain B (g/L) (n=2,363 men, 3,102 women)	1.21±0.01	1.20±0.01	1.18±0.01	1.19±0.01	1.03±0.008	1.04±0.008	1.03±0.008	1.01±0.008	0.21
Ferritin (μg/L) (n=1,637 men, 2,953 women) <sup>a</sup>	146.1±0.04	149.2±0.04	137.1±0.04	121.3±0.04	36.38±0.03	34.63±0.03	34.23±0.04	35.65±0.03	0.59
Transferrin (g/L) (n=1,638 men, n=2,955 women)	2.55±0.02	2.51±0.02	2.48±0.02	2.49±0.02	2.58±0.02	2.57±0.02	2.58±0.02	2.55±0.02	0.55
Selenium (μmol/L) (n=2,323 men, n=3,026 women) <sup>a</sup>	1.12±0.007	1.10±0.007	1.13±0.007	1.13±0.007	1.07±0.006	1.06±0.006	1.08±0.006	1.08±0.006	0.10
Zinc (μmol/L) (n=2,328 men, n=3,038 women) <sup>a</sup>	13.40±0.006	13.45±0.006	13.37±0.006	13.38±0.006	12.69±0.005	12.73±0.005	12.69±0.005	12.68±0.005	0.94
Retinol (μmol/L) (n=2,051 men, 2,698 women) <sup>a</sup>	2.40±0.01	2.38±0.01	2.43±0.01	2.39±0.01	2.00±0.01	2.00±0.01	1.94±0.01	1.96±0.01	0.25
Tocopherol (μmol/L) (n=2,051 men, 2,698 women)	31.6±0.3	32.0±0.3	32.1±0.4	32.3±0.3	30.79±0.3	31.23±0.3	30.67±0.3	30.62±0.3	0.42
Beta-carotene (μmol/L) (n=2,050 men, 2,698 women) <sup>a</sup>	0.35±0.03	0.36±0.03	0.40±0.03	0.44±0.03	0.52±0.02	0.55±0.02	0.58±0.02	0.64±0.02	<0.0001*
Vitamin C (μmol/L) (n=1,819 men, 2,431 women) <sup>a</sup>	42.4±0.02	46.9±0.02	49.2±0.02	54.0±0.02	54.5±0.02	55.7±0.02	59.6±0.02	63.4±0.02	<0.0001*

<sup>a</sup>Values are geometric means±standard error (retinoid for age) for triglycerides, blood glucose, ferritin, selenium, zinc, retinol, beta-carotene, and vitamin C.

\*P for trend<0.05.

tive effects upon morbidity and mortality that would be expected in a given nutritional situation.

Indexes also vary concerning choices of cut-off (by definition, in such an index, they are related to recommendations) and scoring criteria. Many methods of scoring are found in the literature (12,33). Our approach was able to accurately distinguish between individuals: Wide variations in nutrient intake and nutritional markers were observed across quartiles of the PNNS-GS. We gave supplementary points for physical activity, fruit and vegetable, and salt consumption to take into account behavior that was more satisfactory than recommendations currently provided to the population (33). Moreover, individuals with energy intakes greater than their estimated needs may have had higher scores due to overconsumption rather than to a better diet. Some scores therefore account for energy intake. The Mediterranean Diet Score (34) adjusts each component to daily intakes of 2,500 kcal for men and 2,000 kcal for women. The original Healthy Eating Index (9), the Diet Quality Index-Revised (8) and the Dietary Guidelines for Americans Adherence Index (11) use the recommended number of servings for the appropriate energy intake level based on sex and age. To our knowledge, only the Dietary Guidelines for Americans Adherence Index (11) includes a point deduction system like ours.

We found that older subjects were more likely to have higher PNNS-GS (top quartile) than younger individuals. As previously shown (35,36), ageing is in fact often accompanied by increased health consciousness. Another hypothesis to further verify would be the fact that a progressive loss of culinary knowledge would have led persistent changes of diet in the further generations. Moreover, women had more favorable diets because they were more likely to be in the top quartile score than men. Observed associations with age and sex are consistent with previous results (9,11,13,37). As expected, BMI, included in multivariate analysis as a cross-sectional determinant of behavior instead of as a result of long-term habits, showed an inverse relationship with the likelihood of having a higher PNNS-GS in men and in women. Our study also confirmed an association between smoking habits and poor adherence to nutrition recommendations, summarized by lower scores (11,13). Smoking is generally associated with less healthful dietary choices. In fact, the literature indicates that smokers eat less healthful foods (such as fruit and vegetables) and report increased intakes of unhealthy foods (like sugary foods) (38). In addition, women who were former smokers were likely to have higher PNNS-GS; following arrest of smoking, they may have modified their lifestyle, including nutrition behavior. Results regarding the probability of being in the top quartile according to occupational category were also consistent with previous studies suggesting that lower socioeconomic status is associated with poorer dietary quality (39,40).

Some studies that examined the relationship between nutrition scores and biochemical markers found trends similar to ours (12,41,42). In addition, a diet that includes a high intake of fruit and vegetables (usually accompanied by generally satisfactory eating habits and physical activity) is considered to be associated with decreased risk of chronic diseases (43). Several other studies con-

cluded that adherence to dietary recommendations may favorably affect early markers of chronic diseases like triglycerides (13,44-46). Our cross-sectional design enabled us to obtain an accurate estimate of the typical diet through biomarkers. Furthermore, biomarkers investigated in this study were selected because they had been validated as markers of healthful food intake (47,48). In our study, the association between PNNS-GS levels and nutrient profile was generally more significant in men than in women. This could be due to levels of scores that are higher in women than in men, whereas variability is lower in women than in men. The originality of the PNNS-GS lies in the fact that it accounted for all French nutrition recommendations, whereas the other indexes included selected components (8,9,11).

Some limitations to our study should be discussed. Reliability of salt intake estimation was flawed because salt added when preparing meals at home or by individuals while eating was not specifically collected in the SU.VI.MAX study. The correction factor enables limiting this systematic error. Moreover, our study used a subsample of initial participants in the SU.VI.MAX study (22); thus, it is being performed on subjects who were initially recruited on a voluntary basis. Despite the fact that our analysis was based on the first 2 years of follow-up, subjects may have been more strongly motivated and more interested in health and nutrition than the typical study participant. Eligibility criteria enable exclusion of extremely health-conscious subjects as well as those taking supplements.

In addition, use of the PNNS-GS in our study was purely retrospective because PNNS recommendations had not yet been disseminated upon initiation of the SU.VI.MAX study. The PNNS-GS should now be applied to populations willing to comply with PNNS recommendations. This will enable monitoring changes in nutritional behavior following initiation of such public health projects. Among the strengths of our study was the fact that we used at least three 24-hour dietary records to assess food intake (30). Instead of simply a 1-day record, this enables reliable diet estimation and limits misclassification by decreasing intraindividual variation (49), especially concerning the description of food group consumption. The precision of data from other studies (11,12) may have been limited by the method of diet collection (one 24-hour recall or a semiquantitative food frequency questionnaire). For instance, the food frequency questionnaire is known to overestimate food group intakes and has a limited ability to accurately classify energy intake. Underreporting of unhealthy food groups, implicit in 24-hour dietary records, was improved because at least three 24-hour dietary records over a 2-year period were used in our study (50).

The PNNS-GS demonstrated face validity, because higher PNNS-GS was related to both more healthful characteristics (eg, nonsmokers and normal BMI) and nutritional status (eg, nutrients and biochemical markers). Further work is required to determine whether this index has prognostic value with respect to health outcomes in large-scale longitudinal studies.

Although older adults tend to have generally more healthful and more satisfactory nutrition behavior, our population was observed to have a relatively low PNNS-

GS. This observation lends supports to pursuing public health nutrition programs such as the PNNS. Retrospective application of the PNNS-GS to the SU.VI.MAX cohort showed that adherence to PNNS recommendations was associated with more healthful nutrient intake and better nutritional status. It could, therefore, be useful as a tool for monitoring nutritional behavior changes in France.

#### STATEMENT OF POTENTIAL CONFLICT OF INTEREST:

No potential conflict of interest was reported by the authors.

**FUNDING/SUPPORT:** The first author (C.E.) was supported in part by the Fondation Louis Bonduelle, France. This work was supported by a grant from the Direction Générale de la Santé, Ministère de la Santé et des Solidarités, France.

#### References

1. WHO. *Diet, Nutrition and the Prevention of Chronic Diseases*. Geneva, Switzerland: World Health Organization; 2003. Technical report series 916.
2. World Cancer Research Fund/American Institute for Cancer Research. *Food, Nutrition, Physical Activity, and the Prevention of Cancer: A Global Perspective*. Washington, DC: American Institute for Cancer Research; 2007.
3. Lachat C, Van Camp CJ, De Henauw HS, Matthys C, Larondelle Y, Remaut-De Winter AM, Kolsteren P. A concise overview of national nutrition action plans in the European Union Member States. *Public Health Nutr*. 2005;8:266-274.
4. Dixon LB, Cronin FJ, Krebs-Smith SM. Let the pyramid guide your food choices: Capturing the total diet concept. *J Nutr*. 2001;131(2S-1):461S-472S.
5. Hercberg S, Chat-Yung S, Chauliac M. The French National Nutrition and Health Program: 2001-2006-2010. *Int J Public Health*. 2008;5: 68-77.
6. Costacou T, Bamia C, Ferrari P, Riboli E, Trichopoulos D, Trichopoulos A. Tracing the Mediterranean diet through principal components and cluster analyses in the Greek population. *Eur J Clin Nutr*. 2003; 57:1378-1385.
7. Schulze MB, Hoffmann K, Kroke A, Boeing H. Dietary patterns and their association with food and nutrient intake in the European Prospective Investigation into Cancer and Nutrition (EPIC)-Potsdam study. *Br J Nutr*. 2001;85:363-373.
8. Haines PS, Siega-Riz AM, Popkin BM. The Diet Quality Index revised: A measurement instrument for populations. *J Am Diet Assoc*. 1999;99:697-704.
9. Kennedy ET, Ohls J, Carlson S, Fleming K. The Healthy Eating Index: Design and applications. *J Am Diet Assoc*. 1995;95:1103-1108.
10. McCullough ML, Feskanich D, Stampfer MJ, Giovannucci EL, Rimm EB, Hu FB, Spiegelman D, Hunter DJ, Colditz GA, Willett WC. Diet quality and major chronic disease risk in men and women: Moving toward improved dietary guidance. *Am J Clin Nutr*. 2002;76:1261-1271.
11. Fogli-Cawley JJ, Dwyer JT, Saltzman E, McCullough ML, Troy LM, Jacques PF. The 2005 Dietary Guidelines for Americans Adherence Index: Development and application. *J Nutr*. 2006;136:2908-2915.
12. Wajers PM, Feskens EJ, Ocke MC. A critical review of predefined diet quality scores. *Br J Nutr*. 2007;97:219-231.
13. McNaughton SA, Ball K, Crawford D, Mishra GD. An index of diet and eating patterns is a valid measure of diet quality in an Australian population. *J Nutr*. 2008;138:86-93.
14. Arvaniti F, Panagiotakos DB. Healthy indexes in public health practice and research: A review. *Crit Rev Food Sci Nutr*. 2008;48:317-327.
15. Harnack L, Nicodeus K, Jacobs DR Jr, Folsom AR. An evaluation of the Dietary Guidelines for Americans in relation to cancer occurrence. *Am J Clin Nutr*. 2002;76:889-896.
16. Martin A. Apports nutritionnels conseillés pour la population française [French Recommended Dietary Allowances]. Paris, France: *Technique et Documentation*; 2001. <http://www.afssa.fr/>. Accessed October 13, 2008.
17. Schofield WN. Predicting basal metabolic rate, new standards and review of previous work. *Hum Nutr Clin Nutr*. 1985;39(suppl 1):5-41.
18. Report of a Joint FAO/WHO/UNU Expert Consultation. *Energy and Protein Requirements*. Geneva, Switzerland: World Health Organization; 1985. Technical Report Series 724.
19. Hercberg S, Galan P, Preziosi P, Bertrais S, Mennen L, Malvy D, Roussel AM, Favier A, Briancon S. The SU.VI. MAX Study: A randomized, placebo-controlled trial of the health effects of antioxidant vitamins and minerals. *Arch Intern Med*. 2004;164:2335-2342.
20. INSEE. *Les nomenclatures des professions et catégories socioprofessionnelles* [Lexicon for occupational categories]. National Institute for Statistics and Economic Studies Web site. [http://www.insee.fr/fr/nom\\_def\\_met/nomenclatures/pcs.htm](http://www.insee.fr/fr/nom_def_met/nomenclatures/pcs.htm). Accessed October 13, 2008.
21. Galan P, Favier A, Preziosi P, Bertrais S, Arnault N, Hercberg S. [The bank of biological material in the SU.VI. MAX study]. *Rev Epidemiol Sante Publique*. 2003;51(1 pt 2):147-150.
22. Hercberg S, Preziosi P, Briancon S, Galan P, Triol I, Malvy D, Roussel AM, Favier A. A primary prevention trial using nutritional doses of antioxidant vitamins and minerals in cardiovascular diseases and cancers in a general population: the SU. VI. MAX study—Design, methods, and participant characteristics. SUpplementation en Vitamines et Minéraux Antioxydants. *Control Clin Trials*. 1998;19:336-351.
23. Le Moullec N, Deheeger M, Preziosi P, Montero P, Valeix P, Rolland-Cachera M-F, Potier de Courcy G, Christides J-P, Galan P, Hercberg S. Validation du manuel-photos utilisé pour l'enquête alimentaire de l'étude SU.VI.MAX [Validation of photographic document used to estimate the amounts of food in the SU.VI. MAX study]. *Cah Nutr Diet*. 1996;31:158-164.
24. Lasfargues G, Vol S, Le Clesiau H, Bedouet M, Hagel L, Constans T, Tichet J. Validité d'un auto-questionnaire alimentaire court per comparaison avec un entretien diététique [Validity of a short self-administered dietary questionnaire compared with a dietetic interview]. *Presse Med*. 1990;19:953-957.
25. Agence Française de Sécurité Alimentaire (French Food Safety Agency). *Rapport du groupe de travail sur le sel* [Report on salt: Evaluation and recommendations]. Paris, France: Agence Française de Sécurité Alimentaire; 2002.
26. Vuillemin A, Oppert JM, Guillemin F, Essermeant L, Fontvieille AM, Galan P, Kriska AM, Hercberg S. Self-administered questionnaire compared with interview to assess past-year physical activity. *Med Sci Sports Exerc*. 2000;32:1119-1124.
27. Ainsworth BE, Haskell WL, Leon AS, Jacobs DR Jr, Montoye HJ, Sallis JF, Paffenbarger RS Jr. Compendium of physical activities: Classification of energy costs of human physical activities. *Med Sci Sports Exerc*. 1993;25:71-80.
28. Ainsworth BE, Haskell WL, Whitt MC, Irwin ML, Swartz AM, Strath SJ, O'Brien WL, Bassett DR Jr, Schmitz KH, Emplaincourt PO, Jacobs DR Jr, Leon AS. Compendium of physical activities: An update of activity codes and MET intensities. *Med Sci Sports Exerc*. 2000; 32(suppl 9):S498-S504.
29. Czernichow S, Bertrais S, Preziosi P, Galan P, Hercberg S, Oppert JM. Indicators of abdominal adiposity in middle-aged participants of the SU.VI. MAX study: Relationships with educational level, smoking status and physical inactivity. *Diabetes Metab*. 2004;30: 153-159.
30. Brussaard JH, Lowik MR, Steingrimsdottir L, Moller A, Kearney J, De Henauw S, Becker W. A European food consumption survey method—Conclusions and recommendations. *Eur J Clin Nutr*. 2002; 56(suppl 2):S89-S94.
31. Hercberg S, coordinator. *Table de composition des aliments SU.VI. MAX* [French food composition databank from the SU.VI. MAX study]. Paris, France: Economica; 2005.
32. Estaquio C, Castetbon K, Kesse-Guyot E, Bertrais S, Deschamps V, Dauchet L, Peneau S, Galan P, Hercberg S. The French National Nutrition and Health Program score is associated with nutritional status and risk of major chronic diseases. *J Nutr*. 2008;138:946-953.
33. Moeller SM, Reedy J, Millen AE, Dixon LB, Newby PK, Tucker KL, Krebs-Smith SM, Guenther PM. Dietary patterns: Challenges and opportunities in dietary patterns research an Experimental Biology workshop, April 1, 2006. *J Am Diet Assoc*. 2007;107:1233-1239.
34. Trichopoulos A, Kouris-Blazos A, Wahlqvist ML, Gnardellis C, Lagiou P, Polychronopoulos E, Vassilakou T, Lipworth L, Trichopoulos D. Diet and overall survival in elderly people. *BMJ*. 1995;311:1457-1460.
35. Johansson L, Thelle DS, Solvoll K, Bjorneboe GE, Drevon CA. Healthy dietary habits in relation to social determinants and lifestyle factors. *Br J Nutr*. 1999;81:211-220.
36. Naska A, Fouskakis D, Oikonomou E, Almeida MD, Berg MA, Gedrich K, Moreira O, Nelson M, Trygg K, Turrini A, Remaut AM, Volatier JL, Trichopoulos A. Dietary patterns and their socio-demo-

