



**HAL**  
open science

# Rééquilibrage de consommation entre produits d'origine animale et d'origine végétale : approche épidémiologique des facteurs motivationnels et sociodémographiques influençant le processus de changement vers des comportements plus durables

Anouk Reuzé

## ► To cite this version:

Anouk Reuzé. Rééquilibrage de consommation entre produits d'origine animale et d'origine végétale : approche épidémiologique des facteurs motivationnels et sociodémographiques influençant le processus de changement vers des comportements plus durables. Santé. Université Paris-Nord - Paris XIII, 2023. Français. NNT : 2023PA131049 . tel-04649340

**HAL Id: tel-04649340**

**<https://theses.hal.science/tel-04649340>**

Submitted on 16 Jul 2024

**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.

**UNIVERSITÉ PARIS XIII – SORBONNE PARIS NORD**

**École doctorale Sciences, Technologies, Santé Galilée**

---

**Rééquilibrage de consommation entre produits d'origine animale et d'origine végétale : approche épidémiologique des facteurs motivationnels et sociodémographiques influençant le processus de changement vers des comportements plus durables**

---

THÈSE DE DOCTORAT  
présentée par

**Anouk Rose Amélie REUZÉ**  
née le 29/06/1996 à Paris

Equipe de recherche en épidémiologie nutritionnelle (EREN), Université Sorbonne Paris Nord et Université Paris Cité, INSERM, INRAE, CNAM, Centre de recherche en épidémiologie et statistiques (CRESS)

pour l'obtention du grade de  
DOCTEUR EN EPIDEMIOLOGIE - SANTE PUBLIQUE

soutenue publiquement le 1<sup>er</sup> décembre 2023

devant le jury d'examen constitué de :

Dr LAPIDUS Nathanaël, Faculté de Santé, Sorbonne Université	Rapporteur
Pr SHANKLAND Rebecca, Université de Lyon 2	Rapportrice
Dr DE GAVELLE Erwan, Ministère de l'Agriculture et de la Souveraineté alimentaire	Examineur
Dr LIORET Sandrine, INSERM	Examinatrice
Pr MARIOTTI François, AgroParisTech	Examineur
Dr MAURICE Aurélie, Université Sorbonne Paris Nord	Examinatrice
Pr PENEAU Sandrine, Université Sorbonne Paris Nord	Directrice de thèse
Dr ALLÈS Benjamin, INRAE	Co-encadrant de thèse



# Remerciements

Tout d'abord, je remercie chaleureusement Dr Benjamin Allès de m'avoir encadrée lors de ce doctorat. Un grand merci à toi pour ta gentillesse, ta bienveillance et la confiance que tu m'accordée pendant ces trois années. Merci de m'avoir encouragée et rassurée dans les moments de doutes. J'espère que tu garderas un très bon souvenir de cette première expérience en tant qu'encadrant de thèse !

Je souhaite également remercier Pr Sandrine Péneau pour sa disponibilité et ses conseils éclairés aux moments clés de ces trois années.

Je tiens à remercier Dr Erwan De Gavelle, Dr Nathanaël Lapidus, Dr Sandrine Lioret, Pr Francois Mariotti, Dr Aurélie Maurice, Pr Rebecca Shankland pour avoir accepté de faire partie de mon jury de thèse. J'exprime mes sincères remerciements au Dr Nathanaël Lapidus et Pr Rebecca Shankland d'avoir accepté d'être rapporteurs de ce travail de thèse.

Je remercie également Dr Mathilde Touvier pour son accueil au sein de l'équipe, sa gentillesse, son enthousiasme et sa contribution à mes travaux.

Je remercie chaleureusement Dr Caroline Méjean, Dr Lucie Sirieix et Myriam Carrère pour nos échanges et leur contribution à mes travaux.

Un grand merci à l'ensemble des chercheuses et chercheurs de l'EREN, en particulier Dr Emmanuelle Kesse-Guyot et Dr Julia Baudry, avec qui j'ai eu la chance de collaborer pour mes travaux de thèse et dans le cadre des premiers pas du collectif Durabilité. Merci beaucoup pour votre gentillesse, votre disponibilité et votre soutien pendant la thèse. Merci également au Dr Alice Bellicha pour ses précieux conseils notamment lors du comité de suivi.

Merci à toute l'équipe de l'EREN dans les différents pôles, les ITA et les diététiciens. Un grand merci au pôle informatique, en particulier à Jagatjit et Selim, pour leur aide, leur disponibilité et leur gentillesse, au pôle data/stats en particulier Julien, Laurent et Nathalie, qui se sont rendus toujours disponibles et prêts à aider. Marie et Nadia, merci pour votre disponibilité et votre aide. Un merci particulier à Paola et Mirette pour leur gentillesse et leur soutien.

Merci à tous les doctorantes et doctorants : Barthélémy, Charlotte, Margaux, Florine, Joséphine, Junko, Morgane, Hafsa, Noémie, Sopio, Pauline D, Pauline PG, Clémentine, Jérôme ; aux retraités de l'EREN, Manon, Pauline R et Eloi et aux postdocs : Bernard, Clara, Hélène et Justine. Quelle équipe ! Merci à toutes et tous pour cette entraide, ce soutien et tous ces moments partagés à l'EREN et en dehors. Un grand merci à mon bureau, où se sont succédées mes chères collègues Manon, Charlotte, Morgane, Florine et Margaux (adoptée), et qui sont aujourd'hui de belles amitiés. Un merci tout particulier à

Pauline et Joséphine pour leur soutien pendant la rédaction de cette thèse (et pendant les prepa sportives).

Je remercie également mes amies qui sont à mes côtés depuis toutes ces années. A Sacha, pour ton soutien infailible et pour être toujours présente et à l'écoute. A Maïlys et Victoire, pour me soutenir au fil de ces années. A Margaux, pour tous les moments passés ensemble et notre escapade portugaise, et les copines de prépa, Aurélie et Wendy ! A mes amies d'école, Emma, Matou et Léa, et en particulier à Clara pour m'avoir suivie et soutenue ces dernières années. A ma Ley, pour tous les bons moments passés ensemble et les diners avec Mariana. A Thaïs et Laurane, pour nos retrouvailles aux quatre coins de la France, merci d'être à mes côtés. Je remercie également mes copains de moins six ans, en particulier Louise, Marius, et Chloé, avec qui j'ai passé des moments simples, remplis de bonheur.

Un merci tout particulier à ma famille, mes oncles et tantes, mes cousins et cousines, mes grands-parents et les deux baby Alix et Léonard nés cette année. Merci d'être toujours présents, unis et soudés, et d'avoir toujours une pensée pour moi.

A mes parents et à mon frère, merci pour votre soutien si précieux à la réussite de mes projets. Merci d'être toujours à mes côtés et de me soutenir dans les moments difficiles. J'ai beaucoup de chance de vous avoir.

*A Gilbert,*



# Liste des publications et communications

## 1. Publications

### 1.1. Publié dans des revues internationales à comité de lecture

#### 1.1.1. Dans le cadre de la thèse

**Reuzé A**, Méjean C, Carrère M, Sirieix L, Druésne-Pecollo N, Péneau S, Touvier M, Hercberg S, Kesse-Guyot E, Allès B. Rebalancing meat and legume consumption: change-inducing food choice motives and associated individual characteristics in non-vegetarian adults. 2022, International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity;19:112.

**Reuzé A**, Méjean C, Sirieix L, Baudry J, Kesse-Guyot E, Druésne-Pecollo N, Brunin J, Hercberg S, Touvier M, Péneau S, et al. Stages of change toward meat reduction: Associations with motives and longitudinal dietary data on animal-based and plant-based food intakes in French adults. 2023, The Journal of Nutrition [In press]

#### 1.1.2. Hors du cadre de la thèse

Brunin J, Allès B, Péneau S, **Reuzé A**, Pointereau P, Touvier M, Hercberg S, Lairon D, Baudry J, Kesse-Guyot E. Do individual sustainable food purchase motives translate into an individual shift towards a more sustainable diet? A longitudinal analysis in the NutriNet-Santé cohort. 2022, Cleaner and Responsible Consumption;5:100062.

Berthy F, Brunin J, Allès B, **Reuzé A**, Touvier M, Hercberg S, Lairon D, Pointereau P, Mariotti F, Baudry J, Kesse-Guyot E. Higher adherence to the EAT-Lancet reference diet is associated with higher nutrient adequacy in the NutriNet-Santé cohort: a cross-sectional study. 2023, The American Journal of Clinical Nutrition;117:1174–85.

Baudry J, Allès B, Langevin B, **Reuzé A**, Brunin J, Touvier M, Hercberg S, Lairon D, Péneau S, Pointereau P, Kesse-Guyot E. Associations between measures of socio-economic position and sustainable dietary patterns in the NutriNet-Santé study. 2023, Public Health Nutrition;26:965–75.



## 1.2. Non relus par l'ensemble des co-auteurs et à soumettre dans des revues internationales à comité de lecture

**Reuzé A**, Julia B, Brunin J, Péneau S, Méjean C, Touver M, Pointereau P, Lairon D, Kesse-Guyot E, Allès B. Diet-related greenhouse gases emissions according to individual readiness to reduce meat consumption (results from the NutriNet-Santé study)

Prioux C, **Reuzé A**, Sirieix L, Baudry J, Kesse-Guyot E, Brunin J, Druésne-Pecollo N, Brunin J, Hercberg S, Touvier M, Péneau S, Méjean C, Allès B. Stages of change toward meat reduction: Associations with motives and longitudinal dietary data on animal-based and plant-based food intakes in French adults.

## 2. Communications

### 2.1. Communications orales

**Reuzé A**, Méjean C, Carrère M, Sirieix L, Druésne-Pecollo N, Péneau S, Touvier M, Hercberg S, Kesse-Guyot E, Allès B. Identifying attitudes and their ability to decrease meat consumption among non-vegetarians from the NutriNet-Santé cohort. VegMed 2020. 28 Feb. – 1st March 2021, Berlin, Germany, postponed online.

Prioux C, **Reuzé A**, Méjean C, Sirieix L, Kesse-Guyot E, Baudry J, Brunin J, Hercberg S, Touvier M, Péneau S, Allès B. Identification de profils motivationnels en lien avec la diminution de la consommation de viande : associations avec les caractéristiques nutritionnelles, sociodémographiques et du mode de vie. Journées Francophones de Nutrition. 10-12 novembre 2021, Lille, France.

**Reuzé A**, Méjean C, Sirieix L, Baudry J, Kesse-Guyot E, Druésne-Pecollo N, Brunin J, Hercberg S, Touvier M, Péneau S, Allès B. Association entre données alimentaires longitudinales et stades de changement vers la diminution de consommation de viande dans une population d'adultes français non végétariens. CRNH Ile-de-France. 14 avril 2022, Paris, France. (communication invitée)

**Reuzé A**, Méjean C, Sirieix L, Baudry J, Kesse-Guyot E, Druésne-Pecollo N, Brunin J, Hercberg S, Touvier M, Péneau S, Allès B. Changes in animal and healthy plant food consumptions over time: associations with stages of change towards meat reduction and their motives. ISBNPA. 18-21 May 2022, Phoenix, USA.

**Reuzé A**, Méjean C, Sirieix L, Baudry J, Kesse-Guyot E, Druésne-Pecollo N, Brunin J, Hercberg S, Touvier M, Péneau S, Allès B. Comportements liés à la consommation des aliments ultra-transformés végétaux

(AUV) : exclusion et diminution de consommation des produits carnés. Journées Scientifiques, Nantes Université. 3 Juin 2022, Nantes, France. (communication invitée)

**Reuzé A**, Baudry J, Méjean C, Brunin J, Péneau S, Touvier M, Kesse-Guyot E, Druesne-Pecollo N, Allès B. Diet-related greenhouse gases emissions according to individual readiness to reduce meat consumption. EPH. 8-11 November 2023, Dublin, Irlande du Nord.

## 2.2. [Communications affichées](#)

**Reuzé A**, Méjean C, Carrère M, Sirieix L, Druesne-Pecollo N, Péneau S, Touvier M, Hercberg S, Kesse-Guyot E, Allès B. Identification des préoccupations ayant un impact sur la diminution de la consommation de viande, association avec les caractéristiques sociodémographiques dans la cohorte NutriNet-Santé. Journées Francophones de Nutrition. 25-27 novembre 2020, en ligne.

**Reuzé A**, Méjean C, Sirieix L, Baudry J, Kesse-Guyot E, Brunin J, Hercberg S, Touvier M, Péneau S, Allès B. Stades de changement de la diminution de consommation de viande : motifs et caractéristiques nutritionnelles, sociodémographiques et du mode de vie dans la cohorte NutriNet-Santé. Journées Francophones de Nutrition. 10-12 novembre 2021, Lille, France.



# Table des matières

<b>Remerciements</b> .....	<b>3</b>
<b>Liste des publications et communications</b> .....	<b>7</b>
<b>Liste des figures</b> .....	<b>15</b>
<b>Liste des tableaux</b> .....	<b>17</b>
<b>Liste des abréviations</b> .....	<b>18</b>
<b>Définitions des termes utilisés dans ce manuscrit de thèse</b> .....	<b>20</b>
<b>Avant-propos</b> .....	<b>23</b>
<b>Chapitre 1 : Etat de l'art</b> .....	<b>25</b>
1. Nécessité de l'évolution des consommations alimentaires dans le contexte d'une transition alimentaire durable .....	25
1.1. Etat des lieux des déséquilibres de consommations entre produits animaux et produits végétaux et tendances vers un rééquilibrage de consommation alimentaire en France .....	25
1.2. Le rééquilibrage de consommation entre produits animaux et végétaux, une réponse face à la convergence des crises écologiques, sanitaires, éthiques et sociétales .....	40
1.3. Les politiques actuelles et perspectives en faveur du rééquilibrage de consommation entre produits animaux et produits végétaux.....	63
2. Etudier le changement de comportement alimentaire vers plus de produits végétaux dans l'alimentation .....	72
2.1. Les études scientifiques face au défi de la complexité des comportements et des choix alimentaires.....	72
2.2. De multiples approches théoriques pour comprendre le changement de comportement	73
2.3. Facteurs qui influencent le changement de comportement : cas du rééquilibrage de consommation entre produits animaux et végétaux.....	77
2.4. Etudier le processus de changement de comportement par le modèle transthéorique : cas du rééquilibrage de consommation entre produits animaux et végétaux .....	93
3. Hypothèses et objectifs du travail de thèse .....	98

3.1.	Hypothèses.....	98
3.2.	Objectifs du travail de thèse.....	99
<b>Chapitre 2. Matériels et méthodes.....</b>		<b>101</b>
1.	Population d'étude.....	101
1.1.	La cohorte NutriNet-Santé .....	101
1.2.	Le projet BioNutriNet .....	102
2.	Collecte des données individuelles .....	103
2.1.	Modalités de collecte des données.....	103
2.2.	Données sociodémographiques et du mode de vie, données anthropométriques et données d'activités physique .....	104
2.3.	Données alimentaires.....	106
3.	Estimations des émissions de GES des régimes alimentaires .....	116
3.1.	Évaluation des émissions de GES des produits agricoles bruts grâce à la base de données DIALECTE.....	116
3.2.	Jumelage des données de la base DIALECTE avec les items alimentaires du FFQ-Bio....	119
4.	Evaluation des changements de comportements alimentaires, et des facteurs individuels associés, par une approche transdisciplinaire .....	120
4.1.	Développement d'un questionnaire ponctuel par une approche pluridisciplinaire .....	120
4.2.	Evaluation des facteurs qui induisent ou entravent le changement de comportement : proposition d'un cadre conceptuel .....	121
4.3.	Intentions et niveaux de disposition au changement de consommation : application du modèle transthéorique .....	126
5.	Echantillons d'étude.....	128
6.	Analyses statistiques et outils mathématiques.....	129
6.1.	Tests statistiques de comparaison .....	129
6.2.	Régression linéaire .....	130
6.3.	ANCOVA.....	130
6.4.	Régression logistique.....	130
6.5.	Modèles mixtes .....	131

6.6. Classification des individus basée sur des variables catégorielles et qualitatives .....	132
<b>Chapitre 3. Changements de consommation de viandes et légumineuses et caractéristiques sociodémographiques .....</b>	<b>135</b>
1. Contexte et objectifs .....	135
2. Compléments sur les données utilisées et les méthodes .....	136
2.1. Données utilisées.....	136
2.2. Compléments d'informations sur les méthodes .....	137
3. Article 1 .....	137
4. Analyses complémentaires.....	155
4.1. Données sociodémographiques entre les participants qui déclarent un changement et ceux qui maintiennent leur comportement.....	155
4.2. Profils de consommateurs selon leurs motivations de réduction de consommation de viande	158
<b>Chapitre 4. Processus de changement vers la réduction de consommation de viande : données alimentaires longitudinales, motifs et caractéristiques sociodémographiques.....</b>	<b>167</b>
1. Contexte et objectif.....	167
2. Compléments d'informations sur les données utilisées et les méthodes .....	167
2.1. Données utilisées.....	167
2.2. Compléments d'informations sur les méthodes .....	168
3. Article 2 .....	171
4. Analyses complémentaires.....	206
4.1. Données sociodémographiques associées aux stades de changement.....	206
4.2. Modèles mixtes avec les autres indicateurs.....	206
<b>Chapitre 5. Processus de changement vers la réduction de consommation de viande : évolutions des consommations alimentaires et niveaux des émissions de gaz à effet de serre.....</b>	<b>209</b>
1. Contexte et objectifs .....	209
2. Compléments d'informations sur les données utilisées et les méthodes .....	209
2.1. Données utilisées.....	209
2.2. Compléments d'informations sur les méthodes .....	210

3. Article 3 .....	211
<b>Chapitre 6. Discussion générale .....</b>	<b>243</b>
1. Principaux résultats .....	243
2. Considérations méthodologiques .....	244
3. Perspectives de recherche .....	250
4. Implications de santé publique et sociétales des résultats de thèse .....	256
<b>Conclusion générale .....</b>	<b>260</b>
<b>Bibliographie.....</b>	<b>261</b>
<b>Annexes .....</b>	<b>295</b>
<b>Abstract .....</b>	<b>405</b>
<b>Résumé.....</b>	<b>406</b>

## Liste des figures

Figure 1. Classification des viandes.....	21
Figure 2. Classification des légumineuses .....	22
Figure 3. Distribution de la consommation de viande, par type de viande, dans la population française (source : enquête INCA2 (2006-2007)).....	31
Figure 4. Evolution de la consommation de viande à l'échelle mondiale depuis 1960 et projection de la consommation de viande en 2050 .....	33
Figure 5. Consommations de viande, calculées par bilan alimentaire, en 2001, 2011 et 2021, en France .....	34
Figure 6. Les 14 problématiques de la non-durabilité de l'alimentation (A) et les chaînes de causalité entre ces problématiques (B).....	41
Figure 7. Représentation du système alimentaire.....	42
Figure 8. Empreinte carbone de l'alimentation à différents étapes de la production à la consommation .....	45
Figure 9. Répartition de la consommation de produits agricoles et empreinte carbone et sol de l'alimentation en France .....	45
Figure 10. Impacts environnementaux de l'élevage et les services écosystémiques rendus par l'élevage .....	47
Figure 11. Emissions de GES par kg de produit alimentaire, mesurées en kgCO <sub>2</sub> eq, pour différents groupes alimentaires .....	49
Figure 12. Comparaison de l'empreinte carbone de différents régimes alimentaires en fonction de la quantité de viande dans le régime alimentaire (comparaison iso-énergie) .....	51
Figure 13. Empreinte environnementale relative du changement climatique, de l'utilisation des sols, de l'utilisation de l'eau, du potentiel d'eutrophisation et de l'impact sur la biodiversité des groupes de régimes alimentaires par rapport aux gros consommateurs de viande .....	52
Figure 14. Nombre d'animaux abattus pour la consommation alimentaire par jour dans le monde .....	62
Figure 15. Composition nutritionnelle du régime alimentaire proposé par la Commission du EAT-Lancet .....	67
Figure 16. Composition de l'assiette du régime alimentaire moyen français dans les quatre scénarios de l'ADEME et dans le régime moyen INCA2 .....	69
Figure 17. Composition de l'assiette du régime alimentaire moyen dans les scénarios TYFA et TYFA-GHG.....	70
Figure 18. Objectifs de réduction de viande dans les différents scénarios proposés .....	71
Figure 19. Interface pour la saisie des aliments sur la plateforme internet de NutriNet-Santé .....	107
Figure 20. Interface pour la saisie des quantités sur la plateforme internet de NutriNet-Santé .....	107
Figure 21. Exemple d'une partie de la section du questionnaire sur l'évaluation des motifs et de leur rôle dans la réduction de consommation de viande .....	125
Figure 22. Création de trois groupes en fonction des réponses sur le rôle du motif relatif au bien-être animal dans l'induction de la réduction de consommation de viande (exemple) .....	126
Figure 23. Question concernant les changements alimentaires effectués ou les intentions de changement ....	126
Figure 24. Echantillon d'étude en fonction des changements de consommation déclarés.....	129



<i>Figure 25. Schéma conceptuel des motifs de choix alimentaires conduisant à un changement de la consommation alimentaire .....</i>	<i>136</i>
<i>Figure 26. Echantillon d'étude en fonction des changements alimentaires déclarés.....</i>	<i>137</i>
<i>Figure 27. Echantillon d'étude du questionnaire sur les changements alimentaires utilisé pour cet analyse (avant croisement avec les données alimentaires).....</i>	<i>159</i>
<i>Figure 28. Screeplot de l'ACM et effet de plateau observé au niveau de la 5ème dimension.....</i>	<i>160</i>
<i>Figure 29. Dendrogramme pour la détermination du nombre de clusters.....</i>	<i>160</i>
<i>Figure 30. Graphiques représentant le CCC, le Pseudo F et le Pseudo T<sup>2</sup> .....</i>	<i>161</i>
<i>Figure 31. Echantillon d'étude utilisés dans cette analyse (avant croisement avec des données alimentaires). ..</i>	<i>168</i>
<i>Figure 32. Echantillon d'étude utilisé dans cette analyse (avant croisement avec des données alimentaires) ..</i>	<i>210</i>

## Liste des tableaux

<i>Tableau 1. Liste des groupes et sous-groupes alimentaires.....</i>	<i>109</i>
<i>Tableau 2. Liste des groupes et sous-groupes alimentaires d'origine animale.....</i>	<i>112</i>
<i>Tableau 3. Calcul des indicateurs de PDI, hPDI et uPDI.....</i>	<i>114</i>
<i>Tableau 4. Calcul des indicateurs cDQI, pDQI et aDQI .....</i>	<i>115</i>
<i>Tableau 5. Postes d'émission de GES et mode de calcul par production .....</i>	<i>119</i>
<i>Tableau 6. Liste des motifs évalués par les participants lorsqu'ils déclarent un changement ou un maintien de consommation de viande ou de légumineuses .....</i>	<i>122</i>
<i>Tableau 7. Comparaisons des données sociodémographiques entre les participants qui déclarent une réduction de consommation de viande et ceux qui maintiennent leur consommation, NutriNet-Santé, 2018 (n=30 318) .....</i>	<i>156</i>
<i>Tableau 8. Comparaisons des données sociodémographiques entre les participants qui déclarent une augmentation de consommation de légumineuses et ceux qui maintiennent voire réduisent leur consommation, NutriNet-Santé, 2018 (n=18 499).....</i>	<i>157</i>
<i>Tableau 9. Description des groupes de motifs selon les cinq profils, NutriNet-Santé, 2018 (n=14 866) .....</i>	<i>164</i>
<i>Tableau 10. Interprétation des paramètres <math>\beta</math> de notre modèle mixte.....</i>	<i>170</i>

# Liste des abréviations

<b>ACM</b>	Analyse des correspondances multiples
<b>ACV</b>	Analyse du cycle de vie
<b>ADEME</b>	Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie
<b>aDQI</b>	Animal-based Diet Quality Index
<b>AIC</b>	Critère d'Akaike
<b>ANCOVA</b>	Analyse de la covariance
<b>ANOVA</b>	Analyse de la variance
<b>ANR</b>	Agence Nationale de la Recherche
<b>Anses</b>	Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail
<b>CAH</b>	Classification par ascendance hiérarchique
<b>CCAF</b>	Comportements et Consommations alimentaires en France
<b>CCTIRS</b>	Comité Consultatif sur le Traitement de l'Information en matière de Recherche dans le domaine de la Santé
<b>cDQI</b>	Comprehensive Diet Quality Index
<b>CECAM</b>	Contenu énergétique et carbone de l'alimentation des ménages
<b>CH<sub>4</sub></b>	Méthane
<b>CIQUAL</b>	Centre d'information sur la qualité des aliments
<b>CIRC</b>	Centre international de recherche sur le cancer (IARC)
<b>CIREN</b>	Centre international de recherche sur l'environnement et le développement
<b>CNAM</b>	Conservatoire National des Arts et Métiers
<b>CNIL</b>	Commission nationale de l'informatique et des libertés
<b>CO<sub>2</sub></b>	Dioxyde de carbone
<b>COP</b>	Conference of the Parties
<b>CREDOC</b>	Centre De Recherche Pour L'étude Et L'observation Des Conditions De Vie
<b>EFSA</b>	European Food Safety Authority
<b>EGalim</b>	Etats Généraux de l'Alimentation
<b>ENNS</b>	Étude Nationale Nutrition Santé
<b>EREN</b>	Équipe de Recherche en Épidémiologie Nutritionnelle
<b>Esteban</b>	Etude de santé sur l'environnement, la biosurveillance, l'activité physique et la nutrition
<b>FAO</b>	Food and Agriculture Organization
<b>FFQ</b>	Food Frequency Questionnaire
<b>GES</b>	Gaz à effet de serre
<b>GIEC</b>	Groupe international d'experts sur le climat
<b>H<sub>2</sub>O</b>	Vapeur d'eau
<b>HBM</b>	Health Belief Model
<b>HLPE</b>	Groupe d'experts de haut niveau sur la sécurité alimentaire et la nutrition
<b>hPDI</b>	healthy Plant-based Diet Index
<b>IDDR</b>	Institut du développement durable et des relations internationales
<b>IFOP</b>	Institut français d'opinion publique
<b>IMC</b>	Indice de masse corporelle
<b>INCA</b>	Individuelle Nationale des Consommations Alimentaires
<b>INRAE</b>	Institut national de recherche pour l'agriculture, l'alimentation et l'environnement
<b>INSEE</b>	Institut national de la statistique et des études économiques
<b>Inserm</b>	Institut national de la santé et de la recherche médicale

<b>Interbev</b>	Association Nationale Interprofessionnelle du Bétail et des Viandes
<b>IPAQ</b>	International Physical Activity Questionnaire
<b>JRC</b>	Joint Research Centre
<b>MET</b>	Métabolique Equivalent Task
<b>N<sub>2</sub>O</b>	Protoxyde d'azote ou oxyde nitreux
<b>OCDE</b>	Organisation de coopération et de développement économiques
<b>OMS</b>	Organisation Mondiale de la Santé
<b>PDI</b>	Plant-based Diet Index
<b>pDQI</b>	plant-based Diet Quality Index
<b>PMT</b>	Protection motivation theory
<b>PNNS</b>	Programme national nutrition santé
<b>SF<sub>6</sub></b>	Hexafluorure de soufre
<b>SNANC</b>	Stratégie Nationale Alimentation Nutrition Climat
<b>SNBC</b>	Stratégie Nationale Bas-Carbone
<b>SRM</b>	Self-regulated model
<b>TIAC</b>	Toxi-infections alimentaires collectives
<b>TPB</b>	Theory of planned behavior
<b>TRA</b>	Theory of reasoned action
<b>TTM</b>	Transtheoretical model
<b>TYFA</b>	Ten Years for Agroecology in Europe
<b>u.c.</b>	Unité de consommation
<b>UE</b>	Union Européenne
<b>UNESCO</b>	Organisation des Nations Unies pour l'éducation, la science et la culture
<b>uPDI</b>	unhealthy Plant-based Diet Index
<b>WCRF</b>	Fonds mondial de recherche sur le cancer (World Cancer Research Fund)
<b>WWF</b>	World Wide Fund for Nature

# Définitions des termes utilisés dans ce manuscrit de thèse

## ***Produits d'origine animale (produits animaux), définition diététique :***

Selon les classifications diététiques communes (1), ce sont des dérivés d'animaux, que l'on peut classer dans les groupes alimentaires suivants : viande, poissons et produits issus de la pêche, œufs, produits laitiers et matières grasses d'origine animale.

## ***Viande, définition diététique :***

La viande est définie comme la chair des animaux, issue des muscles. Ce groupe alimentaire intègre également les abats, c'est-à-dire la viande provenant d'autres organes issus comme le foie, les reins et autres tissus comestibles, du fait de leur similarité en termes de composition nutritionnelle avec la chair animale. Les viandes peuvent être catégorisées selon l'origine du produit : bœuf, veau, porc, agneau, mouton, cheval, chèvre, poulet, dinde, lapin, etc. Elles peuvent également être classifiées de plusieurs manières.

## ***Viande rouge et viande blanche, définition diététique :***

D'un point de vue nutritionnel, les viandes sont généralement classées en deux grandes catégories : les viandes rouges (bœuf, veau, porc, agneau, mouton, cheval ou chèvre) et les viandes blanches (volailles et lapin), en fonction de la teneur en fer héminique des chairs (2). Ces deux types de viandes peuvent être distingués en viandes de boucherie et viandes transformées (Figure 1).

## ***Viandes de boucherie ou non transformées, définition commerciale :***

Les viandes de boucherie réfèrent aux viandes non transformées et vendues à la coupe, sous forme brute ou hachée, cette définition n'inclut pas les viandes de volailles (parfois appelées, viandes hors volailles) (3).

## ***Viandes transformées (processed meat) ou charcuteries, définition de l'épidémiologie nutritionnelle :***

Les viandes transformées incluent toute viande transformée par des procédés de salage, séchage, fermentation, fumage (par exemple, le jambon, le bacon, les saucisses, mais aussi les blancs de dinde). En France, on parle de charcuteries pour parler des viandes transformées, néanmoins, à l'échelle internationale, le terme « *processed meat* » est plus large et inclut aussi les viandes traitées par procédés d'appertisation, comme le « *corned-beef* » qui fait partie de la culture culinaire anglo-saxonne.

### **Viandes de ruminant et viande de monogastrique, définition agronomique :**

D'un point de vue environnemental, les viandes peuvent se distinguer en deux grands types : les viandes de ruminants (bœuf, veau, mouton, agneau, chèvre) et les viandes de monogastriques (porcs et volailles), en fonction du système digestif des animaux, qui va engendrer notamment la production de certains gaz à effet de serre plus importante pour les ruminants.

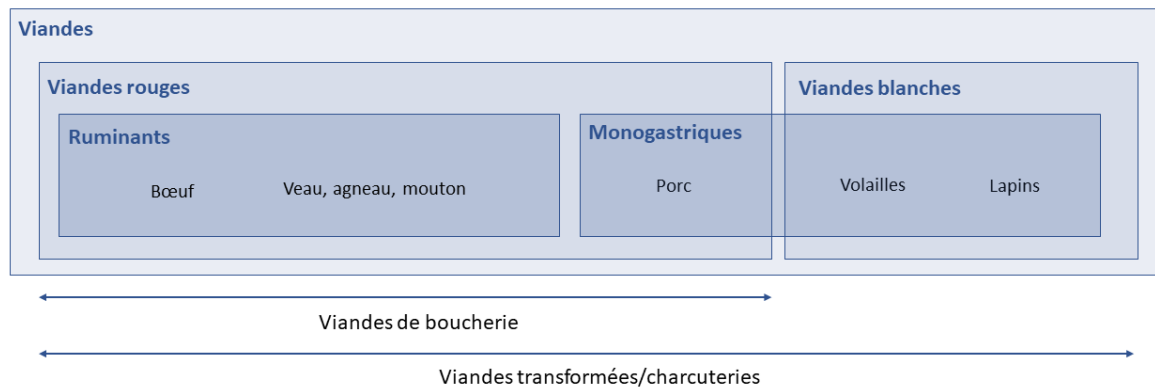


Figure 1. Classification des viandes

Dans les travaux de cette thèse, le terme « viande » désigne le bœuf, le steak haché ou rôti, l'entrecôte, le ragoût, le bœuf haché dans un plat tel que les lasagnes ou les spaghettis bolognaises, le veau, l'agneau, le porc, les abats, la viande panée, le gibier, le lapin ou le lièvre, ainsi que toutes les viandes transformées ou produits dérivés.

### **Produits d'origine végétale (produits végétaux), définition diététique :**

Ce sont tous les aliments dérivés des organismes végétaux, tels que les fruits, les légumes, les légumineuses, les noix, les graines, les céréales, les racines et tubercules, les algues et les champignons, même s'ils n'appartiennent pas au règne végétal (4).

### **Légumineuses, définition agronomique :**

Les légumineuses appartiennent à la famille botanique des Fabacées (5). En agriculture, deux grands types de légumineuses sont généralement distingués (6) :

- les légumineuses fourragères, destinées uniquement à l'alimentation animale,
- les légumineuses à graines, destinées à l'alimentation humaine et animale,

Elles sont généralement distinguées en quatre catégories :

- les protéagineux (pois, féveroles, lupins)
- les oléagineux (soja)
- les légumes à cosse (haricots verts, petits pois)
- les légumes secs (*pulses*) (lentilles, haricots, pois chiche, pois cassés, fèves)

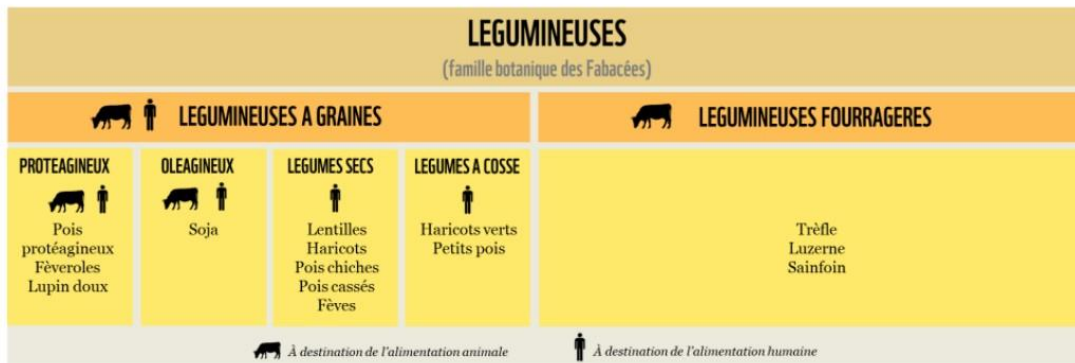


Figure 2. Classification des légumineuses (source : WWF (7))

En France, dans le langage courant ainsi que dans une partie de la littérature scientifique, le terme générique « légumineuses » (*legumes*) est fréquemment employé pour faire référence aux légumes secs (*pulses*). Cependant, il convient de noter que toutes les légumineuses ne sont pas des légumes secs (Figure 2), et leur utilisation ne se limite pas à l'alimentation humaine. De la même manière que pour la viande, il existe des variations dans les définitions de ce terme, ce qui conduit à une complexité lors de la comparaison et de l'interprétation des études.

Dans le cadre des travaux de thèse, nous utiliserons le terme « légumineuses » pour désigner les légumes secs, conformément à la définition utilisée dans le Plan National Nutrition Santé (PNNS).

# Avant-propos

L'alimentation représente le 2<sup>e</sup> facteur de risque direct pour les femmes et le 3<sup>e</sup> pour les hommes en termes de mortalité totale, selon le Global Burden of Disease. Elle constitue également un des principaux facteurs de risque modifiables pour la plupart des maladies non transmissibles, telles que les maladies cardiovasculaires, le cancer et le diabète. De plus, l'alimentation humaine exerce des pressions considérables et croissantes sur les ressources naturelles et les écosystèmes, contribuant ainsi au changement climatique et à la perte de biodiversité. Les projections démographiques, combinées aux tendances des évolutions des régimes alimentaires, prévoient une aggravation des conséquences de cette crise environnementale, menaçant les hommes, les écosystèmes et la planète. De nombreuses expertises, dont le rapport EAT-Lancet et le dernier rapport du Groupe international d'experts sur le climat (GIEC), convergent vers la nécessité d'une transition vers des systèmes alimentaires plus durables. Parmi les leviers essentiels de cette transition, la réduction du gaspillage alimentaire et la lutte contre la surconsommation alimentaire, en particulier celle de viande, occupent une place centrale.

Alors qu'une partie des individus semblent enclins à changer leur consommation vers une alimentation plus durable, d'autres individus semblent avoir des habitudes alimentaires profondément ancrées et expriment des réticences à faire évoluer leur comportement. La compréhension des mécanismes sous-jacents à ces transitions vers une alimentation plus durable demeure limitée, en grande partie parce que les sciences de la nutrition et du comportement alimentaire constituent des domaines scientifiques relativement récents. C'est dans le but de fournir des connaissances scientifiques sur cette problématique que je me suis intéressée aux changements de comportement alimentaire via une approche transdisciplinaire. Ainsi, cette thèse d'épidémiologie et de santé publique s'appuie sur une étude exploratoire associant plusieurs approches, notamment le marketing social et la psychologie. Cette approche transdisciplinaire vise à mieux comprendre les évolutions des comportements alimentaires et à fournir des informations pour guider la mise en œuvre d'interventions et de campagnes de sensibilisation efficaces, notamment dans le contexte des nouvelles politiques publiques en faveur de l'alimentation durable qui seront décidées dans les mois et années à venir.

Ce manuscrit présente les travaux réalisés au cours des trois années de doctorat portant sur l'étude du processus de changement qui mène au rééquilibrage de consommation entre produits animaux et produits végétaux. Plus spécifiquement, mes travaux ont visé à identifier les motivations et autres facteurs associés, en particulier les caractéristiques sociodémographiques comme l'âge ou le niveau d'études, qui influencent le processus de changement de consommation. Ces travaux



s'appuient sur un ensemble de données provenant de la cohorte française NutriNet-Santé initiée en 2009, qui a pour but d'étudier de manière prospective les liens entre alimentation et santé et les déterminants du comportement alimentaire. Cette plateforme permet de développer des études épidémiologiques observationnelles autour des questions de recherche portant sur la durabilité alimentaire.

Le **Chapitre 1** de ce manuscrit présente un état de l'art des connaissances en épidémiologie sur le rééquilibrage de consommation entre produits animaux et produits végétaux, en particulier concernant la réduction de consommation de viande et l'augmentation de consommation de légumineuses. Il présentera également l'état de l'art des connaissances des facteurs influençant le processus de changement de comportement associés à ces changements alimentaires plus sains et plus durables. Le **Chapitre 2** est dédié à la méthodologie qui sous-tend les diverses analyses effectuées au cours de cette thèse. Les Chapitre 3, 4 et 5 présenteront les travaux menés dans le cadre de cette thèse, en détaillant les trois principales études réalisées. Le **Chapitre 3** s'intéressera aux changements de consommation de viande et de légumineuses, et aux relations entre les motivations associées à ces changements et les caractéristiques sociodémographiques des individus. Le **Chapitre 4** étudiera le processus de réduction de consommation de viande, en analysant les motivations et les changements alimentaires associés. Le **Chapitre 5** s'intéressera à l'évaluation de l'empreinte carbone des régimes alimentaires à différentes étapes du processus de réduction de consommation de viande. Enfin, le **Chapitre 6** proposera une discussion générale de l'ensemble des travaux présentés dans le manuscrit, et abordera les limites inhérentes à ces travaux, tout en offrant des perspectives futures envisageables qui peuvent découler de ces travaux.

# Chapitre 1 : Etat de l'art

## 1. Nécessité de l'évolution des consommations alimentaires dans le contexte d'une transition alimentaire durable

### 1.1. Etat des lieux des déséquilibres de consommations entre produits animaux et produits végétaux et tendances vers un rééquilibrage de consommation alimentaire en France

#### 1.1.1. *Le déséquilibre de consommation entre produits animaux et végétaux : le revers de la transition alimentaire du XXe siècle*

Aujourd'hui, notre alimentation est encore profondément marquée par la transition alimentaire du XXe siècle. Initiée pendant la révolution agricole du XIXe siècle et mise en place pour nourrir l'Europe dans l'après-guerre, cette transition vers un nouveau modèle alimentaire s'est caractérisée par une alimentation abondante, diversifiée et plus abordable et a eu pour conséquence une augmentation de la consommation des produits animaux au profit des produits végétaux (8).

#### **La prépondérance des produits animaux dans l'alimentation en France**

La France est un pays à forte tradition et de culture gastronomique (9), où les produits animaux, en particulier la viande, sont profondément ancrés dans les pratiques alimentaires (10–12). D'ailleurs, le repas gastronomique des Français, reconnu « patrimoine culturel immatériel de l'humanité » par l'Organisation des Nations Unies pour l'éducation, la science et la culture (UNESCO), « doit respecter un schéma bien arrêté [...] à savoir l'entrée, du poisson et/ou de la viande avec des légumes, du fromage et un dessert. » (13). La viande occupe une place centrale dans la structure des repas. Cette prépondérance de la viande ne se limite pas au seul modèle alimentaire français, car la viande est une composante majeure d'un profil alimentaire fréquemment observé dans les pays développés, appelé le régime alimentaire « occidental » ou « *Western diet* » (11,12). Ce profil est associé à une moins bonne qualité nutritionnelle de l'alimentation.

Au-delà du plaisir gustatif et des raisons nutritionnelles, la viande est un aliment symbolique. Elle incarne la vitalité et l'énergie (14) ainsi que la virilité, la richesse et le partage (15). Par ailleurs, la viande joue un rôle majeur en tant que marqueur social, identitaire et culturel (8,16). La consommation de viande peut également avoir une dimension politique, exprimant des positions idéologiques, et influençant ainsi les débats publics et les orientations politiques (16–18).

Historiquement, la viande était consommée par les individus les plus aisés et appartenant aux classes « bourgeoises », symbolisant la prospérité et le statut social (14,19). Toutefois, cette pratique a évolué dans les années 2000 (20). En effet, la croissance économique et l'augmentation du pouvoir d'achat des ménages après la Seconde Guerre mondiale ont conduit à la démocratisation de la consommation de la viande, qui est devenue accessible aux classes modestes. Entre les années 1970 et la fin des années 1990, une augmentation des quantités de viande consommées<sup>1</sup> par habitant a été observée en France (21). Par conséquent, cette évolution a engendré une augmentation de l'apport journalier en protéines et une substitution des produits végétaux par les produits animaux (22,23). A titre d'exemple, la consommation de légumineuses, autrefois considérées comme la « viande du pauvre », a considérablement diminué. Elle serait passée de 7,2 kg/an/habitant dans les années 1920 à moins de 1,5 kg/an/habitant dans les années 2000 (22).

En parallèle, les évolutions sociétales, conjointement aux progrès de l'industrialisation, ont rendu la viande, et plus largement les produits animaux, plus accessibles et plus abordables. Ces produits animaux sont aujourd'hui largement disponibles sous diverses formes (en boucherie ou dans les plats préparés, au rayon frais ou surgelés, etc) et à tous les prix (24). Par conséquent, ces changements dans les pratiques alimentaires ont joué un rôle majeur dans l'augmentation des produits carnés dans le régime alimentaire actuel.

#### La diminution de consommation des produits bruts au profit des produits transformés

L'évolution de la société et des modes de vie a entraîné notamment une diminution du temps consacré à la préparation des repas et des changements dans les pratiques culinaires (25). Accompagné de l'augmentation du pouvoir d'achat des ménages, l'essor de l'industrialisation et de la production de masse a permis l'introduction des produits alimentaires transformés et « prêts à consommer », au détriment des produits bruts et peu transformés, à cuisiner chez soi. Ainsi, depuis les années 1960, la consommation de plats préparés a augmenté de 4,4 % par an en volume par habitant (25).

Cette évolution a eu un impact en particulier sur la consommation de produits animaux, comme la viande. Le changement dans les modes de consommation s'est traduit par une augmentation de la consommation de produits transformés à base de viande, tels que les pizzas, les lasagnes, les plats préparés à base de viande de type blanquette, les sandwiches et croque-monsieurs à base de jambon, etc. Au niveau des achats, la contribution de la viande de boucherie à la ration calorique a fortement diminué entre 1991 et 2010, alors que la contribution des charcuteries et des plats préparés a

---

<sup>1</sup> Il ne s'agit pas de consommations alimentaires réelles mais des données issues de bilans alimentaires (voir Chapitre 1, 1.1.2.)

augmenté (26). Parmi les formes de consommation de viande, la part des plats préparés contenant des produits carnés est passée de 25% à 30% entre 2007 et 2016 (27).

Si ces changements ont d'abord touché les produits animaux, ils ont également influencé les modes de consommation des produits végétaux. Les évolutions sociétales ont d'abord entraîné une stagnation voire une diminution de consommation des produits frais et non transformés (27). Par exemple, la consommation de produits transformés issus de la pomme de terre (ex. purée) ont augmenté (+3,0%) alors que les produits bruts ont régressé (-0,8%) entre les années 1960 et les années 2010 (25). Suite à cela, depuis quelques années, le marché des produits transformés à base de produits végétaux, comme par exemple les steaks végétaux, se développe, notamment en lien avec une demande en produits adaptés au régime végétarien (28).

### *1.1.2. L'étude des évolutions de consommation alimentaire en France : les débuts de la « seconde transition nutritionnelle »*

#### **Mesurer la consommation alimentaire : différentes sources de données**

Afin d'évaluer les tendances de consommation alimentaire dans une population, il existe plusieurs sources de données, utilisant des méthodes spécifiques qui déterminent la précision de la mesure de la consommation. Dans le contexte de l'étude des évolutions de consommation de produits animaux au cours du temps, il s'agit d'un enjeu méthodologique majeur, qui limite souvent la validité des résultats obtenus dans les sondages ou études. Les forces et limites des différentes sources de données seront abordées dans cette section.

- **La disponibilité alimentaire individuelle par bilan alimentaire à l'échelle d'un pays**

L'approche des bilans alimentaires (ou d'approvisionnement) consiste à mesurer les flux alimentaires à l'échelle nationale, de la production à la consommation, tout en prenant en compte les importations, les exportations, les variations de stocks, etc (29,30). Ces données sont issues des bases de données agricoles nationales et internationales (Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (Food and Agriculture Organization, FAO), Eurostat, Ministère). Cette méthode permet d'estimer la disponibilité alimentaire individuelle, c'est-à-dire la quantité d'aliments disponibles sur le marché intérieur par habitant pour un pays donné sur une période définie (kg/hab/jour ou L/hab/jour). Il est important de mentionner que ces données servent de proxys aux consommations individuelles à cause des variations interindividuelles au niveau national. Elles ne représentent pas des consommations totales puisqu'elles ne prennent pas en compte les pertes et gaspillages dans la chaîne de valeur et les variations du nombre de consommateurs à l'échelle nationale. Ces données reflètent l'offre et les tendances de consommation. Elles incluent toutes les utilisations potentielles des produits alimentaires, la consommation humaine n'est qu'une partie (31). Dans le cas des produits carnés, les

données sont exprimées par rapport au poids de la carcasse (y compris, les os, la peau et les abats), en kilos équivalents-carcasse (kgec) (32).

- [Les achats et dépenses alimentaires à l'échelle des ménages](#)

Les consommations alimentaires individuelles peuvent également être estimées par les données sur les achats et les dépenses alimentaires des ménages (21). En France, il existe différentes sources de données : l'enquête « Budget des Familles » menée par l'INSEE et les panels de consommateurs gérés par des sociétés privées comme le Kantar Worldpanel. Bien que ces données soient basées sur des échantillons représentatifs, elles ne peuvent être considérées comme des consommations alimentaires totales du fait de la non prise en compte de la consommation hors foyer et du gaspillage alimentaire. Elles constituent également des proxys aux consommations individuelles car elles n'intègrent pas d'informations détaillées sur les consommations individuelles au sein du ménage (31). Néanmoins, elles peuvent fournir un aperçu des tendances de consommation, mais ne se substituent pas complètement aux enquêtes alimentaires.

- [Les déclarations de consommation par sondage](#)

Les consommations alimentaires peuvent être également appréhendées par les déclarations de consommations et d'attitudes. Ces données proviennent d'enquêtes menées par des sociétés privées, en particulier les instituts d'études et de sondages comme le Centre De Recherche Pour L'étude Et L'observation Des Conditions De Vie (CREDOC) ou Ipsos (33). Ces données ne fournissent pas une quantification de la consommation alimentaire, elles permettent plutôt d'évaluer les tendances de la consommation ou la fréquence de certains régimes comme le végétarisme dans une population, sur la base de déclarations, généralement au sein d'échantillons représentatifs.

- [Les consommations individuelles totales par enquêtes alimentaires représentatives répétées](#)

La méthode des enquêtes alimentaires consiste à évaluer les consommations alimentaires à l'échelle de l'individu ou d'un groupe d'individus (34,35). Cette méthode fournit des données quantitatives sur la consommation alimentaire en termes de quantités consommées. De plus, elle fournit indirectement les apports énergétiques et nutritionnels en recoupant avec les tables de composition des aliments détaillant les teneurs en nutriments pour 100 grammes d'aliments comestibles. Parmi les enquêtes nationales représentatives, on peut citer les études « Individuelle Nationale des Consommations Alimentaires » (INCA1 (1998-1999), INCA2 (2006-2007) et INCA3 (2014-2015)), pilotées par l'Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail (Anses), et les études comme l'Étude Nationale Nutrition Santé (ENNS) (2006-2007) et Etude de santé sur l'environnement, la biosurveillance, l'activité physique et la nutrition (Esteban) (2014-2015), pilotées par Santé Publique France et d'autres études comme « Comportements et Consommations alimentaires en France » (CCAF), pilotée par la société privée, le CREDOC. Ces enquêtes fournissent des informations sur les

consommations alimentaires individuelles d'un échantillon représentatif de la population française à un temps défini. Cependant, les intervalles de collecte des données varient et des changements méthodologiques peuvent entraver les comparaisons longitudinales entre les études (ex. INCA2 et INCA3). Par exemple, ces fluctuations méthodologiques ne permettent pas de conclure quant aux évolutions quantitatives de consommation de produits animaux et végétaux à l'échelle individuelle en France.

- [Les consommations individuelles totales par études épidémiologiques observationnelles](#)

Les études épidémiologiques observationnelles, telles que la cohorte NutriNet-Santé, pilotée par l'Équipe de Recherche en Épidémiologie Nutritionnelle (EREN), quantifient la consommation alimentaire individuelle par des méthodes d'enquêtes validées au sein d'un échantillon de volontaires. Malgré les biais potentiels, elles permettent de suivre l'évolution des consommations des participants au cours du temps. Bien qu'elles ne soient généralement pas représentatives, elles fournissent des résultats relativement cohérents avec les observations de consommations alimentaires d'enquêtes représentatives (36,37). Elles fournissent aussi des données sur des sous-groupes d'individus moins représentés dans la population française, comme cela a été le cas avec les personnes végétariennes dans la cohorte NutriNet-Santé (38).

Dans ces travaux de thèse, nous avons utilisé des données de consommations individuelles totales obtenues par une étude épidémiologique, en l'occurrence NutriNet-Santé. Étant donné le peu de données disponibles dans la littérature, nous avons également utilisé des données provenant d'autres sources pour réaliser une revue de l'état actuel des tendances de consommation alimentaire. Il est important de souligner que les comparaisons directes entre ces différentes sources sont difficiles en raison des variations de la population considérée lors de la collecte des données ou du calcul des proxies de la consommation de viande (31). Il est donc essentiel de prendre en compte les limites des diverses sources de données pour comprendre les différents résultats de la littérature concernant le changement de comportement. Cela sera exploré plus en détail par la suite, notamment en ce qui concerne le décalage entre l'intention et le changement effectif de comportement alimentaire.

### [Données descriptives de disponibilités alimentaires, d'achats et de consommations de produits animaux et produits végétaux en France](#)

- [Données descriptives de disponibilités alimentaires, d'achats et de consommation de viande](#)

Au niveau mondial, la consommation de viande en France et en Europe est particulièrement élevée (39). En 2014, la France se situait dans le premier quart des pays les plus consommateurs de viande rouge et était le 9<sup>e</sup> pays pour la consommation de viande (40).

Selon les données de bilan de FranceAgriMer de 2021, la viande la plus consommée<sup>2</sup> en France est le porc, suivi des volailles et du bœuf (41). En 2021, la consommation de viande en France est estimée à 85,1 kgec/hab/an, dont 31,7 kgec/hab/an pour le porc, 28,6 kgec/hab/an pour les volailles et 22,1 kgec/hab/an pour le bœuf (41). Parmi la viande de volailles, 76% de la consommation correspondent à la viande de poulet de chair, soit autant que la consommation de viande bovine (41).

Les données d'achat de 2014 de l'INSEE indiquent que la viande est la première dépense du budget alimentaire en France, représentant près de 20% (25).

Concernant la consommation alimentaire individuelle, la dernière enquête nationale représentative INCA3 réalisée sur la période 2014-2015 est la méthode la plus précise pour estimer la consommation individuelle de la population française. D'après cette étude, les produits animaux représentent environ un quart de l'apport énergétique total des individus, dont 4,2% pour la viande de boucherie, 2,2% pour les volailles et 3,3% pour la charcuterie (hors abats) (42). La consommation individuelle journalière moyenne s'élève à 47,3 g/jour pour la viande de boucherie, 26,0 g/jour pour les volailles et 27,3 g/jour pour la charcuterie (42). Ces résultats concordent globalement avec ceux de l'enquête de CCAF 2017 du CREDOC (27,43). Par ailleurs, dans l'enquête INCA3, 68,3% des individus consomment de la viande de boucherie, 49,1% des volailles, 66,9% de la charcuterie (42). Parmi ces consommateurs, la consommation individuelle journalière moyenne est estimée à 69,2 g/jour pour la viande de boucherie, 52,9 g/jour pour les volailles et 40,9 g/jour pour la charcuterie. D'après l'enquête Esteban réalisée sur la période 2014-2015, plus de la moitié des individus consommaient 1 à 2 portions par jour de viandes, volailles, produits issus de la pêche et œufs, équivalents au repère des recommandations nutritionnelles françaises du PNNS 2 (2006-2010) (44). Des différences sociodémographiques en lien avec la consommation de viandes ont également été observées et seront développées dans le Chapitre 1, 2.3.2.) Des disparités dans les niveaux de consommations de viande au sein de la population française ont été observées, comme le montre les données issues de l'enquête INCA 2 en Figure 3.

---

<sup>2</sup> Il s'agit de données de disponibilité alimentaire par habitant à l'échelle de la France.

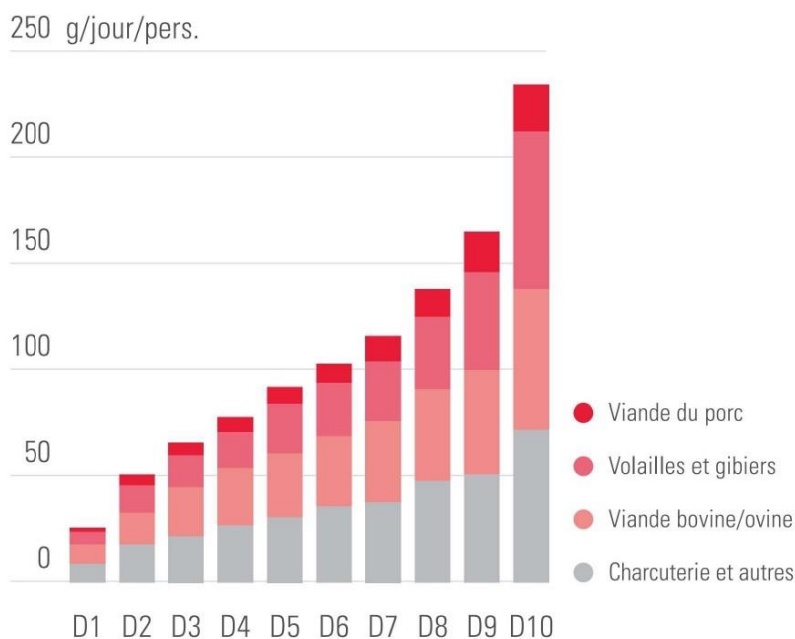


Figure 3. Distribution de la consommation de viande, par type de viande, dans la population française (source : enquête INCA2 (2006-2007) (45))

- Données descriptives de disponibilités alimentaires, d'achats et de consommations de légumineuses

D'après les données de la FAO, les légumineuses jouent un rôle important dans la consommation alimentaire dans certaines régions du monde, en particulier en Amérique latine, en Asie du Sud et en Afrique sub-saharienne (46). En revanche, la consommation de légumineuses en Europe reste relativement faible. D'après les données de l'Organisation de coopération et de développement économiques (OCDE) et de la FAO pour 2020, la consommation moyenne en Europe était estimée à 4,4 kg/hab/an, comparé aux 11,5 kg/hab/an en Amérique latine (47). La France fait partie des pays européens où la consommation de légumineuses est la plus faible (48). Selon les données de bilans alimentaires de l'Agreste de 2013-2014, les légumineuses les plus consommées en France sont les lentilles (42%) et les haricots secs (36%). La consommation de pois chiches est assez faible et a fortement diminué, avec une consommation divisée par 4 depuis les années 1995-1996 (48). Au cours des dernières décennies, l'utilisation du soja dans l'alimentation humaine a considérablement augmenté, notamment à travers les produits fermentés, le lait de soja, le tofu, etc.

Les légumineuses peuvent être achetées sous diverses formes : en graines sèches, en plats préparés contenant des légumineuses (comme le cassoulet) ou en conserves. Les produits en conserve sont les plus consommés (5). Cependant, ces dernières années, de nouveaux produits liés aux innovations technologiques ont émergé, tels que les steaks végétaux à base de légumineuses et les matières protéiques végétales (MPV) incorporées dans des formulations, comme la farine de pois (48,49). Ces données nécessiteront d'être actualisées en prenant en compte ces nouveaux produits.



En ce qui concerne la consommation, l'étude INCA3 (2014-2015) observe que la consommation individuelle journalière moyenne de légumineuses en France est estimée à 7,7 g/jour. Seuls 14,7% des individus consomment des légumineuses, et parmi ces consommateurs, la consommation individuelle journalière moyenne s'élève à 52,4 g/jour (42). Des disparités sociodémographiques existent concernant la consommation de légumineuses, notamment en lien avec le sexe et le niveau d'études (42,50), et seront abordées dans un chapitre ultérieur (Chapitre 1, 2.3.2.).

- [Données descriptives de consommations sur l'équilibre entre produits animaux et produits végétaux](#)

Concernant l'équilibre entre produits animaux et produits végétaux dans l'alimentation, en Europe et aux États-Unis, les protéines alimentaires proviennent principalement de sources animales, représentant entre 55 % et 71 % de l'apport en protéines selon les pays (51–56). Plus spécifiquement, la viande rouge contribue entre 16 % et 35 % aux apports en protéines animales. En France, d'après les données de l'étude INCA3, les protéines animales représentent encore 60% à 70% des apports protéiques en France (42). A noter que dans cette enquête nationale représentative, les légumineuses ne représentent que 0,7% des apports protéiques totaux.

Les protéines végétales proviennent principalement des céréales contenues dans le pain, les pâtes ou le riz, tandis que les légumineuses et les fruits à coque, plus riches en protéines, y contribuent de manière marginale. En Europe et aux États-Unis, les céréales sont les principales contributrices à l'apport en protéines végétales, entre 40 % et 70 % des protéines végétales (53,54,56). En France, d'après les données d'INCA2, les deux tiers de l'apport en protéines végétales proviennent des céréales, alors que les légumineuses, les graines et les fruits à coque ne représentent ensemble qu'environ 6 % de cet apport (53).

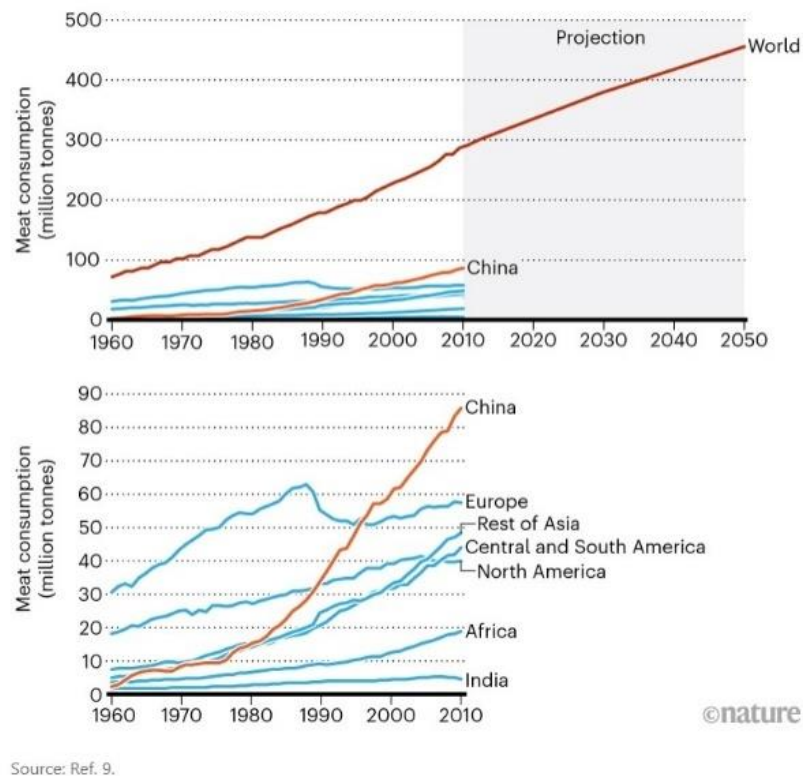
### [Transitions nutritionnelles et évolutions des profils alimentaires en France](#)

- [Transition\(s\) nutritionnelle\(s\) en cours](#)

Aujourd'hui, la demande en viandes et en produits animaux connaît une croissance constante au niveau mondial (Figure 4) (39,57,58). Selon les données de la FAO notamment, cette augmentation dans les dernières décennies est principalement attribuée aux pays émergents comme la Chine et l'Indonésie, plutôt qu'aux pays développés à revenu élevé où la place de la viande était déjà centrale (39,58).

Le concept de « transition nutritionnelle » a été introduit par Barry Popkin dans les années 1990 (59), et se réfère aux changements dans les habitudes alimentaires et d'activité physique à l'échelle mondiale (8). Comme précédemment évoquée, la transition nutritionnelle du XXe siècle dans les pays développés se caractérise par une augmentation de consommation de produits riches en protéines

animales, notamment des viandes, et une diminution de consommation de produits végétaux. Depuis quelques années, suite à la hausse des revenus, à la croissance démographique et aux influences socioculturelles, les pays émergents sont en train de réaliser leur transition nutritionnelle, semblable à celle qu'ont vécue les pays développés au milieu du XXe siècle.



Source: Ref. 9.

Figure 4. Evolution de la consommation de viande à l'échelle mondiale depuis 1960 et projection de la consommation de viande en 2050 (source : Jones, 2023) (57)

Au contraire, dans les pays développés tels que la France, un changement de paradigme alimentaire, décrit comme une « deuxième transition nutritionnelle » (60), semble émerger depuis quelques années. Ce changement alimentaire, inverse à la première transition nutritionnelle, implique une diminution des produits animaux au profit de produits végétaux (8). Au cours des dernières décennies, un grand nombre d'études ont apporté des preuves scientifiques robustes quant à l'urgence d'un rééquilibrage de consommation de produits animaux en faveur des produits végétaux dans l'alimentation (61–65).

- Vers une diminution des ventes et des consommations de viande en France ?

Les données obtenues par bilan alimentaire fournissent un aperçu des évolutions du marché des produits animaux en France. Selon les derniers rapports, basés sur des données de bilans alimentaires, la consommation de viandes (viandes de boucherie et volailles) a subi des fluctuations depuis son pic

atteint dans les années 1990 (21). Plusieurs diminutions de consommations ont été observées au cours de la période entre les années 1990 et les années 2010, notamment marquée par des conjonctures économiques, comme la crise économique de 2008, et des scandales sanitaires, comme la crise de la « vache folle ». Selon les chiffres de FranceAgriMer, la diminution des viandes est estimée autour de -11% entre 1990 et 2013 (30). Depuis les années 2010, la consommation de viandes semble se stabiliser, voire en légère augmentation (+2% entre 2013 et 2020) (21,66).

Par ailleurs, d'après les données de bilans, un changement du type de viandes consommées a été observé. En effet, la consommation de viande bovine et porcine diminue depuis plusieurs années (Figure 5) (21,41), alors qu'à l'inverse, la consommation de viande de volailles, en particulier de poulet de chair, augmente fortement, avec respectivement +17% et +30% entre 2011 et 2021 (41).

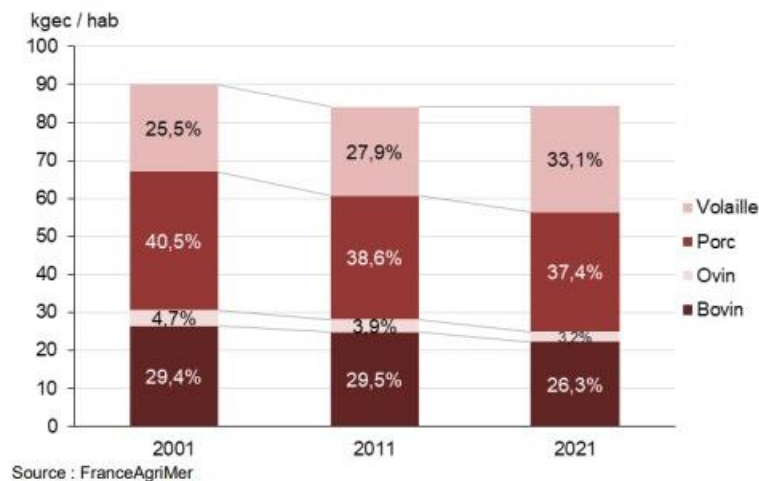


Figure 5. Consommations de viande, calculées par bilan alimentaire, en 2001, 2011 et 2021, en France (source : FranceAgriMer (21))

Bien que des fluctuations aient été mises en évidence par les données de bilans, à ce jour, en France, il n'existe pas de données fiables et robustes permettant de quantifier les évolutions de consommations alimentaires individuelles. Les enquêtes nationales représentatives disponibles actuellement, présentent des différences méthodologiques dans les modalités de collecte des données alimentaires, rendant la comparaison des différents volets des enquêtes peu rigoureuse. De plus, aucune étude épidémiologique observationnelle longitudinale, en particulier en France, ont permis d'objectiver les évolutions de consommations alimentaires individuelles sur une période de temps conséquente. Bien qu'il existe des changements méthodologiques, l'enquête de CCAF du CREDOC a observé une diminution de la consommation individuelle de viande de -12% entre 2007 et 2016 (27). Cette diminution est notamment marquée par la diminution de consommation de viandes de

boucherie (-21%) et de charcuteries (-17%) alors que la consommation de viande de volailles reste assez stable sur cette période. Des différences sociodémographiques ont également été décrites et seront abordées ultérieurement.

Les premières estimations d'évolutions de consommations de viande semblent refléter une volonté de certains consommateurs de diminuer leur consommation de produits animaux en faveur des produits végétaux. Cette tendance semble appuyée par les résultats d'enquêtes et de sondages déclaratifs récents qui indiquent que de plus en plus d'individus déclarent vouloir réduire ou réduisent leur consommation de viande, voire déclarent être devenus végétariens ou véganes (8). En France, les données disponibles proviennent par exemple d'une enquête du CREDOC réalisée sur des échantillons représentatifs de quatre pays européens (n=3 520) en 2018. L'enquête observe que 50% des Français, 42% des Allemands, 41% des Espagnols et 36% des Britanniques déclarent avoir réduit leur consommation de viande par rapport à 2017 (67). Par ailleurs, d'après le sondage d'Harris Interactive (n=1074), en 2022, plus de la moitié des Français déclarent avoir réduit leur consommation de viande ces 3 dernières années et ce chiffre est en augmentation (57% en 2023 vs. 48% en 2021) et 39% estiment qu'ils diminueront leur consommation dans les 3 prochaines années (68). Cependant, cette tendance n'a pas été confirmée par des données quantitatives mesurées robustes, un des sous-objectifs des travaux de thèse.

- [L'émergence et la résurgence des régimes alimentaires ayant une part plus importante en produits végétaux](#)

Depuis quelques années, une tendance en faveur de l'adoption de régimes alimentaires ayant une part plus importante de produits végétaux semble émerger dans de nombreux pays (31). Cette tendance englobe différents profils alimentaires, qui vont d'une simple réduction de consommation de viande à une exclusion des produits animaux.

Parmi ces profils alimentaires, les régimes d'exclusion des produits animaux, tels que les régimes végétariens et végétaliens, se sont développés dans plusieurs pays de forte consommation de viande, bien qu'il s'agisse d'un mouvement très ancien. Les régimes végétariens (ovo-, lacto-, ovolacto-, pesco-végétariens) réfèrent aux régimes qui excluent partiellement ou totalement les produits de chair animale (viandes, œufs, produits laitiers, poissons) (69). Le régime végétalien est un régime alimentaire qui exclue tout produit animal. Ce régime alimentaire est à différencier du « véganisme » qui dépasse l'alimentation et qui désigne une exclusion plus large, dans son mode de vie, des produits issus de l'exploitation des animaux. Ces dernières années, les végétariens, en particulier les végétaliens, représentent une part relativement faible des consommateurs (70). Dans une enquête du CREDOC réalisée pour FranceAgriMer en 2018, 5,2% des Français, 5,6% des Allemands, 2,8% des Espagnols et 8% des Britanniques déclarent avoir adopté un régime végétarien (incluant les régimes

ovolactovégétariens et végétaliens et le mode de vie végane) (67). En France, dans les enquêtes nationales représentatives INCA2 et INCA3, seuls 0,5% et 1,8% des individus ne déclaraient aucune consommation de chair animale, équivalent à un régime végétarien (42,71). Ces profils d'exclusion des produits animaux ne font pas partie du périmètre d'étude des travaux de thèse.

D'autre part, des profils alimentaires caractérisés par une réduction de la consommation de produits animaux, en particulier de viande, ont émergé au cours des dernières années. D'ailleurs, la littérature sur ce sujet a considérablement augmenté en Europe et aux États-Unis depuis 2018 (72). Cependant, par rapport aux profils alimentaires qui excluent les produits animaux, ces profils alimentaires plus modérés demeurent moins étudiés (73,74), alors même qu'ils seraient adoptés par une part plus importante de la population.

Les estimations concernant le nombre de consommateurs adoptant ce profil alimentaire varient fortement dans la littérature (70), allant de près de 10 % (75–77) à plus de 30% dans certaines études (78–81). En ce qui concerne la France, une étude représentative de la population française conduite en 2018 (n=2055) a observé que 6,3% des participants déclaraient limiter la consommation de viande au minimum, identifiés comme « flexitariens », et 18,2% déclaraient envisager de ne manger de la viande et du poisson que très rarement (pas plus d'une fois par semaine). Une étude multi-pays conduite en 2019 a observé que 15,9% des participants français indiquaient que le terme « flexitarien » était le plus adéquat pour décrire leur régime alimentaire (82). De plus, selon une enquête représentative de la population française menée par l'Institut français d'opinion publique (IFOP) en 2020 (n=15 001), 24 % des Français s'identifient comme « flexitariens », tandis que 2,2 % déclarent suivre un régime végétarien (83) (83).

Cette variabilité dans les estimations peut s'expliquer par divers facteurs. D'une part, les études sont conduites dans des pays de cultures et de traditions culinaires différentes, en particulier en lien avec les produits carnés. D'ailleurs, de telles différences ont été observées dans une étude réalisée dans deux pays européens, le Royaume-Uni et en Italie (84). D'autre part, la tendance vers la réduction de consommation de viande est un phénomène récent, et par conséquent, les différences de périodes de collecte des données peuvent contribuer à la variabilité des estimations. Par exemple, une étude menée aux Pays-Bas a rapporté que le nombre de consommateurs qui se déclarent « flexitariens » est passé de 13 % à 43 % entre 2011 et 2019 (85). Enfin, cette variabilité dans les estimations peut être attribuée au fait que la réduction de consommation de viande englobe un ensemble de comportements alimentaires variés (8), contribuant à la variabilité des résultats entre les études.

En effet, l'étude de la réduction de consommation de viande peut varier selon :

- la définition du comportement visé :

Selon les études, différents comportements de réduction de consommation de viande peuvent être examinés, par exemple, la diminution de la portion de viande consommée, la diminution de la fréquence de consommation de viande, mais également des profils alimentaires comme les « flexitariens » ou les profils alimentaires identifiés selon différentes variables, comme par exemple, les motivations, les obstacles face à la réduction de viande (76,86–88) ou encore des profils identifiés selon la fréquence de consommation de viande (86,88,89)

- le type de viandes considéré :

Les études s'intéressant à la réduction de consommation de viande peuvent étudier la viande en général, ou plus spécifiquement la viande rouge, et peuvent également inclure les charcuteries (73)

- l'étape évaluée dans le processus de réduction de consommation de viande :

Les différentes études peuvent s'intéresser à la prise de conscience de la réduction de consommation de viande, à la volonté de changement (*willingness*), à l'intention de changement (*intention*) ou au changement effectif de consommation de viande (84,87,90–92).

Toutefois, il est important de mentionner que bien qu'il existe une part non négligeable de consommateurs se tournant vers des régimes alimentaires ayant une part plus importante de produits végétaux, ces groupes d'individus restent minoritaires par rapport aux consommateurs qui maintiennent leur consommation de viande, appelés aussi « omnivores » (8).

### Profils alimentaires en lien avec la réduction de consommation de viande

- [Descriptions des différents profils liés à la réduction de consommation de viande dans la littérature](#)

Dans la littérature, il n'y a pas de définition précise de ce qu'est une réduction de consommation de viande. En effet, contrairement aux régimes végétariens qui sont eux bien définis par les exclusions, la réduction de consommation de viande nécessiterait une définition incluant la notion de continuum (85). Toutefois, malgré l'absence de définition établie officiellement, plusieurs concepts ont tout de même été proposés.

Tout d'abord, sur la base de la définition des régimes végétariens et végétaliens, certains auteurs ont défini un groupe d'individus ayant un profil alimentaire intermédiaire, les semi-végétariens, qui excluent certains types de viande de leur régime alimentaire (73). Néanmoins, ce profil alimentaire regroupe plusieurs comportements différents, par exemple les individus qui évitent la viande rouge ou le porc mais consomment du poisson, de la volaille ou les deux, et également ceux qui adoptent un régime principalement végétarien mais consomment occasionnellement de la viande. La fréquence de

la consommation de viande est rarement évoquée dans les études, ce qui complique l'établissement d'une définition précise de ce régime alimentaire (69).

