



HAL
open science

Impacts environnementaux des régimes dans Bionutrinet

Camille Lacour

► **To cite this version:**

Camille Lacour. Impacts environnementaux des régimes dans Bionutrinet. Alimentation et Nutrition. 2017. dumas-01630965

HAL Id: dumas-01630965

<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-01630965>

Submitted on 8 Nov 2017

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.

**AGROCAMPUS
OUEST**

CFR Angers

CFR Rennes



Inserm



INRA

le cnam

UNIVERSITÉ PARIS 13



Centre de
Recherche
Epidémiologie et
Statistique
Sorbonne Paris Cité

Année universitaire : 2016-2017

Spécialité : **Sciences et technologies de
la biologie, la nutrition et l'alimentation
humaines (AgroParisTech)**

Mémoire de Fin d'Études

- d'Ingénieur de l'Institut Supérieur des Sciences agronomiques, agroalimentaires, horticoles et du paysage
- de Master de l'Institut Supérieur des Sciences agronomiques, agroalimentaires, horticoles et du paysage
- d'un autre établissement (étudiant arrivé en M2)

Impacts environnementaux des régimes dans *Bionutrinet*

Par : Camille LACOUR

Soutenu à Paris

le 05/09/2017

Devant le jury composé de :

Maître de stage : Emmanuelle Kesse-Guyot

Enseignant référent : François Mariotti

Enseignante-chercheuse : Olga Davidenko

Les analyses et les conclusions de ce travail d'étudiant n'engagent que la responsabilité de son auteur et non celle d'AGROCAMPUS OUEST

Ce document est soumis aux conditions d'utilisation

«Paternité-Pas d'Utilisation Commerciale-Pas de Modification 4.0 France»



Remerciements

Je souhaite tout d'abord remercier ma maître de stage Emmanuelle Kesse-Guyot et Serge Hercberg pour m'avoir permis de réaliser ce stage de fin d'études au sein de l'équipe de Recherche en Epidémiologie Nutritionnelle. Un grand merci à Emmanuelle pour son encadrement, son enthousiasme et sa gentillesse durant ces 6 mois. Ce stage m'a permis d'acquérir de nouvelles compétences professionnelles et a été très enrichissant.

Je remercie également tous les membres de l'équipe du personnel de l'EREN et plus particulièrement les autres stagiaires Manon, Nathalie, Marie, Laury, Céline, Sylvain et Thibault pour la bonne ambiance dans notre bureau et les deux doctorantes Julia et Louise pour leur aide précieuse tout au long du stage.

Je remercie enfin mon tuteur de stage François Mariotti pour son suivi durant le stage.

Liste des abréviations

FAO : Food and Agriculture Organisation

EREN : Equipe de Recherche en Epidémiologie Nutritionnelle

SU.VI.MAX : Supplémentation en Vitamines et Minéraux Antioxydants

SU.FOL.OM3 : Supplémentation en Folates, Vitamines B6 et B12 et/ou acides gras Omega-3

ELANCE : Etude Longitudinale Alimentation Nutrition

ENNS : Étude Nationale Nutrition Santé

ABENA : Alimentation et état nutritionnel des bénéficiaires de l'aide alimentaire

eGES : émissions de gaz à effet de serre

DEC : demande en énergie cumulée

WCRF: World Cancer Research Fund international

IPAQ : International Physical Activity Questionnaire

IMC : indice de masse corporelle

m-PNNS-GS : modified Programme National Nutrition Santé Guideline Score

PANDiet : Probability of adequacy nutrient intake dietary

UC : unité de consommation

INSEE : Institut national de la statistique et des études économiques

ACV : analyse du cycle de vie

T : tertile

Q : quintile

EI : écart interquartile

EPIC: European Prospective Investigation into Cancer and Nutrition

AGPI: acides gras insaturés

AGMI: acides gras monoinsaturés

AGS: acides gras saturés

Liste des figures

| | |
|--|----|
| <u>Figure 1</u> : Les composantes de la définition d'un régime durable (<i>d'après la FAO, 2012</i>)..... | 2 |
| <u>Figure 2</u> : Diagramme de flux résumant les étapes de sélection des participants de la cohorte <i>Bionutrinet</i> | 8 |
| <u>Figure 3</u> : Schéma explicatif du calcul de l'impact environnemental attribué à chaque ingrédient..... | 13 |
| <u>Figure 4</u> : Schéma récapitulatif des étapes méthodologiques pour la conversion des impacts environnementaux des produits agricoles bruts en impacts environnementaux des items alimentaires..... | 14 |
| <u>Figure 5</u> : Contribution (%) des groupes alimentaires aux émissions de gaz à effet de serre (GES) du régime..... | 28 |
| <u>Figure 6</u> : Contribution (%) des groupes alimentaires à la demande cumulée en énergie du régime..... | 28 |

Liste des tableaux

| | |
|--|----|
| <u>Tableau 1</u> : Exemple de recette de l’item alimentaire céréales nature pour les femmes..... | 14 |
| <u>Tableau 2</u> : Composantes du score provégétarien et items alimentaires inclus..... | 16 |
| <u>Tableau 3</u> : Moyennes du score provégétarien et de la contribution d’aliments d’origine biologique dans le régime par quintile de score provégétarien et de la contribution d’aliments d’origine biologique dans le régime..... | 19 |
| <u>Tableau 4</u> : Caractéristiques sociodémographiques et habitude de vie des participants par quintile de score provégétarien, N= 34 442, étude <i>Bionutrinet</i> , 2014..... | 20 |
| <u>Tableau 5</u> : Consommation alimentaire des participants par quintile de score provégétarien, N= 34 442, étude <i>Bionutrinet</i> , 2014..... | 23 |
| <u>Tableau 6</u> : Apports en nutriments des participants par quintile de score provégétarien, N= 34 442, étude <i>Bionutrinet</i> , 2014..... | 24 |
| <u>Tableau 7</u> : Association entre le score provégétarien et les impacts environnementaux des régimes, pour l’échantillon global et stratifié par niveau de consommation de produits biologiques, étude <i>Bionutrinet</i> , 2014..... | 30 |

Liste des annexes

| | |
|--|----|
| Annexe I : Méthode de calcul de l'IPAQ (International Physical Activity Questionnaire)... | 40 |
| Annexe II : Items alimentaires inclus dans le questionnaire de fréquence de consommation de l'étude <i>Bionutrinet</i> | 41 |
| Annexe III : Exemple de présentation des proportions à sélectionner dans le questionnaire de consommation de <i>Bionutrinet</i> | 43 |
| Annexe IV : Présentation du questionnaire de fréquence de consommation de produits issus de l'agriculture biologique..... | 44 |
| Annexe V : Composantes du score PANDiet (Probability of adequacy nutrient intake dietary) selon les recommandations françaises (<i>Eric O. Verger et al., 2012</i>)..... | 45 |
| Annexe VI : Composantes du score PNNS-GS (Programme National Nutrition Santé Guideline Score) selon les recommandations françaises (<i>Estaquio et al, 2009</i>)..... | 46 |
| Annexe VII : Postes pris en compte dans le calcul des émissions de gaz à effet de serre durant la production agricole..... | 47 |
| Annexe VIII : Postes pris en compte dans le calcul des émissions de la demande en énergie cumulée durant la production agricole..... | 48 |
| Annexe IX : Valeurs utilisées pour le calcul des impacts des productions maraîchères..... | 49 |

Table des matières

| | | |
|------|--|----|
| I) | Contextualisation du stage | 1 |
| 1) | Développement de l'alimentation durable : un défi mondial | 1 |
| 2) | Place de l'EREN (équipe de recherche en épidémiologie nutritionnelle) dans la recherche sur la durabilité alimentaire..... | 3 |
| a) | Présentation de la structure : objectifs et travaux réalisés | 3 |
| b) | Présentation du projet <i>Bionutrinet</i> | 4 |
| 3) | Inscription du stage dans le projet <i>Bionutrinet</i> | 5 |
| a) | Présentation des objectifs du stage | 5 |
| b) | Intérêts et finalité de ce stage dans la recherche sur l'alimentation durable | 5 |
| II) | Matériels et Méthodes | 7 |
| 1) | La cohorte de <i>Bionutrinet</i> | 7 |
| 2) | Les variables étudiées..... | 9 |
| a) | Les données sociodémographiques | 9 |
| b) | Les données alimentaires et nutritionnelles..... | 9 |
| c) | Les données d'impacts environnementaux..... | 11 |
| | Les données environnementales reposent sur 3 indicateurs : | 11 |
| 3) | Création d'un score provégétarien | 15 |
| 4) | Analyses statistiques | 17 |
| a) | Statistiques descriptives..... | 17 |
| b) | Analyses des impacts environnementaux par groupe alimentaire..... | 17 |
| c) | Analyse de l'association entre le score provégétarien, le niveau de consommation de produits issus de l'agriculture biologique et les impacts environnementaux des régimes. .. | 17 |
| III) | Résultats et interprétations | 18 |
| 1) | Caractéristiques sociodémographiques et état nutritionnel de la cohorte étudiée..... | 18 |
| 2) | Relation entre le score provégétarien et les impacts environnementaux des régimes... | 26 |
| 3) | Impacts environnementaux par groupe alimentaire | 27 |
| 4) | Effet modulateur de la consommation de produits issus de l'agriculture biologique sur les impacts environnementaux des régimes..... | 29 |
| 5) | Limites et forces de l'étude | 33 |
| IV) | Conclusion et perspectives | 33 |
| | Bibliographie..... | 35 |
| | Annexe I..... | 40 |
| | Annexe II..... | 41 |

| | |
|------------------|----|
| Annexe III | 43 |
| Annexe IV | 44 |
| Annexe V..... | 45 |
| Annexe VI..... | 46 |
| Annexe VII..... | 47 |
| Annexe VIII..... | 48 |
| Annexe IX | 49 |
| Résumé..... | 50 |

I) Contextualisation du stage

1) Développement de l'alimentation durable : un défi mondial

Les systèmes alimentaires mondiaux font aujourd'hui face à de nombreux défis. Selon la FAO (Food and Agriculture Organisation), notre planète comptera 9.2 milliards de personnes en 2050, soit 1,65 milliards de plus qu'en 2017 (1). De plus, le changement climatique devrait avoir des répercussions sur le rendement des productions agricoles, spécialement dans des régions du monde déjà fragiles, où il sera plus difficile d'adapter les modes de production à ces changements. L'intensification d'événements météorologiques extrêmes, la modification des saisons, et à plus long terme la modification des écosystèmes (perte en biodiversité, déforestation, érosion des sols contaminations chimiques) va bouleverser le fonctionnement et les services écosystémiques, et auront des conséquences sur le rendement des cultures, avec l'augmentation des risques de maladies des plantes par exemple (1). Ainsi, face à cette croissance démographique et ce contexte climatique défavorable, les systèmes agricoles devront évoluer pour produire suffisamment tout en préservant les ressources naturelles et en limitant le changement climatique.

Pour répondre à ces problématiques, il est nécessaire d'adopter des méthodes de production permettant de produire suffisamment tout en gérant durablement les ressources naturelles. Bien que les modes de production actuels aient répondu à des enjeux d'abondance alimentaire et d'accessibilité dans le passé, ils reposent sur une trop grande utilisation d'énergie non renouvelable, de produits chimiques, et doivent aujourd'hui se renouveler. Une gestion durable des ressources est nécessaire avec une plus grande efficacité énergétique, d'avantages de recours à des bioénergies durables et une diminution du gaspillage alimentaire. Dans les pays développés, les systèmes de production agro-écologique ou « agriculture biologique » représente 10% du secteur agricole et ont prouvé leur efficacité pour produire des produits de bonne qualité nutritionnelle et sanitaire avec des rendements raisonnables respectant l'environnement (1).

L'évolution des systèmes de production ne semble pourtant pas suffisante pour ralentir la dégradation de l'environnement. Une modification des habitudes alimentaires au niveau individuel semble également nécessaire. La FAO définit un régime alimentaire durable comme « un régime alimentaire ayant de faibles conséquences sur l'environnement, qui

contribue à la sécurité alimentaire et nutritionnelle ainsi qu'à une vie saine pour les générations présentes et futures » (2). La **figure 1** résume les dimensions incluses dans cette définition : environnementale, économique, sanitaire, et sociale.

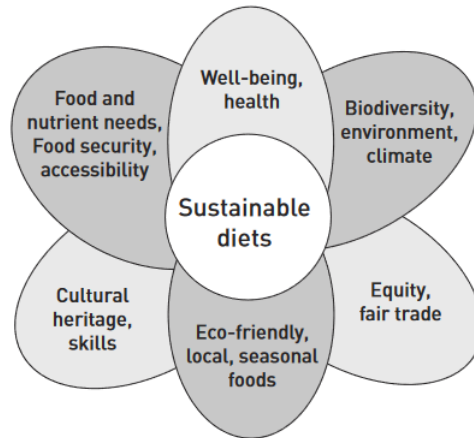


Figure 1 : Les composantes de la définition d'un régime durable (*d'après la FAO, 2012*).

Pour répondre à cette définition, la FAO encourage à recourir aujourd'hui à la consommation de produits locaux, peu transformés, provenant d'une agriculture durable basée sur des pratiques agro-écologiques, à limiter la consommation de produits d'origine animale, à développer des compétences en cuisine, à éduquer les populations aux connaissances nutritionnelles et à recréer un lien avec notre culture culinaire (3). En effet, la production locale des aliments de base semble le meilleur moyen de limiter l'énergie consommée pour assurer les transports et d'avoir un prix au plus juste en évitant les intermédiaires entre le producteur et le consommateur. Une transformation minimale des aliments pourrait permettre de garder le goût original du produit et de conserver le plus de nutriments, en particulier les vitamines et antioxydants très sensibles aux procédés industriels. La consommation de produits animaux et particulièrement de viande rouge devrait être diminuée car au-delà des effets délétères sur la santé, cette production impacte particulièrement l'environnement. Enfin, il est primordial que ces régimes soient acceptés culturellement par les populations, c'est pour cela que la dimension culturelle et les traditions culinaires de chaque pays doivent être prise en compte (3).

2) Place de l'EREN (équipe de recherche en épidémiologie nutritionnelle) dans la recherche sur la durabilité alimentaire.

a) Présentation de la structure : objectifs et travaux réalisés

L'équipe de recherche en épidémiologie nutritionnelle basée à Bobigny est une équipe mixte (Inserm (U1153), INRA (U1125), Cnam, Université Paris 13) intégrée dans le Centre de Recherche en Epidémiologie et Biostatistiques Sorbonne Paris Cité (CRESS). Elle regroupe des profils différents : chercheurs et enseignants chercheurs, doctorants et post-doctorants, ingénieurs, techniciens, médecins, data managers, informaticiens et personnel administratif.

Le travail de cette équipe s'inscrit dans le domaine de la santé publique. Les objectifs principaux sont d'étudier les relations entre nutrition et santé afin d'identifier des facteurs de risques ou de protection impliqués dans le déterminisme de la santé (maladies chroniques, qualité de vie, grandes fonctions tel que le vieillissement), de comprendre les déterminants des comportements alimentaires et de l'état nutritionnel au travers de composantes sociales, économiques, psychologiques, et de préciser les mécanismes en cause en étudiant des biomarqueurs. La finalité de ces recherches est de faire progresser les connaissances mais aussi de contribuer aux recommandations nutritionnelles et les politiques publiques. Par exemple, le «Nutri-Score» adopté en mars 2017 par le ministère de la santé sous la direction de Marisol Tourène a été construit par cette équipe.

Afin de répondre à ces problématiques, l'EREN a développé de nombreuses études transversales et de cohorte. La plus récente cohorte, mise en place en 2009, est la cohorte *NutriNet-Santé*. Cette étude prospective sur une période de 10 ans a pour but d'étudier les relations entre la nutrition et la santé ainsi que d'étudier les déterminants des comportements alimentaires, de l'état nutritionnel et de l'état de santé. Le recrutement est encore d'actualité mais déjà plus de 125 000 sujets sont inclus. Deux autres études notables sont l'étude SU.VI.MAX 1 (Supplémentation en Vitamines et Minéraux Anti-oxydants), un essai d'intervention randomisé en double aveugle mise en place en 1994 pour tester l'effet d'une supplémentation à dose nutritionnelle en vitamines et minéraux antioxydants, suivie de l'étude SU.VI.MAX 2. Celle-ci vise à étudier les relations entre les comportements alimentaires globaux et certains facteurs nutritionnels spécifiques et la qualité du

vieillesse. Elle regroupe 7000 sujets de la cohorte SU.VI.MAX 1. D'autres études, également mise en place par l'EREN, peuvent être citées : l'étude SU.FOL.OM3 (Supplémentation en Folates, Vitamines B6 et B12 et/ou acides gras Omega-3), l'étude ELANCE (Etude Longitudinale Alimentation Nutrition), l'étude ENNS (Étude Nationale Nutrition Santé) ou encore l'étude ABENA (Alimentation et état nutritionnel des bénéficiaires de l'aide alimentaire).

Ainsi, le travail de l'EREN participe à la transition de nos régimes alimentaires vers des régimes durables en apportant de nouvelles connaissances sur la nutrition, la santé, les déterminants sociaux de l'alimentation et en communiquant ces connaissances au grand public. L'éducation nutritionnelle de la population est en effet une composante majeure pour modifier les choix alimentaires.

b) Présentation du projet *Bionutrinet*

Dans le contexte d'un intérêt croissant pour l'agriculture biologique de la part des consommateurs mais aussi du gouvernement (loi du Grenelle environnement), le projet *Bionutrinet* a été mis en place en 2014. De plus, les connaissances sur les raisons d'achat de produits biologiques des consommateurs ainsi que les impacts au niveau économique, environnemental et sur la santé semblaient insuffisantes. Le projet *Bionutrinet* a donc été initié pour répondre à ce manque de connaissances en mesurant de façon précise la consommation d'aliments issus de l'agriculture biologique et en caractérisant les consommateurs de produits d'origine biologique et de produits conventionnels. A partir de ces données établies sur une large cohorte, trois objectifs ont été fixés :

- Evaluer la consommation d'aliments issus de pratiques biologiques ou conventionnelles et de déterminer les profils des consommateurs ainsi que leurs motivations vis-à-vis de leurs choix alimentaires.
- Evaluer les conséquences environnementales des différents systèmes de production et des différents groupes de consommateurs.
- Préciser les relations entre le statut nutritionnel et le statut toxicologique et le niveau de consommation d'aliments issus de l'agriculture biologique.