- graphic determinants in 10 European countries: Data from the DAFNE databank. *Eur J Clin Nutr*. 2006;60:181-190.
37. Patterson RE, Haines PS, Popkin BM. Diet quality index: Capturing a multidimensional behavior. *J Am Diet Assoc*. 1994;94:57-64.
  38. Dallongeville J, Marecaux N, Fruchart JC, Amouyel P. Cigarette smoking is associated with unhealthy patterns of nutrient intake: A meta-analysis. *J Nutr*. 1998;128:1450-1457.
  39. Martikainen P, Brunner E, Marmot M. Socioeconomic differences in dietary patterns among middle-aged men and women. *Soc Sci Med*. 2003;56:1397-1410.
  40. Darmon N, Drewnowski A. Does social class predict diet quality? *Am J Clin Nutr*. 2008;87:1107-1117.
  41. Campbell DR, Gross MD, Martini MC, Grandits GA, Slavin JL, Patten JD. Plasma carotenoids as biomarkers of vegetable and fruit intake. *Cancer Epidemiol Biomarkers Prev*. 1994;3:493-500.
  42. Drewnowski A, Rock CL, Henderson SA, Shore AB, Fischler C, Galan P, Preziosi P, Herczeg S. Serum beta-carotene and vitamin C as biomarkers of vegetable and fruit intakes in a community-based sample of French adults. *Am J Clin Nutr*. 1997;65:1795-1803.
  43. Huang HC, Joshipura KJ, Jiang R, Hu FB, Hunter D, Smith-Warner SA, Colditz GA, Rosner B, Spiegelman D, Willett WC. Fruit and vegetable intake and risk of major chronic disease. *J Natl Cancer Inst*. 2004;96:1577-1584.
  44. Kant AK, Graubard BI. A comparison of three dietary pattern indexes for predicting biomarkers of diet and disease. *J Am Coll Nutr*. 2005; 24:294-303.
  45. Ford ES, Mokdad AH, Liu S. Healthy Rating Index and C-reactive protein concentration: Findings from the National Health and Nutrition Examination Survey III, 1988-1994. *Eur J Clin Nutr*. 2005; 59:278-283.
  46. Fung TT, McCullough M, van Dam RM, Hu FB. A prospective study of overall diet quality and risk of type 2 diabetes in women. *Diabetes Care*. 2007;30:1753-1757.
  47. Hann CS, Rock CL, King I, Drewnowski A. Validation of the Healthy Eating Index with use of plasma biomarkers in a clinical sample of women. *Am J Clin Nutr*. 2001;74:479-486.
  48. Gerber MJ, Scali JD, Michaud A, Durand MD, Astre CM, Dallongeville J, Bonin MM. Profiles of a healthful diet and its relationship to biomarkers in a population sample from Mediterranean southern France. *J Am Diet Assoc*. 2000;100:1164-1171.
  49. Sampson CT, Johnson NE, Smith EL, Gilligan C. Effects of intraindividual and interindividual variation in repeated dietary records. *Am J Epidemiol*. 1985;121:120-130.
  50. Willett WC. *Nutritional Epidemiology*. 2nd ed. New York, NY: Oxford University Press; 1998.

# Annexe 6 Association between the French Nutritional Guideline-based score and 6-year anthropometric changes in a French middle-aged adult cohort



American Journal of Epidemiology  
© The Author 2009. Published by the Johns Hopkins Bloomberg School of Public Health.  
All rights reserved. For permissions, please e-mail: journals.permissions@oxfordjournals.org.

Vol. 170, No. 6  
DOI: 10.1093/aje/kwp174  
Advance Access publication August 5, 2009

## Original Contribution

### Association Between the French Nutritional Guideline-based Score and 6-Year Anthropometric Changes in a French Middle-aged Adult Cohort

Emmanuelle Kesse-Guyot, Katia Castetbon, Carla Estaquio, Sébastien Czernichow, Pilar Galan, and Serge Hercberg

Initially submitted March 2, 2009; accepted for publication June 3, 2009.

In light of increasing obesity among the elderly, understanding the role of nutritional guidelines in preventing weight gain is of major importance. The authors evaluated the impact of the French Programme National Nutrition Santé (PNNS)-Guideline Score (GS) (maximum score, 15 points) on anthropometric changes in a large population-based study. Subjects in the present analysis ( $n = 3,531$ ) were participants in the SUplémentation en Vitamines et Minéraux AntioXydants (SU.VI.MAX) study (1994–2002) and had available data for estimating the PNNS-GS and anthropometric data at baseline and 6 years later. Data were analyzed by using multivariate linear regression models for the association with anthropometric changes and multiple logistic regression to estimate odds ratios of becoming overweight or obese. The authors found a significant negative association between PNNS-GS and changes in markers of anthropometry. In addition, better adherence to the PNNS-GS was associated with a lower incidence of overweight (odds ratio = 0.93, 95% confidence interval: 0.88, 0.99) and obesity (odds ratio = 0.89, 95% confidence interval: 0.80, 0.99) after a 6-year follow-up period. These observations support the role of nutritional guidelines in prevention of age-related weight increase and development of obesity.

anthropometry; body weight changes; nutrition assessment; obesity

Abbreviations: BMI, body mass index; HEI, Healthy Eating Index; PNNS-GS, Programme National Nutrition Santé-Guideline Score; SU.VI.MAX, SUplémentation en Vitamines et Minéraux AntioXydants.

The prevalence of obesity is rising rapidly worldwide. In particular, the prevalence of overweight and obesity is high in the elderly, suggesting weight gain during adulthood (1). Obesity is a major public health concern; it has been identified as a strong risk factor for cardiovascular diseases and cancer, and it influences physical and social functioning and quality of life (2). As modifiable behaviors, diet and physical activity are of particular interest for public health interventions to prevent obesity and weight gain during adulthood.

A comprehensive approach to dietary behavior using scores was recently developed to describe overall dietary quality and adherence to nutritional guidelines (3, 4). Such scores are particularly useful for estimating the potential impact of compliance with nutritional recommendations upon weight gain during adulthood. Some cross-sectional

studies focusing on associations between dietary scores (based on nutritional guidelines, Mediterranean diet, or quality of diet) and body size have reported an inverse association (5–9). For instance, a cross-sectional analysis of Framingham Heart Study Offspring participants aged 10–70 years showed a higher Dietary Guidelines for Americans Adherence Index and lower body mass index (BMI) (8).

To our knowledge, only one study has prospectively investigated the association between dietary scores, based on nutritional guidelines, and longitudinal changes in anthropometric characteristics (10). In that study carried out with subjects aged 45–84 years, adherence to the Healthy Eating Index (HEI), based on 2005 Dietary Guidelines for Americans, was strongly associated with a lower BMI increase, and it predicted less obesity in the cohort.

Correspondence to Dr. Emmanuelle Kesse-Guyot, INSERM U557; INRA U1125; CNAM; Paris 13 University, Human Nutrition Research Center of Ile de France, UFR SMBH 74 rue Marcel Cachin, F-93017 Bobigny, France (e-mail: e.kesse@uren.smbh.univ-paris13.fr).

In France, the National Nutrition and Health Program (Programme National Nutrition Santé, PNNS) was implemented in 2001 to improve the health status of the general population via nutrition (11). National food-based guides have been developed and disseminated in the general population, offering practical advice on how to attain PNNS recommendations. We previously developed an a priori score based on adherence to these nutritional recommendations (PNNS-Guidelines Score, PNNS-GS). Indeed, we demonstrated, in a large cohort of middle-aged adults, its cross-sectional association with nutrient intake, BMI, and plasma biomarkers reflecting different aspects of nutritional status (12). In the present analysis, we hypothesized that a higher PNNS-GS would lead to a lower increase in weight and BMI among middle-aged adults during several years of follow-up.

The aim of the present study was to investigate the association between PNNS-GS and 6-year changes in weight and body fat distribution, assessed by various anthropometric markers in middle-aged French men and women. A secondary aim was to determine the association between PNNS-GS and risk of overweight and obesity during follow-up.

## MATERIALS AND METHODS

### Population

Subjects were participants in the SUplémentation en Vitamines et Minéraux AntioXydants (SU.VI.MAX) study, a randomized, double-blind, placebo-controlled, primary prevention trial initially designed to evaluate the effect of daily antioxidant supplementation (vitamin C, vitamin E,  $\beta$ -carotene, selenium, and zinc) at nutritional doses on the incidence of cardiovascular disease and cancer. The design has been previously described in detail elsewhere (13, 14). Briefly, 12,741 eligible subjects (7,876 women aged 35–60 years and 5,141 men aged 45–60 years) were included in 1994–1995 and were followed up for 7.5 years. The SU.VI.MAX study was approved by the Ethical Committee for Studies with Human Subjects of the Paris-Cochin Hospital (CCPPRB no. 706) and the “Commission Nationale Informatique et Liberté” (CNIL no. 334641), which ensures that medical information is kept confidential and anonymous. Participants were invited on a yearly basis to undergo either a clinical or a biochemical examination from the time of study inclusion.

In the present analysis, we selected men and women aged 45–60 years at baseline who provided at least three 24-hour records between baseline and the first clinical examination and for whom no covariables for the present analyses were missing. We also excluded subjects with prevalent cases of major chronic diseases (cancer or ischemic diseases) occurring before inclusion in the SU.VI.MAX study.

### Data assessment

Data on gender, date of birth, smoking status, and educational level were collected at study inclusion. A self-administrated questionnaire was used.

**Dietary data.** Subjects were asked to complete a 24-hour record every 2 months, for a total of 6 records yearly, covering all days of the week and all seasons. Participants used an instruction manual to code food portions. This manual includes validated photographs of more than 250 typical foods shown in 3 different portion sizes. Subjects could also choose from 2 intermediate-sized or 2 extreme portions, for a total of 7 different possible portion sizes (15). Dietary nutrient intakes were calculated by using a food composition table that includes more than 900 foods (16).

Alcohol intake (grams of alcohol/day) was also estimated by using a short, validated, semiquantitative dietary questionnaire (17). Specific information on weekly consumption of seafood was collected by a self-administrated questionnaire at baseline.

**Physical activity.** Physical activity was assessed in 1998 through a French validated, self-administered version of the Modifiable Activity Questionnaire (18). Type, frequency, and duration of activity performed at least 10 times for 10 minutes each session during leisure time over the past 12 months were collected. Using published compendiums (19, 20), we assigned metabolic equivalent task-hours to each leisure activity reported and computed summary scores, including average metabolic equivalent task-hours per week of physical activity. For subjects for whom data on the Modifiable Activity Questionnaire were missing, a self-administered questionnaire coding physical activity into 3 categories (irregular, <1 hour of walking/day,  $\geq 1$  hour of walking/day) was used.