D'autre part, le terme « flexitarisme » est souvent retrouvé à la fois dans la presse grand public et scientifique pour traiter la thématique de la réduction de consommation de viande. Ce néologisme est un mot « valise » qui provient de la contraction entre « flexible » et « végétarisme » et qui a été développé par un journaliste, Mark Bittman dans les années 1990. Un « flexitarien » désigne un individu qui limite sa consommation de viande, sans toutefois l'exclure de son régime alimentaire (73). Conformément à l'idée de flexibilité inhérente à ce profil alimentaire, il englobe une variété de comportements, mais peu d'études précisent clairement les limites de cette « limitation » de consommation. Dans la littérature, certains auteurs ont observé que les individus s'identifiant comme « flexitariens » peuvent adopter ce profil alimentaire en tant qu'identité alimentaire (93). Par conséquent, ces individus peuvent non seulement modifier leurs habitudes alimentaires, mais aussi se considérer comme faisant partie d'un groupe partageant des valeurs similaires.

Dans la littérature, cette diversité des profils alimentaires visant à réduire la consommation de viande, combinée à l'absence de consensus dans les définitions des régimes flexitariens ou semi-végétariens (8,70) engendre une variabilité des comportements étudiés et complique la comparaison et la généralisation des résultats entre les différentes études (69).

Dans le cadre de cette thèse, nous avons considéré les consommateurs qui réduisaient leur consommation de viande de façon globale, néanmoins, la revue de la littérature prendra en compte l'ensemble des profils alimentaires en lien avec la réduction de consommation de viande.

- [Décalage entre les profils alimentaires déclarés et les consommations réelles](#)

Quel que soit la part de produits végétaux dans le régime alimentaire, plusieurs études ont observé un décalage entre les profils alimentaires auxquels les individus s'identifient et les consommations de produits animaux (94–97). Par exemple, dans une étude sur un échantillon représentatif de la population australienne, seuls 60,0 % des végétariens déclarent n'avoir jamais consommé de viande au cours de l'année et 52,3 % des végétaliens déclarent n'avoir jamais consommé de produits animaux (98). De même, en France, d'après un sondage de l'IFOP, près de 30 % des individus « flexitariens » déclaraient consommer de la viande quotidiennement et près de la moitié des individus végétariens déclaraient en consommer occasionnellement (83). Ainsi, les individus ne semblent pas être toujours en cohérence avec leurs préférences alimentaires déclarées, certains peuvent ne pas se conformer strictement aux pratiques auxquelles ils s'identifient (98). Ce décalage s'observe également chez les individus qui ne s'identifient pas à un régime alimentaire spécifique. Par exemple, d'après le sondage

de l'IFOP, parmi les non-végétariens et non-flexitariens, 8% déclaraient limiter leur consommation de viande, sans s'identifier comme flexitariens (83).

D'autre part, dans la littérature, certaines études et rapports décrivent un décalage entre ce que les individus déclarent consommer et ce qu'ils consomment réellement, illustrant des potentiels biais méthodologiques (33).

Le choix de la méthode utilisée pour définir le changement de comportement alimentaire dans une étude, qu'il s'agisse de l'identification à une identité alimentaire, de la déclaration de consommation ou de la mesure des consommations réelles, peut contribuer à la variabilité des estimations concernant les changements alimentaires. Par conséquent, une étude évaluant la consommation alimentaire individuelle au cours du temps semble nécessaire pour confirmer les tendances de réduction de la consommation de viande observées au sein de certains groupes de consommateurs.

- [Intérêt des indicateurs d'épidémiologie nutritionnelle pour prendre en compte le rééquilibrage de consommation entre produits animaux et végétaux](#)

L'utilisation de catégorisations de régimes alimentaires, qu'ils soient auto-déclarés ou non, peut présenter certaines limites lorsqu'il s'agit d'étudier de manière précise les changements alimentaires dans le cadre des études épidémiologiques.

D'une part, comme précédemment discuté, les changements alimentaires visant à réduire la consommation de viande semblent se répartir le long d'un continuum. Par conséquent, il peut être plus approprié d'utiliser des variables continues, ou indicateurs, pour modéliser ces changements, permettant une meilleure représentation de la diversité des pratiques alimentaires. Par exemple, des indicateurs simples, comme la contribution des viandes à l'apport énergétique totale, peuvent être utilisés pour étudier le changement de consommation de viande.

D'autre part, les catégorisations couramment utilisées dans la littérature se concentrent principalement sur la réduction de la consommation de viande, négligeant ainsi l'étude du régime alimentaire dans sa globalité. La littérature scientifique récente a conduit au développement de plus de 35 indicateurs alimentaires (99) pouvant être utilisés pour évaluer le degré de rééquilibrage de consommation entre produits animaux et produits végétaux au sein d'un régime alimentaire. Ces indicateurs sont le score pro-végétarien (100), le Plant-Based Diet Index (PDI), et ses scores associés, healthyPDI et unhealthy PDI (101), etc. Ces indicateurs multidimensionnels permettent de mieux prendre en compte les différents aspects de rééquilibrage de consommation au sein du régime alimentaire. Par exemple, ils permettent d'inclure l'étude de la substitution de la viande, un élément essentiel du concept des « deux R », à savoir la « réduction » et le « remplacement » (ou la



substitution) de la viande (8), qui n'est actuellement pas considérée dans les catégorisations existantes.

D'autre part, ces indicateurs peuvent également prendre en compte d'autres paramètres. Par exemple, dans le cadre du rééquilibrage de consommation entre produits animaux et produits végétaux, tous les produits végétaux ne sont pas favorables pour la santé (101). Certains indicateurs, tels que le score healthy Plant-based Diet Index (healthyPDI ou hPDI) et le unhealthy Plant-based Diet Index (unhealthyPDI ou uPDI), permettent ainsi de distinguer, au sein d'une population, les individus adoptant des régimes alimentaires riches en produits végétaux favorables pour la santé et ceux adoptant des régimes alimentaires riches en produits végétaux moins favorables à la santé (101).

Comme tous scores, ces indicateurs présentent des limites, notamment du fait qu'ils résument les informations en un unique score, néanmoins, ils sont de bons outils pour étudier les régimes alimentaires dans leur globalité.

## 1.2. Le rééquilibrage de consommation entre produits animaux et végétaux, une réponse face à la convergence des crises écologiques, sanitaires, éthiques et sociétales

### 1.2.1. Alimentation durable et système alimentaire durable : définitions

#### Origine et définition du concept d'alimentation durable

La durabilité appliquée à l'alimentation prend sa source dans la démarche du développement durable, souvent schématisé par les trois piliers : sociaux, économiques et environnementaux. L'application du concept de développement durable à l'alimentation a pris forme lors du symposium international « Biodiversité et régimes alimentaires durables unis contre la faim » en 2010, organisé par la FAO et Bioversity International (102). Les régimes alimentaires durables (ou alimentation durable) ont été définis comme :

*« des régimes alimentaires ayant de faibles conséquences sur l'environnement, qui contribuent à la sécurité alimentaire et nutritionnelle ainsi qu'à une vie saine pour les générations actuelles et futures. Les régimes alimentaires durables contribuent à protéger et à respecter la biodiversité et les écosystèmes, sont culturellement acceptables, économiquement équitables et accessibles, abordables, nutritionnellement sûrs et sains, et permettent d'optimiser les ressources naturelles et humaines ».*

Cette définition met en évidence les quatre dimensions intégrées dans l'alimentation durable : environnementale, nutritionnelle, économique et socioculturelle.

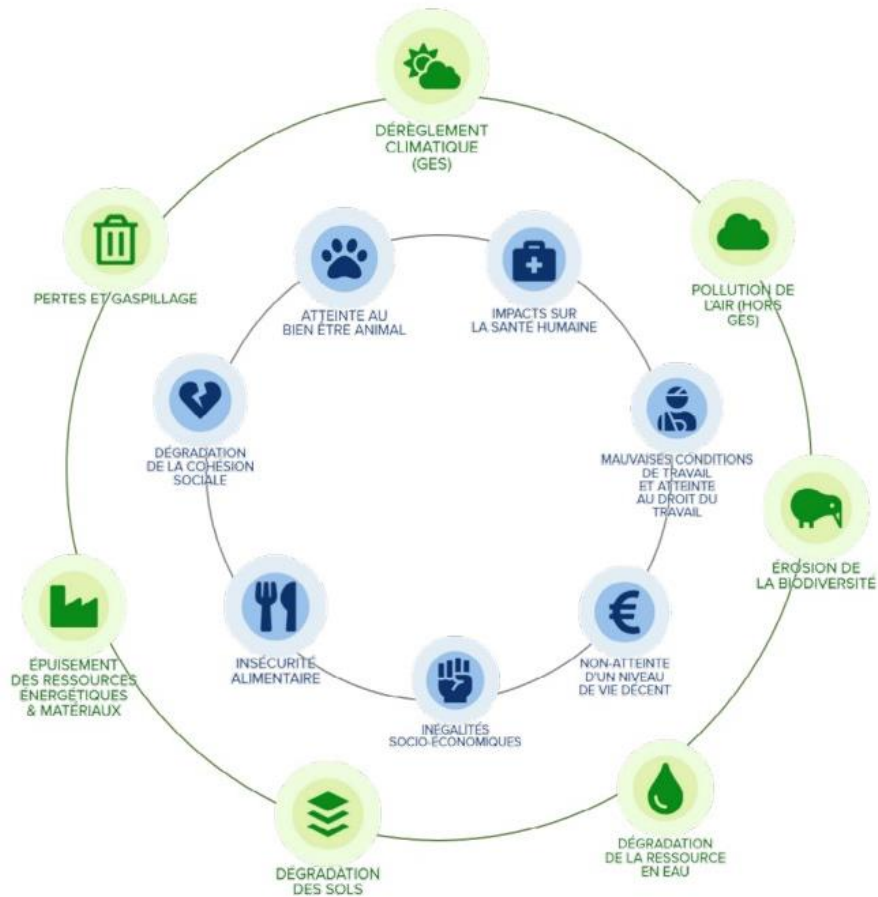


Figure 6. Les 14 problématiques de la non-durabilité de l'alimentation (A) et les chaînes de causalité entre ces problématiques (B) (source : Delavaud, 2020 (103))

Les régimes alimentaires ne sont pas seulement le résultat de choix individuels d'aliments mis à disposition par le système alimentaire (Figure 6). Les régimes alimentaires sont également influencés par le système alimentaire dans lequel ils s'inscrivent et peuvent également influencer à leur tour le système alimentaire (104).

#### Définition d'un système alimentaire durable

Le Groupe d'experts de haut niveau sur la sécurité alimentaire et la nutrition (HLPE) a proposé, une définition complète du système alimentaire (Figure 7) :

« Un système alimentaire est constitué de l'ensemble des éléments (environnement, individus, apports, processus, infrastructures, institutions, etc.) et des activités liées à la production, à la transformation, à la distribution, à la préparation et à la consommation des denrées alimentaires, ainsi que du résultat de ces activités, notamment sur les plans socioéconomique et environnemental » (105)

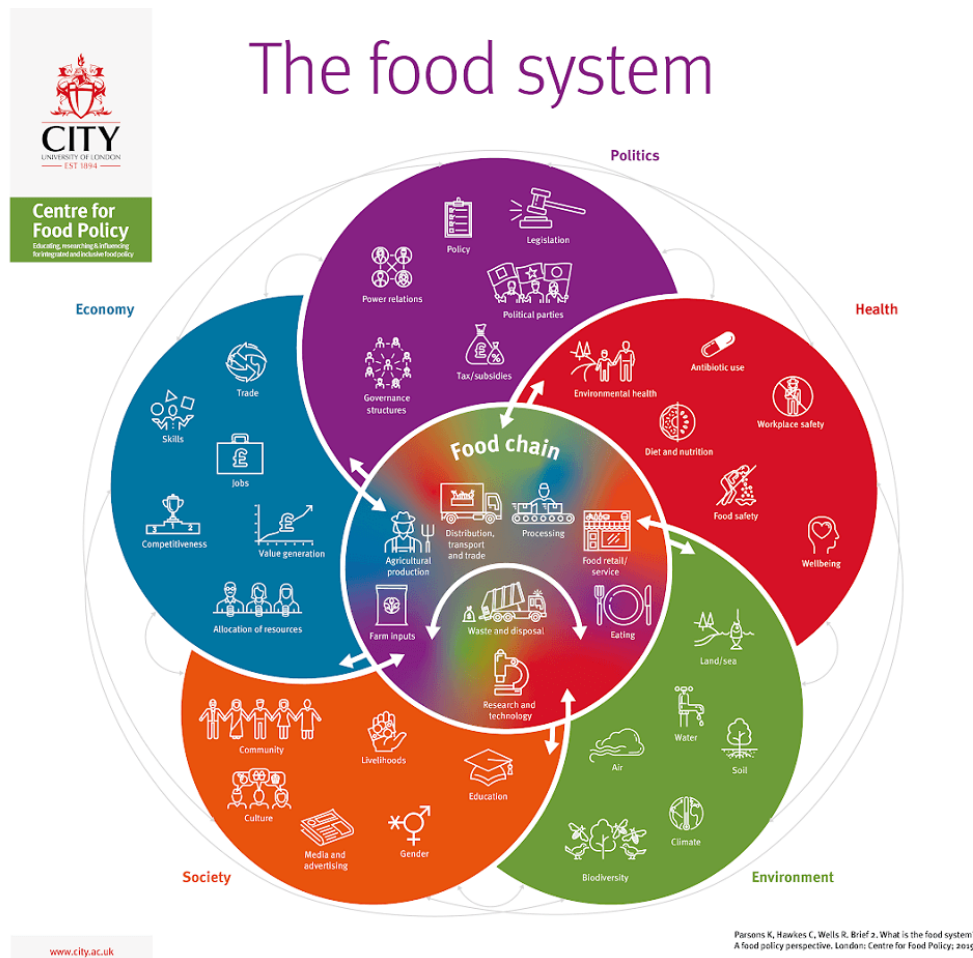


Figure 7. Représentation du système alimentaire (source : Parsons et al, 2019, (106))

Le HLPE a également proposé une définition d'un système alimentaire durable :

« Un système alimentaire durable est un système alimentaire qui garantit à chacun la sécurité alimentaire et la nutrition sans compromettre les bases économiques, sociales et environnementales nécessaires à la sécurité alimentaire et à la nutrition des générations futures » (105).

Pour réussir la transition vers des systèmes alimentaires plus durables, plusieurs leviers ont été envisagés à différentes étapes de la chaîne de valeur (107). Au niveau de la production agricole, l'adoption de nouvelles pratiques plus durables ainsi que des transformations dans l'utilisation des sols pourraient permettre de réduire les émissions de GES. La réduction des pertes et du gaspillage alimentaire, combinée à la valorisation des déchets et des sous-produits, sont des enjeux essentiels de la transition. De plus, au niveau des consommateurs et de la demande, l'adoption de régimes alimentaires plus durables pourraient permettre d'atténuer les pressions exercées par les systèmes alimentaires actuels sur l'environnement, tout en garantissant la sécurité alimentaire (107).

### *1.2.2. Le système alimentaire actuel exerce des pressions importantes sur l'environnement*

Reconnu par la nouvelle époque géologique, l'Anthropocène, les pressions exercées par les êtres humains sur les ressources naturelles et les écosystèmes, sont très importantes et sont attribuées en grande partie aux systèmes alimentaires actuels.

#### **Mesurer les impacts environnementaux : évaluation du changement climatique par les émissions de GES**

Pour comprendre les pressions exercées par les systèmes alimentaires actuels sur l'environnement, il est essentiel d'identifier et de quantifier les différentes catégories d'impacts environnementaux, comme le changement climatique et la biodiversité. Cette quantification s'appuie sur l'utilisation d'indicateurs, qui peuvent être évalués par deux approches : l'inventaire national sectoriel et l'Analyse du Cycle de Vie (ACV) (108,109).

L'approche basée sur l'inventaire national sectoriel consiste à répertorier les impacts environnementaux, directement émis sur le territoire par divers acteurs, répartis selon les secteurs d'activité (ex : industrie, agriculture) (109). Bien qu'elle soit utilisée par des organisations telles que le GIEC pour évaluer les contributions de différents secteurs économiques aux impacts environnementaux annuels, cette approche est relativement peu utilisée dans la littérature scientifique académique, notamment en épidémiologie.

L'approche ACV est une méthode largement utilisée et normalisée pour quantifier les impacts environnementaux, directs ou indirects, d'un produit (bien, service ou procédé) en considérant toutes les étapes de son cycle de vie (110). Elle est considérée comme la méthode privilégiée pour estimer l'impact environnemental des produits alimentaires et, plus largement, des régimes alimentaires, grâce aux bases de données, utilisées dans les études scientifiques, notamment en épidémiologie, avec la base de données Dialecte (111) ou Agribalyse (112). L'ACV nécessite la définition de trois éléments : le système et son périmètre d'étude (par exemple, du champ à la ferme, du champ à l'assiette), l'unité fonctionnelle, c'est-à-dire l'unité de mesure de l'évaluation, exprimée par exemple en kg de produit, g de protéines, par portion, et les indicateurs mesurant les impacts environnementaux (par exemple, les émissions de gaz à effet de serre (GES) pour le changement climatique, l'utilisation d'eau pour l'épuisement des ressources en eau). Pour évaluer les pressions qu'exercent un système sur les ressources naturelles et les écosystèmes, il est possible de l'évaluer par plusieurs catégories d'impacts environnementaux, mesurées par un indicateur. Afin de standardiser l'évaluation des pressions environnementales, la Commission Européenne a développé un cadre de référence, appelé « Product Environmental Footprint », qui définit la méthodologie à mettre en œuvre pour la réalisation d'une ACV ainsi que 16 catégories d'impacts environnementaux et leurs indicateurs associés (113). Parmi les

16 catégories d'impacts environnementaux sont inclus le changement climatique, l'eutrophisation, l'acidification, l'utilisation des terres, l'épuisement des ressources en eau, l'épuisement des ressources énergétiques, l'écotoxicité.

Dans le cadre de cette étude sur le rééquilibrage de consommation entre produits animaux et végétaux, l'impact le plus communément évalué est le changement climatique (114), notamment du fait de la précision et de l'abondance des données disponibles. Le changement climatique est causé par l'augmentation des concentrations atmosphériques des gaz à effet de serre. C'est l'accumulation des gaz, comme la vapeur d'eau (H<sub>2</sub>O), le dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>), le méthane (CH<sub>4</sub>), le protoxyde d'azote ou oxyde nitreux (N<sub>2</sub>O) et l'hexafluorure de soufre (SF<sub>6</sub>), qui contribue au renforcement de l'effet de serre naturel et entraîne l'augmentation des températures moyennes mondiales et des changements climatiques régionaux soudains (113,115). L'activité humaine est la première cause du changement climatique. L'indicateur utilisé pour estimer le changement climatique est le potentiel de réchauffement planétaire, obtenu via la mesure des émissions des différents GES. Etant donné que tous les gaz n'ont pas la même contribution à l'effet de serre, la mesure standard de l'émission d'un GES est exprimée en « équivalents de dioxyde de carbone » (CO<sub>2</sub>eq) (115).

Les autres impacts environnementaux n'ayant pas été étudiés dans cette thèse, ils ne seront pas définis de manière exhaustive ici, dans un souci de concision. Ils seront néanmoins abordés dans les sections suivantes en lien avec les pressions environnementales exercées par les systèmes alimentaires actuels.

### Les pressions environnementales exercées par les systèmes alimentaires actuels : évaluation des impacts à l'échelle du produit alimentaire

Les systèmes alimentaires actuels exercent un impact considérable sur l'environnement et contribuent au dépassement des limites planétaires (116–118). Le concept de limites planétaires a été défini par une équipe de chercheurs dans les années 2000 (119). Il correspond à des seuils à ne pas dépasser pour ne pas compromettre le développement de l'humanité dans un écosystème sûr, définis pour les neuf processus biophysiques impliqués dans le fonctionnement du système Terre, dont le changement climatique.

A l'échelle mondiale, les systèmes alimentaires représentent plus d'un tiers (34 %) des émissions anthropiques de GES totales en 2015, dont 39 % correspondent à la production agricole (120).

A l'échelle de la France, les émissions de GES provenant de l'alimentation s'élèvent à 163 MtCO<sub>2</sub>eq, constituant 24 % des émissions de GES totale des ménages, selon l'étude Contenu énergétique et carbone de l'alimentation des ménages (CECAM), pilotée par le Centre international de recherche sur l'environnement et le développement (CIRED) (45). Parmi cette empreinte carbone de l'alimentation,

plus des 2/3 sont attribuables à la production agricole, suivi par le transport des produits alimentaires (19 %) (Figure 8).

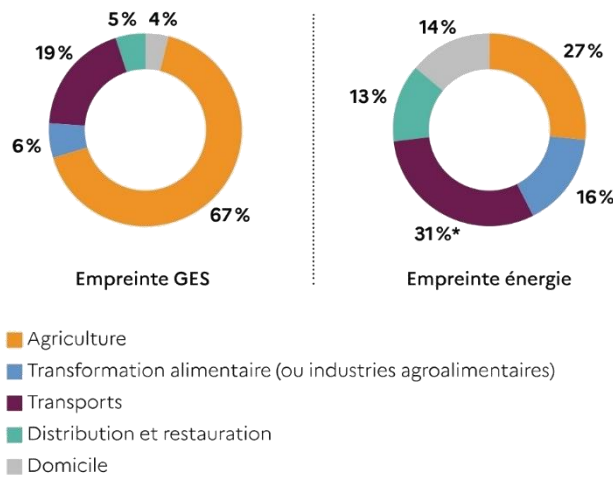


Figure 8. Empreinte carbone de l'alimentation à différents étapes de la production à la consommation (source : Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie (ADEME), (121))

Plus précisément, l'étude CECAM observe que l'empreinte carbone de l'assiette d'un Français est estimée à 2,6 tCO<sub>2</sub>eq, dont 1,8 tCO<sub>2</sub>eq sont attribuables à la production agricole (45). Ces résultats concordent avec ceux de l'étude BioNutrinet, qui quantifie l'empreinte carbone de l'alimentation en sortie de ferme (équivalent à la production agricole) à 1,9 tCO<sub>2</sub>eq (122). Ces deux études observent que les produits animaux, en particulier les produits issus de l'élevage, représentent plus des 3/4 des émissions de GES en sortie de ferme. Ainsi, elles confirment l'impact considérable des produits animaux sur les émissions de GES liées à l'alimentation, en comparaison avec les produits végétaux issus des cultures (Figure 9).

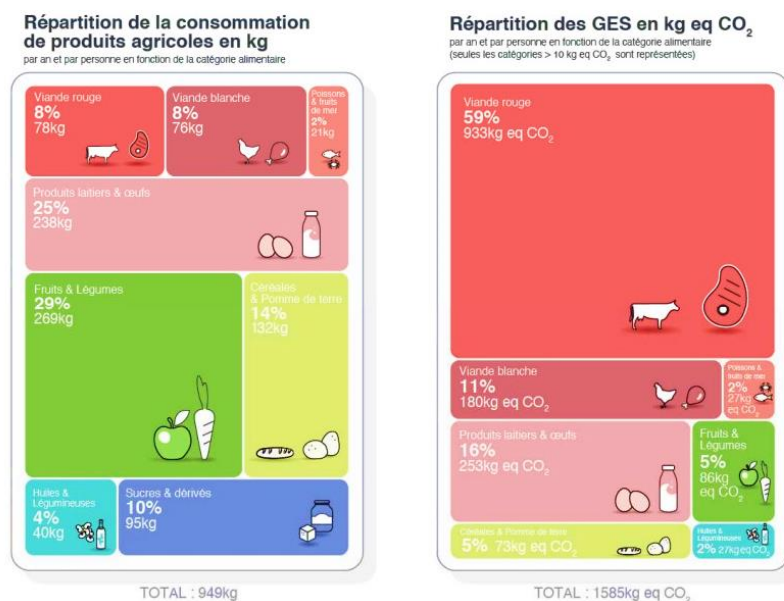


Figure 9. Répartition de la consommation de produits agricoles et empreinte carbone de l'alimentation en France (source : ADEME, (45))

- Les divers impacts environnementaux de l'élevage

L'élevage, qui permet la production des produits animaux tels que la viande, le lait, les œufs, se situe au second niveau de la chaîne trophique. Ainsi, la production de ressources agricoles est nécessaire pour l'alimentation des animaux.

**Changement climatique.** L'élevage contribue considérablement au changement climatique. En effet, à l'échelle mondiale, les émissions de GES provenant de l'élevage représentent 14,5 % des émissions anthropiques totales (123), et en moyenne 50 % des émissions de GES des activités agricoles (107). La majeure partie de émissions de GES provenant de l'élevage est attribuable au méthane (44 %), dont le potentiel de réchauffement global est équivalent à 25 fois celui du CO<sub>2</sub> (45,123). Or, ce gaz provient essentiellement de la fermentation entérique des ruminants (bovins, ovins et caprins), émis lors de la digestion microbienne des matières organiques riches en cellulose dans le rumen et éliminé principalement par éructation (124). Une autre source d'émissions de méthane provient de la dégradation des matières organiques dans les déjections des animaux d'élevage. Pendant le stockage des effluents, certains gaz, dont le méthane, sont libérés lors d'une fermentation anaérobie. D'autres gaz contribuent à l'effet de serre résultant de l'élevage, comme le N<sub>2</sub>O provenant du changement d'affectation des sols, de l'utilisation d'engrais azotés pour la production de l'alimentation animale et de la gestion des déjections lors de l'épandage et du pâturage, ainsi que le CO<sub>2</sub> produit par la consommation directe d'énergie par la combustion des énergies fossiles (électricité, fioul) et indirecte via la fabrication et le transport des intrants (engrais, alimentation animale, produits phytosanitaires, semences) (123,125). Ainsi, tous les animaux d'élevage n'ont pas la même contribution au changement climatique. D'après les données mondiales de la FAO, les émissions de GES provenant des ruminants représentent 61 % des émissions issues de l'élevage, alors que, pour les animaux monogastriques, seuls 9 % sont attribués aux porcs ainsi qu'aux volailles (123).

**Autres impacts environnementaux.** L'élevage contribue fortement au changement d'affectation des terres et à l'utilisation des terres, du fait des surfaces nécessaires à l'élevage des animaux et à la production de leur alimentation (126). En France, les animaux d'élevage concentrent 80 % de la surface agricole utile, auxquels s'ajoutent les terres cultivées pour l'alimentation animale dans d'autres régions du monde (45). D'autre part, l'élevage contribue fortement à l'utilisation de l'eau. A l'échelle mondiale, près d'un tiers de la consommation d'eau utilisée en agriculture est attribuée à l'élevage, dont 98 % à la production de l'alimentation animale (127). En outre, la gestion des déjections animales contribue à la pollution des eaux et à l'eutrophisation (128). L'élevage contribue également à la pollution de l'air, notamment par les émissions d'ammoniac (129), qui ont des effets néfastes sur les écosystèmes, contribuant à l'acidification, et indirectement, à l'eutrophisation et au changement climatique. Les pressions exercées par l'élevage sur les écosystèmes et les ressources naturelles contribuent à la perte

de biodiversité, de façon directe ou indirecte : changement d'affectation des terres, changement climatique, introduction d'espèces envahissantes, pollutions (128).

La question des impacts environnementaux de la production de viande est pourtant complexe. En effet, les niveaux d'impacts environnementaux peuvent varier en fonction de divers paramètres comme les différents systèmes de production et d'élevage, associées aux divers services écosystémiques rendus par certains types d'élevage (61). Par exemple, par unité de production, l'élevage extensif tend à produire plus d'émissions de GES que les systèmes intensifs, bien que ces derniers présentent d'autres inconvénients importants (61).

Néanmoins, certains systèmes d'élevage (ex. agroécologiques, extensifs) contribuent à fournir des externalités positives à l'environnement (Figure 10). La pratique du pâturage par les ruminants (par exemple, en système extensif) permet d'entretenir les prairies, ce qui est bénéfique au maintien de la biodiversité et à la régulation des flux d'eaux notamment (125,130). Cette pratique permet également la séquestration du carbone, toutefois, ce processus dépend de nombreux paramètres en lien avec sa capacité d'absorption (61). Les effluents des animaux d'élevage permettent la croissance des plantes et la fixation du carbone, en rendant l'azote plus disponible (61). Par ailleurs, les prairies de pâturage permettent la conversion de terres arables et des ressources en herbe non comestibles par l'homme en produits alimentaires comestibles et ainsi valorisent des espaces non utilisables pour l'alimentation humaine (131). A l'échelle mondiale, 57% des terres utilisées par l'élevage ne peuvent pas être converties en terres cultivables (131). De plus, les animaux d'élevage peuvent valoriser une partie des co-produits et sous-produits des filières végétales non comestibles directement par l'homme (tourteaux, sons, drèches). Ces divers services écosystémiques rendus par l'élevage ne sont actuellement pas comptabilisés dans les calculs des bilans des élevages.

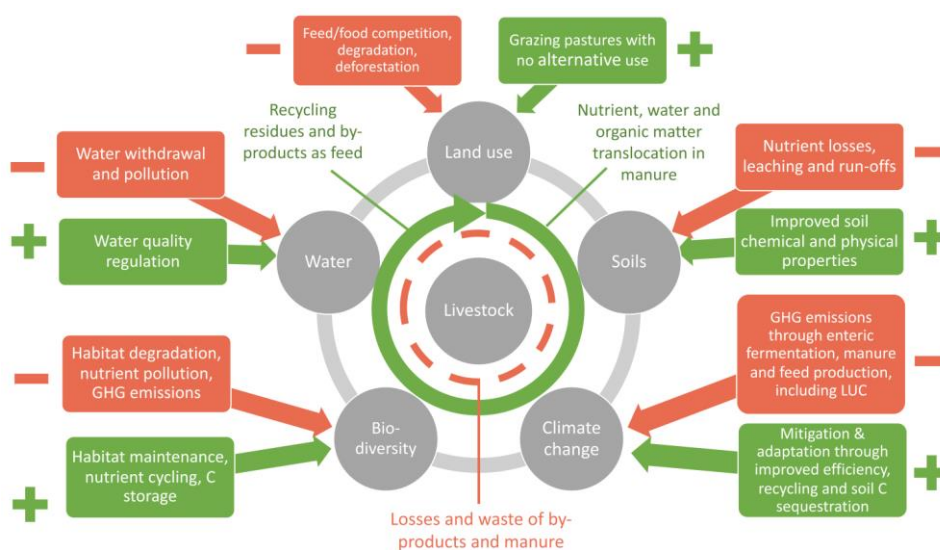


Figure 10. Impacts environnementaux de l'élevage et les services écosystémiques rendus par l'élevage (source : Beal et al. 2023 (4))



- [Les impacts environnementaux bénéfiques et services écosystémiques rendus par les légumineuses](#)

L'Union européenne (UE) contribue actuellement à moins de 2 % de la production mondiale de légumineuses (48). Les cultures de légumineuses occupent moins de 2 % des terres agricoles à l'échelle européenne, tandis que cette proportion s'élève généralement à 10 à 25 % sur d'autres continents, notamment pour des cultures telles que le soja, le pois et le haricot. La France représente 15 % des surfaces en légumineuses de l'UE et 21 % de la production totale. Cependant, il est important de noter que la majorité des légumineuses consommées dans l'UE proviennent d'importations, la production nationale ne couvrant que 27 % de la demande (48).

Pourtant, les légumineuses présentent des avantages pour l'environnement. Grâce à une symbiose avec certaines bactéries vivant dans le sol, les légumineuses ont la capacité de fixer l'azote atmosphérique. Cette propriété unique des légumineuses favorise la croissance de la plante, qui en retour fournit des nutriments essentiels aux bactéries (132,133). Par leur biomasse, les légumineuses restituent de l'azote dans les sols (134), ce qui conduit à une amélioration des rendements des cultures céréalières lors de rotations de culture (134). La rotation des cultures avec des légumineuses permet une réduction de l'utilisation d'engrais azotés, et donc des émissions de N<sub>2</sub>O (132,133). Par ailleurs, elle permet de rompre les cycles des bioagresseurs (maladies, insectes, espèces végétales indésirables) permettant la réduction de l'utilisation de pesticides et favorisant le maintien de la biodiversité (5). De plus, par leur biomasse, elle favorise la séquestration du carbone dans les sols (132), ce qui est bénéfique pour l'atténuation du changement climatique (5,132) et des phénomènes d'eutrophisation et d'acidification (135).

Néanmoins, parmi les légumineuses, il est important de noter que toutes n'ont pas un impact positif sur l'environnement. En effet, du fait de leur contenu riche en protéines, les légumineuses, et en particulier le soja, sont très utilisées pour l'alimentation animale (5). A l'échelle mondiale, la production de soja provient principalement du Brésil, des États-Unis et de l'Argentine. Ainsi, une forte dépendance vis-à-vis des importations de soja dans les pays où la consommation de viande est élevée a entraîné une intensification considérable de la production de soja dans ces régions. Le changement d'affectation des sols et la déforestation, engendrés par la production intensive de soja, contribue aujourd'hui de manière significative aux émissions de GES (5). Étant donné la demande croissante en viande, les pressions environnementales engendrées par la production de soja pourraient continuer à s'accroître à l'avenir.

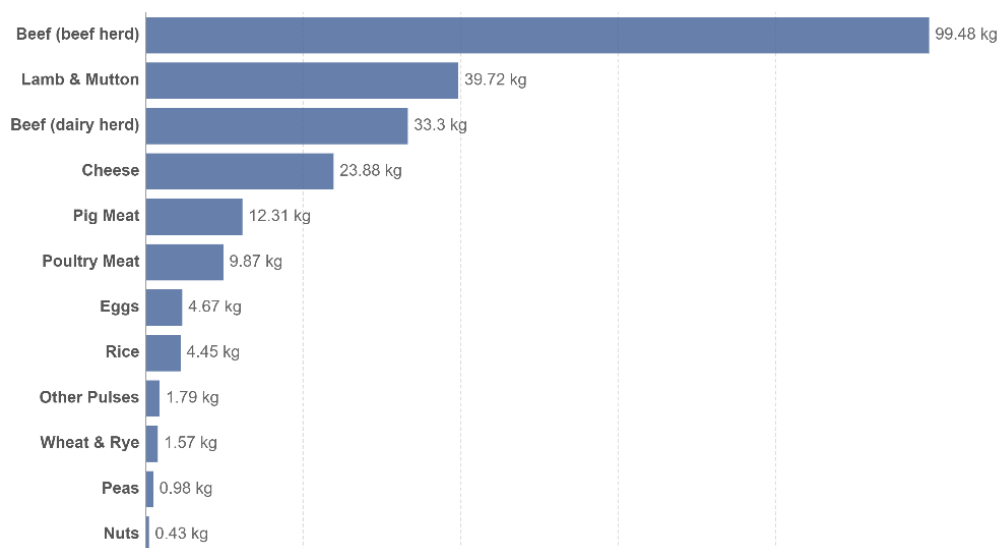
- [Comparaison des impacts environnementaux à l'échelle du produit alimentaire](#)

Une manière d'évaluer les impacts environnementaux des systèmes alimentaires est de comparer les empreintes environnementales des différents produits alimentaires, obtenues par

l'approche d'ACV. On parle alors d'intensités d'émissions de GES ou d'empreinte carbone d'un produit pour désigner le niveau des émissions de GES par unité de produit alimentaire.

De nombreuses études dans la littérature comparent les intensités d'émissions de GES par kilogramme de produit alimentaire. Plusieurs études concluent que les produits animaux présentent de plus fortes valeurs d'intensités d'émissions de GES, par kilogramme de produit, par rapport aux produits végétaux (à l'exception de certains produits comme le café et le chocolat noir) (62,136). Par exemple, dans l'étude menée par Poore and Nemecek, la viande de ruminant était au moins 30 fois plus émettrice de GES que les tomates et les pommes et certaines légumineuses comme le tofu ou les pois (Figure 11) (62). Parmi les produits animaux, la viande de ruminant présentait les émissions de GES les plus élevées, suivies des fromages, des viandes de monogastrique (porc puis volailles), et enfin des œufs (62). Par ailleurs, Clark et al. ont étudié plusieurs impacts environnementaux et ont mis en évidence que la viande de ruminant avait les plus forts niveaux d'émissions de GES, d'utilisation des terres et d'eutrophisation et, plus généralement, et le plus fort impact environnemental au global, parmi les produits alimentaires étudiés (136).

Selon la question de recherche, d'autres unités fonctionnelles basées sur un nutriment spécifique, sur l'énergie, sur la portion, peuvent également être utilisées pour décrire les impacts environnementaux des produits alimentaires. Or, quelle que soit l'unité fonctionnelle choisie, par exemple en gramme de protéines, en kcal et en portion, la viande de ruminants reste le produit alimentaire avec les valeurs d'intensités des émissions de GES les plus élevées (à l'exception dans certains cas du café, du chocolat ou de l'huile de palme) (39,65,123,136).



Source: Joseph Poore and Thomas Nemecek (2018).

OurWorldInData.org/environmental-impacts-of-food • CC BY

Figure 11. Émissions de GES par kg de produit alimentaire, mesurées en kgCO<sub>2</sub>eq, pour différents groupes alimentaires (source : Poore and Nemecek 2018 (39))

Bien qu'il existe des incohérences méthodologiques (paramètre du système de l'ACV par exemple) ou un manque de données, les résultats d'un nombre important et croissant d'études indiquent que les produits animaux, et en particulier ceux issus de l'élevage, exercent des pressions importantes sur les ressources naturelles (par exemple, en énergie, en surface et en eau) et sur l'environnement (changement climatique, pollutions, déclin de la biodiversité), bien supérieures à celles exercées par les produits végétaux, comme pour les céréales et les légumineuses (65).

Les légumineuses ont une très faible empreinte carbone, quelle que soit l'unité fonctionnelle (62,135,137). Des études ont montré que les légumineuses avaient des intensités d'émissions de GES plus de 50 fois inférieures à la viande de ruminant, par kilogramme de produits (62) et environ 250 fois inférieures, par gramme de protéines (64).

Bien qu'intéressante pour comparer les impacts environnementaux de divers produits alimentaires, l'évaluation des empreintes environnementales à l'échelle du produit alimentaire présente certaines limites. En effet, cette estimation n'est pas toujours réaliste en terme de comportement alimentaire réel, par exemple, l'ingestion d'un kilogramme d'huile de palme est très peu probable par rapport à un kilogramme de viande. De plus, les produits alimentaires ne sont pas consommés de manière indépendante mais au sein d'un régime alimentaire, ainsi, une évaluation des impacts environnementaux à l'échelle des profils alimentaires peut être pertinent.

#### Les pressions environnementales exercées par les systèmes alimentaires actuels : évaluation des impacts à l'échelle des profils alimentaires

- Contribution des produits animaux et produits végétaux dans les profils alimentaires et impacts environnementaux

L'impact environnemental du rééquilibrage de consommation entre produits animaux et produits végétaux diffère selon la part de chacun de ces produits dans le régime alimentaire, autrement dit, le degré d'exclusion des produits animaux et le degré de végétalisation du régime alimentaire. De nombreuses études corroborent sur le fait qu'une forte contribution des produits animaux, en particulier de viande, dans les régimes alimentaires est associée à de plus fortes émissions de GES (138–142). Une étude de l'ADEME a pu mettre en évidence une relation globalement linéaire entre les émissions de GES de plusieurs régimes alimentaires et la consommation de viande (comparaison iso-énergie, Figure 12) (143).

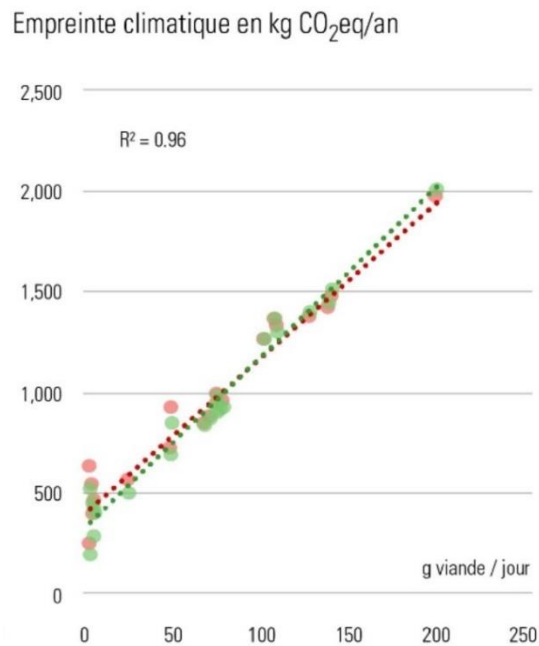


Figure 12. Comparaison de l’empreinte carbone de différents régimes alimentaires en fonction de la quantité de viande dans le régime alimentaire (comparaison iso-énergie) (source : Barbier et al. 2019 (143))

De nombreuses revues systématiques ont examiné les associations entre les profils alimentaires ayant une part plus importante de produits végétaux, notamment les régimes alimentaires végétariens et végétaliens, et les impacts environnementaux, en particulier les émissions de GES (139,144,145). Une récente revue systématique, réalisée sur 65 études, a confirmé que les régimes végétariens permettent de réduire les émissions de GES par rapport aux régimes alimentaires carnés, ainsi que d’autres indicateurs comme l’utilisation des terres et la perte de biodiversité (144). Une récente étude menée au Royaume-Uni dans la cohorte EPIC-Oxford (n=55 504) a comparé l’impact environnemental de différents profils alimentaires, à l’aide de plusieurs indicateurs environnementaux issus d’une synthèse de près de 570 ACV (141). Un profil alimentaire de forte consommation de viande (> 100g/jour) était associé à un impact environnemental global bien supérieur aux autres profils alimentaires ayant une plus grande part de produits végétaux (Figure 13). Par exemple, ce profil alimentaire était 1,75 fois plus émetteur de GES que le profil de plus faible consommation de viande (< 50g/jour) et plus de 3 fois plus émetteur que le profil alimentaire végane/végétalien (exclusion totale des produits animaux) (141).

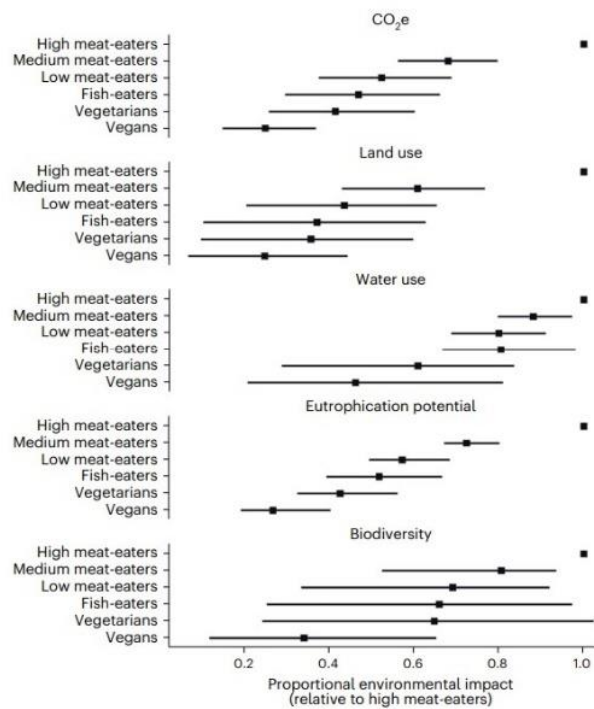


Figure 13. Empreinte environnementale relative du changement climatique, de l'utilisation des sols, de l'utilisation de l'eau, du potentiel d'eutrophisation et de l'impact sur la biodiversité des groupes de régimes alimentaires par rapport aux gros consommateurs de viande (source : Scarborough et al. 2023) (141)

D'autre part, certaines études ont examiné les impacts environnementaux selon le degré de végétalisation du profil alimentaire grâce à des indicateurs continus de végétalisation (146,147). Une étude dans la cohorte NutriNet-Santé a examiné les émissions de GES en fonction des quintiles du score pro-végétarien et a montré qu'une plus grande végétalisation du régime alimentaire (c'est-à-dire un score provégétarien plus élevé) est associée à de plus faibles émissions de GES (146). Ces résultats sont en accord avec ceux examinant ces associations avec le PDI dans l'étude longitudinale de Musicus et al., réalisée dans la cohorte américaine Nurses' Health Study II (n=65 625, femmes) (147).

- [Types de produits animaux et végétaux dans les profils alimentaires et impacts environnementaux](#)

L'impact environnemental du rééquilibrage de consommation entre produits animaux et végétaux peut varier selon le type de produits animaux et de produits végétaux consommés dans le régime alimentaire.

Etant donné qu'il existe des différences importantes entre l'empreinte carbone des différents types de viandes, l'impact environnemental d'un profil alimentaire peut différer selon le type de produits animaux consommés. Une étude canadienne s'est intéressée à l'impact environnemental de plusieurs régimes alimentaires identifiés selon le type de viandes consommées (148). Les profils alimentaires incluant de la viande de ruminant (profils sans viande de porc et toutes viandes)

présentaient les émissions de GES les plus élevées. Les autres profils, incluant d'autres viandes, comme les viandes de monogastriques (porc ou volailles), avaient une empreinte carbone plus faible que les profils incluant de la viande de ruminant, mais plus élevées que les profils alimentaires végétariens ou véganes (148).

Certaines études ont examiné la végétalisation de l'alimentation en fonction du type de produits végétaux consommés. L'étude longitudinale réalisée dans la cohorte américaine Nurses' Health Study II a également analysé les associations entre les autres indicateurs de végétalisation, healthyPDI et unhealthyPDI, et les impacts environnementaux du régime alimentaire, dont les émissions de GES (147). Les profils alimentaires ayant une plus grande part de produits végétaux favorables pour la santé (c'est-à-dire un score healthyPDI élevé) étaient associés à une réduction significative des émissions de GES, et également à une réduction de l'utilisation de terres cultivées, de l'eau d'irrigation et des engrais. À l'inverse, les profils alimentaires ayant une plus grande part de produits végétaux moins favorables pour la santé (c'est-à-dire un score unhealthyPDI élevé) étaient associés à une augmentation de l'utilisation des terres cultivées et des engrais (147).

- [Modélisation de substitutions des produits animaux dans les profils alimentaires et impacts environnementaux](#)

En parallèle de données descriptives, certaines études ont modélisé la substitution des produits animaux par d'autres produits alimentaires, animaux et végétaux, dans le but d'estimer les impacts environnementaux potentiels d'une transition alimentaire.

### ***Substitution des produits animaux.***

De nombreuses études confirment que la transition d'un régime alimentaire à forte contribution des produits animaux vers un régime à forte contribution des produits végétaux permettrait de réduire les impacts environnementaux, en particulier les émissions de GES (138,149). Une revue systématique sur 63 études, a montré que le passage d'un régime alimentaire « occidental » à un régime à forte contribution de produits végétaux pourrait permettre de réduire jusqu'à plus de 70 % les émissions de GES et l'utilisation des terres, ainsi que de 50 % l'utilisation de l'eau (138). Par ailleurs, d'autres études se sont intéressées à la substitution de la viande de ruminants par d'autres produits animaux, comme la viande de monogastriques, et d'après une revue systématique de 14 études, cette transition permettrait de réduire de 20 % à 35 % les émissions de GES et de 30 % à 50 % l'utilisation des terres (149).

### ***Substitution par les légumineuses.***

Quelques études récentes ont permis de mettre en évidence les bénéfices environnementaux du rééquilibrage de consommation entre produits animaux et les légumineuses. Une étude, réalisée à

partir des données de l'étude ENNS, représentative de la population française (n=2 028), a montré que la substitution des viandes (viande et charcuteries) par les légumineuses, de sorte à répondre à la recommandation nutritionnelle française (2 portions par semaine, estimées à 57g/jour), a légèrement amélioré la durabilité globale du régime (50). La réduction des viandes de 15 % a eu un impact positif sur les indicateurs environnementaux, avec une légère réduction de 4 % des émissions de GES, contrairement à la substitution par les « féculents ». Cette même étude a été reproduite avec la base de données plus actualisée d'Agribalyse (112) et a montré une réduction de 10 % des émissions de GES par ce même remplacement iso-proportionnel (50).

### *1.2.3. Le système alimentaire actuel exerce des pressions sur la santé humaine*

#### **Principaux enjeux nutritionnels liés au rééquilibrage de consommation entre produits animaux et végétaux**

Par rapport aux produits végétaux, les produits animaux, en particulier la viande, contribuent de manière significative à l'apport en certains nutriments à l'échelle mondiale, et notamment dans certaines régions comme l'Europe (2,150). Ainsi, le rééquilibrage au profit des produits végétaux peut poser la question au niveau de l'adéquation nutritionnelle.

- **Enjeux nutritionnels de la réduction de consommation de viande**

Les produits animaux sont considérés comme une source de protéines de haute valeur nutritionnelle, du fait de la quantité et de la qualité protéique. En effet, la teneur en protéines ingérées (pour 100g de produit) est estimée à 26g pour la viande rouge et 28g pour la viande blanche, par rapport à 11g pour la farine de blé et 8g pour les légumineuses, d'après les données du Centre d'information sur la qualité des aliments (CIQUAL) (151). D'autre part, la qualité des protéines peut être évaluée par notamment deux critères, la biodisponibilité digestive des protéines (ou digestibilité) et la composition en acides aminés des protéines, et notamment en acides aminés indispensables (non synthétisés par l'organisme) (152,153). D'après une revue de la littérature, la digestibilité des protéines végétales est comparable à celle des protéines animales, d'autant plus qu'elle peut être augmentée via un traitement thermique (154). Concernant la composition en acides aminés, contrairement aux produits animaux, deux acides aminés indispensables sont parfois limitants dans certains produits végétaux : la lysine pour les céréales et les acides aminés soufrés, en particulier la méthionine et la cystéine, pour certaines légumineuses. Il est toutefois possible de couvrir cette déficience en acides aminés par la combinaison de plusieurs sources de protéines (154).

Dans la littérature, la transition vers un rééquilibrage de consommation entre produits animaux et végétaux est souvent étudiée sous l'angle d'une transition entre protéines animales et végétales (51). En effet, les profils d'apport en protéines définissent en grande partie les régimes

alimentaires. Les sources alimentaires de protéines apportent d'autres nutriments qui ont tendance à se regrouper pour former un « lot protéique » (« *protein package* ») (155–157). En effet, la consommation de produits animaux, et en particulier de la viande, est associée à des apports en minéraux et vitamines, spécifiques et hautement biodisponibles (158,159). Absente des produits végétaux, la vitamine B<sub>12</sub> est spécifiquement fournie par les produits animaux tels que la viande rouge, les œufs ou les produits laitiers. Concernant le fer, il se présente sous deux formes : la forme hémique qui se trouve dans le sang des mammifères (a fortiori dans les produits animaux) et la forme non hémique. Or, du fait d'une meilleure absorption du fer hémique (dans les produits animaux) et de la présence de facteurs antinutritionnels dans les produits végétaux, le fer des produits animaux est 1,5 à 2 fois plus biodisponible (4). A noter que la viande rouge contient dix fois plus de fer hémique que la viande blanche (160). D'autre part, les produits animaux, en particulier la viande, apportent d'autres micronutriments comme la vitamine A, le zinc (4,159).

Des études de modélisation ont permis d'élaborer des scénarios théoriques de remplacement de la viande par quantités précises de viande ou par d'autres produits alimentaires spécifiques comme les légumineuses et ont évalué l'impact de ce changement sur l'adéquation nutritionnelle (161–163). Globalement, les résultats de ces études indiquent que les scénarios modélisés ne présentent pas d'apports sous-optimaux des nutriments associés à la consommation de viande, du fait de la présence d'autres produits animaux (159). Par ailleurs, par une méthode d'optimisation, une étude menée à partir des données de l'étude INCA3 (n=1 125) a permis d'élaborer des scénarios de réduction progressive de la consommation de viande, tout en respectant les contraintes d'une alimentation saine, nutritionnellement adéquate et proche des habitudes alimentaires du régime moyen INCA3 (164). Au fur et à mesure que la viande diminuait, certains nutriments comme le fer, le zinc et la vitamine A devenaient limitants, mais la restructuration des profils alimentaires a permis un apport suffisant de ces nutriments. D'autres nutriments provenant principalement de la viande, tels que les vitamines B<sub>6</sub> et B<sub>12</sub>, les protéines et les acides aminés indispensables, n'ont jamais été limitants (164). Ainsi, des profils alimentaires sains et nutritionnellement adéquats semblent être théoriquement possibles quelle que soit la réduction de la consommation de viande.

- [Enjeux nutritionnels de la substitution de viande par les légumineuses](#)

Malgré leur déficience en acides aminés soufrés, les légumineuses sont une bonne source de protéines parmi les produits végétaux (55). Contrairement aux produits animaux, les légumineuses permettent un apport important en fibres, dépassant en moyenne les céréales (55). Les légumineuses sont également une source de vitamines, en particulier les vitamines B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub> et B<sub>9</sub> (folates) ainsi que de plusieurs minéraux spécifiques (165). De plus, les légumineuses contiennent des composés bioactifs qui peuvent avoir des propriétés nutritionnelles ambivalentes (166,167). Certains de ces composés tels



que les phytates sont qualifiés de facteurs antinutritionnels car ils peuvent perturber l'absorption des nutriments (165,166). Ils peuvent également engendrer un inconfort digestif. Toutefois, ces composés peuvent être éliminés ou détruits par lavage, trempage et certains procédés culinaires, et également par fermentation et germination.

Dans la littérature, la substitution de la viande par les légumineuses a été à ce jour modélisée dans quelques études, notamment en Europe (50,162,168). Ces études s'accordent sur le fait qu'un remplacement de la viande par les légumineuses a un impact bénéfique d'un point de vue nutritionnel, avec notamment l'augmentation des apports en fibres et en folates, et également en acides gras saturés. Ces études observent également que ce remplacement ne compromet pas l'adéquation nutritionnelle en lien avec la réduction de certains nutriments apportés habituellement par la viande. L'étude française a néanmoins observé une augmentation de la prévalence d'inadéquation des apports en zinc et fer lors de ce changement alimentaire (50). Une des limites de ces études est la non prise en compte des effets des facteurs antinutritionnels dans les modélisations. Néanmoins, à ce jour aucune étude a mis en évidence que les effets délétères potentiels de ces composés contrebalançaient au sein des régimes alimentaires les avantages nutritionnels apportés par les légumineuses.

### **Le déséquilibre entre produits animaux et végétaux, un facteur de risque des maladies non transmissibles**

Dans de nombreux pays développés, il existe un déséquilibre entre la consommation de produits animaux et produits végétaux, principalement en lien avec la consommation importante de viande, et notamment de viande rouge, comme décrit précédemment (Chapitre 1, 1.1.1.). Alors qu'une consommation modérée de viande n'aurait pas d'effets délétères, une consommation excessive de viande peut avoir des conséquences néfastes sur la santé.

Dans de nombreux pays développés, notamment les pays européens, une part significative de la population dépasse les recommandations nutritionnelles de consommation de viande, en particulier celles relatives à la viande rouge et aux charcuteries (2,169). En France, selon l'étude Esteban de 2014-2015, plus de 32 % et plus de 63 % de la population française n'adhéraient pas aux dernières recommandations nutritionnelles françaises du PNNS 4 concernant respectivement, la viande rouge (<500g/semaine) et les charcuteries (<150g/semaine), respectivement (170). Ces estimations étaient également significativement différentes entre les hommes et les femmes, ces dernières ayant tendance à suivre davantage les recommandations. A l'inverse, seuls 13 % de la population française adhéraient aux recommandations relatives à la consommation de légumineuses (au moins 2 portions/semaine) (170).

Concernant les protéines, en France, selon les résultats de l'étude INCA3, l'apport journalier en protéines est estimé à 83,2g/jour (96,0g/jour pour les hommes et 71,1g/jour pour les femmes) (42). Or, d'après les références nutritionnelles de l'Anses, le besoin protéique moyen correspond à 0,83g/kg de poids corporel, soit près de 62g/jour pour un individu de poids corporel de 75kg âgés de moins de 60 ans (cette référence a été réévaluée à 10% de l'AET en 2016 (52)). Ainsi, au sein de la population française, l'apport moyen en protéines dépasse largement les besoins en protéines recommandés par les références nutritionnelles.

Ces recommandations de santé publique sont fondées sur des preuves scientifiques solides issues d'études épidémiologiques qui établissent des liens entre l'alimentation et les risques pour la santé (voir Chapitre 1, 1.3.1.). Ainsi, le nombre significatif d'individus consommant des quantités excessives de viande et d'autres produits d'origine animale, dépassant ainsi les recommandations, contribue à la prévalence des maladies liées à une alimentation déséquilibrée sur la santé.

- [Impact de la consommation de viande et des légumineuses sur la santé](#)

De nombreuses revues systématiques et méta-analyses d'études prospectives ont confirmé qu'une consommation excessive de viande rouge et de viande transformée est liée à un risque accru d'évènements de santé défavorables chez les adultes. L'accumulation de preuves scientifiques solides a conduit le Centre international de recherche sur le cancer (CIRC) à classer la consommation de viande transformée comme « cancérogène » pour l'homme et la viande rouge comme « probablement cancérogène » (171). Le Fonds mondial de recherche sur le cancer (World Cancer Research Fund ou WCRF) a également attribué un risque plus élevé de cancer colorectal à ces consommations, avec un niveau de preuve « convainquant » pour la viande transformée et « probable » pour la viande rouge (172). En plus d'hypothèses liées aux composés naturellement présents, l'utilisation d'additifs, en particulier les sels de nitrite et de nitrate, et les modes de cuissons à hautes températures, tels que le barbecue, ont été associés à un risque accru de cancer colorectal dans certaines études (173,174). D'autres évènements de santé, tels que les maladies cardiovasculaires (175), le diabète de type II (176,177), l'obésité (178,179) entre autres, ont été également associés à la consommation de viande rouge et viandes transformées. Pour certaines pathologies, ces associations n'ont néanmoins pas été confirmées par les résultats d'études expérimentales (180). Par ailleurs, la consommation de viandes rouges transformées a été associée à un risque accru de mortalité, toutes causes confondues, d'après une méta-analyse d'études prospectives (175). Concernant la viande blanche, un risque accru, mais de moindre ampleur, de diabète de type II, associé à la consommation de ce type de viandes a été néanmoins mis en évidence (175). A ce jour, la littérature n'a pas montré d'autres effets délétères sur la santé, voire a montré des effets protecteurs de la consommation de viande blanche (181), et aucune recommandation nutritionnelle n'a été émise à ce sujet.

Selon plusieurs revues systématiques et méta-analyses d'études prospectives, la consommation de légumineuses pourrait être associée à une réduction du risque de diverses pathologies, notamment certaines maladies cardiométaboliques (182–185), certaines localisations de cancers (186), et également une réduction du risque de mortalité, toutes causes confondues (187,188). Cependant, à ce jour, les niveaux de preuves disponibles sont très limités (184,189). Bien que l'Anses ait reconnu les effets protecteurs de la consommation de certains produits végétaux tels que les fruits, les légumes et les produits céréaliers complets sur des pathologies comme les maladies cardiovasculaires, le diabète de type II et le cancer colorectal, elle n'a pas conclu de manière définitive sur les effets liés à la consommation de légumineuses (189).

- [Potentiels bénéfiques du rééquilibrage de consommation entre produits animaux et végétaux sur la santé](#)

Certaines études ont utilisé des indicateurs de végétalisation de l'alimentation, en particulier PDI, le healthyPDI et le unhealthyPDI, pour examiner les associations entre les différents profils alimentaires et le risque de maladies chroniques. Plusieurs études réalisées dans de larges cohortes américaines comme la Nurses' Health Study (n=73 710, femmes), Nurses' Health Study 2 (n=92 329, femmes) et Health Professionals Follow-Up Study (HPFS, n=43 259, hommes), ont permis de mettre en évidence des associations entre les indicateurs de végétalisation comme le PDI et ses deux scores associés, et l'incidence de certaines pathologies comme les maladies cardiovasculaires, la maladie coronarienne, certains cancers, le diabète de type II (101,147,190,191). Indépendamment des autres facteurs de risque, une plus forte adhésion à un régime végétalisé et à un régime végétalisé favorable pour la santé (scores PDI et hPDI plus élevés) était inversement associée à l'incidence de maladies cardiovasculaires, de cardiopathies ischémiques, de diabète de type II et de cancer colorectal (101,147,190,191). A l'inverse, une plus forte adhésion à un régime végétalisé moins favorable à la santé (score uPDI plus élevé) était positivement associée à la survenue de ces pathologies. Concernant le diabète de type II, des associations similaires ont été observées dans les profils métabolomiques pour le PDI et hPDI (192), ce qui renforce le niveau de preuve des effets protecteurs. Par ailleurs, d'autres études prospectives ont également mis en évidence des associations similaires dans d'autres localisations de cancers, comme le cancer du sein (193–195). Une plus forte adhésion à un régime végétalisé et à un régime végétalisé favorable à la santé était inversement associée au risque de mortalité, toutes causes confondues, et de mortalité par maladies cardiovasculaires et par cancer, alors qu'une association positive a été observée pour un régime végétalisé moins favorable à la santé, d'après une étude menée dans la cohorte américaine, VA Million Veteran Program (n=315 919) (196).

## Les enjeux complexes de l'intensification de l'élevage : impact sur la santé humaine, environnementale et animale

Face à l'accroissement démographique et une augmentation de la consommation individuelle de produits animaux, en particulier issus de l'élevage, l'augmentation de la production de produits animaux a entraîné une intensification de l'élevage et de la production de cultures pour l'alimentation animale. Cela s'est traduit par une utilisation massive d'intrants agricoles, tels que les engrais chimiques, les pesticides de synthèse, les antibiotiques, dans le but de lutter contre les bioagresseurs et de maximiser les rendements économiques.

Les pesticides de synthèse et les engrais chimiques utilisés dans l'agriculture sont présents dans toute la chaîne alimentaire et l'environnement, faisant de l'alimentation, la principale voie d'exposition à ces substances chimiques (197,198). Selon les rapports annuels de l'Autorité européenne de sécurité des aliments (European Food Safety Authority, EFSA) et de multiples études, les résidus de pesticides sont principalement détectés dans les produits végétaux, en particulier les fruits et légumes (199–201). Toutefois, les produits animaux peuvent contribuer aux risques d'exposition, du fait de l'accumulation de ces résidus dans les tissus animaux (199). L'exposition aux pesticides a été associée à la survenue d'évènements de santé défavorables tels que les troubles neurologiques et neuropsychologiques, ainsi que certains cancers, avec pour certains, un niveau de preuve élevé (202,203). Ces associations ont été principalement observées dans les milieux professionnels, notamment chez les travailleurs agricoles, mais également en population générale, chez les consommateurs de produits alimentaires traités (202). Ainsi, les individus qui adhèrent à des régimes plus végétalisés peuvent présenter un risque d'exposition plus élevé, compte tenu de leur consommation importante de produits végétaux. Néanmoins, paradoxalement, une plus faible exposition pourrait être observée, en raison de leur consommation plus élevée en produits issus de l'agriculture biologique (197). Des études sont encore en cours pour démontrer les potentiels effets néfastes des polluants chimiques, leur persistance à long terme, mais également l'effet cocktail des interactions entre ces contaminants et les risques sanitaires associés. Avec les objectifs visant à favoriser une végétalisation de l'alimentation, l'évaluation de l'exposition chronique aux résidus de pesticides et contaminants et des risques sanitaires associés est d'une importance majeure pour la santé publique (204). La transition vers des systèmes de productions alternatifs tels que l'agriculture biologique et l'agroécologie, constitue une stratégie intéressante pour réduire l'exposition aux pesticides de synthèse.

L'intensification de l'élevage a conduit à l'émergence et à la propagation de maladies infectieuses parmi les animaux d'élevage. En effet, la concentration élevée d'animaux génétiquement similaires dans des espaces restreints a favorisé la transmission rapide des agents pathogènes. En

réponse à l'émergence et la propagation de ces maladies, l'utilisation excessive d'antibiotiques a conduit à des inquiétudes sur la présence de résidus de ces substances dans l'alimentation humaine et leurs potentiels effets délétères sur la santé et surtout au développement d'une résistance aux antibiotiques. Les antibiotiques deviennent moins efficaces contre ces bactéries (205), ce qui conduit à une diminution des moyens de lutte contre les maladies infectieuses et représente une menace pour la santé des animaux et la santé des hommes. L'intensification de l'élevage, combiné à l'antibiorésistance, joue un rôle significatif dans l'essor des agents pathogènes d'origine alimentaire. Plusieurs études et rapports d'expertise ont confirmé que les produits animaux jouaient un rôle important dans la prévalence mondiale de ces agents pathogènes, entraînant des infections alimentaires épisodiques (206,207). En France, près de trois quarts des cas déclarés de toxi-infections alimentaires collectives (TIAC) entre 2006 et 2015 étaient liés à la consommation de viande, d'œufs et de produits de la pêche (208).

L'intensification de l'élevage, par la perturbation des écosystèmes et la concentration d'animaux d'élevage, a entraîné une augmentation de la prévalence des maladies zoonotiques (209), provoquant parfois des crises sanitaires nationales et internationales, telles que les gripes aviaries et la maladie de Creutzfeldt-Jakob. La production de viande de manière intensive est donc une source de risque pandémique et de résistance aux antibiotiques (78).

La détérioration de l'environnement par la pollution chimique et le recours à des pratiques intensives peu respectueuses des milieux augmentent l'exposition aux risques chimiques et microbiologiques pour l'homme, les animaux et les écosystèmes. Ainsi, cela souligne l'importance d'adopter une approche globale, telle que l'approche « Une seule santé » (« One Health »), qui est définie par trois piliers interconnectés : la santé des hommes, des animaux et des écosystèmes (210).

#### *1.2.4. Les problématiques éthiques et sociétales des systèmes alimentaires actuels*

##### **Le défi d'assurer la sécurité nutritionnelle et alimentaire, en parallèle des inégalités sociales persistantes et des crises sociales**

Bien que le défi de l'après-guerre consistant à fournir une nourriture abondante et relativement bon marché ait été relevé, ce paradigme atteint ces limites puisqu'il n'a pas permis de répondre de manière suffisante à la nécessité d'assurer la sécurité alimentaire et nutritionnelle des Français. La sécurité alimentaire « est assurée lorsque tous les êtres humains ont à tout moment un accès matériel, social et économique à une alimentation suffisante, sûre et nutritive qui répond à leurs besoins alimentaires et à leurs préférences et qui leur permet de mener une vie saine et active » (211).

En France, la prévalence de l'insécurité alimentaire, estimée dans l'étude nationale INCA3, s'élève à 11 % chez les adultes (42). Bien que la prévalence de personnes en situation d'insécurité alimentaire est plus importante que le nombre de personnes ayant recours à l'aide alimentaire, la hausse du recours à l'aide alimentaire reflète l'évolution de l'insécurité alimentaire en France (212). En France, l'insécurité alimentaire touche plus souvent les jeunes et les femmes, notamment en situation de monoparentalité, les personnes qui ont un faible statut socio-professionnel, un revenu faible (213).

De plus, de fortes inégalités sociales en lien avec l'alimentation persistent en France (212,214), contribuant aux inégalités sociales de santé. Ces inégalités sociales liées à l'alimentation sont associées à une alimentation de plus faible qualité nutritionnelle, et en particulier à des apports plus faibles en fibres, vitamines et minéraux, et à une plus faible adéquation aux recommandations nutritionnelles françaises (213,214). Plusieurs études en France ont mis en évidence que les catégories socioéconomiques les moins élevées étaient associées à de plus fortes consommations de viande (214,215). Ces associations seront abordées plus en détail par la suite (Chapitre 1, 2.3.2.). Une étude réalisée dans la cohorte Nutrinet-Santé a également mis évidence que les individus appartenant aux catégories sociales les plus défavorisées, en particulier les ouvriers et les individus de plus faible niveau d'études, présentaient les régimes alimentaires les moins durables (216).

De nombreux rapports scientifiques alertent sur le fait que le changement climatique a déjà des conséquences sur la sécurité alimentaire mondiale et que l'aggravation de la crise climatique sur l'agriculture est une menace considérable pour la sécurité alimentaire à l'échelle mondiale (217).

### La dégradation du bien-être des animaux d'élevage résultant de l'intensification de l'élevage

En réponse à la demande croissante de produits animaux, des pratiques d'élevage industrialisées et plus intensives ont été introduites afin d'augmenter la productivité et la rentabilité économique (125). Toutefois, ces évolutions ont suscité des inquiétudes quant au bien-être des animaux et aux implications éthiques de ces pratiques.

Aujourd'hui, en France, plus d'un milliard d'animaux terrestres sont tués chaque année pour la production alimentaire (218). Les conditions d'élevage de ces animaux en systèmes intensifs et industrialisés impliquent une réduction de leurs espaces de vie ainsi que le confinement de ces animaux à l'intérieur des bâtiments, ce qui nécessite une adaptation des animaux au moyen de traitements physiques : castration, coupe de la queue pour les porcs, écornage, coupe du bec (125,219). Ces pratiques ont un impact considérable sur les conditions de vie des animaux, induisant stress et douleur, et donc sur le bien-être de ces animaux. L'éthique des pratiques d'élevage et d'abattage ont d'ailleurs été remises en cause, par exemple le broyage des poussins, l'abattage sans étourdissement (7).

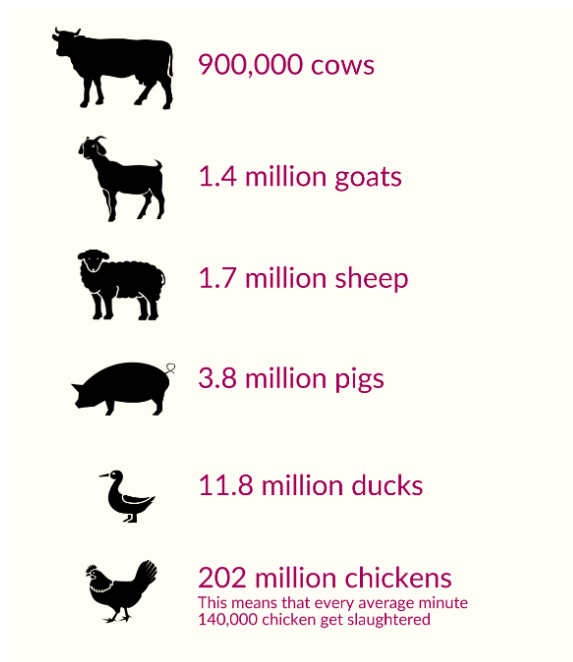


Figure 14. Nombre d'animaux abattus pour la consommation alimentaire par jour dans le monde (source : FAO (220))

En France, l'opinion publique semble largement sensible à la question du bien-être et des conditions de vie des animaux, comme le montrent plusieurs enquêtes réalisées ces dernières années (221). A titre d'exemple, un sondage réalisé sur un échantillon représentatif de la population française en 2021 (n=1013) a révélé que 85 % des Français se déclarent toujours favorables à l'interdiction de l'élevage intensif (222). Cependant, un « paradoxe de l'exploitation animale », résultant du décalage entre la préoccupation de l'opinion publique et la persistance de telles pratiques, s'observent en France (219). A cet égard, depuis les années 2000, les organisations de défense des animaux ont eu de plus en plus recours à la diffusion d'images issues des exploitations et des abattoirs (ex : les vidéos embarquées dans des exploitations de l'association L214) (219). Ces actions, relayées par les médias et les réseaux sociaux, visent à mettre en lumière les pratiques d'exploitations, conformes ou non à la réglementation actuelle, dans le but de sensibiliser le grand public à l'existence de ces pratiques relativement peu connues.

Par conséquent, le rééquilibrage de la consommation de produits animaux et végétaux peut réduire la pression économique exercée sur l'élevage et améliorer le bien-être des animaux.

### Les enjeux économiques des systèmes alimentaires actuels

En parallèle des services écosystémiques, l'élevage rend également des services socioéconomiques considérables, étant une source importante de revenus et d'emplois (223). A l'échelle mondiale, l'élevage représente environ 40 % de la valeur totale de la production agricole et les chaînes de valeur de l'élevage emploient plus de 1,3 milliard de personnes dans le monde (224).

Depuis plusieurs décennies, le secteur agricole français est confronté à des crises sociales et à une diminution du nombre d'agriculteurs, en raison de la précarité de l'emploi et d'un sentiment de manque de reconnaissance (225,226). Actuellement, cette crise sociale a pour conséquence une diminution du nombre d'élevage, et donc de la production. Entre 2010 et 2020, une diminution de 30 % des élevages, et jusqu'à 40 % pour les élevages bovins, a été observée en France (227). Cette diminution de la production est plus rapide que la diminution de consommation de viande, imposant une dépendance à l'égard des importations de viande pour répondre à une demande encore accrue (30). Près de 20 % de la consommation de viande bovine en France est issue d'importations (225). Pourtant, en mai 2023, la Cour des comptes en France, appelle à une réduction du cheptel de bovin pour atteindre les objectifs en matière d'environnement (225).

Les changements alimentaires plus durables, en particulier le rééquilibrage de consommation, pourraient modifier la demande de certains produits agricoles, en particulier pour les produits végétaux, affectant la dynamique du secteur. Par exemple, en ce qui concerne les légumineuses, en France, seul 20 000 t/an de légumes secs sont produits en France, contre les 80 000 t/an importés (5). Ainsi, il est nécessaire de renforcer le soutien aux filières agricoles dans le but de préserver la souveraineté alimentaire de la France, d'assurer la pérennité des agriculteurs et de leur garantir une rémunération juste et équitable.

### 1.3. Les politiques actuelles et perspectives en faveur du rééquilibrage de consommation entre produits animaux et produits végétaux

#### 1.3.1. *Recommandations et politiques publiques en faveur du rééquilibrage de consommation entre produits animaux et produits végétaux*

#### La place du rééquilibrage dans les recommandations alimentaires, un enjeu principalement de santé publique

Les recommandations alimentaires, que ce soit à l'échelle nationale ou internationale, sont principalement élaborées pour promouvoir la santé publique. En effet, elles ont pour objectif de proposer un modèle alimentaire favorable à la santé, tout en prenant en compte des spécificités socioculturelles et l'accessibilité pour tous (228). Ainsi, les politiques publiques qui intègrent des objectifs de rééquilibrage de consommation entre produits animaux et produits végétaux, ont été développées dans le but de répondre aux enjeux de santé et nutritionnels.