3) Inscription du stage dans le projet *Bionutrinet*

a) Présentation des objectifs du stage

Ce stage s'inscrit dans le second objectif du projet *Bionutrinet*, soit évaluer les « impacts environnementaux des régimes étudiés dans *Bionutrinet* ». Cette évaluation a pris en compte la structuration des régimes alimentaires (caractérisés par le niveau de consommation en produits d'origine végétale) et les systèmes de production dont étaient issus les produits consommés (conventionnel ou biologique). A travers cette étude, l'objectif a été de mettre en évidence l'effet de la structuration des régimes alimentaires ainsi qu'un potentiel effet modulateur des produits issus de l'agriculture biologique sur les impacts environnementaux des régimes.

Pour mener à bien ce projet, les indicateurs environnementaux établis par SOLAGRO, les données de consommations et la proportion d'aliments biologiques consommés, collectées par questionnaires *Bionutrinet* ont été utilisées. Pour caractériser les régimes des participants, un score provégétarien a été établi permettant de distinguer les différents modes alimentaires par niveau de consommation de produits d'origine animale et 3 indicateurs environnementaux ont été retenus : les émissions de gaz à effet de serre (eGES), la demande cumulée en énergie (DEC) et l'occupation des terres.

b) Intérêts et finalité de ce stage dans la recherche sur l'alimentation durable

L'objectif de ce stage s'inscrit totalement dans la recherche sur les régimes durables. Comme vu dans l'introduction, il semble nécessaire de s'orienter vers des régimes respectueux de la biodiversité et des écosystèmes. Pour cela, la réduction de notre consommation en produits d'origine animale paraît essentielle. En effet, l'élevage est responsable pour 18% des eGES de source anthropique (4). L'élevage requiert également un fort apport en énergie nécessaire pour la production de nourriture animale et de concentrés, la production de fertilisants et les coûts opératoires des bâtiments d'élevage (5). Enfin, l'élevage intensif est responsable en grande partie de la perte de biodiversité liée à une homogénéisation de grandes surfaces pour les pâtures et les cultures céréalières, avec une occupation de 33% des terres arables mondiales (6). De nombreuses études ont démontré que la diminution de consommation de produits d'origine animale a un effet bénéfique sur l'environnement (7–10). Un régime végétalien peut réduire les eGES de 25 à 55% et l'occupation des terres de 50 à

60% en comparaison à un régime moyen omnivore (9). Aussi, il est aujourd'hui démontré qu'une consommation élevée de viande rouge et transformée est liée à des risques plus élevés de maladies chroniques (11). D'après le World Cancer Research Fund international (WCRF), elle est liée de manière convaincante au risque de cancer colorectal (12), et de manière possible au cancer du sein (13). Il semble donc nécessaire de diminuer notre consommation de viande pour gérer durablement les ressources naturelles et nourrir la population mondiale croissante.

De plus, le mode de production est une composante essentielle qui contribue à l'impact environnemental du régime. L'agriculture biologique définie comme un système qui repose sur la gestion des écosystèmes et non sur des apports d'intrants est généralement considérée comme respectueuse de l'environnement avec une meilleure qualité des sols, une plus grande diversité de la faune et la flore, et moins de lessivage de nitrates (14–17). A noter néanmoins que la durabilité de ce système de production est remise en cause, principalement due à des rendements plus faibles (18,19).

Malgré de nombreuses études concernant les impacts environnementaux des régimes, peu sont celles qui prennent en compte simultanément le régime alimentaire et le mode de production dont sont issus les aliments. De plus, la plupart de ces études sont basées sur des modélisations et non des prises alimentaires observées. Les substitutions réalisées sont parfois non isocaloriques et peu réalistes. Pour exemple, le remplacement de la viande uniquement par des fruits et légumes ne semblent pas réalistes. Les consommateurs remplaceraient probablement la viande également par des aliments denses énergétiquement comme les céréales, les légumineuses. De plus, ces études reposent sur de petites cohortes limitant la diversité des comportements.

Il est donc intéressant d'étudier des données alimentaires réelles pour confirmer ces données de modélisation. La prise en compte du régime et du mode de production permettra de comprendre dans quelle mesure le mode de production module l'impact du régime. De plus, la caractérisation des régimes par le score provégétarien est un choix intéressant. Comme dit précédemment, le niveau de consommation de viande est un facteur primordial dans la compréhension des impacts environnementaux d'un régime. Toutefois, les régimes végétariens et végétaliens ne sont pas considérés comme durables au regard de la dimension culturelle, spécialement en France où la plupart des plats traditionnels sont composés de

viande. Il est donc pertinent d'utiliser un score provégétarien, qui caractérise le régime par le degré de consommation de produits d'origine animale et non par des exclusions alimentaires.

Les résultats de ces recherches de stage et plus globalement du projet *Bionutrinet*, permettront au final de contribuer à l'orientation des recommandations de santé publique et de prendre en compte, en plus de la dimension nutritionnelle, la dimension environnementale des régimes. Cette évolution semble essentielle pour arriver à terme à des choix alimentaires durables.

II) Matériels et Méthodes

1) La cohorte de *Bionutrinet*

La cohorte *NutriNet-Santé* est une cohorte prospective. A l'inclusion, tous les sujets ont rempli un dossier de base comprenant différentes parties: questionnaires alimentaires (3 enregistrements alimentaires de 24h sur 3 semaines), questionnaire sur l'activité physique, sur les données anthropométriques, sociodémographiques, sur le mode de vie et sur l'état de santé. Les questionnaires de fréquence alimentaire traditionnels de l'étude *Nutrinet-santé* ont été modifiés pour préciser l'origine des produits (conventionnels ou biologiques). Un sous-groupe de volontaires a été sélectionné sur des critères spécifiques pour un bilan clinico-biologique.

Le nombre total de participants ayant répondu au questionnaire optionnel sur la consommation de produits biologiques de juin à décembre 2014 était de 37 685. Parmi ceux-ci, 1 390 ont été écartés pour cause de données manquantes ou aberrantes. Pour détecter les sous-déclarants et sur-déclarants (N=1 099), la demande en énergie journalière a été calculée à partir de l'IPAQ (International Physical Activity Questionnaire) et de la demande en énergie du métabolisme basal. Celle-ci a été estimée à partir des équations de Schofield (20) prenant en compte l'âge, le sexe et l'IMC (indice de masse corporelle) des participants. Le rapport de l'énergie consommée sur l'énergie demandée a permis de déterminer les sous déclarants (rapport inférieur à 0.35) et les sur-déclarants (rapport supérieur à 1.93). Ils correspondent aux percentiles 1% et 99% du même questionnaire de fréquence proposé à la cohorte entière. Seuls les participants vivant en France et avec toutes les données nutritionnelles nécessaires pour calculer le PANDiet et le mPNNS-GS ont été conservés. La sélection des participants est

résumée dans la **figure 2**. Au final, la cohorte étudiée comportait 34 442 participants, dont 22 813 femmes et 7 569 hommes.

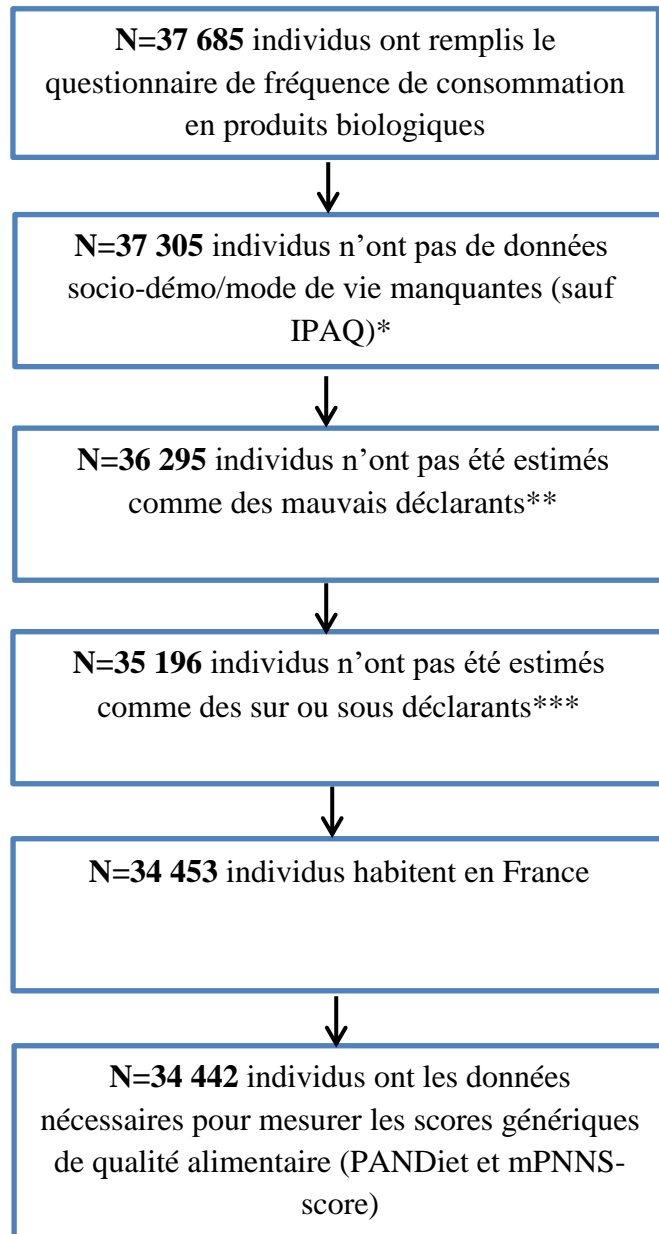


Figure 2 : Diagramme de flux résumant les étapes de sélection des participants de la cohorte *Bionutrinet*.

2) Les variables étudiées

a) Les données sociodémographiques

Les données sociodémographiques collectées à l'entrée dans la cohorte et mise à jour une fois par an informe sur l'âge, le sexe, le niveau d'études, le lieu d'habitation et le revenu mensuel du foyer. Le niveau d'éducation est présenté en 3 catégories : primaire (aucun diplôme ou brevet de technicien, professionnel, CEP, CAP, BEP, brevet élémentaire, des collèges), secondaire (baccalauréat général, technologique ou professionnel) ou post-secondaire (2^{ème} ou 3^{ème} cycle universitaire, grande école). Il a été différencié les habitations en milieu rural et en milieu urbain avec une population inférieure à 200 000 habitants, entre 20 000 et 200 000 habitants ou de plus de 200 000 habitants. Enfin, le revenu mensuel du foyer a été obtenu en divisant le revenu mensuel par unité de consommation (UC). Le premier adulte du foyer représente 1 UC, les personnes âgées de plus de 14 ans représentent 0.5 UC et les personnes âgées de moins de 14 ans représentent 0.3 UC. Le système de pondération des unités de consommation provient de l'INSEE (Institut national de la statistique et des études économiques) (21). Des données sur les modes de vie des participants ont également été collectées : le niveau d'activité physique mesuré par l'IPAQ (22,23), le tabagisme (non-fumeur, ancien fumeur ou fumeur actuel) et la consommation d'alcool (non consommateur, modéré ou grand consommateur). Le seuil de consommation pour un consommateur d'alcool modéré est de 20g/jour pour une femme et 30g/jour pour un homme (24). La méthode de calcul de l'IPAQ est présentée en détail en **annexe I**.

b) Les données alimentaires et nutritionnelles

Pour compléter les 3 enregistrements alimentaires de 24h sur trois semaines (1 par semaine avec 2 enregistrements en jour de semaine et 1 durant le week-end, par tirage au sort), les participants ont répondu à un questionnaire de fréquence de consommation basé sur le questionnaire d'origine de *NutriNet*, auparavant validé (25). Ce questionnaire comportait des questions de fréquence de consommation sur l'année passée sur 264 aliments et boissons (cf. **Annexe II**). Les participants devaient indiquer la fréquence de consommation (sur l'année, le mois, la semaine ou le jour) avec l'aide des portions standardisées (1 pot de yaourt par exemple). Pour 8 groupes d'items alimentaires (fromages et fromage à base de lait végétal, pâté et pâté végétal, poisson, viande, beurre, pomme de terre, féculents et légumes), qui ne sont pas usuellement manger dans des portions prédéterminées, il a été inclus des

photographies validées (26). Les participants devaient alors choisir entre trois photographies la portion consommée (cf. **Annexe III**). La consommation totale par groupe alimentaire, a alors été estimée en multipliant les fréquences de consommation à la portion consommée.

Pour chaque item alimentaire, excepté ceux qui n'existe pas sous forme biologique (comme l'eau), les participants devaient indiquer la fréquence de consommation de ce produit issu de l'agriculture biologique. Les fréquences étaient basées sur 5 catégories : « jamais », « rarement », « la moitié du temps », « souvent », « toujours » (cf. **Annexe IV**). Pour déterminer la proportion consommée, des coefficients ont été assignés aux fréquences (0, 0.25, 0.5, 0.75 et 1). Une analyse de sensibilité a été réalisée en modifiant ces coefficients au moyen de simulations de Monte Carlo (27). Au final, le niveau de consommation de produits issus de l'agriculture biologique dans le régime a été calculé en divisant la consommation totale d'aliments biologiques sur la consommation totale en excluant l'eau. Cette proportion a été multipliée par 100 pour obtenir un pourcentage.

L'apport nutritionnel des participants a été déterminé en multipliant les consommations par la composition nutritionnelle des aliments (28), et deux scores ont été calculés pour évaluer la qualité nutritionnelle des régimes alimentaires : le PANDiet et le mPNNS-GS. Le score PANDiet vise à mesurer la qualité du régime en calculant la probabilité d'avoir des apports nutritionnels en adéquation avec les recommandations françaises. Ce score comporte 24 nutriments : protéines, glucides, fibres, graisses totales, acides gras saturés et polyinsaturés, cholestérol, les vitamines A, B1, B2, B3, B9 B6, B12, C, D et E, les minéraux Ca, Mg, Zn, P, K, Fe et Na. Pour chaque nutriment d'intérêt, deux sous-scores ont été calculés : un sous-score d'adéquation nutritionnelle et un sous score de modération (29). En effet, une surconsommation de nutriments peut dans certains cas avoir des impacts négatifs sur la santé. Ainsi, un score de 0 à 1 a été donné, où 1 représente une probabilité de 100% d'être en adéquation avec les recommandations nutritionnels pour le sous score d'adéquation et une probabilité de 100% de ne pas dépasser un seuil délétère pour le sous-score de modération (30). Les seuils utilisés pour établir le score sont présentée en annexe V. Le score PNNS-GS usuel comprend 13 recommandations basées sur les recommandations nationales françaises du PNNS. Huit de ces recommandations sont liées aux portions alimentaires journalières à consommer, quatre sont liées à une consommation modérée en certains aliments (alcool, sel,...) et une est liée à l'activité physique. Les seuils retenus, en accord avec les recommandations nationales du PNNS, et les points associés sont exposés en Annexe VI. Aussi, une pénalité est donnée aux participants consommant au-dessus de leurs

besoins énergétiques car ceux-ci ont plus de facilité à atteindre les adéquations nutritionnelles. Ce score va alors de 0 à 15 points. Le score utilisé dans notre étude est un score PNNS-GS modifié, le m-PNNS-GS. Sa différence réside dans le fait que l'activité physique n'est pas prise en compte, le score varie donc de 0 à 12,5.

c) Les données d'impacts environnementaux

Les données environnementales proviennent de l'outil de diagnostic français DIALECTE (31). Cet outil a été développé par Solagro et vise à décrire et évaluer les performances environnementales des systèmes de production à l'échelle de l'exploitation en utilisant la méthode de l'analyse de cycle de vie (ACV). Le conditionnement, le transport, la transformation, la distribution et le recyclage des produits ne sont donc pas pris en compte. Cette restriction est permise car la majeure partie des impacts environnementaux émanent de l'étape de production (32), excepté pour les boissons alcoolisées qui demandent un haut niveau de transformation et les fruits et légumes importés par avion.

La base de données DIALECTE, permettant d'estimer les impacts environnementaux pour 92 produits agricoles bruts, regroupe des informations sur 2086 exploitations avec divers systèmes de production. Un total de 46% des exploitations incluses dans la base sont des exploitations certifiées biologiques. L'outil DIALECTE a été choisi car il intègre des données réelles sur une grande diversité de produits agricoles et de système d'exploitation. C'est a priori actuellement la seule base de données qui couvre un si large panel de données sur l'agriculture biologique et conventionnelle.

Les données environnementales reposent sur 3 indicateurs :

- **Les émissions de gaz à effet de serre (en kg CO₂eq/an):** cet indicateur regroupe les émissions de dioxyde de carbone, de méthane et de protoxyde d'azote, les 3 principaux gaz à effet de serre émis par l'agriculture. Le calcul des émissions est basé sur la méthode développée par l'outil Dia'terre (33). L'**annexe VII** présente les différents postes pris en compte dans le calcul des eGES. Des allocations ont été attribuées aux émissions entre la production végétale et animale. Pour exemple, les gaz émis lors de l'utilisation d'essence ont été alloués au prorata des productions végétales et de l'élevage.