**Anthropometric data.** At the first (1995–1996) and last (2001–2002) clinical examinations of the cohort during follow-up, anthropometric markers were assessed. Weight was measured with an electronic scale (Seca, Hamburg, Germany), with subjects wearing indoor clothing and no shoes. Height was measured under the same conditions with a wall-mounted stadiometer. Waist circumference was measured as the circumference midway between the lower ribs and iliac crests, and hip circumference was measured as the largest circumference between waist and thighs, both in a standing position and with an inelastic tape.

### Data computation and statistical analysis

**PNNS-GS computation.** PNNS-GS computation, including food grouping, serving sizes, scoring, cutoff values, and penalties, has previously been described in detail (12). Briefly, the score was based on French national guidelines and included 13 components for a total of 15 points maximum. Eight components referred to French food serving recommendations, and 4 referred to consumption limitation. The final component dealt with adherence to physical activity recommendations. Scoring and cutoff values are presented in Table 1.

A penalty for overconsumption was assigned to individuals whose energy intakes were higher than estimated energy expenditure (12). Age, weight, and height at the first clinical examination were used to estimate Schofield's basal metabolic rate (21). Energy expenditures were estimated by

**Table 1.** Components and Scores According to Programme National Nutrition Santé Recommendations, France

	Recommendation	Scoring Criteria <sup>a</sup>	Score	
Fruits and vegetables	At least 5/day	≤0–<3.5	0	
		≤3.5–<5	0.5	
		≤5–<7.5	1	
		≥7.5	2	
Bread, cereals, potatoes, and legumes	At each meal according to appetite	≤0–<1	0	
		≤1–<3	0.5	
		≤3–<6	1	
		≥6	0.5	
Whole grain food	Choose whole grains and whole grain breads more often	≤0–<1/3	0	
		≤1/3–<2/3	0.5	
		≥2/3	1	
Milk and dairy products (yogurt, cheese, etc.)	3/day (subjects aged ≥55 years: 3–4/day)	≤0–<1	0	
		≤1–<2.5	0.5	
		≤2.5–≤3.5 (subjects aged ≥55 years: ≤2.5–≤4.5)	1	
		>3.5 (subjects aged ≥55 years: >4.5)	0.5	
Meat and poultry, seafood and eggs	1–2/day	0	0	
		0–<1	0.5	
		≤1–≤2	1	
		>2	0	
Seafood	At least twice/week	<2 servings/week	0	
		≥2 servings/week	1	
Added fats <sup>b</sup>	Limit consumption	Lipids from added fats >16% EI/day	0	
		Lipids from added fats ≤16% EI/day	1	
Vegetable added fats	Favor fats of vegetable origin	No use of vegetable oil, or ratio of vegetable oil to total added fats ≤0.5	0	
		No use of added fats, or ratio of vegetable oil to total added fats >0.5	1	
Sweetened foods <sup>b</sup>	Limit consumption	Added sugars from sweetened foods ≥15% EI/day	–0.5	
		Added sugars from sweetened foods ≤10–<15% EI/day	0	
		Added sugars from sweetened foods <10% EI/day	1	
Beverages	Water and soda <sup>b</sup>	Drink water as desired	0	
		Limit sweetened beverages: no more than 1 glass/day	≥1 L of water and >250 mL of soda/day	0.50
			<1 L of water and ≤250 mL of soda/day	0.75
			≥1 L of water and ≤250 mL of soda/day	1
Alcohol	Women <sup>c</sup> : ≤2 glasses of wine/day; men: ≤3 glasses/day	Ethanol intake >20 g/day for women and >30 g for men	0	
		Ethanol intake ≤20 g/day for women and ≤30 g for men	0.8	
		Abstainers and irregular consumers (<once/week)	1	
Salt <sup>b</sup>	Limit consumption	>12 g/day	–0.5	
		>10–≤12 g/day	0	
		>8–≤10 g/day	0.5	
		>6–≤8 g/day	1	
		≤6 g/day	1.5	
Physical activity	At least the equivalent of 30 minutes of brisk walking/day	≤0–<30 minutes/day	0	
		≤30–<60 minutes/day	1	
		≥60 minutes/day	1.5	

Abbreviations: EI, total energy intake without alcohol; RDA, recommended dietary allowance.

<sup>a</sup> Servings per day unless otherwise noted.

<sup>b</sup> Established according to the French recommended dietary allowance.

<sup>c</sup> Pregnant women are advised to abstain from all alcohol consumption during the entire duration of pregnancy.

Downloaded from ajph.aphspublications.org/ at Insead/ICM on April 22, 2011

using basal metabolic rate and physical activity level. If energy intake was more than 5% over estimated energy expenditure, an identical fraction was deducted from the score. For example, the PNNS-GS of a subject with a PNNS-GS equal to 7 and a ratio of energy intake to energy expenditure of 1.1 (equivalent to 10% overconsumption) was reduced to 6.3.

Compliance with physical activity recommendations was determined through the Modifiable Activity Questionnaire when available, considering that half an hour of moderate activity 5 days a week was equivalent to 16.25 metabolic equivalent task-hours per week. When Modifiable Activity Questionnaire information was missing, subjects who declared "irregular" physical activity on the self-administered questionnaire were classified as participating in "<30 minutes per day of equivalent walking." Those who declared "more than 1 hour per day" were classified as ">1 hour per day of equivalent walking." For the others, regression imputation using age and education was performed to classify subjects into <30 minutes or "between 30 and 60 minutes per day of equivalent walking."

**Statistical analysis.** Means of food and nutrient intake were calculated from at least three 24-hour dietary records between baseline and the first clinical examination. BMI was calculated as the ratio of weight in kilograms to squared height in meters ( $\text{kg}/\text{m}^2$ ). Overweight (including obesity) was defined as  $\text{BMI} \geq 25 \text{ kg}/\text{m}^2$  and obesity as  $\text{BMI} \geq 30 \text{ kg}/\text{m}^2$ . Waist-to-hip ratio was calculated as the ratio of waist circumference to hip circumference. Anthropometric changes were computed as the difference in anthropometric markers between the last (2001–2002) and first (1995–1996) values, stated as a percentage of the baseline value.

In this paper, descriptive results are reported as mean PNNS-GS (standard deviation) across category characteristics. Differences were tested by using analysis of variance. Two multivariate linear regression models were used to estimate the predictive value of PNNS-GS in terms of 6-year anthropometric changes (weight, waist circumference, waist-to-hip ratio, and BMI). A first model was adjusted for sex, age, and energy intake. A second model was fully adjusted for sex, age, energy intake, education, smoking status, supplementation group, height at baseline, and baseline value of the outcome (weight, waist circumference, waist-to-hip ratio, or BMI). In these analyses, negative  $\beta$  indicated that the increase (expressed as the percentage of the initial anthropometric marker) was less by  $\beta\%$  for a 1-point-higher PNNS-GS. A positive  $\beta$  meant that the increase was more by  $\beta\%$  for a 1-point-higher PNNS-GS.

In subsequent analyses, we performed logistic regression to estimate, for an increase of 1 unit in PNNS-GS, the odds ratio of becoming overweight for subjects not overweight at baseline and the odds ratio of becoming obese for nonobese subjects at baseline. The first model was adjusted for sex, age, and energy intake. The second model was fully adjusted for sex, age, energy intake, education, smoking status, and supplementation group (adjusted odds ratio). All tests of statistical significance were 2-sided.

## RESULTS

### Subject characteristics

Of 12,741 adults initially included in the SU.VI.MAX cohort, 4,485 subjects aged 45–60 years with complete data for baseline PNNS-GS computation were initially considered (Figure 1); data for 1,600 women and 1,931 men were finally included in the present analyses. At baseline, men and women were aged 52.1 (standard deviation, 4.7) and 51.1 (standard deviation 4.6) years, respectively ( $P < 0.001$ ).

Mean PNNS-GS was 7.4 (standard deviation, 2.0) for men and 7.8 (standard deviation, 1.9) for women ( $P < 0.001$ ). Sex-stratified means of PNNS-GS according to baseline characteristics are presented in Table 2. For both genders, mean PNNS-GS was lower for current smokers than for former smokers and subjects who had never smoked. For men, the lowest mean PNNS-GS was observed for those with a primary education, whereas the highest mean was observed for men who had received higher education. Finally, overweight women, compared with obese women, had a mean PNNS-GS significantly higher, whereas mean PNNS-GS was intermediate for women with a normal BMI.

We also compared subjects with and without longitudinal data for anthropometric markers in terms of baseline characteristics. The proportions of men and women as well as mean PNNS-GS were similar, but subjects followed up as required for our analyses were 1 year older, had higher energy intakes, had a lower BMI and waist circumference ratio, and were more often never smokers and less often had a low level of education compared with subjects whose final anthropometry measures were missing.

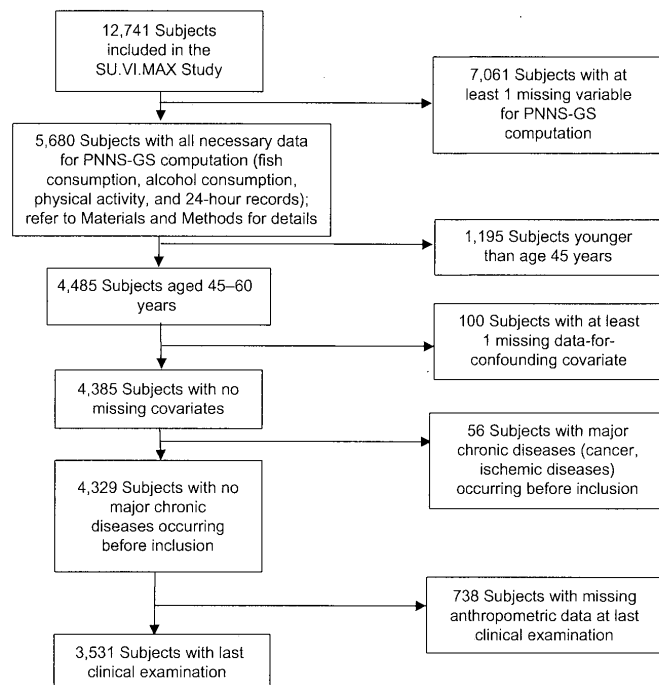
At baseline, the overweight and obesity prevalences were 44.1% and 6.7% among men and 19.5% and 6.5% among women, respectively. All mean anthropometric changes were positive, so that an increase in markers of body size throughout follow-up was generally observed. For instance, the 6-year mean weight change was 1.98 kg (standard deviation, 3.80) for men and 2.06 kg (standard deviation, 4.11) for women (data not tabulated).

### PNNS-GS and anthropometric changes

The relation between PNNS-GS and anthropometric changes is presented in Table 3. In fully adjusted models, an increase of 1 PNNS-GS unit was associated with lower weight gain ( $P = 0.004$ ), lower waist circumference gain ( $P = 0.01$ ), lower waist-to-hip-ratio gain ( $P = 0.02$ ), and lower BMI gain ( $P = 0.002$ ). In all analyses, the  $R$ -square value of the model was higher in fully adjusted models compared with sex-, age-, and energy-adjusted models.

Although no statistically significant interaction between gender and PNNS-GS was observed for anthropometric changes, we nonetheless performed these analyses for men and women separately (data not shown). Regarding BMI and weight changes, findings were similar for men and women in separate compared with pooled analyses, despite a loss of power. In contrast, associations between PNNS-GS and adiposity markers were observed for women only. Indeed, in fully adjusted models, an increase





**Figure 1.** Flowchart of subjects included in the present analysis of the French nutritional guideline-based score and 6-year anthropometric changes, Supplémentation en Vitamines et Minéraux Antioxydants (SU.VI.MAX) Study, 1994–2002. PNNs-GS, Programme National Nutrition Santé-Guideline Score.

of 1 PNNs-GS unit was associated with lower waist circumference gain ( $P = 0.01$ ) and lower waist-to-hip-ratio gain ( $P = 0.02$ ).

#### Probability of becoming overweight or obese according to the PNNs-GS

During follow-up, of 949 men and 1,184 women whose BMI was  $<25 \text{ kg/m}^2$  at baseline, 219 men and 164 women became overweight (including obesity). Of 1,801 men and 1,496 women who were nonobese at baseline, 86 men and 47 women developed obesity during follow-up.

The odds ratios of becoming overweight (including obesity) or obese are presented in Table 4. In the fully adjusted model, an increase of 1 PNNs-GS unit was associated with less likelihood of becoming overweight (adjusted odds ratio = 0.93, 95% confidence interval: 0.88, 0.99). Similarly, an increase of 1 PNNs-GS unit was associated with less probability of becoming obese after adjustment (adjusted odds ratio = 0.89, 95% confidence interval: 0.80, 0.99).

We also performed all analyses after exclusion of subjects with a history of cancer or cardiovascular disease during

follow-up. However, results were not substantially modified (data not shown).

#### DISCUSSION

In our study, overall markers of body mass status, such as BMI and weight, and markers of abdominal adiposity, such as waist circumference and waist-to-hip ratio, were significantly related to previous PNNs-GS. In addition, PNNs-GS had a significant, favorable prognostic value for 6-year overweight and obesity incidence, since better compliance with guidelines was associated with a lower probability of becoming overweight or obese.