L'accumulation de preuves robustes sur les effets délétères sur la santé d'une consommation importante de viande rouge et de charcuteries a constitué la base du développement de recommandations alimentaires internationales, comme par exemple celles du WCRF et celle de



l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) via le CIRC (Chapitre 1, 1.3.1.). Dans les années 2010, le WCRF a recommandé une quantité hebdomadaire maximale de 500g de viande rouge et « très peu, voire pas du tout, de viande transformée » (229). Actuellement, la plupart des recommandations alimentaires nationales font mention de la viande, néanmoins, seules certaines mentionnent une réduction de consommation, et une minorité précise une quantité maximum de consommation (2,230). Par exemple, concernant la viande rouge, d'après une revue de la littérature de 93 recommandations alimentaires nationales, 42 % des recommandations alimentaires indiquaient de réduire ou de limiter sa consommation de viande rouge (respectivement, 12 et 27 pays), tandis que 24 % indiquaient une quantité maximale de consommation (en grammes) (230). C'est le cas de la France où le quatrième volet du PNNS (PNNS 4, 2019-2023), piloté par le ministère des Solidarités et de la Santé, s'est appuyé sur les avis scientifiques de l'Anses (52,189) et a intégré une recommandation de limitation de la consommation de viande (viande rouge). Le PNNS 4 précise également une quantité maximale de consommation, conformément à la recommandation du WCRF. De plus, il spécifie une quantité maximale hebdomadaire de 150g de charcuteries. Il est important de noter qu'à l'échelle internationale, seules 12 des 93 pays indiquaient de réduire sa consommation de viandes transformées (230).

Depuis quelques années, les politiques publiques en lien avec l'alimentation affichent des objectifs en lien avec l'alimentation durable, dans lesquels s'inscrit le rééquilibrage de consommation entre produits animaux et végétaux. Par exemple, en France, les Etats Généraux de l'Alimentation (EGalim) qui ont eu lieu en 2017 ont permis d'établir un ensemble de recommandations et de lois pour l'équilibre des relations commerciales dans le secteur agricole et alimentaire et une alimentation saine, durable et accessible à tous, regroupées dans la loi « EGalim » (231). Certaines mesures sont en accord avec la végétalisation de l'alimentation, avec notamment l'expérimentation pendant deux ans d'un menu végétarien en restauration collective scolaire. La Loi Climat et Résilience, adoptée en 2021, impose les menus végétariens dans la restauration collective et l'affichage environnemental des produits alimentaires. Néanmoins, en ce qui concerne les recommandations alimentaires, la plupart ne font pas mention de l'alimentation durable. Sur 93 recommandations alimentaires nationales, 14 traitaient de la durabilité de l'alimentation (230).

Concernant les légumineuses, à ce jour, peu de recommandations alimentaires sont spécifiques aux légumineuses. Une revue de la littérature sur les recommandations alimentaires en matière de légumineuses dans plus de 94 pays en 2021 a mis en évidence qu'un tiers des recommandations ne mentionnait pas directement les légumineuses et seulement 20 mentionnaient spécifiquement ce groupe alimentaire (232). Néanmoins, en 2016, les Nations Unies ont proclamé

l'Année internationale des légumineuses, dont le slogan était « Des semences nutritives pour un avenir durable », afin de promouvoir et d'augmenter la consommation de légumineuses. Cette initiative a été considérée comme un succès dans le monde entier, montrant l'intérêt récent mais grandissant pour les légumineuses (233). En France, le terme de légumineuses (ou légumes secs) dans les recommandations nutritionnelles n'est apparu qu'en 2019 lors de la révision du PNNS (234). En effet, dans les anciens volets du PNNS, les légumineuses étaient incluses dans les féculents. Le PNNS 4 recommande au moins 2 portions de légumineuses par semaine au minimum. Cette recommandation mentionne la fréquence de consommation mais ne précise pas la taille de la portion, et donc une quantité (50). Le Plan protéines végétales, piloté par le ministère de l'Agriculture et de la Souveraineté alimentaire, a pour objectif d'accompagner les consommateurs vers des pratiques alimentaires plus riches en protéines végétales, comme les légumineuses (235).

En France, les politiques de santé publique semblent s'engager dans des objectifs plus durables, mais les recommandations en matière d'alimentation, définies par catégorie d'aliments, ne font pas encore mention du rééquilibrage de consommation entre produits animaux et végétaux. A l'échelle internationale, la mention explicite de substituts végétariens à la viande et de la position des légumineuses comme alternative riche en protéine ainsi que les limites maximales de consommation de viande et de viande rouge font partie d'une minorité croissante dans les recommandations nutritionnelles (230).

#### Place du rééquilibrage de consommation entre produits animaux et produits végétaux dans les politiques environnementales nationales et internationales

Même si peu de recommandations alimentaires prennent en compte des objectifs environnementaux, les politiques publiques nationales s'engagent dans la préservation de l'environnement, en particulier dans la réduction des émissions de gaz à effet de serre. Elles ne concernent pas directement l'alimentation et sont définies par secteurs d'activité. Dans le secteur de l'agriculture, des objectifs ont été fixés à l'échelle internationale, européenne et nationale.

A l'échelle internationale, en 2015, lors de la Conférence des Nations Unies sur les changements climatiques (COP21) est signé un accord historique pour les négociations internationales sur le climat, l'Accord de Paris (236). A ce jour, ce traité a été adopté par plus de 194 pays qui s'engagent à réduire les émissions de GES d'ici 2050.

A l'échelle de l'UE, le Pacte Vert (*European Green Deal*) en 2019 a pour objectif la neutralité carbone d'ici 2050, soit une réduction de 100 % des émissions totales de GES par rapport à 1990 (237,238). En ce qui concerne l'agriculture, la loi européenne sur le climat, adoptée en 2021, et les propositions législatives « Fit for 55 » ont introduit de nouveaux objectifs, notamment dans le secteur de

l'agriculture, avec une réduction de -42 % entre 1990 et 2030. En ce qui concerne l'alimentation, la Commission Européenne prévoit l'introduction de nouvelles mesures environnementales relatives à l'alimentation en 2023 dans le cadre de la stratégie « De la ferme à la table » (« *Farm to Fork* ») (239).

En France, à la suite de l'Accord de Paris, une réduction des émissions totales de GES de -40 % à l'horizon 2030 et de -75 % à l'horizon 2050 a été envisagée. La Stratégie Nationale Bas-Carbone (SNBC et SNBC2), pilotée par le Ministère de la transition écologique et solidaire, adoptée en 2015 et révisée en 2017, a pour objectif d'accélérer la mise en œuvre de ce traité (240). Cette stratégie vise un principe de neutralité carbone dès 2050 ainsi que la réduction de l'empreinte carbone individuelle. Le volet relatif à l'agriculture a pour objectif la réduction des émissions de GES de -20 % d'ici 2030 et de -50 % d'ici 2050 (240). La SNBC ne mentionne pas d'objectifs spécifiques pour l'alimentation, néanmoins, elle indique la nécessité d'une cohérence entre l'évolution de la demande alimentaire et les recommandations alimentaires actuelles. Elle encourage également le développement de la production de protéines végétales et la promotion des légumineuses dans l'alimentation humaine (240,241).

### *1.3.2. Quelles perspectives pour le rééquilibrage de consommation entre produits animaux et produits végétaux intégrant les défis de la durabilité ?*

Depuis quelques années, la littérature scientifique s'est intéressée à l'établissement d'un régime alimentaire ou d'une assiette, compatibles avec les différents critères de durabilité. Bien qu'il n'existe à ce jour, aucun consensus sur le régime alimentaire durable de référence, ni même sur le rapport optimal entre protéines animales et végétales, plusieurs études ont proposé, grâce à différentes approches, des régimes alimentaires sains et durables, qui incluent un rééquilibrage de consommation entre produits animaux et végétaux.

#### **Les régimes alimentaires théoriques et le problème de l'acceptabilité : le cas du régime de la Commission EAT-Lancet**

Plusieurs propositions théoriques de régimes alimentaires théoriques ont été avancées avec pour objectif, la durabilité de l'alimentation, qui intègre la végétalisation de l'alimentation, et a fortiori, le rééquilibrage de consommation entre produits animaux et végétaux.

Au niveau mondial, la Commission EAT-Lancet a proposé en 2019 un régime alimentaire de référence « universel », visant à promouvoir une alimentation saine et durable (65). En comparaison avec les régimes occidentaux actuels, le régime EAT-Lancet met l'accent sur la végétalisation de l'alimentation, caractérisée par une faible quantité de produits animaux et une quantité importante de produits végétaux comme les fruits, les légumes, les céréales complètes, les légumineuses et les fruits à coque. Par exemple, la quantité journalière recommandée pour la viande rouge (bœuf, agneau, porc) s'élève

à 14g et celle pour les légumineuses (haricots secs, lentilles, pois, soja) à 75g (calculée pour un apport énergétique total équivalent à 2500kcal/jour) (Figure 15) (65).

	Régime de Référence (g/jour) (possible gamme)	Consommation calorique (kcal/jour)	
 Grains complètes Toutes grains	232	811	
 Tubercules/légumes féculents Pommes de terre, cassave	50 (0 à 100)	39	
 Légumes Tous légumes	300 (200 à 600)	78	
 Fruits Tous fruits	200 (100 à 300)	126	
 Produit laitiers Produits laitiers	250 (0 à 500)	153	
 Sources de protéines	Bœuf, agneau, porc	14 (0 à 28)	30
	Poulet et autres volailles	29 (0 à 58)	62
	Œufs	13 (0 à 25)	19
	Poisson	28 (0 à 100)	40
	Haricots secs, lentilles, pois, soy	75 (0 à 100)	284
 Noix	50 (0 à 75)	291	
 Graisses ajoutées	Huiles insaturées	40 (20 à 80)	354
	Huiles saturées	11.8 (0 à 11.8)	96
 Sucres ajoutés Tous édulcorants	31 (0 à 31)	120	

Table 1  
Cibles scientifiques pour un régime alimentaire planétaire, avec des gammes possibles, pour un apport de 2500 kcal par jour.

Figure 15. Composition nutritionnelle du régime alimentaire proposé par la Commission du EAT-Lancet (source : Willett et al. 2019 (242))

Actuellement, quelques études ont examiné les associations entre l'adhésion au régime EAT-Lancet et diverses pathologies (cancers, maladies cardiovasculaires, diabète, etc.) mais les effets protecteurs restent à confirmer (243). Plusieurs limites à l'applicabilité de ce régime ont été soulevées, notamment la question de l'accessibilité financière du régime pour certaines populations (244) ainsi que la hausse des pressions pour certaines ressources, comme l'eau (245). L'une des questions centrales dans les recherches sur la durabilité alimentaire est l'acceptabilité du régime, étant donné les spécificités socioculturelles propres à chaque pays. Par exemple, le régime alimentaire recommande une réduction significative des viandes et l'élimination des charcuteries, ce qui va à l'encontre des habitudes alimentaires françaises. Par conséquent, il est essentiel d'adapter ce régime à la réalité alimentaire de chaque pays, comme l'a été entrepris en Italie et au Danemark (246,247). Bien qu'il représente un rééquilibrage majeur entre produits animaux et végétaux, ce régime présente certaines limites à prendre en considération dans la pratique.

### Trouver le bon équilibre en restant proche de l'acceptabilité des régimes actuels

Des méthodes d'optimisation ont été utilisées afin de modéliser et simuler *in silico* des régimes alimentaires optimisés, c'est-à-dire en prenant en compte différents critères, par exemple ceux qui définissent la durabilité alimentaire (248). Dans le cas de l'alimentation, l'approche par optimisation est une méthode qui permet d'identifier la meilleure combinaison de groupes d'aliments permettant de satisfaire un ou plusieurs objectifs (par exemple, minimiser le coût du régime, les émissions de GES) tout en respectant un certain nombre de contraintes (par exemple, garantir des apports en nutriments satisfaisants, l'acceptabilité du régime) (249). Dans la majorité des études d'optimisation, l'acceptabilité culturelle des régimes alimentaires a été définie de telle sorte que le régime optimisé doit s'éloigner le moins possible du régime observé (250).

Plusieurs études d'optimisation ayant pour but de concevoir des régimes alimentaires sains et durables ont été réalisées dans plusieurs populations (251,252). Bien qu'il soit difficile de comparer les études en raison de l'importance du contexte alimentaire et des choix méthodologiques (251), une revue de la littérature réalisée sur 12 études d'optimisation, a confirmé que le rééquilibrage de consommation entre produits animaux et produits végétaux minimisait les émissions de GES (252). En France, une étude de NutriNet-Santé a observé que les régimes alimentaires optimisés, obtenus par réduction progressive des émissions de GES (jusqu'à 50 %) et sous contraintes nutritionnelles, d'acceptabilité et de coproduits, se caractérisaient par un rééquilibrage de consommation entre produits animaux et végétaux (250). En effet, une réduction de la consommation de produits laitiers (jusqu'à -83 %), une consommation de viande qui reste stable et une augmentation significative de la consommation de légumineuses (jusqu'à +238 %) ont été observées. De plus, le changement alimentaire se faisait également intra catégorie, dans la répartition du type de viande : la consommation de viande de ruminants diminuait considérablement (jusqu'à -92 %) et les consommations de volaille (jusqu'à +182 %) et de porc (jusqu'à +46 %) augmentaient.

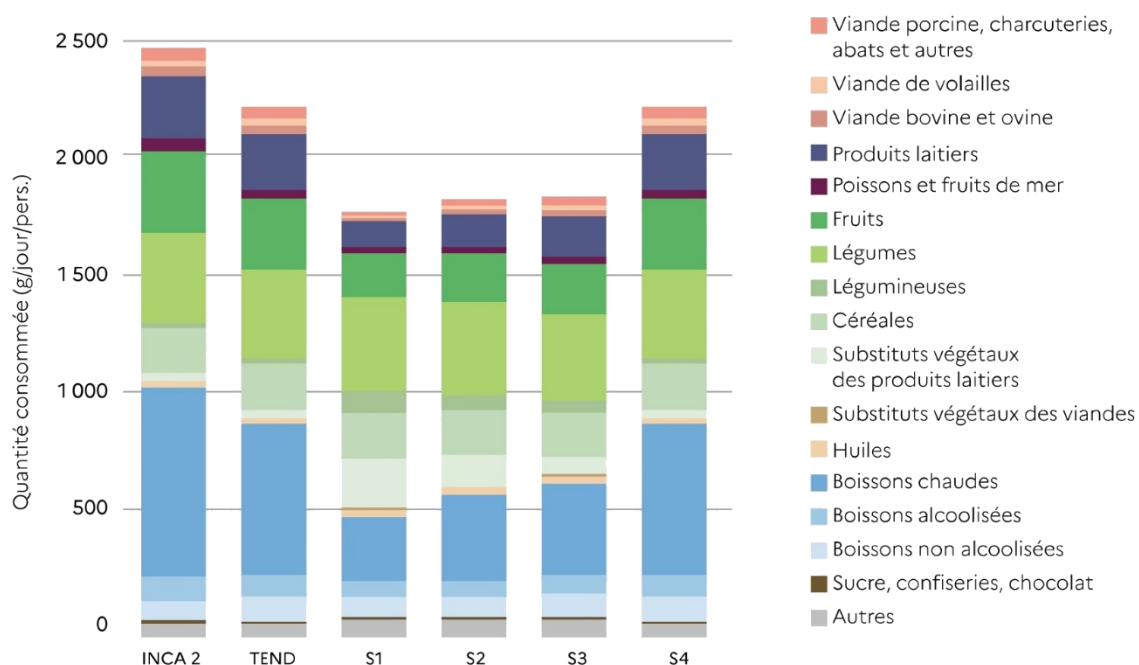
Il est important de mentionner que la contrainte d'acceptabilité culturelle est une notion difficilement modélisable puisqu'on ne sait pas ce qui est acceptable pour un individu et à quelles conditions, et également très variable d'un individu à l'autre.

### Rééquilibrage de consommation dans les études prospectives : différents scénarios en fonction de l'acceptabilité des régimes

Au cours des dernières années, plusieurs études prospectives ont proposé différents scénarios qui sont de potentielles projections des systèmes alimentaires dans un futur défini et à l'échelle de la France. Trois travaux prospectifs ont été principalement proposés.

Les travaux de l'association Solagro ont proposé un scénario de transition alimentaire et agricole « Afterres 2050 » qui intègre à la fois des enjeux de santé publique et des enjeux environnementaux (253). Dans ce scénario, une assiette Afterres 2050 a été définie pour répondre aux objectifs de réduction par deux des émissions de GES de l'agriculture et de limitation de l'usage des pesticides.

Les travaux prospectifs de l'ADEME « Transition(s) 2050 » proposent quatre scénarios pour atteindre la neutralité carbone à l'horizon 2050 : le scénario « Génération frugale » (S1), le scénario « Coopérations territoriales » (S2), le scénario « Technologies vertes » (S3) et le scénario « Pari réparateur » (S4) (121). Ces scénarios présentent quatre « récits » possibles pour réduire fortement les émissions de GES par rapport à un scénario tendanciel, défini en 2015, et identifient des leviers en matière d'alimentation (Figure 16). Brièvement, les scénarios S1 et S2 misent sur une sobriété de l'assiette via une transition alimentaire vers des régimes plus sains et plus sobres en ressources et une accentuation de produits issus de l'agriculture biologique ou de l'agroécologie. Les scénarios 3 et 4 misent sur les performances des filières et la capacité d'autres secteurs à stocker du carbone ou à produire en limitant l'impact sur l'environnement, pour modifier les régimes alimentaires de manière moins significative et en misant encore sur la production intensive et des échanges internationaux encore importants. Le scénarios S4 intègre également des innovations alimentaires.



Sources : données intermédiaires du projet SISAE.

Figure 16. Composition de l'assiette du régime alimentaire moyen français dans les quatre scénarios de l'ADEME et dans le régime moyen INCA2 (source : ADEME (121))

Les travaux de l'Institut du développement durable et des relations internationales (IDDRI) ont proposé un scénario « TYFA » (« *Ten Years for Agroecology in Europe* ») qui visent à modéliser le système agricole et alimentaire européen à l'horizon 2050 (Figure 17). Ce scénario a pour objectif en particulier de répondre à la généralisation de l'agroécologie (c'est-à-dire une agriculture sans recours aux pesticides et engrais de synthèse et qui maximise les processus écologiques) ainsi que l'abandon des importations de protéines végétales, tout en garantissant une alimentation équilibrée et favorable pour la santé (254). Une seconde version du scénario « TYFA », le « TYFA-GES » (« *TYFA-GHG* ») a également été proposée en ajoutant l'atteinte de la neutralité carbone d'ici 2050 (255).

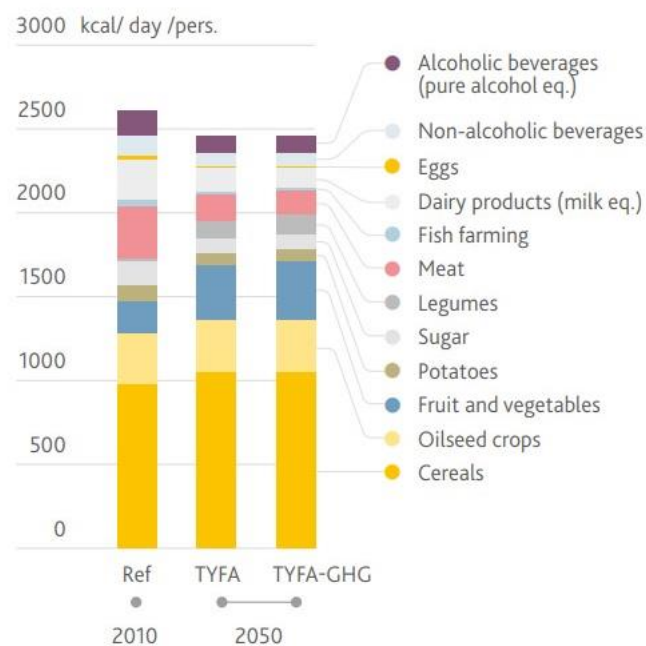


Figure 17. Composition de l'assiette du régime alimentaire moyen dans les scénarios TYFA et TYFA-GHG (source : IDDRI (255))

La production et la consommation de produits animaux, en particulier de viande, diminuent entre 2015 et 2050 dans tous les scénarios, bien que les niveaux de réduction varient (Figure 18). Un rapport réalisé par I4CE en 2023 a comparé l'ensemble de ces scénarios et observe que la réduction de viande varie entre -3 % et -70 %, par rapport à la consommation moyenne actuelle (30). La répartition des différents types de viande est variable d'un scénario à l'autre. Par exemple, les scénarios « Afterres 2050 » de Solagro et « TYFA » de l'IDDRI visent tous les deux une réduction d'environ 50 % de la consommation de viande. Cependant, le scénario « Afterres 2050 » accorde plus d'importance à la réduction de la viande de ruminants, tandis que le scénario « TYFA » se focalise davantage sur la viande de monogastriques. Par ailleurs, il existe des divergences dans les choix de végétalisation entre les scénarios, c'est-à-dire dans les choix de produits végétaux. Certains scénarios privilégient une augmentation des protéines végétales peu ou pas transformées, tandis que d'autres

sont axés sur les substituts végétaux de la viande, qui sont souvent des produits transformés ou ultra-transformés. Ainsi, en fonction de l'acceptation par les individus des tendances sociétales potentielles, le rééquilibrage de la consommation entre produits animaux et végétaux peut être très variable.

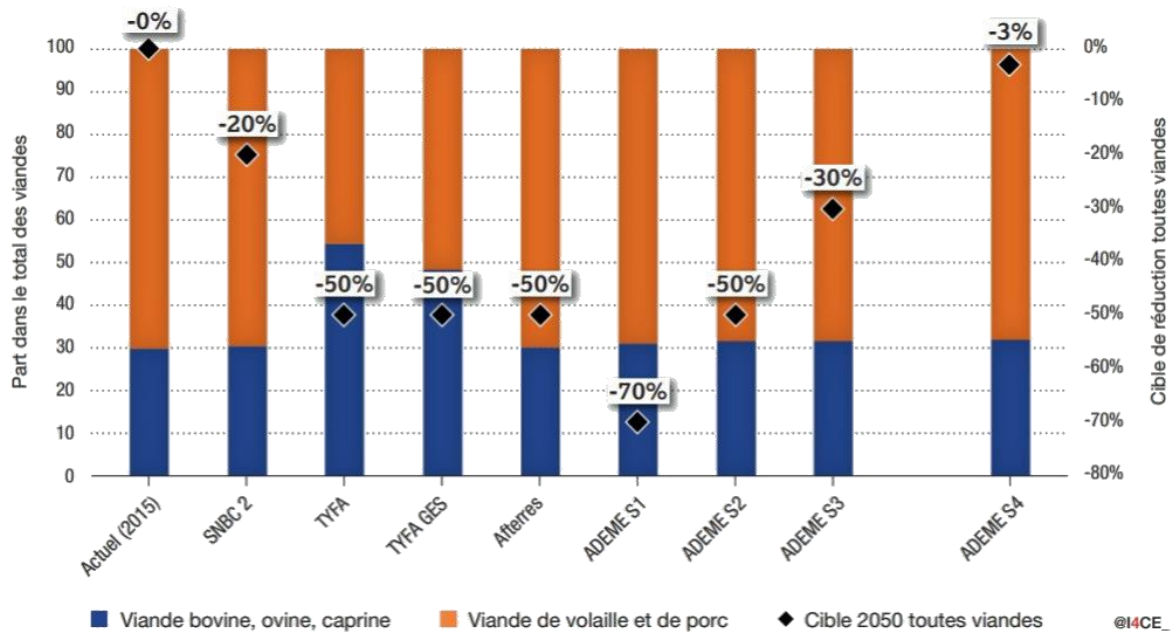


Figure 18. Objectifs de réduction de viande dans les différents scénarios proposés (source IDDRI (30))

Alors que les preuves scientifiques solides confirment le rôle central de la végétalisation de l'alimentation pour relever les défis de la durabilité, la réalisation de cette transition alimentaire dépendra des comportements individuels. Le comportement humain et sa compréhension occupent une place essentielle dans la lutte contre les crises sanitaires, climatiques, écologiques et sociales (256). Par conséquent, les études menées dans diverses disciplines sur le comportement alimentaire peuvent fournir des informations pertinentes pour comprendre les comportements et les changements de comportement et optimiser l'efficacité des interventions (257). Ainsi, outre les recherches théoriques nécessaires en épidémiologie, il est désormais indispensable de mieux comprendre le changement de comportement d'un point de vue théorique.



## 2. Etudier le changement de comportement alimentaire vers plus de produits végétaux dans l'alimentation

### 2.1. Les études scientifiques face au défi de la complexité des comportements et des choix alimentaires

Dans le domaine du comportement humain, il est évident que le concept d'alimentation dépasse largement la simple consommation d'aliments. L'alimentation recoupe un grand nombre de concepts connexes, qui sont définis et utilisés de manière non homogène dans différentes disciplines scientifiques (psychologie, sociologie, diététique et nutrition, etc.) pour définir l'ensemble des aspects de l'alimentation. Afin d'établir une terminologie uniformisée, un groupe d'experts internationaux a défini trois concepts majeurs caractérisant l'alimentation : le comportement alimentaire, le choix alimentaire et l'apport alimentaire (258). Le comportement alimentaire (*food/eating behaviour*) fait référence à la manière dont les individus consomment les aliments, ce qui inclut la planification des repas (quantité, fréquence) et également les habitudes alimentaires (grignotage, goûter, apéritif). Les choix alimentaires (*food choices*) représentent les décisions prises avant la consommation d'aliments, influencées par les préférences alimentaires, les intentions de consommation et d'autres facteurs. Parallèlement, l'apport alimentaire reflète les aliments consommés et leurs effets, par exemple les profils alimentaires et les implications pour la santé (258).

Dans la première partie de cet état de l'art, nous avons développé en quoi le rééquilibrage de consommation entre produits animaux et végétaux constituait un changement de l'apport alimentaire. Or, le comportement, le choix et l'apport alimentaire constituent un système comportemental complexe (259). Les changements de consommation alimentaire liés à ce rééquilibrage sont induits par des changements de comportement alimentaire : habitudes alimentaires comme l'instauration de journée hebdomadaire végétarienne, telle que développée par l'initiative du Lundi Vert (260). Ils sont également induits par un changement dans les choix alimentaires : motivations de changement, intentions de consommation, qui seront développées dans cette partie.

Les individus prennent de nombreuses et diverses décisions alimentaires chaque jour (259,261). Pour minimiser le coût cognitif associé à ces décisions, la plupart sont prises de manière non-consciente, automatique et rapide, et s'appuient sur des heuristiques<sup>3</sup> alimentaires simples et apprises (219,262). Une étude a mis en évidence que près de 220 décisions alimentaires seraient prises

---

<sup>3</sup> Une heuristique est définie comme une procédure simple qui aide à trouver adéquat, même si souvent imparfaites, des réponses à des questions difficiles (262)

par jour, et que seules une quinzaine seraient prises consciemment (263). Ainsi, toutes nos décisions ne seraient pas nécessairement conscientes, éclairées et rationnelles (264).

De plus, l'alimentation ne se limite pas à la satisfaction de besoins physiologiques. Les choix et les comportements alimentaires sont le résultat de plusieurs facteurs individuels et environnementaux, comme par exemple, les attitudes et les croyances personnelles, les normes et valeurs sociales, l'accessibilité alimentaire (259,265). On appellera facteurs, tous les éléments pouvant influencer le comportement ou le changement de comportement. Ces facteurs sont interdépendants, ce qui entraîne des relations causales complexes entre eux, des boucles de rétroaction, ainsi que des causes multiples (266).

Ainsi, les choix alimentaires sont multiples, contextuels, dynamiques et complexes (267) et encore aujourd'hui, la compréhension et l'étude des choix alimentaires, de même que l'étude des changements de comportements alimentaires, restent un défi scientifique. Un des objectifs de cette thèse est d'approfondir ces connaissances dans le contexte du rééquilibrage de consommation entre produits animaux et végétaux.

## 2.2. De multiples approches théoriques pour comprendre le changement de comportement

Malgré la complexité du comportement alimentaire, un certain nombre de travaux scientifiques récents ont été développés afin de mieux comprendre les comportements et les changements de comportement dans le contexte de l'alimentation. Cependant, il est important de noter qu'un certain nombre de ces travaux s'appuient sur des approches théoriques qui s'appliquent au comportement humain en général ou à des comportements spécifiques, mais pas nécessairement au comportement alimentaire en particulier.

### 2.2.1. Les différents objectifs de l'étude du changement de comportement

Dans le domaine du comportement humain, les trois objectifs de l'étude des changements de comportement sont : (i) comprendre les facteurs sous-jacents qui influencent les comportements, (ii) explorer le processus de changement de comportement et (iii) identifier les stratégies et interventions les plus efficaces dans le but de promouvoir des changements de comportement (268,269). Les interventions qui visent à changer les comportements, sont mises en oeuvre pour cibler, souvent de manière implicite, les facteurs sous-jacents qui influencent le comportement (270). Par exemple, dans l'étude de Cordt et al., lors de l'intervention, certains participants recevaient des informations concernant les conséquences néfastes de la consommation de viande dans le but de modifier leur intention de changement (75).

En lien avec les deux premiers objectifs, la littérature définit généralement deux types de théories : les théories explicatives du comportement ou « théorie du problème » qui ont pour objectif d'expliquer le comportement, et les théories du changement ou « théories d'action » qui ont pour objectif de suggérer des moyens plus efficaces d'influencer et de modifier le comportement (271). Néanmoins, Davis et al. mentionnent qu'il est difficile de distinguer clairement ces deux catégories de théories en pratique, et que certaines théories peuvent appartenir aux deux (257). Ainsi, étant donné que les deux types de théories se confondent, on parlera de théories du changement de comportement.

### 2.2.2. *Approches théoriques pour étudier le changement de comportement*

Dans la littérature, de nombreux travaux scientifiques ont proposé une explication théorique du changement de comportement en décrivant les facteurs qui influencent le changement de comportement. Plusieurs approches théoriques peuvent être utilisées : les théories, les modèles, les cadres (272,273).

#### **Théories et modèles pour étudier le changement de comportement**

Les théories permettent généralement d'établir un ensemble de relations entre les variables avec des prédictions spécifiques. Par exemple, dans la théorie du comportement planifié (*Theory of planned behavior* ou TPB, (274)), les attitudes, les normes subjectives et le contrôle comportemental perçu influencent les intentions de comportement d'un individu, qui à leur tour influencent le comportement (274). Les modèles simplifient généralement de manière délibérée un phénomène ou des aspects d'un phénomène (272). Par exemple, le modèle transthéorique (*Transtheoretical model* ou TTM, (275)) postule que les individus passent par cinq étapes pour effectuer un changement de comportement (276). Dans la littérature, il n'existe pas de consensus sur les définitions des concepts de théorie et modèle, les différences entre ces termes ne sont pas claires et les chercheurs utilisent ces termes de manière interchangeable (257,272). Ainsi, dans ces travaux, le terme « théorie » a été choisi pour désigner les théories et les modèles développés pour comprendre un phénomène, ici le changement de comportement.

Pour expliquer un phénomène, les théories reposent sur un ensemble de construits théoriques. Ce sont les éléments constitutifs des théories (277), qui ont une définition précise dans le contexte de la théorie en question (271). Ainsi, dans le contexte du changement de comportement, les théories résument ce que l'on sait des construits dans le processus de changement de comportement et tentent d'expliquer et de prédire quand, pourquoi et comment le changement se produit ou ne se produit pas. Les construits théoriques peuvent représenter des mécanismes d'action ou des modérateurs de changement de comportement (278). Par exemple, pour un comportement donné, les attitudes envers

ce comportement, les normes subjectives, le contrôle comportemental perçu, l'intention sont des construits du TPB (274).

### Cadres théoriques pour étudier le changement de comportement

Des travaux scientifiques ont proposé également des cadres (*framework*) pour décrire les facteurs qui influencent le changement de comportement. Ce sont simplement une description organisationnelle du système, qui ne met pas en relation ou ne prédit pas les phénomènes, contrairement aux théories (257). Par exemple, le DONE Framework est un cadre développé par un groupe d'experts qui recensent l'ensemble des facteurs qui influencent potentiellement le comportement alimentaire (259).

#### 2.2.3. La complexité des approches théoriques de l'étude du changement de comportement

### L'abondance des théories pour expliquer le changement de comportement

Bien que la pluridisciplinarité soit intéressante et nécessaire pour comprendre les changements de comportement, peu d'approches inter ou transdisciplinaires ont été développées. Ceci provient notamment du fait que chaque discipline possède ses propres hypothèses, souvent implicites, et son propre vocabulaire (256). Le manque d'études interdisciplinaires ou transdisciplinaires est particulièrement notable dans le cadre des changements de comportement alimentaire en lien avec la transition alimentaire durable, alors qu'elle touche des domaines très diverses : nutrition et diététique, santé humaine, environnement et agroécologie, etc. Dans la littérature, un déséquilibre important entre la quantité et la qualité des études axées sur la santé par rapport à celles axées sur l'environnement a été mis en évidence (279). Par exemple, les théories utilisées en nutrition et santé utilisent des théories comme le TTM ou le modèle des croyances relatives à la santé (*Health Belief Model* ou HBM, (280), alors que les études sur la durabilité ou l'environnement utilisent des théories comme le modèle du comportement pro-environnemental (281) pour traiter une même question de recherche telle que la réduction de consommation de viande (282).

De nombreuses théories ont été élaborées à partir des théories existantes, en y ajoutant de nouveaux construits. Par exemple, le TPB a été développé à partir de la théorie de l'action raisonnée (*Theory of reasoned action* ou TRA, (283)) en y ajoutant un autre déterminant de l'intention, le contrôle du comportement perçu. Pourtant, les premières théories continuent d'être utilisées dans certaines études (284), contribuant à augmenter le nombre de concepts plutôt qu'à identifier quand et comment ces concepts sont les plus influents.

### La difficulté du choix d'une théorie adéquate, conséquences pour la validité externe des études

Aujourd'hui, dans la littérature, aucune théorie ou cadre conceptuel fournit une représentation parfaite et complète de la réalité (268) et ne domine les recherches qui tentent de comprendre et de changer les comportements en santé (271). Ainsi, du fait d'une multitude de théories disponibles, le choix d'une théorie pertinente pour concevoir une étude ou une intervention s'avère difficile. En effet, un manque d'orientation sur la manière de sélectionner une théorie appropriée pour un objectif particulier a été dénoncé (285). Le choix de la théorie se porte donc souvent sur les théories utilisées dans sa propre discipline ou sur des théories les plus communément utilisées (256), ce qui conduit à l'utilisation d'un petit nombre de théories dans la littérature. Or, ces théories, avec leurs propres hypothèses et conditions d'application, peuvent être développées au-delà des contextes dans lesquels elles sont valables et informatives, entraînant donc des choix inadéquats en lien avec la question de recherche (256). Par exemple, le TTM est un modèle développé dans le contexte de changement de comportement lié au tabagisme et des adaptations de ce modèle peuvent être pertinentes pour l'appliquer à d'autres domaines d'études, comme l'alimentation (286,287).

### L'abondance des construits théoriques et la complexité de la terminologie dans les théories du changement de comportement

Une revue de la littérature sur les théories du changement de comportement, menée par des chercheurs de plusieurs disciplines a identifié plus de 83 théories contenant plus de 1700 construits différents (288). De plus, de nombreuses théories ont des construits identiques ou qui se chevauchent (277), et font face au problème du « *jingle-jangle* ». Ainsi, un même terme pour un construit théorique peut référer à plusieurs concepts (*jingle*), et inversement, plusieurs construits peuvent désigner le même concept (*jangle*). Par exemple, l'évaluation des résultats probables de l'adoption de comportements de santé est appelée attitude (*attitude*) dans le TRA et TPB, attentes de résultats (*outcome expectancies*) dans la théorie de l'approche du processus d'action en matière de santé (Health Action Process Approach ou HAPA (289)), coûts et bénéfices (*costs and benefits*) dans le HBM, et avantages et inconvénients (*pros and cons*) dans le TTM (290,291). En plus de cette variabilité, les théories utilisent des mesures distinctes pour évaluer des concepts similaires (291). En résumé, il a été constaté l'absence de terminologie normalisée, de standardisation des descriptions des théories, des construits associés et de leurs relations, ainsi que l'absence de normes permettant d'évaluer la qualité des théories. Par conséquent, la synthèse et la comparaison des résultats issus de différentes théories sont complexes, et la validité externe de leurs résultats, c'est-à-dire la généralisation potentielle de leurs résultats à d'autres populations d'études, demeure limitée.

Dans la littérature portant sur les changements des comportements alimentaires, tels que ceux associés au rééquilibrage de consommation entre produits animaux et produits végétaux, de nombreuses études s'appuient sur une approche théorique, en utilisant des théories et des cadres existants. Toutefois, il est important de noter que toutes les études sur le comportement alimentaire n'ont pas nécessairement recours à des théories existantes pour étudier le changement alimentaire. Certaines études utilisent plutôt une approche plus exploratoire visant à étudier de manière plus approfondie les facteurs qui influencent les comportements. Par exemple, dans une étude de Lacroix et al., les facteurs susceptibles d'induire ou entraver la réduction de consommation de viande ont été sélectionnés parmi une revue de la littérature existante (76).

### 2.3. Facteurs qui influencent le changement de comportement : cas du rééquilibrage de consommation entre produits animaux et végétaux

Dans cette section, nous allons présenter l'apport des différentes approches théoriques dans la compréhension des facteurs qui influencent le changement de comportement. Nous allons également présenter les liens entre les facteurs sociodémographiques et motivationnels associés au rééquilibrage de consommation entre produits animaux et produits végétaux, en particulier relatifs à la consommation de viande et de légumineuses.

#### 2.3.1. *Etudier les facteurs qui influencent le changement de comportement et leurs relations grâce aux théories existantes*

Dans la littérature du comportement alimentaire, de nombreuses études utilisent les théories sociocognitives et leurs construits pour étudier le changement de comportement. Les théories sociocognitives sont des théories qui expliquent comment la cognition et les facteurs sociaux interagissent et s'influencent mutuellement pour comprendre le comportement humain (290). Néanmoins, ces théories présentent certaines limites et d'autres approches plus larges sont utilisées dans la littérature pour étudier le changement de comportement.

#### **Les théories sociocognitives : l'individu comme principal acteur du changement de comportement**

De nombreuses théories en psychologie se sont d'abord développées pour comprendre le rôle des facteurs sociocognitifs dans la prédiction du comportement de santé (291) : le modèle des croyances relatives à la santé (HBM (280)), la théorie de la motivation de la protection (Protection motivation theory ou PMT (292)), la théorie socio-cognitive (*Social cognitive theory* ou SCT (293,294)), le modèle transthéorique (TTM (275,276)), la théorie de l'action raisonnée et théorie du comportement planifié (TRA (283) et TPB (274)), la théorie de l'autodétermination (*Self-determination theory* (295)). Ces théories sociocognitives mettent l'accent sur l'individu, bien qu'elles puissent

également inclure des influences sociales dans l'étude du comportement. Elles ont été largement utilisées dans le domaine du comportement alimentaire.

Cependant, de nombreuses critiques ont été faites à l'égard de ces théories sociocognitives. En effet, ces théories se focalisent principalement sur l'individu et considèrent le consommateur comme entièrement rationnel, supposant qu'il prend en compte l'ensemble des coûts et bénéfices avant une prise de décision (290). Or, les consommateurs n'ont pas toujours accès à toutes les informations dont ils ont besoin pour prendre une décision éclairée, ou ils n'ont pas toujours les capacités cognitives nécessaires pour traiter toutes les informations dont ils disposent. Ces théories placent également la capacité d'agir (*agency*) et l'entière responsabilité sur l'individu, sans prendre en compte les influences sociales et environnementales qui coexistent (296). Même si ces théories ont contribué à la compréhension du changement de comportement, les théories sociocognitives de changement de comportement se concentrent sur l'individu et tendent à privilégier l'étude des facteurs individuels, et parfois interpersonnels, mais elles négligent les facteurs sociaux et environnementaux plus larges (297). Des théories ont donc été développées de façon à prendre en compte les facteurs sociaux et environnementaux de façon plus exhaustive dans les théories. Par exemple, le modèle socioécologique est un des modèles les plus utilisés dans la littérature (271).

Les théories sont des approches qui aident à comprendre les comportements et les dynamiques qui mènent au changement de comportement. Néanmoins, étant donné la complexité de l'étude du changement de comportement, à ce jour, aucune théorie n'est assez exhaustive pour décrire l'ensemble des facteurs qui influent le changement de comportement et leurs relations au sein même d'une théorie.

### Combinaisons de théories pour étudier les changements de comportement

Du fait des limites associées à l'utilisation de ces théories, de nombreuses études réalisent des intégrations de construits théoriques dans des théories préexistantes, c'est à dire la combinaison de différentes théories et concepts de différentes disciplines. Il s'agit par exemple de l'ajout de la distance psychologique dans le modèle pro-environnemental de Kollmuss et Agyeman (282), ou encore de l'ajout des motivations dans le modèle transthéorique et dans le modèle du comportement planifié (87). Cette approche a pour objectif d'obtenir une compréhension plus globale d'un phénomène. Elle est notamment préconisée par certains scientifiques pour l'étude des changements de comportement pro-environnemental, afin de favoriser l'interdisciplinarité des domaines de la santé et de la durabilité (282).

### 2.3.2. *Etudier les facteurs qui influencent le comportement alimentaire grâce aux cadres théoriques*

Le comportement alimentaire est un domaine d'étude complexe et multidimensionnel et les choix alimentaires d'un individu sont le résultat d'une interaction complexe entre une multitude de facteurs individuels, interpersonnels et environnementaux. Pour mieux appréhender cette diversité, la littérature scientifique a développé des cadres visant à décrire de manière exhaustive l'ensemble des facteurs qui influencent les choix alimentaires et les comportements alimentaires. Par ailleurs, il convient de noter que ces cadres ne cherchent pas à établir des relations spécifiques entre ces différents facteurs, car ils sont étroitement entrelacés, ce qui rend difficile l'élaboration d'une théorie unique et exhaustive du comportement alimentaire.

Dans le contexte du changement de comportement alimentaire, les cadres énumèrent les déterminants de la nutrition et de l'acte de consommation alimentaire, comme le DONE Framework (*Determinants Of Nutrition and Eating Framework*), réalisé par un groupe d'experts de divers disciplines (259). Dans le contexte du changement vers des comportements alimentaires plus durables, ces cadres théoriques ne présentent pas de manière exhaustive les facteurs pertinents à cette problématique (298). Cette section propose de recenser l'ensemble des facteurs identifiés à travers divers cadres, afin de proposer une vue d'ensemble de facteurs qui influencent les choix alimentaires et les comportements alimentaires dans le contexte de la durabilité alimentaire.

#### Présentation générale des facteurs qui influencent les choix alimentaires

- Facteurs individuels

Les facteurs individuels peuvent être principalement divisés en plusieurs sous-catégories : les facteurs physiologiques, les facteurs psychologiques et les facteurs sociodémographiques.

##### **Facteurs physiologiques**

Les facteurs physiologiques sont ceux liés à la régulation de la prise alimentaire comme le rassasiement et la satiété, liés à l'anthropométrie, liés à la santé physique, et ceux liés à l'alimentation comme les intolérances et les allergies alimentaires. Ce sont des variables secondaires dans le contexte de notre problématique, ils ne seront pas détaillés. Les propriétés sensorielles et organoleptiques, incluant le goût, la texture, l'odorat, et les préférences alimentaires, sont des facteurs déterminants des choix alimentaires.

Les facteurs psychologiques et sociodémographiques sont des variables explicatives principales liées aux questions de recherche traitées dans cette thèse, et seront donc abordés de manière plus développée.



### **Facteurs psychologiques**

Les **attitudes** et les  **croyances personnelles** peuvent moduler directement les choix alimentaires. Une attitude est spécifique à un comportement ou un objet et elle est définie généralement comme le degré avec lequel une personne évalue favorablement ou défavorablement cet objet ou ce comportement (en psychologie, (299)). Les termes de croyance et d'attitude ont souvent été utilisés comme un concept unique, ce qui signifie que les attitudes sont souvent considérées comme incluant les croyances (300,301). Selon la théorie des attentes de Fishbein (Expectancy value theory (302)), les croyances sont supposées avoir des effets causaux sur les attitudes. Par exemple, une personne peut avoir une attitude favorable à la réduction de la consommation de viande parce qu'elle pense qu'il s'agit d'un choix plus sain alors qu'une autre personne peut également avoir une même attitude positive parce qu'elle pense que cela aide à réduire l'empreinte carbone de son alimentation.

Les **idéologies personnelles**, qui incluent les **valeurs**, sont intrinsèquement liées aux choix alimentaires (303). Les valeurs sont définies comme des critères qui aident les individus à prendre des décisions et à justifier leurs actions (304). Dans la littérature, les valeurs ont largement été considérées comme des facteurs explicatifs des comportements (305) mais elles peuvent également influencer indirectement le comportement en influençant les attitudes et les croyances ainsi que la recherche et l'évaluation des connaissances (306,307). Par exemple, les individus qui possédaient des valeurs altruistes, comme le sens de l'équité et de la justice sociale étaient plus susceptibles d'adhérer à un régime végétarien (74).

L'**identité personnelle** fait référence à la façon dont un individu se perçoit (308). Les choix alimentaires peuvent être l'expression de l'identité personnelle d'un individu, alignée sur un ensemble de valeurs personnelles, par exemple, pour certains consommateurs, les choix alimentaires peuvent constituer un moyen d'exprimer leur philosophie de vie et leur idéologie (303,309)

Les choix alimentaires peuvent également être influencés par les **connaissances** et les **compétences**, notamment en matière de nutrition, de santé ou d'environnement. Ils sont déterminés en particulier par deux types de connaissances : les connaissances factuelles, qui désignent les connaissances basées sur les faits et les informations en lien avec un sujet, et les connaissances procédurales, qui désignent les compétences et la capacité de réalisation concrète d'une action (310). Ces deux types de connaissances peuvent influencer de façon différente les choix alimentaires.

Les **traits psychologiques** (ex. impulsivité, optimisme, considérations pour les conséquences futures) peuvent également influencer directement les choix alimentaires, de même que les **émotions** et **humeurs** ou les **pathologies psychiatriques**, de manière indirecte, comme la dépression et l'anxiété.

### **Facteurs sociodémographiques**

Les choix et comportements alimentaires sont déterminés également par les caractéristiques sociodémographiques propres aux individus. Dans cette thèse, nous avons utilisé principalement les suivants :

Le **sexe** (biologique) est à différencier de la notion de genre. Néanmoins, dans la littérature, les termes sont employés de façon interchangeable (311), nous utiliserons le terme de sexe pour désigner ces deux concepts.

L'**âge** peut influencer de manière significative les choix alimentaires. Les changements de mode de vie tout au long de la vie, les influences générationnelles, le statut socio-économique et les relations sociales peuvent également influencer nos choix alimentaires (312).

Le **statut socioéconomique** reflète l'accès d'un individu aux ressources désirées (313) et peut également intégrer le prestige et une reconnaissance sociale déterminant sa place dans la hiérarchie sociale (314). Le statut socioéconomique est généralement décrit par trois indicateurs dans la littérature : le niveau d'études, le niveau de revenus et la catégorie socioprofessionnelle.

- Le **niveau d'études** tente de rendre compte de l'acquisition de connaissances et de compétences, par exemple les individus ayant un niveau d'études plus élevé sont plus enclins à comprendre les messages relatifs à la santé et à l'environnement et seront donc plus susceptibles de comprendre l'importance de l'impact de leur consommation alimentaire sur la santé ou l'environnement (315).
- Les **revenus** reflètent l'accessibilité aux ressources matérielles disponibles d'un individu ou d'un ménage (316).
- La **catégorie socioprofessionnelle** influence les choix alimentaires par l'intermédiaire de la culture du lieu de travail et des relations sociales (317). Les individus appartenant à des catégories socioprofessionnelles supérieures peuvent avoir des attitudes ou des croyances spécifiques qui les amènent à choisir certains produits alimentaires comme symboles de leur statut social.

D'autres facteurs sociodémographiques peuvent également influencer les choix alimentaires comme le lieu de résidence (ex. zone rurale versus zone urbanisée), la composition du foyer (ex. présence d'un enfant), le statut marital, etc.

- Facteurs interpersonnels

Des facteurs interpersonnels ont été identifiés en lien avec les choix alimentaires des individus. Les choix alimentaires sont étroitement liés aux interactions sociales. En effet, ils sont influencés par les groupes sociaux et les environnements socioculturels (73).

Les **pratiques culturelles** jouent un rôle important dans les habitudes alimentaires par le biais des croyances et des traditions du pays de consommation ou du pays dont est issu un individu. Comme décrit au Chapitre 1, 1.1.1., la France est un pays avec une forte culture gastronomique, en particulier pour la viande et les produits animaux, ancrée dans les habitudes alimentaires des consommateurs. Les pratiques peuvent être également d'ordre religieuses, dont les dogmes énoncent certaines pratiques de consommation spécifiques.

L'**environnement social** lors des repas, en particulier la présence d'autres convives, a un impact sur les comportements alimentaires. Les **normes, valeurs et tabous sociaux** façonnent les habitudes alimentaires et orientent donc les choix alimentaires. Par exemple, l'alimentation des Français est globalement rythmée autour des trois repas traditionnels (petit-déjeuner, déjeuner, dîner), impactant leurs choix alimentaires quotidiens (318).

L'**identité sociale** est déterminante dans les choix alimentaires. Elle désigne la partie de la perception de soi d'un individu qui résulte de son appartenance à un groupe social (308). En effet, la consommation alimentaire est considérée comme un marqueur social construisant les identités sociales et les modes de vie (310).

- Facteurs environnementaux

Les facteurs environnementaux influencent également sur les choix alimentaires. Ils peuvent être liés aux produits avec des **facteurs intrinsèques**, comme la qualité alimentaire et la sécurité sanitaire des produits, et des **facteurs extrinsèques**, comme l'apparence et le prix des produits.

D'autres facteurs peuvent être liés à l'**environnement alimentaire**, qui est défini comme le contexte physique, économique, politique et socio-culturel dans lequel les consommateurs interagissent avec le système alimentaire pour acquérir, préparer et consommer leur alimentation (319).

Les facteurs liés à l'environnement physique, appelé également « paysage alimentaire », jouent un rôle important dans les choix alimentaires avec deux facteurs importants : l'**accessibilité alimentaire** qui se réfère à la capacité des individus et des ménages à accéder aux denrées alimentaires et à les acheter (320) et la **disponibilité alimentaire** qui désigne la présence d'une quantité et d'une qualité suffisantes de denrées alimentaires disponibles pour les individus (320,321).

Les **facteurs économiques** et **politiques** jouent un rôle significatif dans la détermination des choix alimentaires (298). L'action publique relative à l'alimentation, à l'échelle internationale et jusqu'à l'échelle locale, guide nos choix alimentaires, par exemple avec les politiques publiques, les recommandations nutritionnelles, les réglementations et les normes et directives notamment. Par ailleurs, les décisions et stratégies des pouvoirs publics en termes de politiques de planification et de choix d'investissements en recherche et développement, ainsi que les accords commerciaux internationaux ont un impact sur la disponibilité et l'accessibilité des produits alimentaires (279). Encore plus largement, au-delà de l'alimentation, l'action publique, par exemple concernant les législations environnementales, impactent également de façon indirecte nos choix alimentaires (298). Les acteurs privés, tels que les entreprises agroalimentaires, les syndicats d'interprofessions influencent nos comportements et nos choix alimentaires via le marketing, la publicité et plus largement les médias ainsi que leur rôle de lobbying (322). Par exemple, les choix stratégiques des entreprises agroalimentaires déterminent l'offre alimentaire disponible. Le syndicat d'interprofession Association Nationale Interprofessionnelle du Bétail et des Viandes (Interbev), oriente nos choix alimentaires via des campagnes média « Naturellement Flexitariens » (323). De plus, les acteurs de la société civile, comme les ONG, les associations de consommateurs, guident nos choix alimentaires via des campagnes de sensibilisation comme celle de « Stop aux Meathos » de World Wildlife Fund (WWF) (324), et par leur rôle de plaidoyer.

Enfin, les facteurs liés aux influences biophysiques, en l'occurrence les effets de la crise environnementale actuelle, modulent et moduleront nos choix alimentaires, du fait de leur impact sur la production alimentaire et l'environnement (298). Par exemple, le changement climatique impacte la production laitière réduisant la quantité d'herbes disponible pour les vaches à cause des sécheresses récurrentes, ce qui jouent sur l'offre et l'accessibilité alimentaire.

Parmi les facteurs qui influencent les choix alimentaires, les principaux facteurs qui ont été mis en relation avec le rééquilibrage des produits animaux et végétaux sont les facteurs psychologiques et les caractéristiques sociodémographiques. Ce seront donc ceux qui seront abordés de manière plus détaillée dans la suite du manuscrit de thèse.

### **Influence des caractéristiques sociodémographiques sur le rééquilibrage de consommation entre produits animaux et produits végétaux**

Cette section évoquera les principales études qui ont permis de mettre en lien les facteurs sociodémographiques avec le rééquilibrage de consommation entre produits animaux, principalement la viande, et produits végétaux.

- Les caractéristiques sociodémographiques associées à la consommation de viande et au rééquilibrage de consommation

### ***Influence du sexe***

Le sexe a été défini comme le plus fort prédicteur des niveaux de consommation de viande (325). Les hommes sont associés à une plus forte consommation de viande (85,98,306,310,326–332) ainsi qu'à une plus faible volonté d'adopter des régimes avec une plus forte part de produits végétaux ((327) pour une revue). Ces résultats sont en accord avec les données des enquêtes alimentaires françaises INCA3, puisqu'à l'échelle de la ration alimentaire, les hommes accordaient une part plus importante aux viandes de boucherie (+46 %) et aux charcuteries (+35%) (42). Les femmes accordent une part plus importante aux volailles (+23 %). Dans une étude menée aux Pays-Bas en 2019, cinq clusters de participants réalisés selon les attitudes et les normes en lien avec la réduction de la viande ont été identifiés. Les clusters correspondant aux consommateurs de viande « Viande compulsive » (« *Compulsive meat* ») et « Amateurs de viande » (« *Meat lovers* ») incluaient une majorité d'hommes (85). En effet, les hommes semblent avoir des croyances plus positives envers la viande et les régimes alimentaires centrés sur la viande (332,333). Ils expriment un plus grand attachement émotionnel à la viande (334). Certains auteurs observent que la consommation de viande, notamment de viande rouge, contribue à l'affirmation d'une identité de genre masculine (73).

Dans la grande majorité des études, le fait d'être une femme était associé à une plus grande volonté de réduire sa consommation de viande (*willingness*) (335–337) ou à la réduction de la consommation de viande (76,77,80,81,86,87,98,325,335,338). Plus généralement, les femmes étaient plus enclines à s'engager dans un régime intégrant une plus forte contribution de produits végétaux, ou végétarien (24,327). Une étude réalisée sur une population représentative de la population américaine a observé que le sexe était associé à la réduction de consommation de la viande, toutes viandes confondues, mais cette association n'était pas significative pour les différents types de viandes pris séparément : viande rouge, viandes transformées, volailles (80).

### ***Influence de l'âge***

D'après l'étude INCA3, les individus âgés entre 45 et 64 ans étaient associés à des consommations plus élevées en viande (hors volailles) (ex. 55,5 g/jour vs. 41,2 g/jour pour les 18-44 ans) (42). Au contraire, l'étude du CREDOC a observé que les plus jeunes (18-24 ans) étaient les plus grands consommateurs de produits carnés (toutes viandes confondues), en quantité et en fréquence de consommation (27). Néanmoins, les individus entre 55 et 64 ans sont les plus gros consommateurs de viandes de boucherie. Dans la littérature, les résultats des études montrent des associations hétérogènes, avec des individus

plus jeunes qui consomment davantage de viande (306,330,339), ou des associations non significatives (326,340,341).

Concernant les changements alimentaires, les résultats sur la réduction de viande ne sont pas aussi homogènes que pour le sexe (327,342). Certaines études ont observé que les individus plus jeunes étaient plus enclins à réduire leur consommation de viande (87,98,343) et également qu'ils étaient plus favorables à l'adoption de régimes avec une plus forte part de produits végétaux (327,331,337,343). Par exemple, une étude réalisée dans une population finlandaise (n=1 048) a observé que les individus dans les clusters « Pas de [consommation de] bœuf » et « En transition alimentaire vers plus de protéines végétales » étaient plus jeunes que les autres (« [Consommation de] bœuf et haricots », « [Consommation de] bœuf, haricots et produits issus du soja ») (331). Inversement, d'autres études ont observé une association positive entre les individus plus âgés et la réduction de consommation de viande (80,86,91,344). Aucune association significative n'a été trouvée pour certaines études (325,336,337,345).

### ***Influence du statut socioéconomique***

L'enquête nationale INCA3 a observé qu'en France, un niveau d'études plus élevé était associé à des consommations plus faibles de viande (37,1 g/jour pour Bac +4 et plus vs. 52,8 g/jour pour Primaire/Collège) et une plus faible proportion de consommateurs (65,1 % vs. 72,1 %) (42). Bien que la consommation de viande ait été un symbole de richesse pendant longtemps, les études récentes tendent à observer qu'un statut socioéconomique plus élevé est associé à une plus faible consommation de viande. Par exemple, en France, une étude conduite dans la cohorte NutriNet-Santé a mis en évidence que les ouvriers étaient de plus gros consommateurs de viande par rapport aux catégories socioprofessionnelles plus élevées (215). Par ailleurs, une revue systématique récente a conclu que le revenu était associé à l'adoption de régimes avec une plus forte contribution de produits végétaux (24).

Concernant les changements alimentaires, le niveau d'études était associé à la réduction de la consommation de viande, et plus globalement à l'adoption de régime avec une plus forte part de produits végétaux. Dans plusieurs études, un plus haut niveau d'études était associé à une réduction de consommation de viande (81,98,345,346), et plus généralement, les individus de plus haut niveau d'études déclaraient plus fréquemment avoir adopté un régime avec une plus forte part de produits végétaux, voire un régime végétarien (24,310,329,343). Néanmoins, certaines études ont observé des associations non significatives entre le niveau d'études et la réduction de consommation de viande (ou la volonté) (80,336,337). Par exemple, dans une étude conduite dans deux populations, aux Pays-Bas

et aux Etats-Unis, l'association entre la volonté de réduire sa consommation de viande et le niveau d'études était non significative, quel que soit la population d'étude (336).

En France, d'après les études du CREDOC, certaines catégories socioprofessionnelles présentent de plus fortes diminutions de consommation, les ouvriers diminuant en moyenne de -15% et les cadres et professions libérales de -19 % (27). Néanmoins, dans la littérature, le revenu et la catégorie socioprofessionnelle étaient relativement peu associés à la réduction de consommation de viande.

**Influence des facteurs démographiques.** D'après l'enquête nationale française INCA3, les individus résidant dans les zones rurales étaient de plus grands consommateurs de charcuteries (42). De récentes études ont également mis en évidence que le fait de vivre dans un milieu plus urbanisé était associé à une plus forte probabilité de réduction de consommation de viande (87,343), et plus largement, à une plus forte probabilité d'adoption de régimes avec une plus forte contribution de produits végétaux, en particulier pour les régimes végétariens (329,331,343).

- [Les caractéristiques sociodémographiques associées à la consommation de légumineuses](#)

D'après l'enquête INCA3, les hommes attribuaient une part significativement plus élevée de leur ratio alimentaire aux légumineuses (+84 %) que les femmes (42). De plus, les individus de plus haut niveau d'études représentaient un nombre de consommateurs de légumineuses plus élevé par rapport à ceux de niveaux d'études moins élevés. Une étude conduite par Kantar Worldpanel en 2015, portant sur 5 006 ménages français a révélé que les individus plus âgés (45-64 ans) achetaient une quantité de légumineuses plus élevée par rapport aux individus plus jeunes (<45 ans) (347). Les ménages ayant des revenus inférieurs au revenu médian étaient plus susceptibles d'acheter des légumineuses que les autres ménages, mais en plus faibles quantités. D'autre part, les individus ayant un niveau d'études inférieur au baccalauréat achetaient une quantité de légumineuses plus élevée que les autres individus. Une étude plus récente réalisée par Kantar Worldpanel entre 2014 et 2017 a montré une augmentation des achats de légumineuses, en particulier chez les individus plus jeunes, ceux résidant dans de grandes villes, et ceux disposant de revenus plus modestes (348).

Dans la littérature, des études menées dans d'autres pays que la France ont mis en évidence des différences sociodémographiques. En Finlande, la consommation fréquente de haricots (*beans*) était plus importante chez les individus plus jeunes (25-34 ans) et ceux ayant un niveau d'études plus élevé (349). Au Canada, la consommation de légumineuses était plus faible chez les participants les plus jeunes (18-34 ans) et les personnes vivant seules, et plus élevée chez les individus de niveau d'études universitaires (350).

Bien que certaines associations entre les caractéristiques sociodémographiques et le rééquilibrage de consommation entre produits animaux et végétaux semblent se démarquer, il est important de noter que de nombreuses différences entre les études sont observées. Ces divergences peuvent s'expliquer en partie par le contexte socioculturel et économique propre à chaque étude, qui s'ajoute aux disparités dans les designs et les questions de recherche, comme mentionné précédemment. Compte tenu du manque de données disponibles dans le contexte français, l'un des objectifs de ces travaux de thèse est de contribuer à l'enrichissement des connaissances sur la relation entre les caractéristiques sociodémographiques et le rééquilibrage de consommation entre produits animaux et végétaux.

### Les motivations, un facteur central dans le changement de comportement alimentaire

- Motivations : définition et méthodes d'évaluation

Les motivations font depuis longtemps l'objet de la recherche en psychologie et en comportement du consommateur (351). Elles sont un élément central de la plupart des théories sur les comportements (257,270).

Traditionnellement, le concept de « motivation » se réfère à tout processus psychologique qui façonne l'orientation, l'intensité et la persistance d'un comportement (352). Cependant, comme nous l'avons déjà évoqué au Chapitre 1, 2.2.3., il n'existe pas de consensus quant à la définition de ces concepts, et donc celui de la motivation. Le terme « motivation » est utilisé de diverses manières, ce qui engendre des malentendus et des confusions dans l'interprétation des résultats (352).

Ces états psychologiques amènent les individus à se diriger vers des décisions de choix et des comportements (351). Dans une approche constructionniste, la motivation d'un individu découle de ses valeurs personnelles, elles-mêmes façonnées par ses expériences personnelles et divers facteurs personnels et sociaux (267). Dans le contexte de l'alimentation, la décision d'un individu envers un choix dépend d'un ensemble d'attributs liés ce choix, qui sont eux-mêmes évalués en fonction de l'importance ou la pertinence de la valeur attribuée à chacun de ses attributs. Ces attributs sont ensuite combinés au moment de la prise de décision afin d'obtenir une évaluation globale (353). Ainsi, la qualité nutritionnelle sera prise en compte dans le processus de décision des individus qui accordent de l'importance à la santé, tandis que l'impact environnemental d'un produit alimentaire le sera pour les individus sensibles à la protection de l'environnement (354). La mesure de la motivation du choix alimentaire permet donc de quantifier l'importance accordée à différentes valeurs pour un individu dans un contexte de prise de décision (355).

Diverses méthodes existent dans la littérature pour évaluer les motivations (352,356). Parmi ces méthodes, la méthode « question à réponses multiples » est la plus commune et consiste à



indiquer son degré d'accord avec chaque motivation ou affirmation liée à une motivation, généralement sur une échelle de Likert (356). Cette méthode est notamment employée dans le « Food Choice Questionnaire » (FCQ) pour évaluer différentes motivations alimentaires (355).

- [Motivations et obstacles](#)

Les motivations découlent de l'attitude d'un individu, ses croyances, ses valeurs. Elles peuvent soit favoriser un comportement (*facilitators, enablers, drivers, motivations*) ou l'entraver (357) (282). Elles représentent alors des obstacles, appelés également barrières (*barriers*).

Dans la littérature, les théories existantes ont tendance à se concentrer majoritairement sur les facteurs influençant positivement le comportement, et prennent moins en compte les obstacles auxquels font face les individus lors d'un changement de comportement, en particulier dans le comportement dit pro-environnemental (282). Il serait également intéressant d'étudier les facteurs qui entravent le changement de comportement, comme les obstacles à la réduction de consommation de viande.

### [Les motivations et obstacles au rééquilibrage de consommation entre produits animaux et produits végétaux](#)

Peu d'études conduites en France sur la réduction de viande, et encore plus sur le rééquilibrage de consommation entre produits animaux et végétaux, sont disponibles. Ainsi, cette section traitera les études disponibles à ce jour, qui sont majoritairement conduites dans les pays développés, notamment les Etats-Unis et certains pays européens comme le Royaume-Uni, la Finlande et les Pays-Bas (72).

- [Les motivations associées à la réduction de consommation de viande](#)

Dans les dernières décennies, la littérature s'est intéressée aux motivations des individus qui rééquilibrent leur consommation entre produits animaux et produits végétaux, incluant ceux qui excluent et ceux qui réduisent leur consommation de viande. Une revue systématique réalisée sur 90 études a identifié une liste de motivations en lien avec l'adoption des régimes alimentaires avec une plus forte part de produits végétaux (régimes végétariens, semi-végétariens et autres régimes avec une plus forte part de produits végétaux) : éthique, morale, idéologique, bien-être animal, préoccupation environnementale, écologie, religion, croyance spirituelle, faim dans le monde, santé, poids, autres motivations de santé, sensoriel, goût, aversion pour le goût, politique, finances, influence sociale, familiarité, habitudes, émotions/humeurs, praticité, naturalité (356). Néanmoins, des différences importantes existent entre la pratique du végétarisme et celle de la réduction de viande. Ainsi, il est important d'étudier spécifiquement les motivations et les obstacles en lien avec la réduction de consommation de viande chez les consommateurs.

Parmi l'ensemble des motivations, la **santé** est la motivation la plus importante dans la réduction de viande (76,77,79,80,89,331,358), et plus largement dans l'adoption de régimes ayant une part plus importante de produits végétaux (24,327). Plusieurs études ont montré que certains individus ont des attitudes négatives envers la consommation de viande et son lien avec la santé (359), ce qui s'explique par leurs connaissances sur l'impact d'un excès de consommation de viande sur la santé (360).

Parmi les motivations d'ordre éthique, les **préoccupations environnementales** étaient également mentionnées comme une motivation importante dans la réduction de la consommation de viande (76). En effet, les consommateurs semblent être de plus en plus conscients de l'impact de la consommation de viande sur le changement climatique (87), et plus généralement sur l'environnement (361,362). Cependant, toutes les études ne vont pas dans le même sens. Dans certaines études, la préoccupation environnementale n'est pas une motivation importante parmi les consommateurs de viande (76,80,89,363). Seule une minorité des consommateurs diminue leur consommation de viande pour des raisons écologiques (338). Ceci s'explique par le fait qu'un nombre important de consommateurs ne sont pas encore conscients des liens entre la consommation excessive de viande et ses conséquences sur l'environnement (336,340), notamment du fait d'un manque de connaissances des impacts environnementaux de la consommation de viande (92,364). D'ailleurs, plusieurs études ont révélé que les consommateurs sous-estimaient l'impact environnemental de la consommation de viande par rapport à d'autres comportements pro-environnementaux (79,365). De plus, malgré des attitudes positives à l'égard de l'environnement, les connaissances de l'impact environnemental du régime alimentaire restent limitées (279).

D'autres préoccupations d'ordre éthique, en particulier en lien avec le **bien-être animal**, étaient également une motivation dans la réduction de viande et particulièrement dans l'adoption d'un régime végétarien (89,308). Cette motivation renvoie à un paradoxe : certains consommateurs de viande font face à une tension psychologique désagréable, appelée dissonance cognitive, entre le fait de consommer de la viande et leurs valeurs morales (219,357). Ce « paradoxe de la viande » semble être en partie expliqué par le fait que par rapport aux végétariens, ces consommateurs ont tendance à sous-estimer les conditions d'élevage dans le but de soulager leur culpabilité (219,366).

Certaines études ont également mis en évidence que les **préférences alimentaires** peuvent jouer un rôle dans la réduction de consommation de viande et dans l'adoption de régimes végétalisés. En effet, certains consommateurs réduisent leur consommation de viande en raison d'une aversion pour le goût de la viande (367), ou la viande en général (306) ou encore du fait d'une préférence pour les produits alimentaires végétariens (368).

Concernant l'**environnement alimentaire**, certaines études révèlent que la présence d'autres consommateurs qui réduisent ou excluent leur consommation de viande influence positivement la réduction de consommation de viande (76,310).

Réduire sa consommation de viande pour des **raisons économiques** pouvait être également une motivation de réduction de consommation de viande (369). Néanmoins, ce facteur semble moins important du fait de la commercialisation de viande ou produits carnés à faibles coûts depuis quelques années (357).

Etant donné que la plupart de ces études ont étudié les motivations en population générale, elles n'ont pas pris en compte les différences qui peuvent exister entre les sous-groupes d'individus qui réduisent leur consommation de viande (370). Or, certaines études ont observé des divergences entre les motivations de différents groupes de consommateurs, par exemple des groupes identifiés en fonction des différents niveaux de consommation de viande (76).

- [Les obstacles associés à la réduction de consommation de viande](#)

Les **préférences alimentaires** liées à la viande sont ancrées dans les habitudes alimentaires et constituent l'un des principaux obstacles à la réduction de consommation de viande (357). En effet, le plaisir de manger de la viande (11,371), en particulier pour son goût (11,372), est souvent mis en avant par les consommateurs. Un fort attachement à la viande a été observé chez certains consommateurs de viande (334), et ils sont fréquemment identifiés dans la littérature sous le terme de « *Meat lovers* » (8).

Les **motivations nutritionnelles et celles liées à la santé** sont des obstacles importants à la réduction de consommation de viande. Les consommateurs de viande expriment des attitudes positives envers les bénéfices d'une consommation de viande sur la santé (372,373). La viande est perçue comme une source essentielle d'énergie et de nutriments (89). Elle est également perçue comme un élément essentiel pour le développement musculaire (11), car elle est traditionnellement associée à des croyances autour de la « force », et de la vitalité (11,264,374).

Les **normes sociales et culturelles** associées à la consommation de la viande peuvent être également des barrières au changement de consommation, du fait de leur influence dans les habitudes alimentaires (357). D'ailleurs, Piazza et al. ont mis en évidence quatre raisons principales qui justifient la consommation de viande, décrites sous le terme des « 4 N » : naturelle, « normale », nécessaire et bonne (« *nice* ») (372). En plus des aspects hédoniques et nutritionnels, la consommation de viande est également associée à l'idée qu'elle est naturelle, justifié par le fait que l'homme s'identifie à un être omnivore (372). Ainsi, l'identité en tant que consommateurs de viande peut influencer le choix

alimentaire et être une barrière à la réduction de consommation (87). La consommation de viande est également considérée comme « normale », profondément ancrée dans la culture et les traditions culinaires, notamment dans le régime alimentaire occidental (11). Par ailleurs, la viande est traditionnellement associée au pouvoir et également à la masculinité (264,361,374,374). Une étude analysant les associations entre les valeurs et les attitudes envers la réduction de consommation de viande a mis en évidence une association inverse pour le pouvoir et une association positive pour l'universalisme (328). A l'inverse, le végétarisme est perçu comme nutritionnellement inadéquat et fait référence à la pauvreté, la faiblesse, la déviance et la rupture (264), ce qui peut représenter un obstacle à la réduction de consommation de viande.

D'autre part, les **normes familiales** et le manque de soutien de la part des pairs peuvent également être des barrières à la réduction de viande, et plus largement à la végétalisation de l'alimentation (75,76,357). L'environnement social, et en particulier la présence d'autres convives et/ou consommateurs de viande (326) peut influencer l'acte de consommation alimentaire et représenter une barrière à la réduction de consommation de viande.

En plus de ces facteurs, d'autres obstacles liés aux **connaissances** et **compétences** peuvent également être mentionnés, comme le manque de connaissances concernant les alternatives à la viande et le manque de compétences concernant la préparation des plats sans viande (357).

- [Les motivations et obstacles associés à la consommation de légumineuses](#)

La littérature existante sur le rééquilibrage de consommation entre produits animaux et végétaux s'est principalement concentrée sur la réduction de consommation de viande et s'est progressivement élargie aux substituts végétariens de la viande. A ce jour, peu de résultats issus d'études sur l'augmentation de consommation de légumineuses sont disponibles. Bien que certaines problématiques liées à la consommation de légumineuses soient semblables à celles des produits végétaux, les spécificités associées aux légumineuses nécessitent une étude approfondie. Etant donné la très faible consommation de légumineuses en France, l'augmentation de consommation de légumineuses peut être étudiée au travers de l'étude de sa consommation.

Parmi les motivations en lien avec la consommation de légumineuses, les **aspects sensoriels et hédoniques** des légumineuses jouent un rôle important. Plusieurs études ont montré que le goût était une des raisons majeures influençant la consommation de légumineuses (349,350). Une étude multinationale a également observé que les **bénéfices pour la santé** associées aux légumineuses étaient autant, voire plus souvent déclarés comme motivation que le goût (375). Cette même étude a souligné que la **facilité de conservation** et la **praticité** de ces produits étaient des facteurs importants, en particulier dans certains pays comme le Royaume Uni, où une plus grande consommation de

légumineuses en conserves est plus fréquente (375). Les avantages environnementaux liés à la consommation de légumineuses étaient peu mis en avant par les consommateurs, comme le soulignent certaines études et enquêtes (350,375).

Concernant les obstacles à la consommation de légumineuses, une étude française s'est intéressée aux facteurs expliquant la faible consommation de légumineuses en utilisant à la fois des approches directes, via le remplissage de questionnaires, et indirectes, via la réalisation de composition de repas (376). Tout d'abord, l'**aversion pour le goût** des légumineuses était le facteur le plus fortement associé à la non-consommation de légumineuses (376), et cette motivation a été retrouvée comme obstacle à la consommation de légumineuses dans d'autres études ou enquêtes dans d'autres pays (350,375). Les **difficultés de préparation** et le **temps nécessaire à la préparation** des légumineuses ont également été identifiés comme motifs de non-consommation et comme barrières importantes à leur consommation (350,375,376). De plus, d'autres obstacles à la consommation de légumineuses comme les **problèmes digestifs** liés à la présence de facteurs antinutritionnels dans les légumineuses, ont été mentionnés par les consommateurs (375). Le **manque de connaissances** sur les bénéfices pour la santé et pour l'environnement des légumineuses étaient également mentionnés comme barrières importantes à la consommation (375).

Bien que de nombreux facteurs aient été identifiés, tels que la santé, la préservation de l'environnement, la nutrition, la culture culinaire, il existe peu de preuves solides permettant de comprendre quels sont les facteurs qui poussent réellement les consommateurs à changer leur comportement alimentaire (369). Approfondir cette question contribuerait à mieux comprendre quels sont les facteurs les plus efficaces pour inciter les consommateurs à modifier leurs pratiques de consommation (85).