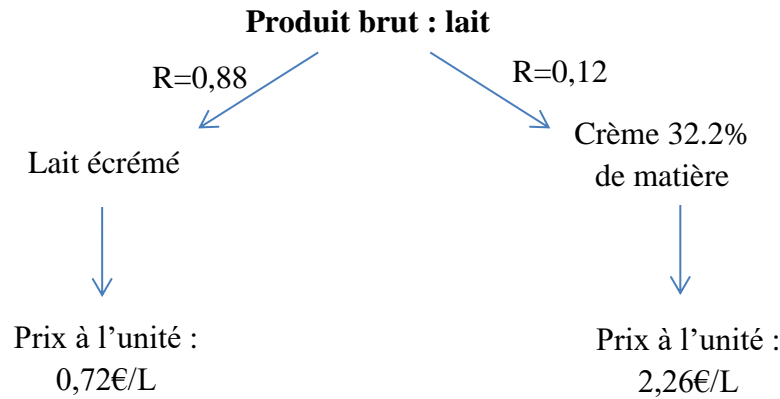
- **La demande en énergie cumulée (en MJ/an)** : cet indicateur inclut la consommation d'énergies renouvelables et non renouvelables, comme définit dans la « Cumulative Energy Demand method » (32), communément utilisée dans les ACV. Le calcul de cette consommation est basé sur l'outil Dia'terre (33). L'**annexe VIII** présente les différents postes de consommation d'énergie pris en compte. Des allocations ont été attribuées aux émissions entre la production végétale et animale.
- **L'occupation des terres (en m²/an)** : cet indicateur correspond à la surface nécessaire pour produire un kilogramme de produits brut, soit l'inverse du rendement. Cet indicateur diffère de l'indicateur communément utilisée en ACV « land use » car il ne prend pas en compte la durée de culture.

Pour les produits maraichers, une méthode spécifique a été menée pour calculer les impacts car ceux-ci sont cultivés sur de petites surfaces et l'extrapolation du rendement, calculé sur un hectare, peut mener à une sous ou une surestimation. Pour pallier ce problème de calcul, les impacts à l'hectare de trois catégories (sous serre chauffée, sous abri froid ou en plein champ) ont été calculé (cf. **Annexe IX**), puis ramenés au kg de produits en prenant la moyenne des rendements entre 2010 et 2015 grâce aux données statistiques agricoles françaises (34) en agriculture conventionnelle. Pour obtenir la surface occupée pour les produits issus de l'agriculture biologique, un coefficient « de rabais » de 23% a été affecté pour toutes les cultures végétales, exceptée pour les fraises avec un coefficient de 41% et la salade avec un coefficient de 14% (35). Pour les produits d'origine animale, les surfaces nécessaires pour le pâturage et la production d'alimentation animale (incluant également l'alimentation achetée) ont été prises en compte et les superficies de bâtiments d'élevage ont été jugée négligeables.

Les 3 indicateurs sont exprimés par année car les impacts environnementaux calculés au départ pour 1 kg d'aliments produits ont été multiplié par la consommation journalière des participants pour chaque aliment puis élargie sur l'année. Ces indicateurs reflètent donc les impacts environnementaux des régimes des participants sur une année.

Les impacts environnementaux ont été fournis pour 86 produits agricoles, soit des produits bruts. Pour passer des impacts environnementaux des produits bruts aux aliments consommés, des allocations économiques et massiques ont été attribuées afin de prendre en

compte les impacts environnementaux des coproduits lorsque cela était nécessaire. Par exemple, la pasteurisation du lait permet d'obtenir de la crème, coproduit dont l'impact environnemental est pris en compte (cf. **Figure 3**).



Calcul de l'allocation économique (AE) pour le lait écrémé:

$$AE = (R_{\text{produit principal}} * \text{prix}_{\text{produit principal}}) / (R_{\text{produit principal}} * \text{prix}_{\text{produit principal}} + R_{\text{coproduit}} * \text{prix}_{\text{coproduit}})$$

$$= (0,88 * 0,72) / (0,88 * 0,72 + 0,12 * 2,26) = 0,71$$

Quantité d'impact alloué (Q) au lait écrémé (en kg de matière première agricole) :

$$Q = AE * R = 0,71 * 0,88 = 0,81$$

Impact environnemental (IE) du lait écrémé :

$$IE_{\text{ingrédient}} = IE_{\text{produit agricole brut}} * Q$$

Figure 3 : Schéma explicatif du calcul de l'impact environnemental attribué à chaque ingrédient.

Pour les 264 items alimentaires du questionnaire de fréquence de consommation de *BioNutrinet*, des recettes moyennes sexe-spécifiques ont été élaborées à partir des fréquences de consommation relevées dans les enregistrements de 24h incluant plus de 3000 items et les réponses par hommes et femmes ont été différenciées. Pour exemple (cf. **tableau 1**), pour l'item alimentaire « céréales natures », 12 ingrédients ont été inclus avec des coefficients de proportionnalité reflétant la fréquence d'apparition de ces ingrédients durant les enregistrements de 24h.

Ainsi 767 ingrédients constituaient les 234 items du questionnaire de fréquence. Pour des raisons de faisabilité, seuls les impacts environnementaux des ingrédients représentant plus de 5% de l'aliment ont été retenus, soit 442 ingrédients. Pour les aliments comportant des ingrédients présents à moins de 5%, l'impact moyen de la recette a été attribué à l'ingrédient mineur

| Item alimentaire final | Ingrédients inclus | Proportion de l'ingrédient |
|------------------------|-----------------------|----------------------------|
| Céréales nature | Lait écrémé en poudre | 1,15 |
| | Sucre blanc | 7,66 |
| | Flocons d'avoine | 39,36 |
| | Germe de blé | 0,57 |
| | Farine de riz | 23,39 |
| | Quinoa Soufflé | 1,51 |
| | Son de blé | 2,68 |
| | Farine de maïs | 0,27 |
| | Poudre de protéine | 2,10 |
| | Sel de préparation | 0,64 |
| | Maïs doux | 16,75 |
| | Farine complète | 3,44 |

Tableau 1 : Exemple de recette de l'item alimentaire céréales nature pour les femmes.

Enfin, des facteurs de cuissons et de déchets ont été attribués lors du passage des ingrédients aux items alimentaires. Ces facteurs permettent de prendre en compte la perte en eau ou absorption durant la cuisson et la part comestible du produit, considérant que les déchets (arrête, épluchure) sont des coproduits de valeur nulle.



Figure 4 : Schéma récapitulatif des étapes méthodologiques pour la conversion des impacts environnementaux des produits agricoles bruts en impacts environnementaux des items alimentaires.

Certaines limites peuvent être soulignées. Sur les 92 produits agricoles, 12 produits n'avaient pas de valeurs pour la production biologique. Les valeurs ont alors été considérées comme égale aux impacts des produits issus de l'agriculture conventionnelle. Ce choix a été préféré à estimer l'impact environnemental du produit comme nul, ce qui aurait sous-estimé

l'impact global de la production biologique. Ici, on peut penser que les impacts des pratiques biologiques sont un peu surestimés pour ces 12 produits.

3) Création d'un score provégétarien

Un score provégétarien a été créé pour caractériser le régime global des participants selon le niveau de consommation de produits d'origine végétale. Ce score a été publié précédemment (36) et a été adapté aux données alimentaires de *Bionutrinet*. Les composantes du score ainsi que les items alimentaires inclus dans ces composantes sont présentés dans le **tableau 2**. La consommation pour chaque aliment a été ajustée sur l'énergie totale consommée (spécifique au sexe) en utilisant la méthode des résidus (37). Ce score est basé sur le calcul des quintiles de consommation de produits d'origine végétale et animale. Pour les produits d'origine végétale, des points de 1 à 5 ont été alloués par quintile croissant. Pour les produits d'origine animale, des points de 1 à 5 ont été alloués par quintile décroissant (5 points pour le premier quintile à 1 point pour le dernier quintile). Ainsi, le score provégétarien a été calculé en sommant les points pour chaque composante. Au final, le score provégétarien varie de 12 (plus petite consommation en produits d'origine végétale) à 60 (plus grande consommation en produits d'origine végétale) points.

| Composantes du score provégétarien | Items alimentaires inclus |
|---|---|
| <i>Groupes des produits d'origine végétale (cotation par quintiles croissants)</i> | |
| Légumes | Avocat, artichaut, oignon, ail, champignon, salade, carotte, céleri, tomate, betterave, chou rouge, chou blanc, chou vert, chou de Bruxelles, chou-fleur, brocoli, haricots verts, chicorée, épinard, concombre, poivron, poireau, fenouil, citrouille, panais, pois, maïs, algue, soupe |
| Fruits | Pomme, poire, banane, pêche, agrume, fraise, abricot, melon, framboise, prune, kiwi, raisin, ananas, mangue, lychee, fruit exotique, compote, jus de fruit, pure jus de fruit, fruit sec |
| Légumineuses | Légumes secs (lentilles, pois, maïs, haricots etc.) |
| Céréales | Pain blanc, biscotte, céréales, muesli, semoule, quinoa, riz blanc, pâte, pain complet, pâte complète, riz complet, graine germée, levure de bière |
| Tubercules | Pomme de terre, topinambour |
| Noix | Oléagineux |
| Huile | Huile de tournesol, huile d'olive, huile d'arachide, huile de colza, huile de maïs, huile de soja, huile mélangée, huile de noix, huile de noisette, huile de pépins, huile de sésame, huile de coco, huile de lin, huile de carthame |
| <i>Groupes des produits d'origine animale (cotation par quintiles décroissants)</i> | |
| Viande | Bœuf, veau, agneau, lapin, porc, dinde, foie, tripe, viande panée, saucisses, jambon fumé, jambon cuit, cervelas, mortadelle, pâté, rillettes, bacon |
| Matières grasses animales | Beurre |
| Œufs | Œufs |
| Poissons et produits de la mer | Poisson gras, poisson maigre, poisson pané, crustacé, coquillage |
| Produits laitiers | Crème fraîche, crème fraîche allégée, lait entier, lait demi-écrémé, lait écrémé, lait fermenté, yaourt entier, yaourt demi-écrémé, yaourt écrémé, yaourt entier aux fruits, yaourt demi-écrémé aux fruits, yaourt au bifidus, fromage à tartiner, fromage, Gouda, fromage de chèvre, edam, mozzarella, brie, bleu, glace |

Tableau 2 : Composantes du score provégétarien et items alimentaires inclus.

4) Analyses statistiques

a) Statistiques descriptives

Les données sociodémographiques, les habitudes de vie et les consommations des participants sont présentées par quintile de score provégétarien en moyenne ou en pourcentage selon les variables. Les consommations ont été ajustées sur l'âge, le sexe et l'énergie en utilisant la méthode des résidus (37). Le test du χ^2 de tendance de Mantel-Haenszel pour les variables catégorielles et le test de contraste linéaire pour les variables continues ont été réalisés pour estimer les P de tendance.

b) Analyses des impacts environnementaux par groupe alimentaire

Les contributions (en pourcentages) des groupes alimentaires aux impacts environnementaux (pour les eGES et la demande en énergie cumulée) ont été calculées par quintile de score provégétarien. Un test de contraste linéaire a été réalisé pour analyser la tendance au travers des quintiles. Aussi, les groupes alimentaires ont été sélectionnés de manière pertinente pour révéler les impacts alimentaires des groupes de consommation (cf. **tableau 3**). Il a été différencié la viande de ruminants (bœuf, veau, agneau) à la viande de monogastriques (porc, volaille, lapin) car ces deux types de viande ont des impacts environnementaux différents. En revanche, les produits bruts ne sont pas différenciés des produits transformés. Cela s'explique logiquement par le fait que l'ACV ne prend en compte que le stade de production à la ferme. Au final 13 groupes ont été constitué : fruits et légumes, poissons, viande de ruminant, viande de monogastrique, lait et produits laitiers, fromage, féculents, boissons non alcoolisées, huile, autres (produits complets/ beurre/ soja/ alcool/ autres matières grasses/ œufs), produits gras et sucrés, assaisonnement et snacks, et plat composé.

c) Analyse de l'association entre le score provégétarien, le niveau de consommation de produits issus de l'agriculture biologique et les impacts environnementaux des régimes.

L'interaction entre le score provégétarien et le niveau de consommation de produits biologiques dans le régime a été vérifiée et était significative ($P < 0.0001$), les données ont donc pu être stratifiées par niveau de consommation de produits biologiques. L'association entre le score provégétarien et les impacts environnementaux (les 3 indicateurs) en regardant les données globales et les données stratifiées par tertile de consommation de produits

biologiques a été estimée grâce à des modèles de régression linéaire ajustés sur le test de Dunnett. Pour toutes ces analyses, les modèles étaient ajustés sur l'âge, le sexe et l'énergie et la contribution de produits biologiques dans le régime prise en variable continue. Cet ajustement a permis de prendre en compte le fait qu'au sein du même tertile de consommation de produits biologiques, le niveau de consommation pouvait être différent selon le quintile de score provégétarien (cf. **tableau 3**).

Enfin, pour toutes ces analyses, le logarithme des variables d'indicateurs environnementaux a été calculé pour améliorer la normalité de la distribution des variables. Les résultats présentés sont des moyennes ajustées avec les intervalles de confiance à 95% associés.

Toutes les analyses statistiques ont été considérées comme significatives pour une p-value égale à 0,05 et ont été réalisées sur le logiciel SAS 9.4 software (SAS Institute Inc., Cary, NC, USA).

III) Résultats et interprétations

1) Caractéristiques sociodémographiques et état nutritionnel de la cohorte étudiée

Les quintiles de score provégétarien et les tertiles de niveau de consommation d'aliments d'origine biologique dans le régime ont été croisés. Les moyennes du score provégétarien et du ratio de produits biologiques dans le régime total pour les quinze groupes sont exposées dans le **tableau 3**. Les moyennes du score provégétarien et du ratio de produits biologiques dans le régime sont homogènes au sein des tertiles (T) de niveau de consommation de produits biologiques et des quintiles (Q) de score provégétarien excepté pour le T3 de niveau de consommation de produits biologiques (de 0,54 à 0,70) et le Q5 de score provégétarien (de 43 à 45,3). Plus particulièrement, le 15^{ème} groupe (Q5 du score provégétarien x T3 contribution d'aliments d'origine biologique) inclut des participants particulièrement consommateur de produits d'origine végétale et de produits biologiques comparé aux autres participants du Q5 de score provégétarien et du T3 de niveau de consommation de produits biologiques. Il est important de noter que ce 15^{ème} groupe se démarque.

| | | Tertile de la contribution d'aliments d'origine biologique dans le régime ¹ | | | |
|---------------------------------|----|--|------|------|------|
| | | T1 | T2 | T3 | |
| Quintile de score provégétarien | Q1 | N | 2981 | 2122 | 1013 |
| | | Ratio de bio (moyenne) | 0,03 | 0,22 | 0,54 |
| | | Score provégétarien (moyenne) | 27,3 | 27,4 | 27,7 |
| | Q2 | N | 3314 | 2970 | 1861 |
| | | Ratio de bio (moyenne) | 0,03 | 0,23 | 0,57 |
| | | Score provégétarien (moyenne) | 32,6 | 32,6 | 32,7 |
| | Q3 | N | 2482 | 2485 | 2003 |
| | | Ratio de bio (moyenne) | 0,03 | 0,23 | 0,59 |
| | | Score provégétarien (moyenne) | 36,0 | 36,0 | 36,1 |
| | Q4 | N | 1569 | 2061 | 2142 |
| | | Ratio de bio (moyenne) | 0,03 | 0,24 | 0,61 |
| | | Score provégétarien (moyenne) | 38,9 | 38,9 | 39,0 |
| | Q5 | N | 1134 | 1843 | 4462 |
| | | Ratio de bio (moyenne) | 0,04 | 0,24 | 0,70 |
| | | Score provégétarien (moyenne) | 43,0 | 43,6 | 45,3 |

¹ La contribution d'aliments d'origine biologique dans le régime a été calculée en divisant la consommation totale de produits d'origine biologique par la consommation totale, en gramme par jour.

Tableau 3 : Moyennes du score provégétarien et de la contribution d'aliments d'origine biologique dans le régime par quintile de score provégétarien et de la contribution d'aliments d'origine biologique dans le régime.