Up to now, only one other study is known to have provided findings on the association between a priori dietary scores based on nutritional guidelines and short-term changes in anthropometric characteristics (10). In adults aged 45–84 years at baseline participating in the Multi-Ethnic Study of Atherosclerosis cohort, 2 HEIs, based on 1990 (HEI-90) and 2005 (HEI-05) American dietary guidelines, were evaluated for their relation with BMI change, waist circumference change, and obesity risk over a

**Table 2.** Mean PNNS-GS According to Baseline Characteristics of Men and Women, SU.VI.MAX Study, France, 1994

	Men			Women			All		
	No.	Mean (SD)	P Value <sup>a</sup>	No.	Mean (SD)	P Value <sup>a</sup>	No.	Mean (SD)	P Value <sup>a</sup>
Tobacco status									
Nonsmoker	707	7.58 (1.87)	<0.0001	1,024	7.80 (1.89)	0.001	1,731	7.71 (1.89)	<0.0001
Former smoker	988	7.45 (1.94)		414	8.01 (1.80)		1,402	7.61 (1.92)	
Current smoker	236	6.58 (2.03)		162	7.38 (1.68)		398	6.91 (1.93)	
Educational level									
Primary	464	7.19 (2.00)	0.02	360	7.66 (1.78)	0.21	824	7.40 (1.92)	0.01
High school	698	7.40 (1.91)		681	7.86 (1.87)		1,379	7.62 (1.91)	
College	769	7.50 (1.94)		559	7.86 (1.88)		1,328	7.65 (1.92)	
Supplementation group									
Intervention	991	7.40 (1.97)	0.75	804	7.85 (1.83)	0.40	1,736	7.56 (1.92)	0.48
Placebo	940	7.38 (1.93)		796	7.77 (1.88)		1,795	7.60 (1.92)	
Body mass index status at baseline, kg/m <sup>2</sup>									
<25	949	7.41 (2.03)	0.52	1,184	7.75 (1.88)	0.01	2,133	7.60 (1.95)	0.22
<25–<30	852	7.39 (1.86)		312	8.11 (1.78)		1,164	7.58 (1.87)	
>30	130	7.21 (1.92)		104	7.58 (1.71)		234	7.37 (1.84)	

Abbreviations: PNNS-GS, Programme National Nutrition Santé-Guideline Score; SD, standard deviation; SU.VI.MAX, SUplémentation en Vitamines et Minéraux AntioXydants.

<sup>a</sup> Based on chi-squared test.

follow-up of 18 months. The authors reported that adherence to HEIs, whatever the version used, was inversely related to mean follow-up BMI and mean follow-up waist circumference. Our findings for anthropometric changes over a period of several years were similar.

In the Multi-Ethnic Study of Atherosclerosis, analyses were performed by using hierarchic multinomial logistic regression, which simultaneously estimated the probabilities of becoming overweight and obese compared with maintaining normal weight. Despite using different methods, we similarly observed statistically significant predictive values of PNNS-GS for overweight and obesity development after adjustment for various confounders.

In addition, HEI-05 showed a relation with changes in BMI and development of obesity that was stronger than with HEI-90. For HEI-90, the number of adequate portions of the different food groups was determined by age and gender. For HEI-05, an additional factor was defined—physical activity. Their different prognostic values emphasize the need to take into account overconsumption in score development (4), as in the PNNS-GS. Indeed, compliance with nutritional recommendations is easier for subjects with high total consumption, but energy intake may be a confounding factor in the relation between dietary quality and health. In addition, food necessary for meeting recommendations may be difficult to procure for individuals with low energy needs.

Moreover, other studies have investigated the associations between overall diet, by using adherence to a Mediterranean diet (22–24), factor analysis (25–28), and/or cluster analysis (29), and anthropometric changes over time or obesity development. Some similarities exist between the nutritional guideline score and the Mediterranean score, but associa-

tions between Mediterranean diet adherence and weight changes were not consistently significant (22–24). For instance, in the Seguimiento Universidad de Navarra (SUN) cohort, better adherence to a Mediterranean diet was associated with lower weight gain after a 28-month follow-up period, but this result did not remain significant in multivariate analysis. This discrepancy compared with our findings may be due to shorter follow-up in the analysis of the SUN cohort. In contrast, another Spanish study of adults showed that the probability of becoming obese for overweight participants was lower for subjects who strictly complied with a Mediterranean diet (22), as we found when considering adherence to French nutritional guidelines.

In an American prospective study of adults aged 30–80 years, a healthy dietary pattern (characterized by high consumption of reduced-fat dairy products, fruits, fiber, fruit juice, nonwhite bread, nuts and seeds, whole grains, and beans and legumes) was related to a lower annual gain in BMI (compared with the “meat and potatoes” pattern) and waist circumference (compared with the “white bread” pattern and the “meat and potatoes” pattern) (29). Despite differing analytic approaches to dietary data as well as age range, those findings were generally comparable to ours.

When considering gender-stratified analyses, we did not observe a significant relation between PNNS-GS and adiposity markers among men. Several factors may explain this discrepancy between men and women. One hypothesis is that men in our population were too old (mean age, 52 years) to enable us to observe an association between PNNS-GS and waist circumference. Moreover, the average baseline age of women in our population was close to that of menopause. Physiologic changes, namely, a waist circumference increase

**Table 3.** Linear Regression Analysis of the Association Between Baseline PNNS-GS and Anthropometric Changes Expressed as a Percentage of the Baseline Value,<sup>a</sup> SU.VI.MAX Study, France, 1994–2002

	$\beta^b$			<i>R</i> -square
	Estimate	95% CI	<i>P</i> Value	
% Of weight change				
Model 1 <sup>c</sup>	-0.17	-0.27, -0.06	0.001	0.02
Model 2 <sup>d</sup>	-0.15	-0.26, -0.05	0.004	0.03
% Of waist change				
Model 1 <sup>c</sup>	-0.15	-0.29, 0.00	0.05	0.02
Model 2 <sup>d</sup>	-0.19	-0.34, -0.04	0.01	0.06
% Of waist-to-hip-ratio change				
Model 1 <sup>c</sup>	-0.05	-0.20, 0.10	0.50	0.05
Model 2 <sup>d</sup>	-0.16	-0.30, -0.03	0.02	0.25
% Of body mass index change				
Model 1 <sup>c</sup>	-0.18	-0.29, -0.08	0.001	0.01
Model 2 <sup>d</sup>	-0.17	-0.28, -0.07	0.002	0.02

Abbreviations: CI, confidence interval; PNNS-GS, Programme National Nutrition Santé-Guideline Score; SU.VI.MAX, SUplémentation en Vitamines et Minéraux Antioxydants.

<sup>a</sup> Values are regression coefficients  $\beta$ , 95% CI, *P* value for a 1-point increase in PNNS-GS, and *R*-square of the model.

<sup>b</sup> A negative  $\beta$  indicates that the increase (expressed as a percentage of the initial anthropometric marker) was less by  $\beta\%$  for a 1-point higher PNNS-GS; a positive  $\beta$  means that the increase was more by  $\beta\%$  for a 1-point higher PNNS-GS.

<sup>c</sup> Model 1: adjusted for sex, age, and energy intake.

<sup>d</sup> Model 2: adjusted for sex, age, energy intake, tobacco status, education, supplementation group, height, and baseline anthropometric values.

related to menopause, enabled detecting an association with PNNS-GS in our population. Finally, we cannot exclude the possibility that the absence of a significant association between PNNS-GS and adiposity markers in men was due to a lack of statistical power.

The prevalence of obesity was similar among men and women in our population. In contrast, the prevalence of overweight was higher among men than among women. Such differences have been previously reported in other studies conducted in France (30, 31) and in other countries (32, 33).

To better elucidate the clinical meaning of our results, we provide the following example. If we assume that energy intake penalty, confounders, and other PNNS-GS components are equal, brisk walking for 30 minutes a day instead of 20 minutes a day and stopping alcohol consumption instead of drinking 3 glasses a day correspond to a 2-point increase in PNNS-GS. This tiny increase in PNNS-GS means that, for a woman of 60 kg, weight increase over a 6-year follow-up period would be lowered by a mean of 0.30%, corresponding to 0.18 kg. This difference is not negligible; the mean weight increase is 2 kg among SU.VI.MAX women.

*Am J Epidemiol* 2009;170:757–765

**Table 4.** Odds Ratios for PNNS-GS as Predictor of 6-Year Development of Overweight (Including Obesity) and Obesity, SU.VI.MAX Study, France, 1994–2002

	OR	95% CI	<i>P</i> Value
Becoming overweight			
Model 1 <sup>a</sup>	0.93	0.88, 0.99	0.02
Model 2 <sup>b</sup>	0.93	0.88, 0.99	0.03
Becoming obese			
Model 1 <sup>a</sup>	0.88	0.79, 0.97	0.01
Model 2 <sup>b</sup>	0.89	0.80, 0.99	0.03

Abbreviations: CI, confidence interval; OR, odds ratio; PNNS-GS, Programme National Nutrition Santé-Guideline Score; SU.VI.MAX, SUplémentation en Vitamines et Minéraux Antioxydants.

<sup>a</sup> Adjusted for sex, age, and energy intake.

<sup>b</sup> Adjusted for sex, age, energy intake, tobacco status, education, supplementation group, and baseline anthropometric values.

Caution is advised when assessing the external validity of our results. Homogeneity of our population is one possible limitation because these analyses were drawn from a selected population. To limit exclusion due to missing data on physical activity, we used a baseline self-administered questionnaire when Modifiable Activity Questionnaire data were missing and regression imputation for the others. Subjects having complete data for PNNS-GS computation, and clinical data at the first and last clinical examinations, may have been particularly compliant and health conscious, as shown by the comparison of subjects with and without longitudinal anthropometric data. Despite potential overselection in our sample, significant associations were detected. An illustration of our bias selection is that the prevalence of obesity (6.5%) was much lower than the prevalence reported in the mid-1990s in the ObEpi survey (11%) (31), especially since our data were measured, whereas ObEpi weight and height data were self-reported.

Nonetheless, in this cohort, we previously observed a wide diversity of dietary behaviors, and the PNNS-GS displays substantial variability (12). We reported that PNNS-GS was related to healthier nutritional status in cross-sectional analysis, suggesting a satisfactory evaluation of overall dietary quality (12).

An a priori method enables focusing on overall diet and thus avoiding limitations of the standard approach to associations between diet and health. Nevertheless, predefined dietary scores also showed some limitations, as recently reviewed (3, 4). Indeed, a priori indexes implied numerous arbitrary choices, such as selection of components or items, cutoff values, and their scoring system. To be consistent with assessment of adherence to PNNS guidelines, PNNS-GS was constructed to account for all French nutritional recommendations. In addition, PNNS-GS also accounts for excess energy intake, a common limitation in other nutritional scoring systems, since higher scores are, in many cases, due to overconsumption rather than to a better diet. This distinction is particularly important when analyzing determinants of weight gain (4).

The dietary description was relatively accurate in our study because individual dietary intakes were assessed by

using repeated 24-hour records instead of a single record (34). A validated manual containing photographs and a guide for coding foods were provided to facilitate estimation of portion size (15). Two models were presented because use of confounders substantially modified associations. Nevertheless, we cannot exclude involvement of other potential factors not considered in the present analyses; monitoring of anthropometric changes over follow-up was not one of the primary objectives of this cohort.

In conclusion, better adherence to French nutritional guidelines was associated with a lower increase in body size and adiposity, and with less probability of becoming overweight or obese after a 6-year follow-up period among middle-aged adults. Although PNNS guidelines were primarily developed to prevent chronic diseases, it is noteworthy that adherence to such recommendations may protect against weight gain during adulthood. Moreover, weight gain might in itself mediate the relation between diet and chronic diseases. This observation confirms the importance of public health nutritional programs such as the PNNS in preventing weight increase with aging.

#### ACKNOWLEDGMENTS

Author affiliations: INSERM U557, INRA U1125, CNAM, Paris 13 University, Human Nutrition Research Center, Bobigny, France (Emmanuelle Kesse-Guyot, Carla Estaquio, Pilar Galan, Serge Hercberg); Nutritional Epidemiology and Surveillance Unit, National Institute for Health Surveillance, Paris 13 University, Human Nutrition Research Center, Bobigny, France (Katia Castetbon); and Department of Public Health, Avicenne Hospital, Bobigny, France (Sébastien Czernichow, Serge Hercberg).

This work was supported by a grant from the Research National Agency (ANR) (ANR-05-PNRA-010).

The authors thank all the scientists who helped to carry out the SU.VI.MAX study and the teams that assisted in fieldwork.

Conflict of interest: none declared.