De plus, dans la littérature, de nombreuses études ont examiné les associations entre certains facteurs psychologiques et les caractéristiques sociodémographiques. Cependant, il est à noter que peu d'entre elles se sont penchées sur les liens entre les motivations, les obstacles et les caractéristiques sociodémographiques dans le contexte du rééquilibrage de consommation entre produits animaux et produits végétaux. Par conséquent, l'un des principaux objectifs de cette thèse est de contribuer à une meilleure compréhension de ces relations.

## 2.4. Etudier le processus de changement de comportement par le modèle transthéorique : cas du rééquilibrage de consommation entre produits animaux et végétaux

### 2.4.1. Deux approches différentes du processus de changement de comportement : l'étude continue et séquentielle du changement de comportement

Parmi les théories communément utilisées dans les études, notamment les théories sociocognitives, on peut distinguer deux grands types de théories : les théories du continuum et les théories à étapes (377). La distinction entre ces deux types de théories repose notamment sur la façon dont l'intention est définie (87).

D'une part, les théories du continuum sont fondées sur la notion de continuum dans lesquelles le changement de comportement est conçu comme un processus linéaire évoluant de façon constante et progressive (378,379). Par exemple, dans une étude sur la réduction de consommation de viande utilisant le TPB, si un individu a une attitude positive envers le changement de consommation de viande ou des normes subjectives favorables (« *De plus en plus de personnes autour de moi réduisent leur consommation de viande* »), alors il est plus susceptible d'avoir une forte intention de réduction de consommation (86). Cependant, si l'une de ces composantes est faible, le changement de comportement ne peut pas se produire. Parmi ce type de théories, on peut citer le TRA, le TPB, le HBM et la PMT. A l'inverse, les théories à étapes assument que le changement de comportement passe par un processus à différentes étapes. Ces théories partent du principe que les facteurs qui influencent le changement de comportement peuvent varier en fonction de diverses étapes de changement, qui diffèrent selon les individus (377). Parmi ce type de théories, on peut citer le TTM, le modèle de changement de comportement autorégulé (Self-Regulated model ou SRM (380)). Les deux types de théories sont complémentaires : les théories du continuum permettent de prédire le comportement d'une manière générale, tandis que les théories à étapes sont plus utiles pour comprendre les facteurs spécifiques qui influencent le changement de comportement à différentes étapes du changement pour adapter une intervention.

La question des changements de comportement vers le rééquilibrage de consommation entre produits animaux et végétaux, et en particulier la réduction de la consommation de viande a été traitée à travers plusieurs théories de changement du comportement, par exemple le HBM (381), le TPB (86,373,382,383), le TTM (84,87,90,91,325,383,384) et le SRM (81,385). Dans ces travaux de thèse, nous avons choisi de vérifier les hypothèses d'un modèle à étape : le modèle transthéorique appliqué à la réduction de la consommation de viande. Nous allons donc nous concentrer sur ce modèle dans la suite de ce manuscrit de thèse.

#### 2.4.2. Le modèle transthéorique de changement de comportement

Le modèle transthéorique du changement (275,276,386), appelé modèle des stades de changement, est l'un des modèles de changement de comportement les plus couramment utilisés dans le domaine de la santé (271). Conçu pour les problématiques liées au tabagisme, le TTM s'est avéré utile pour expliquer et prédire les changements de divers comportements de santé et de nutrition, notamment l'activité physique et les habitudes alimentaires (387,388).

Un des principes fondamentaux du TTM repose sur le fait que le changement de comportement à l'échelle individuelle peut être défini par une série de cinq étapes de changement, appelées stades de changement (*stages of change*), ordonnées de façon chronologique : précontemplation, contemplation, préparation, action et maintien. Cette composante temporelle du TTM illustre cinq niveaux de disposition à changer son comportement (*readiness to change*), qui vont de la prise de conscience d'un changement de comportement, à son intention jusqu'à l'adoption du changement de comportement.

Au premier stade de la précontemplation, les individus n'ont pas ou pas suffisamment conscience de la nécessité de modifier leur comportement actuel et n'ont donc pas l'intention de changer. Aux stades de contemplation et de la préparation, les individus développent une intention de changer. Au stade de la contemplation, les individus sont conscients des problèmes liés à leur comportement actuel et envisagent de les résoudre, néanmoins ils ne sont pas prêts à s'engager dans un changement de comportement. Au stade de la préparation, les individus sont prêts à s'engager dans le changement et mettent en place un plan d'action pour modifier leur comportement mais ils n'ont pas encore agi. Les stades d'action et de maintien sont des étapes où les individus ont effectué le changement de comportement. Au stade d'action, les individus ont récemment mis en place des premiers changements de comportement, alors qu'au stade de maintien, les individus ont modifié leur comportement de façon pérenne et maintiennent le nouveau comportement depuis plus longtemps (357). La « terminaison » qui se réfère au prolongement du maintien, n'a pas été étudiée dans cette thèse, mais elle n'est pas considérée comme une étape distincte (389).

En plus de la composante temporelle, le modèle transthéorique est constitué d'autres construits comme les stratégies de changement (*processes of change*) qui décrivent les processus cognitifs, émotionnels et comportementaux qui surviennent pendant le changement de comportement et qui aident à la transition entre les stades (275). Le modèle intègre également d'autres construits qui permettent d'évaluer le degré de réussite aux différentes étapes, l'auto-efficacité (*self-efficacy*) et la balance décisionnelle (*decisional balance*) (275). Dans ces travaux de thèse, ces construits ne seront pas étudiés, en effet, la majorité des études sont focalisées sur les stades de changement (357).

### 2.4.3. Le choix d'un modèle à étapes pour l'étude du changement de comportement

#### Critiques des théories à étapes et du TTM

Depuis quelques années, les modèles à étapes, et en particulier le TTM, ont fait l'objet de critiques (390,391). Certains concepts du TTM ont été remis en question, comme par exemple la détermination de seuils pour des variables continues comme le temps et l'intention, qui sont considérés arbitraires, et qui définissent les stades de changement (voir également (391)). Par exemple, à l'origine, dans le contexte du tabagisme, le seuil entre les stades d'action et de maintien avait été fixé à 6 mois, mais certains auteurs mettent en évidence la variabilité de ce seuil en raison de l'application du modèle dans différents contextes (391). Certains auteurs affirment que le seuil pourrait varier en fonction des comportements, du contexte et des facteurs individuels (286). Selon l'un des auteurs du TTM, l'objectif de ce modèle n'est pas d'identifier des étapes définies de manière rigide et de prouver leur existence, mais plutôt d'améliorer la compréhension du processus de changement de comportement et la capacité à l'influencer (392). Par conséquent, il existe une diversité de seuils dans la littérature, entre et au sein des différents domaines d'étude.

Un autre point qui peut être souligné est le manque de standardisation dans la méthodologie du TTM. Par exemple, dans le contexte de la réduction de consommation de viande, la détermination des stades de changement varie d'une étude à l'autre, selon les méthodes utilisées. Par exemple, dans l'étude de Hielkema et al., les participants ont été invités à répondre à une question concernant leur récente réduction de consommation de viande ou leur projet de le faire, avec 5 options possibles, équivalentes aux 5 stades (87). Dans une étude de Wolstenholme et al., les participants devaient choisir parmi 6 propositions celle qui était la plus proche de leur consommation de viande hebdomadaire (84). Dans l'étude de Arnaudova et al., les participants ont été classés dans l'un des stades de changement à l'aide d'une méthode de classification (*clustering*) basée sur 18 items concernant leur consommation de viande et leur volonté de changement (90). Ainsi, il n'existe pas de méthodologie standardisée pour l'application du modèle transthéorique et la définition des stades de changement.

#### Etude du processus de changement de comportement de façon séquentielle

- Comprendre les motivations en fonction des stades de changement pour la mise en place d'interventions ciblées

Le modèle transthéorique permet de proposer un cadre théorique pour segmenter une population en différents groupes selon leurs comportements et adapter les interventions en fonction de l'étape du processus de changement de comportement (81). En ciblant les individus selon leur stade de changement, des interventions spécifiques au sous-groupe peuvent être mises en place pour les aider à progresser vers des étapes plus avancées dans le processus de changement de comportement. En



d'autres termes, les modèles à étapes sont utiles pour identifier les interventions les plus efficaces visant à encourager les individus à modifier leur comportement. Par exemple, une étude finlandaise a mis en évidence des différences dans les motivations et les obstacles à la réduction de consommation de viande selon les différents stades de changement (87), ce qui suggère qu'il est pertinent de mettre en place des interventions ciblées en fonction de l'appartenance à un stade particulier.

- [Des différences sociodémographiques observées au cours du processus qui mène à la réduction de consommation de viande](#)

Dans le contexte de la transition alimentaire durable, plusieurs études ont suggéré que l'identification de groupes de consommateurs ayant des caractéristiques similaires était essentielle pour élaborer des stratégies efficaces en faveur d'une consommation alimentaire plus durable (81,393). Or, dans la littérature, des différences sociodémographiques entre les individus qui déclarent avoir l'intention de modifier leur comportement vers des pratiques plus durables et ceux qui le font réellement ont été observées. Par exemple, une étude réalisée sur la population française d'INCA 2 (n=2055) a montré que les individus « proflexitariens » (qui déclaraient vouloir réduire leur consommation de produits animaux) étaient plus susceptibles d'être plus âgés que les individus omnivores et les individus flexitariens (qui limitaient déjà leur consommation) (86). D'autre part, concernant le statut socioéconomique, Weibel et al. ont observé que plus les individus avaient un plus haut niveau d'études, plus ils étaient identifiés dans des stades avancés de la réduction de consommation de viande (81). Néanmoins, toutes les études ne vont pas dans le même sens. Tobler et al. ont observé une association non significative pour le niveau d'études entre les individus déclarant avoir réduit leur consommation de viande (action) et ceux qui déclaraient une intention de le faire (contemplation/préparation) (325). Ainsi, une étude définissant plusieurs groupes d'individus selon le processus de changement de comportement pourrait contribuer à mieux comprendre pourquoi certains individus passent à l'action tandis que d'autres se trouvent à des stades moins avancés (394).

- [Explorer différents niveaux de disposition à la réduction de consommation de viande](#)

Dans la littérature, plusieurs études utilisant le TPB ont montré que les attitudes peuvent être de bons prédicteurs du comportement, et que cette relation est médiée par l'intention (395). Cependant, cette association n'est pas toujours observée et il existe un écart entre ce que les gens disent vouloir faire (leurs attitudes et intentions) et ce qu'ils font réellement (leur comportement). Cet écart a été largement documenté dans la littérature scientifique et a été décrit de différentes manières, comme l'« écart entre l'attitude et le comportement » (*attitude-behaviour gap*), l'« écart entre l'intention et le comportement » (*intention-behaviour gap*) ou encore le « écart entre la valeur et l'action » (*value-action gap*) (279,395). Les individus peuvent exprimer des attitudes positives envers la réduction de consommation de viande et des intentions de mener ce changement de consommation, mais ne pas

passer à l'acte. De plus, certains auteurs décrivent également l'existence d'un « écart entre la prise de conscience et l'intention » (*awareness-intention gap*), signifiant qu'une prise de conscience ne se traduit pas forcément par une intention de comportement (264).

Comme évoqué dans le Chapitre 1, 1.1.1., bien qu'une partie des consommateurs déclarent avoir l'intention de réduire leur consommation de viande, les données quantitatives semblent suggérer que la consommation de viande en France reste stable, voire en augmentation. Ces données semblent mettre en évidence l'existence d'un décalage en France entre les intentions et les actes de consommation, similaire à celui observé dans d'autres études concernant la réduction de consommation de viande ou d'autres comportements pro-environnementaux (87,396). Par conséquent, dans ces travaux de thèse, nous avons trouvé pertinent d'explorer différents niveaux de disposition au changement de comportement à travers les stades de changement afin de mieux comprendre comment les individus parviennent à modifier leur consommation de viande.

- [Etudier la persistance du changement de consommation de viande sur le long terme](#)

Depuis quelques années, il y a eu un intérêt croissant dans la littérature pour comprendre comment faire persister un changement de comportement sur le long terme, principalement dans le contexte des comportements plus durables (397). Jusqu'à présent, la recherche s'est principalement concentrée sur l'adoption d'un nouveau comportement, mais la phase qui suit l'adoption d'un tel comportement a été peu explorée, malgré son rôle essentiel pour la persistance d'un changement à long terme (397). La persistance d'un changement de comportement se définit comme la poursuite d'un comportement, après un changement initial intentionnel, à un niveau différent de la situation de base et dans la direction voulue (286). Il est important de noter que l'adoption d'un comportement et sa persistance sont conceptuellement et temporellement distinctes (397). Autrement dit, la décision d'adopter un changement de comportement marque la phase initiale, tandis que le maintien de ce comportement après l'adoption représente une phase distincte, mais tout aussi importante. Le modèle transthéorique permet de faire cette distinction en identifiant le stade d'action pour les premiers changements et le stade de maintien pour une adoption à plus long terme du nouveau comportement. Ainsi, l'étude du TTM semble d'autant plus pertinente dans le contexte des changements alimentaires durables, comme celui du rééquilibrage de consommation entre produits animaux et produits végétaux.

### 3. Hypothèses et objectifs du travail de thèse

#### 3.1. Hypothèses

Parmi les changements alimentaires plus durables, la réduction de consommation de viande et l'augmentation de consommation de légumineuses représenteraient des pratiques alimentaires prometteuses à l'échelle du consommateur et de la demande. Pour favoriser ces transformations, il est essentiel de comprendre les leviers et freins liés au rééquilibrage de consommation entre produits animaux et produits végétaux, notamment en ayant recours à des approches transdisciplinaires.

Bien que les preuves scientifiques théoriques démontrant les avantages d'une telle transition alimentaire soient claires, l'adoption en pratique reste limitée. Alors qu'une proportion significative de la population aurait l'intention de réduire sa consommation de viande, la part des individus qui auraient effectivement initié des changements de consommation reste à estimer.

Actuellement, de nombreux facteurs ont été identifiés dans la littérature pour expliquer le changement de comportement, mais il existe peu de connaissances scientifiques robustes pour comprendre ce qui poussent réellement les individus à changer (ou ne pas changer). Parmi les multiples facteurs potentiels, certaines motivations pourraient se révéler plus efficaces pour induire ces changements alimentaires, et ces facteurs motivationnels pourraient être plus fréquemment mentionnés par des individus ayant des caractéristiques sociodémographiques spécifiques.

Compte tenu de la complexité et de la variabilité du comportement alimentaire individuel, il est possible d'examiner le processus de changement au sein d'une population en étudiant les différents stades du changement de comportement. La littérature a déjà observé des associations entre les caractéristiques sociodémographiques et la consommation de viande, ainsi que la réduction de cette consommation. Ces stades, qui reflètent différents niveaux allant de la non-intention de changement au changement effectif, pourraient alors présenter des différences sociodémographiques. De plus, les facteurs qui influencent ou entravent le changement de comportement pourraient varier selon les différentes étapes du processus menant à la réduction de la consommation de viande.

Etant donné le décalage entre les déclarations et les comportements mesurés, appelé « écart attitude-intention-comportement », il est essentiel de mieux caractériser les liens entre les évolutions de consommations réelles et les stades de changement vers une réduction de consommation de viande. En conséquence, les données sur la consommation de viande obtenues par le biais d'enquêtes alimentaires individuelles pourraient être mises en relation avec les données déclaratives sur les stades de changement. De plus, il est possible que les individus qui réduisent leur consommation de viande adoptent également une alimentation plus axée sur les produits végétaux, réduisant ainsi leur impact

environnemental. Cette réduction de l’empreinte environnementale pourrait découler non seulement d’une moindre consommation de viande, mais aussi d’un changement global dans leur régime alimentaire en faveur des produits végétaux.

### Questions de recherche

- Quels sont les facteurs qui poussent *réellement* les individus à réduire leur consommation de viande et augmenter leur consommation de légumineuses ? Quels sont ceux qui entravent ces changements ?
- Existe-il des caractéristiques sociodémographiques, du mode de vie ou anthropométriques associées aux facteurs qui induisent une réduction de consommation de viande et ceux qui induisent une augmentation de la consommation des légumineuses ?
- Existe-il des profils d’individus partageant le ou les mêmes facteurs qui les incitent à modifier leur consommation ?
- Quelles sont les facteurs qui influencent réellement la réduction de consommation de viande tout au long du processus qui mène au changement de consommation ?
- Les déclarations de réduction de consommation de viande sont-elles associées à des changements de consommations alimentaires réellement observées ?
- Quel est l’impact environnemental lié au régime alimentaire des individus qui réduisent leur consommation de viande ?

### 3.2. Objectifs du travail de thèse

Les objectifs du travail de thèse sont les suivants :

1. Etudier les relations entre les caractéristiques sociodémographiques et les facteurs induisant la réduction de consommation de viande et l’augmentation de consommation de légumineuses (**Objectif 1.A.**)  
Caractériser les groupes d’individus en fonction des facteurs qu’ils déclarent comme induisant une réduction de consommation de viande (**Objectif 1.B.**)
2. Examiner les facteurs qui induisent ou entravent la réduction de consommation de viande à différents stades du changement (**Objectif 2.A.**)  
Etudier les liens entre les évolutions de consommations alimentaires mesurées et les stades du changement (**Objectif 2.B.**)
3. Evaluer les émissions de gaz à effet de serre de la production des régimes alimentaires des individus en fonction de leur stade de changement en lien avec la réduction de consommation de viande (**Objectif 3**)



# Chapitre 2. Matériels et méthodes

## 1. Population d'étude

### 1.1. La cohorte NutriNet-Santé

#### 1.1.1. La cohorte NutriNet-Santé et ses objectifs

L'ensemble des travaux de recherche menés au cours de cette thèse ont été réalisés dans le cadre de l'étude NutriNet-Santé (398).

L'étude NutriNet-Santé est une étude de cohorte prospective d'observation en ligne qui a débuté en France en 2009 (<https://etude-nutrinet-sante.fr/>). Avec plus de 175 000 participantes et participants volontaires inscrits, il s'agit d'une des plus grandes cohortes en nombre de volontaires à l'échelle mondiale pour étudier les liens entre nutrition et santé. L'étude a été mise en place par l'Équipe de Recherche en Épidémiologie Nutritionnelle (EREN) (Université Sorbonne Paris Nord, Inserm U1153, Inrae U1125, Cnam). Initialement dirigée par le Professeur Serge Hercberg, l'investigatrice principale est depuis 2019, la Dr Mathilde Touvier.

L'objectif principal de la cohorte NutriNet-Santé est d'étudier les relations entre la nutrition et la santé, mais aussi les déterminants des comportements alimentaires. Les données collectées permettent l'estimation des apports alimentaires moyens journaliers pour les nutriments, composés non-nutritionnels apportés par l'alimentation, par groupes alimentaires, mais aussi l'élaboration de profils alimentaires. Ces données permettent aussi d'estimer l'activité physique moyenne quotidienne, et le niveau de sédentarité des personnes participantes, et l'état nutritionnel. Parmi les nombreux déterminants des comportements étudiés, des données sont collectées sur les facteurs sociodémographiques, environnementaux, économiques, psychologiques, biologiques.

La création d'une biobanque a permis d'approfondir l'étude des liens entre la nutrition et la santé, en identifiant de biomarqueurs clinico-biologiques. Les échantillons biologiques ont été collectés au cours d'examens clinico-biologiques effectués entre 2011 et 2014 au sein d'un sous-échantillon de l'étude. Ces examens comprenaient la collecte d'échantillons de sang et d'urine, permettant d'établir un bilan biologique standard, ainsi qu'un examen clinique, comprenant des mesures anthropométriques (la taille, le poids, le tour de taille et le tour de hanches), une mesure de la pression artérielle, un test de force et des mesures de bio-impédance (398).

L'ensemble des données collectées dans le cadre de l'étude NutriNet-Santé constitue une base de données considérable depuis plus de 13 ans. Cette base de données permet également de mener des

études pour évaluer l'impact des politiques et des campagnes de santé publique, notamment en termes de connaissances, de perception et d'adhésion aux recommandations nutritionnelles au sein d'un large échantillon.

#### *1.1.2. Population d'étude*

Les participants de cette cohorte, également désignés sous le nom de Nutrinautes, sont des adultes âgés de plus de 18 ans (ou âgés de plus de 15 ans depuis 2019), disposant d'un accès Internet. Ce sont des volontaires issus de la population générale, recrutés grâce à des campagnes de communication diffusées dans de nombreux médias tels que la presse écrite, la télévision, et la radio, ainsi que lors d'événements grand public comme des salons et des animations scientifiques. Le recrutement passe par la sensibilisation des professionnels de santé et par des campagnes d'affichage dans les espaces publics, par exemple les mairies et les maisons de quartier. Le recrutement de cette cohorte est ouvert et de nouveaux Nutrinautes continuent de s'inscrire encore aujourd'hui.

#### *1.1.3. Autorisations réglementaires liées à l'éthique et à la confidentialité des données*

L'étude NutriNet-Santé est conduite conformément à la Déclaration d'Helsinki des « Principes éthiques applicables à la recherche médicale impliquant des êtres humains » et est enregistrée sur le site web <https://clinicaltrials.gov/>, sous l'identifiant NCT03335644. Ce site web répertorie les études menées sur l'Homme à l'échelle internationale.

Le recrutement des participants et la collection de données par Internet pour l'étude NutriNet-Santé ont été approuvés par le Comité de Qualification Institutionnel de de l'Institut français de la santé et de la recherche médicale (Inserm) (CQI/IRB 0000388 FWA00005831), par la Commission nationale de l'informatique et des libertés (CNIL) (n°908450 et n°909216) et le Comité Consultatif sur le Traitement de l'Information en matière de Recherche dans le domaine de la Santé (CCTIRS) (n°08.301 et n°08.301bis). Le volet clinique et biologique a été approuvé par le Comité de Protection des Personnes (CPP) (n°C09-45), par la CNIL (n°1460707) et par le CCTIRS (n°10.367). Tous les participants inclus dans l'étude doivent fournir un consentement éclairé par signature électronique.

L'étude NutriNet-Santé reçoit un soutien financier de plusieurs organismes publics, tels que le Ministère de la Santé et de la Prévention, Santé Publique France, l'Inserm, l'Institut national de recherche pour l'agriculture, l'alimentation et l'environnement (INRAE), le Conservatoire National des Arts et Métiers (CNAM) et l'Université Sorbonne Paris Nord.

## *1.2. Le projet BioNutriNet*

Une partie des travaux conduits au cours de la thèse a été effectuée à partir des données collectées dans le cadre du projet BioNutriNet (2014-2018), un projet multidisciplinaire intégré à l'étude

NutriNet-Santé. Ce projet a débuté en janvier 2014 dans le cadre du programme ALID systèmes Alimentaires Durables (ANR-13-ALID-0001), financé par l'Agence Nationale de la Recherche (ANR). Il est coordonné par l'équipe EREN, sous la direction de la Dr Emmanuelle Kesse-Guyot, et a été conduit en collaboration avec de nombreuses unités de recherche, partenaires académiques et associatifs.

L'objectif principal de BioNutriNet était d'étudier les relations entre le mode de production des produits alimentaires et les conséquences en termes environnemental et de santé. Plus précisément, le projet visait à évaluer la consommation d'aliments issus de l'agriculture biologique, également appelés aliments « bio », par rapport à la consommation d'aliments issus de l'agriculture conventionnelle. Il cherchait également à caractériser les consommateurs en fonction de leur niveau de consommation d'aliments bio. De plus, un objectif était d'évaluer les impacts environnementaux des différents systèmes de production pour estimer les impacts environnementaux des régimes selon différents modes de consommation. Enfin, le projet visait à étudier les relations entre l'état nutritionnel et le statut toxicologique, et les niveaux de consommation d'aliments bio.

Le processus de recrutement des participants pour le projet BioNutriNet consistait à proposer un questionnaire spécifique aux Nutrinautes. Ainsi tous les sujets l'ayant rempli ont été inclus dans ce projet. Les participants inclus dans le projet sont donc des volontaires de l'étude NutriNet-Santé et les critères d'inclusion sont similaires.

Dans le cadre du projet BioNutriNet, diverses données ont été collectées. Dans notre étude, nous nous sommes concentrés exclusivement sur les données alimentaires et environnementales, qui seront détaillées par la suite.

## 2. Collecte des données individuelles

### 2.1. Modalités de collecte des données

La collecte des données auprès des Nutrinautes s'effectue à travers une interface sécurisée sur le site web de l'étude. La collecte a lieu lors de l'inscription du participant et se poursuit le long de sa participation à l'étude. Chaque participant dispose d'un espace personnel et est informé par email dès qu'un nouveau questionnaire est disponible sur son espace personnel.

Lors de l'inscription, les participants renseignent leurs données personnelles (civilité, nom, prénom, sexe, date de naissance, lieu de naissance, adresse postale, adresse e-mail et médecin traitant). Pour valider leur inclusion dans l'étude, les participants doivent compléter un ensemble de cinq questionnaires, appelé « kit d'inclusion ». Ces questionnaires fournissent des données sociodémographiques et liées au mode de vie, des données anthropométriques, des données sur l'activité physique ainsi que des données de santé et liée à l'alimentation pour chaque participant. Ces



questionnaires saisis en ligne ont été validés au regard des questionnaires papier, d'entretiens avec des diététiciens et de biomarqueurs sanguins et urinaires (399–403). Pendant le suivi, les participants sont régulièrement invités à mettre à jour ou à compléter ces cinq questionnaires. Cette procédure garantit une collecte continue des données, assurant une précision des informations sur la situation et les éventuels changements potentiels de chaque participant. Les questionnaires sur la santé et l'alimentation sont resoumis aux Nutrinautes tous les 6 mois, tandis que les trois autres questionnaires le sont une fois par an. Etant donné la variabilité des dates d'inclusion, la date de réception des questionnaires au cours du suivi diffère entre les participants.

De plus, près d'une fois par mois, les participants sont invités à remplir un questionnaire facultatif en lien avec des thèmes de recherche spécifiques, tels que les déterminants alimentaires, les pratiques de consommation. Les questionnaires restent accessibles sur l'espace personnel sur une période de 3 à 6 mois. L'ensemble des questionnaires administrés depuis le début de l'étude aux Nutrinautes sont disponibles sur le site institutionnel de l'étude (<https://info.etude-nutrinet-sante.fr/siteinfo/>).

## 2.2. Données sociodémographiques et du mode de vie, données anthropométriques et données d'activités physique

### 2.2.1. Données sociodémographiques et du mode de vie

Les données relatives au sexe et à l'âge sont obtenues grâce aux informations personnelles fournies lors de l'inscription, avec l'âge calculé à partir de la date de naissance.

Le questionnaire sociodémographique et mode de vie permet de collecter des informations concernant les caractéristiques sociodémographiques et de mode de vie des participants. Ces données, collectées puis recodées, comprennent :

- La catégorie socioprofessionnelle, qui est classée en cinq catégories : indépendant, agriculteur, employé, travailleur manuel ; profession intermédiaire ; employé de direction, profession intellectuelle ; sans profession (étudiant ou n'ayant jamais travaillé) ; chômeur. Pour les retraités, la catégorie socioprofessionnelle correspondant à leur dernier emploi avant la retraite est prise en compte.
- Le niveau d'études, qui est classé en quatre catégories : aucun ou primaire ; secondaire ; baccalauréat et autres ; études supérieures.
- Le revenu mensuel du ménage, qui est calculé en divisant les revenus mensuels totaux du ménage par le nombre de personnes présentes dans le ménage, convertis en unité de consommation (u.c.). Conformément aux directives de l'OCDE (404), 1 u.c. est attribuée au premier adulte du ménage,

0,5 u.c. aux autres personnes âgées de 14 ans ou plus, et 0,3 u.c. aux personnes de moins de 14 ans. Cinq catégories de revenu mensuel ont été définies : inférieurs 1 200 € par u.c ; entre 1 200 et 1 800 € par u.c ; entre 1 800 et 2 700 € par u.c. ; supérieurs à 2 700 € par u.c., et une option pour les participants qui refusent de déclarer leur revenu.

- La composition du ménage, qui est classée en cinq catégories : seul(e) sans enfant ; seul(e) avec au moins un enfant ; deux adultes vivant en couple sans enfant ; deux adultes vivant en couple avec au moins un enfant ; deux adultes ou plus, sans enfant.
- La taille de l'unité de résidence urbaine, qui est classée en quatre catégories : zone rurale ; zone inférieure à 20 000 habitants ; zone entre 20 000 et 200 000 habitants ; zone supérieure à 200 000 habitants.

Le protocole en ligne du questionnaire a été validé en comparaison avec un questionnaire papier (399).

### *2.2.2. Données anthropométriques*

Le questionnaire anthropométrique permet de collecter des données sur le poids et la taille des participants. A partir de ces données, l'indice de masse corporelle (IMC) est calculé en divisant le poids par la taille au carré ( $\text{kg}/\text{m}^2$ ). Les valeurs d'IMC sont ensuite classées en plusieurs catégories : insuffisance pondérale ( $\text{IMC} < 18,5$ ), IMC considéré comme « normal » ( $18,5 \leq \text{IMC} < 25,0$ ), surpoids ( $25,0 \leq \text{IMC} < 30,0$ ) et obésité ( $\text{IMC} \geq 30,0$ ). Ces catégories se basent sur les critères définis par l'OMS (405), bien que ces catégories puissent présenter quelques différences par rapport aux critères de l'OMS.

Ces données saisies en ligne ont été validées sur un sous-échantillon de l'étude en comparaison avec une version papier ainsi qu'une évaluation effectuée par un enquêteur (400,401).

D'autres données liées à l'anthropométrie sont également collectées. Par exemple la date du dernier régime de perte de poids est recueillie dans ce questionnaire et classée en trois catégories : pas de régime déclaré ; régime réalisé il y a moins de cinq ans ; régime réalisé il y a plus de cinq ans.

### *2.2.3. Données d'activité physique*

Le niveau d'activité physique est évalué au moyen d'un questionnaire international, validé et traduit en français, l'International Physical Activity Questionnaire (IPAQ) (406). Ce questionnaire évalue trois paramètres : l'intensité de l'activité physique, la durée moyenne quotidienne de l'exercice physique (en minutes) et la fréquence de ces activités physiques par semaine (en jours). En fonction de l'intensité de la pratique, un coefficient Métabolique Equivalent Task (MET) est attribué à l'activité physique : 3,3 pour la marche ou les activités de faible intensité, 4,0 pour les activités d'intensité modérée et 8,0 pour les activités d'intensité élevée. Le niveau d'activité physique est ensuite calculé

en multipliant la fréquence, la durée et le coefficient MET de l'activité physique, mesuré en MET.min.semaine<sup>-1</sup>. Trois catégories de niveaux d'activité physique ont été établies par le comité IPAQ : niveau d'activité physique faible, modéré ou élevé (407).

## 2.3. Données alimentaires

### 2.3.1. Enregistrements de 24 heures pour l'étude NutriNet-Santé

#### Méthode de collecte

La collecte des données alimentaires dans la cohorte NutriNet-Santé est réalisée par le biais d'enquêtes alimentaires répétées au cours du suivi grâce à la méthode des enregistrements alimentaires de 24 heures. À l'inclusion et ensuite tous les six mois, les participants sont invités à renseigner 3 journées d'enregistrement alimentaire sur leur espace personnel. Ces trois journées sont non consécutives, réparties aléatoirement sur une période de quinze jours, et comprennent deux jours de semaine et un jour de week-end. Dans chaque enregistrement, les participants doivent renseigner l'ensemble des aliments et des boissons consommés lors des trois repas principaux (petit-déjeuner, déjeuner, dîner) ainsi que tout autre moment de consommation hors repas (goûter, grignotage, etc).

La méthode par enregistrements alimentaires de 24 heures « autoadministrés » a été validée en comparaison avec un entretien effectué par un diététicien et en comparaison avec des biomarqueurs sanguins et urinaires (402,403,408). Cette dernière étude a montré une bonne validité pour divers biomarqueurs.

Grâce à l'interface dédiée, les participants peuvent choisir les aliments et boissons consommés en utilisant un moteur de recherche ou une arborescence par groupe d'aliments (Figure 19). Ils peuvent également saisir manuellement un aliment ou une boisson, non répertoriés. Les participants doivent préciser l'origine des aliments (faits maison ou achetés dans le commerce) ainsi que la marque ou le nom commercial. Depuis 2021, il est possible de scanner le code barre d'un produit alimentaire via l'application mobile. De plus, les participants doivent indiquer la quantité consommée pour chaque aliment ou boisson, soit en renseignant directement la portion en grammes ou en millilitres, soit en utilisant des photographies illustrant différentes portions (Figure 20). Ces photographies sont issues du manuel de photographie SU.VI.MAX (409), qui contient plus de 250 aliments proposés en 3 tailles de portions différentes. Par cette méthode, les participants ont le choix entre sept tailles de portions : les trois tailles de portions illustrées, une taille de portion inférieure à ces dernières, deux tailles de portions intermédiaires, et une taille de portion supérieure.

Déjeuner  
13h00 - A la maison

Dernier enregistrement le  
29/09/2023 à 21h53

Pour modifier cliquez sur 
  
 Pour supprimer cliquez sur

Retourner à la liste des prises

Saisir ici le nom de l'aliment à rechercher

Rechercher

Du cliquer sur les groupes ci-dessous pour trouver l'aliment recherché

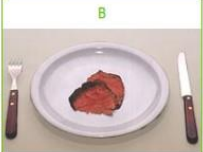
- Eaux et autres boissons froides et chaudes
- Pains, biscottes, pains de mie et autres
- Hors d'œuvre, salades diverses, entrées exotiques
- Charcuteries
- Produits apéritifs
- Soupes
- Viandes, poissons, œufs et substituts protéiques
- Pâtes, riz, pommes de terre, légumes secs et autres féculents
- Légumes
- Plats cuisinés (faits maison ou du commerce)
- Produits laitiers (laits, yaourts, fromages)
- Aliments sucrés (petit déjeuner, goûter, dessert...)
- Fruits
- Assaisonnements salés et matières grasses
- Accompagnements sucrés et farines
- Produits diététiques destinés à une alimentation spécifique

Aliment non trouvé

Figure 19. Interface pour la saisie des aliments sur la plateforme internet de NutriNet-Santé (source : <https://etude-nutrinet-sante.fr/>)

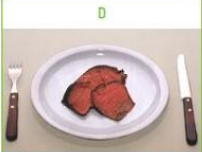
Portion pour l'aliment « Entrecôte de boeuf grillée » du déjeuner

Choisissez la portion (cliquez sur une photo ou sélectionnez une lettre)




**A**

part  
(55g)



**B**

part  
(105g)



**C**

part  
(160g)

Sélectionnez la portion :

A  B  C  D  E  F  G

Sélectionnez le nombre de portions :

Si vous connaissez la quantité totale consommée, vous pouvez l'indiquer directement ici (en g) :

Figure 20. Interface pour la saisie des quantités sur la plateforme internet de NutriNet-Santé (source : <https://etude-nutrinet-sante.fr/>)

Les apports alimentaires journaliers, en nutriments et énergie, sont estimés grâce à la table de composition NutriNet-Santé, qui renseigne les valeurs nutritionnelles de plus de 3 500 items alimentaires (410). Pour les aliments composés (ex. plats préparés), les apports alimentaires sont estimés à partir des recettes établies par les diététiciens. Après le traitement des données, les apports alimentaires journaliers moyens sont pondérés selon s'il s'agit d'un jour de semaine ou de week-end.

A chaque prise alimentaire, les participants doivent également renseigner des informations sur le lieu, l'heure et les conditions (seul(e), avec plusieurs personnes) et l'environnement (avec ou sans écran, télévision, livre).

A la fin de l'enregistrement alimentaire, les participants doivent indiquer si cette journée correspondait à des habitudes de consommation alimentaire, et le cas échéant, s'il y a eu des variations significatives dans les apports alimentaires par rapport à ses habitudes, en précisant les raisons de ces variations.

#### Traitement des données alimentaires

Les 3 500 items alimentaires de la table nutritionnelle ont été regroupés en 20 groupes alimentaires (Tableau 1). Le groupe alimentaire « Divers produits d'origine végétale » a également été divisé en 3 sous-groupes : substituts de produits laitiers, substituts de viande et aliments fermentés et coagulés (ex. tofu).

En ce qui concerne les viandes, des analyses supplémentaires ont été effectuées afin de prendre en compte de manière précise l'intégralité des apports en viandes de l'alimentation. A cet effet, les plats incluant des produits carnés, tels que les pizzas, les quiches, ont été décomposés en utilisant les recettes élaborées par les diététiciens. Ce traitement des données alimentaires a ainsi permis de prendre en compte les apports en viande dans des plats composés (définis selon les recettes).

Après décomposition, les consommations alimentaires ont été évaluées pour les sous-groupes « produits carnés » et « volailles ». Le sous-groupe « produits carnés » a également été subdivisé en « viande », « abats » et « charcuteries ».

A partir de ces données alimentaires, trois indicateurs alimentaires ont été créés : contribution de la viande à l'apport énergétique total, contribution des charcuteries à l'apport énergétique total, contribution des produits carnés à l'apport énergétique total.

Tableau 1. Liste des groupes et sous-groupes alimentaires

<b>Groupes alimentaires et sous-groupes</b>	
<b>Produits d'origine végétale</b>	<b>Produits d'origine animale</b>
Fruits	Viandes (tous types)
Légumes	Produits carnés
Légumineuses	Viande
Pommes de terre et autres tubercules	Abats
Céréales complètes	Charcuteries
Céréales et grains raffinés	Volailles
Sucreries et desserts	Œufs
Fruits à coque	Produits laitiers
Huiles	Graisses ajoutées d'origine animale
Céréales et graines non cuites	Poisson et autres fruits de mer
Divers aliments d'origine végétale	Divers aliments d'origine animale
Substituts de produits laitiers	
Substituts de viande	
Aliments fermentés et coagulés	
<b>Boissons</b>	
Boissons sucrées	
Thé et café	
Boissons et laits végétaux	

### Valeurs aberrantes et identification des individus sous-déclarants

Pour garantir la qualité des données, une vérification des données est effectuée sur les données de consommation alimentaire afin de détecter et de traiter les valeurs aberrantes.

- Cas de surconsommation

Pour identifier les cas de surconsommation, des seuils maximums et standards ont été établis pour les 4 types de prise alimentaire (petit-déjeuner, déjeuner, dîner et autres occasions de consommation). Les cas de surconsommation sont ensuite détectés en comparant les consommations alimentaires aux seuils établis et à la déclaration des participants si la prise alimentaire est comparable aux habitudes alimentaires. Trois cas de surconsommation sont possibles :

- (i) La consommation alimentaire est déclarée conforme aux habitudes alimentaires et plus de 10% des quantités d'aliments consommés lors de la prise alimentaire sont supérieures aux seuils établis, alors l'enregistrement alimentaire n'est pas valide et est supprimé.

- (ii) La consommation alimentaire est déclarée comme conforme aux habitudes alimentaires et moins de 10% des quantités d'aliments consommés sont supérieures aux seuils établis, alors les quantités sont corrigées avec les valeurs des seuils standards.
- (iii) La consommation alimentaire est déclarée non conforme aux habitudes alimentaires, alors, les quantités sont corrigées avec les valeurs des seuils maximums, quelle que soit la marge d'erreur.

Pour les deux situations où les quantités consommées sont corrigées (ii) et (iii), une vérification supplémentaire sur les groupes d'aliments auxquels ils appartiennent est également effectuée. Des seuils maximums et standards de consommations ont été établis sur 54 groupes d'aliments, l'enregistrement est alors jugé non valide est supprimé si le groupe alimentaire dépasse le seuil maximum.

- *Identification des individus sous-déclarants*

L'identification des sous-déclarants (énergétiques) est réalisée grâce à la méthode de Goldberg et Black (411–413). Cette méthode repose sur l'hypothèse que pour un individu de poids stable, la dépense énergétique et l'apport énergétique sont égaux. L'identification des sous-déclarants est réalisée par le calcul du ratio entre l'apport énergétique et le métabolisme de base. Le métabolisme de base est estimé à partir de l'âge, du sexe, du poids et de la taille, grâce aux équations de Schofield (414). Le ratio entre l'apport énergétique et le métabolisme de base est ensuite comparé à un seuil, défini par Goldberg et al. (413). Ce seuil dépend de plusieurs paramètres : niveau d'activité physique, nombre d'enregistrements alimentaires, variabilités intra-individuelles de l'apport énergétique et du métabolisme de base, variabilités intra- et inter-individuelles des niveaux d'activité physique. Un seuil a été fixé à 0,88 pour identifier les sous-déclarants « extrêmes », systématiquement exclus des analyses, et à 1,55 pour identifier les sous-déclarants (411). Les individus identifiés comme sous-déclarants ne sont pas exclus s'ils ont indiqué un régime de perte de poids, une récente perte de poids (> 5kg) ou une consommation alimentaire non conforme à leurs habitudes alimentaires.

### *2.3.2. Fréquentiels alimentaires du projet BioNutriNet*

#### **Méthode de collecte**

La collecte des données alimentaires dans le cadre du projet BioNutriNet s'est effectuée par le biais d'un questionnaire de fréquence alimentaire. Cette collecte de données a été réalisée à deux reprises, d'abord entre juin et décembre 2014, puis entre juin et décembre 2018. Au cours de ces deux périodes de suivi, les participants ont été invités à renseigner un questionnaire semi-quantitatif de fréquence alimentaire, le FFQ-Bio ou Org-FFQ. Ce questionnaire a été élaboré à partir du questionnaire de fréquence alimentaire validé (Food Frequency Questionnaire (FFQ)), visant à quantifier les

consommations alimentaires au cours des 12 derniers mois. Le FFQ a été spécifiquement adapté pour étudier les consommations d'aliments bio et conventionnels, permettant ainsi de quantifier 264 items alimentaires.

La méthode de fréquentiel alimentaire (FFQ) a été validée en comparaison avec des enregistrements alimentaires de 24 heures répétés (415).

Dans chaque questionnaire, les participants devaient renseigner l'ensemble des aliments et des boissons habituellement consommés au cours des 12 derniers mois, en tenant compte de toutes les occasions de consommation (à domicile et hors foyer, au cours des repas et hors des repas). Ils devaient préciser la fréquence de consommation de chaque item alimentaire, en indiquant le nombre de fois et son unité (par an, par mois, par semaine ou par jour). Les participants devaient également renseigner la quantité habituellement consommée pour chaque item, en évaluant la taille des portions à l'aide de plusieurs outils de mesures, incluant des portions unitaires (une tranche de pain, un yaourt), des quantités précises (un bol, une cuillère à café) ou les photographies validées du manuel de photographie SU.VI.MAX (409). Les apports journaliers de chaque item alimentaire ont été calculés en multipliant la fréquence de consommation journalière par la quantité consommée.

Les apports alimentaires journaliers, en nutriments et énergie, sont également estimés grâce à la table de composition NutriNet-Santé (410). Etant donné qu'un seul item du FFQ-Bio peut correspondre à plusieurs aliments de la table de composition, une table de composition spécifique a été développée. Elle pondère tous les aliments inclus dans un item du FFQ-Bio par la contribution de la consommation déclarée par l'ensemble des Nutrinautes dans les enregistrements de 24 heures (contribution spécifique pour les hommes et les femmes).

#### Traitement des données alimentaires

Dans notre étude, les 264 items alimentaires ont été regroupés en 15 groupes alimentaires, présentés en Tableau 2. Liste des groupes et sous-groupes alimentaires d'origine animale Tableau 2. Par ailleurs, étant donné que ces données alimentaires ont été utilisées pour étudier l'impact environnemental des profils alimentaires et que les produits animaux contribuent de manière significative aux émissions de GES, des sous-groupes des produits animaux ont été également considérés : viande de porc, volailles, fromage, lait, yaourt et fromage blanc. Un groupe alimentaire, intitulé « Autres produits d'origine animale », a été créé pour regrouper les groupes alimentaires suivants : les desserts lactés et le beurre.



Tableau 2. Liste des groupes et sous-groupes alimentaires d'origine animale

Groupes alimentaires	Sous-groupes alimentaires d'origine animale
Fruits et légumes	Viande de ruminant
Céréales	Viande de monogastrique hors volailles (porc et lapin)
Légumineuses	Volailles
Pommes de terre	Lait
Boissons sans alcool	Yaourt et fromage blanc
Alcool	Fromage
Substituts de viande et de produits laitiers	Œufs
Huiles	Poissons et fruits de mer
Aliments transformés sucrés ou gras salés	Autres produits d'origine animale
Viande de ruminant	
Viande de monogastrique (porc, volailles, lapin)	
Produits laitiers	
Œufs	
Graisses ajoutées d'origine animale et végétale	
Poissons et fruits de mer	

### Identification des individus sous-déclarants et sur-déclarants

Comme pour les données alimentaires provenant des enregistrements de 24h, nous avons identifié les individus qui sous-déclaraient ou sur-déclaraient leur consommation alimentaire en calculant le ratio entre apport énergétique et le besoin énergétique. Les participants ayant un ratio inférieur à 0,35 ont été considérés comme sous-déclarants, et ceux ayant un ratio supérieur à 1,93 ont été considérés comme sur-déclarants. Ces seuils ont été établis lors d'une précédente étude menée dans le cadre de NutriNet-Santé, qui utilisait le FFQ dans sa version originale (415). Ils correspondent respectivement au 1<sup>er</sup> et au 99<sup>ème</sup> percentile de la distribution des données de l'échantillon utilisé dans cette étude.

#### 2.3.3. Indicateurs alimentaires en lien avec le rééquilibrage de consommation entre produits animaux et végétaux

La littérature scientifique a proposé depuis quelques années de nombreux indicateurs permettant d'évaluer la qualité des profils alimentaires végétalisés, et indirectement le rééquilibrage de consommation entre produits animaux et végétaux.

### Les indicateurs PDI, hPDI et uPDI

Trois indicateurs, développés par Satija et al., évaluent la contribution des produits alimentaires végétaux dans le régime alimentaire (190). Ces indicateurs diffèrent dans leur évaluation de l'impact des produits végétaux sur la santé en fonction de leur qualité nutritionnelle *a priori* : le Plant-based Diet Index (PDI) et ses deux indicateurs associés, le healthy Plant-based Diet Index (healthy PDI ou hPDI) et le unhealthy Plant-based Diet Index (unhealthy PDI ou uPDI).

Le calcul de ces trois indicateurs se base sur 18 groupes alimentaires (Tableau 3). Par rapport à la version originale (190), des modifications ont été apportées à certains groupes alimentaires : les groupes « Jus de fruits » et « Boissons sucrées non alcoolisées » ont été regroupés et un groupe « Divers produits végétaux » a été ajouté, incluant y compris les snacks végétaux sucrés ou salés, les noix et le beurre de cacahuète, ainsi que les substituts végétaux de viande et de produits laitiers.

Pour chacun des groupes alimentaires, les participants ont été classés en quintiles selon leurs consommations alimentaires. De plus, les 18 groupes alimentaires ont été classés en trois catégories en fonction de leur origine et de leur qualité nutritionnelle : produits d'origine végétale favorables pour la santé, produits d'origine végétale moins favorables pour la santé, produits d'origine animale.

Pour chaque groupe alimentaire, des points, allant de 1 et 5, sont attribués en fonction de la catégorie du groupe alimentaire et du quintile de consommation dans lequel se trouve un individu se trouve. Les points attribués aux 18 groupes alimentaires sont ensuite additionnés pour obtenir les scores finaux, compris entre 18 et 90. Selon l'indicateur, l'attribution des points est différente. Pour calculer le PDI, des scores positifs sont attribués aux catégories d'aliments d'origine végétale favorables et moins favorables pour la santé (score égal à 1 pour le premier quintile et score égal à 5 pour le cinquième quintile) et des scores inverses à la catégorie des aliments d'origine animale (score égal à 1 pour le cinquième quintile et score égal à 5 pour le premier quintile). La même méthode a été utilisée pour le hPDI, avec des scores positifs pour les catégories d'aliments d'origine végétale favorables pour la santé et des scores inversés pour la catégorie d'aliments d'origine végétale favorables pour la santé et la catégorie d'origine animale. Pour le uPDI, le système de calcul est similaire mais en attribuant des scores inverses pour les quintiles d'aliments végétaux moins favorables à la santé.

Pour un individu, un PDI plus élevé reflète une plus forte consommation d'aliments d'origine végétale et une plus faible consommation d'aliments d'origine animale, par rapport à l'échantillon. Un hPDI plus élevé reflète une plus forte consommation d'aliments végétaux favorables pour la santé par rapport à l'échantillon, tandis qu'un uPDI plus élevé reflétait une plus grande consommation d'aliments végétaux moins favorables pour la santé.

Tableau 3. Calcul des indicateurs de PDI, hPDI et uPDI

Groupes alimentaires		PDI	hPDI	uPDI
<b>Produits d'origine végétale</b>	<b>Favorables pour la santé</b>	Céréales complètes	Scores <b>positifs</b>	Scores <b>positifs</b>
		Légumes	Attribution de 1 à 5 points selon le quintile de consommation	Attribution de 1 à 5 points selon le quintile de consommation
		Fruits		
		Noix		
		Légumineuses		
		Huiles végétales		
	Café, thé	Scores <b>inverses</b>		
	<b>Moins favorables pour la santé</b>	Céréales raffinées	Scores <b>positifs</b>	Scores <b>inverses</b>
		Pommes de terre	Attribution de 1 à 5 points selon le quintile de consommation	Attribution de 5 à 1 point selon le quintile de consommation
		Boissons sucrées		
Sucreries et desserts				
Autres produits végétaux				
<b>Produits d'origine animale</b>	Produits laitiers	Scores <b>inverses</b>	Scores <b>inverses</b>	
	Graisses animales ajoutées	Attribution de 5 à 1 point selon le quintile de consommation	Attribution de 5 à 1 point selon le quintile de consommation	
	Œufs			
	Poissons et fruits de mer			
	Viandes			
	Autres produits animaux			
<b>Total</b>				<b>PDI = 18 à 90</b>

### Les indicateurs cDQI, pDQI et aDQI

L'indicateur Comprehensive Diet Quality Index (cDQI), développé par Keaver et al., évalue la qualité nutritionnelle du régime alimentaire en fonction de l'impact de différents groupes alimentaires sur la santé (416). Le cDQI se compose de deux sous-indicateurs distincts : plant-based Diet Quality Index (pDQI) et animal-based Diet Quality Index (aDQI) (Tableau 4). Le pDQI évalue la qualité de 11 groupes alimentaires d'origine végétale et le aDQI évalue la qualité de 6 groupes alimentaires d'origine animale. Quel que soit leur source (animale ou végétale), ces groupes alimentaires sont classés en deux catégories : les groupes alimentaires favorables pour la santé et les groupes alimentaires moins favorables pour la santé. Pour chacun des groupes alimentaires, un sous-score continu, compris entre 0 et 5, est attribué en fonction de la catégorie du groupe alimentaire et du niveau de consommation de l'individu. Les sous-scores des 17 groupes alimentaires sont ensuite additionnés pour obtenir les scores finaux, qui varient entre 0 et 85.

Le calcul de ces indicateurs repose sur l'attribution de scores continus positifs aux catégories favorables pour la santé, tandis que les catégories moins favorables se voient attribuer des scores continus inversés (Tableau 4). Plus précisément, pour les catégories alimentaires favorables pour la santé, un score de 0 est attribué aux individus qui ont une consommation nulle ou ceux qui se situent dans le premier quintile de consommation. Un score de 5 est attribué aux individus dont la consommation dépasse les seuils définis pour chaque catégorie ou qui se situent dans le dernier quintile. Les scores intermédiaires (continus) sont attribués de manière proportionnelle en fonction des niveaux de consommation, exprimés en g/1000kcal. Pour les catégories alimentaires moins favorables pour la santé, l'attribution des scores s'effectue de manière inverse à celle des catégories favorables pour la santé.

Tableau 4. Calcul des indicateurs cDQI, pDQI et aDQI (source : Brunin et al., 2022)

Indicateurs	Groupes alimentaires	Score min (0)	Score max (5)	
cDQI	Favorable pour la santé	Céréales complètes	Consommation nulle $\geq 45g / 1000kcal$	
		Légumes	Consommation nulle $\geq 125g / 1000kcal$	
		Fruits	Consommation nulle $\geq 125g / 1000kcal$	
		Noix, graines, légumineuses	Consommation nulle $\geq 14,175g / 1000kcal$	
		Huiles végétales	< Seuil de Q1 $\geq$ Seuil de Q5	
		Café, thé	< Seuil de Q1 $\geq$ Seuil de Q5	
	Moins favorable pour la santé	Jus de fruits	$\geq 79.38g / 1000kcal$	Consommation nulle
		Céréales raffinées	$\geq 129g / 1000kcal$	< 54g / 1000kcal
		Pommes de terre	$\geq 35g / 1000kcal$	Consommation nulle
		Boissons sucrées	$\geq 226.8g / 1000kcal$	Consommation nulle
		Sucrieries et desserts	$\geq$ Seuil de Q5	< Seuil de Q1
		Sous total	pDQI = [0 ; 55]	
aDQI	Favorable pour la santé	Poissons, fruits de mer	Consommation nulle $\geq 14,175g / 1000kcal$	
		Produits laitiers	Consommation nulle $\geq 312g / 1000kcal$	
		Volaille	< Seuil de Q1 $\geq$ Seuil de Q5	
	Moins favorable pour la santé	Viande transformée	$\geq 28,35g / 1000kcal$	Consommation nulle
		Viande rouge	$\geq 45,36g / 1000kcal$	Consommation nulle
		Œufs	$\geq$ Seuil de Q5	< Seuil de Q1
Sous total	aDQI = [0 ; 30]			
<b>Total</b>	<b>cDQI = [0 ; 85]</b>			

Pour un individu, un cDQI plus élevé reflète une meilleure qualité nutritionnelle du régime alimentaire. Un pDQI et un aDQI plus élevés reflètent une plus forte consommation d'aliments végétaux favorables pour la santé et une plus forte consommation d'aliments animaux favorables pour la santé, respectivement.

### 3. Estimations des émissions de GES des régimes alimentaires

#### 3.1. Évaluation des émissions de GES des produits agricoles bruts grâce à la base de données DIALECTE

Dans le cadre du projet BioNutriNet, une évaluation des pressions environnementales des régimes alimentaires a été conduite à partir des données de la base de données DIALECTE, développée par l'association Solagro (111). L'outil DIALECTE a été conçu pour des diagnostics agroenvironnementaux au niveau des exploitations agricoles françaises, visant à fournir des recommandations pour améliorer les pratiques agricoles des exploitants. Elle recense de nombreuses données sur les mesures environnementales de produits agricoles bruts, estimées par la méthode d'ACV. De plus cette base de données détaille le mode de production de produits agricoles, notamment l'agriculture biologique et l'agriculture conventionnelle.

##### *3.1.1. Définition du champ de l'étude et des limites du système étudié de la base de données DIALECTE*

La méthode ACV, par définition, considère l'ensemble du cycle de vie d'un produit, qui s'étend, théoriquement, du « berceau à la tombe ». Appliquée aux produits alimentaires, le système comprend l'extraction des matières premières jusqu'à la consommation et la fin de vie (déchets, recyclage), en passant par la transformation et la distribution (417,418). Elle prend également en compte la fabrication des intrants, l'utilisation du matériel agricole, et la production de l'alimentation animale. Toutefois, en pratique, le périmètre du système est souvent plus restreint par manque de données précises. Dans le cas de la base de données DIALECTE, le périmètre d'étude a été limité aux pressions environnementales calculées en « sortie de ferme », en raison de données disponibles limitées notamment en filière biologique. Par conséquent, les étapes en aval, comme la transformation, le conditionnement, le transport, le stockage et le recyclage, n'ont pas été prises en compte. Les pressions environnementales sont produites au cours de la phase de production agricole pour la majorité des produits alimentaires (419).

### *3.1.2. Collecte des données de produits agricoles issus de l'agriculture biologique et conventionnelle de la base de données DIALECTE*

Comme évoqué au Chapitre 1, 1.2.2., l'ACV est une approche multi-étape qui calcule les flux de matières et d'énergie, entrants et sortants, internes ou externes au système précédemment défini, à chaque étape du cycle de vie du produit (417) et selon des normes (420,421). La base de données DIALECTE a été construite grâce à la collecte de données quantitatives provenant de 2 086 exploitations agricoles françaises, représentatives d'une grande diversité de productions agricoles (111). Elle concerne 165 variétés de cultures et 72 espèces animales et inclut 46% d'exploitations agricoles conformes aux normes imposées par l'agriculture biologique. La base de données DIALECTE est à ce jour la plus complète pour couvrir les données d'agriculture biologique.

### *3.1.3. Emissions de GES et définition de l'unité fonctionnelle de la base de données DIALECTE*

La méthode par ACV, par définition, considère l'ensemble des impacts environnementaux, des impacts sur les ressources naturelles et sur la santé humaine. Toutefois, dans notre étude, seules les données de la base de données de DIALECTE concernant les émissions de GES pour la production de produits alimentaires bruts biologiques et conventionnels ont été considérées.

Pour évaluer les impacts des régimes alimentaires sur le changement climatique, l'indicateur le plus couramment utilisé et recommandé par le GIEC, est le potentiel de réchauffement global à l'horizon de 100 ans (Global Warming Potential,  $GWP_{100}$ ) (422). Il s'agit de l'indicateur de changement climatique utilisé dans les approches produit comme le bilan Carbone et les ACV. Cet indicateur est évalué par la mesure des émissions de gaz à effet de serre, exprimé en  $kgCO_2eq$ . Dans la base de données DIALECTE, le calcul des émissions de GES est réalisé à l'aide de la méthode de l'outil Dia'terre®, développé par l'ADEME (423) et prend en compte les trois principaux GES provenant de la production agricole, le  $CO_2$ , le  $CH_4$  et le  $N_2O$ .

Pour quantifier et comparer correctement les impacts environnementaux, il est nécessaire de fixer une unité fonctionnelle. L'unité fonctionnelle sert d'unité de mesure pour évaluer le service rendu par le produit. En ce qui concerne les produits alimentaires, l'unité fonctionnelle la plus couramment utilisée est l'unité basée sur la masse du produit consommable (en kg). Toutefois, d'autres unités fonctionnelles comme la teneur en énergie (en kcal), en protéines ou la surface agricole utilisée peuvent être appropriées. Le choix de l'unité fonctionnelle dépend des objectifs de l'étude. Il est intéressant de noter que la comparaison de produits alimentaires à l'aide de différentes unités fonctionnelles a conduit à des résultats d'impact environnemental relativement différents dans

diverses études (424). Dans la base de données DIALECTE, l'unité basée sur la masse a été choisie (en kg de produit).

#### *3.1.4. Traitement et modifications des données de la base DIALECTE*

Certains aliments nécessaires dans notre travail correspondent à plusieurs produits agricoles bruts dans la base de données DIALECTE. Par exemple, l'aliment « viande bovine » correspond à deux produits agricoles distincts dans DIALECTE, les viandes de production allaitante et les viandes de réforme. Dans ce cas, des coefficients de pondération provenant de la Statistique Agricole Annuelle (SAA) datant de 2010 et 2015 ont été utilisés pour obtenir une seule valeur pour l'aliment étudié (ici, « viande bovine »).

Le traitement des données collectées dans la base de données DIALECTE a permis d'obtenir des valeurs d'émissions de GES pour 60 produits agricoles bruts produits en agriculture biologique et conventionnelle. Ces données ont été publiées (142). Dans la base de données, plusieurs valeurs étaient disponibles pour un produit agricole et la valeur médiane a été choisie pour chacun des 60 produits agricoles bruts. Des coefficients génériques ont été utilisés pour répartir les émissions entre les productions d'une même ferme.

Les données relatives aux produits agricoles conventionnels ont été comparées avec la littérature existante et en cas de divergences significatives, les valeurs de la littérature ont été retenues (142). La base de données a également été complétée par des valeurs issues de la littérature et de la base de données Agribalyse®, développées par l'ADEME (112), notamment pour les produits importés. Ces ajouts ont permis d'obtenir une base de données plus large des impacts environnementaux de 92 produits bruts biologiques et conventionnels au total.

Les postes d'émissions retenus pour les émissions sont indiqués ci-dessous :

Tableau 5. Postes d'émission de GES et mode de calcul par production (source : Pointereau et al., 2012)

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 < 30 ans, 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 ou usage de coefficients génériques de la littérature pour les aliments achetés
<i>Émissions diffuses</i>		
Fermentation entérique	Données par famille d'animaux	
Émissions directes de N <sub>2</sub> O (épandage des engrais azotés et effluents d'élevage (y compris par le pâturage), minéralisation des résidus de culture)	Données par culture	Non nécessaire
Émissions indirectes de N <sub>2</sub> O (par les retombées d'ammoniac volatilisé, le ruissellement et la lixiviation d'azote)		
Stockage de carbone dans les sols		Non pris en compte
Déforestation		Non pris en compte

### 3.2. Jumelage des données de la base DIALECTE avec les items alimentaires du FFQ-Bio

Les 264 items alimentaires du FFQ-Bio ont été décomposés en ingrédients simples via des recettes génériques validées par les diététiciens. Ainsi, les 264 items ont été décomposés en 442 ingrédients.

Les émissions des produits tels que consommés ont été calculées par application de coefficients d'allocations économiques pour les coproduits, de rendement pour la transformation, et enfin les coefficients massiques de Brognard ont été utilisés pour la cuisson et la préparation. Les recommandations du Joint Research Center (JRC) ont également été appliquées (142,423).

Il est important de noter que les ingrédients qui comptaient pour moins de 5% de la composition d'un item n'ont pas été pris en compte. Ainsi, environ 75% des items ont leur composition couverte à plus de 98,8% par les 442 ingrédients. Lorsqu'un ingrédient est manquant, les émissions sont standardisées pour 100g de l'item.



Pour chaque item alimentaire, la valeur d'intensité d'émissions de GES a été calculée en additionnant pour chacun des ingrédients constituant l'item, la valeur de l'intensité des émissions de GES de l'ingrédient (en kgCO<sub>2</sub>eq) multipliée par sa contribution à l'item.

Ainsi, après regroupement des items en groupes alimentaires, la valeur d'intensité d'émissions de GES a été obtenue pour chacun des groupes alimentaires du FFQ-Bio.

## 4. Evaluation des changements de comportements alimentaires, et des facteurs individuels associés, par une approche transdisciplinaire

### 4.1. Développement d'un questionnaire ponctuel par une approche pluridisciplinaire

Dans la cohorte NutriNet-Santé, un questionnaire ponctuel portant sur les leviers et freins en lien avec les changements de consommation de viande, fruits et légumes et légumineuses a été soumis aux NutriNet-Santé en août 2018 (Annexe 1). Ce questionnaire était disponible sur leur espace personnel pendant 6 mois. Pour notre étude, nous nous sommes spécifiquement intéressés aux données relatives à la consommation de viande et de légumineuses. Ce questionnaire thématique est issu d'une collaboration pluridisciplinaire faisant suite au projet Produits animaux et végétaux (PAV) du Méta-programme DID'IT de l'INRAE, porté par Benjamin Allès en collaboration avec deux chercheuses respectivement en épidémiologie et nutrition et en marketing social, Caroline Méjean (DR INRAE) et Lucie Sirieix (Professeure à l'Institut Montpellier SupAgro) de l'unité MOISA de l'INRAE, basée à Montpellier.

En début de questionnaire, les participants ont été informés sur la définition du terme « viande »<sup>4</sup> (viandes de boucherie et viandes transformées, hors volaille). Cette définition repose sur la définition proposée par le PNNS et sur le fait que la viande, en particulier celle de ruminants, est une préoccupation majeure pour la durabilité alimentaire et la santé humaine. Les participants ont également été informés sur la définition du terme « légumineuses »<sup>5</sup>.

Dans la partie préliminaire du questionnaire, les participants devaient répondre à plusieurs questions d'autodéclaration concernant le végétarisme, le végétalisme et le véganisme, chacun défini explicitement. De plus, les participants devaient également estimer leurs niveaux de consommation de viandes et de légumineuses en choisissant parmi 6 niveaux de consommation (nulle, très faible,

---

<sup>4</sup> La définition de « viande » incluait les viandes de boucherie comme le bœuf, le steak haché ou rôti, l'entrecôte, le ragoût, le bœuf haché dans un plat tel que les lasagnes ou les spaghettis bolognaises, le veau, l'agneau, le porc, les abats, la viande panée, le gibier, le lapin ou le lièvre et toutes les viandes transformées ou les produits dérivés. Elle excluait les volailles (dinde, poulet, canard, caille, pigeon).

<sup>5</sup> La définition de « légumineuses » incluait qui comprenait comprenant les fèves, les flageolets, les haricots blancs, noirs et rouges, les lentilles, les lupins, les pois cassés, les pois chiches, les protéines de soja, le tofu et le tempeh.

faible, plutôt faible, normale, plutôt importante, très importante). Pour la viande uniquement, les participants devaient également estimer leur fréquence de consommation de viande et/ou de charcuteries au cours des 12 derniers mois, en indiquant le nombre de prises et l'unité de fréquence de consommation (par jour, par semaine, par mois). Ces questions préliminaires ont servi pour déterminer l'inclusion des participants dans l'étude.

Le questionnaire était ensuite divisé en deux grandes parties, l'une axée sur les changements de consommation et les facteurs qui induisent ou entravent ces changements de consommation, et l'autre, sur les intentions de réduction de consommation de viande.

#### 4.2. Evaluation des facteurs qui induisent ou entravent le changement de comportement : proposition d'un cadre conceptuel

Nous emploierons dans cette partie le terme « motif » pour désigner les facteurs qui influencent le changement de consommation alimentaire, tandis que le terme « motifs induisant un changement » sera réservé aux facteurs qui entraînent réellement une modification de la consommation alimentaire.

##### 4.2.1. Conception d'un questionnaire exploratoire sur les motifs de changement

La première partie du questionnaire porte sur l'évaluation des motifs liés aux changements de consommation de viande et de légumineuses. Cette section du questionnaire s'inspire d'un premier questionnaire développé et validé par des chercheurs de l'équipe sur les motifs de choix alimentaires de manière générale (315,425,426). Ce premier questionnaire était lui-même basé sur le Food Choice Questionnaire (FCQ) (355,427), qui évalue l'importance pour les individus de divers facteurs liés aux choix alimentaires en général. Le premier questionnaire a été modifié pour aborder de manière plus approfondie les questions de durabilité alimentaire, notamment la production à l'échelle locale, les préoccupations environnementales, les innovations alimentaires (425). Le questionnaire utilisé dans notre étude a été adapté pour évaluer les motifs des choix alimentaires spécifiquement pour un groupe alimentaire en particulier. Par ailleurs, en plus des motifs inspirés du FCQ, une revue de la littérature a permis également de préciser certains motifs, en fonction des spécificités de chacun des groupes alimentaires (306,325). Ainsi, selon le changement de consommation et le groupe alimentaire concerné, une série de 9 à 12 motifs, tels que le goût, la santé, l'environnement, la protection des animaux et les influences socioculturelles, a été évaluée (Tableau 6)

Tableau 6. Liste des motifs évalués par les participants lorsqu'ils déclarent un changement ou un maintien de consommation de viande ou de légumineuses

---

**Réduction de consommation de viande**

---

Je n'aime pas le goût de la viande

Je n'aime pas l'aspect visuel ou manipuler de la viande, notamment crue

Je pense qu'il est bien de varier son alimentation et ses sources de protéines en consommant autre chose que de la viande

Je pense qu'il est meilleur pour la santé de ne pas manger trop de viande

Je pense qu'il est meilleur pour la santé de ne pas manger du tout de viande

J'ai des préoccupations pour le bien-être animal ou la vie animale

Je pense qu'il est mieux pour l'environnement de ne pas consommer « trop » de viande

Les personnes avec qui je vis n'aiment pas ou ne mangent pas de viande

Mon médecin me conseille de diminuer ma consommation de viande

J'allège mon budget en consommant moins de viande

J'ai du mal à trouver de la viande que je juge de bonne qualité (origine, traçabilité, hygiène, viande labellisée (ex : Label Rouge), viande issue de l'agriculture biologique, ou autre critère de qualité)

J'ai des difficultés à conserver la viande que j'achète

---

**Maintien de consommation de viande**

---

J'ai plaisir à manger de la viande

J'ai du mal à changer mes habitudes de consommation de viande

Je pense que la viande est bonne pour la santé

J'ai la volonté de soutenir les éleveurs et les producteurs de viande

Je pense que la viande me rassasie bien

Les personnes avec qui je vis aiment la viande et veulent en manger

Je ne sais pas quoi manger en remplacement de la viande

La viande fait partie de ma culture

Je ressens une pression de mon entourage pour que je consomme de la viande

Je pense que la viande est une bonne source de protéines

Je pense que la viande me donne des forces

---

**Maintien/réduction de consommation de légumineuses**

---

Je n'aime pas les légumineuses

C'est difficile de préparer/cuisiner les légumineuses

J'ai des difficultés pour changer mes habitudes

Je n'ai pas le temps de cuisiner les légumineuses

Consommer plus de légumineuses coûterait plus cher

Les personnes avec qui je vis n'aiment pas ou ne mangent pas de légumineuses

Je pense que les légumineuses ne sont pas assez rassiantes

J'ai du mal à trouver des légumineuses que je juge de bonne qualité (origine, label, commerce équitable, agriculture biologique, ou autre critère de qualité

Je dois limiter ma consommation de légumineuses pour des raisons de santé (allergies, intolérances digestives etc.)

---

#### **Augmentation de consommation de légumineuses**

---

J'ai plaisir à manger des légumineuses

C'est mieux pour l'environnement de consommer plus de légumineuses

Je pense qu'il est meilleur pour la santé de manger plus de légumineuses

Je veux soutenir les producteurs de légumineuses

Les personnes avec qui je vis aiment les légumineuses

Je ressens une pression de mon entourage pour consommer des légumineuses

Mon médecin m'encourage à consommer plus de légumineuses

Les légumineuses sont faciles à cuisiner et consommer

Les légumineuses peuvent remplacer les produits animaux

Je pense que les légumineuses sont une bonne source de protéines

---

Comme précédemment évoqué (Chapitre 1, 2.3.2.), de nombreux motifs potentiels ont été identifiés par des études antérieures, néanmoins, dans la littérature, peu d'informations est disponible sur les facteurs qui induisent réellement ou empêchent les changements de consommation comme la réduction de la viande ou l'augmentation des légumineuses. C'est ce qui a amené notre équipe en collaboration avec l'équipe MOISA à proposer un questionnaire pour contribuer à apporter des connaissances scientifiques quantitatives à cette question.

#### *4.2.2. Evaluation des motifs en lien avec le changement ou le maintien de consommation*

Dans cette section, les participants ont été invités à répondre par « oui » ou « non » à 4 affirmations concernant :

- **La réduction de la consommation de viande :**  
« J'ai réduit ou déjà pensé à réduire ma consommation de viande » ;
- **Le maintien de consommation de viande :**  
« J'ai toujours maintenu ma consommation de viande, je n'ai jamais eu envie de la réduire » ;
- **L'augmentation de consommation de légumineuses :**  
« J'ai augmenté ou déjà pensé à augmenter ma consommation de légumineuses »

- **La réduction ou le maintien de consommation de légumineuses :**

« J'ai réduit ou pensé à réduire ma consommation de légumineuses, ou, du moins, je n'essaie pas de l'augmenter » ;

Dans cette première partie, pour faciliter la lecture, nous considérerons qu'une réponse positive à l'une de ces affirmations concernant un changement de consommation équivaut à une déclaration de changement de consommation, même si cette réponse peut simplement refléter une intention de changement.

Lorsqu'un changement ou un maintien de consommation était déclaré, les participants avaient accès à une série d'affirmations portant sur les motifs associés à ce changement ou ce maintien de consommation (Figure 21).

Tout d'abord, pour chaque motif, les participants ont été invités à évaluer les motifs sur une échelle de Likert à cinq points, allant de « Pas du tout d'accord » à « Tout à fait d'accord », en incluant une option « Ni d'accord ni pas d'accord ». L'échelle de Likert est une échelle de mesure fréquemment utilisée dans les enquêtes qui permet à un individu d'exprimer son degré d'accord ou de désaccord vis-à-vis d'une déclaration. Une option « Je ne sais pas » a également été ajoutée à cette échelle. Par exemple, les participants qui ont déclaré réduire leur consommation de viande ont été invités à évaluer des affirmations telles que « Je me préoccupe du bien-être animal ou de la vie des animaux » ou « Je pense qu'il est plus favorable pour sa santé de ne pas manger trop de viande ».

Ensuite, si les participants répondaient favorablement à un motif (« Plutôt d'accord » ou « Tout à fait d'accord »), une deuxième affirmation « et cela m'encourage à réduire/augmenter ma consommation de viande/légumineuses » était proposée pour évaluer si ce motif induisait un changement de consommation. Une échelle de Likert à cinq points a également été utilisée. De même, pour le maintien de consommation de viande et de légumineuses, une deuxième affirmation, respectivement, « et c'est une des raisons pour lesquelles je ne réduis pas ma consommation de viande » et « et c'est une des raisons pour lesquelles je n'augmente pas ma consommation de légumineuses » a été proposée pour évaluer si ce motif entravait le changement de consommation.

#### Viandes (hors volailles) et charcuteries

**J'ai diminué ou déjà pensé à diminuer ma consommation de viande :**

Oui  Non

**Donnez votre degré d'accord avec les propositions suivantes.**

**Je n'aime pas le goût de la viande :**

Pas du tout d'accord  Plutôt pas d'accord  Ni d'accord ni pas d'accord  Plutôt d'accord  Tout à fait d'accord  
 Je ne sais pas

**...et cela m'encourage à diminuer ma consommation de viande :**

Pas du tout d'accord  Plutôt pas d'accord  Ni d'accord ni pas d'accord  Plutôt d'accord  Tout à fait d'accord

**Je n'aime pas l'aspect visuel ou manipuler de la viande, notamment crue :**

Pas du tout d'accord  Plutôt pas d'accord  Ni d'accord ni pas d'accord  Plutôt d'accord  Tout à fait d'accord  
 Je ne sais pas

**...et cela m'encourage à diminuer ma consommation de viande :**

Pas du tout d'accord  Plutôt pas d'accord  Ni d'accord ni pas d'accord  Plutôt d'accord  Tout à fait d'accord

**Je pense qu'il est bien de varier son alimentation et ses sources de protéines en consommant autre chose que de la viande :**

Pas du tout d'accord  Plutôt pas d'accord  Ni d'accord ni pas d'accord  Plutôt d'accord  Tout à fait d'accord  
 Je ne sais pas

**...et cela m'encourage à diminuer ma consommation de viande :**

Pas du tout d'accord  Plutôt pas d'accord  Ni d'accord ni pas d'accord  Plutôt d'accord  Tout à fait d'accord

Figure 21. Exemple d'une partie de la section du questionnaire sur l'évaluation des motifs et de leur rôle dans la réduction de consommation de viande (source : <https://etude-nutrinet-sante.fr/>)

#### 4.2.3. Traitement des données

Au départ, les deux échelles de Likert, pour le motif et pour le motif induisant le changement, ont été recodées pour calculer des scores allant de 0 à 5 et de 1 à 5, respectivement.