Les caractéristiques sociodémographiques et les habitudes de vie des participants par quintile de score provégétarien sont présentées dans le **tableau 4**. Tout d'abord, les sexes sont également distribués dans chaque quintile. Un plus grand score provégétarien est lié à un plus haut niveau d'éducation, une pratique d'une activité physique plus importante et une plus grande part de non-fumeurs et de non-consommateurs d'alcool. Aussi, le Q5 montre la plus grande proportion de participants avec un faible revenu mensuel (<900 euros/mois) et vivant dans une zone urbaine de plus de 200 000 habitants alors que le Q4 inclut la plus grande proportion de participants aux revenus élevés (>2700 euros/mois) et vivant dans une grande zone urbaine. Comme attendu, la plus grande proportion de végétariens est présente dans le Q5 (8.3% dans Q5 versus 0.2% dans Q1).

| | Q1 | Q2 | Q3 | Q4 | Q5 | P-trend* |
|---|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|----------|
| N (%) | 17,8 | 23,6 | 20,2 | 16,8 | 21,6 | |
| Score provégétarien | | | | | | |
| Moyenne | 27,4 (2,5) | 32,6 (1,1) | 36,0 (0,8) | 38,9 (0,8) | 44,5 (3,5) | <0,0001 |
| Médiane (EI) | 28 (3) | 33 (2) | 36 (2) | 39 (2) | 44 (2) | |
| Sexe (%) | | | | | | |
| Femme | 75,8 | 75,5 | 75,2 | 75,3 | 76,0 | 0,81 |
| Age (an) | 52,0 (14,0) | 53,0 (14,1) | 53,5 (14,0) | 54,5 (13,6) | 53,4 (14,1) | <0,0001 |
| Niveau d'études (%) | | | | | | |
| Primaire | 21,6 | 21,5 | 21,5 | 21,0 | 19,1 | <0,0001 |
| Secondaire | 15,9 | 15,4 | 14,3 | 13,8 | 14,1 | |
| Post-secondaire | 62,5 | 63,1 | 64,1 | 65,2 | 66,8 | |
| Revenu mensuel par unité de consommation (%) | | | | | | |
| Non déclaré | 5,8 | 6,2 | 6,3 | 5,7 | 7,1 | 0,01 |
| <900 euros | 7,4 | 6,6 | 6,0 | 6,3 | 8,7 | |
| 900-1200 euros | 5,2 | 4,4 | 4,6 | 4,4 | 4,7 | |
| 1200-1800 euros | 24,2 | 23,1 | 23,6 | 22,1 | 22,4 | |
| 1800-2700 euros | 27,3 | 27,7 | 26,7 | 27,7 | 26,9 | |
| >2700euros | 30,1 | 31,9 | 32,9 | 33,7 | 30,3 | |
| Lieu de vie (%) | | | | | | 0,11 |
| Milieu rural | 22,9 | 23,2 | 22,3 | 20,7 | 22,3 | |
| Ville de moins de 20 000 habitants | 16,1 | 15,4 | 15,7 | 15,0 | 15,2 | |
| Ville de 20 000-200 000 habitants | 17,8 | 18,5 | 18,4 | 18,8 | 19,0 | |
| Ville de plus de 200 000 habitants | 43,2 | 42,9 | 43,6 | 45,6 | 43,5 | |
| Activité physique (%) | | | | | | |
| Non renseigné | 11,6 | 11,5 | 10,9 | 10,3 | 9,9 | <0,0001 |
| Faible | 22,9 | 21,7 | 19,5 | 17,4 | 15,2 | |
| Modéré | 35,3 | 36,3 | 37,2 | 37,2 | 37,2 | |
| Elevé | 30,2 | 30,5 | 32,4 | 35,1 | 37,6 | |
| Statut tabagique (%) | | | | | | |
| Non-fumeur | 48,6 | 48,5 | 48,4 | 48,6 | 49,3 | 0,04 |
| Ancien fumeur | 13,3 | 11,6 | 11,2 | 9,7 | 9,0 | |
| Fumeur | 38,0 | 39,8 | 40,5 | 41,7 | 41,7 | |
| Consommation d'alcool (%) | | | | | | <0,0001 |
| Abstinentes | 4,9 | 4,8 | 5,2 | 4,6 | 7,9 | |
| Consommateur modéré † | 83,5 | 86,0 | 86,1 | 88,0 | 85,8 | |
| Fort consommateur ‡ | 11,6 | 9,2 | 8,7 | 7,4 | 6,4 | |
| Régime (%) | | | | | | <0,0001 |
| Végétariens | 0,18 | 0,39 | 0,83 | 1,46 | 8,27 | |
| Végétaliens | 0,00 | 0,01 | 0,04 | 0,12 | 5,28 | |

*Abréviations : EI : écart interquartile, Q : quintile de score provégétarien. Les valeurs présentées sont des moyennes (écart-type) ou de pourcentages. *Valeurs obtenues par test du χ^2 de Mantel-Haenszel ou par test de contraste linéaire. † Consommateur modéré : <20g/j et fort consommateur : >20g/j >30g/j respectivement pour les femmes et les hommes.*

Tableau 4 : Caractéristiques sociodémographiques et habitude de vie des participants par quintile de score provégétarien, N= 34 442, étude *Bionutrinet*, 2014.

Les caractéristiques sociodémographiques et les habitudes de vie des participants ayant un régime riche en produits d'origine végétale ont été étudiées dans d'autres cohortes. Les végétariens et végétaliens présentent aussi des habitudes vie saines : une activité sportive régulière, l'absence/ rareté de consommation d'alcool et de tabac (38). Concernant les caractéristiques sociodémographiques, une cohorte de l'étude nationale sur la consommation alimentaire des néerlandais et la cohorte EPIC (European Prospective Investigation into Cancer and Nutrition) d'Oxford inclut des végétariens présentant des caractéristiques sociodémographiques similaires avec un niveau d'études plus élevé (sauf pour les végétaliens masculins dans la cohorte EPIC), et plus souvent urbains que les omnivores (39,40). En revanche les végétariens et végétaliens de la cohorte néerlandaise appartenait à un niveau socio-économique plus élevé et ceux de la cohorte EPIC étaient plus jeunes (39,40).

Les **tableaux 5 et 6** présentent les consommations alimentaires et les apports en nutriments des participants par quintile de score provégétarien. Par construction, la consommation de produits d'origine animale diminue et la consommation de produits d'origine végétale augmente à travers les quintiles de score provégétarien. Le Q5 regroupe les participants consommant le moins de fast-food (hamburger, pizza et sandwich), de sucreries et d'alcool mais plus d'extras alimentaires (sauces, popcorn, graines oléagineuses). Concernant les nutriments, un score provégétarien élevé était associé à un apport protéique d'origine animale plus faible mais d'origine végétale plus élevé (50,5% dans Q5 contre 22,2% dans Q1), un apport en acides gras polyinsaturés et monoinsaturés plus élevé ainsi qu'un moindre apport en acides gras saturés et un ratio n-6/n-3 plus élevé. La consommation de glucides et de fibres augmentent au travers des quintiles. Considérant les micronutriments, la consommation de fer total augmente au fil des quintiles alors que le fer héminique diminue. Comme attendu, les participants du Q5 présentent les plus fortes consommations pour la plupart des micronutriments (β -carotène, vitamine B1, B6, B9, C, E et K et Mg, K et Mn). Considérant les deux scores nutritionnels, le mPNNS-GS et le PANDiet, les participants du Q5 présentent une alimentation plus en adéquation avec les recommandations nutritionnelles françaises.

Les participants inclus dans le Q5 montrent également le niveau de consommation de produits biologiques le plus élevé, représentant plus de 50% en moyenne de leur consommation totale. Cependant, l'écart interquartile est important, ce qui suggère une hétérogénéité au sein de ce groupe concernant la consommation de produits bio. Ce résultat est validé par le **tableau 3**

qui montre que pour les participants du Q5 le niveau de consommation de produits biologiques varie de 4% à 70% selon les tertiles de consommation de produits biologiques.

| | Q1 | Q2 | Q3 | Q4 | Q5 | P-trend* |
|---|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|----------|
| Energie sans la consommation d'alcool (kcal/j) | 2218,8 (638,5) | 1969,9 (597,1) | 1885,6 (614,0) | 1868,2 (599,6) | 1982,9 (613,6) | <0,0001 |
| Protéines (%) | 20,7 (3,6) | 19,5 (3,3) | 18,5 (3,2) | 17,5 (2,9) | 15,6 (2,9) | <0,0001 |
| Protéines végétales (% protéines) | 22,2 (6,3) | 27,0 (7,3) | 31,3 (8,3) | 36,1 (9,3) | 50,5 (17,9) | <0,0001 |
| Protéines animales (% protéines) | 77,8 (6,3) | 73,0 (7,3) | 68,8 (8,3) | 63,9 (9,3) | 49,5 (17,9) | <0,0001 |
| Lipides (%) | 41,2 (6,4) | 40,2 (6,7) | 39,8 (7,1) | 39,9 (7,2) | 40,2 (7,5) | <0,0001 |
| Lipides de source végétale (% de lipides) | 34,4 (10,4) | 40,7 (10,8) | 46,1 (11,5) | 51,2 (12,0) | 63,3 (15,0) | <0,0001 |
| Lipides de source animale (% de lipides) | 65,6 (10,4) | 59,3 (10,8) | 53,9 (11,5) | 48,8 (12,0) | 36,7 (15,0) | <0,0001 |
| AGPI (%) | 5,6 (1,7) | 6,1 (2,0) | 6,4 (2,3) | 6,9 (2,4) | 8,3 (3,0) | <0,0001 |
| AGMI (%) | 15,4 (3,2) | 15,5 (3,6) | 15,8 (4,0) | 16,2 (4,2) | 17,1 (4,6) | <0,0001 |
| AGS (%) | 17,0 (3,5) | 15,6 (3,1) | 14,6 (3,1) | 13,8 (3,0) | 12,0 (3,1) | <0,0001 |
| Omega 3 (%) | 2,0 (0,9) | 2,2 (1,0) | 2,3 (1,1) | 2,5 (1,2) | 3,0 (1,6) | <0,0001 |
| Omega 6 (%) | 10,9 (3,0) | 12,1 (3,5) | 13,0 (3,9) | 14,0 (4,0) | 16,8 (5,1) | <0,0001 |
| Ratio n-6/n-3 | 6,3 (2,7) | 6,5 (3,0) | 6,6 (3,1) | 6,5 (3,1) | 6,7 (3,3) | <0,0001 |
| Glucides (%) | 35,3 (7,1) | 37,5 (7,2) | 39,0 (7,2) | 40,0 (7,3) | 41,9 (7,6) | <0,0001 |
| Fibres (%) | 1,7 (0,5) | 2,0 (0,6) | 2,2 (0,6) | 2,5 (0,7) | 3,0 (0,8) | <0,0001 |
| Alcool (g/j) | 9,9 (14,8) | 8,9 (12,6) | 8,5 (13,2) | 7,95 (10,7) | 7,17 (10,3) | <0,0001 |
| Consommation (g/j) [†] | | | | | | |
| Fruits et légumes | 424,4(301,7) | 564,3 (314,9) | 660,6 (346,0) | 734,8 (354,1) | 881,7 (420,0) | <0,0001 |
| Viande | 165,3 (85,4) | 139,4 (65,8) | 123,3 (60,2) | 109,2 (54,2) | 71,9 (54,8) | <0,0001 |
| Ruminant (%) | 36,0 (15,7) | 35,4 (16,0) | 35,3 (15,9) | 34,2 (16,4) | 32,1 (18,1) | <0,0001 |
| Porc (%) | 42,1 (15,9) | 41,8 (16,2) | 41,1 (16,6) | 41,4 (17,4) | 40,8 (19,9) | <0,0001 |
| Volaille (%) | 20,7 (13,9) | 21,4 (14,5) | 22,1 (15,5) | 22,9 (16,1) | 25,5 (19,3) | <0,0001 |
| Lapin (%) | 1,2 (2,4) | 1,4 (2,7) | 1,5 (2,7) | 1,5 (2,6) | 1,6 (3,7) | <0,0001 |
| Œufs | 13,5 (15,2) | 11,2 (11,7) | 10,1 (10,8) | 9,4 (9,8) | 8,4 (11,0) | <0,0001 |
| Poissons | 53,6 (56,3) | 49,3 (39,1) | 47,1 (39,8) | 45,4 (34,3) | 37,4 (38,0) | <0,0001 |
| Produits laitiers | 320,6(248,1) | 265,7 (209,3) | 227,6 (184,4) | 185,5 (161,0) | 112,1 (145,0) | <0,0001 |
| Féculets | 159,9 (82,4) | 179,1 (86,7) | 189,8 (89,1) | 194,6 (91,4) | 213,1 (110,6) | <0,0001 |
| Produits complets | 33,3 (54,2) | 47,0 (62,0) | 54,0 (62,4) | 63,7 (68,0) | 84,1 (81,7) | <0,0001 |
| Soja | 1,1 (54,2) | 8,5 (61,7) | 16,2 (76,8) | 27,2 (97,7) | 70,6 (140,7) | <0,0001 |
| Fast-food | 38,7 (48,1) | 36,1 (31,6) | 33,9 (33,1) | 32,7 (29,0) | 27,3 (24,2) | <0,0001 |
| Extra alimentaire | 11,7 (12,9) | 13,8 (12,5) | 15,4 (14,7) | 16,7 (15,8) | 19,4 (17,8) | <0,0001 |
| Sucreries | 80,6 (60,6) | 77,3 (52,6) | 74,0 (46,3) | 69,7 (41,2) | 61,9 (39,1) | <0,0001 |
| Huile | 8,9 (12,2) | 13,0 (12,5) | 15,8 (13,3) | 18,3 (14,1) | 22,7 (15,5) | <0,0001 |
| Beurre | 8,6 (7,9) | 7,4 (6,7) | 6,7 (6,2) | 6,2 (6,1) | 4,5 (5,6) | <0,0001 |
| Autres graisses | 2,4 (4,6) | 2,3 (4,7) | 2,4 (4,8) | 2,1 (3,9) | 2,1 (4,6) | 0 |
| Boissons non alcoolisées | 1570,9 (768,6) | 1600,0 (763,2) | 1590,0 (739,0) | 1607,0 (731,1) | 1591,3 (754,6) | 0,1 |
| Boissons alcoolisées | 180,7(162,6) | 177,7 (142,6) | 174,0 (144,4) | 170,5 (118,5) | 158,1 (114,8) | <0,0001 |
| Niveau de consommation de produits biologiques** | 18,2 (19,8) | 22,5 (22,2) | 26,3 (24,2) | 32,1 (26,4) | 48,2 (30,7) | <0,0001 |
| Médiane | 12 | 17 | 21 | 26 | 48 | |
| Ecart interquartile | 26 | 32 | 36 | 41 | 53 | |
| mPNNS-GS | 7,6 (1,87) | 8,3 (1,73) | 8,6 (1,67) | 8,8 (1,66) | 8,8 (1,68) | <0,0001 |

Les valeurs présentées sont des moyennes (écart-type). *Valeurs obtenues par test de contraste linéaire. [†]Valeurs ajustées sur l'énergie. ** En pourcentage de la consommation totale.

Tableau 5 : Consommation alimentaire des participants par quintile de score provégétarien, N= 34 442, étude *Bionutrinet*, 2014.

| | Q1 | Q2 | Q3 | Q4 | Q5 | P-trend* |
|------------------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|----------|
| Vitamines[†] | | | | | | |
| Rétinol (µg/j) | 769,42 (1530,30) | 667,23 (1052,50) | 590,84 (420,54) | 558,82 (362,70) | 432,86 (353,49) | <0,0001 |
| β-carotène (µg/j) | 2685,90 (2025,9) | 3579,01 (3040,9) | 4175,05 (2459,7) | 4677,09 (2956,2) | 5872,50 (3443,6) | <0,0001 |
| Vitamine B1 (mg/j) | 1,33 (0,40) | 1,35 (0,40) | 1,35 (0,38) | 1,37 (0,38) | 1,48 (0,52) | <0,0001 |
| Vitamine B2 (mg/j) | 2,47 (0,70) | 2,31 (0,61) | 2,20 (0,55) | 2,13 (0,52) | 1,99 (0,51) | <0,0001 |
| Vitamine B3 (mg/j) | 26,61 (8,44) | 26,21 (7,29) | 25,70 (6,68) | 25,64 (6,41) | 24,23 (6,30) | <0,0001 |
| Vitamine B5 (mg/j) | 6,76 (1,65) | 6,54 (1,44) | 6,39 (1,33) | 6,26 (1,23) | 6,06 (1,19) | <0,0001 |
| Vitamine B6 (mg/j) | 1,91 (0,50) | 1,96 (0,47) | 1,99 (0,46) | 2,04 (0,46) | 2,17 (0,56) | <0,0001 |
| Vitamine B9 (µg/j) | 317,56 (122,44) | 359,11 (123,69) | 385,77 (116,52) | 410,20 (123,12) | 482,06 (157,47) | <0,0001 |
| Vitamine B12 (µg/j) | 8,69 (9,07) | 7,67 (6,41) | 6,96 (3,14) | 6,57 (2,77) | 5,23 (2,93) | <0,0001 |
| Vitamine C (mg/j) | 104,49 (70,41) | 126,24 (70,54) | 141,66 (81,21) | 151,66 (78,85) | 174,60 (90,83) | <0,0001 |
| Vitamine D (µg/j) | 3,55 (2,22) | 3,24 (1,63) | 3,08 (1,70) | 2,97 (1,47) | 2,54 (1,63) | <0,0001 |
| Vitamine E (mg/j) | 9,66 (4,36) | 11,59 (4,37) | 12,74 (4,63) | 13,76 (4,63) | 16,44 (5,67) | <0,0001 |
| Vitamine K (µg/j) | 142,59 (122,15) | 187,11 (143,88) | 217,57 (140,31) | 244,35 (205,46) | 310,09 (201,96) | <0,0001 |
| Minéraux[†] | | | | | | |
| Ca (mg/j) | 1171,79 (391,13) | 1094,13 (328,91) | 1044,33 (304,12) | 997,75 (282,32) | 915,37 (261,10) | <0,0001 |
| Fe (mg/j) | 14,23 (3,78) | 14,92 (3,44) | 15,25 (3,25) | 15,83 (3,40) | 17,36 (4,00) | <0,0001 |
| Fer héminique (mg/j) | 1,97 (1,62) | 1,68 (0,85) | 1,50 (0,75) | 1,36 (0,67) | 0,94 (0,65) | <0,0001 |
| I (µg/j) | 160,20 (280,37) | 177,08 (211,47) | 193,07 (275,48) | 203,11 (309,02) | 329,66 (710,17) | <0,0001 |
| Mg (mg/j) | 444,43 (138,26) | 470,93 (134,19) | 482,83 (130,29) | 502,58 (132,78) | 540,85 (140,23) | <0,0001 |
| P (mg/j) | 1550,19 (315,86) | 1471,20 (270,59) | 1420,12 (255,63) | 1379,49 (238,06) | 1322,24 (234,55) | <0,0001 |
| K (mg/j) | 3508,30 (840,07) | 3645,63 (825,93) | 3726,91 (831,23) | 3802,52 (835,48) | 3961,31 (904,80) | <0,0001 |
| Na (mg/j) | 2739,20 (592,86) | 2641,56 (492,86) | 2570,26 (491,03) | 2515,43 (475,96) | 2290,61 (550,78) | <0,0001 |
| Cu (mg/j) | 1,74 (1,48) | 1,90 (1,09) | 1,98 (0,58) | 2,10 (0,54) | 2,38 (0,62) | <0,0001 |
| Zn (mg/j) | 13,98 (3,13) | 13,30 (2,60) | 12,81 (2,31) | 12,52 (2,19) | 11,85 (2,23) | <0,0001 |
| Mn (mg/j) | 3,65 (1,93) | 4,40 (1,95) | 4,84 (1,91) | 5,32 (2,01) | 6,53 (2,47) | <0,0001 |
| Se (µg/j) | 83,19 (26,28) | 80,68 (20,30) | 78,94 (20,02) | 78,04 (18,69) | 75,43 (19,51) | <0,0001 |
| PANDiet (moyenne) | 62,43 (5,13) | 64,90 (5,99) | 66,37 (6,72) | 67,99 (7,07) | 71,12 (7,13) | <0,0001 |

*Les valeurs présentées sont des moyennes (écart-type). *Valeurs obtenues par test de contraste linéaire. †Valeurs ajustées sur l'énergie.*

Tableau 6: Apports en nutriments des participants par quintile de score provégétarien, N= 34 442, étude *Bionutrinet*, 2014.