#### REFERENCES

- American Institute for Cancer Research/World Cancer Research Fund. *Food, Nutrition, Physical Activity, and the Prevention of Cancer: A Global Perspective*. Washington, DC: American Institute for Cancer Research; 2007.
- Kumanyika SK, Obarzanek E, Stettler N, et al. Population-based prevention of obesity: the need for comprehensive promotion of healthful eating, physical activity, and energy balance: a scientific statement from American Heart Association Council on Epidemiology and Prevention, Interdisciplinary Committee for Prevention (formerly the Expert Panel on Population and Prevention Science). *Circulation*. 2008; 118(4):428–464.
- Moeller SM, Reedy J, Millen AE, et al. Dietary patterns: challenges and opportunities in dietary patterns research. An Experimental Biology workshop, April 1, 2006. *J Am Diet Assoc*. 2007;107(7):1233–1239.
- Waijers PM, Feskens EJ, Ocké MC. A critical review of predefined diet quality scores. *Br J Nutr*. 2007;97(2):219–231.
- Togo P, Osler M, Sørensen TI, et al. Food intake patterns and body mass index in observational studies. *Int J Obes Relat Metab Disord*. 2001;25(12):1741–1751.
- Schröder H, Marrugat J, Vila J, et al. Adherence to the traditional Mediterranean diet is inversely associated with body mass index and obesity in a Spanish population. *J Nutr*. 2004; 134(12):3355–3361.
- Kant AK, Graubard BI. A comparison of three dietary pattern indexes for predicting biomarkers of diet and disease. *J Am Coll Nutr*. 2005;24(4):294–303.
- Fogli-Cawley JJ, Dwyer JT, Saltzman E, et al. The 2005 Dietary Guidelines for Americans Adherence Index: development and application. *J Nutr*. 2006;136(11):2908–2915.
- Panagiotakos DB, Chrysohoou C, Pitsavos C, et al. Association between the prevalence of obesity and adherence to the Mediterranean diet: the ATTICA study. *Nutrition*. 2006;22(5): 449–456.
- Gao SK, Beresford SA, Frank LL, et al. Modifications to the Healthy Eating Index and its ability to predict obesity: the Multi-Ethnic Study of Atherosclerosis. *Am J Clin Nutr*. 2008; 88(1):64–69.
- Hercberg S, Chat-Yung S, Chauillac M. The French National Nutrition and Health Program: 2001–2006–2010. *Int J Public Health*. 2008;53(2):68–77.
- Estaquio C, Kesse-Guyot E, Deschamps V, et al. Adherence to the French Programme National Nutrition Santé Guideline Score is associated with better nutrient intake and nutritional status. *J Am Diet Assoc*. 2009;109(6):1031–1041.
- Hercberg S, Galan P, Preziosi P, et al. Background and rationale behind the SU.VI.MAX Study, a prevention trial using nutritional doses of a combination of antioxidant vitamins and minerals to reduce cardiovascular diseases and cancers. SU-plementation en Vitamines et Minéraux AntioXydants Study. *Int J Vitam Nutr Res*. 1998;68(1):3–20.
- Hercberg S, Galan P, Preziosi P, et al. The SU.VI.MAX Study: a randomized, placebo-controlled trial of the health effects of antioxidant vitamins and minerals. *Arch Intern Med*. 2004; 164(21):2335–2342.
- Le Moulllec N, Deheeger M, Preziosi P, et al. Validation of the photo manual used for the collection of dietary data in the SU.VI.MAX study [in French]. *Cahier de Nutrition et de Diététique*. 1996;31:158–164.
- Hercberg S (coordinator). *SU.VI.MAX Food Composition Table* [in French]. Paris, France: Les éditions INSERM/Economica; 2005:182.
- Lasfargues G, Vol S, Le Clésiau H, et al. Validity of a short self-administered dietary questionnaire compared with a dietetic interview [in French]. *Presse Med*. 1990;19(20): 953–957.
- Vuillemin A, Oppert JM, Guillemin F, et al. Self-administered questionnaire compared with interview to assess past-year physical activity. *Med Sci Sports Exerc*. 2000;32(6):1119–1124.
- Ainsworth BE, Haskell WL, Leon AS, et al. Compendium of physical activities: classification of energy costs of human physical activities. *Med Sci Sports Exerc*. 1993;25(1):71–80.
- Ainsworth BE, Haskell WL, Whitt MC, et al. Compendium of physical activities: an update of activity codes and MET intensities. *Med Sci Sports Exerc*. 2000;32(9 suppl):S498–S504.
- Schofield WN. Predicting basal metabolic rate, new standards and review of previous work. *Hum Nutr Clin Nutr*. 1985; 39(suppl 1):5–41.

22. Mendez MA, Popkin BM, Jakszyn P, et al. Adherence to a Mediterranean diet is associated with reduced 3-year incidence of obesity. *J Nutr*. 2006;136(11):2934–2938.
23. Sánchez-Villegas A, Bes-Rastrollo M, Martínez-González MA, et al. Adherence to a Mediterranean dietary pattern and weight gain in a follow-up study: the SUN cohort. *Int J Obes (Lond)*. 2006;30(2):350–358.
24. Yannakoulia M, Panagiotakos D, Pitsavos C, et al. Five-year incidence of obesity and its determinants: the ATTICA Study. *Public Health Nutr*. 2009;12(1):36–43.
25. Schulz M, Nöthlings U, Hoffmann K, et al. Identification of a food pattern characterized by high-fiber and low-fat food choices associated with low prospective weight change in the EPIC-Potsdam cohort. *J Nutr*. 2005;135(5):1183–1189.
26. Togo P, Osler M, Sørensen TI, et al. A longitudinal study of food intake patterns and obesity in adult Danish men and women. *Int J Obes Relat Metab Disord*. 2004;28(4):583–593.
27. Newby PK, Muller D, Hallfrisch J, et al. Food patterns measured by factor analysis and anthropometric changes in adults. *Am J Clin Nutr*. 2004;80(2):504–513.
28. Newby PK, Weismayer C, Akesson A, et al. Longitudinal changes in food patterns predict changes in weight and body mass index and the effects are greatest in obese women. *J Nutr*. 2006;136(10):2580–2587.
29. Newby PK, Muller D, Hallfrisch J, et al. Dietary patterns and changes in body mass index and waist circumference in adults. *Am J Clin Nutr*. 2003;77(6):1417–1425.
30. Castetbon K, Vernay M, Malon A. Dietary intake, physical activity and nutritional status in adults: the French nutrition and health survey (ENNS, 2006–2007). *Br J Nutr*. Advance Access: March 2, 2009. (DOI: 10.1017/S0007114509274745).
31. Charles MA, Eschwège E, Basdevant A. Monitoring the obesity epidemic in France: the ObEpi surveys 1997–2006. *Obesity (Silver Spring)*. 2008;16(9):2182–2186.
32. Ogden CL, Yanovski SZ, Carroll MD, et al. The epidemiology of obesity. *Gastroenterology*. 2007;132(6):2087–2102.
33. Branca F, Nikogosianet H, Lobstein T. *The Challenge of Obesity in the WHO European Region and the Strategies for Response*. Copenhagen, Denmark: WHO Europe; 2007.
34. Brussaard JH, Löwik MR, Steingrimsdóttir L, et al. A European food consumption survey method—conclusions and recommendations. *Eur J Clin Nutr*. 2002;56(suppl 2):S89–S94.

# Annexe 7 The French National Nutrition and Health program Score is associated with Nutritional Status and risk of major chronic diseases



## The French National Nutrition and Health Program Score Is Associated with Nutritional Status and Risk of Major Chronic Diseases<sup>1-3</sup>

Carla Estaquio,<sup>4\*</sup> Katia Casterbon,<sup>5</sup> Emmanuelle Kesse-Guyot,<sup>4</sup> Sandrine Bertrais,<sup>4</sup> Valérie Deschamps,<sup>4</sup> Luc Dauchet,<sup>4</sup> Sandrine Péneau,<sup>4</sup> Pilar Galan,<sup>6</sup> and Serge Hercberg<sup>4,6</sup>

<sup>4</sup>UMR U557 INSERM, U1125 INRA and Paris 13 University, CNAM, Centre de Recherche en Nutrition Humaine-Ide, 93017 Bobigny, France and <sup>5</sup>Unité de Surveillance et d'Epidémiologie Nutritionnelle, Institut de Veille Sanitaire, PARIS 13 University, CNAM, Centre de Recherche en Nutrition Humaine-Ide, 93017 Bobigny, France and <sup>6</sup>Département de Santé Publique, Hôpital Avicenne, 93017 Bobigny, France

### Abstract

Few studies have found that adherence to dietary guidelines reduces the incidence of chronic disease. In 2001, a National Nutrition and Health Program (Program National Nutrition Santé) was implemented in France and included 9 quantified priority nutritional goals involving fruit, vegetable, and nutrient intakes, nutritional status, and physical activity. We developed an index score that includes indicators of these public health objectives and examined the association between this score and the incidence of major chronic diseases in the Supplémentation en Vitamines et Minéraux Antioxydants cohort. Data from middle-aged adults free of major chronic diseases and who provided at least 3 24-h dietary records during the first 2 y of follow-up have been included in the present analysis ( $n = 4,976$ ). Major chronic disease, documented during the 8-y follow-up period ( $n = 455$ ), was defined as the combination of cardiovascular disease ( $n = 131$ ), cancer ( $n = 261$ ), or death ( $n = 63$ ), whichever came first. In fully adjusted Cox models, men in the top tertile score compared with those in the lowest one had a 36% lower risk of major chronic diseases (hazard ratio = 0.64, 95% CI: 0.44–0.96). No association was found in women. Healthy diet and lifestyle were associated with a lower risk of chronic diseases, particularly in men, thereby underlying relevance of the French nutritional recommendations. *J. Nutr.* 138: 946–953, 2008.

### Introduction

Poor nutritional status is one of the greatest risk factors in several chronic diseases, including cardiovascular disease (CVD),<sup>1</sup> certain cancers, obesity, diabetes, and osteoporosis (1–3). Epidemiological studies evaluating the relationship between diet and chronic disease often focus on a single group of foods or nutrients. It would be of a great benefit for public health to be able to pinpoint this relationship taking into account diet as a whole and

including other nutritional risk factors such as body mass, blood pressure (BP), and biochemical markers of nutritional status.

Recently, dietary patterns have been developed by using a priori methods (4–6). Greater adherence to healthy dietary patterns has been associated with lower mortality (7–9) and a lower incidence of CVD in various populations (10–13). Whereas most indexes are based on food groups (and some include nutrients), one published index score included both dietary (groups of foods and nutrients) and nondietary components (physical activity (PA) and BMI) (14) and found a significantly reduced risk of cancer in postmenopausal women.

In France in 2001, the French National Nutrition and Health Program [Program National Nutrition Santé (PNNS)] was implemented under the aegis of the Ministry of Health. Its general goal is to improve the health status in the general population by intervening at the level of one of its determinants, nutrition (15). Among the 9 nutritional goals targeted for the 2001–10 period, 5 are related to diet [fruits and vegetables (F&V), calcium and vitamin D, lipids, carbohydrate and fibres, and alcohol intake], 1 concerns PA in daily life, and 3 involve nutritional markers (serum cholesterol, BP, and BMI). Whereas some national surveys are being conducted to describe the nutritional situation according to PNNS indicators, this is also worth evaluating the possible benefit in prevention of chronic diseases.

<sup>1</sup> Supported by a grant from the Direction Générale de la Santé, Ministère de la Santé et des Solidarités, France. C. Estaquio was supported in part by the Fondation Louis Bonduelle, France.

<sup>2</sup> Author disclosures: C. Estaquio, K. Casterbon, E. Kesse-Guyot, S. Bertrais, V. Deschamps, L. Dauchet, S. Péneau, P. Galan, and S. Hercberg, no conflicts of interest.

<sup>3</sup> Supplemental Table 1 is available with the online posting of this paper at [jn.nutrition.org](http://jn.nutrition.org).

<sup>4</sup> Abbreviations used: Apo, apoprotein; BMR, basal metabolic rate; BP, blood pressure; CVD, cardiovascular disease; EI, energy intake; F&V, fruit and vegetable; FSIPO, French score of indicators of the PNNS objectives; HEI, Healthy Eating Index; HR, hazard ratio; ICD-10-CM, International Classification of Diseases, 10th Revision, Clinical Modification; PA, physical activity; PNNS, Programme National Nutrition Santé; RDA, recommended dietary allowance; SBP, systolic blood pressure; SU.VI.MAX, Supplémentation en Vitamines et Minéraux Antioxydants.

\* To whom correspondence should be addressed. E-mail: [c.estaquio@univ.smbh.univ-paris13.fr](mailto:c.estaquio@univ.smbh.univ-paris13.fr).



We have developed an index score that includes all indicators used to define PNNS objectives. The aim of our study was to examine the relationship between this score and the incidence of major chronic diseases in a cohort of French adults.

## Materials and Methods

### Study population

The design, methods, and rationale of the Supplémentation en Vitamines et Minéraux Antioxydants (SU.VI.MAX) study have been described elsewhere (16). Briefly, the SU.VI.MAX study was initially designed as a randomized, double-blind, placebo-controlled, primary prevention trial to test the efficacy of daily supplementation with antioxidant vitamins and minerals at nutritional doses (120 mg of ascorbic acid, 30 mg of vitamin E ( $\alpha$ -tocopherol), 6 mg of  $\beta$ -carotene, 100  $\mu$ g of selenium, and 20 mg of zinc) in reducing the incidence of ischemic heart diseases and cancer. Women were 35–60 y of age and men were 45–60 y of age at enrollment. The lower age in women was based on the incidence of breast and uterine cancers and ischemic CVD (16). The SU.VI.MAX study was approved by the Ethical Committee for Studies with Human Subjects at Paris-Cochin Hospital and the Commission Nationale Informatique et Liberté. Throughout the study, respondents completed dietary records and health and demographic questionnaires, provided blood samples, and underwent physical examinations.

Subjects who completed at least 3 24-h dietary records during the first 24 mo of follow-up, were free of cancer or ischemic CVD during that period, and had no missing covariables were included in the present analyses.

### Data collection

Information on gender, age, smoking habits, education level, occupation, and marital status was collected by a self-administered questionnaire at enrollment. Each subject underwent a yearly visit involving either biochemical sampling (at y 0, 2, 5, and 7) or clinical examination (at y 1, 3, and 7).

### Dietary assessment

Subjects were asked to provide 24-h dietary records every 2 mo for a total of 6 records per year, each day of the week and all seasons were represented (16). Participants used a validated reference manual for coding food portions (17). Nutrient intakes, including vitamins, minerals, and alcohol, were estimated using food composition tables validated for the usual French foods (18).

### Assessment of PA

PA was assessed using the French self-administered version of the Modifiable Activity Questionnaire (19). Briefly, information was collected about the type, frequency, and duration of activity performed. Using published compendiums (20,21), metabolic equivalent tasks were assigned to each leisure activity reported and summary scores were computed, including the mean metabolic equivalent task-hours per week of PA.

### Blood sampling

At baseline, a 35-mL venous blood sample was obtained from participants who had been fasting for 12 h. Some nutritional biomarkers were measured (22).

### Clinical examination

Height, weight, and BP were measured at each clinical examination. Weight was measured using an electronic scale with subjects wearing indoor clothing and no shoes. Height was measured under the same conditions to the nearest 0.5 cm using a wall-mounted stadiometer. BMI was calculated as weight (kg) divided by height-squared ( $m^2$ ). BP was measured using a standardized procedure with a mercury sphygmomanometer. It was taken once from each arm in subjects who had been lying down for 10 min. The mean of these 2 measurements was used for analyses. If systolic BP (SBP) was  $\geq 160$  mm Hg or diastolic BP  $\geq 110$

mm Hg, BP was remeasured after another rest period of 10 min and the lowest value was retained.