Dans la suite des analyses, pour chacun des motifs associés à un changement de consommation, les participants ont été classés en trois groupes en fonction de leurs réponses aux affirmations sur le rôle du motif dans l'induction du changement de consommation (Figure 22) :

- « Pas de motif » : Les participants ont été considérés comme n'ayant « pas de motif » s'ils ont donné une réponse défavorable (« Pas du tout d'accord », « Pas du tout d'accord », « Ni d'accord ni pas d'accord » et « Je ne sais pas ») pour le motif. Le motif n'était donc pas considéré comme important pour les individus appartenant à ce groupe.
- « Motif, non inducteur de changement » : les participants ayant un « motif, non inducteur de changement » sont ceux qui ont donné une réponse favorable (« Tout à fait d'accord » et « Plutôt d'accord ») au motif mais une réponse défavorable (« Pas du tout d'accord », « Plutôt pas d'accord », « Ni d'accord ni pas d'accord ») à l'affirmation selon laquelle le motif avait induit un changement dans la consommation. Le motif a donc été jugé important mais n'a pas été déclaré comme induisant un changement pour les individus appartenant à ce groupe.
- « Motif induisant le changement » : les participants qui ont donné des réponses favorables aux deux séries d'affirmations ont été considérés comme ayant un « motif induisant le changement ». Le motif a donc été jugé important et a induit le changement.

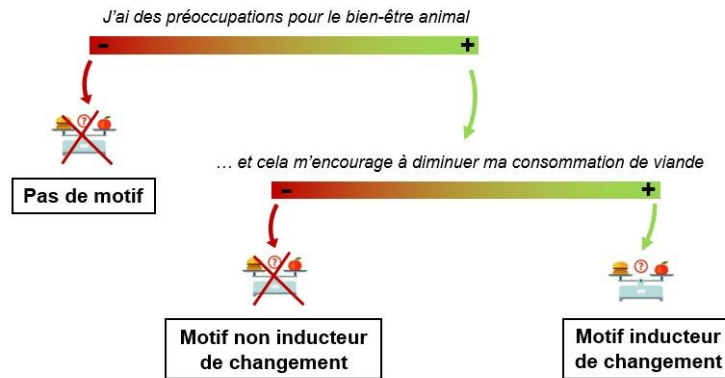


Figure 22. Création de trois groupes en fonction des réponses sur le rôle du motif relatif au bien-être animal dans l'induction de la réduction de consommation de viande (exemple)

De même, pour chaque motif en lien avec le maintien de consommation, les participants ont été classés en trois groupes : « aucun motif », « motif n'entravant pas le changement », « motif entravant le changement ».

#### 4.3. Intentions et niveaux de disposition au changement de consommation : application du modèle transthéorique

La deuxième partie du questionnaire se concentre exclusivement sur le changement de consommation relatif à la viande. Son objectif est d'étudier le processus conduisant à la réduction de consommation de viande et d'évaluer plusieurs niveaux de disposition au changement de consommation (*readiness*), en utilisant un construit du modèle transthéorique : les stades de changement.

Tout d'abord, les participants devaient répondre à la question suivante : « Au cours des dernières années, avez-vous réduit votre consommation de viande ? », en choisissant parmi 8 réponses possibles (Figure 23).

##### Intentions concernant ma consommation de viande

**Au cours des dernières années, avez-vous diminué votre consommation de viande ? (1 seule réponse possible)**

- Non, mais j'ai déjà envisagé de le faire sans finalement changer ma consommation de viande
- Non, mais j'envisage de le faire prochainement sans savoir précisément comment
- Non, mais j'envisage de le faire prochainement et je sais comment
- Non, je ne vois pas l'intérêt
- Non, car je consommait déjà peu de viande ces dernières années
- Non, car je ne consommait pas de viande ces dernières années
- Non, c'est pour une autre raison
- Oui

Figure 23. Question concernant les changements alimentaires effectués ou les intentions de changement (source : <https://etude-nutrinet-sante.fr/>)

Parmi ces propositions, 5 réponses étaient liées aux stades de changement et les 3 autres réponses permettaient d'inclure les participants ne correspondant pas à ces stades de changement.

Lorsque les participants choisissaient l'une des 5 réponses liées aux stades du changement, ils étaient classés comme suit : stade de précontemplation (« Non, je ne vois pas l'intérêt »), stade de contemplation (« Non, mais j'envisage de le faire bientôt sans savoir exactement comment » et « Non, mais j'ai déjà envisagé de le faire sans changer ma consommation de viande ») et stade de préparation (« Non, mais j'envisage de le faire bientôt et je sais comment »).

Les participants qui répondaient favorablement (« Oui ») à la question pouvaient être classés dans l'un des deux derniers stades, à savoir le stade d'action et le stade de maintien, et une deuxième question leur était posée en fonction de la date à laquelle ils avaient commencé à réduire leur consommation de viande : « Pourriez-vous nous dire depuis quand environ vous avez diminué votre consommation de viande ? ». Quatre options de réponses étaient possibles : « Moins d'un mois », « Moins d'un an », « Entre 1 et 2 ans », « Plus de 2 ans ». Une attention particulière a été portée pour la définition de ces deux stades de changement. En effet, selon le TTM, les stades d'action et de maintien se distinguent en fonction du temps écoulé depuis le changement de comportement, et le seuil à l'origine a été fixé à 6 mois (275,276). Cependant, de nombreux auteurs ont critiqué le caractère arbitraire de ce seuil (voir par exemple (391)), soulignant le fait qu'il n'est pas toujours approprié dans certains contextes, notamment en ce qui concerne les changements alimentaires (87,287,378).

Pour déterminer le seuil le plus approprié à notre contexte, nous avons effectué des analyses de sensibilité en fonction du temps écoulé depuis le changement de comportement. En particulier, nous avons comparé trois durées (« moins d'un an », « entre un et deux ans », « plus de deux ans ») avec les consommations alimentaires journalières moyennes des groupes alimentaires, les apports alimentaires journaliers moyens et certains indicateurs alimentaires comme le PDI (Annexe 2). Nous avons observé des différences significatives entre les consommations alimentaires moyennes des participants ayant effectué un changement il y a moins de deux ans et ceux l'ayant effectué il y a plus de deux ans. Nous avons donc choisi de fixer le seuil à 2 ans pour distinguer les participants au stade d'action de ceux au stade de maintien. Ainsi, les participants ayant répondu qu'ils avaient réduit leur consommation de viande depuis moins de 2 ans ont été classés dans le stade d'action et ceux ayant réduit leur consommation de viande depuis plus de 2 ans ont été classés dans le stade de maintien.

Les participants dont les réponses ne correspondaient à aucun stade de changement (« Non, c'est pour une autre raison », « Non, parce que je mangeais déjà peu de viande ») ont été regroupés dans une autre catégorie appelée « autres ». Dans l'article 2, les données de cette catégorie n'ont pas été



présentées, en revanche, pour l'article 3, les participants qui ont choisis les deux dernières réponses ont été regroupés dans une catégorie appelée « petits consommateurs de viande ».

Un traitement des données a été réalisé pour enlever les incohérences et limiter les erreurs de déclarations, en croisant les réponses concernant la déclaration de changement/maintien de consommation de viande de la première partie de questionnaire avec celles de la seconde partie du questionnaire. Les individus qui avaient répondu : « J'ai toujours maintenu ma consommation de viande, je n'ai jamais eu envie de la diminuer » et « Non, mais j'envisage de le faire prochainement et je sais comment » (n=30) ; « J'ai diminué ou déjà pensé à diminuer ma consommation de viande » (n=139) et « Non, je ne vois pas l'intérêt » ; « J'ai toujours maintenu ma consommation de viande, je n'ai jamais eu envie de la diminuer » (n=749) et « Oui [j'ai déjà diminué ma consommation de viande ces dernières années] » ont été exclus. Les participants qui ont répondu « Non, parce que je ne mange pas de viande » (une des 8 réponses possibles à la question sur la réduction effective de consommation de viande) ont également été exclus de l'étude.

## 5. Echantillons d'étude

Dans le cadre de ces travaux de thèse, la population d'étude se compose des individus ayant répondu au questionnaire sur les changements de consommation alimentaire de viande, fruits et légumes et légumineuses, en 2018. Au total, parmi les Nutrinautes, 37 591 participants ont rempli ce questionnaire. Dans ces travaux, seuls les participants ayant répondu à au moins une des questions concernant leur consommation de viande ou de légumineuses ont été inclus. De plus, ces participants devaient disposer de données complètes et valides relatives à leurs caractéristiques sociodémographiques, leur mode de vie, leurs mesures anthropométriques et leur niveau d'activité physique. Ces données individuelles ont été extraites au plus proche du questionnaire portant sur les changements de consommation.

Pour garantir la cohérence et la logique des données sur les changements de consommation, des vérifications dans le questionnaire ont été effectuées afin d'éliminer toute incohérence. Par ailleurs, les individus ayant déclaré suivre un régime végétarien, végétalien ou végane, ou ayant indiqué une consommation « nulle » dans les questions préliminaires, ont été exclus de notre étude.

Au final, notre échantillon total comprenait 31 486 participants (Figure 24 et Annexe 3 pour le diagramme de flux)

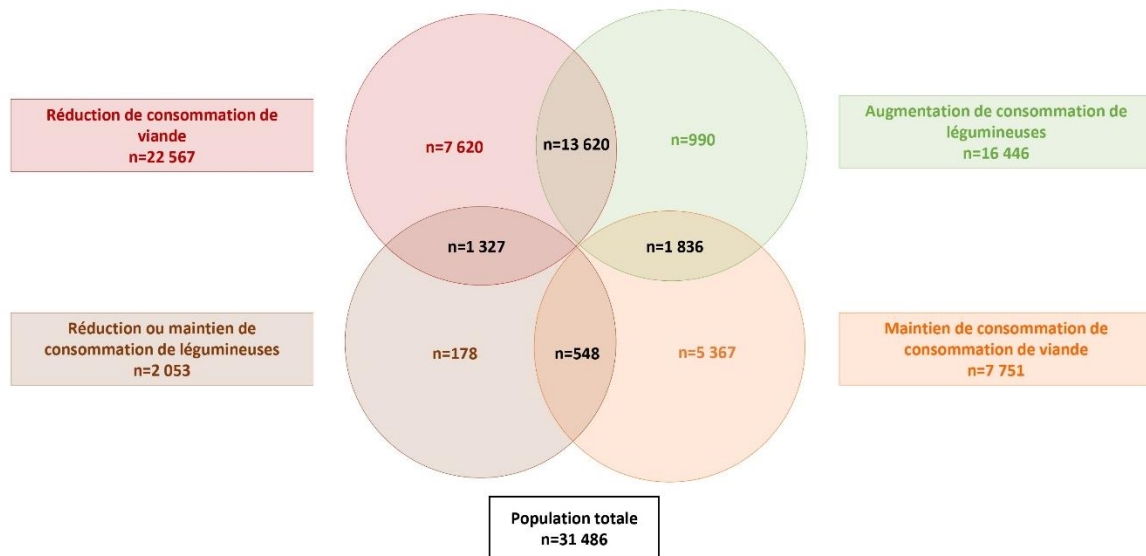


Figure 24. Echantillon d'étude en fonction des changements de consommation déclarés

Cependant, il est important de noter que les échantillons variaient en fonction des objectifs et des données utilisées, les échantillons spécifiques à chaque étude sont présentés dans les Chapitres 3, 4 et 5.

## 6. Analyses statistiques et outils mathématiques

L'ensemble des analyses statistiques ont été conduites sur le logiciel SAS® (version 9.4). Une partie des figures ont été réalisées sur le logiciel R® (version 1.34).

Dans le cadre de ces travaux de thèse, différents tests bilatéraux ont été utilisés, avec un seuil de significativité fixé à  $\alpha=0,05$ .

### 6.1. Tests statistiques de comparaison

Des tests de comparaisons ont été effectués :

- Test du Chi2 : test paramétrique qui permet de comparer des variables qualitatives selon différents groupes, les effectifs théoriques doivent être supérieurs à 5 ;
- Test de Student : test paramétrique permettant de comparer des variables quantitatives selon deux groupes, l'hypothèse de normalité doit être vérifiée pour la variable en question ;
- Analyse de variance (ANOVA) : test paramétrique qui permet de comparer des variables quantitatives selon différents groupes ;

Ces tests ont été utilisés dans les Chapitres 3, 4 et 5.

## 6.2. Régression linéaire

La régression linéaire est un modèle linéaire permettant de déterminer le lien entre une variable à expliquer (Y), quantitative et continue, et des variables explicatives (X), qu'elles soient quantitatives ou qualitatives. Ce modèle suppose que les observations sont indépendantes, qu'il existe une relation linéaire entre la variable Y et chaque variable X, et que les résidus sont normalement distribués et de mêmes variances.

### Calcul de moyennes ajustées et méthode des résidus

La régression linéaire peut également être utilisée pour calculer des moyennes ajustées. Dans ces travaux de thèse, cette méthode nous a permis d'ajuster les moyennes des groupes alimentaires en fonction de plusieurs facteurs de confusion, comme le sexe, l'âge, l'apport énergétique total. Nous avons utilisé la procédure proc GLM, avec l'option lsmeans, du logiciel SAS® pour effectuer ces analyses (Chapitre 4 et 5).

La méthode des résidus est une méthode d'ajustement des apports alimentaires sur l'apport énergétique total. Elle repose sur le calcul de résidus issus de la régression linéaire modélisant la consommation (Y) selon l'apport énergétique (X) (428) et permet également d'obtenir les apports alimentaires corrigés des apports alimentaires prédits selon l'apport énergétique total. Cette méthode a été utilisée au Chapitre 5.

## 6.3. ANCOVA

L'analyse de la covariance ou ANCOVA est un modèle linéaire qui permet de déterminer si certaines variables X ont un effet sur la variable Y après avoir éliminé la variance causée par les covariables (ou variables d'ajustement).

Dans le cadre de ces travaux de thèse, l'ANCOVA a été utilisée pour comparer les moyennes entre plusieurs groupes, en particulier entre les stades de changement. Nous avons utilisé la procédure proc GLM du logiciel SAS® pour effectuer ces analyses (Chapitre 5)

## 6.4. Régression logistique

La régression logistique est un modèle permettant de déterminer le lien entre une variable à expliquer (Y) qualitative et des variables explicatives (X) qu'elles soient quantitatives ou qualitatives.

Ce modèle suppose que les observations sont indépendantes, qu'il existe une relation linéaire entre le logit de la variable Y et chaque variable X, et que les résidus sont normalement distribués et de mêmes variances.

## Calcul de pourcentages ajustés

La régression logistique peut être également utilisée pour calculer des pourcentages ajustés. Dans ces travaux de thèse, la régression logistique a été utilisée pour ajuster les pourcentages des groupes de participants sur plusieurs facteurs d'ajustement comme les caractéristiques sociodémographiques par exemple.

Nous avons utilisé la procédure proc GLM, avec l'option lsmeans, du logiciel SAS® pour effectuer ces analyses. Des représentations graphiques des modèles logistiques ont été réalisées à l'aide du package ggplot dans le logiciel R® (Chapitre 4).

## 6.5. Modèles mixtes

Les analyses longitudinales permettent d'étudier l'évolution d'une variable au cours du temps et d'identifier les facteurs associés à cette évolution. Dans ces travaux de thèse, les analyses longitudinales reposent sur des mesures répétées au cours du temps sur un même individu. Or, les modèles linéaires à effets fixes présentés ci-dessus ne conviennent pas à ce type d'analyses car ils supposent que les mesures sont indépendantes les unes des autres. Les modèles à effets mixtes, appelés également modèles mixtes, permettent d'intégrer des facteurs à effets fixes et des facteurs à effet aléatoires. Dans les modèles mixtes, l'effet fixe attribué à un individu dans les modèles précédents est remplacé par un effet aléatoire.

Ce modèle suppose qu'il existe une relation linéaire entre la variable Y et chaque variable X et que les résidus sont indépendants, normalement distribués et de mêmes variances.

Il existe deux types de modèles mixtes : ceux à intercept aléatoire et ceux à intercept et pente aléatoires. Pour notre étude, compte tenu de l'effet aléatoire à la fois sur l'individu et sur le temps, un modèle à intercept et pente aléatoires a été choisi.

Pour ce type de modèle, les deux effets aléatoires peuvent interagir entre eux, et par conséquent, ceci nécessite de définir la structure de covariance des effets aléatoires B. La structure de covariance la plus appropriée aux données utilisées dans le modèle est déterminée en comparant le critère d'Akaike (AIC) de modèles incluant différentes structures de covariance. La structure de covariance retenue est celle du modèle présentant la plus faible valeur d'AIC (429).

La formule du modèle mixte pour données répétées, pour un individu  $i$  aux  $n$  temps  $j$ , est la suivante :

$$Y_{ij} = \beta_0 + \beta_1 t_{ij} + \beta_2 X_i + \beta_2 X_i t_{ij} + b_{0i} + b_{1i} t_{ij} + \epsilon_{ij}$$

avec

$Y_{ij}$ , le vecteur des variables à expliquer pour un individu  $i$  aux  $n$  temps  $j$  ;

$X_i$ , la matrice des variables explicatives à effets fixes pour un individu  $i$  ;

$\beta$ , le vecteur des coefficients à effets fixes ;

$t_{ij}$ , le temps écoulé entre l'inclusion et la remplissage du questionnaire au temps  $j$  ;

$b_i$ , le vecteur des coefficients à effets aléatoires pour un individu  $i$  ;

$\epsilon_{ij}$ , le vecteur des erreurs résiduelles pour un individu  $i$  aux  $n$  temps  $j$ .

Les  $b_i$  sont indépendants entre eux, ils sont distribués suivant une loi normale centrée sur 0 et calculés via la matrice de covariance des effets aléatoires  $B$ . Les  $\epsilon_{ij}$  sont distribués selon une loi normale centrée sur 0 et calculés via la matrice de covariance  $\Sigma$ .

Nous avons utilisé la procédure `proc MIXED` du logiciel SAS® pour effectuer ces analyses. Par ailleurs, des représentations graphiques de ces associations ont été réalisées à l'aide de la procédure `proc PLM` et `proc SGPLOT` dans ce même logiciel. Les modèles mixtes ont été utilisés au Chapitre 4.

## 6.6. Classification des individus basée sur des variables catégorielles et qualitatives

La méthode de classification consiste à regrouper un nombre de données conséquents présentant des similitudes dans le but de simplifier l'information contenue dans ces données. Il existe plusieurs méthodes de classification selon la nature des variables étudiées et dans notre étude, une méthode de classification par ascendance hiérarchique (CAH) des individus a été effectuée. Étant donnée la nature qualitative des données utilisées, nous avons utilisé dans un premier temps la méthode d'analyse des correspondances multiples (ACM) afin de transformer les variables qualitatives en variables quantitatives, nécessaire à la méthode de classification CAH.

### 6.6.1. Analyse des correspondances multiples

L'ACM est une méthode multivariée utilisée pour explorer un ensemble de variables catégorielles. Il s'agit d'une technique de réduction de dimension, ce qui signifie qu'elle permet de synthétiser l'information contenue dans plusieurs variables catégorielles en un nombre de variables de dimension plus faible. Cette méthode permet de mettre en évidence les relations entre les variables en identifiant les modalités similaires ou divergentes.

L'ACM repose sur la construction d'un tableau de contingence à partir des données catégorielles, croisant les modalités des différentes variables étudiées. Des statistiques d'inertie sont ensuite calculées dans ce tableau, représentant la contribution de chaque élément à la variation globale des données. Les statistiques d'inertie permettent de décomposer les données en composantes principales, qui sont des combinaisons linéaires des variables catégorielles. Ces composantes

principales permettent alors de décrire les relations entre les variables et les individus. Elles peuvent être visualisées selon les variables et également selon les individus. La détermination du nombre optimal de dimensions à retenir est réalisée graphiquement, à l'aide d'une figure représentant le pourcentage de variation restituée par les dimensions en fonction du nombre de dimensions.

#### 6.6.2. Classification par ascendance hiérarchique

La méthode de CAH des individus, selon la méthode de Ward, est utilisée pour effectuer une classification ou regroupement (clustering) des individus. Etant donné la nature catégorielle des variables, les composantes principales extraites de l'ACM ont été utilisées pour appliquer cette méthode.

La première étape de la classification repose sur le regroupement itératif des individus les plus similaires en utilisant la distance euclidienne entre les individus. À chaque itération, les regroupements sont ajustés de manière à maximiser la similitude entre les individus au sein d'une même classe (inertie intra-classe) tout en maximisant la dissimilitude entre les classes (inertie inter-classe). À la fin des itérations, lorsque l'on obtient un seul groupe, une représentation graphique de toutes les étapes de regroupement est construite. Cette représentation graphique, appelée dendrogramme, est un outil permettant d'évaluer le nombre de clusters pertinents, par la détermination graphique de la rupture de l'augmentation de l'inertie inter-classe. Pour confirmer l'analyse du dendrogramme, d'autres outils graphiques sont utilisés, notamment le pseudo F, le pseudo  $T^2$  et le Cubic Clustering Criterion (CCC) (voir Chapitre 3, 4.2.).

Une deuxième étape de la classification vise à stabiliser les clusters identifiés à l'aide d'une méthode de clustering des individus par la méthode des centres mobiles. Cette approche permet une meilleure répartition des individus entre les clusters, en particulier pour ceux qui sont initialement limitrophes entre deux clusters.

Enfin, la robustesse de cette classification est évaluée au moyen d'une méthode de tirage au sort d'échantillons simulés aléatoirement, similaire à la méthode de bootstrap. De nombreux échantillons aléatoires, d'effectif égal à la moitié de l'échantillon initial, sont tirés au sort sans remise. L'évaluation de la robustesse de la classification repose sur l'analyse des coefficients Kappa, qui servent de mesure de concordance entre chaque échantillon simulé et l'échantillon initial.

Cette méthode de clustering a été utilisée au Chapitre 3 dans les analyses complémentaires.



# Chapitre 3. Changements de consommation de viandes et légumineuses et caractéristiques sociodémographiques

## 1. Contexte et objectifs

Un changement des régimes alimentaires vers moins de produits animaux et plus de produits végétaux est requis pour permettre à la fois d'améliorer la santé des populations et de réduire l'impact sur l'environnement. Alors que la littérature existante a mis en évidence de nombreux facteurs associés aux changements dans la consommation de viande et de légumineuses, elle n'a pas encore permis de comprendre de manière exhaustive les motivations qui conduisent réellement à des changements de régime alimentaire. Dans notre étude, nous avons supposé que parmi l'ensemble des motifs potentiels, seuls certains motifs pouvaient conduire à des modifications de la consommation alimentaire (Figure 25). De plus, de nombreuses études ont démontré que les facteurs qui influencent les comportements alimentaires interagissent entre eux, par exemple, des associations ont été observées entre les caractéristiques sociodémographiques, anthropométriques et de mode de vie et les changements vers des comportements alimentaires plus sains et plus durables. Cependant, peu d'études ont été menées pour étudier les relations entre les caractéristiques sociodémographiques et les motivations qui conduisent les individus à modifier leur comportement alimentaire.

L'objectif de cette étude transversale était de décrire les motifs de changement en lien avec la consommation de viande et de légumineuses, dans une population d'adultes français non végétariens issus de la cohorte NutriNet-Santé. Un second objectif de l'étude était de décrire les associations entre les motifs de changement et les caractéristiques sociodémographiques et de mode de vie.



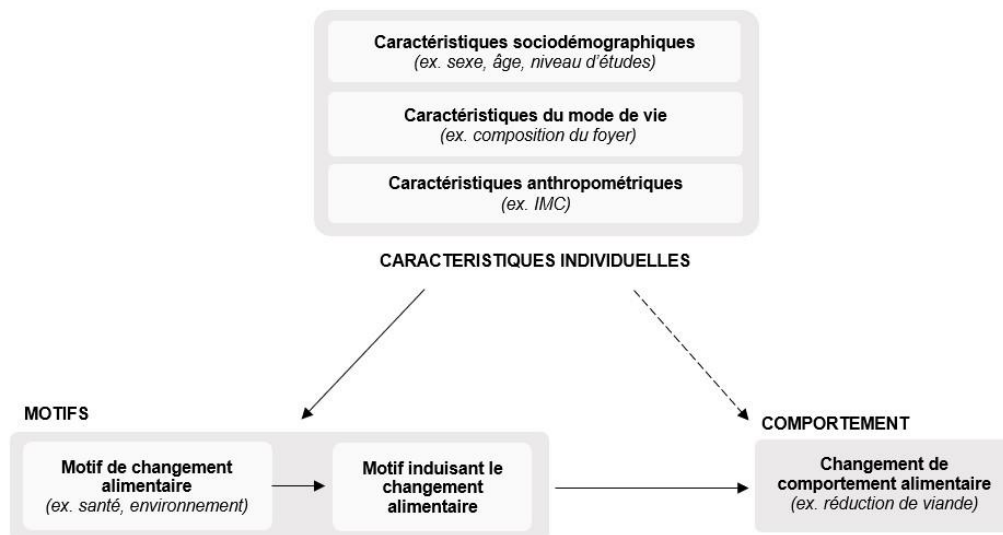


Figure 25. Schéma conceptuel des motifs de choix alimentaires conduisant à un changement de la consommation alimentaire

Dans la Figure 25, les lignes en pointillé correspondent aux éléments déjà explorés dans la littérature sur les déterminants sociodémographiques du comportement alimentaire, notamment en ce qui concerne la consommation de produits animaux.

## 2. Compléments sur les données utilisées et les méthodes

### 2.1. Données utilisées

Dans cette étude, nous avons utilisé uniquement les données sur les changements de consommation de viande et de légumineuses (Figure 26). Les données concernant le maintien de la consommation de viande ou de légumineuses n'ont pas été incluses dans les analyses. Dans cette partie, pour faciliter la lecture, le fait qu'un participant déclare avoir changé ou pense à changer sa consommation a été considéré comme une déclaration de changement de consommation, même si cette réponse peut simplement refléter une intention de changement.

Les participants qui avaient déclaré avoir réduit ou déjà pensé à réduire leur consommation de viande ( $n=22\ 567$ ) et ceux qui avaient déclaré avoir augmenté ou déjà pensé à augmenter leur consommation de légumineuses ( $n=16\ 446$ ) ont été inclus dans l'analyse. Par ailleurs, dans cette analyse, parmi les participants qui avaient déclaré une réduction de la consommation de viande, nous avons également différencié les participants : (i) qui avaient également augmenté ou déjà pensé à augmenter leur consommation de légumineuses, que l'on considère comme rééquilibrage de leur consommation de viande et de légumineuses ( $n=13\ 620$ ), (ii) ceux qui n'avaient pas déclaré d'augmentation de leur consommation de légumineuses ( $n=2\ 826$ ).

L'échantillon total pour cette étude était composé de 25 393 participants de l'étude NutriNet-Santé.

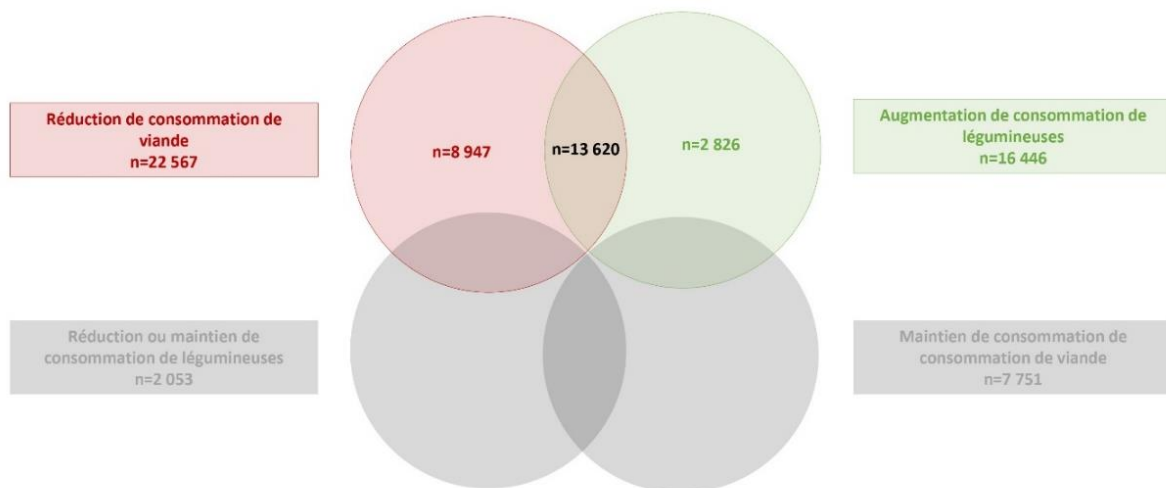


Figure 26. Echantillon d'étude en fonction des changements alimentaires déclarés

## 2.2. Compléments d'informations sur les méthodes

### 2.2.1. Motifs induisant le changement de comportement

Concernant les motifs, pour chaque item, nous avons calculé les fréquences de participants identifiés dans les trois groupes selon le rôle du motif dans le changement de consommation (« pas de motif », « motif n'induisant pas de changement », « motif induisant un changement ») (Figure 22). De plus, la fréquence des participants qui déclaraient le motif comme induisant un changement de consommation parmi les participants qui déclaraient le motif comme important, a été calculée. Des figures représentant la fréquence des individus qui déclarent le motif comme important en fonction de la fréquence de ceux qui le déclarent aussi comme un motif de changement, ont été réalisées. Ces figures permettent de comprendre graphiquement quels sont les motifs qui sont considérés comme un motif de changement.

## 3. Article 1

Cet article a été publié dans *l'International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity* (IJBNPA) le 1<sup>er</sup> septembre 2022.

Les documents complémentaires de l'article publié sont présentés en Annexe :

- Annexe 4 pour le Additional file 1
- Annexe 5 pour le Additional file 2
- Annexe 7 pour le Additional file 3


Pour une meilleure lisibilité, les figures 4 et 6 de l'article ont été ajoutées en Annexe 6 et 8, respectivement.

RESEARCH

Open Access



# Rebalancing meat and legume consumption: change-inducing food choice motives and associated individual characteristics in non-vegetarian adults

Anouk Reuzé<sup>1,2\*</sup> , Caroline Méjean<sup>3</sup>, Myriam Carrère<sup>3</sup>, Lucie Sirieix<sup>3</sup>, Nathalie Druésne-Pecollo<sup>1,2</sup>, Sandrine Péneau<sup>1,2</sup>, Mathilde Touvier<sup>1,2</sup>, Serge Hercberg<sup>1,2,4</sup>, Emmanuelle Kesse-Guyot<sup>1,2</sup> and Benjamin Allès<sup>1,2</sup>

## Abstract

**Background:** A shift toward more plant-based foods in diets is required to improve health and to reduce environmental impact. Little is known about food choice motives and associated characteristics of those individuals who have actually reduced their consumption of animal-based foods. The aim of this cross-sectional study was to identify change-inducing motives related to meat and legume consumptions among non-vegetarians. The association between change-inducing motives and individual characteristics was also studied.

**Methods:** This study included 25,393 non-vegetarian participants in the French NutriNet-Santé cohort (77.4% women, mean age  $55.4 \pm 13.9$  y). The motives related to the declared change in meat and legume consumptions (e.g., taste, environment, social pressure) were assessed by an online questionnaire in 2018. For each motive, respondents could be classified into three groups: no motive; motive, not change-inducing; change-inducing motive. Associations between change-inducing motives and individual characteristics were evaluated using multivariable polytomous logistic regressions. Characteristics of participants who rebalanced their meat and legume consumptions were also compared to those who reduced their meat but did not increase their legume consumption.

**Results:** Motives most strongly declared as having induced a change in meat or legume consumptions were health and nutrition (respectively 90.7 and 81.0% declared these motives as change-inducing for the meat reduction), physical environment (82.0% for meat reduction only) and taste preferences (77.7% for legume increase only). Other motives related to social influences, meat avoidance and meat dislike were reported by fewer individuals, but were declared as having induced changes in food consumption. Most motives that induced a meat reduction and a legume increase were more likely to be associated with specific individual characteristics, for example being a woman or highly educated for health motives.

**Conclusions:** Besides the motives reported as important, some motives less frequently felt important were declared as having induced changes in meat or legume consumptions. Change-inducing motives were reported by specific

\*Correspondence: [a.reuze@eren.smbh.univ-paris13.fr](mailto:a.reuze@eren.smbh.univ-paris13.fr)

<sup>2</sup> Équipe de Recherche en Épidémiologie Nutritionnelle (EREN) - Centre de Recherche en Épidémiologie et Statistique (CRESS), Université Sorbonne Paris Nord, Inserm U1153, Inrae U1125, Cnam FR SMBH, 74, rue Marcel Cachin, F-93017 Bobigny, France  
Full list of author information is available at the end of the article



© The Author(s) 2022. **Open Access** This article is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License, which permits use, sharing, adaptation, distribution and reproduction in any medium or format, as long as you give appropriate credit to the original author(s) and the source, provide a link to the Creative Commons licence, and indicate if changes were made. The images or other third party material in this article are included in the article's Creative Commons licence, unless indicated otherwise in a credit line to the material. If material is not included in the article's Creative Commons licence and your intended use is not permitted by statutory regulation or exceeds the permitted use, you will need to obtain permission directly from the copyright holder. To view a copy of this licence, visit <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>. The Creative Commons Public Domain Dedication waiver (<http://creativecommons.org/publicdomain/zero/1.0/>) applies to the data made available in this article, unless otherwise stated in a credit line to the data.

subpopulations. Public campaigns on health and sustainability could usefully develop new tools to reach populations less willing to change.

**Trial registrations:** The study was registered at [ClinicalTrials.gov](https://clinicaltrials.gov/ct2/show/study/NCT03335644) (NCT03335644).

**Keywords:** Sustainability, Food motives, Food behavior change, Epidemiology, Social marketing

## Background

A shift toward a smaller contribution of animal-based foods to human diets is required to improve health and reduce the environmental impact of diet [1]. One such dietary transition pathway is a rebalance of animal and plant food consumption, namely reducing meat and increasing plant foods, such as legumes, cereals, fruits and vegetables. However, very few studies have been conducted in non-vegetarians on the potential transition to a diet including more plant-based foods.

Among plant-based foods, legumes have been recognized as a sustainable source of dietary protein [2]. However, not all plant-based foods may be socially desirable, as is currently the case for legumes in many developed countries [3]. For instance, in Europe, the average consumption of legumes is estimated at 7 g per capita per day, which is very low (estimated in the early 2010s [3]). Reducing meat and increasing legumes thus remains a challenge for a sustainable nutrition transition.

To efficiently promote a dietary transition, a better understanding of what influences the changes in food consumption is required. Some previous studies have highlighted food choice motives – defined as “factors thought to influence people’s dietary choices” [4] (abbreviated to “motives”) – related to health, taste preferences, environment, animal protection, or price that were frequently reported for reduced meat consumption [5–9] and increased plant-based food consumption [10]. Other food choice motives related to practical issues such as food convenience and accessibility, and social influences such as habits, social pressures, social norms, and social representations also seem to influence meat consumption [11]. In addition to studies exploring food choice motives, some theories have been used to investigate determinants of changes in animal-based and plant-based food consumptions [6, 8, 10, 12–14]. For example, using the theory of planned behavior, attitudes toward meat consumption (i.e., “evaluation of the pros and cons of performing the behaviour” [8]) are good predictors of intention to reduce meat consumption [8, 12, 13]. However, most of these theories predict what factors influence the behavior depending on assumptions and aims [15], which is not the case for food choice motives.

Although many potential motives have been identified by previous studies, more information is needed on what actually induce a change in behavior. For example,

preservation of the physical environment could be a concern, for individuals who are reducing their meat consumption, yet these individuals may not be changing their behavior for that reason. We hypothesized that among all the many motives, some were declared more effective in inducing a change (change-inducing motives) in meat and legume consumption than others (see Fig. 1), and could form subgroups with specific characteristics.

The aim of this cross-sectional study was to describe change-inducing motives related to the consumption of meat and legumes, in a population of non-vegetarian French adults from the NutriNet-Santé cohort. A further aim of the study was to describe the association between the change-inducing motives and sociodemographic and lifestyle characteristics.

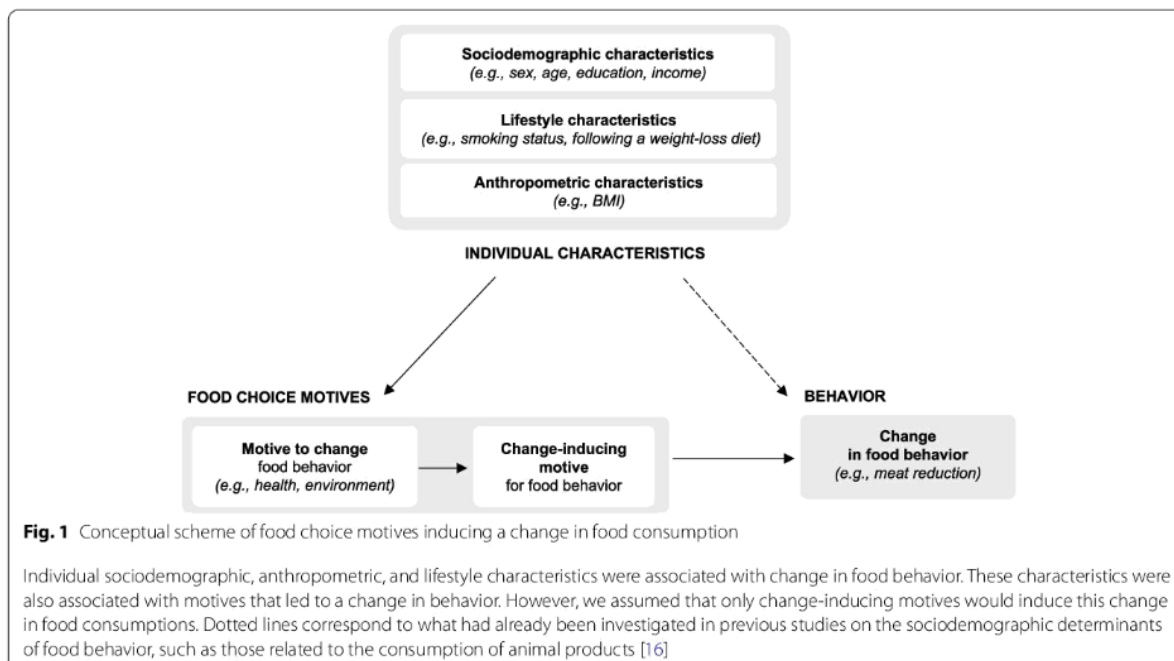
## Methods

### Study population

The NutriNet-Santé study is a web-based prospective observational French cohort launched in May 2009. It investigates the relationship between nutrition and health, especially chronic disease risk, and the determinants of dietary behavior and nutritional status. Briefly, participants are Internet-using adult volunteers prospectively recruited among the general population. The study design has been described elsewhere [17]. It was conducted according to the guidelines laid down in the Declaration of Helsinki and was approved by the Institutional Review Board of the French Institute for Health and Medical Research and the Commission Nationale de l’Informatique et des Libertés (CNIL 908,450 and 909,216). All the participants signed an electronic informed consent statement. The Clinical Trial number is NCT03335644.

### Change-inducing motives related to meat and legume consumptions

A questionnaire addressing the motives for changing consumption of animal-based and plant-based foods in diet was developed, based on a previous questionnaire on food choice motives [18–20] and with a multidisciplinary collaboration of epidemiology, nutrition, and social marketing researchers – defined as the science that seeks to develop and integrate marketing concepts with other approaches to influence behaviors that benefit individuals and communities for the greater social good [21]).



This supplemental questionnaire was sent in August 2018 to NutriNet-Santé participants. Participants were asked to declare whether they were following a vegetarian or vegan diet, with those answering the affirmative being excluded from the study (final participation rate of 24.6%, based on the whole NutriNet-Santé study since its launch). As meat, particularly ruminant meat, is a major concern for food sustainability and human health [1], we focused the attention of participants on it, defining the term “meat” as beef, minced or roast steak, rib steak, stew, ground beef in a dish such as lasagna or spaghetti Bolognese, veal, lamb, pork, offal, breaded meat, game, rabbit or hare and all processed meats or derived products. This definition excluded poultry (turkey, chicken, duck, quail, pigeon). Legumes were defined as the food group including fava beans, flageolets, white, black and red beans, lentils, lupins, split peas, chickpeas, soy protein, tofu and tempeh.

**Changes in consumption**

The participants were asked to respond to the following statements by “yes” or “no”: “I have reduced, or already thought about reducing my meat consumption”, “I have always maintained my meat consumption, I have never felt like reducing it”, “I have reduced or thought about reducing my legume consumption, or, at least, I am not trying to increase it”, “I have increased or already thought about increasing my legume consumption”. If participants

gave a favorable response to one statement, we labelled it as a declared change in consumption. Based on responses to previous statements, we also differentiated participants who declared that they had reduced or already thought about reducing their consumption of meat into two groups, according to how they stood with regard to an increase in legumes: (i) those who had also increased or already thought about increasing their consumption of legumes, as a rebalancing of their consumption of meat and legumes, (ii) those who did not declare any increase in their legume consumption.

**Change-inducing motives**

For each type of change in consumption, a set of 12 motives were proposed, including taste, health, environment, animal protection, and sociocultural influences (see all items in Additional file 1). We used existing literature for the selection of motives in the questionnaire [6, 22]. Free text responses to indicate additional motives were not considered in this list.

**Motives** For each motive, participants who declared a change in their meat/legume consumption were asked to rate their corresponding motives on a 5-point Likert scale, from “Strongly disagree” to “Strongly agree”, including “Neither agree nor disagree”, plus an “I don’t know” answer. For example, participants who declared

a reduction of their meat consumption, were asked to rate statements such as “*I care about animal welfare or the lives of animals*” or “*I think it's healthier not to eat too much meat*”.

**Change-inducing motives** If participants gave a favorable response to one motive (“*Somewhat agree*” or “*Strongly agree*”), a second statement “*and it encourages me to reduce/increase my meat/legume consumption*” was proposed to assess if this motive induced a change in consumption, on a separate 5-point Likert scale.

Both Likert scales, for the motive and for the change-inducing motive, were then recoded to compute agreement scores ranging from 0 to 5 and 1 to 5, respectively.

**Groups of motives** Three groups were obtained based on the two questions on motives:

- “No motive”: Participants were considered to have “no motive” if they gave an unfavorable response (“*Strongly disagree*”, “*Somewhat disagree*”, “*Neither agree nor disagree*” and “*I don't know*”) for the motive. For this group, the given motive was thus not felt important.
- “Motive, not change-inducing”: Participants with a “motive, not change-inducing” were those who gave a favorable response (“*Strongly agree*” and “*Somewhat agree*”) to the motive but an unfavorable one (“*Strongly disagree*”, “*Somewhat disagree*”, “*Neither agree nor disagree*”) to the statement that the motive had induced a change in consumption. For this group, the given motive was thus felt important but was not declared as change-inducing.
- “Change-inducing motive”: Participants who gave favorable responses to both sets of statements were considered as having a “change-inducing motive”. For this group, the given motive was thus felt important and did lead to a change.

#### **Sociodemographic, anthropometric, and lifestyle data**

At baseline and once a year thereafter, participants were invited to fill out a set of self-administered questionnaires on sociodemographic, anthropometric, and lifestyle characteristics. Data collected included sex, age, socioprofessional category (unemployed/self-employed, farmer, employee, manual worker/intermediate profession/managerial staff, intellectual profession/no occupation), educational level (none or primary/secondary/undergraduate and others/postgraduate), household composition (alone without children/alone with at least one child/two adults

living as a couple without children/ two adults living as a couple with at least one child/two or more adults without children), size of the urban residence unit (rural/< 20,000 inhabitants/20,000–200,000 inhabitants/> 200,000 inhabitants). Monthly income per household unit was obtained per household consumer unit (CU). One CU is assigned to the first adult in the household, 0.5 CU for other persons aged 14 or older and 0.3 CU for children under 14. Five categories were defined and were assigned to participants: < 1200 € per c.u./1200–1800 € per c.u./1800–2700 € per c.u./> 2700 € per c.u./Refused to declare). The date of the latest weight-loss diet followed was collected, and individuals were classified into three groups: no declared diet, < 5 years, > 5 years. Self-reported height and weight measurements were validated against clinical measurements [23]. Body mass index (BMI) was calculated as weight (kg) per height squared (m<sup>2</sup>), and participants were divided according to World Health Organization (WHO) criteria: underweight (< 18.5 kg/m<sup>2</sup>), normal (18.5–25 kg/m<sup>2</sup>), overweight (excluding obesity) (25–30 kg/m<sup>2</sup>), obese (≥ 30 kg/m<sup>2</sup>) [24].

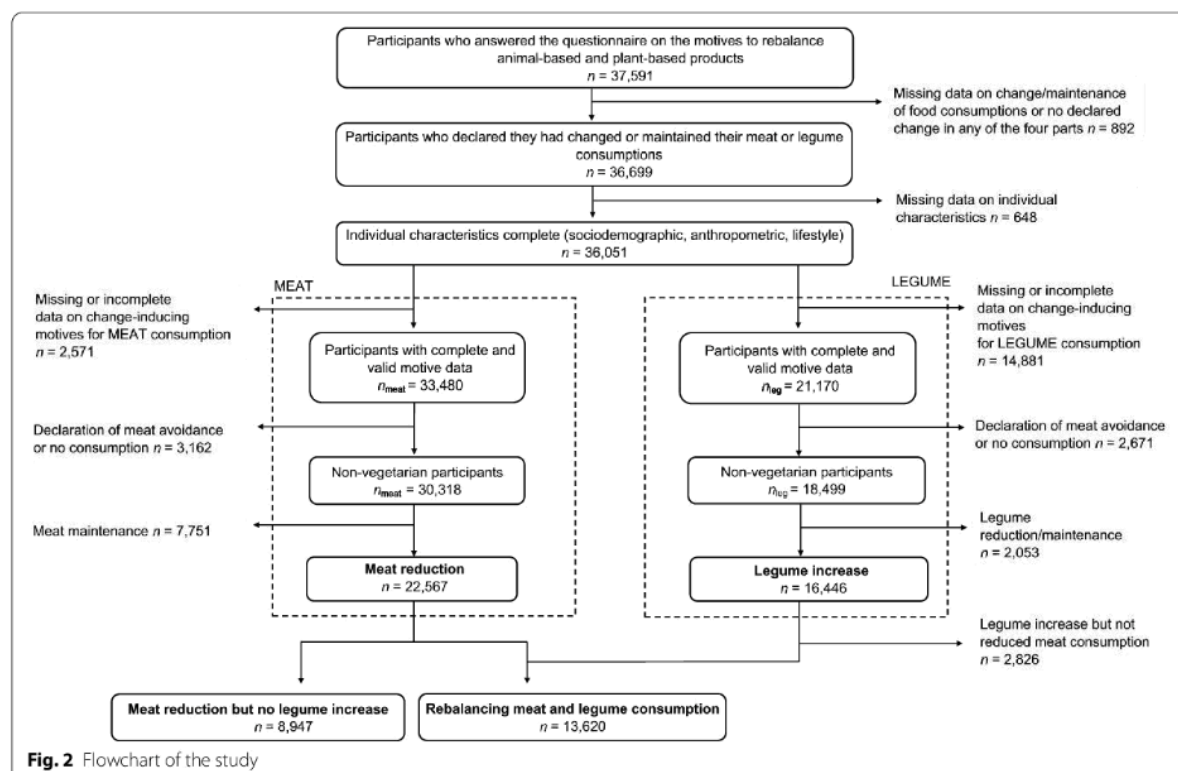
#### **Statistical analyses**

We included participants who completed at least one section of the supplemental questionnaire on meat reduction and legume increase, and who gave complete sociodemographic, anthropometric, and lifestyle data. Participants who self-declared as vegans or vegetarians, and those who completed only the section on the maintenance of meat consumption or only on the reduction/maintenance of legume consumption were excluded. The flow chart is presented in Fig. 2.

Sociodemographic and lifestyle characteristics were compared between the samples of included and excluded participants, and were described for the samples of meat reduction and legume increase. The characteristics of participants who had rebalanced their consumption of meat and legumes were compared to those who declared a meat reduction but did not declare an increase in legumes, using logistic regression models. Participants who only declared a legume increase were not considered in this analysis.

For each motive, when it was felt important, we calculated the frequency of participants who declared this motive as change-inducing.

For each item, multivariable logistic regression models were applied to assess the association between groups of motives and individual characteristics (with the “no motive” group as reference). These models were adjusted for all characteristics taken together (sex, age, household income, socioprofessional category, educational level, household composition, BMI, size of



**Fig. 2** Flowchart of the study

the urban residence unit, and latest weight-loss diet followed).

All tests were two-sided, and a  $p$ -value  $< 0.05$  was considered significant. Statistical analyses were conducted with SAS (version 9.4, SAS Institute, Inc.).

## Results

### Sample selection and description

A total of 25,393 participants of NutriNet-Santé were included in the present analysis. The total sample included individual who both declared a meat reduction and legume increase ( $n = 13,620$ , 53.6%), those who only declared a meat reduction ( $n = 8,947$ , 35.3%) and those who only declared a legume increase ( $n = 2,826$ , 11.1%). Compared to participants who declared a meat reduction ( $n = 22,567$ ), participants who declared an increase in legumes ( $n = 16,446$ ) included more women, younger participants, more participants in a higher socioprofessional category, with a higher educational level, living as a couple with children and in bigger cities, and more participants who did not declare a weight-loss diet (Table 1).

### Meat reduction

#### Change-inducing-motives for meat reduction

Among motives that were frequently felt important ( $> 82\%$ ), three were frequently declared as having induced a reduction of meat consumption ( $> 80\%$ ): “good to vary both diet and protein sources”, “healthier” and “better for the physical environment to limit meat” (Fig. 3). Of the motives less frequently felt important ( $< 8\%$ ), some were frequently declared as having induced a reduction of meat consumption ( $> 88\%$ ). These motives were “doctor’s advice”, “dislike for the taste of meat” and “healthier to avoid meat” (of the 5% of participants who felt doctor’s advice important, 95.2% declared this motive as having induced a reduction of their meat consumption). Other motives were less frequently felt important, and also less frequently declared as having induced a reduction of meat consumption, such as “dislike of meat sight” and “budget concerns”. For further details, see also Additional file 2.

#### Individual characteristics associated with change-inducing motives for meat reduction

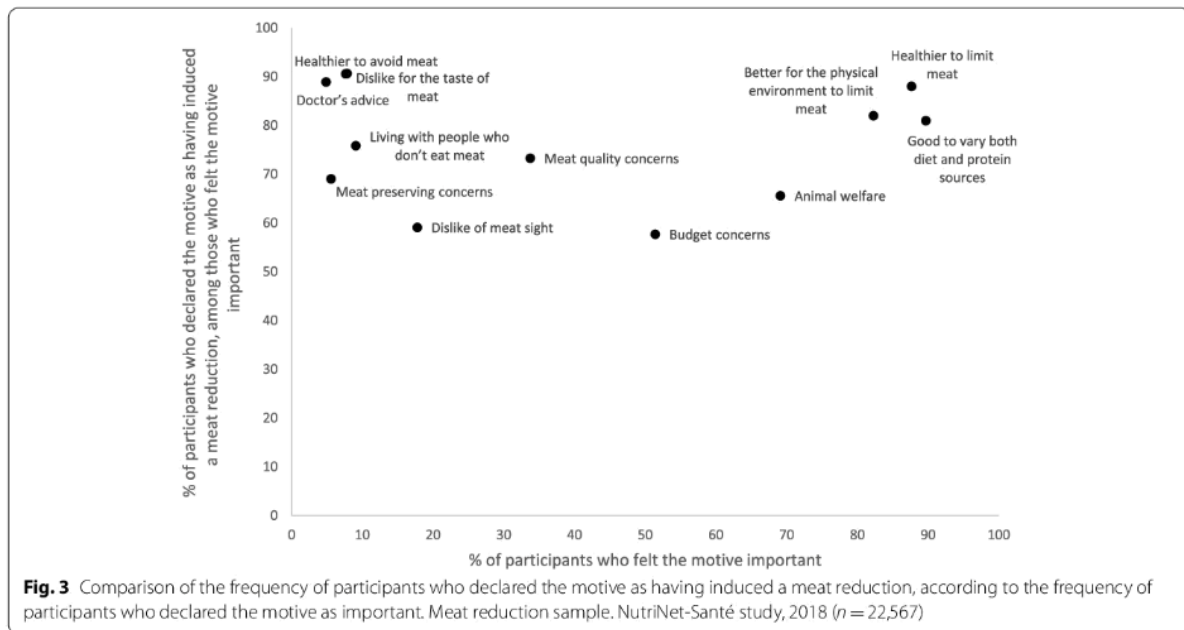
Associated characteristics of individuals who declared a given motive as having induced a reduction of their meat consumption, compared to participants who did

**Table 1** Sociodemographic and lifestyle characteristics of included and excluded samples, and meat reduction and legume increase samples, NutriNet-Santé 2009–2018,  $n = 37,591$ 

	Included ( $n = 25,393$ )		Excluded ( $n = 12,198$ )		$p^1$	Meat reduction ( $n = 22,567$ )		Legume increase ( $n = 16,446$ )	
	$n$	%	$n$	%		$n$	%	$n$	%
<b>Sex</b>					< 0.0001				
Men	5741	22.6	3523	28.9		5138	22.8	3345	20.3
Women	19,652	77.4	8675	71.1		17,429	77.2	13,101	79.7
<b>Age</b>					< 0.0001				
[18–30[	920	3.6	709	5.8		825	3.7	625	3.8
[30–50[	7522	29.6	3714	30.5		6711	29.7	5097	31.0
[50–65[	8934	35.2	3830	31.4		8014	35.5	5841	35.5
[65 + [	8017	31.6	3945	32.3		7017	31.1	4883	29.7
<b>Monthly household income classes</b>					< 0.0001				
< 1200 €	3444	13.6	2093	17.2		3036	13.5	2198	13.4
1200–1800 €	5029	19.8	2684	22.0		4445	19.7	3247	19.7
1800–2700 €	5884	23.2	2770	22.7		5251	23.3	3789	23.0
> 2700 €	8530	33.6	3133	25.7		7642	33.9	5624	34.2
Refused to declare	2506	9.9	1518	12.4		2193	9.7	1588	9.7
<b>Socioprofessional category<sup>2</sup></b>					< 0.0001				
Self-employed, farmer, employee, manual worker	6497	25.6	3436	28.5		5686	25.2	3989	24.3
Intermediate profession	6201	24.4	2714	22.5		5478	24.3	4128	25.1
Managerial staff, intellectual profession	10,403	41.0	4124	34.2		9340	41.4	6831	41.5
No occupation	311	1.2	587	4.9		273	1.2	199	1.2
Unemployed	1981	7.8	1211	10.0		1790	7.9	1299	7.9
<b>Educational level<sup>2</sup></b>					< 0.0001				
None or primary	406	1.6	299	2.5		344	1.5	214	1.3
Secondary	6410	25.2	3757	30.9		5635	25.0	3659	22.2
Undergraduate and others	8224	32.4	3713	30.6		7293	32.3	5491	33.4
Postgraduate	10,353	40.8	4376	36.0		9295	41.2	7082	43.1
<b>Household composition<sup>2</sup></b>					< 0.0001				
Alone without children	4666	18.4	2507	20.8		4092	18.1	3024	18.4
Alone with at least one child	1712	6.7	882	7.3		1530	6.8	1073	6.5
Two adults living as a couple without children	10,526	41.5	4769	39.5		9351	41.4	6705	40.8
Two adults living as a couple with at least one child	8025	31.6	3444	28.5		7174	31.8	5344	32.5
Two or more adults without children	464	1.8	473	3.9		420	1.9	300	1.8
<b>Size of the urban residence unit<sup>2</sup></b>					< 0.0001				
Rural	5467	21.5	2718	23.2		4856	21.5	3465	21.1
< 20,000 inhabitants	3846	15.2	1840	15.7		3411	15.1	2470	15.0
20,000–200,000 inhabitants	4678	18.4	2150	18.4		4156	18.4	2971	18.1
> 200,000 inhabitants	11,402	44.9	4987	42.6		10,144	45.0	7540	45.8
<b>Latest weight-loss diet followed</b>					< 0.0001				
No declared diet	9758	38.4	7717	63.3		8687	38.5	6441	39.2
< 5 years	1852	7.3	489	4.0		1656	7.3	1201	7.3
> 5 years	13,783	54.3	3992	32.7		12,224	54.2	8804	53.5

<sup>1</sup>  $p$  for  $\chi^2$  test<sup>2</sup> Among all the participants after exclusion of missing values





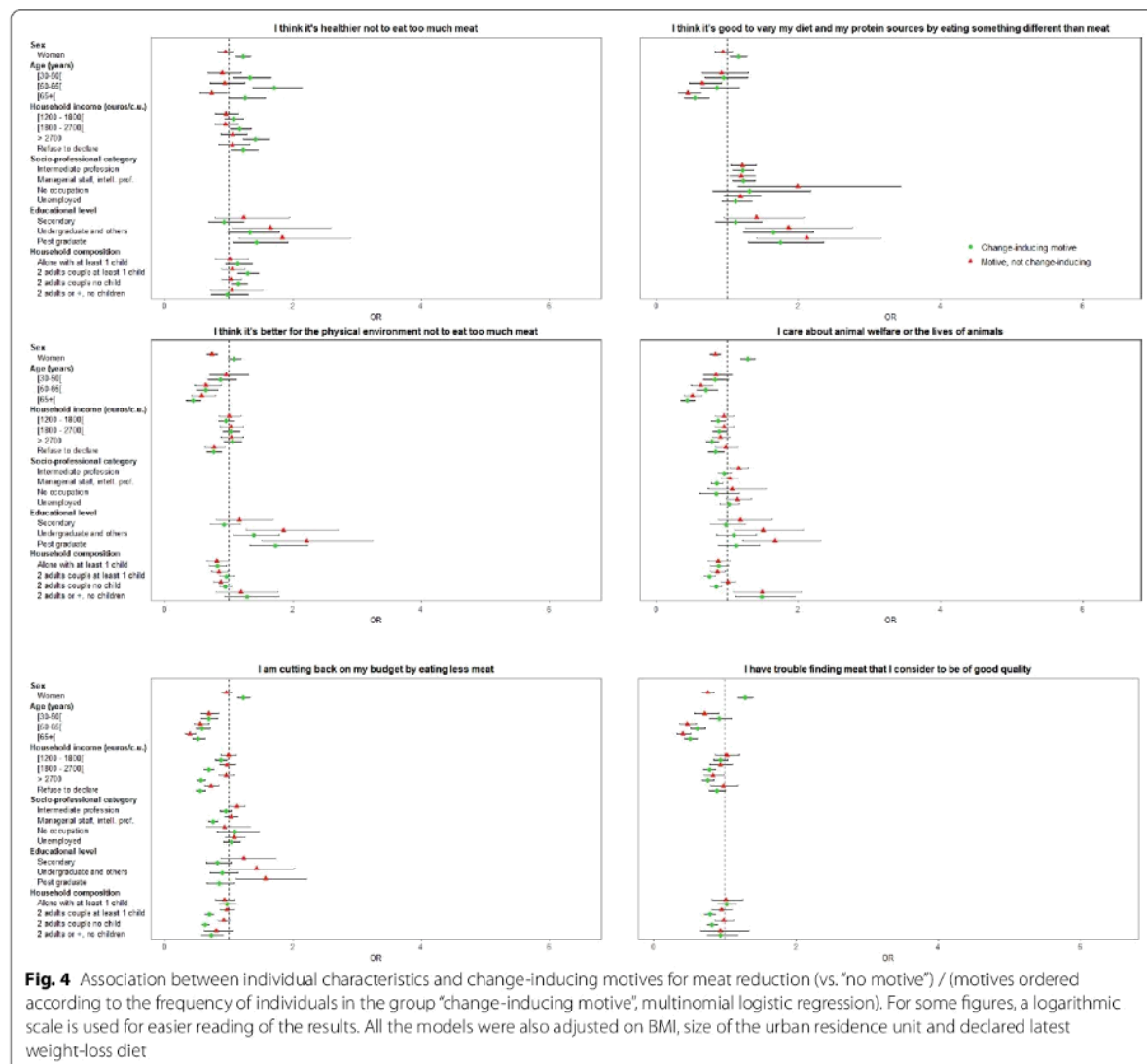
not declare the motive as important, are presented in Fig. 4. “Dislike for the taste of meat”, “good to vary both diet and protein sources”, “healthier to limit meat”, or “animal welfare” were more likely to be declared by women as having induced a reduction of their meat consumption, whereas “doctor’s advice” was more likely to be declared by men (all  $p < 0.001$ ). “Healthier to limit meat” or “to avoid meat”, or “doctor’s advice” were more likely to be declared as having induced a reduction of meat consumption by older participants, whereas they were less likely to declare “animal welfare”, “better for the physical environment to limit meat”, and “good to vary both diet and protein sources”. (all  $p < 0.01$ ). “Healthier to limit meat” was more likely to be declared as having induced a reduction of meat consumption by participants with a higher monthly income, but “animal welfare” was more likely to be declared by those with a lower monthly income (all  $p < 0.01$ ). “Good to vary both diet and protein sources” was more likely to be declared as having induced a reduction of meat consumption by participants who had an intermediate or managerial occupation than occupations corresponding to self-employed, farmer, employee, manual worker, while they were less likely to declare “dislike for the taste of meat” (all  $p < 0.01$ ). “Animal welfare” was also less likely to be declared by managerial occupations than other types of occupations (all  $p < 0.001$ ). “Good to vary both diet and protein sources”, “healthier”, or “better for the physical environment to limit meat” were more likely to be declared as having induced a reduction of meat consumption by more highly educated

individuals, whereas they were less likely to declare “doctor’s advice” (all  $p < 0.01$ ). “Better for the physical environment to limit meat” was less likely to be declared as having induced a reduction of their meat consumption by participants living alone with at least one child ( $p < 0.05$ ). “Healthier to limit meat” was more likely to be declared as having induced a reduction of their meat consumption by participants living as a couple with or without children, whereas “animal welfare” or “healthier to avoid meat” were less likely to be declared by these participants than by those living alone without children (all  $p < 0.01$ ). Finally, “animal welfare” was more likely to be declared as having induced a reduction of their meat consumption by participants living with other adults but without children ( $p < 0.001$ ). Other motives such as “budget”, “meat quality” or “meat preservation” concerns, or “dislike of meat sight” were more likely to be declared by women, younger participants, those with lower socioeconomic status (at least for one characteristic between monthly incomes or socioprofessional category) and those living alone in the household (all  $p < 0.01$ ).

### Legume increase

#### Change-inducing motives for a legume increase

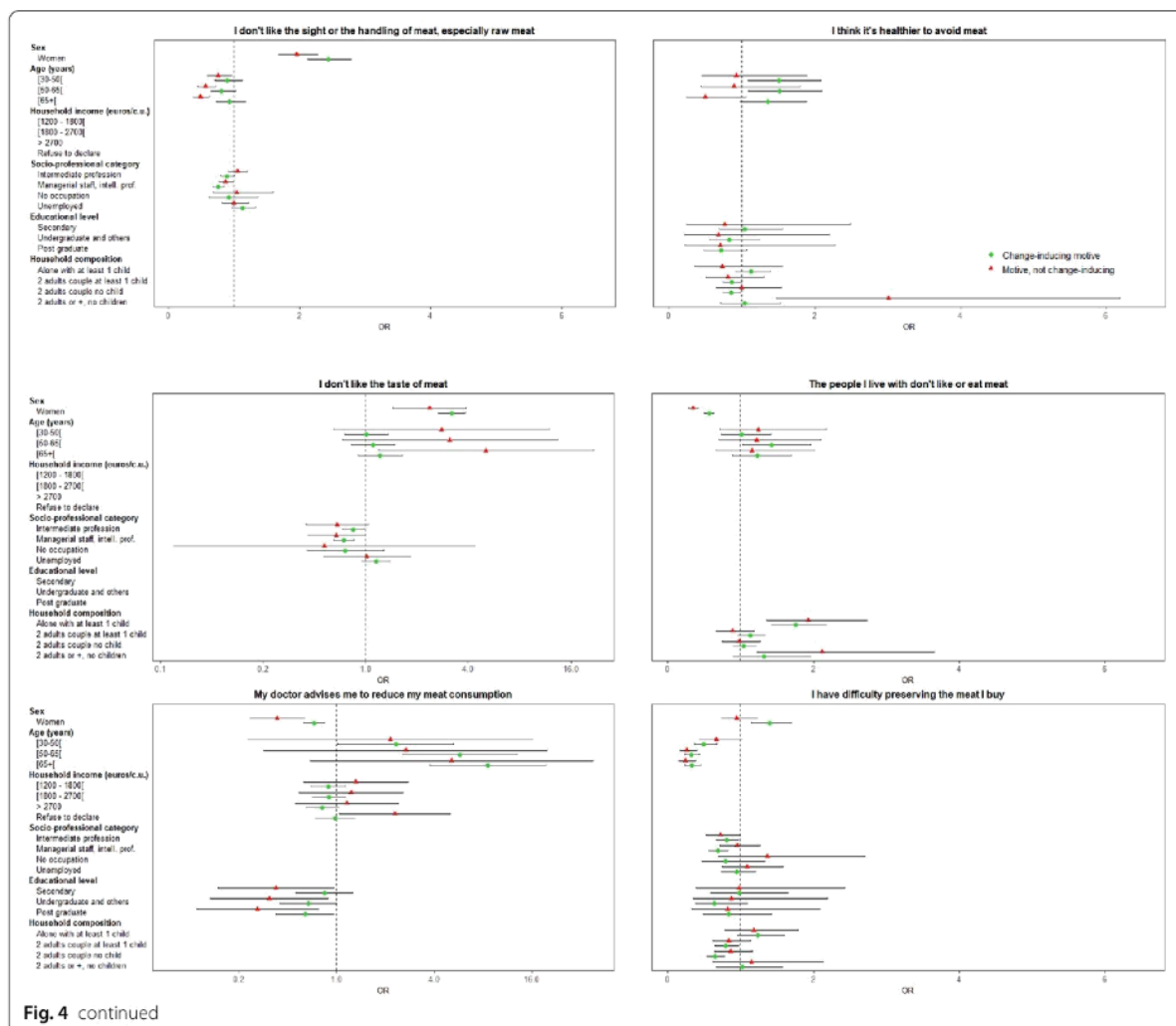
Among the motives frequently felt important (>74%), four were frequently reported as having induced an increase of legume consumption (>77%): “healthier to eat more legumes”, “legumes as a good source of protein”, “enjoying eating legumes”, and “legumes as a substitute



for meat” (Fig. 5). Only 50% participants reported “better for the physical environment to eat more legumes” as an important motive for increasing legumes, but of these, 75.9% reported it as having induced an increase of their legume consumption. Two motives were less frequently felt important (<11%), but were frequently declared as having induced an increase of legume consumption (>74%), namely “pressure from close relatives” and “doctor’s advice”. For further details, see also Additional file 3.

**Individual characteristics associated with change-inducing motives for a legume increase**

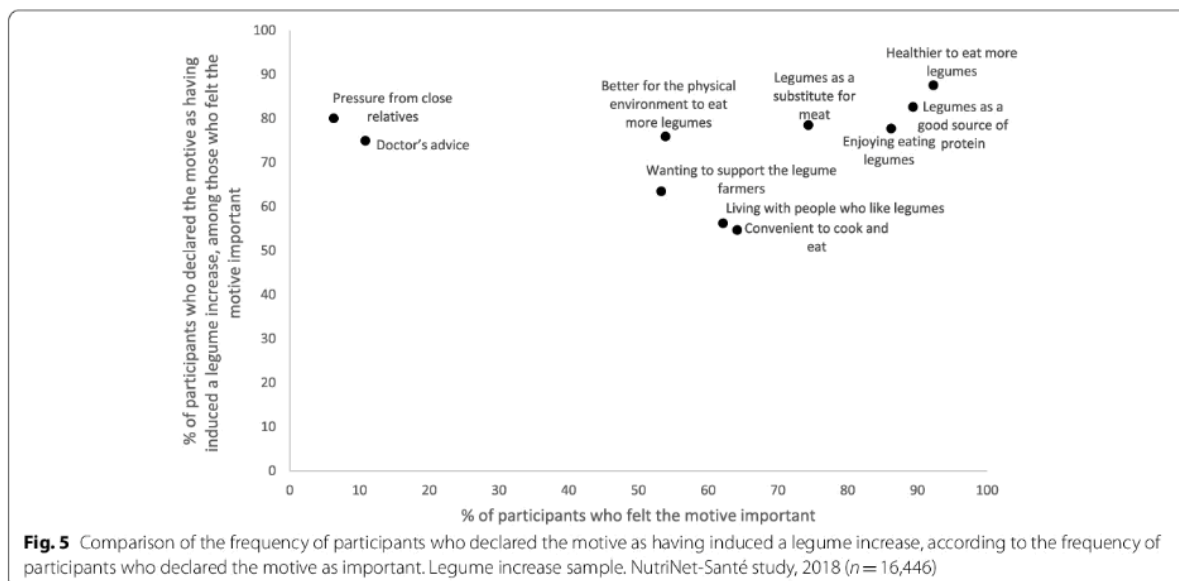
Associated characteristics of individuals who declared a given motive as having induced an increase in their legume consumption, compared to those who did not declare that motive as important, are presented in Fig. 6. “Healthier to eat more legumes”, “legumes as a substitute for meat” or as “a good source of protein” were motives more likely to be declared by women as having induced an increase of their legume consumption, whereas “enjoying eating legumes”; “pressure from close relatives” or “doctor’s advice” were more likely to be declared by men (all  $p < 0.001$ ). “Enjoying eating legumes”, “healthier to eat more



legumes”, “pressure from close relatives” or “doctor’s advice” were more likely to be declared by older participants as having induced an increase of their legume consumption (all  $p < 0.001$ ). “Healthier to eat more legumes” was more likely to be declared by participants with a higher monthly income as having induced an increase of their legume consumption, whereas “better for the physical environment to eat more legumes”, “doctor’s advice”, or “legumes as a substitute for meat” were more likely to be declared by those with a lower monthly income (all  $p < 0.05$ ).

“Legumes as a substitute for meat” was more likely to be declared by intermediate professions or managerial staff as having induced an increase of their legume consumption, but “pressure from close relatives” was less likely to be declared by these participants (all  $p < 0.05$ ). “Legumes as a

substitute for meat” or “a good source of protein” were more likely to be declared by highly educated participants as having induced an increase of their legume consumption, but “enjoying eating legumes” or “doctor’s advice” were less likely to be declared by these participants (all  $p < 0.01$ ). “Feeling pressure from close relatives” was more likely to be declared as having induced an increase of legume consumption by participants living as a couple with or without children than by those living alone without children ( $p < 0.05$ ). Finally, “convenient to cook and eat legumes” or “living with people who like legumes” were more likely to be declared by women, older participants, and those with lower socioeconomic position (at least, for one socioeconomic characteristic). “Wanting to support legume farmers” presented the same associations, except for sex (all  $p < 0.05$ ).



### Rebalance in meat and legume consumptions

#### *Individual characteristics associated with rebalance in meat and legume consumptions*

Of the 22,567 participants who declared a meat reduction, 60.4% also declared an increase in their consumption of legumes (they rebalanced their meat and legume consumptions). Participants who declared a rebalance of their meat and legume consumptions were more likely to be women, younger participants, participants with higher incomes and those with higher educational levels (Table 2).

#### *Change-inducing motives for the rebalance of meat and legume consumptions*

Motives to rebalance consumption of meat and legumes are presented in Additional files 2 and 3. For participants rebalancing their meat and legume consumption, we observed similar frequencies of participants who declared a given motive as change-inducing as in the analysis of the meat reduction and the legume increase samples taken. Frequencies of those who declared a motive as change-inducing were even higher for participants rebalancing meat and legume consumption.

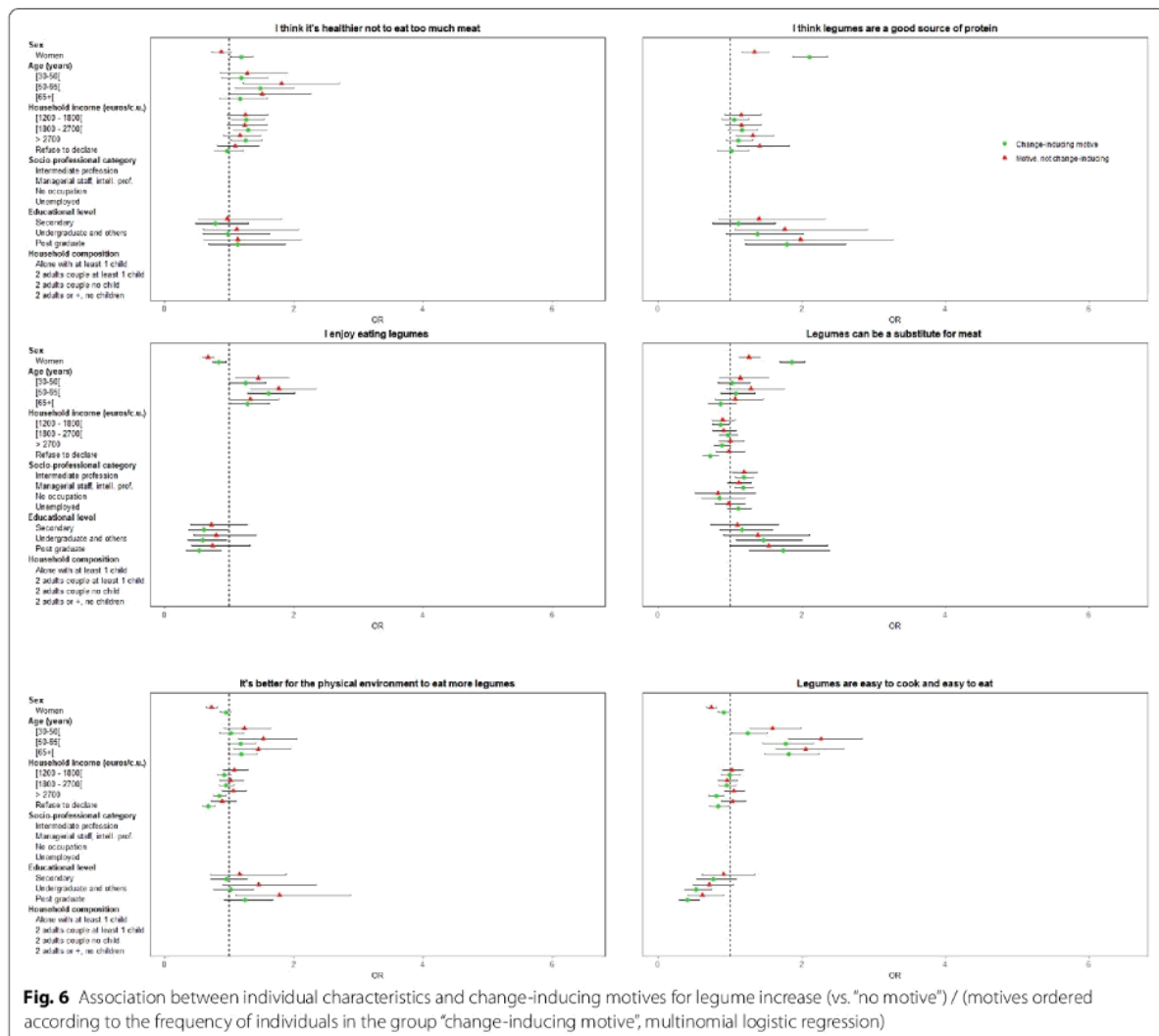
### Discussion

The present study aimed to describe the motives that could induce a rebalance of animal-based and plant-based products. Specifically, it focused on the changes in the consumption of meat and legumes, based on the

declarations of a large sample of French adults. Consistent with our assumptions, we observed that some motives such as those related to health and nutrition, environment, and taste preferences, could be more effective in inducing a change in meat or legume consumptions than other motives. In addition, motives related to social influences, meat avoidance and meat dislike, though not frequently considered as important, were declared as change-inducing for the meat reduction or the legume increase. Sociodemographic and lifestyle characteristics were specifically associated with change-inducing motives for both meat and legume consumptions.