L'état nutritionnel des individus ayant un régime riche en produits d'origine végétale a été largement étudié récemment au vu de l'augmentation de ces profils alimentaires. Ces études sont intéressantes à ajouter à notre réflexion car ces données, portant sur les concentrations sanguines ou plasmatiques, sont plus pertinentes pour caractériser le statut nutritionnel des participants. Les végétariens et végétaliens présentent tout d'abord une plus faible concentration sanguine en fer alors que leur prise alimentaire se révèle plus élevée dans notre étude. Cela s'explique par le fait que le fer présent dans les produits d'origine végétale est sous forme non héminique, moins biodisponible, et que ces aliments contiennent des inhibiteurs d'absorption du fer (41). Dans notre étude, les plus gros consommateurs de produits d'origine animale (1^{ers} quintiles) présentent logiquement de plus forts apports en calcium, rétinol, en vitamine B12 et B3. Le faible apport en calcium pour les végétaliens entraîne un risque significativement plus important de fractures et d'ostéoporose (42,43). Les végétariens et végétaliens consomment plus de produits riches en vitamine E, comme le montre nos données alimentaires, mais du fait de l'activité oxydante de la vitamine E pour les acides gras polyinsaturés plus importante chez ces sujets, la concentration sanguine est plus faible (41). En revanche, les végétaliens et végétariens présentent des apports plus importants en fibres, et plus de Mg, vitamine C, B1, B6 (41). Aucune différence n'est mise en évidence pour les vitamines B2 et B5 (41) alors qu'une différence significative a été trouvée dans notre étude en faveur des plus gros consommateurs de produits d'origine animale. En effet, les vitamines B2 et B5 sont principalement apportées par les produits d'origine animale (lait et abats).

Des résultats similaires sur l'état nutritionnel des végétariens et végétaliens ont été trouvés dans d'autres études (44). Ces résultats sont cependant à prendre avec précaution car les apports provenant des compléments alimentaires sont pris en compte.

Plus globalement, les végétariens présentent un meilleur état de santé avec des prévalences de surpoids et d'obésité plus faibles (45,46), un risque plus faible de maladies cardiovasculaires ischémiques (45,47), de diabète (45,48), de maladies diverticulaires (49) et d'hypertension (50). Ces résultats sont à prendre avec du recul car les habitudes de vie plus saines des profils végétariens et végétaliens contribuent grandement à ce meilleur état de santé. De plus, aucune étude sur l'état de santé à long-terme des végétaliens n'a été à ce jour réalisée.

2) Relation entre le score provégétarien et les impacts environnementaux des régimes

Le **tableau 7** présente les moyennes ajustées sur l'âge, le sexe et l'énergie des impacts environnementaux par quintile de score provégétarien. Plus le score provégétarien est élevé, plus les impacts environnementaux des régimes diminuent ($eGES_{Q5vsQ1} = 838/1664 \text{ kCO}_{2eq}/\text{an}$, -49,6%, $P \leq 0,0001$; $CED_{Q5vsQ1} = 4853/6775 \text{ MJ}/\text{an}$, -26,9%, $P \leq 0,0001$; surface occupée $_{Q5vsQ1} = 2420/4138 \text{ m}^2/\text{an}$, -41,5%, $P \leq 0,0001$).

Des résultats similaires concernant les eGES des régimes plus ou moins riche en produits végétaux ont été démontrés dans d'autres études. L'étude de données alimentaires observées sur la cohorte EPIC d'Oxford a révélé qu'un régime riche en produits d'origine animale émettait 50% et 54% plus de GES qu'un régime végétarien respectivement pour les femmes et les hommes (51). L'étude de la cohorte EPIC des Pays-Bas, étudiant des modélisations de substitutions alimentaires, a démontré que la substitution de 35g/j de viande par différents produits d'origine végétale (pommes de terre, pâtes, légumes, noix) pouvait diminuer les eGES du régime de 12% (52). Ces études ont également utilisées la méthode des ACV mais jusqu'à l'étape de distribution. En revanche, le mode de production n'a pas été pris en compte. Enfin, une revue d'études conclut qu'une substitution isocalorique de viande par des féculents, fruits, légumes et noix était bénéfique en termes d'eGES (10).

Ces résultats étaient attendus car l'élevage est le principal contributeur d'eGES (4). L'élevage émet principalement du dioxyde de carbone, du protoxyde d'azote et du méthane à cause de l'épandage, de l'utilisation d'engrais et de pesticides pour la production de nourriture animale et de concentrés, et de la fermentation entérique des ruminants (4). Les eGES sont plus importantes pour les ruminants (c'est à dire bovins, ovins, caprins) en raison de la fermentation entérique, responsable de l'émission de méthane, et d'un plus grand besoin en nourriture et concentrés (9,10). Cette différence d'eGES selon le type de produits animaux se retrouve dans la **figure 5**. Une précédente étude a démontré que le remplacement de la viande de ruminants par de la viande d'animaux monogastriques diminuait les eGES du régime de 20 à 35% (9).

Concernant la DEC des régimes, une revue d'étude incluant 10 études de cohorte ayant étudié les impacts environnementaux sur des données alimentaires observées a montré que les régimes plus pauvres en produits d'origine animale étaient moins coûteux en énergie

non renouvelable (14). Enfin, un modèle de substitution, prenant en compte l'ACV au niveau de l'exploitation, a démontré qu'une diminution de 60% de la consommation quotidienne de viande (remplacée par des produits d'origine végétale) mènerait à une diminution de la DEC jusqu'à 38% (53).

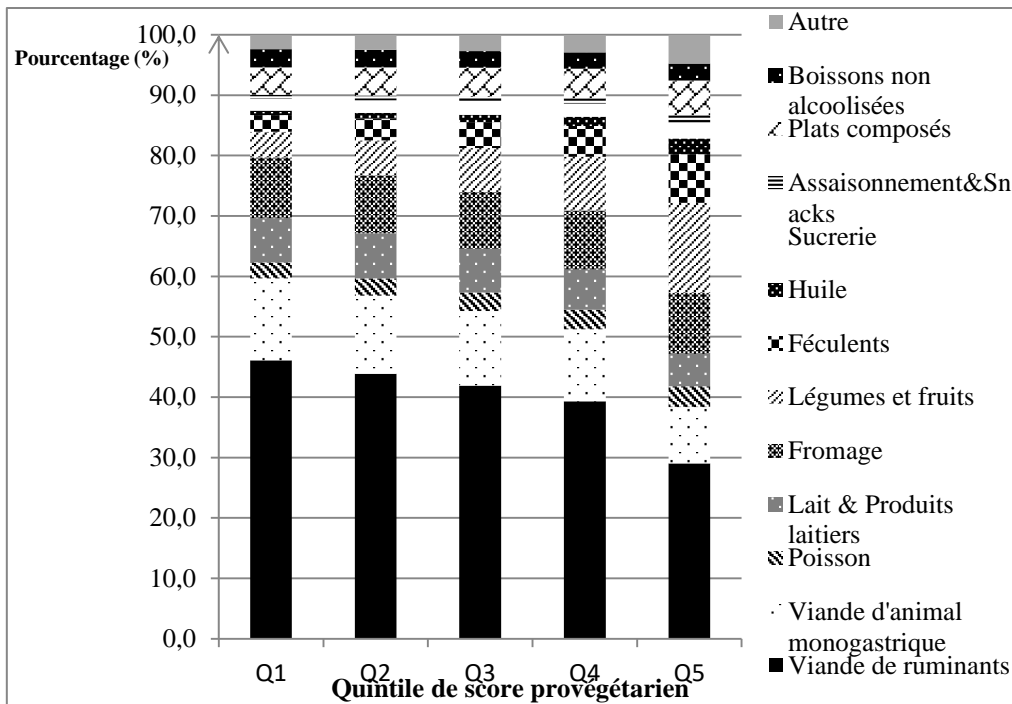
Le domaine de l'élevage est un fort consommateur d'énergie en raison des infrastructures et des équipements, et la production de nourriture animale (4). De plus, la production végétale aurait un rendement énergétique (rapport des calories produites/énergie consommée) plus élevé que la production animale (54).

Enfin, des résultats similaires sur la surface occupée liée au régime ont été montrés. Une revue d'étude incluant 14 études, principalement basée sur des modélisations de substitutions alimentaires, a montré que les régimes végétaliens réduisant jusqu'à 60% et 50% la surface occupée respectivement pour les hommes et les femmes (55). Dans l'étude de cohorte EPIC des Pays-Bas, la substitution de 35g/j de viande par des produits d'origine animale mène à une diminution de 12% de la surface occupée (52).

L'élevage requiert en effet beaucoup de surface pour le pâturage des bêtes et la production de nourriture animale (6).

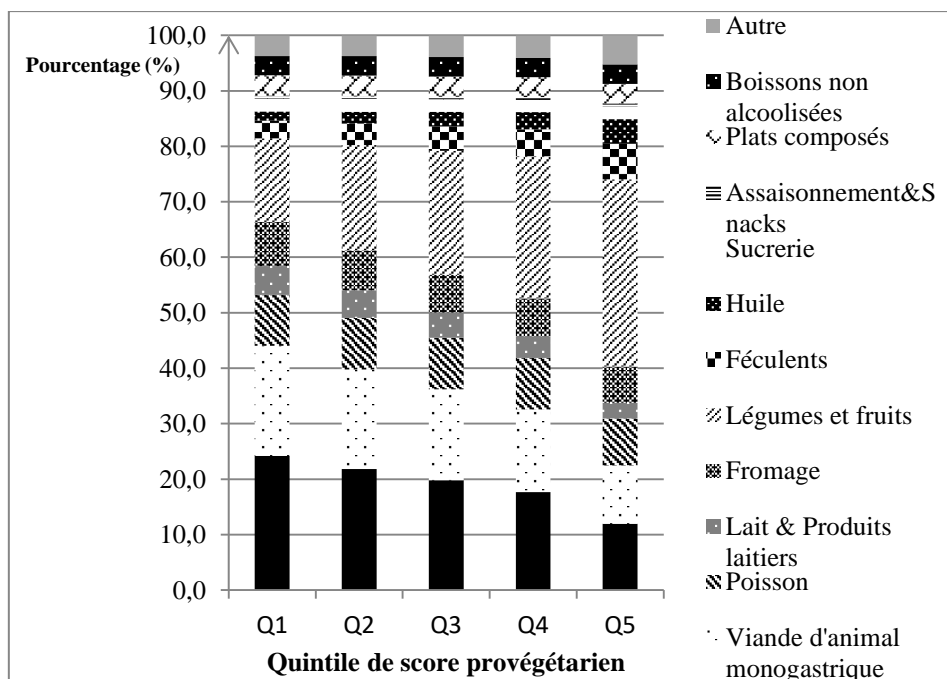
3) Impacts environnementaux par groupe alimentaire

La **figure 5** indique que les produits d'origine animale et plus particulièrement la viande de ruminants sont les principaux contributeurs des eGES des régimes pour tous les quintiles de score provégétarien. Les produits d'origine animale sont responsables pour environ 80% des eGES pour les régimes riches en produits d'origine animale, entre 70 et 80% pour les régimes modérés en produits d'origine animale et environ 60% pour les régimes riches en produits d'origine végétale. Plus précisément, la consommation de viande de ruminants est responsable de plus de la moitié des eGES quel que soit le régime. La **figure 6** montre que la consommation de fruits et légumes est la principale cause de la DEC des régimes (de 15% à 34% à travers les quintiles). A noter que les contributions de viande de ruminant ou de monogastriques sont similaires au sein d'un même quintile. De plus, la contribution des féculents et de l'huile augmente au fil des quintiles, en lien avec une consommation plus importante.



Le groupe « Autre » inclut les produits complets, le soja, les œufs, le beurre, autres graisses et alcool. Les différences d'impacts des groupes alimentaires par quintile sont tous significatives exceptée pour le fromage ($P\text{-trend} < 0.05$).

Figure 5 : Contribution (%) des groupes alimentaires aux émissions de gaz à effet de serre (GES) du régime.



Le groupe « Autre » inclut les produits complets, le soja, les œufs, le beurre, autres graisses et alcool. Les différences d'impacts des groupes alimentaires par quintile sont tous significatives ($P\text{-trend} < 0.05$).

Figure 6 : Contribution (%) des groupes alimentaires à la demande cumulée en énergie du régime.

Le calcul des eGES par groupe alimentaire permet de mettre clairement en évidence que la viande de ruminant est le principal contributeur des eGES quel que soit le régime (qu'il soit riche ou non en produits d'origine animale). En revanche, la contribution à la DEC semble similaire quel que soit le type de viande. La différence de DEC est plus faible entre les espèces comparé aux eGES mais il est cependant montré que la DEC est un peu plus importante pour la production de viande de ruminants (56). L'absence de différence de contribution à la DEC entre ruminant et monogastriques dans nos résultats peut s'expliquer par le fait que la consommation de viande de monogastrique est bien plus importante (60% de la consommation de viande totale).

4) Effet modulateur de la consommation de produits issus de l'agriculture biologique sur les impacts environnementaux des régimes

Le **tableau 7** présente l'association entre le score provégétarien et les impacts environnementaux stratifiés par tertile de consommation de produits biologiques. Considérant les régimes faibles ou modérés en produits d'origine végétale (Q1, Q2 et Q3), le niveau de consommation de produits biologiques ne joue pas significativement sur les impacts environnementaux (eGES: $P_{Q2vsQ1}=0.97$ $P_{Q3vsQ1}=0.28$; DEC: $P_{Q2vsQ1}=0.94$ $P_{Q3vsQ1}=0.10$; Surface occupée $P_{Q2vsQ1}=0.78$ $P_{Q3vsQ1}=0.97$). En revanche, pour les régimes riches en produits d'origine végétale (Q4 et Q5), le niveau de consommation de produits biologiques joue positivement sur les impacts environnementaux des régimes. Pour les régimes riches en produits d'origine végétale (Q4), le niveau de consommation de produits biologiques joue positivement sur les eGES et la DEC et négativement sur la surface occupée ($eGES_{\Delta T3-T1(Q4)/\Delta T3-T1(Q1)} = -186/-176$ kCO_{2eq}/an , -5.7%, $p \leq 0,0001$; $DEC_{\Delta T3-T1(Q4)/\Delta T3-T1(Q1)} = -658/-455$ MJ/an , -44%, $p \leq 0,0001$; $surface\ occupée_{\Delta T3-T1(Q4)/\Delta T3-T1(Q1)} = +86/+264$ m^2/an , -68%, $p = 0,01$). Pour les régimes les plus riches en produits d'origine végétale, le niveau de consommation de produits biologiques a un effet modulateur positif sur tous les impacts environnementaux ($eGES_{\Delta T3-T1(Q5)/\Delta T3-T1(Q1)} = -298/-176$ kCO_{2eq}/an , -69%, $p \leq 0,0001$; $DEC_{\Delta T3-T1(Q5)/\Delta T3-T1(Q1)} = -1059/-455$ MJ/an , -133%, $p \leq 0,0001$; $Surface\ occupée_{\Delta T3-T1(Q5)/\Delta T3-T1(Q1)} = -195/+264$ m^2/an , -173%, $p \leq 0,0001$).

| | Total | | Niveau de consommation de produits biologiques | | | | | | |
|---|----------------------|-------------|--|-------------|----------------------|-------------|----------------------|-------------|---------|
| | | | Faible (0.03) | | Modéré (0.23) | | Élevé (0.63) | | |
| Emissions de gaz à effet de serre (CO2eq/an) | Moyenne ¹ | 95% IC | Moyenne ¹ | 95% IC | Moyenne ¹ | 95% IC | Moyenne ¹ | 95% IC | |
| Q1 score provégétarien | 1664 | [1647;1681] | 1675 | [1653;1697] | 1664 | [1638;1690] | 1499 | [1459;1540] | |
| Q2 score provégétarien | 1479 | [1466;1492] | 1508 | [1490;1526] | 1479 | [1460;1499] | 1365 | [1338;1392] | |
| Q3 score provégétarien | 1324 | [1312;1337] | 1363 | [1344;1382] | 1346 | [1327;1365] | 1222 | [1199;1245] | |
| Q4 score provégétarien | 1180 | [1168;1193] | 1259 | [1237;1282] | 1234 | [1215;1254] | 1073 | [1054;1093] | |
| Q5 score provégétarien | 838 | [830;845] | 1071 | [1049;1093] | 993 | [977;1009] | 773 | [763;783] | |
| P ² interaction | | | | | | | | | <0,0001 |
| P ³ Q1 vs Q2 | | | | | | | | | 0,97 |
| P ³ Q1 vs Q3 | | | | | | | | | 0,28 |
| P ³ Q1 vs Q4 | | | | | | | | | <0,0001 |
| P ³ Q1 vs Q5 | | | | | | | | | <0,0001 |
| Demande cumulée en énergie (MJ/an) | Moyenne ¹ | 95% IC | Moyenne ¹ | 95% IC | Moyenne ¹ | 95% IC | Moyenne ¹ | 95% IC | |
| Q1 score provégétarien | 6775 | [6730;6821] | 6786 | [6722;6850] | 6788 | [6717;6860] | 6331 | [6226;6438] | |
| Q2 score provégétarien | 6366 | [6330;6402] | 6435 | [6380;6492] | 6382 | [6327;6438] | 6036 | [5962;6110] | |
| Q3 score provégétarien | 6019 | [5982;6057] | 6161 | [6099;6224] | 6072 | [6014;6130] | 5694 | [5627;5761] | |
| Q4 score provégétarien | 5707 | [5668;5746] | 5997 | [5921;6074] | 5881 | [5819;5943] | 5339 | [5279;5400] | |
| Q5 score provégétarien | 4853 | [4824;4882] | 5682 | [5598;5767] | 5377 | [5317;5437] | 4623 | [4586;4661] | |
| P ² interaction | | | | | | | | | <0,0001 |
| P ³ Q1 vs Q2 | | | | | | | | | 0,94 |
| P ³ Q1 vs Q3 | | | | | | | | | 0,10 |
| P ³ Q1 vs Q4 | | | | | | | | | <0,0001 |
| P ³ Q1 vs Q5 | | | | | | | | | <0,0001 |
| Surface occupée (m²/an) | Moyenne ¹ | 95% IC | Moyenne ¹ | 95% IC | Moyenne ¹ | 95% IC | Moyenne ¹ | 95% IC | |
| Q1 score provégétarien | 4138 | [4096;4180] | 3995 | [3937;4053] | 4231 | [4162;4302] | 4259 | [4151;4369] | |
| Q2 score provégétarien | 3746 | [3714;3779] | 3613 | [3565;3662] | 3764 | [3713;3816] | 3888 | [3816;3962] | |
| Q3 score provégétarien | 3412 | [3381;3444] | 3268 | [3218;3319] | 3445 | [3393;3497] | 3512 | [3449;3575] | |
| Q4 score provégétarien | 3109 | [3077;3141] | 3019 | [2960;3078] | 3171 | [3118;3224] | 3105 | [3051;3159] | |
| Q5 score provégétarien | 2420 | [2398;2442] | 2566 | [2508;2626] | 2589 | [2544;2635] | 2371 | [2341;2400] | |
| P ² interaction | | | | | | | | | <0,0001 |
| P ³ Q1 vs Q2 | | | | | | | | | 0,78 |
| P ³ Q1 vs Q3 | | | | | | | | | 0,97 |
| P ³ Q1 vs Q4 | | | | | | | | | 0,01 |
| P ³ Q1 vs Q5 | | | | | | | | | <0,0001 |

¹Moyennes ajustées sur l'âge, le sexe et l'énergie obtenues par une ANCOVA pour les données globales et stratifiées. Les P-trend à travers les quintiles de score provégétarien sont toutes égales à $\leq 0,0001$ et obtenues par contraste linéaire. ²P d'interaction entre les quintiles de score provégétarien et le niveau de consommation de produits biologiques. ³P de tendance linéaire des quintiles par rapport au Q1 (quintile de référence). Cela reflète la linéarité de l'écart de différence entre les quintiles à travers les niveaux de consommation de produits biologiques.