### Follow-up of major chronic diseases

Participants were asked to complete a monthly questionnaire summarizing treatment compliance and health events. Information about health outcomes was obtained from subjects' reports and from data collected at yearly visits. If there was no contact with a participant for a long period or if a participant did not attend the yearly scheduled visit, an investigation was launched to determine the reasons. Once an adverse event was suspected, all relevant records, including results of diagnostic tests and procedures (imaging, biopsy, etc.) were collected from physicians and hospitals involved or directly from participants. Each event was reviewed by expert committees who did not know the supplementation assignment. Cancers were validated by histologic reports; ischemic CVD were confirmed by radiologic reports or by meeting a combination of clinical, biological, and electrocardiographic criteria when appropriate. Causes of death were confirmed by information from relatives or physicians. Vital status of all subjects and causes of death were verified with the national death registry.

### Construction of the French score of indicators of PNNS objectives

**Indicator definition.** Construction of the French score of indicators of the PNNS objectives (FSIPO) was primarily based on indicators used to define the 9 priority PNNS public health objectives (Supplemental Table 1). A "healthy" threshold was identified for each indicator using the statement of the objective itself or an external reference like the French national recommended dietary allowances (RDA) (23) or distribution observed within the SU.VI.MAX study. For instance, the indicator concerning the F&V group was defined according to the PNNS definition of "low consumers" i.e.  $<3.5$  servings per day (24). The indicator was therefore the intake of F&V around this threshold. The next step was to identify foods included in the F&V group. According to detailed information provided in PNNS dietary guidelines, this group includes all fruits (excluding dried fruits), vegetables (excluding potatoes and legumes), 100% juices, and mixed foods containing F&V. French recipes validated by dietitians were used to assess amounts consumed from mixed foods. The number of servings was defined as total weight of F&V (g/d) divided by a standard serving size, i.e. 80 g. Thresholds for indicators of calcium, fibers, and simple carbohydrates were defined according to the French RDA (23). Thresholds for BP and cholesterol components were defined by means observed in the SU.VI.MAX study. The intake of simple sugars was assessed by the contribution of total simple sugars to total energy intake (EI, excluding alcohol) with respect to the French RDA (23). The same approach was used for assessing consumption of complex carbohydrates. Because only a subsample of subjects had available vitamin D status measurements, it was not included in the component corresponding to the calcium and vitamin D objective.

**Index scoring.** Scoring decisions were made a priori and based on the national program objectives (Supplemental Table 1) or epidemiological or clinical evidence (1–3) that had been evaluated by a task group, which included nutrition researchers, epidemiologists, statisticians, and dietitians.

The general approach (Table 1) consisted of attributing 1 point (maximum score) to subjects who reached the PNNS indicator threshold, with the exception of PA, for which an additional one-half point was given to subjects who exceeded current guidelines. For each component, intermediate points (0.5 points) were attributed to those who did not entirely attain the threshold but whose nutritional status was considered "fair." The rest of the subjects did not receive any point. PNNS priority objectives are not ranked according to their public health importance. The task group chose to apply a weighing scheme to capture specific dietary patterns and nutritional status indicators that have been consistently associated with lower risks of chronic disease (Table 1). A priori weightings and internal weightings were chosen on this basis.

**TABLE 1** Public health objectives, points, thresholds, and weightings for the FSIPO

Priority nutritional objectives	Component	Points	Thresholds	Internal weightings	Weightings
Reduce by at least 25% the percentage of low consumers of fruit and vegetables <sup>1</sup>	1	0	<2 fruits or vegetables/d		3
		0.5	Between 2 and 3.5 fruits or vegetables/d		
		1	≥3.5 fruits or vegetables/d		
Increase calcium intake: reduce by 25% the population whose calcium intakes fall below the recommended nutritional level	2	0	Calcium intakes < two-thirds of RDA		1
		0.5	Calcium intakes between two-thirds of RDA and RDA		
		1	Calcium intakes ≥ RDA <sup>2</sup>		
Reduce the average contribution of total fat intakes to <35% of total daily EI; reduce by one-quarter the average saturated fat intakes (<35% of total fat intakes)	3	0	Total fat intake ≥40% of total daily EI (excluding alcohol)	One-third	2
		0.5	Total fat intake between 35 and 40% of total daily EI (excluding alcohol)		
	4	0	Saturated fat intake ≥45% of total fat intake	Two-thirds	
		0.5	Saturated fat intake between 35 and 45% of total fat intake		
		1	Total fat intake ≤35% of total daily EI (excluding alcohol)		
		1	Saturated fat intake ≤35% of total fat intake		
Increase carbohydrate consumption to >50% of daily EI by increasing complex carbohydrate intake, reducing simple sugar intakes, and increasing fiber intake by 50%	5	0	Carbohydrate consumption <40% of total daily EI (excluding alcohol)	One-fourth	2
		0.5	Carbohydrate consumption between 40 and 50% of total daily EI (excluding alcohol)		
	6	0	Carbohydrate consumption ≤50% of total daily EI (excluding alcohol)	One-fourth	
		0.5	For complex carbohydrates: <25% (contribution of complex carbohydrate to total EI excluding alcohol)		
	7	0	For simple sugars: >20% (contribution of simple sugars to total EI excluding alcohol)	One-fourth	
		0.5	15–20%		
		1	≤15%		
	8	0	For fiber: <20 g/d	One-fourth	
		0.5	20–30 g/d		
		1	≥30 g/d <sup>3</sup>		
Reduce alcohol intake among drinkers to ≤20 g/d	9	0	≥30 g/d		1
		0.5	20–30 g/d		
		1	≤20 g/d		
Reduce mean blood cholesterol levels in the adult population by 5%	10	0	≥5.65 mmol/L		1.5
		0.5	Between 5.7 and 5.65 mmol/L (serum cholesterol between 2.5 and 5% below the mean observed)		
		1	≤5.7 mmol/L (serum cholesterol lower than the mean observed in the SU.VI.MAX study <sup>4</sup> )		
Reduce SBP in adults by 10 mm Hg	11	0	SBP ≥119 mm Hg		1.5
		0.5	SBP between 114 and 119 mm Hg (SBP between 5 and 10 mm Hg lower below the mean observed)		
		1	SBP ≤114 mm Hg (SBP 10 mm Hg lower than the mean observed in the SU.VI.MAX study <sup>5</sup> )		
Reduce the prevalence of overweight and obesity (BMI > 25 kg/m <sup>2</sup> ) in adults by 20%	12	0	BMI ≥30 kg/m <sup>2</sup>		3
		0.5	BMI 25–30 kg/m <sup>2</sup>		
		1	BMI ≤25 kg/m <sup>2</sup>		
Increase daily PA by an increase of 25% in the number of people doing the equivalent of at least one-half hour of fast walking per day (such as climbing stairs or doing shopping/errands on foot)	13	0	<15 min		2
		0.5	15–30 min		
		1	At least 30 min		
		1.5	>1 h		

<sup>1</sup> A low consumer is defined by the consumption of <3.5 servings of fruits and vegetables/d (24).

<sup>2</sup> The RDA for calcium was 900 mg for adults and increased to 1200 mg for women aged ≥55 y (23).

<sup>3</sup> The RDA for fiber was at least 30 g/d (23).

<sup>4</sup> Mean serum cholesterol in the SU.VI.MAX study was 5 mmol/L.

<sup>5</sup> Mean systolic blood pressure in the SU.VI.MAX study was 124 mmHg.



**Point deductions regarding EI.** Points were deducted for individuals with an EI greater than their estimated needs according to basal metabolic rate (BMR) and PA levels. Schofield's equations (25) were used to estimate each individual's BMR. PA data were used to classify subjects into 3 categories: sedentary, moderate, and vigorous. Next, PA level values for each category were used (26). Individual energy expenditures (BMR  $\times$  PA level) were then compared with EI reported in the 24-h dietary records. If reported EI were  $>5\%$  of the calculated energy needs, the total score was reduced by the same proportion. For example, if a volunteer reported EI 15% higher than his or her actual energy expenditure, the total score was reduced by 15%.

In total, the FSIPQ consisted of 13 components based on indicators of the 9 priority objectives described in the PNNS. The overall FSIPQ ranged from 0 to 17.5 points; higher scores reflected dietary patterns that approached indicators used for defining national objectives.

#### Statistical analyses

Statistical analyses were performed by gender to account for the study design. The mean of all 24-h dietary records assessed during the recording period was used in the analyses. Some serum or plasma nutrient concentrations were log-transformed to improve normality. We used ANOVA to investigate the relationship between the FSIPQ tertile distribution and demographic and socioeconomic status. Multivariate linear regression models controlled for age (continuous) and total EI (continuous) were used to examine associations of nutrient intake or biomarkers to the FSIPQ and included a linear contrast to test for trend. We analyzed relationships between the FSIPQ and major chronic disease events by survival analyses. Follow-up time was the time between the end of the first 2 y of follow-up (1996–97) and the first CVD or cancer event, death, last contact, or the day the subject completed a total of 10 y of follow-up (2004–05). Initially, the design of the study defined primary outcomes as major fatal and nonfatal ischemic CVD [International Classification of Diseases, 10th Revision, Clinical Modification (ICD-10-CM) codes I20–I25, I63, I65, I66, I70, I71, I74] and cancer of any kind [ICD-10-CM codes C00–C97, D00–D09, D37–D48], except for basal cell carcinoma of the skin (ICD-10-CM codes C44 and M809–M811) (27). A secondary outcome was all-cause mortality. In our study, the primary endpoint was a major chronic disease event defined as combination of CVD, cancer, or death, whichever came first. Hazard ratios (HR) and their 95% CI were estimated using Cox proportional hazards models (28). All Cox models were adjusted for age (continuous). Models were controlled for smoking status (never, former, current), education level (primary school, secondary school, high school or equivalent), and total EI (continuous). In women, menopausal status (yes/no) and number of children (0, 1–2,  $\geq 3$ ) were also included. All Cox models included a linear contrast to test for trend. The multivariate-adjusted model also included daily supplementation (placebo, intervention group) to account for the study design. We verified that independent variables used in multivariate models were not colinear. Graphic methods and time-extended Cox models were used to check the proportional hazards assumption for this study. This assumption did not appear to be violated. Values in the text are means  $\pm$  SD unless otherwise indicated. Differences were considered significant at  $P < 0.05$ . All analyses were performed using SAS software (SAS Institute, version 8.2).

#### Results

The present analyses included 4,976 subjects (2,095 men and 2,881 women) among 12,741 subjects participating in the SU.VI.MAX study (Fig. 1). During the 8-y follow-up period, 455 major chronic disease endpoints were documented. They included 261 cancers (106 in men and 155 in women), 131 CVD events (103 in men and 28 in women), and 63 deaths (33 in men and 30 in women). At baseline, men were  $52.0 \pm 4.7$  y old and women were  $47.3 \pm 6.6$  y old. Men's score was  $8.9 \pm 2.3$  (range: 1.4–15.4) and that of women was  $9.2 \pm 2.2$  (range: 0.9–15.3). The FSIPQ was normally distributed for each gender.

The FSIPQ was significantly associated with age, occupational category, and smoking habits in men (Table 2). Among

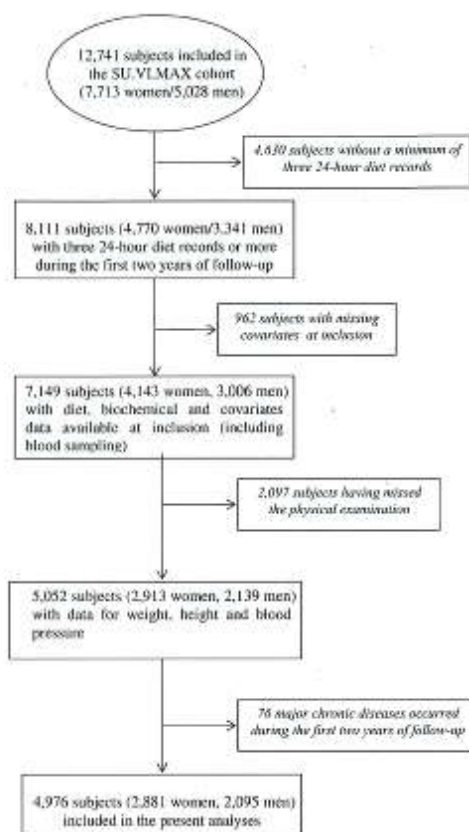


FIGURE 1 Flow of subjects included in the FSIPQ analyses.

men, those older than 55 had higher scores compared with other age groups. The mean score increased among occupational categories from farmers, self-employed to retired and unemployed men (Table 2). Men who never smoked had a higher score compared with former smokers and current smokers. Women with a higher score were more likely not to smoke and to have a higher education level (Table 2). In addition, women with a higher score were younger and more likely to hold a management or professional job (Table 2).

Age- and energy-adjusted mean nutrient intake increased with higher FSIPQ tertile in men and women (Table 3). This was especially apparent in both genders for macronutrients and vitamins (except for vitamin D) as well as minerals, with the exception of iron in men and sodium in women. The relationship between FSIPQ tertiles and most nutritional biomarkers was also significant (Table 3), excluding apolipoprotein (Apo)-A lipoprotein in men and women, serum zinc and retinol in men, and serum selenium in women.