#### **Motives related to health and nutrition**

In the present study, concerns for personal health and nutrition were the highest motives reported as having induced a change in meat and legume consumptions. Regarding meat, these results were consistent with findings from previous studies where “health” was a main motive reported by individuals who reduced their meat consumption [5, 7–9, 25–27]. A Finnish study suggested that the health motive could act as a “motivational force during the process of dietary change” [9]. Individuals with more health-oriented motives were more likely to pay attention to information from scientific sources [28]. In recent years, health messages promoting meat reduction based on international guidelines have been communicated to the public through the media and public health campaigns [29], to raise consumer awareness of these health issues. In comparison, consumers have had less

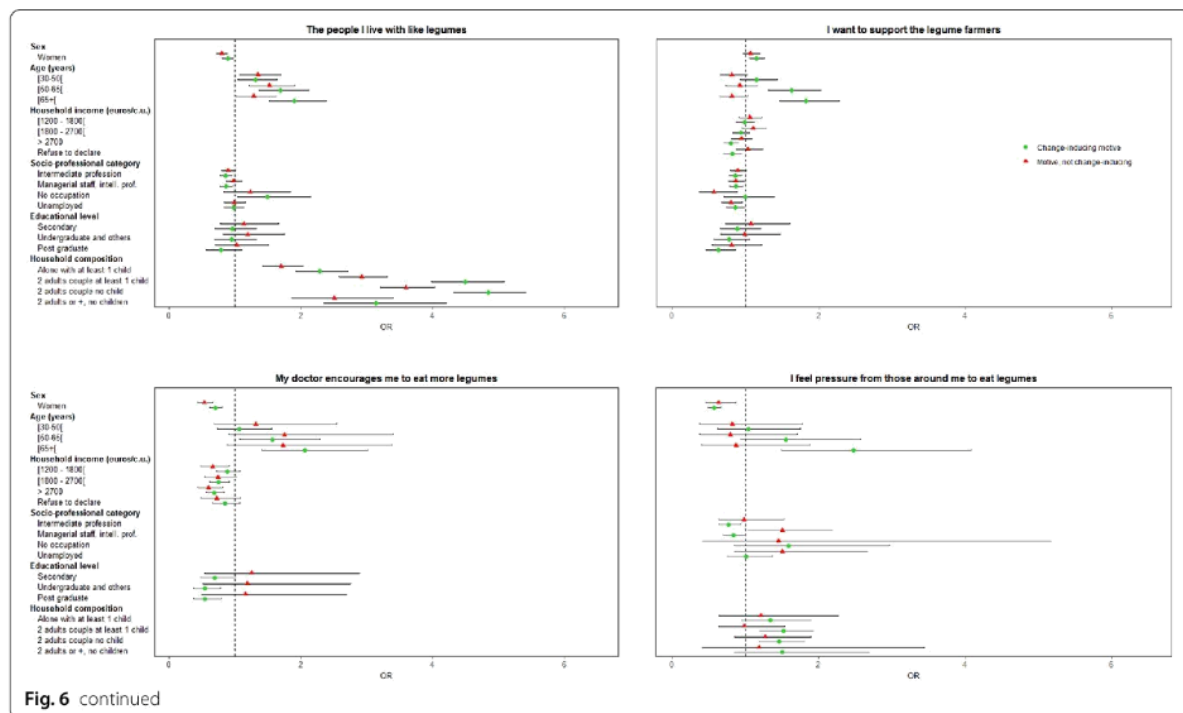


health information on legumes. For instance, in France, it is only very recently (2017) that public health authorities have included a specific guideline on legumes in the official dietary guidelines [29]. Even so, we observed similar frequencies of participants who declared health and nutrition motives as change-inducing for the legume increase as for meat reduction.

In our study, participants frequently reported having increased their legume consumption because they replaced meat by legumes. However, a French study reported that outside of limited-budget or vegetarian diets, consumers mostly ate legumes in combination with meat, but not as a substitute for meat, as an additional protein source [30]. As the authors

suggested, this may be related to culinary tradition in France, where some typical dishes with legumes also include meat or processed meat (e.g., "cassoulet") [30]. It is thus important to connect dietary guidelines with practical information about how to eat and combine different plant-based foods in meals in order to foster new eating habits (e.g., French database on menus and recipes "La Fabrique à menus" [31]).

Of participants who declared a change in meat or legume consumption, women and highly educated individuals were more likely to report health and nutrition benefits as change-inducing motives. Overall, women are more interested in eating healthily, which includes



chronic disease prevention and well-being, and are also more health conscious [32–34]. The association between higher educational level and better nutritional knowledge has already been documented [34–36]. Education may help to better understand and critically appropriate information. It may also raise concerns (e.g., how to maintain good health through dietary guidelines), influencing attitudes and behaviors [37], such as those regarding meat consumption. This might partly explain sociodemographic differences in animal and plant-based intakes previously observed in some NutriNet-Santé studies [16, 38].

Finally, older individuals were more likely to report health benefits as having induced a reduction in their meat consumption, while younger individuals were more likely to report motives related to nutrition. Older individuals were correspondingly more interested in healthy eating [33, 34, 39, 40], and were more likely to have healthier eating habits, including an increased consumption of plant-based foods [38].

**Motives related to the preservation of the physical environment**

Preserving the physical environment by reducing meat consumption was frequently assessed as having induced a change in consumption. Previous studies have generally found that the environmental issue was not a frequently

cited motive for reducing meat consumption [5, 7, 26, 41], but our results are consistent with a recent Canadian study in which about 60% of “meat reducers” reported environmental concerns as a reason for making conscious efforts to reduce meat consumption [5]. However, participants reporting a vegetarian diet were included in that study. The larger proportion in our study might be because the awareness of environmental pressure was more salient in 2018 when our questionnaire was sent. Over the past two decades, many scientists and politicians have warned of the current environmental crisis. Spurred by the media, public awareness of the impact of consumption choices on the environment is rather recent, notably through some political initiatives, such as the weekly meat- and fish-free meal in French school canteens [42]. Notably, the French High Council for Public Health mentioned for the first time in its latest report the need for greater awareness of the link between the nutritional and environmental aspects of dietary patterns [29]. On the other hand, our study population may be merely more aware of these issues. This possibility can be partly addressed by studying the associated sociodemographic and lifestyle characteristics.

First, in our study, younger participants were more likely to report the preservation of the environment as having induced a reduction in their meat consumption. However, a review including studies from 1987 to 2016

**Table 2** Comparison of individual characteristics of participants who rebalanced their meat and legume consumptions and those who reduced their meat consumption but who did not increase their legume consumption (multivariable logistic regression, NutriNet-Santé 2009–2018,  $n = 22,567$ )

	Rebalance in meat and legumes ( $n = 13,620$ )		Meat reduction and no legume increase ( $n = 8947$ )		<i>p</i>	Rebalance in meat and legumes vs. Meat reduction and no legume increase		
	<i>n</i>	%	<i>n</i>	%		OR	95% CI	<i>p</i>
<b>Sex</b>					<0.0001			<0.0001
Men	2742	20.1	2396	26.8		REF	REF	
Women	10,878	79.9	6551	73.2		1.392	[1.3; 1.49]	
<b>Age</b>					<0.0001			<0.0001
[18–30[	530	3.9	295	3.3		REF	REF	
[30–50[	4286	31.5	2425	27.1		0.97	[0.83; 1.14]	
[50–65[	4921	36.1	3093	34.6		0.98	[0.83; 1.16]	
[65 + [	3883	28.5	3134	35.0		0.842	[0.71; 1]	
<b>Monthly household income classes</b>					0.0032			0.0084
< 1200 €	1790	13.1	1246	13.9		REF	REF	
1200–1800 €	2663	19.6	1782	19.9		1.08	[0.98; 1.19]	
1800–2700 €	3156	23.2	2095	23.4		1.091	[0.99; 1.2]	
> 2700 €	4736	34.8	2906	32.5		1.131	[1.03; 1.24]	
Refused to declare	1275	9.4	918	10.3		0.955	[0.85; 1.07]	
<b>Socioprofessional category</b>					<0.0001			0.002
Self-employed, farmer, employee, manual worker	3178	23.3	2508	28.0		REF	REF	
Intermediate profession	3405	25.0	2073	23.2		1.163	[1.07; 1.26]	
Managerial staff, intellectual profession	5768	42.4	3572	39.9		1.031	[0.95; 1.12]	
No occupation	161	1.2	112	1.3		0.975	[0.75; 1.27]	
Unemployed	1108	8.1	682	7.6		1.094	[0.98; 1.22]	
<b>Educational level</b>					<0.0001			<0.0001
None or Primary	152	1.1	192	2.2		REF	REF	
Secondary	2884	21.2	2751	30.8		1.225	[0.98; 1.53]	
Undergraduate and others	4560	33.5	2733	30.6		1.788	[1.43; 2.23]	
Post graduate	6024	44.2	3271	36.6		2.009	[1.6; 2.52]	
<b>Household composition</b>					<0.0001			
Alone without children	2450	18.0	1642	18.4		NA	NA	
Alone with at least one child	891	6.5	639	7.1		NA	NA	
Two adults living as a couple without children	5530	40.6	3821	42.7		NA	NA	
Two adults living as a couple with at least one child	4493	33.0	2681	30.0		NA	NA	
Two or more adults without children	256	1.9	164	1.8		NA	NA	
<b>Size of the urban residence unit</b>					0.0002			
Rural	2854	21.0	2002	22.4		NA	NA	
< 20,000 inhabitants	2035	14.9	1376	15.4		NA	NA	
20,000–200,000 inhabitants	2449	18.0	1707	19.1		NA	NA	
> 200,000 inhabitants	6282	46.1	3862	43.2		NA	NA	
<b>Latest weight-loss diet followed</b>					0.001			
No declared diet	5370	39.4	3317	37.1		NA	NA	
< 5 years	1005	7.4	651	7.3		NA	NA	
> 5 years	7245	53.2	4979	55.7		NA	NA	

<sup>1</sup> *p* for chi<sup>2</sup> test

<sup>2</sup> *p* represented the overall significance of each variable (Type III analysis of effects), adjusted also on BMI (data not shown)

indicated that age was rarely associated with the environmental motive for reducing meat [43]. In recent years, younger individuals could have been more exposed to messages about climate change. In addition, a previous study based on the NutriNet-Santé cohort showed that future-oriented individuals were more likely to be younger [44]. As younger participants are more likely to be affected by environmental impacts on their future, they are probably more likely to be interested in and more motivated to change their behavior. This may therefore illustrate a “generational effect” rather than strictly a “younger age effect”.

As observed for health and nutrition, a higher educational level was associated with change-inducing motives related to physical environment for meat reduction. The education system provides general knowledge, and even specific skills related to environmental topics [45], and may help to better process environmental information. More highly educated participants may be thus more prone to acquire informal knowledge, either through the media such as by using the Internet and watching documentaries, or through social interaction [45]. In the literature, results from previous studies on the link between environmental motives for meat reduction and educational level are very heterogeneous [46, 47]. This could be partly explained by the fact that environmental knowledge is defined and measured differently in studies.

For legumes, similarly to previous studies, preserving the environment did not appear as a strong motive, less than half the participants declaring this motive as important. A French focus group study showed that even with participants with good theoretical information such as the environmental impact of legumes, this did not seem to be reflected in their food choices, and in particular not by a higher consumption of legumes [48].

#### **Taste, pleasure and hedonic motives for rebalancing meat and legume consumption**

The pleasure of eating legumes was frequently assessed as having induced an increase in legume consumption. This recalls previous studies where taste was described as a major reason for consuming legumes [49, 50]. This motive could also be a barrier to an increased consumption of legumes, as observed in relation to consumption in previous studies [30, 50].

In the present study, differences between certain sociodemographic characteristics and hedonic motives are highlighted for a declared increase in legume consumption. For instance, in our study, men were more likely to report the pleasure of eating legumes as having induced an increase in their consumption. Women were more likely to report legumes as a meat substitute and a good source of protein having induced an increase

of their legume consumption. It would be of interest to investigate further which legumes-based meals men are more likely to prefer. Also, older participants were more likely to report the pleasure of eating legumes as having induced an increase in their legume consumption. In the literature, a higher consumption of legumes or plant-based foods was found in younger adults [49, 50]. However, it is well-known that taste preferences are closely related to social and cultural influences [51], and comparisons between consumption results from different countries seem to be of little relevance. In line with our results, there is a need to develop an interest in legumes among younger populations. Taste preferences are formed in childhood and continue throughout life, and younger individuals show greater plasticity in their preferences [52]. They are thus more favorable to learning and implementing new food behaviors. Like the very recent meat-free days in French school canteens, more initiatives focusing on legumes could be encouraged to develop interest and familiarity [42].

#### **Motives less frequently declared as important but having induced changes in consumption**

In our study, although not frequently cited as important, certain motives such as those related to social influences, meat avoidance and meat dislike seem to be highly effective in inducing a change in consumption, even in smaller populations. For instance, from a public health and social marketing point of view, it is noteworthy that the “doctor’s advice” was a strong motive that induced a reduction in meat consumption and an increase in legume consumption. One hypothesis for why this motive was less frequently reported could be related to our study population. Healthy people do not consult general practitioners and therefore do not have the opportunity to receive such advice. Furthermore, only a few general practitioners provide nutritional advice and it is particularly targeted at patients considered at risk [53]. While they are ideally positioned for primary care, some barriers have been highlighted, such as lack of time, compensation, and confidence to provide nutritional care [53]. Another hypothesis can be advanced in the light of associated sociodemographic characteristics identified here. Men, older participants and participants with a lower educational level were more likely to report the doctor’s advice as having induced a reduction of their meat consumption. In line with our previous results, these participants may be less motivated by health and nutrition information, but may be more influenced by health professionals. General practitioners could thus efficiently contribute to the dissemination and the reinforcement of public health messages by advising a less aware or more resistant population. We note that two studies



observed that individuals with a lower educational level were less likely to discuss health and nutrition information obtained on the Internet with health professionals [54, 55]. A similar association with older individuals was found only in the French study [54]. These individuals may therefore be more vulnerable to potentially misleading information on the Web, and thus engage in unbalanced eating behaviors. In addition to the greater role of health professionals and in order to address misinformation, public health institutions could strengthen the use of new online media such as social networks or mobile health applications. These could also be used for example to disseminate targeted nutrition messages on the benefits of rebalancing meat and legume consumptions.

### Strengths and contributions

Our findings bring new insights into the motives for changing food behaviors related to the consumption of meat and legumes. This is the first study to investigate change-inducing motives related to meat and legume consumptions and to make a detailed description of sociodemographic and lifestyle characteristics associated with these motives in France. We show that specific sociodemographic and lifestyle characteristics are differentially associated with motives. Considering motives less frequently declared could offer another way to induce a change in food consumption in specific subgroups, as some motives were declared more effective in inducing a change.

### Limits and future research

Participants from the NutriNet-Santé cohort are volunteers and so are probably more likely to be interested in nutrition topics. The external validity of this cross-sectional study may thus be affected as this population is not representative of the French population as a whole. Our population was certainly more aware of environmental topics owing to a large number of participants with high levels of education. The statistical power nevertheless enabled us to observe a wide range of different dietary behaviors. For instance, 7751 participants declared they were maintaining their meat consumption.

Regarding the evaluation of dietary changes, participants who were planning to change their consumption and those who had already done so were considered together in our study and a future study could examine the process of change more precisely. Moreover, the rebalance between meat and legumes was identified on the basis of the declarations of meat reduction and legume increase separately. A more direct approach could be considered in order to understand what people replace a food with (e.g.: asking individuals which plant-based food substituted animal-based food). Indeed, a recent study showed that many people seemed to be open to

replacing meat with processed legumes [14], which may also have potential harmful health effects [56].

Our definition of meat included both ruminant meat and processed meat, and excluded other animal products such as poultry or fish. French and international dietary guidelines specify that to stay healthy and limit harmful effects on physical environment, adults need to limit their consumption of both red meat and processed meat. This is why we hypothesized that we could gather these two types of meat in our definition. Further studies describing in more detail the types of meat that individuals are cutting down on could complete our observations.

We found some associations between motives related to food environment and some individual characteristics such as the ease of finding good quality meat and younger participants. Thus, further studies could explore more broadly motives related to the wider food environment.

In this exploratory study, we chose to investigate the food choice motives in relation to changes in meat and legume consumptions, while other studies have explored factors influencing the reduction of meat consumption using theoretical constructs from models of behavior change. There could be similarities between the concept of food choice motives and the theoretical constructs of some behavior change models, as for “reflective motivation” in the COM-B model [57]. However, the conceptual framework of food choice motives and models of behavior change are different in terms of hypotheses and objectives, even if they all address factors that thought or found to have an impact on change [15]. This could therefore be a limitation in comparing our results with other studies. Further research could be conducted by combining the change-inducing motives with a theoretical model.

### Conclusions

In this cross-sectional study, we show that, concerns for personal health and for varying diet and protein sources by changing meat and legume consumptions were both important motives to induce a change in consumption, but the concern for environmental sustainability related to meat consumption, and the pleasure of eating legumes, were also important to change eating behaviors. All the motives were associated with specific sociodemographic and lifestyle characteristics, such as being a woman and being highly educated in the case of health motives. These differences may point to social inequalities in food choices, notably regarding health. Public campaigns on health and sustainability could develop new tools to reach other specific subgroups, for example by strengthening the role of primary care practitioners or by improving the use of recent online media (e.g., mobile health applications). Further work could explore various

## food behavior models applied to changes in meat consumption in longitudinal studies.

### Abbreviation

BMI: Body mass index.

### Supplementary Information

The online version contains supplementary material available at <https://doi.org/10.1186/s12966-022-01317-w>.

**Additional file 1.** Motives for meat reduction and legume increase.

**Additional file 2.** Groups of motives for the reduction of meat consumption, in the samples of meat reduction and rebalance in meat and legumes, NutriNet-Santé study, 2018 (motives ordered according to the frequency of individuals in "Change-inducing motive" group).

**Additional file 3.** Groups of motives for the increase in legume consumption, in the samples of legume increase and rebalance in meat and legumes, NutriNet-Santé study, 2018 (motives ordered according to the frequency of individuals in "Change-inducing motive" group).

### Acknowledgments

The authors warmly thank all the volunteers of the NutriNet-Santé cohort. We thank Cédric Agaesse, Alexandre De Sa, Rebecca Lutchia (dietitians); Thi Hong Van Duong, Younes Esseddik (IT manager), Régis Gatibelza, Jagatjit Mohinder and Aladi Timera (computer scientists); Julien Allegre, Nathalie Arnault, Laurent Bourhis and Fabien Szabo de Edelenyi, PhD (supervisor) (data manager/statisticians) for their technical contribution to the NutriNet-Santé study and Nathalie Druésne-Pecollo, PhD (operational coordination).

### Authors' contributions

SH, CM, MT, SP, BA, EKG and NDP: Cohort study design and implementation; BA, CM, LS and AR: Conceptualization; AR and BA: Data curation; AR, MC and BA: Formal analysis; CM and BA: Funding acquisition; AR, CM, LS and BA: Investigation; AR, MC and BA: Methodology; BA, CM, LS: Resources; BA: Supervision; Validation; AR: Writing – original draft; All authors: Writing – review & editing. The author(s) read and approved the final manuscript.

### Funding

The NutriNet-Santé study is supported by the French Ministry of Solidarity and Health, the National Agency for Public Health (Santé Publique France), the National Institute for Health and Medical Research (INSERM), the National Research Institute for Agriculture, Food and Environment (INRAE), the National Conservatory of Arts and Crafts (CNAM), the Centre for Epidemiological Research and Statistics (CRESS) and Sorbonne Paris Nord University. The funders had no role in the design of the study, in the collection, analyses, or interpretation of data, in the writing of the manuscript, or in the decision to publish the results.

### Availability of data and materials

The datasets generated and/or analyzed during the current study are not publicly available due to protection under the protection of health data regulation set by the French National Commission for Information Technology and Liberties (Commission Nationale de l'Informatique et des Libertés, CNIL). The data are available upon reasonable request to the study's operational manager, Nathalie Druésne-Pecollo ([n.pecollo@eren.smbh.univ-paris13.fr](mailto:n.pecollo@eren.smbh.univ-paris13.fr)), for review by the steering committee of the NutriNet-Santé study.

### Declarations

#### Ethics approval and consent to participate

The NutriNet-Santé study is conducted according to the Declaration of Helsinki guidelines and was approved by the Institutional Review Board of the French Institute for Health and Medical Research (IRB Inserm n°0000388FWA00005831) and the "Commission Nationale de l'Informatique et des Libertés" (CNIL n°908450/n°909216). The study protocol is recorded at [ClinicalTrials.gov](https://clinicaltrials.gov) under the number: NCT03335644. All subjects provided informed consent.

### Consent for publication

Not applicable.

### Competing interests

The authors declare that they have no known competing financial interests or personal relationships that could have appeared to influence the work reported in this paper.

### Author details

<sup>1</sup>Université Paris Cité, CRESS, INSERM, INRAE, CNAM, Bobigny F-93017, France. <sup>2</sup>Équipe de Recherche en Épidémiologie Nutritionnelle (EREN) - Centre de Recherche en Épidémiologie et StatistiqueS (CRESS), Université Sorbonne Paris Nord, Inserm U1153, Inrae U1125, Cnam FR SMBH, 74, rue Marcel Cachin, F-93017 Bobigny, France. <sup>3</sup>MOISA, Université de Montpellier, CIRAD, CIHEAM-IAMM, INRAE, IRD, Institut Agro, Montpellier, France. <sup>4</sup>Department of Public Health, AP-HP Hôpital Avicenne, 93017 Bobigny, France.

Received: 17 November 2021 Accepted: 13 June 2022

Published online: 01 September 2022

### References

- Willett W, Rockström J, Loken B, Springmann M, Lang T, Vermeulen S, et al. Food in the Anthropocene: the EAT–lancet commission on healthy diets from sustainable food systems. *Lancet*. 2019;393(10170):447–92.
- Harwatt H, Sabaté J, Eshel G, Soret S, Ripple W. Substituting beans for beef as a contribution toward US climate change targets. *Clim Chang*. 2017;143(1):261–70.
- Rawal V, Navarro DK. Pulses : nutritional benefits and consumption patterns. Rome: FAO; 2019. p. 190. The Global Economy of Pulses
- Steptoe A, Wardle J. Motivational factors as mediators of socioeconomic variations in dietary intake patterns. *Psychol Health*. 1999;14(3):391–402.
- Lacroix K, Gifford R. Reducing meat consumption: identifying group-specific inhibitors using latent profile analysis. *Appetite*. 2019;138:233–41.
- Tobler C, Visschers VHM, Siegrist M. Eating green. Consumers' willingness to adopt ecological food consumption behaviors. *Appetite*. 2011;57(3):674–82.
- Neff RA, Edwards D, Palmer A, Ramsing R, Righter A, Wolfson J. Reducing meat consumption in the USA: a nationally representative survey of attitudes and behaviours. *Public Health Nutr*. 2018;21(10):1835–44.
- Lentz G, Connelly S, Miroso M, Jowett T. Gauging attitudes and behaviours: meat consumption and potential reduction. *Appetite*. 2018;127:230–41.
- Vainio A, Niva M, Jallinoja P, Latvala T. From beef to beans: eating motives and the replacement of animal proteins with plant proteins among Finnish consumers. *Appetite*. 2016;106:92–100.
- Lea EJ, Crawford D, Worsley A. Consumers' readiness to eat a plant-based diet. *Eur J Clin Nutr*. 2006;60(3):342–51.
- Graça J. Towards an integrated approach to food behaviour: meat consumption and substitution, from context to consumers. *Psychol Commun Health*. 2016;5(2):152–69.
- de Gavelle E, Davidenko O, Fouillet H, Delarue J, Darcel N, Huneau JF, et al. Self-declared attitudes and beliefs regarding protein sources are a good prediction of the degree of transition to a low-meat diet in France. *Appetite*. 2019;142:104345.
- Weibel C, Ohnmacht T, Schaffner D, Kossmann K. Reducing individual meat consumption: an integrated phase model approach. *Food Qual Prefer*. 2019;73:8–18.
- Lemken D, Spiller A, Schulze-Ehlers B. More room for legume – consumer acceptance of meat substitution with classic, processed and meat-resembling legume products. *Appetite*. 2019;143:104412.
- Nilsen P. Making sense of implementation theories, models, and frameworks. In: Albers B, Shlonsky A, Mildon R, editors. *Implementation science*. Cham: Springer International Publishing; 2020. p. 53–79. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-03874-8\\_3](https://doi.org/10.1007/978-3-030-03874-8_3). cited 16 May 2022.
- Méjean C, Si Hassen W, Lecossais C, Allès B, Péneau S, Hercberg S, et al. Socio-economic indicators are independently associated with intake of animal foods in French adults. *Public Health Nutr*. 2016;19(17):3146–57.
- Hercberg S, Castetbon K, Czernichow S, Malon A, Mejean C, Kesse E, et al. The NutriNet-Santé study: a web-based prospective study on the relationship between nutrition and health and determinants of dietary patterns and nutritional status. *BMC Public Health*. 2010;10(1):242.

18. Sautron V, Péneau S, Camilleri GM, Muller L, Ruffieux B, Hercberg S, et al. Validity of a questionnaire measuring motives for choosing foods including sustainable concerns. *Appetite*. 2015;87:90–7.
19. Péneau S, Fassier P, Allès B, Kesse-Guyot E, Hercberg S, Méjean C. Dilemma between health and environmental motives when purchasing animal food products: sociodemographic and nutritional characteristics of consumers. *BMC Public Health*. 2017;17(1) Available from: <https://bmcpubhealth.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12889-017-4875-6> cited 24 May 2019.
20. Allès B, Péneau S, Kesse-Guyot E, Baudry J, Hercberg S, Méjean C. Food choice motives including sustainability during purchasing are associated with a healthy dietary pattern in French adults. *Nutr J*. 2017;16(1) Available from: <http://nutritionj.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12937-017-0279-9> cited 16 May 2019.
21. International Social Marketing Association. ISMA. Available from: <https://socialmarketing.org/>. [cited 16 May 2022].
22. de Boer J, Hoogland CT, Boersema JJ. Towards more sustainable food choices: value priorities and motivational orientations. *Food Qual Prefer*. 2007;18(7):985–96.
23. Lassale C, Péneau S, Touvier M, Julia C, Galan P, Hercberg S, et al. Validity of web-based self-reported weight and height: results of the Nutrinet-Santé study. *J Med Internet Res*. 2013;15(8):e152.
24. Obesity: preventing and managing the global epidemic. Report of a WHO consultation. Geneva: World Health Organization; 2000 p. 9. WHO Technical Report Series. Report No: 894.
25. Latvala T, Niva M, Mäkelä J, Pouta E, Heikkilä J, Kotro J, et al. Diversifying meat consumption patterns: consumers' self-reported past behaviour and intentions for change. *Meat Sci*. 2012;92(1):71–7.
26. De Backer CJS, Hudders L. From meatless Mondays to meatless Sundays: motivations for meat reduction among vegetarians and semi-vegetarians who mildly or significantly reduce their meat intake. *Ecol Food Nutr*. 2014;53(6):639–57.
27. Schösler H, de Boer J, Boersema JJ. Can we cut out the meat of the dish? Constructing consumer-oriented pathways towards meat substitution. *Appetite*. 2012;58(1):39–47.
28. Vainio A. How consumers of meat-based and plant-based diets attend to scientific and commercial information sources: eating motives, the need for cognition and ability to evaluate information. *Appetite*. 2019;138:72–9.
29. HCSP. Avis relatif aux objectifs de santé publique quantifiés pour la politique nutritionnelle de santé publique (PNNS) 2018–2022. Paris: Haut Conseil de la santé publique (HCSP); 2018. Available from: [https://www.hcsp.fr/Explorateur/Telecharger?NomFichier=hcspa20180209\\_avisrelaau\\_xobjequanpourlapolinut.pdf](https://www.hcsp.fr/Explorateur/Telecharger?NomFichier=hcspa20180209_avisrelaau_xobjequanpourlapolinut.pdf).
30. Melendrez-Ruiz J, Chambaron S, Buatois Q, Monnery-Patris S, Arvisenet G. A central place for meat, but what about pulses? Studying French consumers' representations of main dish structure, using an indirect approach. *Food Res Int*. 2019;123:790–800.
31. Fabrique à menus | Manger Bouger. 2013. Available from: <https://www.mangerbouger.fr/Manger-mieux/Vos-outils/Fabrique-a-menus> cited 17 May 2021.
32. Steptoe A, Pollard TM, Wardle J. Development of a measure of the motives underlying the selection of food: the food choice questionnaire. *Appetite*. 1995;25(3):267–84.
33. Roininen K, Tuorila H, Zandstra EH, de Graaf C, Vehkalahti K, Stubenitsky K, et al. Differences in health and taste attitudes and reported behaviour among Finnish, Dutch and British consumers: a cross-national validation of the health and taste attitude scales (HTAS). *Appetite*. 2001;37(1):33–45.
34. Grunert KG, Wills J, Celemin LF, Lähteenmäki L, Scholderer J, Storcksdieck genannt Bonsmann S. Socio-demographic and attitudinal determinants of nutrition knowledge of food shoppers in six European countries. *Food Qual Prefer*. 2012;26(2):166–77.
35. Dallongeville J, Marécaux N, Cottel D, Bingham A, Amouyel P. Association between nutrition knowledge and nutritional intake in middle-aged men from northern France. *Public Health Nutr*. 2001;4(1):27–33.
36. Hendrie GA, Coveney J, Cox D. Exploring nutrition knowledge and the demographic variation in knowledge levels in an Australian community sample. *Public Health Nutr*. 2008;11(12):1365–71.
37. Lé J, Dallongeville J, Wagner A, Arveiler D, Haas B, Cottel D, et al. Attitudes toward healthy eating: a mediator of the educational level–diet relationship. *Eur J Clin Nutr*. 2013;67(8):808–14.
38. Colombet Z, Allès B, Si Hassen W, Lampuré A, Kesse-Guyot E, Péneau S, et al. Individual characteristics associated with changes in the contribution of plant foods to dietary intake in a French prospective cohort. *Eur J Nutr*. 2018;58:1991–2002.
39. Clonan A, Wilson P, Swift JA, Leibovici DG, Holdsworth M. Red and processed meat consumption and purchasing behaviours and attitudes: impacts for human health, animal welfare and environmental sustainability. *Public Health Nutr*. 2015;18(13):2446–56.
40. Renner B, Sproesser G, Strohbach S, Schupp HT. Why we eat what we eat. The eating motivation survey (TEMS). *Appetite*. 2012;59(1):117–28.
41. Lee L, Simpson L. Are we eating less meat? A British Social Attitudes report: NatCen; 2016. p. 33. Available from: <https://natcen.ac.uk/our-research/research/british-social-attitudes-are-we-eating-less-meat/>
42. Loi EGAlim. Code rural et de la pêche maritime, LOI n° 2018–938. 2018. Available from: [https://www.legifrance.gouv.fr/oda/article\\_lc/LEGIARTI000037549069](https://www.legifrance.gouv.fr/oda/article_lc/LEGIARTI000037549069)
43. Sanchez-Sabate R, Sabaté J. Consumer attitudes towards environmental concerns of meat consumption: a systematic review. *Int J Environ Res Public Health*. 2019;16(7):1220.
44. Bénard M, Baudry J, Méjean C, Lairon D, Giudici KV, Etilé F, et al. Association between time perspective and organic food consumption in a large sample of adults. *Nutr J*. 2018;17(1):1.
45. Garcia Valinas MAG, Muñoz Pérez MA, Cordero Ferrera JM. The role of schools in providing environmental knowledge in science. In: *Investigaciones de Economía de la Educación* volume 5: Asociación de Economía de la Educación; 2010. p. 87–100. Available from: <https://ideas.repec.org/h/aec/ieed05/05-04.html> cited 11 Mar 2021.
46. Gifford R, Nilsson A. Personal and social factors that influence pro-environmental concern and behaviour: a review. *Int J Psychol*. 2014;49(3):141–57.
47. Pampel FC. The varied influence of SES on environmental concern. *Soc Sci Q*. 2014;95(1):57–75.
48. Melendrez-Ruiz J, Buatois Q, Chambaron S, Monnery-Patris S, Arvisenet G. French consumers know the benefits of pulses, but do not choose them: an exploratory study combining indirect and direct approaches. *Appetite*. 2019;141:104311.
49. Jallinoja P, Niva M, Latvala T. Future of sustainable eating? Examining the potential for expanding bean eating in a meat-eating culture. *Futures*. 2016;1(83):4–14.
50. IPSOS Reid. Factors influencing pulse consumption in Canada: Government of Alberta; 2010. Available from: [http://www1.agriculture.alberta.ca/\\$Department/deptdocs.nsf/all/sis13117/\\$FILE/v3\\_factors\\_influencing\\_pulse\\_consumption\\_final\\_report\\_feb24\\_2010.pdf](http://www1.agriculture.alberta.ca/$Department/deptdocs.nsf/all/sis13117/$FILE/v3_factors_influencing_pulse_consumption_final_report_feb24_2010.pdf)
51. Nestle M, Wing R, Birch L, DiSogra L, Drewnowski A, Middleton S, et al. Behavioral and social influences on food choice. *Nutr Rev*. 1998;56(5):50–64.
52. Ventura AK, Worobey J. Early influences on the development of food preferences. *Curr Biol*. 2013;23(9):R401–8.
53. Dumic A, Miskulin I, Matic Licanin M, Mujkic A, Cacic Kenjeric D, Miskulin M. Nutrition Counselling practices among general practitioners in Croatia. *Int J Environ Res Public Health*. 2017;14(12):1499.
54. Fassier P, Chhim AS, Andreeva VA, Hercberg S, Latino-Martel P, Pouchieu C, et al. Seeking health- and nutrition-related information on the internet in a large population of French adults: results of the NutriNet-Santé study. *Br J Nutr*. 2016;115(11):2039–46.
55. Seçkin G. Health Information on the Web and Consumers' Perspectives on Health Professionals' Responses to Information Exchange. *Med 2.0*. 2014;3(2):e4.
56. Lawrence MA, Baker PL. Ultra-processed food and adverse health outcomes. *BMJ*. 2019;365:l2289.
57. Michie S, van Stralen MM, West R. The behaviour change wheel: a new method for characterising and designing behaviour change interventions. *Implement Sci*. 2011;6(1):42.

## Publisher's Note

Springer Nature remains neutral with regard to jurisdictional claims in published maps and institutional affiliations.

## 4. Analyses complémentaires

### 4.1. Données sociodémographiques entre les participants qui déclarent un changement et ceux qui maintiennent leur comportement

#### 4.1.1. Compléments d'informations sur les méthodes

Les données sociodémographiques des participants ayant déclaré une réduction de consommation de viande ont été comparées à celles des participants ayant déclaré un maintien de la consommation de viande, à l'aide de test du Chi<sup>2</sup> et d'un modèle de régression logistique multinomiale. Cette comparaison a également été effectuée pour le changement de consommation en légumineuses.

#### 4.1.2. Résultats

Les participants déclarant une réduction de consommation de viande étaient plus susceptibles d'être des femmes, des individus ayant des revenus plus élevés, occupant des catégories socioprofessionnelles supérieures ou étant sans emploi, ayant un niveau d'études plus élevé, résidant en milieu urbain, vivant en famille, et présentant un IMC dit comme « normal », par rapport à ceux qui déclaraient un maintien de leur consommation de viande (Tableau 7). De même, les participants déclarant une augmentation de leur consommation de légumineuses étaient plus susceptibles d'avoir un niveau d'études supérieur, de vivre en famille et de présenter un IMC dit « normal » (Tableau 8).

Tableau 7. Comparaisons des données sociodémographiques entre les participants qui déclarent une réduction de consommation de viande et ceux qui maintiennent leur consommation, NutriNet-Santé, 2018 (n=30 318)

	Viande				p <sup>1</sup>	Réduction vs. Maintien		p <sup>2</sup>
	Réduction (n=22 567)		Maintien (n=7 751)			OR	95% CI	
	n	%	n	%				
<b>Sexe</b>					< 0,0001			< 0,0001
Hommes	5138	17,0	2460	8,1		REF	REF	
Femmes	17429	57,5	5291	17,5		1,56	[1,46 ; 1,66]	
<b>Age</b>					< 0,0001			< 0,0001
[18-30[	825	2,7	229	0,8		REF	REF	
[30-50[	6711	22,1	2197	7,3		0,84	[0,71 ; 0,99]	
[50-65[	8014	26,4	2393	7,9		1,01	[0,85 ; 1,19]	
[65+[	7017	23,1	2932	9,7		0,81	[0,68 ; 0,96]	
<b>Classes de revenus mensuels des ménages</b>					< 0,0001			< 0,0001
< 1200 €	3036	10,0	1167	3,9		REF	REF	
1200 - 1800 €	4445	14,7	1670	5,5		1,07	[0,98 ; 1,17]	
1800 - 2700 €	5251	17,3	1809	6,0		1,17	[1,06 ; 1,28]	
> 2700 €	7642	25,2	2246	7,4		1,28	[1,16 ; 1,41]	
Refuse de déclarer	2193	7,2	859	2,8		0,93	[0,83 ; 1,03]	
<b>Catégories socioprofessionnelles</b>					< 0,0001			0,0005
Indépendant, agriculteur, employé, travailleur manuel	5686	18,8	2353	7,8		REF	REF	
Profession intermédiaire	5478	18,1	1836	6,1		1,14	[1,06 ; 1,23]	
Cadres, professions intellectuelles	9340	30,8	2946	9,7		1,12	[1,03 ; 1,21]	
Sans emploi	273	0,9	74	0,2		1,40	[1,06 ; 1,84]	
Chômage	1790	5,9	542	1,8		1,19	[1,06 ; 1,32]	
<b>Niveau d'études</b>					< 0,0001			< 0,0001
Aucun ou primaire	344	1,1	192	0,6		REF	REF	
Secondaire	5635	18,6	2520	8,3		1,13	[0,94 ; 1,36]	
Baccalauréat, autres	7293	24,1	2405	7,9		1,37	[1,14 ; 1,66]	
Diplôme d'études supérieures	9295	30,7	2634	8,7		1,56	[1,29 ; 1,9]	
<b>Composition du ménage</b>					0,023			0,033
Seul sans enfant	4092	13,5	1481	4,9		REF	REF	
Seul avec au moins un enfant	1530	5,1	528	1,7		1,05	[0,93 ; 1,18]	
Deux adultes vivant en couple sans enfant	9351	30,8	3289	10,9		1,14	[1,05 ; 1,24]	
Deux adultes vivant en couple avec au moins un enfant	7174	23,7	2320	7,7		1,09	[1,01 ; 1,17]	
Deux adultes ou plus sans enfant	420	1,4	133	0,4		1,16	[0,94 ; 1,43]	
<b>Taille de l'unité de résidence</b>					< 0,0001			0,021
Zone rurale	4856	16,0	1856	6,1		REF	REF	
< 20 000 habitants	3411	11,3	1228	4,1		1,06	[0,98 ; 1,16]	
20 000 – 200 000 habitants	4156	13,7	1456	4,8		1,08	[1 ; 1,17]	
> 200 000 habitants	10144	33,5	3211	10,6		1,12	[1,04 ; 1,2]	
<b>IMC (kg/m<sup>2</sup>)</b>					< 0,0001			< 0,0001
« Normal »	14093	46,5	4233	14,0		REF	REF	
Insuffisance pondérale	911	3,0	343	1,1		0,77	[0,68 ; 0,88]	
Surpoids	5438	17,9	2157	7,1		0,81	[0,76 ; 0,87]	
Obésité	2125	7,0	1018	3,4		0,65	[0,59 ; 0,71]	
<b>Dernier régime de perte de poids suivi</b>					< 0,0001			< 0,0001
Pas de régime	8687	28,7	3146	10,4		REF	REF	
Dernier régime < 5 années	1656	5,5	476	1,6		1,30	[1,16 ; 1,45]	
Dernier > 5 années	12224	40,3	4129	13,6		1,15	[1,09 ; 1,22]	

<sup>1</sup> p pour le test du chi<sup>2</sup>

<sup>2</sup> p représente la signification globale de chaque variable (analyse des effets de Type 3)

Tableau 8. Comparaisons des données sociodémographiques entre les participants qui déclarent une augmentation de consommation de légumineuses et ceux qui maintiennent voire réduisent leur consommation, NutriNet-Santé, 2018 (n=18 499)

	Légumineuses				p <sup>1</sup>	Augmentation vs. Maintien/réductio		p <sup>2</sup>
	Maintien/réduction (n=2 053)		Augmentation (n=16 446)			OR	95% CI	
	n	%	n	%				
<b>Sexe</b>					0,451			0,490
Hommes	403	2,2	3345	18,1		REF	REF	
Femmes	1650	8,9	13101	70,8		0,96	[0,85 ; 1,08]	
<b>Age</b>					< 0,0001			0,112
[18-30[	73	0,4	625	3,4		REF	REF	
[30-50[	537	2,9	5097	27,6		1,04	[0,79 ; 1,36]	
[50-65[	736	4,0	5841	31,6		0,94	[0,72 ; 1,23]	
[65+[	707	3,8	4883	26,4		0,87	[0,66 ; 1,14]	
<b>Classes de revenus mensuels des ménages</b>					0,029			0,060
< 1200 €	292	1,6	2198	11,9		REF	REF	
1200 - 1800 €	431	2,3	3247	17,6		1,04	[0,88 ; 1,22]	
1800 - 2700 €	466	2,5	3789	20,5		1,17	[0,99 ; 1,38]	
> 2700 €	639	3,5	5624	30,4		1,18	[1 ; 1,39]	
Refuse de déclarer	225	1,2	1588	8,6		0,97	[0,8 ; 1,18]	
<b>Catégories socioprofessionnelles</b>					0,0003			
Indépendant, agriculteur, employé, travailleur manuel	584	3,2	3989	21,6		NA	NA	
Profession intermédiaire	483	2,6	4128	22,3		NA	NA	
Cadres, professions intellectuelles	783	4,2	6831	36,9		NA	NA	
Sans emploi	27	0,2	199	1,1		NA	NA	
Chômage	176	1,0	1299	7,0		NA	NA	
<b>Niveau d'études</b>					< 0,0001			< 0,0001
Aucun ou primaire	49	0,3	214	1,2		REF	REF	
Secondaire	600	3,2	3659	19,8		1,30	[0,94 ; 1,79]	
Baccalauréat, autres	646	3,5	5491	29,7		1,67	[1,21 ; 2,32]	
Diplôme d'études supérieures	758	4,1	7082	38,3		1,72	[1,24 ; 2,39]	
<b>Composition du ménage</b>					< 0,0001			< 0,0001
Seul sans enfant	485	2,6	3024	16,4		REF	REF	
Seul avec au moins un enfant	135	0,7	1073	5,8		1,26	[1,02 ; 1,55]	
Deux adultes vivant en couple sans enfant	818	4,4	6705	36,3		1,36	[1,18 ; 1,57]	
Deux adultes vivant en couple avec au moins un enfant	576	3,1	5344	28,9		1,31	[1,16 ; 1,48]	
Deux adultes ou plus sans enfant	39	0,2	300	1,6		1,23	[0,86 ; 1,76]	
<b>Taille de l'unité de résidence</b>					0,279			
Zone rurale	470	2,5	3465	18,7		NA	NA	
< 20 000 habitants	307	1,7	2470	13,4		NA	NA	
20 000 – 200 000 habitants	366	2,0	2971	16,1		NA	NA	
> 200 000 habitants	910	4,9	7540	40,8		NA	NA	
<b>IMC (kg/m2)</b>					< 0,0001			< 0,0001
« Normal »	1109	6,0	10556	57,1		REF	REF	
Insuffisance pondérale	106	0,6	692	3,7		0,66	[0,53 ; 0,82]	
Surpoids	561	3,0	3719	20,1		0,77	[0,68 ; 0,86]	
Obésité	277	1,5	1479	8,0		0,65	[0,56 ; 0,76]	
<b>Dernier régime de perte de poids suivi</b>					< 0,0001			0,013
Pas de régime	683	3,7	6441	34,8		REF	REF	
Dernier régime < 5 années	146	0,8	1201	6,5		0,90	[0,74 ; 1,09]	
Dernier > 5 années	1224	6,6	8804	47,6		0,85	[0,76 ; 0,95]	

<sup>1</sup> p pour le test du chi<sup>2</sup>

<sup>2</sup> p représente la signification globale de chaque variable (analyse des effets de Type 3)

## 4.2. Profils de consommateurs selon leurs motivations de réduction de consommation de viande

### 4.2.1. Contexte et objectifs

De nombreux facteurs associés aux changements dans la consommation de viande ont été mis en évidence dans la littérature récente et parmi l'ensemble de ces motifs potentiels, seuls certains semblent véritablement influencer les modifications des comportements alimentaires. Par ailleurs, ces motifs alimentaires sont associés à des profils sociodémographiques distincts. Des études récentes suggèrent que les individus engagés dans une transition alimentaire peuvent être motivés par plusieurs facteurs les incitant à modifier leur consommation alimentaire. A ce jour, peu d'études ont été conduites pour étudier les différents profils d'individus selon leur motif de réduction de consommation de viande, notamment en France.

L'objectif de cette étude était d'identifier des profils d'individus partageant des motifs de réduction de consommation de viande au sein d'une population d'adultes français non végétariens issus de la cohorte NutriNet-Santé. Un second objectif était de caractériser ces profils en fonction des caractéristiques nutritionnelles et sociodémographiques.

Cette étude est issue des travaux de stage de Clémentine Prioux (Master 2), que j'ai co-encadrée en collaboration avec Benjamin Allès. L'article est en cours de finalisation (Annexe 9) et n'a pas encore fait l'objet d'une relecture complète par l'ensemble des co-auteurs. Cependant, certains résultats préliminaires ont été présentés dans le cadre de ces travaux.

### 4.2.2. Compléments sur les données utilisées et les méthodes

#### Données utilisées

- Données sur les changements de consommation utilisées

Dans cette étude, nous avons utilisé uniquement les données sur la réduction de consommation de consommation de viande (Figure 27).

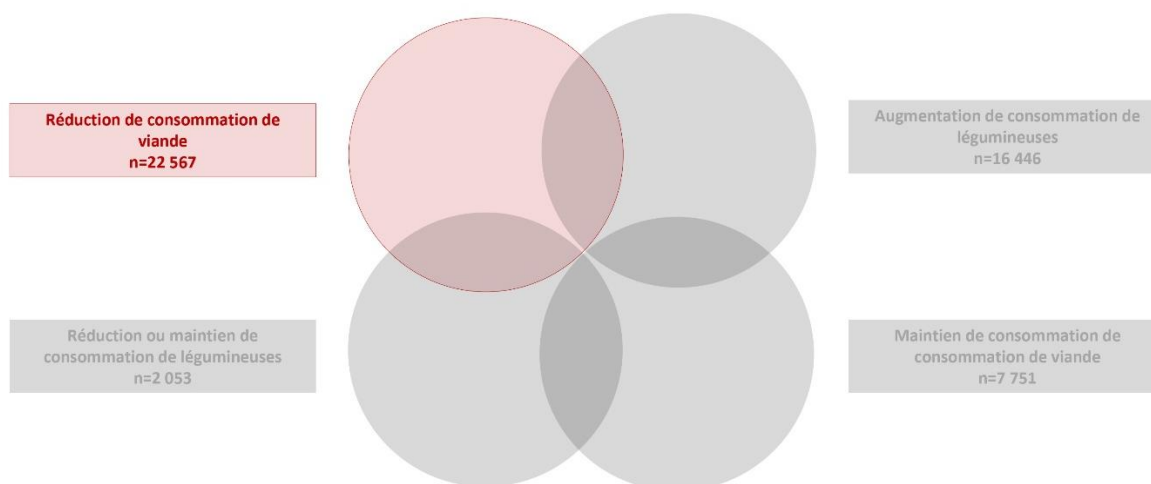


Figure 27. Echantillon d'étude du questionnaire sur les changements alimentaires utilisé pour cet analyse (avant croisement avec les données alimentaires)

- Données alimentaires utilisées

Les données alimentaires utilisées dans cette étude sont les enregistrements de 24 heures de l'étude NutriNet-Santé. Dans cette étude, nous avons inclus les participants qui avaient rempli au moins un set de trois enregistrements de 24 heures, dans la période s'étendant de cinq ans avant à un an après la soumission du questionnaire sur les changements de consommation alimentaire. Seul le set le plus proche de la date du questionnaire a été considéré pour estimer les consommations alimentaires.

L'échantillon total pour cette étude était composé de 14 866 participants de l'étude NutriNet-Santé.

### Compléments d'informations sur les méthodes

- Réduction des dimensions sur les motifs par ACM

Une première étape préliminaire a été réalisée à l'aide de l'ACM (analyse des correspondances multiples) pour extraire les dimensions qui fournissent le plus d'informations sur les associations entre les variables catégorielles, à savoir les trois catégories de motifs « pas de motif », « motif n'induisant pas de changement », « motif induisant un changement » pour les 12 motifs de la réduction de la consommation de viande.

Le nombre optimal de dimension à retenir a été déterminé par le screeplot, qui représente le pourcentage de variation restituée par les dimensions, et avons choisi de conserver 5 dimensions, du fait d'un effet de plateau au niveau de la 5<sup>ème</sup> dimension, représenté par le trait vert (Figure 28).



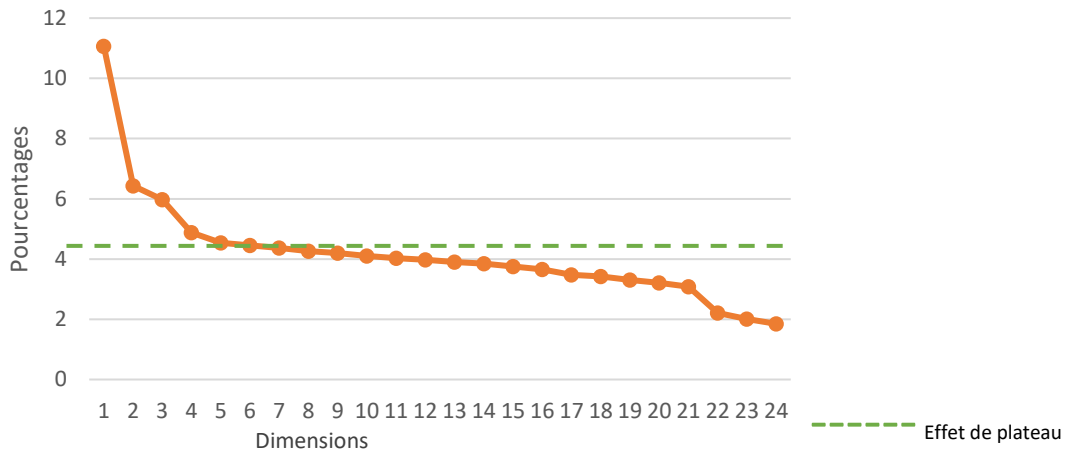


Figure 28. Screeplot de l'ACM et effet de plateau observé au niveau de la 5ème dimension

- Classification des individus sur les données de motivations

Une analyse en cluster a ensuite été réalisée par CAH des individus selon la méthode de Ward, sur la base des cinq dimensions retenues par l'ACM.

Le nombre de clusters pertinents à retenir a été tout d'abord déterminé à l'aide d'un dendrogramme (Figure 29).

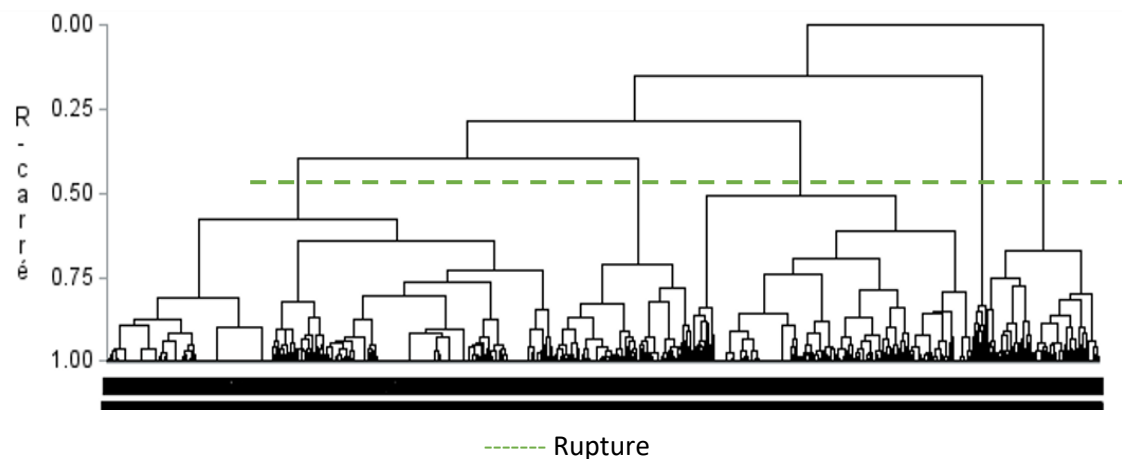


Figure 29. Dendrogramme pour la détermination du nombre de clusters

Pour confirmer l'analyse du dendrogramme, d'autres méthodes graphiques telles que le pseudo F, le pseudo T<sup>2</sup> et le Cubic Clustering Criterion (CCC) peuvent être utilisées.

Le pseudo F décrit le rapport entre la variance de la grappe et la variance à l'intérieur de la grappe. Si le pseudo F diminue, cela signifie que la variance intra-cluster augmente ou reste statique (dénominateur) ou que la variance entre clusters diminue (numérateur). Plus la statistique est

élevée, plus la partition de la classification est bonne. Il faut donc rechercher une grande valeur, c'est-à-dire un pic du Pseudo F.

Le pseudo  $T^2$  représente l'écart entre les deux derniers clusters groupés. Le découpage optimum est donc situé à un point avec une forte différence de pente avant et après.

Le CCC vise à mesurer le caractère plus ou moins significatif d'une partition en référence à une hypothèse nulle d'absence de classe (donc sans cluster). C'est le rapport du coefficient de corrélation empirique sur le théorique d'une distribution uniforme. Une partition est jugée d'autant plus significative que la valeur positive du CCC est élevée. Comme pour le pseudo F, il faut donc déceler un pic local du CCC (supérieur à 2 ou 3).



Figure 30. Graphiques représentant le CCC, le Pseudo F et le Pseudo  $T^2$

D'après notre analyse, le découpage le plus pertinent était situé pour une valeur de 5 clusters, représenté par la ligne verticale verte en Figure 30.

Afin de stabiliser les clusters et de mieux répartir les individus, nous avons effectué une étape utilisant la technique du K-mean clustering. Enfin, la fiabilité de la méthode utilisée a été testée en évaluant la concordance entre la procédure de clustering réalisée sur l'ensemble de l'échantillon et la procédure similaire effectuée sur 50 échantillons aléatoires de même taille tirés au sort sans remise. Les calculs des coefficients Kappa, marqueur de concordance entre chaque échantillon simulé et l'échantillon initial ont été réalisés. Les coefficients Kappa étaient élevés avec une médiane de 92%. Nous avons donc jugé la méthode employée de classification comme robuste et donc satisfaisante.

Ainsi, pour notre étude, cinq clusters ont été retenus.

#### 4.2.3. Descriptions des clusters obtenus, ou profils motivationnels

Tout d'abord, parmi l'ensemble des profils, trois motivations principales sont régulièrement déclarées comme étant à l'origine d'une réduction de la consommation de viande : « Variété dans l'alimentation et les sources de protéines », « Meilleure santé en limitant la consommation de viande » et « Préoccupation pour l'environnement » (Tableau 9).

Comparé aux autres profils, le **Profil 1** englobe les participants présentant les fréquences les plus élevées de déclarations indiquant un manque de motivation pour réduire leur consommation de viande. En effet, plus de 90% des participants ont déclaré ne pas être motivés par quatre aspects : « Aversion pour goût de la viande » (98,7%), « Meilleure santé en arrêtant sa consommation de viande » (99%), « Conseils du médecin » (96%) et « Aspect visuel de la viande » (95%). En outre, deux tiers des participants de ce profil ont déclaré ne trouver aucun motif pour trois autres éléments : « Qualité » (73,1%), « Préoccupation pour l'environnement » (69,7%) et « Préoccupation pour le budget » (65,2%). Ainsi, ce profil a été qualifié de « Faibles motivations ».

Le **Profil 2** présente les fréquences les plus élevées de participants ayant déclaré que certaines motivations pouvaient contribuer à réduire leur consommation de viande : « Meilleure santé en limitant la consommation de viande » (95,7%), « Préoccupation pour l'environnement » (92,9%), « Varier son alimentation et ses sources de protéines » (91,2%), « Bien-être animal » (66%), « Préoccupation pour le budget » (49,2%), « Qualité » (31,1%) et « Conseils du médecin » (7,3%). Ainsi, ce profil a été interprété comme un profil de « Motivations partiellement durables ».

Le **Profil 3** inclut les participants présentant les fréquences de déclaration les plus élevées, indiquant un niveau élevé de motivation. En comparaison avec les autres profils, ce profil se caractérise par une proportion plus importante d'individus affirmant que certains motifs peuvent les amener à réduire leur consommation de viande : « Aspect visuel de la viande » (73,2%), « Aversion pour le goût de la viande » (50,1%), « Personnes avec qui je vis n'apprécient pas ou ne consomment pas de viande » (28,3%) et « Meilleure santé en arrêtant sa consommation de viande » (24,9%). Ainsi, ce profil a été qualifié de « Motivations durables totales ».

Les **Profils 4** et **Profil 5** regroupent davantage de participants ayant déclaré des motivations faibles à modérées pour réduire leur consommation de viande. Dans le **Profil 4**, des motifs tels que le bien-être des animaux et l'environnement sont souvent mentionnés mais n'entraînent pas de changement (respectivement 67,1% et 62,9%), de même que les motifs liés à la santé et à la nutrition (respectivement 55,7% et 61%). Ce profil a été défini comme un profil de « Motivations sans réduction de viande ». Dans le **Profil 5**, une proportion plus élevée d'individus déclare que certaines motivations induisent une réduction de la consommation de viande : « Préoccupation pour l'environnement »

(56,9%), « Varier son alimentation et ses sources de protéines » (54,5%), « Meilleure santé en limitant la consommation de viande » (49,3%), « Bien-être animal » (48,4%). Ce profil a été interprété comme un profil de « Motivations modérées ».

Tableau 9. Description des groupes de motifs selon les cinq profils, NutriNet-Santé, 2018 (n=14 866)

	Echantillon total (n=14 866)	Profil 1 (Faibles motivations) (n=2 627)	Profil 2 (Motivations partiellement durables) (n=7 813)	Profil 3 (Motivations durables totales) (n=1 748)	Profil 4 (Motivations sans réduction de viande) (n=2 485)	Profil 5 (Motivations modérées) (n=193)
	%	%	%	%	%	%
<b>Aversion pour le goût de la viande<sup>1</sup></b>						
Pas de motif	92.9	98.7	100	49.9	98.3	44
Motif n'induisant pas de changement	0.7	0	0	0	0	50.8
Motif induisant un changement	6.5	1.3	0	50.1	1.7	5.2
<b>Aspect visuel de la viande</b>						
Pas de motif	84.7	95	92.5	24.2	89	64.7
Motif n'induisant pas de changement	6.7	3.6	7.2	2.6	9.5	23.3
Motif induisant un changement	8.5	1.4	0.3	73.2	1.5	12
<b>Varié son l'alimentation et ses sources de protéines</b>						
Pas de motif	10.4	38.8	2.5	2.4	6.3	9.7
Motif n'induisant pas de changement	20.5	21.4	6.2	4.3	61	35.8
Motif induisant un changement	69.1	39.9	91.2	93.4	32.6	54.5
<b>Meilleure santé en limitant la consommation de viande</b>						
Pas de motif	15.6	62	2.6	3.2	8.8	11.3
Motif n'induisant pas de changement	13.7	4.8	1.7	2.8	55.7	39.3
Motif induisant un changement	70.8	33.1	95.7	94	35.5	49.3
<b>Meilleure santé en arrêtant sa consommation de viande<sup>1</sup></b>						
Pas de motif	92.7	99	93.6	75.1	99.5	43.5
Motif n'induisant pas de changement	0.7	0	0	0	0	52.9
Motif induisant un changement	6.6	1	6.4	24.9	0.5	3.6
<b>Bien-être animal</b>						
Pas de motif	27	57.4	18.2	12.5	24.9	20.9
Motif n'induisant pas de changement	27.4	30.3	15.8	5.4	62.9	30.7

Motif induisant un changement	45.6	12.3	66	82.1	12.2	48.4
<b>Préoccupation pour l'environnement</b>						
Pas de motif	17.6	69.7	2.8	5.1	10.5	14.1
Motif n'induisant pas de changement	15.4	8.2	4.3	3.8	67.1	29
Motif induisant un changement	64.4	22.1	92.9	91	22.4	56.9
<b>Personnes avec qui je vis n'apprécient pas ou ne consomment pas de viande</b>						
Pas de motif	89.4	96	89.5	69.9	92.6	84.1
Motif n'induisant pas de changement	2.27	1.9	2	1.8	5.7	5.5
Motif induisant un changement	7.9	2.1	8.5	28.3	1.8	10.4
<b>Conseils du médecin<sup>2</sup></b>						
Pas de motif	94.1	96	92.6	90.9	97.2	93.4
Motif n'induisant pas de changement	0.5	0.6	0.2	0.2	1.2	1.6
Motif induisant un changement	5.5	3.4	7.3	8.9	1.6	5
<b>Préoccupation pour le budget</b>						
Pas de motif	42.6	65.2	33.2	29.6	47.7	47.1
Motif n'induisant pas de changement	19.9	14.8	17.5	13.1	33.7	26.7
Motif induisant un changement	37.4	20	49.2	57.3	18.6	26.2
<b>Qualité</b>						
Pas de motif	63.2	73.1	63	48.4	61.7	57.7
Motif n'induisant pas de changement	10.8	11	5.9	5.9	24	17.7
Motif induisant un changement	26.1	16	31.1	45.7	14.2	24.7
<b>Conservation</b>						
Pas de motif	91.9	94.3	94.7	81.5	89.5	86.1
Motif n'induisant pas de changement	2.6	2.6	1.3	1.3	5.9	6.7
Motif induisant un changement	5.5	3.2	4.1	17.2	4.6	7.3

<sup>1</sup> Non ajusté sur les données sociodémographiques

<sup>2</sup> Ajusté sur les données sociodémographiques, sauf l'âge, la catégorie socioprofessionnelle et la composition du foyer



# Chapitre 4. Processus de changement vers la réduction de consommation de viande : données alimentaires longitudinales, motifs et caractéristiques sociodémographiques

## 1. Contexte et objectif

Alors qu'une tendance vers une réduction de consommation de viande semble émerger, seule une minorité de la population a réellement modifié ses habitudes alimentaires. Ainsi, le défi actuel est de comprendre comment l'intention se traduit en changement de comportement afin d'accélérer la transition vers une alimentation plus durable. Dans cette étude, nous utilisons le modèle transthéorique (TTM) pour examiner le processus de changement lié à la réduction de la consommation de viande. Quelques études transversales ont utilisé le TTM, néanmoins, aucune étude à ce jour n'a permis d'étudier le lien entre des déclarations de changement (stades de changement) et des données objectives de consommation de viande au cours du temps. De plus, certains motifs en lien avec la réduction de consommation de viande ont été décrits. Il est maintenant nécessaire de comprendre si ces motifs varient au cours du processus de changement de comportement.

L'objectif principal de cette étude était de comparer les motifs associés aux stades du changement vers la réduction de consommation de viande chez des adultes français non-végétariens issus de la cohorte NutriNet-Santé. Un deuxième objectif était d'étudier les associations entre les stades du changement et l'évolution des consommations alimentaires réelles au cours du temps, dans le contexte du rééquilibrage de consommation entre les produits animaux et végétaux.

## 2. Compléments d'informations sur les données utilisées et les méthodes

### 2.1. Données utilisées

#### 2.1.1. Données sur les changements de consommation utilisées

Dans cette étude, nous avons utilisé uniquement les données sur le changement de consommation de viande ainsi que le maintien de consommation de viande (Figure 31).



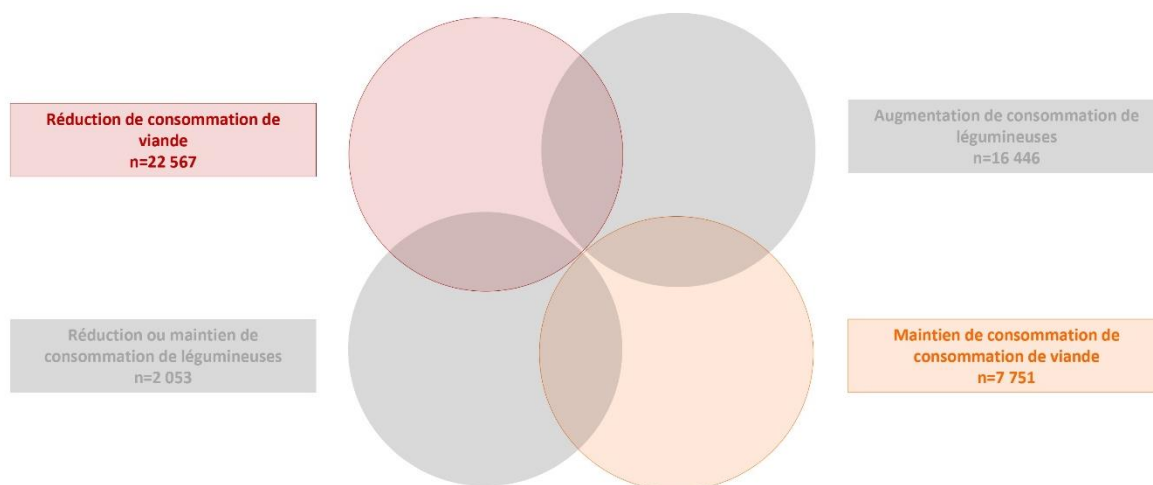


Figure 31. Echantillon d'étude utilisés dans cette analyse (avant croisement avec des données alimentaires)

### 2.1.2. Données alimentaires utilisées

Les données alimentaires utilisées dans cette étude sont les enregistrements de 24 heures de l'étude NutriNet-Santé. Dans cette étude, nous avons inclus les participants qui disposaient de données alimentaires ayant au moins deux temps de suivis différents, depuis leur inclusion dans l'étude de cohorte jusqu'à 6 mois après le remplissage du questionnaire relatif aux changements dans la consommation de viande. Les suivis étaient valides s'ils comportaient au minimum deux des trois journées d'enregistrements alimentaires de 24 heures. L'ensemble des suivis valides compris entre la date d'inclusion dans l'étude jusqu'à 6 mois après la date du questionnaire sur les changements de consommation, soit sur la période entre 2009 et 2019, ont été utilisés.

Après traitement des données, l'échantillon total pour cette étude était composé de 25 143 participants de l'étude NutriNet-Santé. Au cours de la période 2009-2019, le nombre médian de temps de suivi était de 7 et la période de suivi moyenne était de 6,2 ans (ET = 2,6).

## 2.2. Compléments d'informations sur les méthodes

### 2.2.1. Analyses transversale et longitudinale de la consommation alimentaire

Dans cette étude, la première partie de l'analyse s'est concentrée sur l'étude transversale des données alimentaires collectées à plusieurs temps de suivi. Ces analyses ont été ajustées sur plusieurs facteurs de confusion, tels qu'identifiés dans le Chapitre 3, notamment le sexe, l'âge ou le niveau d'études. Cependant, ces analyses n'ont pas pris en compte la dimension temporelle de ces données et ne permettent pas de comparer l'évolution des consommations alimentaires au cours du temps. Par conséquent, des analyses longitudinales utilisant des modèles linéaires mixtes ont été réalisées.

Dans le cadre de ce travail de thèse, l'objectif de ces modèles mixtes était d'étudier l'effet des stades de changement sur l'évolution des consommations alimentaires individuelles au cours du temps. Ces modèles ont été appliqués à six indicateurs alimentaires associés au rééquilibrage de consommation entre produits animaux et végétaux : la contribution de la viande à l'apport énergétique total, la contribution des charcuteries à l'apport énergétique total et la contribution des produits carnés à l'apport énergétique total, les indicateurs PDI, hPDI et uPDI. Les modèles mixtes ont ainsi été utilisés pour évaluer l'association entre un indicateur alimentaire au cours du temps (variable à expliquer Y) et les stades de changement (incluant le groupe « autres » ) (variable explicative X principale).

Dans les modèles mixtes, lorsqu'il s'agit d'une variable explicative qualitative et catégorielle, il est nécessaire de définir une catégorie de référence. Dans notre étude, nous avons choisi le stade de la précontemplation comme catégorie de référence, pour la variable des stades de changement.

La formule des modèles mixtes peut alors s'écrire :

$$Y_{ij} = \beta_0 + \beta_1 t_{ij} + \beta_2 X_{Cont,i} + \beta_3 X_{Prep,i} + \beta_4 X_{Action,i} + \beta_5 X_{Maintien,i} + \beta_6 X_{Autres,i} + \beta_7 X_{Cont,i} t_{ij} + \beta_8 X_{Prep,i} t_{ij} + \beta_9 X_{Action,i} t_{ij} + \beta_{10} X_{Maintien,i} t_{ij} + \beta_{11} X_{Autres,i} t_{ij} + b_{0i} + b_{1i} t_{ij} + \epsilon_{ij}$$

Ainsi,

$Y_{i,j}$  correspond à la mesure répétée  $j$  de l'indicateur alimentaire pour un individu  $i$  par exemple le log de la contribution de la viande à l'apport énergétique total,

$t_{ij}$  correspond au temps entre la date d'inclusion de l'individu  $i$  dans l'étude et la date de la mesure  $j$  de l'indicateur alimentaire.

L'interprétation des paramètres  $\beta$  de l'équation du modèle présenté ci-dessus est décrite dans le Tableau 10.

Les modèles mixtes ont également été ajustés sur certaines variables de confusion, choisies selon l'indicateur alimentaire étudié.

Tableau 10. Interprétation des paramètres  $\beta$  de notre modèle mixte

Paramètre $\beta$	Interprétation du paramètre	Logiciel SAS
$\beta_0$	Valeur moyenne de la consommation alimentaire à l'inclusion ( <i>baseline</i> ) dans le stade de précontemplation (référence)	« Intercept »
$\beta_1$	Valeur moyenne de la pente de la consommation alimentaire au cours du temps dans le stade de précontemplation	« Temps »
$\beta_2$	Valeur moyenne de la consommation alimentaire à l'inclusion dans le stade de contemplation	« Stade de contemplation »
$\beta_3$	Valeur moyenne de la consommation alimentaire à l'inclusion dans le stade de préparation	« Stade de préparation »
...	...	...
$\beta_7$	Valeur moyenne de la différence de pente entre la consommation alimentaire dans le stade de contemplation et celle dans le stade de précontemplation	« Stade de contemplation x temps »
$\beta_8$	Valeur moyenne de la différence de pente entre la consommation alimentaire dans le stade de préparation et celle dans le stade de précontemplation	« Stade de préparation x temps »
...	...	...

### 2.2.2. Échantillons réduits aux consommateurs

L'objectif étant d'étudier la réduction de la consommation de viande. Nous avons exclu les individus qui ne déclaraient aucune consommation de viande, de charcuteries et de produits carnés dans chacun des modèles correspondants.

### 2.2.3. Respect des hypothèses des modèles mixtes

Étant donné la distribution non normale de trois indicateurs, la contribution de la viande, de la viande transformée et des produits carnés à l'apport énergétique total, des transformations de variables ont été réalisées pour s'assurer que les hypothèses requises pour l'application des modèles mixtes soient respectées. Pour identifier la méthode de transformation la plus appropriée, plusieurs fonctions ont été explorées. Nous avons déterminé que la fonction logarithmique (logarithme naturel, base e) était la plus appropriée pour ces indicateurs. Les variables à expliquer normalisées ont été utilisées dans les trois modèles correspondants. Étant donné que le logarithme de zéro n'est pas défini, les valeurs nulles pour ces indicateurs ont été remplacées par la plus petite valeur non nulle, divisée par 10, afin que la fonction logarithmique soit applicable.

### 3. Article 2

Cet article a été accepté dans le Journal of Nutrition le 21 septembre 2023.