Tableau 7: Association entre le score provégétarien et les impacts environnementaux des régimes, pour l'échantillon global et stratifié par niveau de consommation de produits biologiques, étude *Bionutrinet*, 2014.

Ainsi l'introduction de produits issus de l'agriculture biologique dans un régime riche en produits d'origine végétale (Q4 et Q5) a un effet positif sur la réduction des impacts environnementaux des régimes considérant les eGES, la DEC. Les pratiques biologiques ont de nets bénéfices sur les eGES et la DEC concernant les productions végétales car elles interdisent toute utilisation de produits phytosanitaires et de fertilisants synthétiques dont la production émet beaucoup de protoxyde d'azote et de dioxyde de carbone et requiert de l'énergie (57,58). La production et l'épandage des fertilisants azotés représentent environ 37% de l'énergie totale utilisée et la production de pesticides environ 5% (58).

Concernant la surface occupée, la consommation de produits biologiques a un effet négatif pour un régime riche en produits d'origine végétale (Q4) et un effet positif pour un régime très riche en produits d'origine végétale (Q5). Ce premier résultat peut s'expliquer aisément par le fait que les pratiques biologiques amènent à des rendements plus faibles, et demande donc une plus grande surface de production (57,59,60). Ce rendement plus faible s'explique par l'absence d'utilisation d'engrais et de produits phytosanitaires, ce qui limite l'apport en nutriments et facilite l'apparition de maladies (59). De plus, le cycle de production des animaux étant plus long en agriculture biologique, la surface nécessaire pour nourrir les animaux est plus importante (59). L'effet positif de la consommation de produits biologiques pour le régime plus riche en produits d'origine végétale (Q5) semble alors discordant. Celui-ci peut s'expliquer par le fait que le 15^{ème} groupe (**cf. tableau 4**) se démarque des autres groupes du Q5 de score provégétarien avec un score provégétarien encore plus élevé (45.3 contre 43 et 43.6). La consommation plus importante de produits d'origine végétale, requérant moins de surface que les produits d'origine animale, diminuerait donc de façon importante la surface occupée effaçant l'effet négatif de la consommation de produits biologiques. De plus, les graines et les légumineuses, plus consommées dans le Q5, sont produites de manière plus efficace que les fruits et légumes (61). Cela diminuerait l'effet négatif de la consommation de produits biologiques sur la surface occupée. Les conclusions sur le rendement de l'agriculture biologique devraient tout de même être nuancées car l'amélioration des techniques et les nouvelles variétés de cultures pourraient dans le futur effacer la différence de rendement entre l'agriculture biologique et conventionnelle (14).

L'absence d'effets de la consommation de produits biologiques sur les impacts environnementaux pour les régimes pauvres ou modérés en produits d'origine végétale (Q1, Q2 et Q3) soulève plusieurs hypothèses.

Tout d'abord, le mode de production (conventionnel ou biologique) ne joue pas sur les eGES provenant de la production de bovins viande ou lait (59). De plus, les eGES des productions de volailles et de porcs peuvent être plus importantes en agriculture biologique qu'en agriculture conventionnelle en raison d'une production de nourriture animale plus importante. En effet, le cycle de vie de l'animal est plus long et la croissance est plus lente en raison d'un coefficient de conversion de la nourriture plus faible (59). Aussi, l'élevage porcin dans les fermes biologiques peut amener à des émissions de protoxyde d'azote plus important dû à l'utilisation de litière de paille (58). Néanmoins, les différences entre ces deux systèmes de production ne sont pas claires et de plus amples recherches sont nécessaires (62). Globalement, l'élevage biologique émet moins de GES que l'élevage conventionnel lorsque les GES sont exprimés par unité de surface et aucune conclusion claire n'a émergé lorsque les GES sont exprimés par kg de produit (62). Ainsi, les eGES des régimes plus riches en produits d'origine animale ne seraient pas impactés significativement par la consommation de produits biologiques

Concernant la demande cumulée en énergie, les pratiques biologiques ont un effet positif comme vu précédemment. Cela devrait donc diminuer également les impacts des régimes riches en produits animaux, prenant en compte les impacts de la production de nourriture animale et de concentrés. Cependant, certaines études démontrent que la demande cumulée en énergie pouvait être jusqu'à 40% supérieure en élevage biologique que conventionnel pour la production de porcs (57,58). Cela peut encore s'expliquer par un cycle de production plus long et en particulier un besoin plus important en nourriture.

Enfin, les pratiques agricoles sont reconnues pour demander plus de surfaces en raison de rendements plus faibles. Pourtant, la surface occupée n'est pas significativement différente selon le niveau de consommation des produits biologiques pour les régimes riche en produits d'origine animale. Ce résultat inattendu peut s'expliquer par le fait que le niveau de consommations de produits biologiques n'est pas assez élevé dans ces régimes pour que l'effet de la consommation de produits biologiques devienne significatif. Aussi, la différence de rendements entre les deux systèmes de production est plus marquée pour les productions végétales.

5) Limites et forces de l'étude

Cette étude présente certaines limites. L'extrapolation de ces résultats à la population globale semble limitée car les participants de *Bionutrinet* sont particulièrement intéressés par la nutrition et l'alimentation. Les données de consommation ne sont donc pas représentatives de la consommation moyenne du pays. De plus, des personnes présentant un niveau de consommation de produits issus de l'agriculture biologique aussi élevée (70%) semble rare et une surestimation est probable. Aussi, les conditions climatiques et environnementales (type de sol, biodiversité...) peuvent significativement modifier les impacts environnementaux au sein d'un même système de production (59). D'autres indicateurs environnementaux auraient été intéressants à considérer pour appréhender l'impact environnemental des régimes comme l'épandage des nitrates, la qualité biologique du sol ou l'utilisation de l'eau. De plus, les données ne prenaient en compte ni l'origine ni la saisonnalité des produits achetés et l'ACV est limitée au niveau de l'exploitation.

Cependant, cette étude présente des forces notables. C'est à notre connaissance la première étude sur les impacts environnementaux des régimes prenant en compte le mode production des aliments. Elle est basée sur une large cohorte, ce qui permet de couvrir un large panel de comportements alimentaires, et sur des données alimentaires et environnementales précises. Le score provégétarien présente également des avantages en comparaison à d'autres scores alimentaires, couramment utilisés comme le score méditerranéen. En effet, même si le régime méditerranéen comprend la diminution de consommation de produits laitiers et de viande rouge, il recommande également la consommation de poissons dont la production intensive n'est aujourd'hui plus durable (63). Le score provégétarien permet également de se rapprocher du flexitarisme, nouveau concept émergent, qui semble culturellement plus acceptable et plus pertinent au niveau nutritionnel.

IV) Conclusion et perspectives

Pour conclure, les trois indicateurs environnementaux d'intérêts sont inversement associés au score provégétarien quel que soit le niveau de consommation de produits biologiques. Ainsi, les régimes les plus riches en produits d'origine végétale sont les plus respectueux de l'environnement. La consommation de produits biologiques a un rôle positif sur les eGES et la DEC des régimes quand ceux-ci sont riches en produits d'origine végétale. En revanche, les conclusions sur la surface occupée doivent être nuancées.

Comme dit précédemment, il serait intéressant de poursuivre l'évaluation des impacts environnementaux des régimes avec la méthode l'ACV jusqu'à la distribution alimentaire et de prendre en compte d'autres impacts importants (qualité du sol, quantité d'eau utilisée...). Ce thème de travail pourrait amener à terme à inclure la dimension environnementale des régimes dans les recommandations nationales.

Il est aujourd'hui essentiel de considérer l'alimentation sous différents angles pour apporter des solutions durables face aux problématiques actuelles. La construction d'un score de durabilité a été initiée. Ce score vise à estimer la durabilité des régimes des participants de *Bionutrinet* à travers les 4 dimensions de la durabilité (économique, nutritionnel, environnemental, social, culture). Un premier travail a consisté à recueillir différentes composantes de score de durabilité établi dans de précédentes études et à adapter celles-ci aux données de *Bionutrinet*. Ce travail permettra dans le futur de caractériser les comportements alimentaires les plus durables.

Bibliographie

1. La FAO au XXI^e siècle - Assurer la sécurité alimentaire dans un monde en constante évolution [Internet]. [cité 3 juill 2017]. Disponible sur: <http://www.fao.org/docrep/017/i2307f/i2307f.pdf>
2. Biodiversité [Internet]. [cité 4 juill 2017]. Disponible sur: <http://www.fao.org/ag/humannutrition/biodiversity/fr/>
3. Sustainable diets and Biodiversity - Directions and solutions for policy, research and action - i3004e.pdf [Internet]. [cité 7 juin 2017]. Disponible sur: <http://www.fao.org/docrep/016/i3004e/i3004e.pdf>
4. Tackling Climate Change through Livestock: A global assessment of emissions and mitigation opportunities [Internet]. [cité 3 juill 2017]. Disponible sur: <http://www.fao.org/3/i3437e.pdf>
5. World agriculture: towards 2015/2030 [Internet]. [cité 3 juill 2017]. Disponible sur: <http://www.fao.org/3/a-y4252e.pdf>
6. Livestock's long shadow environmental issues and options [Internet]. [cité 7 juin 2017]. Disponible sur: <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/010/a0701e/a0701e.pdf>
7. Garnett T. Where are the best opportunities for reducing greenhouse gas emissions in the food system (including the food chain)? *Food Policy*. janv 2011;36, Supplement 1:S23-32.
8. Westhoek H, Lesschen JP, Rood T, Wagner S, De Marco A, Murphy-Bokern D, et al. Food choices, health and environment: Effects of cutting Europe's meat and dairy intake. *Glob Environ Change*. mai 2014;26:196-205.
9. Hallström E, Carlsson-Kanyama A, Börjesson P. Environmental impact of dietary change: a systematic review. *J Clean Prod*. 15 mars 2015;91:1-11.
10. Perignon M, Vieux F, Soler L-G, Masset G, Darmon N. Improving diet sustainability through evolution of food choices: review of epidemiological studies on the environmental impact of diets. *Nutr Rev*. janv 2017;75(1):2-17.
11. Schwingshackl L, Schwedhelm C, Hoffmann G, Lampousi A-M, Knüppel S, Iqbal K, et al. Food groups and risk of all-cause mortality: a systematic review and meta-analysis of prospective studies. *Am J Clin Nutr*. 6 janv 2017;105(6):1462-73.
12. Colorectal-Cancer-2011-Report [Internet]. [cité 15 juin 2017]. Disponible sur: <http://www.aicr.org/continuous-update-project/reports/Colorectal-Cancer-2011-Report.pdf>
13. Breast Cancer 2010 Report [Internet]. [cité 15 juin 2017]. Disponible sur: <http://www.aicr.org/continuous-update-project/reports/Breast-Cancer-2010-Report.pdf>

14. Reganold JP, Wachter JM. Organic agriculture in the twenty-first century. *Nat Plants*. 3 févr 2016;2:15221.
15. Scialabba N, Hattam C. Organic Agriculture, Environment and Food Security. *Food & Agriculture Org.*; 2002. 264 p.
16. Lotter DW. Organic Agriculture. *J Sustain Agric*. 1 avr 2003;21(4):59-128.
17. Tuck SL, Winqvist C, Mota F, Ahnström J, Turnbull LA, Bengtsson J. Land-use intensity and the effects of organic farming on biodiversity: a hierarchical meta-analysis. *J Appl Ecol*. juin 2014;51(3):746-55.
18. Connor DJ, Mínguez MI. Evolution not revolution of farming systems will best feed and green the world. *Glob Food Secur*. 1:106-13.
19. Kirchmann H, Thorvaldsson G. Challenging targets for future agriculture. *Eur J Agron*. juin 2000;12(3-4):145-61.
20. Schofield WN. Predicting basal metabolic rate, new standards and review of previous work. *Hum Nutr Clin Nutr*. 1985;39 Suppl 1:5-41.
21. Définition - Unité de consommation | Insee [Internet]. [cité 6 juill 2017]. Disponible sur: <https://www.insee.fr/fr/metadonnees/definition/c1802>
22. Hagströmer M, Oja P, Sjöstöm M. The International Physical Activity Questionnaire (IPAQ): a study of concurrent and construct validity. *Public Health Nutr*. sept 2006;9(6):755-62.
23. Hallal PC, Victora CG. Reliability and validity of the International Physical Activity Questionnaire (IPAQ). *Med Sci Sports Exerc*. mars 2004;36(3):556.
24. OMS | Consommation d'alcool [Internet]. WHO. [cité 12 juin 2017]. Disponible sur: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs349/fr/>
25. Kesse-Guyot E, Castetbon K, Touvier M, Hercberg S, Galan P. Relative validity and reproducibility of a food frequency questionnaire designed for French adults. *Ann Nutr Metab*. 2010;57(3-4):153-62.
26. Etude de validation d'un carnet de consommation alimentaire de 7 jours pour l'enquête INCA 2-ENNS [Internet]. [cité 4 juill 2017]. Disponible sur: http://jms.insee.fr/files/documents/2002/368_1-JMS2002_SESSION9_LAFAY-ET-ALII_INCA2_ACTES.PDF
27. Baudry J, Méjean C, Allès B, Péneau S, Touvier M, Hercberg S, et al. Contribution of Organic Food to the Diet in a Large Sample of French Adults (the NutriNet-Santé Cohort Study). *Nutrients*. 21 oct 2015;7(10):8615-32.

28. Table de composition des aliments - NutriNet-Santé, Serge Hercberg [Internet]. [cité 7 juin 2017]. Disponible sur: <https://www.decite.fr/livres/table-de-composition-des-aliments-9782717865370.html>
29. Baudry J, Allès B, Péneau S, Touvier M, Méjean C, Hercberg S, et al. Dietary intakes and diet quality according to levels of organic food consumption by French adults: cross-sectional findings from the NutriNet-Santé Cohort Study. *Public Health Nutr.* mars 2017;20(4):638-48.
30. Verger EO, Mariotti F, Holmes BA, Paineau D, Huneau J-F. Evaluation of a Diet Quality Index Based on the Probability of Adequate Nutrient Intake (PANDiet) Using National French and US Dietary Surveys. *PLOS ONE.* 3 août 2012;7(8):e42155.
31. Solagro [Internet]. [cité 4 juill 2017]. Disponible sur: <http://dialecte.solagro.org/>
32. Agricultural data for Life Cycle Assessments [Internet]. [cité 4 juill 2017]. Disponible sur: <http://library.wur.nl/WebQuery/wurpubs/fulltext/79221>
33. Dia'terre®, l'outil de diagnostic énergie/gaz à effet de serre pour l'exploit... [Internet]. ADEME. [cité 4 juill 2017]. Disponible sur: <http://www.ademe.fr/diaterrer-loutil-diagnostic-energiegaz-a-effet-serre-lexploitation-agricole>
34. Ministère de l'agriculture et de l'alimentation - agreste - La statistique, l'évaluation et la prospective agricole - Statistique agricole annuelle (SAA) [Internet]. [cité 6 juill 2017]. Disponible sur: <http://agreste.agriculture.gouv.fr/donnees-de-synthese/statistique-agricole-annuelle-saa/>
35. de Ponti T, Rijk B, van Ittersum MK. The crop yield gap between organic and conventional agriculture. *Agric Syst.* 1 avr 2012;108:1-9.
36. Martínez-González MA, Sánchez-Tainta A, Corella D, Salas-Salvadó J, Ros E, Arós F, et al. A provegetarian food pattern and reduction in total mortality in the Prevención con Dieta Mediterránea (PREDIMED) study. *Am J Clin Nutr.* juill 2014;100 Suppl 1:320S-8S.
37. Willett WC, Howe GR, Kushi LH. Adjustment for total energy intake in epidemiologic studies. *Am J Clin Nutr.* 4 janv 1997;65(4):1220S-1228S.
38. Mathieu S, Dorard G. Végétarisme, végétalisme, véganisme : aspects motivationnels et psychologiques associés à l'alimentation sélective. *Presse Médicale.* 1 sept 2016;45(9):726-33.
39. Hoek AC, Luning PA, Stafleu A, de Graaf C. Food-related lifestyle and health attitudes of Dutch vegetarians, non-vegetarian consumers of meat substitutes, and meat consumers. *Appetite.* juin 2004;42(3):265-72.
40. Davey GK, Spencer EA, Appleby PN, Allen NE, Knox KH, Key TJ. EPIC—Oxford: lifestyle characteristics and nutrient intakes in a cohort of 33 883 meat-eaters and 31 546 non meat-eaters in the UK. *Public Health Nutr.* juin 2003;6(3):259-68.