After adjusting for age (Table 4), the FSIPQ was inversely associated with the risk of major chronic disease in men. In multivariate-adjusted models, men in the top FSIPQ tertile compared with those in the lowest tertile had a 36% lower risk

**TABLE 2** FSIPO by social and demographic characteristics<sup>1,2</sup>

Characteristics	n	Men FSIPO	P	n	Women FSIPO	P
Age group, y						
35-39		—	0.009	416	9.8 ± 2.2	<0.0001
40-44		—		614	9.4 ± 2.3	
45-49	789	8.8 ± 2.3		818	9.3 ± 2.2	
50-54	635	8.7 ± 2.3		547	9.0 ± 2.2	
+ 55	671	9.1 ± 2.1		486	8.7 ± 2.2	
Marital status						
Living alone	200	8.8 ± 2.2	0.56	541	9.2 ± 2.3	0.98
Living with a partner	1995	8.9 ± 2.3		2340	9.2 ± 2.2	
Occupational categories						
Farmers, self-employed	165	8.5 ± 2.2	0.04	100	8.7 ± 2.4	0.002
Management, professional staff	1270	8.9 ± 2.3		1475	9.3 ± 2.2	
Service worker, manual labor	238	8.8 ± 2.3		92	9.0 ± 2.3	
Retired, unemployed	422	9.1 ± 2.2		724	9.2 ± 2.3	
Education level						
Primary school	512	8.7 ± 2.3	0.10	540	8.8 ± 2.3	<0.0001
Secondary school	740	8.8 ± 2.4		1179	9.1 ± 2.3	
University or equivalent	843	9.0 ± 2.2		1162	9.4 ± 2.2	
Smoking status						
Nonsmokers	749	9.2 ± 2.3	<0.0001	1570	9.2 ± 2.2	0.006
Former smokers	1092	8.8 ± 2.2		841	9.3 ± 2.2	
Smokers	254	8.0 ± 2.3		370	8.8 ± 2.2	

<sup>1</sup> Values are means ± SD.<sup>2</sup> Information on age, smoking habits, education level, occupation, and marital status was collected by a self-administered questionnaire at enrollment (1994-95).

of major chronic disease (Table 4). The test for trend *P*-value was at the limit of significance. No significant association was found in women (Table 4).

When the point deduction taking into account excessive EI was not applied, the correlation between this modified index and the original FSIPO was 0.93 ( $P < 0.0001$ ). However, the association with risk of chronic disease in men was no longer significant.

## Discussion

In this middle-aged cohort, nutritional status that corresponded to PNNS indicators was found to be associated with a 36% reduced risk of chronic disease or mortality after 8 y of follow-up in men. In contrast, this prognostic value of the FSIPO was not observed in women. Higher scores were found to be associated with better nutrient intakes and biomarkers in both sexes.

A significant protective association has been observed in most studies that analyzed the relationship between diet-based indexes and total cardiovascular and cancer mortality, regardless of whether they included nutrient intakes (8,9,29) or not (7). For example, Kant et al. (9) found that the Recommended Food Score was associated with a decreased risk of cancer mortality. However, the Recommended Food Score was heavily weighted by the F&V component, which contributed 15 of a total of 23 points. Nevertheless, this result supports the demonstrated protective role of F&V against certain cancers.

Only a few studies have examined the relationship between dietary guidelines and the incidence of chronic diseases. Two cohort studies investigated the association between the incidence of CVD and cancer (10,11) and the Healthy Eating Index (HEI) (30). HEI had a moderate inverse association with major chronic

diseases and with CVD in men after 8 y of follow-up (10). HEI and CVD were weakly associated in women who were followed over 12 y. No association with cancer incidence was found. Although the scores are not directly comparable due to their different components, our results follow the same trend.

Several hypotheses might explain the absence of an association between the FSIPO and major chronic disease events in women in our study. First, the most common female cancer occurring during the SU.VI.MAX follow-up was breast cancer. The relationship between diet and breast cancer remains inconclusive in the literature (31,32). However, associations between breast cancer in postmenopausal women and alcohol intake, weight gain in adulthood, and PA have recently been widely acknowledged (1-3). Small variations of these lifestyle factors were observed in our study except for PA; moreover, the low number of postmenopausal breast cancers and insufficient duration of follow-up could have led to insufficient statistical power. In our study, cases of cancer were 5.5 times as high as CVD occurrences in women, whereas in men, the number of cancer and CVD cases was similar. This probably had an incidence on differences in associations of the FSIPO with major chronic diseases.

In a study conducted among postmenopausal women (14) with nondietary components removed from the index, a nonsignificant effect on cancer incidence was observed. We did not find a significant effect on the incidence of major chronic diseases in men when the same approach was used (data not shown). The nutritional markers measured in our study might be viewed as intermediate factors in the relationship between diet and chronic disease occurrence. However, cholesterol level, BP, and body mass are probably insufficient to ensure protective effects. The combination of an adequate diet, nutritional markers, and PA may work synergistically to enhance chronic disease prevention.



**TABLE 3** Daily nutrient intakes and nutritional biomarkers by FSIP0 tertiles

	Men				Women			
	FSIP0 tertiles			P-trend	FSIP0 tertiles			P-trend
	<9	9-12	≥12		<9	9-12	≥12	
n	1080	819	396		1293	945	643	
Daily supplementation prevalence, %	50.4	52.2	53.0	0.80	49.3	50.4	50.7	0.80
Nutrient intake, <sup>1</sup> unit/d								
Folic acid, μg	325.0 ± 88.4	349.7 ± 89.9	370.3 ± 94.6	<0.0001	273.9 ± 99.3	291.8 ± 95.0	316.1 ± 88.4	<0.0001
β-Carotene, μg	3745.5 ± 2298.0	4383.5 ± 2711.5	4982.2 ± 2620.0	<0.0001	3420.3 ± 2172.7	4033.4 ± 2610.0	4577.9 ± 2522.8	<0.0001
Vitamin C, mg	90.6 ± 47.6	99.7 ± 44.6	113.7 ± 52.2	<0.0001	83.8 ± 43.8	96.1 ± 41.1	105.4 ± 40.1	<0.0001
Calcium, mg	1005.1 ± 351.7	1069.0 ± 328.4	1072.3 ± 304.2	<0.0001	867.0 ± 325.3	916.8 ± 292.4	977.3 ± 297.1	<0.0001
Cholesterol, mg	453.9 ± 148.2	440.1 ± 141.1	409.4 ± 129.4	<0.0001	370.0 ± 127.2	352.3 ± 113.2	338.9 ± 109.8	<0.0001
Vitamin D, μg	3.1 ± 2.1	3.2 ± 2.0	3.0 ± 2.1	0.34	2.50 ± 1.7	2.51 ± 1.7	2.57 ± 1.8	0.92
Iron, mg	15.1 ± 4.2	15.1 ± 4.1	15.0 ± 3.8	0.31	11.1 ± 3.4	11.8 ± 2.7	12.2 ± 2.8	0.0002
Potassium, mg	3335.2 ± 808.9	3431.5 ± 748.7	3515.0 ± 896.5	<0.0001	2851.9 ± 750.3	2770.2 ± 595.7	2910.7 ± 615.7	<0.0001
Magnesium, mg	307.5 ± 84.8	343.9 ± 82.7	351.6 ± 76.7	<0.0001	257.5 ± 76.2	265.9 ± 80.8	279.4 ± 63.9	<0.0001
Sodium, mg	4003.4 ± 1275.9	4079.1 ± 1270.6	4200.4 ± 1143.3	<0.0001	3038.9 ± 1109.2	3057.6 ± 920.0	3103.2 ± 900.5	0.09
Phosphorus, mg	1452.8 ± 386.1	1475.7 ± 329.4	1488.8 ± 307.2	0.003	1148.9 ± 333.3	1169.9 ± 272.9	1217.0 ± 274.3	<0.0001
Soluble fiber, g	3.9 ± 1.4	4.5 ± 1.4	4.9 ± 1.5	<0.0001	3.3 ± 1.3	3.6 ± 1.1	4.1 ± 1.1	<0.0001
Simple sugar, g	38.1 ± 38.4	106.6 ± 37.8	116.8 ± 36.1	<0.0001	83.8 ± 34.6	89.8 ± 29.6	95.3 ± 28.7	<0.0001
Fiber, g	19.7 ± 6.9	22.3 ± 7.1	25.2 ± 7.7	<0.0001	16.2 ± 6.5	17.7 ± 5.1	19.9 ± 5.5	<0.0001
Protein, <sup>2</sup> %EI	18.3	17.8	17.3	<0.0001	18.0	17.6	17.5	0.004
Vegetable protein, <sup>3</sup> %EI	4.7	4.9	5.3	<0.0001	4.5	4.7	5.0	<0.0001
Animal protein, <sup>3</sup> %EI	13.6	12.9	12.0	<0.0001	13.4	12.9	12.6	<0.0001
Carbohydrates, <sup>4</sup> %EI	40.5	42.8	45.9	<0.0001	40.7	42.2	43.5	<0.0001
Fats, <sup>5</sup> %EI	41.2	38.4	36.8	<0.0001	41.3	40.2	38.9	<0.0001
Energy, <sup>6</sup> kcal	2378.2 ± 599.9	2530.7 ± 570.8	2644.3 ± 569.5	<0.0001	1732.4 ± 450.0	1890.9 ± 443.6	1951.6 ± 465.1	<0.0001
Energy, <sup>6</sup> kcal	2439.1 ± 809.1	2400.1 ± 557.4	2599.9 ± 489.5	0.0001	1866.5 ± 541.3	1825.0 ± 388.8	1837.0 ± 379.6	0.18
Serum biomarkers <sup>7,8</sup>								
Triglycerides, <sup>9</sup> mmol/L	1.27 ± 0.02	1.00 ± 0.02	0.93 ± 0.03	<0.0001	0.80 ± 0.01	0.74 ± 0.01	0.72 ± 0.02	<0.0001
Blood glucose, <sup>10</sup> mmol/L	5.98 ± 0.004	5.91 ± 0.005	5.74 ± 0.007	<0.0001	5.57 ± 0.003	5.43 ± 0.004	5.39 ± 0.004	<0.0001
Apo-A1, <sup>11</sup> g/L	1.54 ± 0.2	1.55 ± 0.2	1.54 ± 0.2	0.99	1.72 ± 0.3	1.69 ± 0.3	1.71 ± 0.3	0.24
Apo-B, <sup>12</sup> g/L	1.25 ± 0.2	1.16 ± 0.3	1.06 ± 0.2	<0.0001	1.08 ± 0.2	1.00 ± 0.2	0.95 ± 0.2	<0.0001
Femitin, <sup>13</sup> μg/L	157.7 ± 0.04	127.2 ± 0.04	106.2 ± 0.05	<0.0001	37.6 ± 0.03	36.2 ± 0.03	32.1 ± 0.04	0.0007
Transferrin, <sup>14</sup> g/L	2.55 ± 0.5	2.46 ± 0.5	2.43 ± 0.4	0.0003	2.80 ± 0.5	2.54 ± 0.5	2.53 ± 0.5	0.006
Selenium, <sup>15</sup> μmol/L	1.14 ± 0.005	1.15 ± 0.007	1.11 ± 0.009	0.02	1.09 ± 0.005	1.09 ± 0.005	1.07 ± 0.007	0.10
Zinc, <sup>16</sup> μmol/L	13.5 ± 0.004	13.3 ± 0.006	13.4 ± 0.007	0.30	12.8 ± 0.005	12.7 ± 0.005	12.6 ± 0.006	0.04
Retinol, <sup>17</sup> μmol/L	2.41 ± 0.009	2.35 ± 0.01	2.34 ± 0.01	0.06	2.00 ± 0.009	1.93 ± 0.01	1.89 ± 0.01	<0.0001
Tocopherol, <sup>18</sup> μmol/L	32.5 ± 8.3	31.4 ± 7.4	30.2 ± 7.0	<0.0001	31.7 ± 7.6	30.5 ± 7.6	29.4 ± 7.1	<0.0001
β-Carotene, <sup>19</sup> μmol/L	0.35 ± 0.02	0.41 ± 0.03	0.48 ± 0.03	<0.0001	0.53 ± 0.02	0.59 ± 0.02	0.65 ± 0.03	<0.0001
Vitamin C, <sup>19</sup> μmol/L	45 ± 0.02	50.4 ± 0.02	51.6 ± 0.03	<0.0001	54.0 ± 0.01	60.0 ± 0.01	63.0 ± 0.02	<0.0001

<sup>1</sup> Values are means ± SD controlled for age and total EI (unless otherwise noted).<sup>2</sup> Values are means ± SD controlled for age (unless otherwise noted).<sup>3</sup> Excluding alcohol.<sup>4</sup> 1 kcal = 4.184 kJ.<sup>5</sup> Controlled for age without point deductions for excessive EI.<sup>6</sup> Controlled for age with point deductions for excessive EI.<sup>7</sup> Number of men with available data: 2085 men (n: 2056; (ii) 2088; (iii) 1459; (iv) 1460; (v) 2051; (vi) 1771; (vii) 1770; and (viii) 1738).<sup>8</sup> Number of women with available data: 2981 women (n: 2923; (ii) 2876; (iii) 2745; (iv) 2747; (v) 2604; (vi) 2818; (vii) 2458; (viii) 2459; and (ix) 2416).<sup>9</sup> Values are geometric means ± SEM.

The Dietary Guidelines for Americans Adherence Index (33) includes a penalty system as in our analyses. In France, the recommended number of servings per day is not adjusted for age, gender, or EI compared with the United States. However, excessive EI is of interest when analyzing diet quality (6,33). Our penalty approach had an impact on our results: mean EI were similar across tertiles when the deduction was applied in women, whereas this was not the case in men. However, the prognostic value of the FSIP0 was no longer significant in men when the penalty was not applied, although men with or without penalty were ranked in the same fashion.