Les documents complémentaires de l'article sont présentés en :

- Annexe 10 pour le Supplemental Table 1
- Annexe 11 pour le Supplemental Table 2
- Annexe 12 pour le Supplemental Figure 1
- Annexe 13 pour le Supplemental Table 3
- Annexe 14 pour le Supplemental Table 4
- Annexe 15 pour le Supplemental Figure 2
- Annexe 16 pour le Supplemental Table 5
- Annexe 17 pour le Supplemental Table 6

# **Stages of change toward meat reduction: Associations with motives and longitudinal dietary data on animal-based and plant-based food intakes in French adults**

**Anouk Reuzé<sup>1</sup>, Caroline Méjean<sup>2</sup>, Lucie Sirieix<sup>2</sup>, Julia Baudry<sup>1</sup>, Emmanuelle Kesse-Guyot<sup>1</sup>, Nathalie Druesne-Pecollo<sup>1</sup>, Joséphine Brunin<sup>1</sup>, Serge Hercberg<sup>1</sup>, Mathilde Touvier<sup>1</sup>, Sandrine Péneau<sup>1</sup>, Benjamin Allès<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>EREN, Université Sorbonne Paris Nord, CRESS, INSERM, INRAE, Cnam, Bobigny;

<sup>2</sup>MOISA, Université de Montpellier, CIRAD, CIHEAM-IAMM, INRAE, IRD, Institut Agro, Montpellier, France

## **Sources of support for the work**

The NutriNet-Santé study is supported by the French Ministry of Solidarity and Health, the National Agency for Public Health (Santé Publique France), the National Institute for Health and Medical Research (INSERM), the National Research Institute for Agriculture, Food and Environment (INRAE), the National Conservatory of Arts and Crafts (CNAM), the Centre for Epidemiological Research and Statistics (CRESS) and Sorbonne Paris Nord University. The funders had no role in the design of the study, in the collection, analysis, or interpretation of data, in the writing of the manuscript, or in the decision to publish the results.

## **Conflict of interest**

Anouk Reuzé, no conflicts of interest

Caroline Méjean, no conflicts of interest

Lucie Sirieix, no conflicts of interest

Julia Baudry, no conflicts of interest

Emmanuelle Kesse-Guyot, no conflicts of interest

Nathalie Druesne-Pecollo, no conflicts of interest

Joséphine Brunin, no conflicts of interest

Serge Hercberg, no conflicts of interest

Mathilde Touvier, no conflicts of interest

Sandrine Péneau, no conflicts of interest

Benjamin Allès, no conflicts of interest

### **Ethics approval and consent to participate**

The NutriNet-Santé study complies with the Declaration of Helsinki guidelines and was approved by the Institutional Review Board of the French Institute for Health and Medical Research (IRB Inserm No. 0000388FWA00005831) and the French data protection authority (Commission Nationale de l'Informatique et des Libertés, CNIL No. 908450/ No. 909216). The study protocol is registered at ClinicalTrials.gov under the number NCT03335644. All subjects provided informed consent.

### **Consent for publication**

Not applicable

### **Availability of data and materials**

The datasets generated and/or analyzed in this study are secure under health data regulations set by the French data protection authority (Commission Nationale de l'Informatique et des Libertés, CNIL) and are not publicly available. The data are available upon reasonable request to the study's operational manager, Nathalie Druésne-Pecollo (n.pecollo@eren.smbh.univ-paris13.fr), for review by the NutriNet-Santé study steering committee.

### **Acknowledgments**

The authors thank all the volunteers of the NutriNet-Santé cohort.

We thank Cédric Agaesse, Alexandre De Sa, Rebecca Lutchia (dietitians); Thi Hong Van Duong, Younes Esseddik (IT manager), Régis Gatibelza, Jagatjit Mohinder and Aladi Timera (computer scientists); Julien Allegre, Nathalie Arnault, Laurent Bourhis and Fabien Szabo de Edelenyi, PhD (supervisor) (data-manager/statisticians) for their technical contribution to the NutriNet-Santé study and Nathalie Druésne-Pecollo, PhD (operational coordination).

### **Statement of authors' contributions to the manuscript**

SH, CM, MT, SP, BA, EKG and NDP designed and implement the cohort study; BA, CM, LS and AR designed research and provided essential materials; AR and BA analyzed data or performed statistical analysis; AR drafted the paper; BA had primary responsibility for final content. All the authors have read and approved the final manuscript.

### **Corresponding author**

Anouk Reuzé

Équipe de Recherche en Épidémiologie Nutritionnelle (EREN) – Centre de Recherche en Épidémiologie et Statistiques (CRESS), Université Sorbonne Paris Nord, Inserm U1153, Inrae U1125, Cnam

UFR SMBH,  
74, rue Marcel Cachin,  
F-93017, Bobigny, France  
(a.reuze@eren.smbh.univ-paris13.fr)

**Running title**

Stages of change and motives toward meat reduction

**List of abbreviations**

BMI: body mass index; PDI: plant-based diet index; SEM: standard error of the mean; SD: standard deviation; TEI: total energy intake; TTM: transtheoretical model.

## Abstract

**Background:** Reducing meat consumption is advocated for healthier and more sustainable diets. However, behavioral studies are needed to better understand the mechanisms underlying meat-reducing dietary changes.

**Objective:** The main aim of this study was to compare the motives associated with stages of change toward meat reduction in French adults, using the transtheoretical model (TTM). A second aim was to investigate the associations between stages of change and adherence to dietary patterns favoring a better balance of animal and plant food consumption over time.

**Methods:** This longitudinal study included 25,143 non-vegetarian participants of the web-based NutriNet-Santé cohort with a mean follow-up of 6.2 (SD = 2.6) years. Dietary data were obtained from 24-hour dietary records over the period 2009–2019. Contribution of meat to total energy intake and scores measuring the contribution of healthy and unhealthy plant-based foods to the diet were computed. A questionnaire completed in 2018 allowed us to identify the TTM stages of change related to meat reduction (precontemplation, contemplation, preparation, action, maintenance), and recorded motives related to meat consumption. We used multivariate linear mixed models for repeated data to assess associations between food intake changes and stages, and logistic regression for motives, presented as adjusted frequencies.

**Results:** Participants in late stages were characterized by a significantly higher decrease in meat intake over time, compared to the earliest stage (e.g.,  $\beta_{\text{maintenance*time}} = -0.08$ ,  $p < 0.0001$ ), and a higher increase in the healthy plant-based food consumption score over time (e.g.,  $\beta_{\text{maintenance*time}} = 0.11$ ,  $p < 0.0001$ ). Concerns about health, nutrition, and the environment were the most frequently cited motives for reducing meat consumption at all stages.

**Conclusions:** Individuals who had already initiated meat reduction adhered to healthier and more sustainable diets than meat continuers. Characterizing motives according to readiness to reduce meat consumption could support tailored public health campaigns.

### Clinical Trial Registry

Clinical Trial Registry: NCT03335644

<https://clinicaltrials.gov/ct2/show/NCT03335644>

### Key words:

Longitudinal study; Epidemiology; Meat reduction; Transtheoretical model; Motives



## Highlights

- Participants with higher levels of readiness were more likely to reduce their meat consumption for health, nutritional, and environmental motives than those with lower levels of readiness.
- Higher level of readiness to reduce meat consumption (i.e., action and maintenance stages of the TTM) was associated with a greater increase in healthy plant-based food consumption over time.
- Stages of change toward meat reduction were in line with observed changes in meat and meat product intakes measured by repeated 24 h dietary records.

## Introduction

One pathway for sustainable nutrition transition is a healthier balance of animal-based and plant-based foods. High meat consumption is associated with high environmental pressure (1), animal welfare issues (2), and adverse effects on human health (1). Dietary guidelines have been released in several countries to curb the consumption of meat and processed meat products (3–6). However, in most countries of the world, current levels of meat and meat product consumption remain above recommended ceilings for both human health and the environment (1,7,8). Even so, consumer intention to reduce meat consumption has recently increased (9,10). For example, in a recent study from the NutriNet-Santé cohort, we identified a shift toward more sustainable and healthier diets, in particular reduced meat consumption (11,12). More research is needed to gain a better understanding of how meat consumption is changing.

Emerging behaviors and the need to accelerate the sustainable food transition for as many consumers as possible call for a better understanding of how intention becomes behavior change. Studies focusing on behavior change have applied theories and models drawn from psychology and sociology to the question of meat reduction (13). Some theories, such as the theory of planned behavior, evaluate behavior change as a continuum process such as the theory of planned behavior (14–16). Others, such as the transtheoretical model (TTM) and the model of self-regulated behavior (16,17) view it as a sequence of discrete stages (18). The TTM is one of the most commonly used behavior change models in health (19) and defines behavior change as a sequence of five temporal stages of change, representing different levels of readiness, from a lack of awareness to intention and behavior change, based on past behavior and an action plan. These successive stages are (a) precontemplation (no intention of reducing meat consumption, no awareness of the adverse effects associated with eating meat), (b) contemplation (awareness of the adverse effects associated with eating meat, intention to reduce meat), preparation (intention to reduce meat, action plan), action (recent modifications to meat consumption), and maintenance (long-term modifications to meat consumption) (18).

Though widely used, the TTM and stage-based models in general have been challenged (20–22). Some studies have criticized the stepwise modeling of the behavior change process, one stage following another, and its unidirectionality, which does not let an individual relapse into an earlier stage (14,23,80). The cut-off points on continuous variables (time and intention) defining stages of change have also been criticized for their arbitrariness (20,21). Even so, the TTM gives insights into the process of intentional behavior change and the scope of intervention (13,23). As meat consumption is frequently a norm in Western culture, changing it may require a conscious decision (24). Intention and

actual behavior could conflict, and individual progress towards those stages that lead to behavior change needs to be studied (13).

To date, few studies have investigated the process of meat reduction across stages of change (13,25–28) and little is known about the link between the TTM for meat reduction and actual dietary intakes. A few cross-sectional studies have suggested that individuals in later stages of change consume less meat than those in earlier stages (13,26,27). However, these studies did not use validated food questionnaires and large-scale longitudinal studies to assess changes in food consumption across these stages. Also, in the context of sustainable food transition, to the best of our knowledge, no study has examined whether reducing meat consumption among non-vegetarians implies a shift toward a more plant-based diet over time.

To gain a better understanding of the process of behavior change, many studies have set out to identify factors influencing the reduction of meat consumption. Among these factors, several food choice motives have frequently been reported as inducing or hindering meat reduction, whether related to health (13,26,29–34), taste preferences (26,34), the environment (13,26,29,30,34), animal welfare (26,30), or price (29,31–33). Social norms (13,26,33) and representations (33), and motives related to external factors, such as food convenience and accessibility (35) have also been described. Although many potential motives for and against meat reduction have been identified in the literature, few studies have investigated them in relation to individuals' levels of readiness to reduce their meat consumption (13,26). A recent Danish study has suggested that motives may vary across the stages of change toward meat reduction (13).

The main aim of this study was to compare motives for reducing or continuing meat consumption according to individual levels of readiness toward meat reduction in a population of non-vegetarian French adults. A secondary objective of this longitudinal study was to investigate the associations between stages of change and adherence to dietary patterns favoring a more desirable balance of animal-based and plant-based food consumption.

## **Methods**

### **Study population**

The NutriNet-Santé study is a web-based prospective observational French cohort study launched in May 2009 to investigate the relationship between nutrition and health, especially chronic disease risk, and the determinants of dietary behavior and nutritional status. Briefly, participants are Internet-using adult volunteers prospectively recruited among the general population. The study design is described

elsewhere (36). It complies with the Declaration of Helsinki and was approved by the Institutional Review Board of the French Institute for Health and Medical Research and the French data protection authority (Commission Nationale de l'Informatique et des Libertés, CNIL 908,450 and 909,216). All the participants signed an electronic informed consent statement. The ClinicalTrials identifier is NCT03335644.

### **Self-reported reduction or continuation of meat consumption**

A questionnaire on the motives and individual readiness for reducing consumption of animal-based foods in diet was developed, based on a previous questionnaire on food choice motives (37–39). It was built jointly by epidemiology, nutrition, and social marketing researchers. This non-mandatory questionnaire was sent in August 2018 to NutriNet-Santé participants. As meat, particularly ruminant meat, is a major concern for food sustainability and human health (1), we focused on changing consumption of meat, defined as beef, minced or roast steak, rib steak, stew, ground beef in a dish such as lasagna or spaghetti Bolognese, veal, lamb, pork, offal, breaded meat, game, rabbit or hare and all processed meats or derived products. This definition excludes poultry (turkey, chicken, duck, quail, pigeon). For detailed information about this questionnaire, see a previous study (34).

### ***Stages of change***

The questionnaire included a section on individual level of readiness to change meat consumption. Two questions classified participants into five groups corresponding to the five stages of change in the TTM (18). First, each participant was asked to pick one answer to the question: “In recent years, have you reduced your meat consumption?” from eight possible answers comprising five items related to the stages of change, and two items to include participants’ situations outside the stages of change process. Participants who picked one of the five items related to stages of change were classified as follows: precontemplation stage (“No, I don’t see the point”), contemplation stage (“No, but I plan to do so soon although I don’t know exactly how” and “No, but I’ve already considered doing so although I haven’t changed my meat consumption”), preparation stage (“No, but I’m considering doing it soon and I know how”). Participants who gave a favorable response (“Yes”) to the question were classified in one of the two subsequent stages, namely action and maintenance, and were asked a second question on how long they had been reducing their meat consumption, “Could you please tell us roughly how long you’ve been reducing your meat consumption?”. In the TTM, the boundary between the action and maintenance stages is defined by how long ago the behavior change occurred; in the original model it was set at 6 months (18). However, many authors have criticized the arbitrariness with which this value was set (see for example (21)), and its inappropriateness in certain contexts, particularly dietary change (13,40,41). To choose the most appropriate boundary value for our context,

we conducted sensitivity analyses based on how long ago the change in behavior occurred. We compared three lengths of time (less than 1 year, 1–2 years, more than 2 years) with the daily mean food intakes (in g/day). We observed significant differences between mean food consumptions for participants who made a change less than 2 years ago and those who did so more than 2 years ago. We therefore set the boundary at 2 years. Participants who answered that they had reduced their meat consumption for less than 2 years were classified in the action stage and those who had reduced their meat consumption for longer than 2 years were classified in the maintenance stage.

Participants whose responses did not correspond to any stage of change (“No, it’s for another reason” and “No, because I don’t eat much meat anyway”) were categorized in a group designated “other”. Following the aim of this study, data for this group are not presented.

### ***Change-inducing and change-hindering motives toward meat reduction***

Participants were asked to respond to the following two statements by “Yes” or “No”: “I’ve reduced, or already thought about reducing my meat consumption” (meat reduction) and “I’ve always kept my meat consumption, I’ve never felt like reducing it” (meat continuation).

For either reduction or continuation of meat consumption, a set of motives was proposed, including taste, health, environment, animal protection, and sociocultural influences (see all items in Supplemental Table 1). We used the literature to select motives in the questionnaire (30,42).

Motives: For each motive, participants who declared a change/continuation in their meat consumption were asked to rate their corresponding motives on a 5-point Likert scale, from “Strongly disagree” to “Strongly agree”, including “Neither agree nor disagree”, plus an “I don’t know” answer. For example, participants who declared a reduction of their meat consumption, were asked to rate statements such as “I care about animal welfare and the lives of animals” or “I think it’s healthier not to eat too much meat”.

Change-inducing and change-hindering motives: If participants gave a favorable response to one motive (“Somewhat agree” or “Strongly agree”), a second statement “and it encourages me to reduce my meat consumption” was proposed to assess whether this motive induced a change in consumption, on a separate 5-point Likert scale. Similarly, for meat continuation motives, a second statement “and this is one reason why I’m not reducing my meat consumption” was proposed to assess whether this motive hindered a change in consumption.

Both Likert scales, for the motive and for the change-inducing or change-hindering motive, were then recoded to compute agreement scores ranging from 0 to 5 and from 1 to 5, respectively.

Using the same method as described previously (34), participants were then classified into three groups representing different types of motive, based on their answers to each motive:

– “No motive”: Participants were considered to have “no motive” if they gave an unfavorable response (“Strongly disagree”, “Somewhat disagree”, “Neither agree nor disagree” and “I don’t know”) for the motive.

For participants in this group, the motive related to animal welfare was thus not felt to be important.

– “Motive, not change-inducing”: Participants with a “motive, not change-inducing” were those who gave a favorable response (“Strongly agree” and “Somewhat agree”) to the motive but an unfavorable one (“Strongly disagree”, “Somewhat disagree”, “Neither agree nor disagree”) to the statement that the motive had induced a change in consumption.

For participants in this group, the motive related to animal welfare was thus felt to be important but was not declared as change-inducing.

– “Change-inducing motive”: Participants who gave favorable responses to both sets of statements were considered as having a “change-inducing motive”.

For participants in this this group, the motive related to animal-welfare was thus felt to be important and did lead to a change.

Similarly, for each motive related to meat continuation, participants were classified into three groups representing different types of motive: “no motive”, “motive, not change-hindering”, “change-hindering motive”.

## **Dietary data**

### ***Dietary intake assessment***

Dietary data were collected through web-based, self-administered 24 h dietary records using validated tools (43,44). At baseline and every 6 months, participants were asked to provide three non-consecutive-day 24 h dietary records (here, the term "follow-up" refers to each time that the three dietary records were completed). These three records were randomly assigned over a two-week period (two weekdays and one weekend day) to take into account the intra-variability of the daily intake. The dietary assessment method took a meal-based approach, reporting all foods and beverages consumed at any eating occasion. After filling in names of all food items, portion size for each item was estimated using standard measurements or photographs from a validated picture manual (45). Mean daily quantities of food groups (in g/d for solid and mL/d for liquid) were calculated from 24 h dietary records, weighted according to the day (week or weekend) for each follow-up. Energy, macronutrient

and micronutrient values from the dietary questionnaire were estimated by the NutriNet-Santé food composition table listing more than 3500 different foods (46).

Food and beverages were classified into 12 plant-based and 6 animal-based food groups considering nutrients and culinary similarities, as developed by Satija et al. (47), and was adapted for the NutriNet Santé database to match French consumption habits more closely (48) (Supplemental Table 2). Owing to the increased diversity of plant foods consumed, we also estimated intakes of the following food groups: “Plant-based drinks” (e.g., soy, almond, or rice), “Miscellaneous plant-based food” including subgroups such as “Meat and processed meat substitutes” (abbreviated “meat substitutes”), “Dairy dessert and cheese substitutes” (abbreviated “dairy substitutes”) and “Fermented or coagulated foods” (e.g., tempeh, tofu), and “Uncooked cereals and seeds” (e.g., oatmeal, sesame seeds). Three indices including the contribution of meat, processed meat, and meat products to total energy intake were also computed.

### ***Plant-based diet indices***

The three plant-based diet indices developed by Satija et al. were used to assess the contribution of plant-based foods to the diet (47). These indices measure the impact of plant-based foods on health: the plant-based diet index (PDI), the healthy plant-based diet index (healthy PDI) and the unhealthy plant-based diet index (unhealthy PDI). These indices were computed based on the consumption of the 18 food groups (12 plant-based foods and 6 animal-based food groups) mentioned above. For each food group, the participants' intakes were classified into quintiles. The 18 food groups were classified into three categories according to their source (animal or plant) and nutritional quality: healthy plant-based foods, unhealthy plant-based foods, and animal-based foods. For a given individual, a sub-score for each of the food groups was assigned based on the category of the food group and the quintile of consumption of the food group. The sub-scores for the 18 food groups were then summed to obtain the final scores (range 18–90). To compute PDIs, positive scores were given to the healthy and unhealthy plant-based food categories (score of 1 for the first quintile and score of 5 for the fifth quintile) and reverse scores to animal-based food category (score of 1 for the fifth quintile and score of 5 for the first quintile). The same method was used for healthy PDIs, with positive scores for healthy plant-based food groups and reverse scores for unhealthy plant-based food and animal-based food groups, and for unhealthy PDIs, with positive scores for unhealthy plant-based food and reverse scores for healthy plant-based food and animal-based food groups. A higher PDI thus reflected higher consumption of plant-based foods and lower consumption of animal-based foods compared to the sample. A higher healthy PDI reflected higher consumption of healthy plant-based foods. A higher unhealthy PDI reflected higher consumption of unhealthy plant-based foods.

### **Sociodemographic, anthropometric, and lifestyle data**

At baseline and once a year thereafter, participants were invited to fill out a set of self-administered questionnaires on sociodemographic, anthropometric, and lifestyle characteristics. For this study, characteristics collected closest to the questionnaire on changes in meat consumption were used. Data collected included sex, age, occupational category (unemployed/self-employed, farmer, employee, manual worker/intermediate profession/managerial staff, intellectual profession/no occupation) corresponding to their last occupational category before retirement, educational level (none or primary/secondary/undergraduate and others/postgraduate), household composition (alone without children/alone with at least one child/two adults living as a couple without children/ two adults living as a couple with at least one child/two or more adults without children), size of urban residence unit (rural/<20,000 inhabitants/20,000–200,000 inhabitants/>200,000 inhabitants). Monthly income per household unit was obtained per household consumer unit (c.u.). One c.u. was assigned to the first adult in the household, 0.5 c.u. for other persons aged 14 or older and 0.3 c.u. for children under 14. Five categories were defined and were assigned to participants: <1200 € per c.u./1200–1800 € per c.u./1800–2700 € per c.u./>2700 € per c.u./refused to declare). The date of the most recent weight-loss diet followed was collected, and individuals were classified into three groups: no weight-loss diet, <5 years, >5 years. Self-reported height and weight measurements were collected. Body mass index (BMI) was calculated as weight (kg) per height squared ( $m^2$ ), and participants were classified into three categories, according to World Health Organization (WHO) criteria: underweight (<18.5  $kg/m^2$ ), normal (18.5–25  $kg/m^2$ ), overweight (excluding obesity) (25–30  $kg/m^2$ ), obese ( $\geq 30$   $kg/m^2$ ) (49). Self-reported height and weight measurements were validated against clinical measurements (50). Level of physical activity was assessed using the International Physical Activity Questionnaire (IPAQ) (51), and three categories were defined.

### **Statistical analysis**

We included participants who had dietary data at least at two different follow-up times, from their inclusion in the cohort study until 6 months after the questionnaire on changes in meat consumption (included between 2009 and 2019). In addition, only follow-ups with two or three 24-hour dietary records were considered. Self-reported vegetarians and vegans together with those declaring they had eaten no meat in recent years were excluded from the study ( $n = 3162$ ), giving a final sample of 25,143 participants. More details of selection criteria can be found in the flowchart (Supplemental Figure 1).

### ***Sociodemographic, anthropometric, and lifestyle characteristics***



Sociodemographic, anthropometric, and lifestyle characteristics were described in the total sample and compared across groups of individuals corresponding to stages of change using chi2 and ANOVA tests.

### ***Food consumption***

We collected all dietary data from each complete follow-up over the period from inclusion in the cohort study until 6 months after the questionnaire on changes in meat consumption. For each follow-up, we computed mean daily food consumptions based on available 24 h dietary records, together with the six dietary indices in relation to animal-based and plant-based food consumptions: daily mean contributions of meat, processed meat, and meat products to total energy intake, PDIs, healthy PDIs, and unhealthy PDIs. For each follow-up, PDIs, healthy PDIs, and unhealthy PDIs were calculated according to the consumption quintiles of the dietary data collected in 2009 and 2010.

First, we compared the mean daily consumption of meat, processed meat and meat products at inclusion and at the latest follow-up available for each participant, for the five stages of change.

Secondly, we assessed the mean daily food consumption over the period 2009–2019 by computing the average of the mean daily food consumptions of each follow-up. These means were adjusted for sex, age, and total energy intake for the mean daily food consumptions and mean PDIs, healthy PDIs, and unhealthy PDIs, and for sex and age for the mean daily contributions of meat, processed meat, and meat products to total energy intake using linear regression models.

The above two analyses included adjustments to correct potential estimation bias but did not include comparison tests. Accordingly, we conducted additional analyses using multivariate linear mixed models. These models were run to assess the association between the six dietary indices related to animal-based and plant-based food consumptions in the diet over time (as outcomes) and stages of change (as the main explanatory variable, with the precontemplation stage as reference). This approach provides a more robust assessment of potential changes in dietary behaviors over time. Mixed models for repeated measures were used (PROC MIXED in the statistical software SAS®), with dietary indices as fixed effects, and intercept and time as random effects. In our analysis, the variable “time” refers to the length of time between the completion of the baseline dietary questionnaire and the completion of another questionnaire during the follow-up. The value of “time” corresponds to the date on which the baseline dietary questionnaire was completed. Given the non-normal distribution of the contributions of meat, processed meat, and meat products to the total energy intake, logarithmic transformations (Napierian) were computed and used as normalized dependent variables in the three corresponding models. The beta coefficient for stages of change represents the difference between the dietary index of a given stage and the precontemplation stage of change (reference) at

baseline. The beta coefficient for stages of change  $\times$  time interaction represents the difference in slope between the curve representing the dietary index over time for a given stage of change and the curve for the reference stage of change. Models were adjusted for sex and for characteristics collected closest to the questionnaire on changes in meat consumption, including age (continuous), educational level, number of follow-up times at which dietary data were recorded, monthly household income classes, occupational category, household composition, size of urban residence unit, BMI category, date of most recent weight-loss diet and physical activity level. Models for PDI, healthy PDI, and unhealthy PDI were also adjusted on the total energy intake, collected at the latest available follow-up. Models for contribution of meat, processed meat, and meat products to the total energy intake were run on the total sample, excluding participants who did not consume the food product measured by the index.

### ***Motives related to meat reduction and meat continuation according to stage of change***

In contrast to an earlier study conducted by our group (11), we used new variables of motives for meat reduction or continuation using the dedicated questionnaire previously described in the methods, and also described elsewhere (34). In this study, motives for reducing meat were described in the contemplation, preparation, action, and maintenance stages, and motives for continuing meat consumption were assessed for the precontemplation and contemplation stages.

For each motive, we ran multivariable logistic regression models between the groups representing different types of motive (no motive; motive, not change-inducing/hindering; change-inducing/hindering motive) and the stages of change. These models were adjusted for sex, age, educational level, monthly household income classes, occupational category, household composition, size of urban residence unit, BMI, date of most recent weight-loss diet and level of physical activity. We then computed the adjusted percentages from these regression models and for either meat reduction or meat continuation, adjusted frequencies of the three groups representing different types of motive were described according to stage of change.

All tests were two-sided, and a p-value of  $<0.05$  was considered significant. Statistical analyses were conducted with SAS<sup>®</sup> (version 9.4, SAS Institute, Inc.) and some of the figures were made with R Studio<sup>®</sup> (version 3.6.2, RStudio, Inc).

## **Results**

### **Sample selection and description**

A total of 25,143 participants were included in this analysis. Characteristics of the sample are given in Table 1. Women made up 74.8% of the sample. Mean age at date of completion of the meat consumption questionnaire was 56.4 years (Standard Deviation (SD) = 13.8). More than 70% of the participants were at least undergraduate level, two-thirds belonged to an occupational category corresponding to a higher socioeconomic position (e.g., managerial staff), and a third reported a monthly income per household above 2700 € (Table 1). More than 60% of participants were in one of the two last stages (action and maintenance) (Table 1).

Sociodemographic, anthropometric, and lifestyle characteristics were compared according to the five stages of change. Participants in the precontemplation stage included the highest proportion of men, whereas we observed the highest proportion of women in the action stage group. We also observed a higher proportion of older individuals in the precontemplation stage, whereas the contemplation stage group included a higher proportion of younger individuals. Participants in the maintenance stages included the highest proportion of individuals with high educational level. Participants in the preparation stage included the highest proportion of individuals with lower physical activity whereas the maintenance stage included the highest proportion of participants with high level of physical activity (see Supplemental Table 3 for detailed results).

#### **Dietary intakes and indices of healthy and unhealthy plant-based diets according to stage of change**

Over the period 2009–2019, the median number of follow-up times at which dietary data were recorded was 7 and the mean follow-up period was 6.2 (SD = 2.6) years.

Regardless of the stage of change, participants consumed less meat, processed meat, and meat products, comparing consumptions at baseline and at the latest available follow-up (except for processed meat in the preparation stage) (Figure 1, A). Mean consumption of meat, processed meat, and meat products gradually decreased between groups from the precontemplation to the maintenance stage, at both inclusion (e.g., for meat, 57.5 (SD = 47.0) g/day for precontemplation stage vs. 41.3 (SD = 40.1) g/day, for maintenance stage) and at the latest available follow-up (e.g. for meat, 51.4 (SD = 46.4) vs. 33.2 (SD=37.0) g/day, respectively). For more detailed results for dietary intakes among consumers, see Supplemental Table 4.

Over the follow-up period, the adjusted mean daily contributions of meat products, meat, and processed meat to total energy intake gradually decreased between the groups, from precontemplation stage to maintenance stage. Adjusted mean PDI and healthy PDI gradually increased between the groups (for PDI, 47.6, for precontemplation stage, and 51, for maintenance stage; for healthy PDI, 52.7 and 56.3, respectively), while unhealthy PDI was progressively slightly lower (respectively, 58.5 and 56.8) (Supplemental Figure 2). We also observed higher consumptions of meat

and dairy plant-based analogues (e.g., soy or almond milk, plant-based patties, tofu, etc.) in later stages of meat reduction (see Supplemental Figure 2).

### **Evolution of meat intakes and of the contribution of healthy and unhealthy plant-based foods to the diet, according to stage of change**

At baseline, there was a significant association between the action and maintenance stages and a smaller contribution of meat products to the diet, compared to the precontemplation stage (Supplemental Table 5). Only later stages were significantly associated with the slope of meat, processed meat, and meat product consumptions over time, meaning that only these participants showed a higher decrease in their consumption of meat products over time, compared to those in the precontemplation stage (Figure 1, B).

Stages of change toward meat reduction were all statistically associated with higher scores of PDI and healthy PDI at baseline, compared to the precontemplation stage (Supplemental Table 6). Only the last two stages were significantly associated with the slope of PDI and healthy PDI over time, compared to the precontemplation stage (Figure 1, B). The action stage was statistically associated with a higher contribution of plant-based foods over time and a higher contribution of healthy plant-based food over time, compared to the precontemplation stage. For the maintenance stage, we also observed a statistically higher contribution of overall plant-based food and healthy plant-based food over time. At baseline, the contribution of unhealthy plant-based food to the diet was statistically lower for participants in the contemplation, preparation, action, and maintenance stages, compared to those in the precontemplation stage.

Finally, no significant association was observed between the four stages of change and the slope of unhealthy PDI over time.

### **Motives for meat reduction and meat continuation according to stage of change**

#### ***Motives for meat reduction***

Concerns about health, nutrition, and preservation of the environment were the motives most frequently declared for reducing meat consumption by participants in the contemplation, preparation, action, and maintenance stages (Table 2). Frequencies of participants declaring these motives as change-inducing were even higher between the early and the later stage of change (e.g., for the health motive, 51% for contemplation vs. 75.3% for maintenance in the “change-inducing motive” group). In addition, some motives were felt to be important, but were less frequently declared as encouraging meat reduction in every stage of change. For example, up to 65% of participants in each stage declared they had concerns about animal welfare (participants in “motive, not change-inducing” and “change-

inducing motive” groups). However, this motive was declared to have induced meat reduction in fewer than half of participants in all stages (33.1% for contemplation and 47.4% for maintenance, in the “change-inducing motive” group). Also, fewer than 10% of the participants declared motives such as aversion to the taste of meat or doctor’s advice as change-inducing.

### ***Motives for meat continuation***

In both the precontemplation and contemplation stages, the pleasure of eating meat was frequently reported as a motive to continue meat consumption (73.9% and 67.1% for the precontemplation and contemplation stages, respectively, corresponding to the “change-hindering motive” group) (Table 3). Other motives such as thinking that meat is a good source of protein (64% and 53.4%), and that meat is part of personal culture (49.7% and 53%) were also fairly frequently declared as motives for not reducing meat consumption. Participants in the precontemplation stage frequently declared that they continued their meat consumption because they thought meat had health benefits (63.6%). Participants in the contemplation stage frequently declared that they continued their meat consumption owing to difficulty changing their meat-eating habits (51.5%).

## **Discussion**

Concerns about health, nutrition, and the preservation of the environment motivated individuals to reduce their meat consumption. Liking meat seemed to be one of the main barriers to change. Being in later stages of change toward meat reduction was associated with a higher decrease in the consumption of meat products and a higher increase in the consumption of healthy plant-based foods over time. To the best of our knowledge, this study is the first to examine the association between quantitative measures, which represent an evolution of food intakes, and the TTM, and to investigate a phase model of behavior change related to meat reduction in the French population.

According to the principles of the TTM applied to meat reduction, individuals in the two last stages of change (action and maintenance) had already started to reduce their meat consumption. Observed meat intakes over time were consistent with self-reported intentions and behavior change, supporting the use of this TTM construct.

We observed that individuals who had already started to reduce their meat consumption consumed more plant-based foods, and especially healthy plant-based foods, than animal-based foods over time, compared to those who had no intention of changing their consumption (i.e., the precontemplation

stage). Previous data in the same cohort study, using food frequency questionnaires and general food choice motives highlighted a slight trend towards healthier and plant-based diets over time in some parts of the population (12), notably in individuals with sustainability food concerns (11).

In our study, we found that concerns for health and nutrition were the main effective motives for reducing meat consumption for participants in contemplation through to maintenance stages. These two motives have been widely cited by meat reducers in previous studies (52), and even more among individuals in later stages (53). Yet the same two motives were also declared by participants who continued their meat consumption at the earlier stages of change, especially in the precontemplation stage. This in line with other studies which found that these motives were strongly expressed by meat eaters (31,53–55), for example those in the precontemplation stage (26,30). This paradox or ambivalent role of health and nutrition-related motives has been described previously (31,56,57) and may be partly explained by the evolution of messages derived from dietary guidelines over the last 20 years. These messages have evolved from encouraging meat intake in the early 2000s, to discouraging red meat and processed meat in the late 2010s and setting recommended ceilings (4).

Among change-inducing motives, preserving the environment was also frequently declared as a reason for reducing meat consumption, particularly in the later stages. This finding is in line with the recent Danish study (13), although previous studies have reported heterogeneous results (9,29,31,58). Public health campaigns combining health and environmental impacts of meat in their messages could thus be an effective strategy for encouraging meat reduction compared to a message focusing on a single motive, as suggested by a previous British study (59).

Concern for the preservation of animal life and for animal welfare was declared with moderate frequency as having induced meat reduction, compared to the previously cited motives. Animal welfare may be a stronger lever in other cultural settings (60) and especially for vegetarians or vegans (61), but we lack results on the effectiveness of this motive in reducing meat consumption in non-vegetarian populations. An intervention study highlighted that information about animal welfare had a strong effect on reducing meat consumption in Germany (55). To provide information about animal welfare, front-of-pack labels were developed (62), but are seldom available on food products in many countries including France. Few results are available on the effectiveness of such labels in influencing food choices (63), but further studies could investigate whether such information can incentivize meat reduction.

Among change-hindering motives, enjoying meat was the main motive reported by participants for continuing their meat consumption. This motive was even more often stated by consumers who had

no intention of changing their consumption (precontemplation stage). Many previous studies have shown that the sensory attributes of meat, and in particular its taste, were a main lever of meat consumption (54,64), and so formed an important disincentive to meat reduction (61,65). Furthermore, in our study, food habits and culinary traditions seemed to hinder change in meat consumption, especially among individuals who declared their intention to reduce meat (contemplation stage), as previously described (53). As the pleasure of eating is a core value of French food culture, public health authorities could also promote messages following the “less but better” principle (66), that is to say eating less animal-based foods both in quantity and frequency, but choosing those with better overall quality: fair trade, organic, or short circuit supply. To reduce their meat consumption, individuals could replace animal-based dishes by plant-based dishes in their meals, assuming they have the cooking skills and ideas for plant-based food recipes (67). Public health authorities could provide practical advice such as shopping tips, weekly meal planning, and recipes to help consumers add plant-based meals to their food habits such as the “La Fabrique à menus” in France (68)). Tasty plant-based products such as legumes could also be promoted, in line with previous findings (34).

Our study has some limitations. The study population consisted of volunteers, registered to answer questionnaires related to health and nutrition. This population might therefore have been more aware of health and nutrition issues. Although over 60% of the participants declared they had initiated a reduction in meat consumption, the mean intake of meat remained similar to national representative surveys (69). Another limit is the over-representation of women in our study sample compared to the general population (70), as commonly observed in various epidemiological studies (70), possibly producing selection bias. This over-representation could mean an over-representation of individuals reducing or willing to reduce their meat consumption, as it is well-established that sex is associated with changes in meat consumption (52,71). Nevertheless, our study offers the advantage of a large sample size, with over 25,000 participants, enabling us to identify a diverse range of meat consumption behaviors. Besides those who reduced their meat consumption, we identified more than 6,000 participants who reported continuing their meat consumption, of whom 51.8% reported no interest in reducing meat. Our analysis was controlled for sociodemographic characteristics, including sex, which helps limit this bias.

Secondly, some limitations regarding the use of the TTM can be highlighted, such as the arbitrary boundary between the action and maintenance stages, set at 2 years in this study. These stages are distinguished by the length of time since the behavior change occurred, which can be difficult to define in specific contexts, especially for food behavior (13,40,41). In addition, the definitions of contemplation and preparation stages is heterogeneous in the literature (13). For this study, we

defined these stages in line with both the original definition of the TTM and the study of Tobler et al. (30). We note that the use of different thresholds and the variability of definitions in different studies make comparison between findings difficult and so might limit the external validity of our results.

Our study design did not enable us to study the characteristics of individuals who had reduced their meat consumption, but no longer do so, compared to those who were still reducing their consumption. Further research could address this topic.

Some authors have questioned the validity of the stages of change, suggesting that finer distinctions within stages may be relevant (72). For example, some authors have suggested subcategories for the precontemplation stage, such as “aware” and “unaware” (73). However, as claimed by one of the original authors of the TTM, the purpose of this model is not to identify a rigidly defined set of stages and prove their existence, but rather to improve our understanding of the process of behavior change and the scope to influence this process (23). Future longitudinal studies could explore diverse decision-making paths.

Thirdly, as suggested by the TTM, the process of change involves an individual going through successive stages toward behavioral change. However, this model might not fully capture the complexity of behavior change, as some individuals may skip a stage or stay in one (23,74), or regress to an earlier stage (75). Further studies assessing stages at different time points could specifically explore relapse and other dynamics of the process. However, we observed that stages of change were in line with longitudinal dietary data. Our results support the use of such a model, although we acknowledge that this approach can be completed by other models of food behavior change.

Our study has several strengths. First, only a few studies in the literature have used the TTM to explore the process of meat reduction in a large population (13,26–28) or to explore the motives for meat reduction or continuation in the general population (13), although our sample may not be fully representative of the French population.

The longitudinal design of our study to explore the evolution of food consumption is another strength. It enabled us to observe changes in meat and meat product consumption over time using validated dietary questionnaires, and to evaluate the nutritional quality of diets across different stages of meat reduction. Further studies on the trajectory of other types of meat, such as poultry, could provide more information on the sustainable food transition. In the literature, certain studies suggest that meat reduction starts with increased poultry consumption (76–78), but other studies, in line with our cross-sectional findings, indicate a steady poultry consumption (31,76,78).



Another key strength of our study is that it examines the reduction in meat consumption in the specific context of France, where meat is central in the food culture (79). Meat reduction is thus highly relevant to a sustainable food transition in France. Transitions toward meat reduction may vary across different countries with different cultural and culinary backgrounds (28,80), which limits the comparison of the results. Our study may provide knowledge about Europeans who are less reluctant to reduce meat consumption, as more than 60% declared they were reducing their consumption, whereas in other studies, such as Denmark, only 27,6% of participants did so (13). Country-specific studies are thus essential to ensure the relevance and robustness of results for sustainable food transition.

## **Conclusion**

In this study, longitudinal dietary data were in line with theoretical assumptions of the TTM, individuals who had already initiated a meat reduction adhering to healthier and more sustainable diets, as defined by the stages of change. Health, nutrition and environmental concerns were associated with reduced meat consumption. Enjoying meat hindered meat reduction, indicating an opportunity to provide advice and practical tools to enhance the attractiveness of plant-based foods, particularly in specific populations who do not yet feel concerned by meat reduction. Further studies quantifying the environmental impacts of diets could evaluate their contributions to enhance the current nutritionally sustainable transition.

**Table 1.** Sociodemographic, anthropometric, and lifestyle characteristics of included participants and stages of change, NutriNet-Santé, 2009–2018, *n* = 25,143

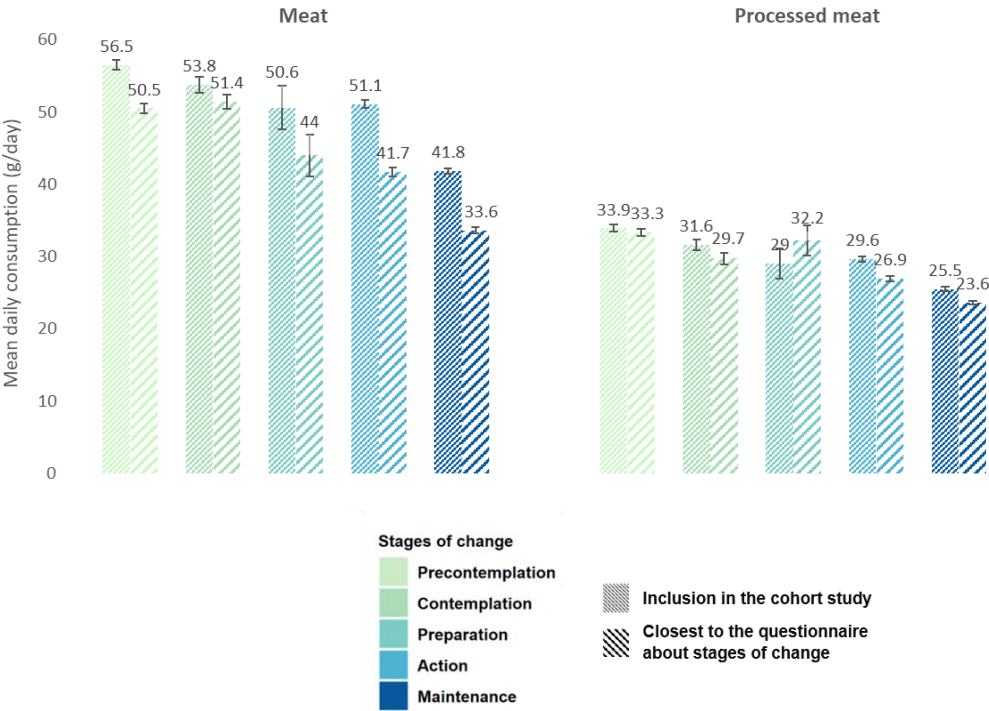
	Total sample ( <i>n</i> = 25,143)	
	<i>n</i>	% or mean (SD)
<b>Sex</b>		
Men	6326	25.2
Women	18817	74.8
<b>Age (y)</b>		
		56.4 (13.8)
<b>Age (y, category)</b>		
[18-30[	683	2.7
[30-50[	7127	28.4
[50-65[	8743	34.8
[65+[	8590	34.2
<b>Monthly household income class (per u.c.)</b>		
< 1200 €	3293	13.1
1200–1800 €	5044	20.1
1800–2700 €	5966	23.7
> 2700 €	8478	33.7
Refused to declare	2362	9.4
<b>Occupational category</b>		
Self-employed, farmer, employee, manual worker	6510	25.9
Intermediate profession	6254	24.9
Managerial staff, intellectual profession	10388	41.3
Unemployed	1830	7.3
No occupation	161	0.6
<b>Educational level</b>		
None or primary	428	1.7
Secondary	6696	26.6
Undergraduate and others	8044	32.0
Postgraduate	9975	39.7
<b>Household composition</b>		
Alone without children	4612	18.3
Alone with at least one child	1621	6.5
Two adults living as a couple without children	10800	43.0
Two adults living as a couple with at least one child	7714	30.7
Two or more adult without children	396	1.6
<b>Size of urban residence unit</b>		
Rural	5602	22.3
< 20,000 inhabitants	3877	15.4
20,000–200,000 inhabitants	4707	18.7
> 200,000 inhabitants	10957	43.6
<b>Last weight-loss diet followed</b>		
Not declaring a weight-loss diet	9615	38.2
< 5 years	1700	6.8
> 5 years	13828	55.0
<b>BMI</b>		
Underweight	1040	4.1
Normal	15426	61.4

Overweight	6229	24.8
Obesity	2448	9.7
<b>Physical activity</b>		
Low physical activity	4311	17.2
Moderate physical activity	9840	39.1
High physical activity	10992	43.7
<b>Stages of change</b>		
Precontemplation	3141	12.5
Contemplation <sup>1</sup>	1454	5.8
<i>Participants who declared meat reduction (%)</i>	916	63.0
<i>Participants who declared meat continuation (%)</i>	538	37.0
Preparation	184	0.7
Action	5052	20.1
Maintenance	10509	41.8

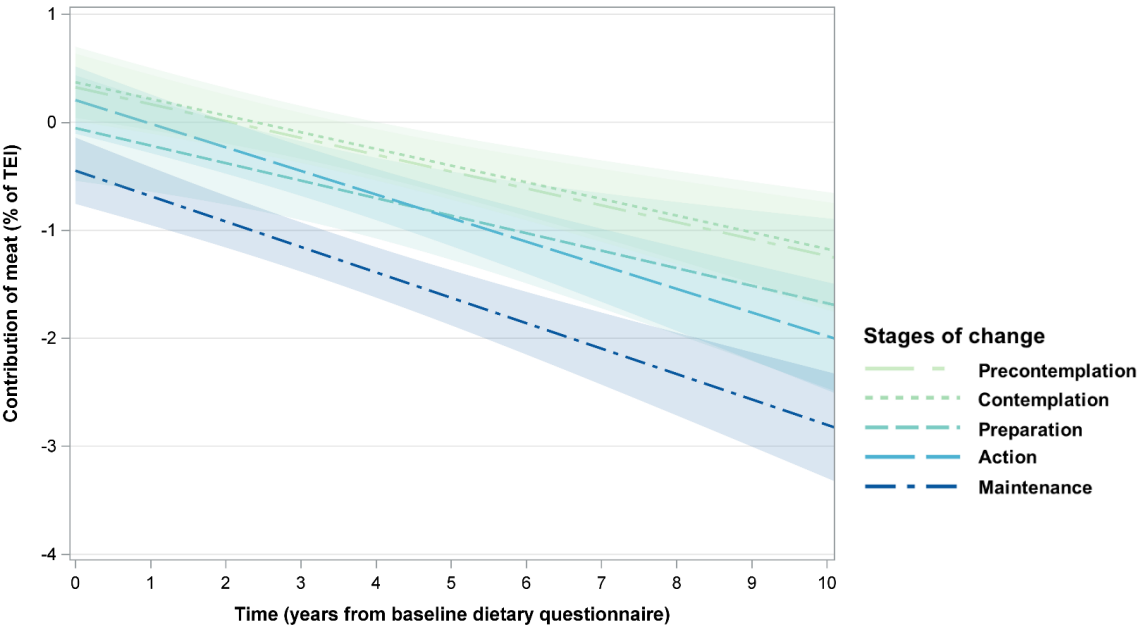
<sup>1</sup> Participants identified in the contemplation stage could either respond that they were thinking of reducing their meat consumption or that they were continuing their meat consumption.

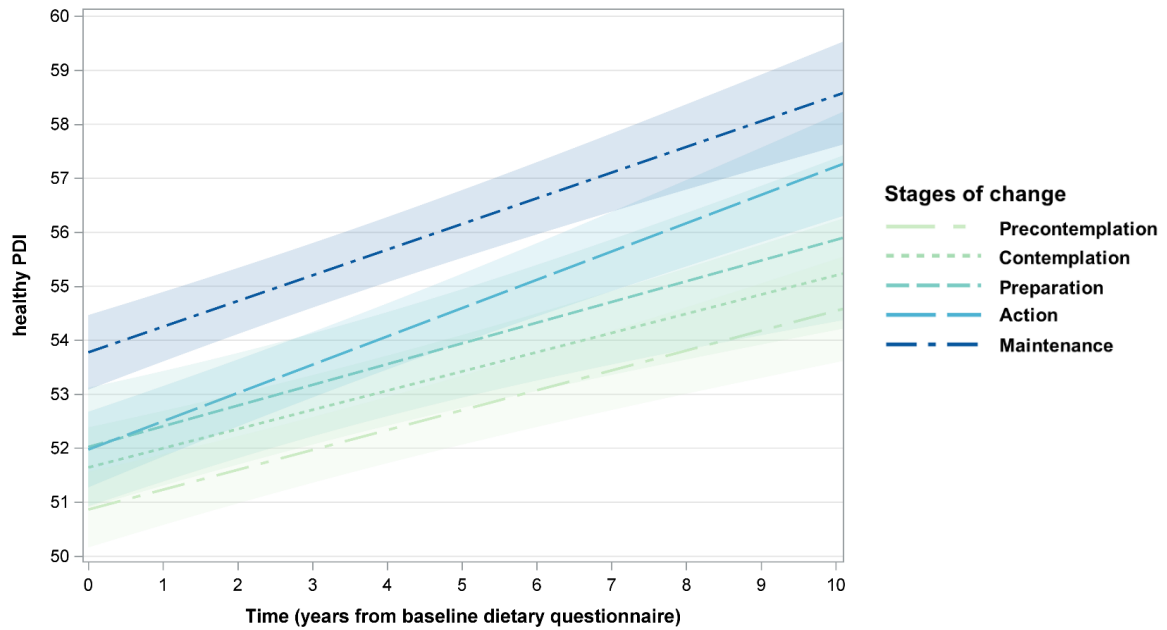
**Figure 1.** Adjusted mean daily consumption of meat and processed meat (and SEM) at the inclusion in the cohort and closest to the questionnaire on stages of change, according to stage of changes ( $n = 25,143$ ) (A)<sup>1</sup> and changes in percent energy intake provided by meat (logarithm of the contribution of the given food to total energy intake,  $n = 24,715$ ) and in healthy PDI ( $n = 25,143$ ) over time according to the group of individuals in stages of change in French adults participating in the NutriNet-Santé cohort (multivariate linear mixed models)<sup>2</sup> (B).

**(A)**



**(B)**





<sup>1</sup> Mean daily consumptions have been adjusted for sex, age (continuous) and mean total energy intake

<sup>2</sup> The mean predicted trajectories (solid lines) with 95% confidence intervals (indicated with shading) were plotted for a chosen profile of covariates. We chose the mean number of dietary records (7.8), of an average study participant profile at the date of the questionnaire on stages of change: a woman, aged 56.4 years, with a total energy intake equal to 1832 kcal (for hPDI only), with an educational level higher than primary, with an occupational category not corresponding to self-employed, farmer, employee or manual worker, with a monthly household income higher than 1200 €, not living in alone, living in a city, with a BMI corresponding to WHO categories of “underweight”, “overweight” or “obesity”, declaring a weight-loss diet and with a moderate or high physical activity. Note that the choice of profile was made to optimize graphical representation and has no influence on the differences in trajectories estimated by the model. Data not shown for the group “Other”.

**Table 2.** Comparison of adjusted frequencies according to different types of motives related to meat reduction and stages of change towards meat reduction, NutriNet-Santé, n=16,661 <sup>1</sup>

	<b>Cont.</b> <b>(n = 916)</b>	<b>Preparation</b> <b>(n = 184)</b>	<b>Action</b> <b>(n = 5052)</b>	<b>Maintenance</b> <b>(n = 10,509)</b>
	% <sup>2</sup>	% <sup>2</sup>	% <sup>2</sup>	% <sup>2</sup>
<b>I don't like the taste of meat</b>				
No motive	98.1	98.4	97	94
Motive, not change-inducing	0.4	0	0.3	0.5
Change-inducing motive	1.5	1.6	2.7	5.5
<b>I don't like the sight or the handling of meat, especially raw meat</b>				
No motive	86.6	91.9	88.1	84.6
Motive, not change-inducing	7.5	4.3	5.3	6.2
Change-inducing motive	5.8	3.8	6.6	9.2
<b>I think it's good to vary my diet and my protein sources by eating something different than meat</b>				
No motive	17.7	14	11.8	9.9
Motive, not change-inducing	33.9	19.9	16.7	18.4
Change-inducing motive	48.4	66	71.4	71.7
<b>I think it's healthier not to eat too much meat</b>				
No motive	23.5	21.3	15.2	12.7
Motive, not change-inducing	25.5	17.7	10.5	11.9
Change-inducing motive	51	61	74.3	75.3
<b>I think it's healthier to avoid meat</b>				
No motive	94.7	97.3	93.1	90.3
Motive, not change-inducing	2	0.9	0.5	1.4
Change-inducing motive	3.3	1.8	6.3	8.3
<b>I care about animal welfare or the lives of animals</b>				
No motive	34.3	34	34.7	29.3
Motive, not change-inducing	32.6	30	22.5	23.2
Change-inducing motive	33.1	36	42.8	47.4
<b>I think it's better for the environment not to eat too much meat</b>				
No motive	25	22.9	21.5	17.9
Motive, not change-inducing	29.6	21.6	15.7	15.6
Change-inducing motive	45.4	55.5	62.8	66.5
<b>The people I live with don't like or eat meat</b>				
No motive	95.5	95.5	90.7	87.9
Motive, not change-inducing	1.9	0.7	1.9	3.4
Change-inducing motive	2.6	3.8	7.4	8.8

**My doctor advises me to reduce my meat consumption**

No motive	96.2	96.9	94.4	94.8
Motive, not change-inducing	0	0	0	0
Change-inducing motive	3.8	3.1	5.6	5.2

**I am cutting back on my budget by eating less meat**

No motive	57.4	49.3	46.6	45.3
Motive, not change-inducing	21.3	22.2	18.3	18.6
Change-inducing motive	21.3	28.6	35.1	36.1

**I have trouble finding meat that I consider to be of good quality**

No motive	67.5	69.2	65.3	63.7
Motive, not change-inducing	15.5	12.7	9.4	8.3
Change-inducing motive	17	18.1	25.3	28

**I have difficulty preserving the meat I buy**

No motive	91.2	93.8	93.5	93.8
Motive, not change-inducing	3.6	2.9	2	1.7
Change-inducing motive	5.2	3.3	4.6	4.5

<sup>1</sup>This subsample includes participants who declared a meat reduction in contemplation, preparation, action and maintenance stages, which explains the variations in the total number of participants (data for the "Other" group not shown)

<sup>2</sup>Percentage adjusted for sex, age (continuous), educational level, monthly household income classes, occupational category, household composition, size of urban residence unit, BMI categories, last weight-loss diet and level of physical activity.

**Table 3.** Comparison of adjusted frequencies according to different types of motives hindering meat reduction and stages of change toward meat reduction, NutriNet-Santé (*n* = 3659) <sup>1</sup>

	Precontemplation ( <i>n</i> = 3,141)	Contemplation ( <i>n</i> = 518)
	% <sup>2</sup>	% <sup>2</sup>
<b>I enjoy eating meat</b>		
No motive	12.3	20.3
Motive, not change-hindering	13.8	12.5
Change-hindering motive	73.9	67.1
<b>I have trouble changing my meat-eating habits</b>		
No motive	55.4	39.3
Motive, not change-hindering	8.3	9.2
Change-hindering motive	36.3	51.5
<b>I think meat is good for my health</b>		
No motive	22.1	43.6
Motive, not change-hindering	14.4	12.5
Change-hindering motive	63.6	43.9
<b>I want to support farmers and meat producers</b>		
No motive	39.8	51.8
Motive, not change-hindering	23.6	19.8
Change-hindering motive	36.6	28.3
<b>I think eating meat allows me to reach satiety</b>		
No motive	36.4	44.1
Motive, not change-hindering	20.1	20.3
Change-hindering motive	43.5	35.6
<b>The people I live with like meat and want to eat it</b>		
No motive	29.3	32.5
Motive, not change-hindering	29.6	22.9
Change-hindering motive	41.1	44.5
<b>I don't know what to eat as a substitute of meat</b>		
No motive	79.2	65.3
Motive, not change-hindering	4.1	4.1
Change-hindering motive	16.7	30.6
<b>Meat is part of my culture</b>		
No motive	21.4	22.6
Motive, not change-hindering	28.9	24.4
Change-hindering motive	49.7	53



**I feel pressure from those around me to eat meat**

No motive	99.2	97.8
Motive, not change-hindering	0.7	1.9
Change-hindering motive	0.1	0.3

**I think meat is a good source of protein**

No motive	10.7	17.7
Motive, not change-hindering	25.3	28.9
Change-hindering motive	64	53.4

**I think meat gives me strength**

No motive	49	57.7
Motive, not change-hindering	9.3	8.2
Change-hindering motive	41.8	34.1

<sup>1</sup>This sample includes participants who declared meat continuation in precontemplation and contemplation stages, which explains the variations in the total number of participants (data for the "Other" group not shown).

<sup>2</sup>Percentage adjusted for sex, age (continuous), educational level, monthly household income classes, occupational category, household composition, size of the urban residence unit, BMI categories, last weight-loss diet and level of physical activity.

## References

1. Willett W, Rockström J, Loken B, Springmann M, Lang T, Vermeulen S, Garnett T, Tilman D, DeClerck F, Wood A, et al. Food in the Anthropocene: the EAT–Lancet Commission on healthy diets from sustainable food systems. *The Lancet* 2019;393:447–92.
2. Bonnet C, Bouamra-Mechemache Z, Réquillart V, Treich N. Viewpoint: Regulating meat consumption to improve health, the environment and animal welfare. *Food Policy* 2020;97:101847.
3. WHO. IARC Monographs evaluate consumption of red meat and processed meat [Internet]. World Health Organization - International Agency for Research on Cancer (IARC); 2015. Available from: [https://www.iarc.fr/wp-content/uploads/2018/07/pr240\\_E.pdf](https://www.iarc.fr/wp-content/uploads/2018/07/pr240_E.pdf)
4. HCSP. Révision des repères alimentaires pour les adultes du futur Programme national nutrition santé 2017-2021 [Internet]. Rapport de l’HCSP. Paris: Haut Conseil de la Santé Publique; 2017 Feb. Available from: <https://www.hcsp.fr/explore.cgi/avisrapportsdomaine?clefr=600>
5. Anses. Actualisation des repères du PNNS : Révision des repères de consommations alimentaires [Internet]. Paris: ANSES; 2016 Dec. Available from: <https://www.anses.fr/fr/system/files/NUT2012SA0103Ra-1.pdf>
6. Continuous Update Project Report. Food, nutrition, physical activity, and the prevention of colorectal cancer. Colorectal cancer 2011 report [Internet]. London: WCRF; 2011. Available from: <https://www.wkof.nl/sites/default/files/Colorectal-Cancer-2011-Report.pdf>
7. Miller V, Reedy J, Cudhea F, Zhang J, Shi P, Erndt-Marino J, Coates J, Micha R, Webb P, Mozaffarian D, et al. Global, regional, and national consumption of animal-source foods between 1990 and 2018: findings from the Global Dietary Database. *The Lancet Planetary Health Elsevier*; 2022;6:e243–56.
8. Cocking C, Walton J, Kehoe L, Cashman KD, Flynn A. The role of meat in the European diet: current state of knowledge on dietary recommendations, intakes and contribution to energy and nutrient intakes and status. *Nutrition Research Reviews Cambridge University Press*; 2020;33:181–9.
9. Sanchez-Sabate R, Sabaté J. Consumer Attitudes Towards Environmental Concerns of Meat Consumption: A Systematic Review. *International Journal of Environmental Research and Public Health Multidisciplinary Digital Publishing Institute*; 2019;16:1220.
10. Siegrist M, Visschers VHM, Hartmann C. Factors influencing changes in sustainability perception of various food behaviors: Results of a longitudinal study. *Food Quality and Preference* 2015;46:33–9.
11. Brunin J, Allès B, Péneau S, Reuzé A, Pointereau P, Touvier M, Hercberg S, Lairon D, Baudry J, Kesse-Guyot E. Do individual sustainable food purchase motives translate into an individual shift towards a more sustainable diet? A longitudinal analysis in the NutriNet-Santé cohort. *Cleaner and Responsible Consumption* 2022;5:100062.
12. Brunin J, Pointereau P, Allès B, Touvier M, Hercberg S, Lairon D, Baudry J, Kesse-Guyot E. Are recent dietary changes observed in the NutriNet-Santé participants healthier and more sustainable? *Eur J Nutr* 2022;61:141–55.
13. Hielkema MH, Lund TB. Reducing meat consumption in meat-loving Denmark: Exploring willingness, behavior, barriers and drivers. *Food Quality and Preference* 2021;93:104257.
14. Ajzen I. The theory of planned behavior. *Organizational Behavior and Human Decision Processes* 1991;50:179–211.
15. de Gavelle E, Davidenko O, Fouillet H, Delarue J, Darcel N, Huneau J-F, Mariotti F. Self-declared attitudes and beliefs regarding protein sources are a good prediction of the degree of transition to a low-meat diet in France. *Appetite* 2019;142:104345.
16. Weibel C, Ohnmacht T, Schaffner D, Kossmann K. Reducing individual meat consumption: An integrated phase model approach. *Food Quality and Preference* 2019;73:8–18.

17. Bamberg S. Changing environmentally harmful behaviors: A stage model of self-regulated behavioral change. *Journal of Environmental Psychology* 2013;34:151–9.
18. Prochaska JO, DiClemente CC, Norcross JC. In search of how people change. Applications to addictive behaviors. *Am Psychol* 1992;47:1102–14.
19. Michie S, Johnston M, Abraham C, Lawton R, Parker D, Walker A, et al. Making psychological theory useful for implementing evidence based practice: a consensus approach. *Qual Saf Health Care* 2005;14:26–33.
20. Etter J-F. Theoretical tools for the industrial era in smoking cessation counselling: a comment on West (2005). *Addiction* 2005;100:1041–2; author reply 1048-1050.
21. West R. Time for a change: putting the Transtheoretical (Stages of Change) Model to rest. *Addiction* 2005;100:1036–9.
22. Littell JH, Girvin H. *Stages of Change: A Critique*. Behav Modif SAGE Publications Inc; 2002;26:223–73.
23. DiClemente CC. A Premature Obituary for the Transtheoretical Model: A Response to West (2005). *Addiction* 2005;100:1046–8.
24. Strässner A-M, Hartmann C. Gradual behaviour change towards meat reduction: Development and validation of a novel decisional balance scale. *Appetite* 2023;186:106537.
25. Klöckner CA. A stage model as an analysis framework for studying voluntary change in food choices – The case of beef consumption reduction in Norway. *Appetite* 2017;108:434–49.
26. Arnaudova M, Brunner TA, Götze F. Examination of students’ willingness to change behaviour regarding meat consumption. *Meat Science* 2022;184:108695.
27. Barbieri P, Palma RFM, Nishimura RY, Damião R, Bevilacqua M, Massimino F, Chain R, Gimeno SGA, Ferreira SRG, Sartorelli DS. Factors associated with stages of change for red meat and vegetable intake by Japanese-Brazilians. *Cadernos de Saúde Pública* 2009;25:1466–74.
28. Wolstenholme E, Carfora V, Catellani P, Poortinga W, Whitmarsh L. Explaining intention to reduce red and processed meat in the UK and Italy using the theory of planned behaviour, meat-eater identity, and the Transtheoretical model. *Appetite* 2021;166:105467.
29. Lacroix K. Comparing the relative mitigation potential of individual pro-environmental behaviors. *Journal of Cleaner Production* 2018;195:1398–407.
30. Tobler C, Visschers VHM, Siegrist M. Eating green. Consumers’ willingness to adopt ecological food consumption behaviors. *Appetite* 2011;57:674–82.
31. Neff RA, Edwards D, Palmer A, Ramsing R, Righter A, Wolfson J. Reducing meat consumption in the USA: a nationally representative survey of attitudes and behaviours. *Public Health Nutrition* 2018;21:1835–44.
32. Lentz G, Connelly S, Miroso M, Jowett T. Gauging attitudes and behaviours: Meat consumption and potential reduction. *Appetite* 2018;127:230–41.
33. Vainio A, Niva M, Jallinoja P, Latvala T. From beef to beans: Eating motives and the replacement of animal proteins with plant proteins among Finnish consumers. *Appetite* 2016;106:92–100.
34. Reuzé A, Méjean C, Carrère M, Sirieix L, Druésne-Pecollo N, Péneau S, Touvier M, Hercberg S, Kesse-Guyot E, Allès B. Rebalancing meat and legume consumption: change-inducing food choice motives and associated individual characteristics in non-vegetarian adults. *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity* 2022;19:112.
35. Harguess JM, Crespo NC, Hong MY. Strategies to reduce meat consumption: A systematic literature review of experimental studies. *Appetite* 2020;144:104478.
36. Hercberg S, Castetbon K, Czernichow S, Malon A, Mejean C, Kesse E, Touvier M, Galan P. The Nutrinet-Santé Study: a web-based prospective study on the relationship between nutrition and health and determinants of dietary patterns and nutritional status. *BMC Public Health* 2010;10:242.
37. Sautron V, Péneau S, Camilleri GM, Muller L, Ruffieux B, Hercberg S, Méjean C. Validity of a questionnaire measuring motives for choosing foods including sustainable concerns. *Appetite* 2015;87:90–7.

38. Péneau S, Fassier P, Allès B, Kesse-Guyot E, Hercberg S, Méjean C. Dilemma between health and environmental motives when purchasing animal food products: sociodemographic and nutritional characteristics of consumers. *BMC Public Health* [Internet] 2017 [cited 2019 May 24];17. Available from: <https://bmcpublihealth.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12889-017-4875-6>
39. Allès B, Péneau S, Kesse-Guyot E, Baudry J, Hercberg S, Méjean C. Food choice motives including sustainability during purchasing are associated with a healthy dietary pattern in French adults. *Nutrition Journal* [Internet] 2017 [cited 2019 May 16];16. Available from: <http://nutritionj.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12937-017-0279-9>
40. Povey R, Conner M, Sparks P, James R, Shepherd R. A critical examination of the application of the Transtheoretical Model's stages of change to dietary behaviours. *Health Education Research* 1999;14:641–51.
41. Bandura A. The anatomy of stages of change. *Am J Health Promot* 1997;12:8–10.
42. de Boer J, Hoogland CT, Boersema JJ. Towards more sustainable food choices: Value priorities and motivational orientations. *Food Quality and Preference* 2007;18:985–96.
43. Touvier M, Kesse-Guyot E, Méjean C, Pollet C, Malon A, Castetbon K, Hercberg S. Comparison between an interactive web-based self-administered 24 h dietary record and an interview by a dietitian for large-scale epidemiological studies. *British Journal of Nutrition* 2011;105:1055–64.
44. Lassale C, Castetbon K, Laporte F, Camilleri GM, Deschamps V, Vernay M, Faure P, Hercberg S, Galan P, Kesse-Guyot E. Validation of a Web-based, self-administered, non-consecutive-day dietary record tool against urinary biomarkers. *Br J Nutr* 2015;113:953–62.
45. Le Moullec N, Deheeger M, Hercberg S, Preziosi P, Monteiro P, Valeix P, Rolland=Cachera M-F, Potier de Courcy G, Christides J-P, Cherouvrier F, et al. Validation du manuel-photos utilisé pour l'enquête alimentaire de l'étude SU.VI.MAX. *Cah nutr diét* 1996;31:158–64.
46. Unité de recherche en épidémiologie nutritionnelle. Table de composition des aliments, Etude NutriNet-Santé (Food Composition Database, NutriNet-Santé study). Les éditions INSERM/Economica. Bobigny, France; 2013.
47. Satija A, Bhupathiraju SN, Rimm EB, Spiegelman D, Chiuve SE, Borgi L, Willett WC, Manson JE, Sun Q, Hu FB. Plant-Based Dietary Patterns and Incidence of Type 2 Diabetes in US Men and Women: Results from Three Prospective Cohort Studies. *PLoS Med* 2016;13:e1002039.
48. Gehring J, Touvier M, Baudry J, Julia C, Buscaïl C, Srour B, Hercberg S, Péneau S, Kesse-Guyot E, Allès B. Consumption of Ultra-Processed Foods by Pesco-Vegetarians, Vegetarians, and Vegans: Associations with Duration and Age at Diet Initiation. *The Journal of Nutrition* 2021;151:120–31.
49. Obesity: preventing and managing the global epidemic. Report of a WHO consultation. Geneva, Switzerland: World Health Organization; 2000 p. 9. Report No.: 894.
50. Lassale C, Péneau S, Touvier M, Julia C, Galan P, Hercberg S, Kesse-Guyot E. Validity of Web-Based Self-Reported Weight and Height: Results of the Nutrinet-Santé Study. *J Med Internet Res* 2013;15:e152.
51. Hagströmer M, Oja P, Sjöström M. The International Physical Activity Questionnaire (IPAQ): a study of concurrent and construct validity. *Public Health Nutr* 2006;9:755–62.
52. Graça J, Godinho CA, Truninger M. Reducing meat consumption and following plant-based diets: Current evidence and future directions to inform integrated transitions. *Trends in Food Science & Technology* 2019;91:380–90.
53. Collier ES, Oberrauter L-M, Normann A, Norman C, Svensson M, Niimi J, Bergman P. Identifying barriers to decreasing meat consumption and increasing acceptance of meat substitutes among Swedish consumers. *Appetite* 2021;167:105643.
54. Piazza J, Ruby MB, Loughnan S, Luong M, Kulik J, Watkins HM, Seigerman M. Rationalizing meat consumption. *The 4Ns. Appetite* 2015;91:114–28.
55. Cordts A, Nitzki S, Spiller A. Consumer Response to Negative Information on Meat Consumption in Germany. *IFAMR* 2014;17:83–106.

56. de Boer J, Schösler H, Aiking H. Towards a reduced meat diet: Mindset and motivation of young vegetarians, low, medium and high meat-eaters. *Appetite* 2017;113:387–97.
57. Graves C, Roelich K. Psychological Barriers to Pro-Environmental Behaviour Change: A Review of Meat Consumption Behaviours. Sustainability Multidisciplinary Digital Publishing Institute; 2021;13:11582.
58. De Backer CJS, Hudders L. From meatless Mondays to meatless Sundays: motivations for meat reduction among vegetarians and semi-vegetarians who mildly or significantly reduce their meat intake. *Ecol Food Nutr* 2014;53:639–57.
59. Wolstenholme E, Poortinga W, Whitmarsh L. Two Birds, One Stone: The Effectiveness of Health and Environmental Messages to Reduce Meat Consumption and Encourage Pro-environmental Behavioral Spillover. *Front Psychol* 2020;11:577111.
60. Zander K, Feucht Y. Consumers' Willingness to Pay for Sustainable Seafood Made in Europe. *Journal of International Food & Agribusiness Marketing* Routledge; 2018;30:251–75.
61. Rosenfeld DL, Tomiyama AJ. Taste and health concerns trump anticipated stigma as barriers to vegetarianism. *Appetite* 2020;144:104469.
62. Vanhonacker F, Verbeke W. Public and Consumer Policies for Higher Welfare Food Products: Challenges and Opportunities. *J Agric Environ Ethics* 2014;27:153–71.
63. Hyland JJ, Regan Á, Sweeney S, McKernan C, Benson T, Dean M. Consumers attitudes toward animal welfare friendly produce: An island of Ireland study. *Frontiers in Animal Science* [Internet] 2022 [cited 2022 Sep 19];3. Available from: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fanim.2022.930930>
64. Mullee A, Vermeire L, Vanaelst B, Mullie P, Deriemaeker P, Leenaert T, De Henauw S, Dunne A, Gunter MJ, Clarys P, et al. Vegetarianism and meat consumption: A comparison of attitudes and beliefs between vegetarian, semi-vegetarian, and omnivorous subjects in Belgium. *Appetite* 2017;114:299–305.
65. He J, Evans NM, Liu H, Shao S. A review of research on plant-based meat alternatives: Driving forces, history, manufacturing, and consumer attitudes. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety* 2020;19:2639–56.
66. de Boer J, Schösler H, Aiking H. “Meatless days” or “less but better”? Exploring strategies to adapt Western meat consumption to health and sustainability challenges. *Appetite* 2014;76:120–8.
67. Corrin T, Papadopoulou A. Understanding the attitudes and perceptions of vegetarian and plant-based diets to shape future health promotion programs. *Appetite* 2016;
68. Fabrique à menus | Manger Bouger [Internet]. 2022 [cited 2021 May 17]. Available from: <https://www.mangerbouger.fr/Manger-mieux/Vos-outils/Fabrique-a-menus>
69. Anses. Étude individuelle nationale des consommations alimentaires 3 (INCA3). France: Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail (ANSES); 2017 Jun.
70. Andreeva VA, Salanave B, Castetbon K, Deschamps V, Vernay M, Kesse-Guyot E, Hercberg S. Comparison of the sociodemographic characteristics of the large NutriNet-Santé e-cohort with French Census data: the issue of volunteer bias revisited. *J Epidemiol Community Health* BMJ Publishing Group Ltd; 2015;69:893–8.
71. Stoll-Kleemann S, Schmidt UJ. Reducing meat consumption in developed and transition countries to counter climate change and biodiversity loss: a review of influence factors. *Regional Environmental Change* 2017;17:1261–77.
72. Brug J, Conner M, Harré N, Kremers S, McKellar S, Whitelaw S. The Transtheoretical Model and stages of change: a critique: observations by five commentators on the paper by Adams, J. and White, M. (2004) why don't stage-based activity promotion interventions work? *Health Educ Res* 2005;20:244–58.
73. Lechner L, Brug J, De Vries H, van Assema P, Mudde A. Stages of change for fruit, vegetable and fat intake: consequences of misconception. *Health Education Research* 1998;13:1–11.
74. Lenio JA. Analysis of the transtheoretical model of behavior change. 2006 [cited 2023 Sep 1]; Available from: <https://minds.wisconsin.edu/handle/1793/52717>

75. Prochaska JO, Velicer WF. The Transtheoretical Model of Health Behavior Change. *Am J Health Promot* SAGE Publications Inc; 1997;12:38–48.
76. Nevalainen E, Niva M, Vainio A. A transition towards plant-based diets on its way? Consumers' substitutions of meat in their diets in Finland. *Food Quality and Preference* 2023;104:104754.
77. Erkkola M, Kinnunen SM, Vepsäläinen HR, Meinilä JM, Uusitalo L, Konttinen H, Saarijärvi H, Fogelholm M, Nevalainen J. A slow road from meat dominance to more sustainable diets: An analysis of purchase preferences among Finnish loyalty-card holders. *PLOS Sustainability and Transformation Public Library of Science*; 2022;1:e0000015.
78. Latvala T, Niva M, Mäkelä J, Pouta E, Heikkilä J, Kotro J, Forsman-Hugg S. Diversifying meat consumption patterns: Consumers' self-reported past behaviour and intentions for change. *Meat Science* 2012;92:71–7.
79. Poquet D, Chambaron-Ginhac S, Issanchou S, Monnery-Patris S. Interroger les représentations sociales afin d'identifier des leviers en faveur d'un rééquilibrage entre protéines animales et végétales : approche psychosociale. *Cahiers de Nutrition et de Diététique* 2017; sous presse: np.
80. de Boer J, Aiking H. Prospects for pro-environmental protein consumption in Europe: Cultural, culinary, economic and psychological factors. *Appetite* 2018;121:29–40.

## 4. Analyses complémentaires

### 4.1. Données sociodémographiques associées aux stades de changement

Les caractéristiques sociodémographiques, anthropométriques et de mode de vie ont été comparées en fonction des cinq stades de changement (Annexe 13).