41. Schüpbach R, Wegmüller R, Berguerand C, Bui M, Herter-Aeberli I. Micronutrient status and intake in omnivores, vegetarians and vegans in Switzerland. *Eur J Nutr.* févr 2017;56(1):283-93.
42. Erdman JW, MacDonald IA, Zeisel SH. *Present Knowledge in Nutrition: Tenth Edition* [Internet]. Wiley-Blackwell; 2012. Disponible sur: <https://uncch.pure.elsevier.com/en/publications/present-knowledge-in-nutrition-tenth-edition>
43. Thorpe DL, Knutsen SF, Beeson WL, Rajaram S, Fraser GE. Effects of meat consumption and vegetarian diet on risk of wrist fracture over 25 years in a cohort of peri- and postmenopausal women. *Public Health Nutr.* juin 2008;11(6):564-72.
44. Sobiecki JG, Appleby PN, Bradbury KE, Key TJ. High compliance with dietary recommendations in a cohort of meat eaters, fish eaters, vegetarians, and vegans: results from the European Prospective Investigation into Cancer and Nutrition-Oxford study. *Nutr Res N Y N.* mai 2016;36(5):464-77.
45. Appleby PN, Key TJ. The long-term health of vegetarians and vegans. *Proc Nutr Soc.* 2016;75(3):287-93.
46. Dinu M, Abbate R, Gensini GF, Casini A, Sofi F. Vegetarian, vegan diets and multiple health outcomes: A systematic review with meta-analysis of observational studies. *Crit Rev Food Sci Nutr.* 22 nov 2017;57(17):3640-9.
47. Clarys P, Deliens T, Huybrechts I, Deriemaeker P, Vanaelst B, De Keyzer W, et al. Comparison of nutritional quality of the vegan, vegetarian, semi-vegetarian, pesco-vegetarian and omnivorous diet. *Nutrients.* 24 mars 2014;6(3):1318-32.
48. Barnard ND, Katcher HI, Jenkins DJA, Cohen J, Turner-McGrievy G. Vegetarian and vegan diets in type 2 diabetes management. *Nutr Rev.* mai 2009;67(5):255-63.
49. Crowe FL, Appleby PN, Allen NE, Key TJ. Diet and risk of diverticular disease in Oxford cohort of European Prospective Investigation into Cancer and Nutrition (EPIC): prospective study of British vegetarians and non-vegetarians. *BMJ.* 19 juill 2011;343:d4131.
50. Appleby PN, Davey GK, Key TJ. Hypertension and blood pressure among meat eaters, fish eaters, vegetarians and vegans in EPIC-Oxford. *Public Health Nutr.* oct 2002;5(5):645-54.
51. Scarborough P, Appleby PN, Mizdrak A, Briggs ADM, Travis RC, Bradbury KE, et al. Dietary greenhouse gas emissions of meat-eaters, fish-eaters, vegetarians and vegans in the UK. *Clim Change.* 1 juill 2014;125(2):179-92.
52. Biesbroek S, Bueno-de-Mesquita HB, Peeters PHM, Verschuren WM, van der Schouw YT, Kramer GFH, et al. Reducing our environmental footprint and improving our health: greenhouse gas emission and land use of usual diet and mortality in EPIC-NL: a prospective cohort study. *Environ Health Glob Access Sci Source.* 7 avr 2014;13(1):27.

53. Fazeni K, Steinmüller H. Impact of changes in diet on the availability of land, energy demand, and greenhouse gas emissions of agriculture. *Energy Sustain Soc.* 1 déc 2011;1(1):6.
54. Eshel G, Martin PA. Diet, Energy, and Global Warming. *Earth Interact.* 1 avr 2006;10(9):1-17.
55. Organic Agriculture: What is organic agriculture? [Internet]. [cité 12 juin 2017]. Disponible sur: <http://www.fao.org/organicag/oa-faq/oa-faq1/en/>
56. de Vries M, de Boer IJM. Comparing environmental impacts for livestock products: A review of life cycle assessments. *Livest Sci.* mars 2010;128(1-3):1-11.
57. Gomiero T, Pimentel D, Paoletti MG. Environmental Impact of Different Agricultural Management Practices: Conventional vs. Organic Agriculture. *Crit Rev Plant Sci.* 1 janv 2011;30(1-2):95-124.
58. Tuomisto HL, Hodge ID, Riordan P, Macdonald DW. Does organic farming reduce environmental impacts? – A meta-analysis of European research. *J Environ Manage.* 15 déc 2012;112:309-20.
59. Treu H, Nordborg M, Cederberg C, Heuer T, Claupein E, Hoffmann H, et al. Carbon footprints and land use of conventional and organic diets in Germany. *J Clean Prod.* 10 sept 2017;161:127-42.
60. Baroni L, Cenci L, Tettamanti M, Berati M. Evaluating the environmental impact of various dietary patterns combined with different food production systems. *Eur J Clin Nutr.* 11 oct 2006;61(2):279-86.
61. Pimentel D, Pimentel M. Sustainability of meat-based and plant-based diets and the environment. *Am J Clin Nutr.* 9 janv 2003;78(3):660S-663S.
62. Koen Mondelaers, Joris Aertsens, Guido Van Huylenbroeck. A meta-analysis of the differences in environmental impacts between organic and conventional farming. *Br Food J.* 26 sept 2009;111(10):1098-119.
63. Pauly D, Christensen V, Guénette S, Pitcher TJ, Sumaila UR, Walters CJ, et al. Towards sustainability in world fisheries. *Nature.* 8 août 2002;418(6898):689-95.
64. Sjostrom M, Ainsworth B, Bauman A, Bull F, Hamilton-Craig C, Sallis J. Guidelines for data processing analysis of the International Physical Activity Questionnaire (IPAQ) - Short and long forms. 1 janv 2005 [cité 4 juill 2017]; Disponible sur: <https://www.scienceopen.com/document?vid=b223350f-d159-4043-9b48-e2031f210a3c>

Annexe I

Méthode de calcul de l'IPAQ (International Physical Activity Questionnaire)

L'activité physique a été évaluée à l'aide du questionnaire de rappel de sept jours de l'IPAQ. Il se compose de sept questions évaluant la fréquence et la durée des activités d'intensité forte ou modérée et de la marche, ainsi que le temps passé assis au cours d'un jour de semaine en heures ou minutes par semaine. Un indicateur métabolique est alors obtenu en multipliant la durée de chaque type d'activité par semaine par un coût métabolique moyen (Metabolic Equivalent of Task – MET),

Un MET est le rapport du taux métabolique fonctionnel d'une activité divisée par le taux métabolique au repos. Le taux métabolique d'un individu au repos est fixé à 3,5 ml d'oxygène consommé par kilogramme de masse corporelle par minute ou environ 1 kcal/kg/h. Ainsi, les différents niveaux de MET correspondent à 3,3 pour la marche, 4,0 pour une activité physique d'intensité modérée et 8,0 pour une activité physique d'intensité élevée.

Le score alors obtenu (MET x durée de l'activité) est catégorisé dans l'un des trois niveaux d'activité physique :

- Faible: aucune activité physique n'est reportée ou une activité est reportée mais sans atteindre les niveaux d'intensité modérée ou élevée.
- Modéré: trois jours ou plus d'activité intense durant au moins 20 minutes par jour, ou cinq jours ou plus d'activité d'intensité modérée et/ou de marche durant au minimum 30 minutes par jour, ou cinq jours au plus d'activité combinant la marche, des activités d'intensité modérée ou élevée, atteignant au moins 600 MET-minutes/semaine.
- Elevé: activité intense au moins trois jours par semaine et atteignant au moins 1500 MET-minutes/semaine ou sept jours minimum d'activité combinant la marche des activités d'intensité modérée ou élevée, atteignant ainsi au moins 3000 MET-minutes/semaine (64).

Annexe II

Items alimentaires inclus dans le questionnaire de fréquence de consommation de l'étude *Bionutrinet*

| Groupe 33 ¹ | Items du questionnaire de fréquence de consommation | Groupe 16 ² |
|---------------------------|---|-------------------------|
| Légumes | Avocat, artichaut, oignon, ail, champignon, salade verte, carottes, cèleri, tomate, betterave, chou rouge, chou blanc, chou vert, choux de Bruxelles, chou- fleur, brocolis, haricots verts, endive, épinards, concombre, poivron, poireau, fenouil, potiron, navet, petit pois, maïs, algue | Fruits et légumes |
| Soupe | Soupe aux légumes | Fruits et légumes |
| Fruits | Compote, compote sans sucre, fruits au sirop, pomme, poire, agrume, banane, pêche, abricot, melon, cerise, fraise, prune, kiwi, raisin, ananas, mangue, litchi, fruit exotique | Fruits et légumes |
| Jus de fruits | Jus fruit | Fruits et légumes |
| Noix | Fruits secs | Fruits et légumes |
| Poisson | Coquillage, crustacé, poisson pané, poisson gras, poisson migras, poisson maigre | Poisson |
| Viande | Lapin, steak haché, bœuf rôti, côte de bœuf, bœuf braisé, pot au feu, escalope de veau, veau rôti, côte de veau, veau sauté, côte d'agneau, épaule d'agneau, agneau sauté, côte de porc, porc rôti, échine de porc, filet de porc, foie, tripes, viande panée | Viande |
| Viande transformée | Jambon blanc, jambon cru, saucisson, cervelas, mortadelle, pâté, rillettes, lardons, saucisses | Viande |
| Volaille | Dinde, peau de dinde | Viande |
| Œufs | Œuf à la coque, œuf au plat | Œufs |
| Lait | Lait entier, lait demi écrémé, lait écrémé, lait fermenté | Produits laitiers |
| Produits laitiers | yaourt entier, yaourt entier fruit, yaourt demi écrémé, yaourt demi écrémé fruit, yaourt zéro, yaourt zéro fruit, yaourt zéro aspartame, yaourt bifidus, yaourt bifidus fruit, fromage blanc zéro, fromage blanc zéro aspartame, fromage blanc 20, fromage blanc 20 fruit, fromage blanc 40, fromage blanc 40 brebis, fromage blanc 40 chèvre, fromage blanc 40 fruit, petit suisse | Produits laitiers |
| Fromage | fromage fondu, fromage bleu, fromage brie, fromage chèvre, fromage gouda, fromage edam, fromage mozzarella, fromage allégé, fromage frais | Produits laitiers |
| Dessert lactés | Entremet, crème caramel | Produits gras et sucrés |
| Tubercules | salade de pomme de terre, pomme de terre à l'eau, pomme de terre sautées, pomme de terre purée, pomme de terre frites, topinambour | Féculents |
| Pain | Pain blanc, biscotte | Féculents |
| Céréales | Céréales nature, céréales muesli, muesli nature, céréales de son, galette de céréales, semoule, quinoa, riz blanc, pâtes | Féculents |
| Produits complets | Pain complet, pâtes complètes, riz complet, riz sauvage | Produits complets |
| Huile | Huile de tournesol, huile d'olive, huile d'arachide, huile de colza, huile de | Huile |

| | | |
|---------------------------------|---|--------------------------|
| | mais, huile de soja, huile mélangée, huile de noix, huile de noisette, huile de pépins, huile de sésame, huile de coco, huile de lin, huile de carthame | |
| Beurre | Beurre de cuisson, Beurre à tartiner | Beurre |
| Cookies | Viennoiserie, brioche, biscuit sec au chocolat, biscuit sec, petit gâteau | Produits gras et sucrés |
| Boissons non alcoolisées | Café lait, café lait végétal, café noir, chicorée lait, chicorée lait végétal, chicorée nature, chocolat chaud, chocolat chaud végétal, the, infusion, thé lait, thé lait végétal, eau minérale, eau de source, eau du robinet, bière sans alcool, kombucha | Boissons non alcoolisées |
| Soda | Nectar, sirop, soda, soda light | Boissons non alcoolisées |
| Sucrierie | miel confiture, purée oléagineux, Nutella, sucre, édulcorant, Chantilly, chocolat, bonbon, tarte fruits, flan, cake, brownie, gâteau crème, barre chocolat, crêpe sucrée, sorbet, glace, cône, céréales aromatisées | Produits gras et sucrés |
| Fast-food | crêpe salée, quiche, croque-monsieur, pizza, raviolis, sandwich grec, asiatique, hamburger, panini, choucroute, cassoulet | Plats composés |
| Soja | jambon végétal, chorizo végétal, pâté végétal, steak de soja, galettes végétales, tofu, seitan, substitut viande | Soja |
| Assaisonnement | Moutarde, ketchup, sauce tartare, sauce béchamel, sauce pâtes, sauce viande, sauce jus, vinaigrette | Extra-aliment |
| Alcool | Cidre, bière, vin blanc, vin rouge, alcool anise, apéritif, alcool fort, liqueur, digestif, cocktail | Alcool |
| Snacks | gâteau apéritif, chips, popcorn, oléagineux salés, oléagineux non salés | Extra-aliment |
| Levures et graines | Levure de bière, graines, son, germe de blé, graines germées | Féculents |
| Matières grasses | Mayo, crème fraîche, crème fraîche allégée, crème végétale | Autres matières grasses |
| Produits au lait végétal | yaourt soja, fromage frais végétal, fromage végétal soja, fromage végétal sans soja, entremet végétal soja, entremet végétal sans soja, lait de soja | Soja |
| Légumineuses | Légumes secs | Féculents |

¹Les items alimentaires ont été répartis en 33 groupes alimentaires ou 16 groupes alimentaires selon les analyses réalisées.

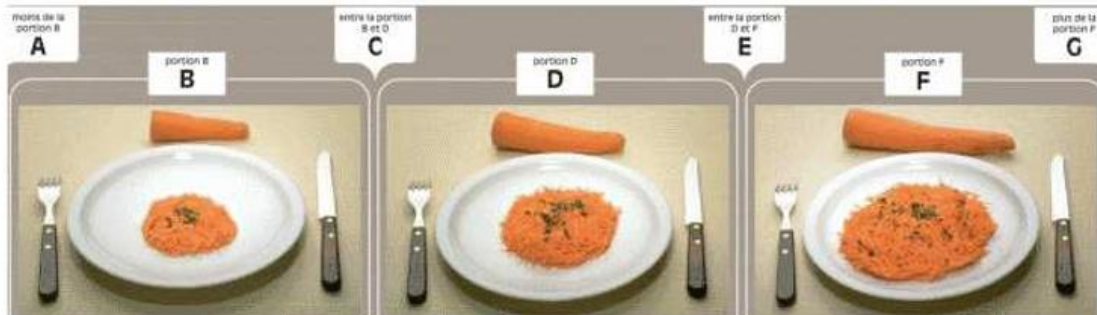
Annexe III

Exemple de présentation des proportions à sélectionner dans le questionnaire de consommation de *Bionutrinet*

Portions légumes

EXEMPLE

Regardez la photo ci-dessous : quand vous mangez des légumes, en général, quelle quantité moyenne en mangez-vous ? Cochez la lettre qui correspond à la portion de légumes que vous mangez en moyenne :