The exclusion of a large number of subjects limited the external validity of our results (34). Moreover, our study included subjects recruited on a voluntary basis (16) who may have been more interested in health and nutrition than the typical study participant. The choices made a priori regarding the points attributed to each indicator can be discussed. Such categories may conceal the true variability in intake data and reduce the range of scores (6). The FSIP0 cut-off values (with 3 possible values) discriminate individuals according to their adherence to the guidelines (data not shown). Because PNNS guidelines were not disseminated at the time of the study, we

**TABLE 4** HR estimates of major chronic disease by FSIPD tertiles and gender<sup>1,2</sup>

	FSIPD Tertiles			P-trend
	1	2	3	
<b>Men</b>				
Major chronic disease, n	139	67	36	
Age-adjusted HR	1	0.76 (0.56–1.02)	0.62 (0.42–0.91)	0.02
Multivariate adjusted <sup>3</sup>	1	0.78 (0.57–1.05)	0.64 (0.44–0.96)	0.05
<b>Women</b>				
Major chronic disease, n	101	59	43	
Age-adjusted HR	1	0.92 (0.67–1.27)	0.91 (0.63–1.33)	0.94
Multivariate adjusted <sup>4</sup>	1	0.96 (0.70–1.31)	0.93 (0.64–1.36)	0.92

<sup>1</sup> Values are HR (95% CI).<sup>2</sup> Major chronic disease was defined as CVD, cancer, or death, whichever came first.<sup>3</sup> Adjusted for age (continuous), smoking status (never, former, current), education level (primary school, secondary school, high school or equivalent), total EI (continuous), and supplementation (placebo, intervention group).<sup>4</sup> Adjusted for age (continuous), smoking status (never, former, current), education level (primary school, secondary school, high school or equivalent), total EI (continuous), menopausal status (yes/no), number of children (0, 1–2, ≥3), and supplementation (placebo, intervention group).

used the FSIPD retrospectively in the SU.VI.MAX cohort. The FSIPD should now be applied to populations willing to comply with PNNS recommendations. Studies analyzing methods of diet description that fit with the score approaches should also be developed. The inaccurate estimation of portion sizes or underreporting of "unhealthy" food consumption are inherent with 24-h dietary records. We minimized these limitations by using at least 3 d of records.

Several strengths of our study should also be stressed. Higher FSIPD scores were related to both healthy lifestyle components (nonsmokers, normal BMI) and nutritional status (dietary and biochemical markers). The use of 3 24-h records during 2 y of follow-up enables a satisfactory dietary estimation, limits misclassification by decreasing intra-individual variation (35), and could be considered as more reliable and precise for assessing intakes compared with FFQ, which were used in previous studies (10,11,14). Diet was very stable over the study period in this cohort (data not shown) and these measures can be considered as representative of the usual diet. Finally, this score includes both dietary and biochemical markers measured using standardized procedures in a large population sample and many potentially confounding factors were included in the analyses.

The significant association between the FSIPD and nutrient intake and nutritional biomarkers could be taken as an intermediate validation of our approach. As expected, subjects with higher scores had better nutritional status, as assessed through biological markers. Although the associations were consistent in men and women, analyses were stratified on gender, because inclusion criterion related to age varied across gender in the SU.VI.MAX study. Moreover, gender-stratified analyses showed better diet and nutritional status in women than in men, resulting in a higher FSIPD score.

Age and healthy dietary habits were associated; older men had slightly better mean scores than middle-aged men. This result is consistent with the literature (30,33,36). For women, however, the younger women had better scores, which could be related to their higher education and occupation levels compared with seniors in the SU.VI.MAX study. Our analyses also confirm an association between smoking and less favorable diet, nutritional status, and PA summarized by lower scores (37).

952 Estaquio et al.

Cohort studies with a long follow-up are necessary to identify the relationship between diet and development of chronic diseases. In the future, CVD, cancer, and mortality will be analyzed as separate outcomes in the SU.VI.MAX cohort due to continuing follow-up. In middle-aged men, healthy diet and lifestyle were related to a reduction in major chronic disease incidence after an 8-y follow-up. These results demonstrate the potential for improving the health status of the French population, particularly that of men, when PNNS nutritional guidelines are followed by changes in habits. They also support the validity of pursuing public health nutrition programs such as the PNNS.

## Literature Cited

- World Cancer Research Fund/American Institute for Cancer Research. Food, nutrition, physical activity, and the prevention of cancer: a global perspective. Washington, DC: AICR; 2007.
- COMA Working Group on Diet and Cancer. Nutritional aspects of the development of cancer. UK Department of Health Report on Health and Social Subjects No. 48. Norwich: HMSO; 1998.
- WHO. Diet, Nutrition and the prevention of chronic diseases. Technical report series 916. Geneva: WHO; 2003.
- Kant AK. Indexes of overall diet quality: a review. *J Am Diet Assoc*. 1996;96:783–91.
- Kant AK. Dietary patterns and health outcomes. *J Am Diet Assoc*. 2004;104:615–15.
- Waijers PM, Feskens EJ, Ocke MC. A critical review of predefined diet quality scores. *Br J Nutr*. 2007;97:219–31.
- Trichopoulos A, Custacou T, Bamia C, Trichopoulos D. Adherence to a Mediterranean diet and survival in a Greek population. *N Engl J Med*. 2003;348:2599–608.
- Huifreys P, Feskens E, Rasanen L, Fidanza F, Nissinen A, Menotti A, Kromhout D. Dietary pattern and 20 year mortality in elderly men in Finland, Italy, and The Netherlands: longitudinal cohort study. *BMJ*. 1997;315:13–7.
- Kant AK, Schatzkin A, Graubard BI, Schaiter C. A prospective study of diet quality and mortality in women. *JAMA*. 2000;283:2109–13.
- McCallough ML, Feskanih D, Rimm EB, Giovannucci EL, Ascherio A, Variyam JN, Spiegelman D, Stampfer MJ, Willett WC. Adherence to the Dietary Guidelines for Americans and risk of major chronic disease in men. *Am J Clin Nutr*. 2000;72:1223–31.
- McCallough ML, Feskanih D, Stampfer MJ, Rosner BA, Hu FB, Hunter DJ, Variyam JN, Colditz GA, Willett WC. Adherence to the Dietary Guidelines for Americans and risk of major chronic disease in women. *Am J Clin Nutr*. 2000;72:1214–22.
- McCallough ML, Feskanih D, Stampfer MJ, Giovannucci EL, Rimm EB, Hu FB, Spiegelman D, Hunter DJ, Colditz GA, et al. Diet quality and major chronic disease risk in men and women: moving toward improved dietary guidance. *Am J Clin Nutr*. 2002;76:1261–71.
- McCallough ML, Willett WC. Evaluating adherence to recommended diets in adults: the Alternate Healthy Eating Index. *Public Health Nutr*. 2006;9:152–7.
- Harnack L, Nicosiomas K, Jacobs DR Jr, Folsom AR. An evaluation of the Dietary Guidelines for Americans in relation to cancer occurrence. *Am J Clin Nutr*. 2002;76:889–96.
- Hercberg S, Char-Young S, Chauliac M. The French National Nutrition and Health Program: 2001–2006–2010. *Int J Public Health*. In press 2008.
- Hercberg S, Preziosi P, Briancon S, Galan P, Triol I, Malvy D, Russel AM, Favier A. A primary prevention trial using nutritional doses of antioxidant vitamins and minerals in cardiovascular diseases and cancers in a general population: the SU.VI.MAX study: design, methods, and participant characteristics. *Supplementation en Vitamines et Minéraux Antioxydants. Control Clin Trials*. 1998;19:336–51.
- Le Moullec N, Deheeger M, Preziosi P, Montero P, Valeix P, Rolland-Cachera M-F, Potier de Courcy G, Christides J-P, Galan P, et al. Validation du manuel-photos utilisé pour l'enquête alimentaire de l'étude SU.VI.MAX. *Cah Nutr Diet*. 1996;31:158–64.
- Hercberg S, editor. Table de composition des aliments SU.VI.MAX. Paris: Economica; 2005.



19. Vuillemin A, Oppert JM, Guillemin F, Essermeant L, Fontvieille AM, Galan P, Kriska AM, Hercberg S. Self-administered questionnaire compared with interview to assess past-year physical activity. *Med Sci Sports Exerc.* 2000;32:1119-24.
20. Ainsworth BE, Haskell WL, Leon AS, Jacobs DR Jr, Montoye HJ, Sallis JF, Paffenbarger RS Jr. Compendium of physical activities: classification of energy costs of human physical activities. *Med Sci Sports Exerc.* 1993;25:71-80.
21. Ainsworth BE, Haskell WL, White MC, Irwin ML, Swartz AM, Strath SJ, O'Brien WL, Bassett DR Jr, Smitz KH, et al. Compendium of physical activities: an update of activity codes and MET intensities. *Med Sci Sports Exerc.* 2000;32:498-504.
22. Galan P, Favier A, Preziosi P, Bertrais S, Arnaud N, Hercberg S. The bank of biological material in the SU.VI.MAX study. *Rev Epidemiol Sante Publique.* 2003;51:147-50.
23. Martin A, editor. *Apports nutritionnels conseillés pour la population française.* Tec et Doc. Paris, France; 2001.
24. Beer-Borst S, Hercberg S, Morabia A, Bernstein MS, Galan P, Galasso R, Giampaoli S, McCrum E, Panico S, et al. Dietary patterns in six European populations: results from EURALIM, a collaborative European data harmonization and information campaign. *Eur J Clin Nutr.* 2000;54:253-62.
25. Schofield WN. Predicting basal metabolic rate, new standards and review of previous work. *Hum Nutr Clin Nutr.* 1985;39 Suppl 1:5-41.
26. Report of a Joint FAO/WHO/UNU Expert Consultation. Energy and protein requirements. Technical report series 724. Geneva: WHO; 1985.
27. WHO. International classification of diseases, 10th revision clinical modification. Geneva: WHO; 2003.
28. Cox DR. Regression models and life tables (with discussion). *R Stat Soc B.* 1972;187-220.
29. Seymour JD, Calle EE, Flagg EW, Coates RJ, Furd ES, Thun MJ. Diet Quality Index as a predictor of short-term mortality in the American Cancer Society Cancer Prevention Study II Nutrition Cohort. *Am J Epidemiol.* 2003;157:980-8.
30. Kennedy ET, Ohls J, Carlson S, Fleming K. The Healthy Eating Index: design and applications. *J Am Diet Assoc.* 1993;95:1103-8.
31. Key TJ, Schatzkin A, Willett WC, Allen NE, Spencer EA, Travis RC. Diet, nutrition and the prevention of cancer. *Public Health Nutr.* 2004;7:187-200.
32. Gonzalez CA, Riboli E. Diet and cancer prevention: where we are, where we are going. *Nutr Cancer.* 2006;56:225-31.
33. Fogli-Cawley JJ, Dwyer JT, Saltzman E, McCullough ML, Troy LM, Jacques PF. The 2005 Dietary Guidelines for Americans Adherence Index: development and application. *J Nutr.* 2006;136:2908-15.
34. Hercberg S, Galan P, Preziosi P, Bertrais S, Mennen L, Malvy D, Roussel AM, Favier A, Briancon S. The SU.VI.MAX Study: a randomized, placebo-controlled trial of the health effects of antioxidant vitamins and minerals. *Arch Intern Med.* 2004;164:2335-42.
35. Sempos CT, Johnson NE, Smith EL, Gilligan C. Effects of intra-individual and interindividual variation in repeated dietary records. *Am J Epidemiol.* 1985;121:120-30.
36. Patterson RE, Haines PS, Popkin BM. Diet quality index: capturing a multidimensional behavior. *J Am Diet Assoc.* 1994;94:57-64.
37. Dallongeville J, Marecaux N, Fruchart JC, Amouyel P. Cigarette smoking is associated with unhealthy patterns of nutrient intake: a meta-analysis. *J Nutr.* 1998;128:1450-7.

**Carla ESTAQUIO**

## **Scores nutritionnels : Méthodes, aspects socio-économiques et association avec l'état nutritionnel et la morbidité dans la cohorte SU.VI.MAX**

### Résumé

Les actions mises en œuvre dans le cadre du Programme National Nutrition Santé (PNNS) suscitent des attentes et des interrogations en termes d'efficacité. Il est donc utile d'apporter des informations concernant l'adhésion de la population aux recommandations et sur l'effet possible de cette adhésion sur l'état de santé. L'adhésion a été mesurée grâce à la construction de deux scores construits *a priori* sur la base des objectifs de santé publique (FSIPO) ou repères du PNNS (PNNS-GS). Globalement, une meilleure adéquation aux 9 recommandations ou objectifs de santé publique était associée à un statut nutritionnel favorable. Les sujets présentant un score élevé (PNNS-GS ou FSIPO) déclaraient également des habitudes de vie plus saines (tabac, alcool, activité physique) que ceux ayant des scores bas. Une réduction de 36% du risque de maladies chroniques (décès, cancers et maladies cardiovasculaires) a été observée, après huit ans de suivi, chez les hommes ayant un FSIPO élevé. Malgré certaines limites, la validation de scores nutritionnels *a priori* s'avère indispensable pour convaincre tant les autorités de santé publique que les professionnels de santé et le grand public que tendre vers les recommandations peut être bénéfique tant au niveau individuel que collectif.

Mots-clés : scores nutritionnel *a priori*, aspects socio-économiques, maladies chroniques, programme national nutrition santé

### Résumé en anglais

The actions implemented in the French National Program on Nutrition and Health (PNNS) raise expectations and questions in terms of efficiency. It is therefore useful to provide information about the general public adherence and demonstrate the potential for improving the health status of the population when PNNS nutritional guidelines are followed. Adherence was measured through the construction of two *a priori* nutritional scores based on the public health goals (FSIPO) or PNNS recommendations (PNNS-GS). A better compliance with recommendations or public health goals was associated with better nutritional status. Subjects with a high score (PNNS-GS or FSIPO) reported healthier lifestyle (tobacco, alcohol, physical activity) than those with lower scores. A 36% reduction in the risk of chronic disease (death, cancer and cardiovascular disease) was observed after eight years of follow up, among men with high FSIPO. Despite some limitations, validation of *a priori* nutritional scores is essential to convince both the public health authorities and the general public that the adherence to the PNNS is useful at an individual and collective level.

Keywords : *a priori* nutritional scores, socioeconomic aspects, chronic diseases, French National Program on Nutrition and Health