A B C D E F G Je n'en consomme jamais

Annexe IV

Présentation du questionnaire de fréquence de consommation de produits issus de l'agriculture biologique

| <p>1 - Introduction</p> <p>2 - Pains, céréales et sucres</p> <p>3 - Boissons chaudes, lait et yaourts</p> <p>4 - Fromage blanc et entremets</p> <p>5 - Fromages et charcuteries</p> <p>6 - Portions fromages et pâté-rillettes</p> <p>7 - Oeufs et plats garnis</p> <p>8 - Poissons et fruits de mer</p> <p>9 - Portions poissons</p> <p>10 - Viandes et charcuteries chaudes</p> <p>11 - Substituts protéiques</p> <p>12 - Portions viandes</p> | <p>Pains, céréales et sucres</p> <hr/> <p>PAINS ET CEREALES</p> <p>Au cours des 12 derniers mois, à quelle fréquence avez-vous consommé :</p> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|--|--|--------------------------------|--------------|---------------------------|-----------|---------------------------|---|--|--|--------------------------------|----------|---------|--|--|--|--------------------------------|-------------|----------|--|--|--|--------------------------------|--------|--------|---|--|--|--------------------------------|----------|----------|---------------------------------------|--|--|--------------------------------|----------|----------------------|--|--|--|----------------------|--|--|---|--|--|----------------------|--|--|--|--|--|----------------------|--|--|
| | <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>Aide</th> <th>Consommation</th> <th>Nombre de prises</th> <th>Fréquence</th> <th>Le produit était-il bio ?</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>¼ de baguette de pain blanc, 1 tranche de pain de mie (y compris dans les sandwiches)</td> <td></td> <td><input checked="" type="radio"/> Oui <input type="radio"/> Non</td> <td><input type="text" value="2"/></td> <td>Par jour</td> <td>Souvent</td> </tr> <tr> <td>¼ de baguette de pain complet ou aux céréales, 1 tranche de pain complet ou aux céréales (y compris dans les sandwiches)</td> <td></td> <td><input checked="" type="radio"/> Oui <input type="radio"/> Non</td> <td><input type="text" value="3"/></td> <td>Par semaine</td> <td>Toujours</td> </tr> <tr> <td>1 biscotte, 1 petit-grillé ou 1 cracotte</td> <td></td> <td><input checked="" type="radio"/> Oui <input type="radio"/> Non</td> <td><input type="text" value="3"/></td> <td>Par an</td> <td>Jamais</td> </tr> <tr> <td>1 viennoiserie (croissant, pain au chocolat...)</td> <td></td> <td><input checked="" type="radio"/> Oui <input type="radio"/> Non</td> <td><input type="text" value="1"/></td> <td>Par mois</td> <td>Rarement</td> </tr> <tr> <td>1 brioche (individuelle ou 1 tranche)</td> <td></td> <td><input checked="" type="radio"/> Oui <input type="radio"/> Non</td> <td><input type="text" value="8"/></td> <td>Par mois</td> <td>Environ 1/2 du temps</td> </tr> <tr> <td>1 bol (30g) de céréales natures type pétales de blé, de riz, de maïs, riz soufflé, flocons d'avoine...</td> <td></td> <td><input checked="" type="radio"/> Oui <input type="radio"/> Non</td> <td><input type="text"/></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>1 bol (30g) de céréales aromatisées chocolat, fruits, amande, caramel ou glacées type pétales de blé, de riz, de maïs et blé soufflé...</td> <td></td> <td><input checked="" type="radio"/> Oui <input type="radio"/> Non</td> <td><input type="text"/></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>1 bol (30g) de céréales aromatisées chocolat, fruits, caramel, amande type muesli croustillant et céréales fourrées...</td> <td></td> <td><input checked="" type="radio"/> Oui <input type="radio"/> Non</td> <td><input type="text"/></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table> | | Aide | Consommation | Nombre de prises | Fréquence | Le produit était-il bio ? | ¼ de baguette de pain blanc, 1 tranche de pain de mie (y compris dans les sandwiches) | | <input checked="" type="radio"/> Oui <input type="radio"/> Non | <input type="text" value="2"/> | Par jour | Souvent | ¼ de baguette de pain complet ou aux céréales, 1 tranche de pain complet ou aux céréales (y compris dans les sandwiches) | | <input checked="" type="radio"/> Oui <input type="radio"/> Non | <input type="text" value="3"/> | Par semaine | Toujours | 1 biscotte, 1 petit-grillé ou 1 cracotte | | <input checked="" type="radio"/> Oui <input type="radio"/> Non | <input type="text" value="3"/> | Par an | Jamais | 1 viennoiserie (croissant, pain au chocolat...) | | <input checked="" type="radio"/> Oui <input type="radio"/> Non | <input type="text" value="1"/> | Par mois | Rarement | 1 brioche (individuelle ou 1 tranche) | | <input checked="" type="radio"/> Oui <input type="radio"/> Non | <input type="text" value="8"/> | Par mois | Environ 1/2 du temps | 1 bol (30g) de céréales natures type pétales de blé, de riz, de maïs, riz soufflé, flocons d'avoine... | | <input checked="" type="radio"/> Oui <input type="radio"/> Non | <input type="text"/> | | | 1 bol (30g) de céréales aromatisées chocolat, fruits, amande, caramel ou glacées type pétales de blé, de riz, de maïs et blé soufflé... | | <input checked="" type="radio"/> Oui <input type="radio"/> Non | <input type="text"/> | | | 1 bol (30g) de céréales aromatisées chocolat, fruits, caramel, amande type muesli croustillant et céréales fourrées... | | <input checked="" type="radio"/> Oui <input type="radio"/> Non | <input type="text"/> | | |
| | Aide | Consommation | Nombre de prises | Fréquence | Le produit était-il bio ? | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ¼ de baguette de pain blanc, 1 tranche de pain de mie (y compris dans les sandwiches) | | <input checked="" type="radio"/> Oui <input type="radio"/> Non | <input type="text" value="2"/> | Par jour | Souvent | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ¼ de baguette de pain complet ou aux céréales, 1 tranche de pain complet ou aux céréales (y compris dans les sandwiches) | | <input checked="" type="radio"/> Oui <input type="radio"/> Non | <input type="text" value="3"/> | Par semaine | Toujours | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 biscotte, 1 petit-grillé ou 1 cracotte | | <input checked="" type="radio"/> Oui <input type="radio"/> Non | <input type="text" value="3"/> | Par an | Jamais | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 viennoiserie (croissant, pain au chocolat...) | | <input checked="" type="radio"/> Oui <input type="radio"/> Non | <input type="text" value="1"/> | Par mois | Rarement | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 brioche (individuelle ou 1 tranche) | | <input checked="" type="radio"/> Oui <input type="radio"/> Non | <input type="text" value="8"/> | Par mois | Environ 1/2 du temps | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 bol (30g) de céréales natures type pétales de blé, de riz, de maïs, riz soufflé, flocons d'avoine... | | <input checked="" type="radio"/> Oui <input type="radio"/> Non | <input type="text"/> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 bol (30g) de céréales aromatisées chocolat, fruits, amande, caramel ou glacées type pétales de blé, de riz, de maïs et blé soufflé... | | <input checked="" type="radio"/> Oui <input type="radio"/> Non | <input type="text"/> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 bol (30g) de céréales aromatisées chocolat, fruits, caramel, amande type muesli croustillant et céréales fourrées... | | <input checked="" type="radio"/> Oui <input type="radio"/> Non | <input type="text"/> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Annexe V

Composantes du score PANDiet (Probability of adequacy nutrient intake dietary) selon les recommandations françaises (Eric O. Verger et al., 2012).

| PANDiet score | | | |
|---|-------------------------------------|----------------------|------|
| Average of Adequacy and Moderation sub-scores | | | |
| Adequacy Sub-score | | Moderation Sub-score | |
| Item | Reference value | Variability | Ref. |
| Protein | 0,66 g/kg | 12,50% | 26 |
| Total Carbohydrate | 45 % EIEA | 0% | 30 |
| Total Fat | 30 % EIEA | 0% | 27 |
| PUFA | 5 % EIEA | 15% | 27 |
| Fibre | 25 g | 15% | 25 |
| Vitamin A | 615,4 or 461,5 µg | 15% | 25 |
| Thiamin | 1 or 0,8 mg | 15% | 25 |
| Riboflavin | 1,23 or 1,15 mg | 15% | 25 |
| Niacin | 10,8 or 8,5 mg | 15% | 25 |
| Vitamin B-6 | 1,5 or 1,3 mg | 10% | 25 |
| Folate | 235,7 or 214,3 µg | 20% | 25 |
| Vitamin B-12 | 2 µg | 10% | 25 |
| Vitamin C | 85,4 or 85,9 mg | 15% | 25 |
| Vitamin D | 3,8 or 7,7 µg | 15% | 25 |
| Vitamin E | 9,23 mg | 15% | 25 |
| Calcium | 690 or 930 mg | 15% | 25 |
| Magnesium | 5 mg/kg | 10% | 25 |
| Zinc | 9,2 or 8,5 or 7,7 mg | 15% | 25 |
| Phosphorus | 580 mg | 15% | 25 |
| Potassium | 2385 mg | 15% | 28 |
| Iron | based on tables provided by the IoM | | 33 |

| Item | Reference value | Variability | Ref. |
|--------------------|-----------------|-------------|------|
| Protein | 2,2 g/kg | 0% | 26 |
| Total Carbohydrate | 60 % EIEA | 0% | 30 |
| Total Fat | 40 % EIEA | 0% | 27 |
| SFA | 12 % EIEA | 15% | 27 |
| Cholesterol | 300 mg | 15% | 25 |
| Sodium | 2759 or 2365 mg | 15% | 29 |

| Tolerable Upper Intake Limits | | |
|-------------------------------|-----------------|------|
| Item | Reference value | Ref. |
| Retinol | 3000 µg | 25 |
| Niacin | 900 mg | 25 |
| Vitamin B-6 | 25 mg | 25 |
| Folate | 1000 µg | 25 |
| Vitamin C | 500 mg | 25 |
| Vitamin D | 50 µg | 25 |
| Vitamin E | 300 mg | 25 |
| Calcium | 2500 mg | 25 |
| Magnesium | 700 mg | 25 |
| Zinc | 25 mg | 25 |
| Phosphorus | 2500 mg | 25 |
| Iron | 28 mg | 25 |

Annexe VI

Composantes du score PNNS-GS (Programme National Nutrition Santé Guideline Score) selon les recommandations françaises (Estaquio et al, 2009).

| Nutrient | Recommendation | Scoring criteria ^a | 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 |
| | | ≥2 servings/wk | 1 |
| Added fats^b | Limit consumption | Lipids from added fats >16% EI ^c /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 |
| Sweetened foods^b | Limit consumption | Added sugars from sweetened foods ≥15% EI/d | -0.5 |
| | | Added sugars from sweetened foods 10%-15% EI/d | 0 |
| | | Added sugars from sweetened foods <10% EI/d | 1 |
| Beverages | | | |
| Water and soda ^b | Drink water as desired | <1 L water and >250 mL soda/d | 0 |
| | | ≥1 L water and >250 mL soda/d | 0.50 |
| | Limit sweetened beverages: no more than one glass/d | <1 L water and ≤250 mL soda/d | 0.75 |
| | | ≥1 L water and ≤250 mL soda/d | 1 |
| Alcohol | Women ^d advised to drink ≤2 glasses of wine/d and ≤3 glasses/d 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 | 0.8 |
| | | Abstainers and irregular consumers (< once a week) | 1 |
| Salt^b | Limit consumption | >12 g/d | -0.5 |
| | |]10-12] g/d | 0 |
| | |]8-10] g/d | 0.5 |
| | |]6-8] g/d | 1 |
| | | ≤6 g/d | 1.5 |
| Physical activity | At least the equivalent of 30 min of brisk walking/d | [0-30[min/d | 0 |
| | | [30-60[min/d | 1 |
| | | ≥60 min/d | 1.5 |

^aServings per day unless otherwise noted; read brackets as follows: "]x" or "x[": boundary not included, and "[x" and "x]": boundary included.

^bEstablished according to French recommended dietary allowances.

^cEI=total energy intake without alcohol.

^dPregnant women are advised to abstain from all alcohol consumption during the entire duration of their pregnancy.

Annexe VII

Postes pris en compte dans le calcul des émissions de gaz à effet de serre durant la production agricole

| POSTE D'ÉMISSIONS | DONNÉES D'ENQUÊTE | ALLOCATION |
|---|--|--|
| <i>Consommation d'énergies directes</i> | | |
| Énergie directe hors irrigation (Carburants, Gaz, Électricité) | Données à l'échelle de l'exploitation agricole | Allocation au prorata des émissions théoriques des cultures et des bâtiments d'élevage |
| Énergie directe pour l'irrigation (Carburants, Électricité) | Données à l'échelle de l'exploitation agricole | Allocation au prorata des consommations d'eau des cultures |
| <i>Énergies indirectes</i> | | |
| Mise à disposition d'intrants (bâtiments <30ans, mécanisation, plastique, conservateur d'ensilage, produits vétérinaires) | Données à l'échelle de l'exploitation agricole | Allocation aux cultures, au prorata de leur surface |
| Mise à disposition d'engrais et de produits phytosanitaires | Données par culture | Non nécessaire |
| Aliments pour les animaux | Données à l'échelle de l'exploitation agricole | Allocation aux animaux au prorata de leurs consommations en fourrages et concentrés (Annexe 6) |
| Émissions diffuses | | |
| Fermentation entérique | Données par famille d'animaux | |
| Émissions directes de N ₂ O (épandage des engrais azotés et effluents d'élevage (y compris via le pâturage), minéralisation des résidus de culture) | Données par culture | Non nécessaire |
| Émissions indirectes de N ₂ O (via les retombées d'ammoniac volatilisé, le ruissellement et la lixiviation d'azote) | | |
| Stockage de carbone dans les sols | | Non pris en compte |

Annexe VIII
**Postes pris en compte dans le calcul des émissions de la demande en énergie cumulée
durant la production agricole**

| Poste de consommation | Données d'enquête | Allocation |
|--|--|--|
| <i>Énergies directes hors l'irrigation</i> | | |
| Carburants (Fuel, lubrifiants, gazole et essence) Gaz (propane, butane, gaz naturel) Électricité | Données à l'échelle de l'exploitation agricole | Allocation des consommations au prorata des consommations théoriques des productions végétales et des bâtiments d'élevage |
| <i>Énergies directes pour l'irrigation</i> | | |
| Fuel Électricité | Données à l'échelle de l'exploitation agricole | Allocation au prorata de consommations théoriques des cultures, calculées à partir de coefficients de consommations génériques |
| <i>Énergies indirectes</i> | | |
| Produits d'élevage et vétérinaires | | Consommations non prise en compte |
| Mécanisation Bâtiments (<30ans) Bâches plastiques Conservateurs ensilage | Données à l'échelle de l'exploitation agricole | Allocation aux productions végétales, au prorata de leur surface |
| Engrais Produits phytosanitaires | Données par culture | Non nécessaire |
| Aliments pour les animaux | Données à l'échelle de l'exploitation agricole | Allocation entre les animaux au prorata de leurs consommations respectives en fourrages et concentrés |

Annexe IX

Valeurs utilisées pour le calcul des impacts des productions maraichères

| | Sources des valeurs d'impact à l'hectare | Source des valeurs d'impacts |
|--------------------------------------|---|------------------------------|
| <i>Légumes sous serres chauffées</i> | | |
| Tomate AC | Tomate sous serre chauffée AC | Agribalyse® |
| Concombre AC | | |
| <i>Légumes sous abri froid</i> | | |
| Concombres AB | Tomate AC et AB sous abri froid | Adaptation d'Agribalyse® |
| Aubergine | | |
| Poivron | | |
| Mâche | | |
| Fraise | | |
| <i>Légumes de plein champ</i> | | |
| Autres légumes | Médianes des valeurs d'impact à l'hectare de l'ensemble des légumes de plein champ AC et AB | Dialecte |



Diplôme : Ingénieur agronome
Spécialité : Sciences et technologies de la biologie, la nutrition et l'alimentation humaines
Enseignant référent : Jean-François HUNEAU

Auteur(s) : Camille LACOUR
Date de naissance* : 01/11/94

Organisme d'accueil : Equipe de Recherche en Epidémiologie Nutritionnelle

Nb pages : 63 Annexe(s) : 9

Adresse : 72 rue Marcel Cachin 93000 Bobigny

Année de soutenance : 2017

Maître de stage : Emmanuelle Kesse-Guyot

Titre français : Impact environnementaux des régimes observés dans *Bionutrinet*.

Titre anglais : Environmental impacts of observed diets in *Bionutrinet*.

Résumé (1593 caractères) :

L'objectif de cette étude était d'étudier les impacts environnementaux des régimes en considérant la structure de l'alimentation ainsi que le mode de production dont sont issus les aliments, et d'évaluer un potentiel effet modulateur de la consommation de produits issus de l'agriculture biologique.

Cette étude incluait 34 442 participants issus de la cohorte *Nutrinet-santé*. La consommation alimentaire et le niveau de consommation de produits biologiques ont été estimés à partir d'un questionnaire de fréquence de consommation. Un score provégétarien reflétant la part de produits d'origine végétale consommée a également été calculé. Trois indicateurs environnementaux ont été évalués à partir de la méthode de l'analyse du cycle de vie : les émissions de gaz à effet de serre (eGES), la demande en énergie cumulée (DEC) et la surface occupée. L'association entre les quintiles (Q) de score provégétarien et les impacts environnementaux a été estimée grâce à des ANCOVA ajustées sur l'âge, le sexe et l'énergie.

Un score provégétarien élevé était associé à des impacts environnementaux plus faibles (eGES_{Q5vsQ1} = -49,6% kCO_{2eq}/an, p<0,0001; DEC_{Q5vsQ1} = -26,9% MJ/an, p<0,0001; surface occupée_{Q5vsQ1} = -41,5% m²/an, p<0,0001). Enfin, la consommation de produits biologiques était un important modulateur de l'impact environnemental des régimes lorsque ceux-ci étaient riches en produits d'origine végétale.

Ce travail confirme que la promotion et l'évaluation de la durabilité des régimes devraient prendre en compte aussi bien la structure de l'alimentation que le mode de production des aliments.

Abstract (1597 characters) :

The objective of the present study was to investigate the relation between a provegetarian score and diet-related environmental impacts, and to assess a potential modulation by the organic food consumption.

This study included 34.442 French adults from the *Nutrinet-santé* cohort. Food intake and ratio of organic food consumption were obtained using an organic food frequency questionnaire over the past year. To characterize the structure of the diets, a provegetarian score reflecting preferences to plant-based products was computed.

Moreover, three environmental indicators were considered to evaluate diet-related environmental impacts: the greenhouse gases (GHG) emissions, the cumulative energy demand (CED) and the land occupation. Environmental impacts were assessed using life cycle analysis (LCA). Associations between quintiles of the provegetarian score (Q), the level of organic food consumption and the environmental indicators were analysed with ANCOVA adjusted for energy, sex, age.

Higher provegetarian score was associated with lower environmental impacts (GHG emissions_{Q5vsQ1} = 838/1664 kCO_{2eq}/year, -49.6%, p<0.0001; CED_{Q5vsQ1} = 4853/6775 MJ/year, -26.9%, p<0.0001; land occupation_{Q5vsQ1} = 2420/4138 m²/year, -41.5%, p<0.0001). Organic food consumption was also an important modulating factor on the relation between the environmental impacts and provegetarian patterns when the diet is rich in plant-based products.

This work confirms that promotion and evaluation of the sustainability of the diet should encompass structure of the diet and mode of production.

Mots-clés : régime provégétarien, consommation de produits biologiques, impact environnemental des régimes, durabilité.

Key Words : provegetarian dietary pattern, organic food consumption, diet-related environmental impact, sustainability.