Les participants du stade de la précontemplation comprenaient la plus grande proportion d'hommes, d'individus plus âgés, d'individus appartenant à la catégorie des travailleurs indépendants, des agriculteurs, des employés ou des travailleurs manuels, avec un niveau d'études plus faible, vivant dans des zones rurales et la plus grande proportion d'individus souffrant de surpoids et d'obésité, par rapport aux autres stades.

Les participants du stade de contemplation incluaient une proportion plus élevée de jeunes, d'individus aux revenus mensuels plus faibles, exerçant une profession intermédiaire, avec un niveau d'études intermédiaire plus élevé, vivant en couple avec au moins un enfant et en zone rurale, et une proportion d'individus ayant un niveau d'activité physique plus faible.

Les participants du stade de préparation comprenaient une plus grande proportion d'individus âgées de 50 à 65 ans, aux revenus mensuels intermédiaires, au chômage ou sans profession, vivant en couple avec au moins un enfant et dans les grandes villes, en situation d'obésité et ayant un niveau d'activité physique plus faible.

Les participants du stade d'action comprenaient la plus grande proportion de femmes, de jeunes, d'individus ayant un niveau d'études intermédiaire, vivant dans une famille avec des enfants, et la plus grande proportion d'individus ayant un niveau d'activité physique modéré, par rapport aux autres groupes.

Les participants du stade de maintien incluaient la plus grande proportion d'individus âgés de 50 à 65 ans, ayant les revenus les plus élevés et exerçant une profession correspondant aux cadres et aux professions intellectuelles, vivant dans les grandes villes, et une plus grande proportion d'individus ayant un IMC dit « normal » et un niveau d'activité physique plus élevé, par rapport aux autres groupes.

### 4.2. Modèles mixtes avec les autres indicateurs

En plus de l'indicateur relatif à la consommation de viande et du score hPDI, les modèles mixtes ont été réalisés de la même manière sur la contribution de la charcuterie à l'apport énergétique total, la contribution des produits carnés à l'apport énergétique total, ainsi que les scores PDI et uPDI. Les

figures illustrant les résultats des modèles mixtes pour un profil donné, sont présentées en Annexe 18.

Pour le profil fixé, quel que soit le stade, les participants diminuaient leur consommation de charcuterie et de produits carnés au cours du temps. Pour le profil fixé, les participants identifiés dans les stades d'action et de maintien augmentaient leur score PDI au cours du temps, indiquant un rééquilibrage de leur consommation entre produits animaux et produits végétaux.





# Chapitre 5. Processus de changement vers la réduction de consommation de viande : évolutions des consommations alimentaires et niveaux des émissions de gaz à effet de serre

## 1. Contexte et objectifs

La réduction de consommation de viande est une des voies de diminution des émissions de gaz à effet de serre. Peu d'études se sont intéressées à la quantification des émissions de GES dans différents groupes de consommateurs de viande, en particulier au cours du processus de changement de consommation. A ce jour, aucune étude n'a quantifié la réduction des émissions de GES au cours de la réduction de consommation de viande grâce à des mesures objectives au cours du temps.

L'objectif de cette étude était de quantifier et décrire le niveau des émissions de GES liées à l'alimentation à différents stades de la réduction de consommation de viande, dans une population d'adultes français non-végétariens issus de la cohorte NutriNet-Santé. Un second objectif était de décrire l'évolution du niveau d'émissions de GES au cours du temps (entre 2014 et 2018) pour les différents stades de changement.

## 2. Compléments d'informations sur les données utilisées et les méthodes

### 2.1. Données utilisées

#### 2.1.1. Données sur les changements de consommation utilisées

Dans cette étude, nous avons utilisé uniquement les données sur le changement de consommation de viande ainsi que le maintien de consommation de viande (Figure 32).

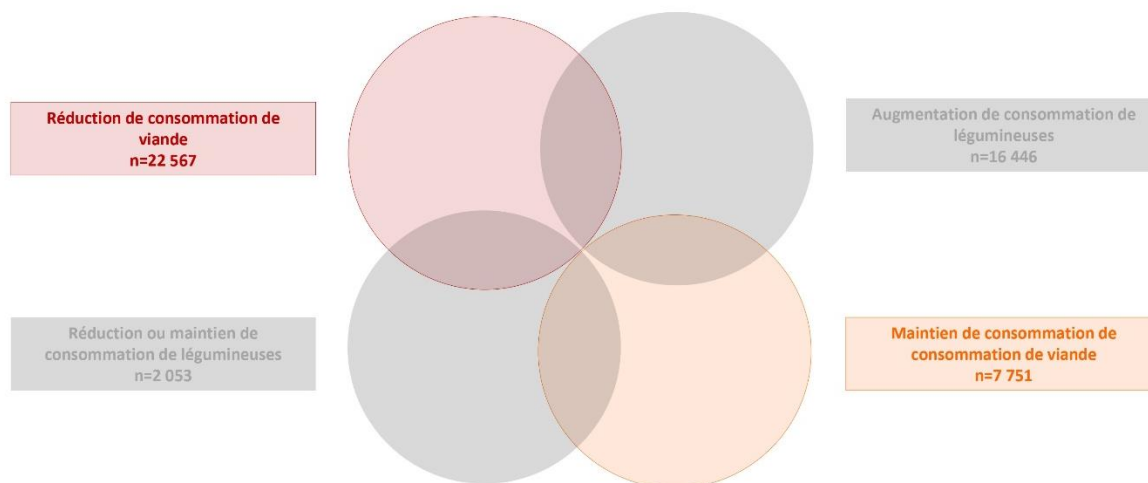


Figure 32. Echantillon d'étude utilisé dans cette analyse (avant croisement avec des données alimentaires)

Les cinq groupes d'individus identifiés dans les stades de changement ainsi que le groupe « autres » ont été étudiés. Parmi ce dernier groupe « autres », les individus qui avaient déclaré « Non, parce que je mangeais déjà peu de viande » ont été regroupés dans une catégorie différente, appelée « petits consommateurs de viande ».

### 2.1.2. Données alimentaires utilisées

Les données alimentaires utilisées dans cette étude sont les questionnaires de fréquence alimentaire FFQ-Bio de l'étude BioNutriNet. Dans cette étude, nous avons inclus les participants qui disposaient de données alimentaires complètes aux deux temps de suivi de l'étude BioNutriNet, c'est-à-dire en 2014 et en 2018.

Après traitement des données et croisement des deux bases de données, l'échantillon total pour cette étude était composé de 13 635 participants.

## 2.2. Compléments d'informations sur les méthodes

Dans cette étude, nous avons examiné la consommation alimentaire individuelle ainsi que les niveaux d'émissions de GES associés à l'alimentation en 2014 et en 2018 dans un échantillon du projet BioNutriNet. Les données ont été ajustées sur l'apport énergétique total, pour chaque temps de suivi. La valeur de l'apport énergétique total utilisée dans l'ajustement était soit celle de 2014 soit celle de 2018.

Les consommations alimentaires moyennes et les niveaux d'émissions de GES moyens ont été comparés entre les stades de changement en 2014 à l'aide de l'ANCOVA. Ces tests ont également été effectués sur les données collectées en 2018. Ils visaient à évaluer si les consommations alimentaires

moyennes et les niveaux d'émissions de GES moyens dans les stades étaient significativement différents en 2014 puis en 2018.

La différence entre les niveaux d'émissions de GES de 2014 et de 2018 a été calculée par individu et les moyennes de ces différences dans les stades de changement ont été comparées à l'aide de l'ANCOVA. Ces tests visaient à évaluer l'ampleur de la diminution des niveaux d'émissions de GES entre les stades de changement.

Les niveaux d'émissions de GES en 2014 et 2018 sont des données appariées et ajustées, ainsi, pour comparer les deux sets de données, nous avons extrait les résidus de ces variables grâce à la méthode des résidus. Pour chacun des stades, un test t de Student pour données appariées a été ensuite effectué sur les résidus pour comparer ces données aux deux temps de suivi. Bien que cette méthode ne soit pas la plus optimale, il s'agit de la seule disponible à notre connaissance pour comparer ce type de données.

### **3. Article 3**

Cet article n'a pas été relu par l'ensemble des co-auteurs.

Les documents complémentaires de l'article sont présentés en :

- Annexe 19 pour le Supplemental Table 1
- Annexe 20 pour le Supplemental Table 2
- Annexe 21 pour le Supplemental Figure 1
- Annexe 22 pour le Supplemental Table 3
- Annexe 23 pour le Supplemental Table 4
- Annexe 24 pour le Supplemental Table 5

## **Diet-related greenhouse gases emissions according to individual readiness to reduce meat consumption (results from the NutriNet-Santé study)**

**Anouk Reuzé<sup>1</sup>, Julia Baudry<sup>1</sup>, Joséphine Brunin<sup>1,2</sup>, Sandrine Péneau<sup>1</sup>, Caroline Méjean<sup>3</sup>, Mathilde Touvier<sup>1</sup>, Philippe Pointereau<sup>4</sup>, Denis Lairon<sup>5</sup>, Emmanuelle Kesse-Guyot<sup>1\*</sup>, Benjamin Allès<sup>1\*</sup>**

**\*co-directed the study**

<sup>1</sup> Université Sorbonne Paris Nord and Université Paris Cité, INSERM, INRAE, CNAM, Center of Research in Epidemiology and Statistics (CRESS), Nutritional Epidemiology Research Team (EREN), F-93017 Bobigny, France

<sup>2</sup> Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Énergie (ADEME), Angers, France

<sup>3</sup> MOISA, Université de Montpellier, CIRAD, CIHEAM-IAMM, INRAE, IRD, Institut Agro, Montpellier, France

<sup>4</sup> Solagro, 75, Voie TOEC, CS 27608, F-31076 Toulouse Cedex 3, France

<sup>5</sup> Aix Marseille Université, Inserm, INRAE, C2VN, 13005 Marseille, France

### **Sources of support for the work**

The BioNutriNet project (PI EKG) was supported by the French National Research Agency (Agence Nationale de la Recherche) in the context of the 2013 Programme de Recherche Systèmes Alimentaires Durables (ANR-13-ALID-0001). The TRANSFood (PI EKG) project was supported by the French National Research Agency (Agence Nationale de la Recherche) (ANR - 21- CE21 - 0011). The NutriNet-Santé cohort study is funded by the following public institutions, the French Ministry of Solidarity and Health, the National Agency for Public Health (Santé Publique France), the National Institute for Health and Medical Research (INSERM), the National Research Institute for Agriculture, Food and Environment (INRAE), the National Conservatory of Arts and Crafts (CNAM), the Centre for Epidemiological Research and Statistics (CRESS) and Sorbonne Paris Nord University. The funders had no role in the design of the study, in the collection, analysis, or interpretation of data, in the writing of the manuscript, or in the decision to publish the results. Josephine Brunin is supported by a doctoral scholarship from INRAE and the French Environment and Energy Management Agency (ADEME).

### **Conflict of interest**

The authors declare that they have no known competing financial interests or personal relationships that could have appeared to influence the work reported in this paper.

### **Ethics approval and consent to participate**

The NutriNet-Santé study complies with the Declaration of Helsinki guidelines and was approved by the Institutional Review Board of the French Institute for Health and Medical Research (IRB Inserm No. 0000388FWA00005831) and the French data protection authority (Commission Nationale de l'Informatique et des Libertés, CNIL No. 908450/ No. 909216). The study protocol is registered at ClinicalTrials.gov under the number NCT03335644. All subjects provided informed consent.

### **Consent for publication**

Not applicable

### **Availability of data and materials**

The datasets generated and/or analyzed in this study are secure under health data regulations set by the French data protection authority (Commission Nationale de l'Informatique et des Libertés, CNIL) and are not publicly available. The data are available upon reasonable request to the study's operational manager, Marine Ricau (m.ricau@eren.smbh.univ-paris13.fr), for review by the NutriNet-Santé study steering committee.

### **Acknowledgements**

The authors warmly thank all the volunteers of the NutriNet-Santé cohort. We also thank Selim Aloui (IT manager), Thi Hong Van Duong, Régis Gatibelza, Aladi Timera and Jagatjit Mohinder (computer scientists), Fabien Szabo de Edelenyi, PhD (data management supervisor), Julien Allègre, Nathalie Arnault, Laurent Bourhis (data-managers/biostatisticians), Paola Yvroud (physicians) and Cédric Agaesse, Alexandre De-Sa and Rebecca Lutchia (dieticians), Maria Gomes and Mirette Foham for their technical contribution to the NutriNet-Santé study.

### **Corresponding author**

Anouk Reuzé

Équipe de Recherche en Épidémiologie Nutritionnelle (EREN) – Centre de Recherche en Épidémiologie et Statistiques (CRESS), Université Sorbonne Paris Nord, Inserm U1153, Inrae U1125, Cnam

UFR SMBH,

74, rue Marcel Cachin,

F-93017, Bobigny, France

(a.reuze@eren.smbh.univ-paris13.fr)

### **Running title**

Stages of change and diet-related greenhouse gases

**List of abbreviations**

BMI: body mass index; GHGe: greenhouse gases emissions; PDI: plant-based diet index; SEM: standard error of the mean; SD: standard deviation; TEI: total energy intake; TTM: transtheoretical model.

## **Abstract**

### **Background**

Mitigating greenhouse gas emissions (GHGe) is an urgent priority among all environmental emergencies and requires drastic changes in dietary habits, notably a strong reduction of meat consumption. As the process of change can be experienced by stages, we may wonder what actual changes in each stage of meat reduction could be associated with varying diet-related GHGe over time. We therefore aimed to describe 1) levels of diet-related GHGe and 2) their change over time according to individual readiness to reduce meat consumption.

### **Methods**

Food consumptions of 13,635 non-vegetarian French adults participating in the NutriNet-Santé Cohort were assessed using a food frequency questionnaire at two time points, in 2014 and 2018. Diet-related GHGe were assessed using life cycle assessment. In 2018, levels of readiness to reduce meat consumption was assessed, using the stages of change from the transtheoretical model: precontemplation, contemplation/preparation, action, maintenance. Energy-adjusted diet-related GHGe were compared across stages in 2014 and in 2018, using ANCOVA. Differences in diet-related GHGe over time were compared using paired Student test. Contribution of food categories to diet and GHGe were also described.

### **Results**

Individuals in the “maintenance” stage had the lowest diet-related GHGe, with an average of 3.73 kg CO<sub>2</sub>eq/day (SEM=0.02) in 2018, compared to 5.04 kg CO<sub>2</sub>eq/day (SEM=0.04) in the “precontemplation” stage. Only participants in the “action” and the “maintenance” stages decreased their diet-related GHGe over time (both  $p < 0.0001$ ). Specifically, GHGe from ruminant and monogastric meat decreased over time for these two latter stages (all  $p < 0.0001$ ), while their GHGe from cheese increased.

### **Conclusions**

Participants who declared a meat reduction showed an actual reduction of their diet-related GHGe. However, our results underline that even among individuals in later stages, GHGe reduction objectives are far from being achieved. Therefore, further and important efforts are urgently needed including ambitious public health policies to accelerate the transition.



## **Clinical Trial Registry**

Clinical Trial Registry: NCT03335644

<https://clinicaltrials.gov/ct2/show/NCT03335644>

## **Key words**

Carbon footprint; Epidemiology; Meat reduction; Transtheoretical model;

## **Highlights**

- Participants in the “action” and “maintenance” stages had the lowest diet-related GHGe and are the only two stages of change to have decreased their GHGe between 2014 and 2018.
- In both 2014 and 2018, participants in “action” and “maintenance” stages had the highest consumption of healthy plant-based foods and the highest consumption of organic products.
- Individuals with higher readiness to reduce meat consumption did actually reduced their overall GHGe, mostly due to reduced consumption of ruminant meat, but also pork and poultry.
- Observed reduction in diet-related GHGe is not yet sufficient to meet GHGe reduction objectives and further efforts are required.

## Introduction

Following the 2023 update of the planetary limits framework, six of the nine planetary limits had been crossed, jeopardizing humanity's safety zone (1). One significant contributor to the transgression of these critical limits is food systems, accounting for approximately 30% of global greenhouse gas emissions (GHGs) (2), and thus making a substantial contribution to climate change (3). No actions on food systems may preclude achieving Paris climate targets (4,5). Indeed, many prospective scenarios suggest that without decisive action in the coming decades, unsustainable dietary patterns could trigger an additional 80% increase in GHGs by 2050, compared to the current situation (6). In response, both national and international initiatives have set carbon reduction targets over the past two decades. Achieving these targets, however, requires profound changes in food systems, including dietary habits (7).

A growing body of literature has consistently reported that plant-based diets, particularly vegetarian and vegan diets, exhibit lower GHGs emissions, compared to diets rich in animal products (8–12). Optimization studies also align with these observational findings, highlighting the importance of reducing meat consumption to mitigate our environmental impact (13–16). It is now firmly established that reducing the consumption of animal products, particularly ruminant meat, represents a critical and powerful lever for addressing the climate challenge (17). Today, a trend towards meat reduction has emerged in Western countries for population segments (18). For instance, previous studies conducted in the French NutriNet-Santé study observed that certain groups of individuals (more educated individuals and women) increased their consumption of plant-based foods over animal-based foods over time (19–21). It is essential to characterise the ongoing transition, particularly in terms of meat consumption, which is a significant lever, and to investigate whether current dietary changes actually go in the “sustainable” direction, by assessing carbon footprint associated with these dietary changes.

Theories and models of behaviour change from psychology and sociology are commonly used to gain a better understanding of the process leading to meat reduction (22–31). In the present study, we hypothesised that individuals may reduce their meat consumption by progressing through distinct stages of change as defined in the transtheoretical model (TTM) (32). This stage model suggests that behaviour change occurs through levels of readiness, ranging from a lack of awareness to intention and behaviour change, as defined by a series of five temporal stages of change. These successive stages are as follows: (a) precontemplation (no intention of reducing meat consumption, no awareness of the adverse effects associated with eating meat), (b) contemplation (awareness of the adverse effects associated with eating meat, intention to reduce meat), preparation (intention to reduce meat, action

plan), action (recent modifications to meat consumption), and maintenance (long-term modifications to meat consumption).

Thus, the aim of this study was to estimate the level of diet-related GHGe according to various levels of readiness to change meat consumption in 2014 and 2018. A second objective was to describe how these GHGe levels evolved between 2014 and 2018 in different stages of change.

## **Methods**

### **Study population**

The NutriNet-Santé study is a web-based prospective observational French cohort launched in May 2009. It examines the links between nutrition and health, particularly the risk of chronic diseases, as well as the determinants of dietary behaviours and nutritional status. Briefly, participants are Internet-using adult volunteers prospectively recruited among the general population. The study design has already been detailed elsewhere (33). It has been conducted in accordance with the guidelines outlined in the Declaration of Helsinki and was approved by both the Institutional Review Board of the French Institute for Health and Medical Research and the Commission Nationale de l'Informatique et des Libertés (CNIL 908,450). A statement of informed consent was electronically signed by each participant. The Clinical Trial number is NCT03335644.

### **Self-reported reduction or continuation in meat consumption**

A questionnaire regarding the motives and the individual readiness for reducing consumption of animal-based foods in diet was developed jointly by epidemiology, nutrition, and social marketing researchers, using prior questionnaires on food choice motives (34–36). This non-mandatory questionnaire was sent in August 2018 to all NutriNet-Santé participants. For detailed information about this questionnaire, see previous studies (21,37). From this questionnaire, we used questions regarding readiness to reduce meat consumption, defined as beef, minced or roast steak, rib steak, stew, ground beef in a dish such as lasagna or spaghetti Bolognese, veal, lamb, pork, offal, breaded meat, game, rabbit or hare and all processed meats or derived products. This definition does not include poultry (turkey, chicken, duck, quail, pigeon).

To classify participants into groups corresponding to the stages of change in the TTM, two questions were used (38). The first question asked participants about their recent meat consumption reduction: “In recent years, have you reduced your meat consumption?”. They had with seven possible options (M1 to M7), including five modalities related to the stages of change (M1 to M5), and two modalities

for participants' situations outside the stages of change (M6 and M7). Participants who picked one of the five modalities related to stages of change were classified as follows:

- "precontemplation" stage (M1: "No, I don't see the point")
- "contemplation" stage (M2: "No, but I plan to do so soon although I don't know exactly how" and M3: "No, but I've already considered doing so although I haven't changed my meat consumption")
- "preparation" stage (M4: "No, but I'm considering doing it soon and I know how")

In this study, participants identified in the contemplation stage and the preparation stage have been gathered, as they are both participants with intention to reduce.

Participants who gave a favorable response (M5: "Yes") to the question were classified in one of the two subsequent stages, namely action and maintenance, and were asked a second question on how long they had been reducing their meat consumption, "Could you please tell us roughly how long you've been reducing your meat consumption?". Participants who answered that they had reduced their meat consumption for less than 2 years were classified in the "action" stage and those who had reduced their meat consumption for longer than 2 years were classified in the "maintenance" stage. More details about the distinction between the two later stages can be found elsewhere (21).

Participants with situations outside the stages of change, i.e. whose responses did not correspond to any stage of change, were categorized in two groups: already small meat eaters (M6 "No, because I don't eat much meat anyway") and other (M7 "No, it's for another reason"). Individuals who responded not eating much meat anyway were included in the analysis as a reference group. Data for the group other were not shown for this present analysis.

## **Dietary data**

### ***Dietary intake assessment***

A self-administered organic food frequency questionnaire (Org-FFQ), adapted from a validated food frequency questionnaire (FFQ), was used to collect dietary data (39). This semi-quantitative questionnaire assessed the individual daily consumption of both organic and conventional foods over the preceding year. Participants were asked to report how frequently they consumed 264 food and beverage items, categorizing their responses as "per day", "per week", "per month", or "per year". These items were then gathered into 20 distinct food groups (see the list in Supplemental 5). Furthermore, as animal foods are known to contribute significantly to GHGe, we created the following food sub-groups "Poultry" (as subgroups of "Monogastric meat"), "Cheese", "Milk" and "Yoghurt and

cottage cheese” (as subgroups of “Dairy products”). We also created the food group “Other animal products” which included “Milky desserts” and “Butter”.

The quantity of food consumed was estimated through the evaluation of the portion sizes using several measurements, including unit portions (e.g., a slice of bread, a yoghurt, an egg), standardized units of measurement (e.g., a bowl, a teaspoon, a glass) and validated photographs. Daily food intake for each food item was calculated based on portion size measure and frequency of consumption (expressed in g/day or mL/day) (39,40).

To estimate energy and nutrient intakes, the NutriNet-Santé food composition table, which includes over 3500 different foods (41).

### ***Dietary indices reflection the contribution of plant food***

The three plant-based diet indices developed by Satija et al., were used to assess the contribution of plant-based foods to the diet (42). These indices measure the impact of plant-based foods on health: the plant-based diet index (PDI), the healthy plant-based diet index (healthy PDI) and the unhealthy plant-based diet index (unhealthy PDI). These indices are computed on the basis of the consumption of the 18 food groups (12 plant-based foods and 6 animal-based food groups) (Supplemental Table 1). For each of the food groups, the participants are classified according to distribution in the population (based on quintiles values). Individuals are assigned a sub-score for each food group, from 1 to 5 points depending on the quintile to which they belonged on the plant (positive order) or animal (reverse order) nature of the food. The sub-scores for the 18 food groups are then added together to obtain the final scores (range 18–90). In addition, the 18 food groups are classified into three categories according to their source (animal or plant origin) and nutritional quality: healthy plant-based foods, unhealthy plant-based foods, animal-based foods.

To compute PDIs, positive scores are given to the healthy and unhealthy plant-based food categories and reverse scores to animal-based food category. The same method is used for healthy PDIs, with positive scores for healthy plant-based food groups and reverse scores for unhealthy plant-based food and animal-based food groups, and for unhealthy PDIs, with positive scores for unhealthy plant-based food and reverse scores for healthy plant-based food and animal-based food groups. A higher PDI reflects higher consumption of plant-based foods and lower consumption of animal-based foods compared to the sample. A higher healthy PDI reflects higher consumption of healthy plant-based foods whereas a higher unhealthy PDI reflects higher consumption of unhealthy plant-based food.

Another dietary index, the Comprehensive Diet Quality Index (cDQI), developed by Keaver et al, were used to assess the nutritional quality of the diet in terms of the impact of different food groups

on health (43). The cDQI is made up of two distinct sub-indices: plant-based Diet Quality Index (pDQI) and animal-based Diet Quality Index (aDQI). The pDQI assesses the quality of 11 plant-based food groups and the aDQI assesses the quality of 6 animal-based food groups (Supplemental Table 2). Regardless of their source (animal or plant origin), these food groups are classified into two categories: food groups that are favourable for health and food groups that are unfavourable for health. For each food group, a continuous sub-score of between 0 and 5 is assigned according to the food group category and the individual's level of consumption. The sub-scores for the 17 food groups are then added together to give the final cDQI score, which ranges from 0 to 85. The sub-scores are calculated by assigning positive continuous scores to categories that are favourable for health, while categories that are less favourable are assigned inverted continuous scores. Furthermore, for the health-promoting food categories, a score of 0 is assigned to individuals with no consumption or those in the first consumption quintile. A score of 5 is assigned to individuals whose consumption exceeds the thresholds defined for each category or who are in the bottom quintile. Intermediate (continuous) scores are attributed proportionally according to consumption levels, expressed in g/1000 kcal. For food categories that are less favourable for health, scores are assigned in reverse to those for categories that are favourable for health and the score of 5 is assigned to the consumption that corresponded to the recommended level or the lowest quintile.

Higher pDQI, aDQI, and cDQI scores indicate a higher nutritional quality of plant-based foods, animal-based foods, and the overall diet, respectively.

### **Greenhouse gas emissions assessment**

A detailed description of environmental pressure assessment in the NutriNet-Santé study has been given elsewhere (44,45). Briefly, diet-related environmental pressures were assessed using a French database of environmental measures for raw agricultural products (DIALECTE (46)), augmented with data from published literature for unavailable data. To collect environmental data, a total of 2,086 farms (46% of which were organic) have been used. The LCA methodology was used to estimate the environmental pressures for approximately 60 agricultural products. LCA was calculated at the farm gate perimeter due to a lack of data, notably for the organic food system for the other stages of the food system. GHG emissions (in kgCO<sub>2</sub>eq/kg) were evaluated, using the Dia'terre<sup>®</sup> method (47). Three GHGs were included in this environmental indicator: carbon dioxide (CO<sub>2</sub>), methane (CH<sub>4</sub>) and nitrous oxide (N<sub>2</sub>O). Individual GHGe were estimated by multiplying the amount of each food consumed by its respective GHGe, while accounting for the food production method.

### **Sociodemographic, anthropometric, and lifestyle data**

At baseline and once a year thereafter, participants were invited to fill out a set of self-administered questionnaires on sociodemographic, anthropometric, and lifestyle characteristics. For the present study, characteristics collected closest to the questionnaire on changes in meat consumption were used. Data collected included sex, age, occupational category (unemployed/self-employed, farmer, employee, manual worker/intermediate profession/managerial staff, intellectual profession/no occupation), educational level (none or primary/secondary/undergraduate and others/postgraduate), household composition (alone without children/alone with at least one child/two adults living as a couple without children/ two adults living as a couple with at least one child/two or more adults without children), size of the urban residence unit (rural/<20,000 inhabitants/20,000–200,000 inhabitants/>200,000 inhabitants). Monthly income per household unit was obtained per household consumer unit (c.u.). One c.u. is assigned to the first adult in the household, 0.5 c.u. for other persons aged 14 or older and 0.3 c.u. for children under 14. Five categories were defined and were assigned to participants: <1,200 € per c.u./1,200–1,800 € per c.u./1,800–2,700 € per c.u./>2,700 € per c.u./Refused to declare). The date of the latest weight-loss diet followed was collected, and individuals were classified into three groups: not declaring a weight-loss diet, <5 years, >5 years. Self-reported height and weight measurements were collected and body mass index (BMI) was calculated as weight (kg) per height squared ( $m^2$ ), and participants were classified into three categories, according to World Health Organization (WHO) criteria: underweight (<18.5  $kg/m^2$ ), normal (18.5–25  $kg/m^2$ ), overweight (excluding obesity) (25–30  $kg/m^2$ ), obese ( $\geq 30$   $kg/m^2$ ) (48). Self-reported height and weight measurements were validated against clinical measurements (49). Physical activity was assessed using the International Physical Activity Questionnaire (IPAQ) (50), and three categories according to the level of physical activity were defined.

### **Statistical analysis**

Participants who had completed the Org-FFQ in both 2014 and 2018 as well as the questionnaire on individual readiness to reduce meat consumption in 2018 were included in the study. Self-reported vegetarians and vegans as well as those who declared not to consume meat in recent years were excluded ( $n=3,162$ ). Participants who were under- or over-reporters were also excluded ( $n=274$ ), resulting in a sample size of 13,635 participants. More details of selection criteria can be found in the flowchart (Supplemental Figure 1).

### ***Sociodemographic, anthropometric and lifestyle characteristics***

Sociodemographic, anthropometric and lifestyle characteristics were given for the whole sample, and then compared across the 6 population groups. P values referred to the chi-square test for categorical variables and to the ANOVA test for continuous variables.

### ***Food consumption***

We first analyzed the mean daily consumption of the 20 food groups and the six dietary indices between the 6 population groups, at both time points, using ANCOVA adjusted for energy intake. We then compared means of dietary indices over time (between 2014 and 2018) within each group. To allow statistical comparison between adjusted means for paired samples, we compared the residuals, obtained from the regression of dietary indices on energy intake for the year 2014, to those obtained for the year 2018, using a paired Student t-test.

### ***GHGe***

First, we computed the mean daily diet-related GHGe in both 2014 and 2018, for the 6 groups. The maximal individual's diet-related GHGe emissions, as prescribed by French national environmental plans, were also graphically presented (51,52). We used the estimates provided by the 2018 WWF France report, which sets individual's diet-related GHGEs at 2.5 kg CO<sub>2</sub>eq/day by 2030 and at 1.0 kg CO<sub>2</sub>eq/day by 2050 (53).

We first compared the mean daily diet-related GHGe between the six groups, at each time point, using ANCOVA models adjusted for energy intake.

Secondly, we analysed the difference between the daily GHGe in 2014 and the daily GHGe in 2018 (delta), and we compared the mean delta across the six groups, using ANCOVA models standardized on total energy intake in 2014 (using the residual method).

Thirdly, we also analysed means of daily GHGe over time within each group, by compared the residuals from the regression of GHGe on energy intake, obtained for the year 2014 to those obtained for the year 2018 using a paired Student t-test.

Furthermore, we described for the 6 groups: i) mean GHGe from each food group (n=20) at both time points, ii) mean GHGe associated to the animal food groups or subgroups in 2018 (n=9) and iii) the contribution of animal food groups to the total GHGe from animal sources in 2018.



## Results

### Sample selection and description

This study included a total of 13,635 participants. Table 1 describes characteristics of the sample. The total sample was composed by 72.5% of women and the mean age at the time of completing the questionnaire on readiness to reduce meat consumption was 59.4 years (Standard Deviation (SD) = 12.7). Two-third of included participants had at least an undergraduate degree and belonged to an occupational category corresponding to a higher socioeconomic position, such as managerial staff, and a third reported a monthly income per household of above 2,700€ (Table 1). More than 60% of the total sample were in the action stage or the maintenance stage (Table 1). For further data on sociodemographic characteristics according to the six groups, see Supplemental Table 3.

### Food consumption

#### *Food consumption in 2014 and in 2018 across stages of change*

Both in 2014 and in 2018, the contribution of healthy plant foods to the diet was gradually higher from the precontemplation stage to the maintenance stage, as reflected by a gradual increase of mean PDI and healthy PDI (Table 2). In addition, we observed a gradual decrease in the mean unhealthy PDI across the five stages of change, meaning that the contribution of unhealthy plant foods was progressively slightly lower. At both time points, a similar gradual increase was also observed for cDQI, pDQI and aDQI.

At both time points, the consumption of ruminant meat gradually decreased across stages of change (Supplemental Table 4). Participants in the “precontemplation” stage consumed a mean of 60.6 g (SEM=0.7) of ruminant meat in 2018, while those in the later stage consumed 35 g (SEM=0.4). This consumption trend was also observed for monogastric meat. Besides, consumption of cereals and fish was gradually increased along the stages, from the “precontemplation” stage to the “maintenance” stage (Supplemental Table 4).

#### *Changes in food consumption over time, within each stage of change*

At each stage, we observed an increase in the contribution of plant foods to the diet between 2014 and 2018 ( $p < 0.0001$  for all stages, Table 2). Specifically, healthy plant food consumption significantly increases over these four years, and unhealthy plant food consumption decreases, as reflected by hPDI, uPDI and pDQI. Only participants in the “precontemplation” stage showed no statistically significant differences in the mean hPDI between 2014 and 2018. The greatest increase of healthy plant-based food was observed for participants in the “action” stage. Furthermore, only the groups of

participants in “action” and “maintenance” stages showed a slight increase in the healthy animal food consumption between 2014 and 2018 ( $p < 0.0001$  for both stages), whereas no statistically significant differences were observed for the “precontemplation” and “contemplation/preparation” stages.

## **Diet-related GHGe**

### ***Diet-related GHGe in 2014 and in 2018***

In 2014 and in 2018, mean diet-related GHGe were progressively lower across stages of change (Figure 1A,  $p < 0.001$ ). Participants in the maintenance stage, followed by those in the action stage, had the lowest diet-related GHGe, with an average of 3.73 kg CO<sub>2</sub>eq/day (SEM=0.02) and 4.16 kg CO<sub>2</sub>eq/day (SEM=0.03) in 2018, respectively. Compared to participants in the “precontemplation” stage, participants in the last stage exhibited 26% lower diet-related GHGe in 2018. In addition, in 2018, no significant difference in the mean diet-related GHGe was observed between participants in the “maintenance” stage and those in the group “already small ME” (data not shown).

### ***Changes in diet-related GHGe over the four years***

Only participants in the last two stages decreased their diet-related GHGe between 2014 and 2018 (Figure 1A,  $p < 0.0001$  for both stages) and participants in the “action” stage were those who reduced the most their GHGe (Figure 1B). The group “already small ME” slightly decreased their GHGe over the four years ( $p = 0.001$ ). For the earlier stages, we observed a slight increase in their diet-related GHGe between 2014 and 2018 ( $p = 0.021$  for “contemplation/preparation”,  $p = 0.7$  not significant for “precontemplation”).

### ***Diet-related GHGe by food groups in 2014 and 2018***

Regardless the stages and the time points, animal foods were the greater contributors to diet-related GHGe (Figure 2). More precisely, ruminant meat was the main contributor, followed by dairy products and monogastric meat.

We observed that mean of GHGe from ruminant and monogastric meat gradually declines across stages, regardless the time point ( $p < 0.0001$  for both stages and both food groups, Figure 2 and Supplemental Table 5).

In 2018, mean of GHGe from dairy products do not differ across stages. In this food group, mean of GHGe from cheese is not statistically different across stages, in 2018, as well as in 2014.

### ***Diet-related GHGe by food groups over the four years***

We observed a significant decrease in the mean of GHGe from ruminant and monogastric meats over time for the “action” and “maintenance” stages ( $p < 0.0001$  for both stages and both food products, Supplemental 6) and for the group “already small meat eaters” ( $p = 0.0001$  for both food products). We also observed a significant decrease in the mean of GHGe from poultry and milk over time for all stages. Besides, we observed an increase in the mean of GHGe from dairy products over time for the “maintenance” stage ( $p = 0.001$ , Supplemental 6) and an increase in the mean of GHGe from cheese increased over time for the “contemplation/preparation”, “action” and “maintenance” stages.

### ***Diet-related GHGe from animal sources in 2018***

Ruminant meat was by far the largest contributor to total GHGe from animal sources at all stages in 2018 (Figure 3A and Figure 3B). In the two earlier stages, the second-largest contributor was monogastric meat (excluding poultry), whereas in the later stages, cheese was the second-largest contributor to GHGe. Poultry still represented a low proportion of GHGe compared to other animal products such as dairy products and other types of meat across stages of change.

In 2018, mean GHGe from animal foods, in particular for ruminant and monogastric meat (excluding poultry), progressively decreased across stages (Figure 3A).

Contribution of ruminant meat to total GHGe from animal sources gradually decreases across stages of change (Figure 3B). This contribution ranged from 60.4% of the total GHGe from animal sources for the “precontemplation” stage to 49.6% for the “maintenance” stage. The contribution of monogastric meat (excluding poultry) progressively decreases stages of change, and progressively increase for cheese, yoghurt and cottage cheese, poultry, fish and eggs. Monogastric meat (excluding poultry) represented 12.0% (SEM=0.2) of the total GHGe from animal sources for participants in the “precontemplation” stage, whereas it represented 11.2% (SEM=0.1) for participants in the “maintenance” stage, in 2018. Cheese represented 10.8% (SEM=0.3) of the total GHGe from animal sources for participants in the “precontemplation” stage, whereas it represented 16.0% (SEM=0.2) for participants in the “maintenance” stage, in 2018.

## **Discussion**

In the present work, we investigated the relationship between diet-related GHGe and stages of change toward meat reduction in a large population of French adults. With regard to GHGe across stages, we observed that diet-related GHGe levels decreased from early to later stages of change in both 2014

and 2018, this lower GHGe was notably explained by the lowest intake of ruminant and monogastric meat, in later stages. Concerning GHGe over time within stages, unsurprisingly, since meat is an important contributor to GHGe, only participants who reported they had already started to reduce their consumption of meat actually decreased their diet-related GHGe over the four years. Mean GHGe from ruminant and monogastric meat decreased over time only for these two later groups (i.e. action and maintenance stages) while for the other groups, no significant differences were observed. In the later stages, mean GHGe from dairy product consumption, especially cheese consumption, increased over time.

Participants who declared that they had started to reduce their meat consumption had the lowest levels of diet-related GHGe in both 2014 and 2018 because on average they have actually reduced their meat consumption. Individuals who started to reduce their meat consumption had a more favourable diet-related carbon footprint early on, and even before the beginning of their meat reduction, as shown by the results for participants in the action stage. In fact, these individuals had also lower meat intakes in 2014, as well as a better balance between animal and plant products. Thus, individuals with a lower carbon footprint may be more likely to reduce their carbon footprint more easily as they are engaging in a transition towards reduction of meat consumption.

Participants who declared they had started to reduce their meat consumption decreased their diet-related GHGe over time. This also explains differences in GHGe levels in 2018 across stages. In our study, we observed that participants who declared they had started to reduce their meat consumption effectively decreased their meat intakes, in particular ruminant meat and monogastric meat, over this period. More globally, these participants also showed a decrease in their consumption of animal products in favour of plant products over this period. Yet, a large body of research has shown that the reduction in diet-related environmental footprint is generally proportional to the reduction in animal product consumption (7,44,54). Thus, the GHGe reduction over time is linked to a shift in their diet towards more plant-based food consumption, as all analyses were adjusted for energy intake to ensure that the observed GHGe reduction was a result of changes in food group distribution, rather than simply a reduction in overall calorie consumption.

Another explanation for the GHGe reduction over time in later stages could be the replacement of ruminant meat by animal-based foods with lower GHGe, since differences in GHGe between types of animal products have been observed. It is now widely recognized that, whatever the functional unit (e.g., kg, g of protein, portion), ruminant meat always has the highest carbon footprint (2,55). However, in the present work, participants who reduced their meat consumption over time did not necessarily replace ruminant meat other types of meat. In fact, monogastric meat, including pork and poultry, also

contributed to GHG reductions, albeit to a lesser extent. Of note, among monogastric meat, poultry consumption slightly declined over the four-year period in our study. The literature regarding the evolution of poultry consumption along meat reduction is very heterogeneous, with some studies reporting fairly stable consumption (56–58), while other studies observe an increase in poultry consumption (56,57,59). Conversely, participants who declared that they had started to reduce their meat consumption increased their cheese consumption over time, thus partially offsetting the reduction in GHG emissions. Cheese was the second-largest contributor to GHG emissions from animal products for these participants, due to a greater increase in its consumption compared to the other stages, and its high carbon footprint compared to plant products (2,55). Thus, individuals conscientiously reduce their meat consumption may cut back on ruminant meat, as well as monogastric meats like poultry, and in parallel, increase their consumption of dairy products like cheese. However, this diverges from the insights gained through theoretical research on sustainable dietary patterns. For instance, optimization studies have shown that reducing GHGe, while considering nutritional, acceptability and coproducts constraints, requires significant reductions in both ruminant meat and dairy products, alongside an increase in monogastric meats, such as poultry and pork (13). Despite growing environmental concerns motivating a shift towards reduced meat consumption in recent years (60), as evidenced by our prior research in advanced stages of change (21), it is worth noting that dairy products can also contribute significantly to a carbon footprint, even greater than that of poultry (2). As a result, there may be a need for increased awareness campaigns regarding meat replacements within the context of environmental sustainability and these campaigns should particularly focus on achieving a better balance between animal and plant food consumptions, as there seems to be a lack of information in this regard.

The total reduction in diet-related GHGe between 2014 and 2018 was greater among participants in the “action” stage, compared with the “maintenance” stage. This may be explained by the fact that in 2014, they had not yet begun to reduce their meat consumption, whereas those in the “maintenance” stage might have already begun their change in consumption. Nevertheless, it is important to note that, participants in the “maintenance” stage continued to reduce their GHGe while their reduction in consumption began more than 2 years ago. This could suggest a continuing downward trend on GHG reduction among participants who consciously reduced their meat consumption.

Overall, despite efforts made by some groups towards reduction of meat consumption, it appears that participants, even in the “action” and “maintenance” stages, are very far from meeting environmental targets set for 2030 and 2050 (53). For instance, this means that participants who consciously began

reducing their consumption more than two years ago still need to reduce their diet-related GHGe by a third to reach the 2030 target and by over two-thirds to reach the 2050 target.

Interestingly, our findings show that individuals who described themselves as small meat eaters exhibit similar levels of diet-related GHGe than those of participants who declared that they had started to reduce their meat consumption over two years prior in 2018. In our population study, participants in these two groups are expected to be among the lowest diet-related GHGe emitters among non-vegetarians, and have by far higher diet-related GHGe than vegetarians and vegans, as evaluated in a previous study (12). Interestingly, meat consumption between both groups remained similar in 2018 and still accounted for nearly 50% of GHGe related to animal products in 2018. Therefore, considering the ambitious GHGe reduction goals, further and important efforts, including targeted policies, should be made to encourage consumers to make more environmentally friendly food choices. This may involve revising the prescribed limits on meat consumption in French food-based dietary guidelines, taking environmental considerations into account.

### **Strengths and limits**

Our study population is part of the BioNutriNet project within the French NutriNet-Santé cohort. Our participants are volunteers who have a particular interest in nutrition and health issues and, consequently, they may be more prone to adopt healthier behaviours (61). Due to the specific focus of the BioNutriNet project and the high prevalence of organic food consumers among our participants, pro-environmental behaviours are likely to be more prevalent in our sample. While a significant proportion of the sample indicated a reduction in meat consumption, more than 1800 participants indicated no intention of doing so, which enables us to address a wide range of behaviours. In addition, if the individuals in our study have more environmentally-friendly behaviors, therefore their diet-related GHGe is very likely under the current national French estimates, and individuals in the general population should make even greater efforts to reduce their diet-related GHGe.

Cautious in interpretation of our results is needed as potential bias would have occurred when collecting dietary data. Indeed, the Org-FFQ questionnaire, as it is self-administered, could lead to an overestimation of food consumption (62,63). However, it should be noted that the same validated dietary questionnaire was used in both 2014 and 2018, which enhances the accuracy of observing changes over time (39). Furthermore, the observed trend using the Org-FFQ aligns with longitudinal data from a prior study using 24-hour dietary records (21).

Limitations of the TTM have been already discussed extensively in our previous study (21). Briefly, some studies have criticized the stepwise modeling of the behavior change process, one stage

following another, and its unidirectionality, which does not let an individual relapse into an earlier stage. The arbitrariness with which cut-off points on continuous variables (time and intention) defining stages of change (64), as well as its inappropriateness in certain contexts, particularly dietary change (24,65,66), have been also criticized. Nonetheless, recent studies have demonstrated its effectiveness in the context of meat reduction (23,24,29). Furthermore, it is essential to emphasize that the present work study also confirms the consistency between self-reported stages of change and measured of dietary consumption, as assessed by the FFQ. This supports the relevance of using the transtheoretical model to understand the process leading to reduced meat consumption.

Our study is the first approach to characterizing the environmental impact of the diets of distinct groups of individuals according to their readiness to reduce meat consumption. It's important to recognize that the estimation of individual diet-related GHGe has been carried out in alignment with the French targets for 2030 and 2050, following the Paris Agreement. However, French GHGe reduction targets have been revised in recent years, becoming even more stringent and ambitious, meaning an even lower level of individual GHGe to be achieved (52). Moreover, our assessment of GHGe did not encompass all stages in the life cycle of a food product, and in particular, transport, food processing and the environmental impact of food loss and waste were not considered. Nevertheless, the majority of food-related GHG emissions occur during the farming production phase (2,67), then considering so-called “farm-gate” data would have only a slight influence on our findings. In addition, future research could explore additional indicators such as water use, biodiversity, excess nitrogen and soil quality to enable a more holistic assessment of the environmental impact of food choices.

## **Conclusion**

Participants who declared that they had reduced their meat consumption had 26% lower GHGe than those who reported not the intention to do so in 2018. This lower level was mainly due to the reduction of ruminant meat consumption but also in monogastric meat such as pork and poultry. Despite these encouraging findings, substantial efforts are still required to reach the targets set for 2030 and 2050, and a potential lever could be the reduction of dairy products consumption, particularly cheese. While some consumers are engaged in the current sustainable nutrition transition, others that are willing to reduce their meat consumption may not effectively translate their intentions into concrete dietary changes, resulting in high GHGe levels. Therefore, sustainable food transition needs to be encouraged through targeted public policies according to specific populations.

**Table 1.** Sociodemographic characteristics of the total sample, NutriNet-Santé, 2018, n=13,635

	Total sample (n=13,635)	
	n	%
<b>Sex</b>		
Men	3747	27.5
Women	9888	72.5
<b>Age (y., continuous)</b>		59.4 ± 12.7
<b>Age (y., categorical)</b>		
[18-30[	168	1.2
[30-50[	2824	20.7
[50-65[	4906	36.0
[65+[	5737	42.1
<b>Monthly household income classes</b>		
Refused to declare	1240	9.1
< 1,200 €	1603	11.8
1,200 - 1,800 €	2637	19.3
1,800 - 2,700 €	3383	24.8
> 2,700 €	4772	35.0
<b>Occupational categories</b>		
Unemployed	901	6.6
No occupation	38	0.3
Self-employed, farmer, employee, manual worker	3594	26.4
Intermediate profession	3580	26.3
Managerial staff, intellectual profession	5522	40.5
<b>Educational level</b>		
None or Primary	282	2.1
Secondary	4173	30.6
Undergraduate and others	4368	32.0
Post graduate	4812	35.3
<b>Household composition</b>		
Alone without children	2641	19.4
Alone with at least one child	825	6.1
Two adults living as a couple without children	6388	46.9
Two adults living as a couple with at least one child	3604	26.4
Two or more adults without children	177	1.3
<b>Size of the urban residence unit</b>		
Rural	3138	23.0
< 20,000 inhabitants	2175	16.0
20,000 - 200,000 inhabitants	2603	19.1
> 200 000 inhabitants	5719	41.9
<b>Latest weight-loss diet followed</b>		
No declared diet	5123	37.6
Last diet followed in the first 5 years prior to the change questionnaire	822	6.0
Last diet followed before the first 5 years prior to the change questionnaire	7690	56.4
<b>BMI (kg/m<sup>2</sup>, continuous)</b>		24.5 ± 4.5
<b>BMI (kg/m<sup>2</sup>, categorical)</b>		
Underweight	530	3.9



Normal	8076	59.2
Overweight	3615	26.5
Obesity	1414	10.4
<b>Physical activity</b>		
Low physical activity	2172	15.9
Moderate physical activity	5173	37.9
High physical activity	6290	46.1
<b>Stages of change and small meat eaters</b>		
Precontemplation	1859	13.6
Contemplation/Preparation	834	6.1
Action	2624	19.2
Maintenance	5745	42.1
Already small meat eaters	2573	18.9

---

**Table 2.** Dietary indices in 2014 and 2018 according to stages of change, NutriNet-Santé, n=13,635

	Precontemplation (n=1,859)					Contemplation (n=834)					Action (n=2,624)				
	2014		2018		2014 vs. 2018 p <sup>1</sup>	2014		2018		2014 vs. 2018 p <sup>1</sup>	2014		2018		2014 vs. 2018 p <sup>1</sup>
	Mean	SEM	Mean	SEM		Mean	SEM	Mean	SEM		Mean	SEM	Mean	SEM	
<b>PDI</b>	33.1	0.1	34.3	0.1	<b>&lt;.0001</b>	34	0.2	35.2	0.2	<b>&lt;.0001</b>	34.5	0.1	36.6	0.1	<b>&lt;.0001</b>
<b>hPDI</b>	33.2	0.2	33.5	0.2	0.246	33.3	0.3	33.7	0.3	<b>0.041</b>	34.3	0.1	36	0.1	<b>&lt;.0001</b>
<b>uPDI</b>	37.3	0.2	35.7	0.2	<b>&lt;.0001</b>	36.9	0.2	35.1	0.2	<b>&lt;.0001</b>	35.8	0.1	33.2	0.1	<b>&lt;.0001</b>
<b>aDQI</b>	14.7	0.1	14.8	0.1	0.153	15.4	0.1	15.3	0.1	0.478	15.8	0.1	16.3	0.1	<b>&lt;.0001</b>
<b>pDQI</b>	32.9	0.2	33.9	0.2	<b>&lt;.0001</b>	33.7	0.2	35	0.2	<b>&lt;.0001</b>	35.1	0.1	37.5	0.1	<b>&lt;.0001</b>
<b>cDQI</b>	47.5	0.2	48.7	0.2	<b>&lt;.0001</b>	49	0.3	50.2	0.3	<b>&lt;.0001</b>	50.9	0.2	53.9	0.2	<b>&lt;.0001</b>

Abbreviations: PDI, Plant-based Diet Index; hPDI, healthy Plant-based Diet Index; uPDI, unhealthy Plant-based Diet Index; cDQI, comprehensive Diet Quality Index; aDQI, animal-based Diet Quality Index; pDQI, plant-based Diet Quality Index; SEM, Standard Error of the Mean

Means were adjusted for total energy intake in either 2014 or 2018

<sup>1</sup>p values were based on paired Student t-test comparing residuals obtained from the regression of dietary indices on energy intake for 2014 to those obtained for 2018

<sup>2</sup>p values were based on ANCOVA comparing the mean GHGe across stages at both time points

**Table 2 (continued).** Dietary indices in 2014 and 2018 according to stages of change, NutriNet-Santé, n=13,635

	Maintenance (n=5,745)					Already small ME (n=2,573)					Between groups in 2014	Between groups in 2018
	2014		2018		2014 vs. 2018	2014		2018		2014 vs. 2018	p <sup>2</sup>	p <sup>2</sup>
	Mean	SEM	Mean	SEM	p <sup>1</sup>	Mean	SEM	Mean	SEM	p <sup>1</sup>		
<b>PDI</b>	36.6	0.1	38	0.1	<.0001	36.1	0.1	37.4	0.1	<.0001	<0.0001	<0.0001
<b>hPDI</b>	37.2	0.1	38.4	0.1	<.0001	36.6	0.2	37.4	0.1	<.0001	<0.0001	<0.0001
<b>uPDI</b>	34.7	0.1	32.5	0.1	<.0001	35.3	0.1	33.2	0.1	<.0001	<0.0001	<0.0001
<b>aDQI</b>	16.3	0	16.7	0	<.0001	16.3	0.1	16.6	0.1	<.0001	<0.0001	<0.0001
<b>pDQI</b>	36.9	0.1	38.8	0.1	<.0001	36.3	0.1	37.8	0.1	<.0001	<0.0001	<0.0001
<b>cDQI</b>	53.2	0.1	55.5	0.1	<.0001	52.6	0.2	54.5	0.2	<.0001	<0.0001	<0.0001

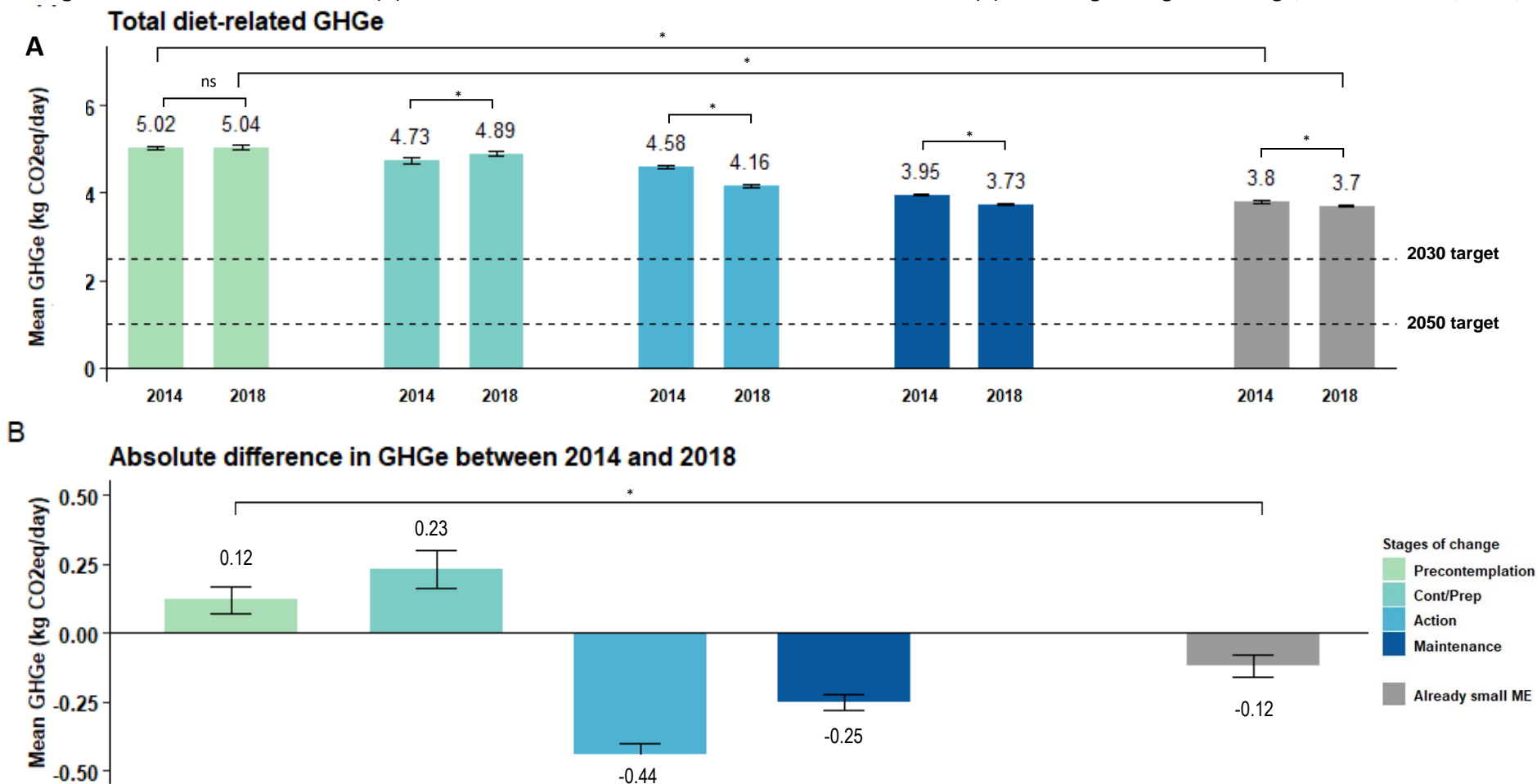
Abbreviations: PDI, Plant-based Diet Index; hPDI, healthy Plant-based Diet Index; uPDI, unhealthy Plant-based Diet Index; cDQI, comprehensive Diet Quality Index; aDQI, animal-based Diet Quality Index; pDQI, plant-based Diet Quality Index; SEM, Standard Error of the Mean

Means were adjusted for total energy intake in either 2014 or 2018

<sup>1</sup>p values were based on paired Student t-test comparing residuals obtained from the regression of dietary indices on energy intake for 2014 to those obtained for 2018

<sup>2</sup>p values were based on ANCOVA comparing the mean GHGe across stages at both time points

**Figure 1.** Total diet-related GHGe (A) and absolute difference in GHGe between 2014 and 2018 (B) according to stages of change; NutriNet-Santé; n=13,635



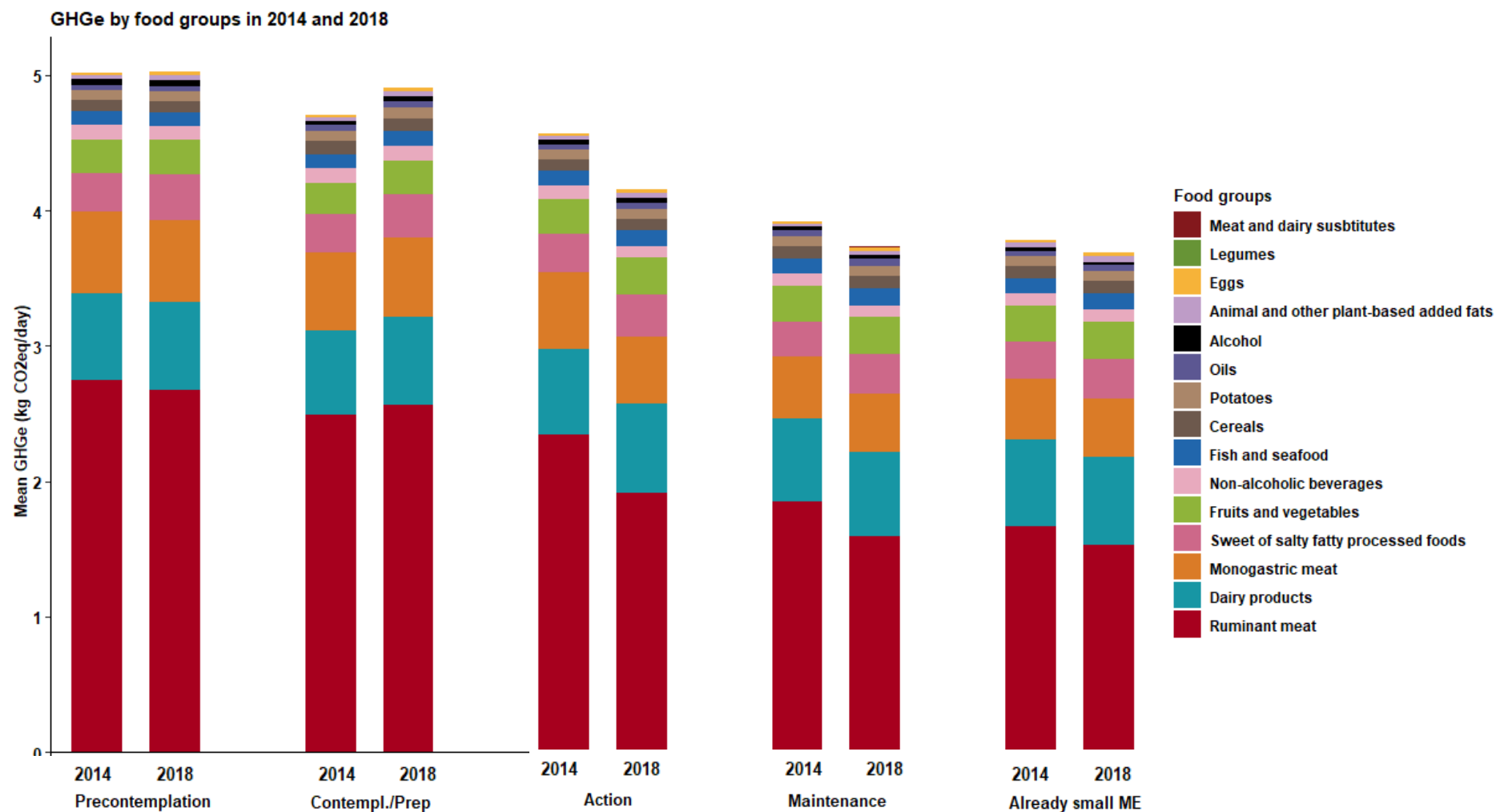
Abbreviations, GHGe; Greenhouse gas emissions;

Bars represent energy-adjusted means and 95%CI. \* p < 0.05

p values were based on paired Student test comparing residuals obtained from the regression of GHGe on energy intake for 2014 to those obtained for 2018

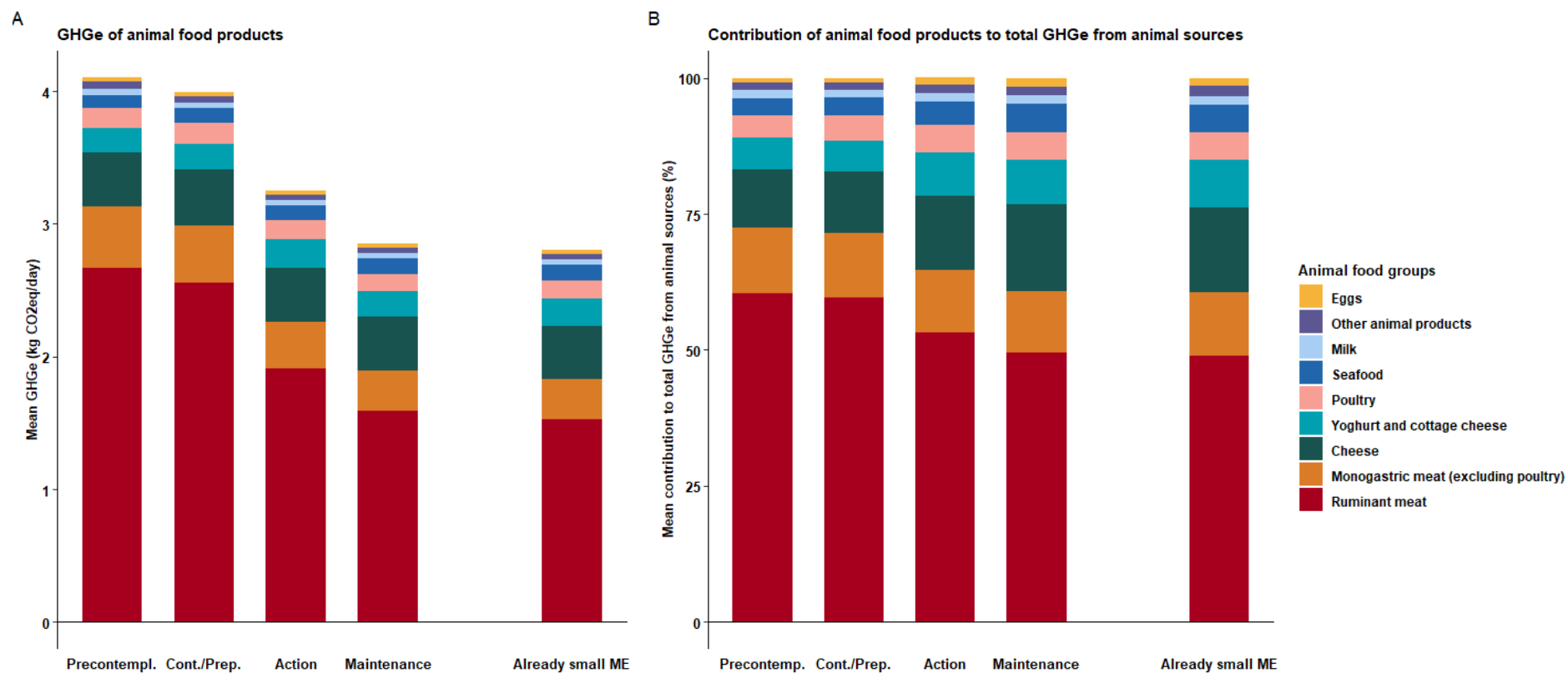
p values were based on ANCOVA comparing the mean GHGe (A) or the mean difference in GHGe between 2014 and 2018 (B) across stages at both time points

**Figure 2.** Diet-related GHGe by food groups over time (2014-2018) according to stages of change; NutriNet-Santé; n=13,635



Abbreviations, GHGe; Greenhouse gas emissions; Contempl./Prep., Contemplation/Preparation; Already small ME, Already small meat eaters  
Means were adjusted for total energy intake either in 2014 or 2018.

**Figure 3.** Diet-related GHGe from animal-based food products in 2018 (A) and their contribution to GHGe from animal sources (B), according to stages of change, NutriNet-Santé, n=13,635



Abbreviations: GHGe, Greenhouse gas emissions; Precontempl., Precontemplation; Cont./Prep., Contemplation/Preparation; Already small ME, Already small meat eaters; Means were adjusted for total energy intake in 2018. Monogastric meat (excluding poultry) includes pork, rabbit.

## References

1. Richardson K, Steffen W, Lucht W, Bendtsen J, Cornell SE, Donges JF, Drüke M, Fetzer I, Bala G, von Bloh W, et al. Earth beyond six of nine planetary boundaries. *Sci Adv* 2023;9:eadh2458.
2. Poore J, Nemecek T. Reducing food's environmental impacts through producers and consumers. *Science (New York, NY)* 2018;360:987–92.
3. Willett W, Rockström J, Loken B, Springmann M, Lang T, Vermeulen S, Garnett T, Tilman D, DeClerck F, Wood A, et al. Food in the Anthropocene: the EAT–Lancet Commission on healthy diets from sustainable food systems. *The Lancet* 2019;393:447–92.
4. Clark MA, Domingo NGG, Colgan K, Thakrar SK, Tilman D, Lynch J, Azevedo IL, Hill JD. Global food system emissions could preclude achieving the 1.5° and 2°C climate change targets. *Science* 2020;370:705–8.
5. IPCC, Masson-Delmotte V, Zhai P, Pörtner H, Roberts D, Skea J, Shukla P, Pirani A, Moufouma-Okia W, Péan C, et al. Global warming of 1.5°C An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty [Internet]. Cambridge, UK and New York, NY, USA; 2018 p. 616. Available from: <https://doi.org/10.1017/9781009157940>.
6. Tilman D, Clark M. Global diets link environmental sustainability and human health. *Nature* 2014;515:518–22.
7. Springmann M, Wiebe K, Mason-D'Croz D, Sulser TB, Rayner M, Scarborough P. Health and nutritional aspects of sustainable diet strategies and their association with environmental impacts: a global modelling analysis with country-level detail. *Lancet Planet Health* 2018;2:e451–61.
8. Carey CN, Paquette M, Sahye-Pudaruth S, Dadvar A, Dinh D, Khodabandehlou K, Liang F, Mishra E, Sidhu M, Brown R, et al. The Environmental Sustainability of Plant-Based Dietary Patterns: A Scoping Review. *The Journal of Nutrition* 2023;153:857–69.
9. Aleksandrowicz L, Green R, Joy EJM, Smith P, Haines A. The Impacts of Dietary Change on Greenhouse Gas Emissions, Land Use, Water Use, and Health: A Systematic Review. *PLoS ONE* 2016;11:e0165797.
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. *Nutrition Reviews* 2017;75:2–17.
11. Auestad N, Fulgoni VL. What current literature tells us about sustainable diets: emerging research linking dietary patterns, environmental sustainability, and economics. *Adv Nutr* 2015;6:19–36.
12. Rabès A, Seconda L, Langevin B, Allès B, Touvier M, Hercberg S, Lairon D, Baudry J, Pointereau P, Kesse-Guyot E. Greenhouse gas emissions, energy demand and land use associated with omnivorous, pescovegetarian, vegetarian, and vegan diets accounting for farming practices. *Sustainable Production and Consumption* 2020;22:138–46.
13. Kesse-Guyot E, Fouillet H, Baudry J, Dussiot A, Langevin B, Allès B, Rebouillat P, Brunin J, Touvier M, Hercberg S, et al. Halving food-related greenhouse gas emissions can be achieved by redistributing meat consumption: Progressive optimization results of the NutriNet-Santé cohort. *Science of The Total Environment* 2021;789:147901.
14. Kesse-Guyot E, Allès B, Brunin J, Fouillet H, Dussiot A, Mariotti F, Langevin B, Berthy F, Touvier M, Julia C, et al. Nutritionally adequate and environmentally respectful diets are possible for different diet groups: an optimized study from the NutriNet-Santé cohort. *The American Journal of Clinical Nutrition* 2022;116:1621–33.
15. Wilson N, Cleghorn CL, Cobiac LJ, Mizdrak A, Nghiem N. Achieving Healthy and Sustainable Diets: A Review of the Results of Recent Mathematical Optimization Studies. *Advances in Nutrition* 2019;10:S389–403.
16. van Dooren C. A Review of the Use of Linear Programming to Optimize Diets, Nutritiously, Economically and Environmentally. *Frontiers in Nutrition* [Internet] 2018 [cited 2023 Sep 25];5. Available from: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fnut.2018.00048>

17. Garnett T. Where are the best opportunities for reducing greenhouse gas emissions in the food system (including the food chain)? *Food Policy* 2011;36:S23–32.
18. Dagevos H. Finding flexitarians: Current studies on meat eaters and meat reducers. *Trends in Food Science & Technology* 2021;114:530–9.
19. Brunin J, Allès B, Péneau S, Reuzé A, Pointereau P, Touvier M, Hercberg S, Lairon D, Baudry J, Kesse-Guyot E. Do individual sustainable food purchase motives translate into an individual shift towards a more sustainable diet? A longitudinal analysis in the NutriNet-Santé cohort. *Cleaner and Responsible Consumption* 2022;5:100062.
20. Brunin J, Pointereau P, Allès B, Touvier M, Hercberg S, Lairon D, Baudry J, Kesse-Guyot E. Are recent dietary changes observed in the NutriNet-Santé participants healthier and more sustainable? *Eur J Nutr* 2022;61:141–55.
21. Reuzé A, Méjean C, Sirieix L, Baudry J, Kesse-Guyot E, Druésne-Pecollo N, Brunin J, Hercberg S, Touvier M, Péneau S, et al. Stages of change toward meat reduction: Associations with motives and longitudinal dietary data on animal-based and plant-based food intakes in French adults. *The Journal of Nutrition [Internet]* 2023 [cited 2023 Sep 28]; Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022316623726126>
22. Seffen AE, Dohle S. What motivates German consumers to reduce their meat consumption? Identifying relevant beliefs. *Appetite* 2023;187:106593.
23. Arnaudova M, Brunner TA, Götze F. Examination of students' willingness to change behaviour regarding meat consumption. *Meat Science* 2022;184:108695.
24. Hielkema MH, Lund TB. Reducing meat consumption in meat-loving Denmark: Exploring willingness, behavior, barriers and drivers. *Food Quality and Preference* 2021;93:104257.
25. de Gavelle E, Davidenko O, Fouillet H, Delarue J, Darcel N, Huneau J-F, Mariotti F. Self-declared attitudes and beliefs regarding protein sources are a good prediction of the degree of transition to a low-meat diet in France. *Appetite* 2019;142:104345.
26. Wyker BA, Davison KK. Behavioral Change Theories Can Inform the Prediction of Young Adults' Adoption of a Plant-based Diet. *Journal of Nutrition Education and Behavior* 2010;42:10.
27. Lea EJ, Crawford D, Worsley A. Consumers' readiness to eat a plant-based diet. *European Journal of Clinical Nutrition Nature Publishing Group*; 2006;60:342–51.
28. Weibel C, Ohnmacht T, Schaffner D, Kossmann K. Reducing individual meat consumption: An integrated phase model approach. *Food Quality and Preference* 2019;73:8–18.
29. Wolstenholme E, Carfora V, Catellani P, Poortinga W, Whitmarsh L. Explaining intention to reduce red and processed meat in the UK and Italy using the theory of planned behaviour, meat-eater identity, and the Transtheoretical model. *Appetite* 2021;166:105467.
30. Strässner A-M, Hartmann C. Gradual behaviour change towards meat reduction: Development and validation of a novel decisional balance scale. *Appetite* 2023;186:106537.
31. Klöckner CA. A stage model as an analysis framework for studying voluntary change in food choices – The case of beef consumption reduction in Norway. *Appetite* 2017;108:434–49.
32. Prochaska JO, Velicer WF. The Transtheoretical Model of Health Behavior Change. *Am J Health Promot SAGE Publications Inc*; 1997;12:38–48.
33. Hercberg S, Castetbon K, Czernichow S, Malon A, Mejean C, Kesse E, Touvier M, Galan P. The NutriNet-Santé Study: a web-based prospective study on the relationship between nutrition and health and determinants of dietary patterns and nutritional status. *BMC Public Health* 2010;10:242.
34. Sautron V, Péneau S, Camilleri GM, Muller L, Ruffieux B, Hercberg S, Méjean C. Validity of a questionnaire measuring motives for choosing foods including sustainable concerns. *Appetite* 2015;87:90–7.
35. Péneau S, Fassier P, Allès B, Kesse-Guyot E, Hercberg S, Méjean C. Dilemma between health and environmental motives when purchasing animal food products: sociodemographic and nutritional



- characteristics of consumers. *BMC Public Health* [Internet] 2017 [cited 2019 May 24];17. Available from: <https://bmcpublihealth.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12889-017-4875-6>
36. Allès B, Péneau S, Kesse-Guyot E, Baudry J, Hercberg S, Méjean C. Food choice motives including sustainability during purchasing are associated with a healthy dietary pattern in French adults. *Nutrition Journal* [Internet] 2017 [cited 2019 May 16];16. Available from: <http://nutritionj.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12937-017-0279-9>
37. Reuzé A, Méjean C, Carrère M, Sirieix L, Druesne-Pecollo N, Péneau S, Touvier M, Hercberg S, Kesse-Guyot E, Allès B. Rebalancing meat and legume consumption: change-inducing food choice motives and associated individual characteristics in non-vegetarian adults. *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity* 2022;19:112.
38. Prochaska JO, DiClemente CC, Norcross JC. In search of how people change. Applications to addictive behaviors. *Am Psychol* 1992;47:1102–14.
39. Kesse-Guyot E, Castetbon K, Touvier M, Hercberg S, Galan P. Relative Validity and Reproducibility of a Food Frequency Questionnaire Designed for French Adults. *Annals of Nutrition and Metabolism* 2010;57:153–62.
40. Baudry J, Méjean C, Allès B, Péneau S, Touvier M, Hercberg S, Lairon D, Galan P, Kesse-Guyot E. Contribution of Organic Food to the Diet in a Large Sample of French Adults (the NutriNet-Santé Cohort Study). *Nutrients* 2015;7:8615–32.
41. Unité de recherche en épidémiologie nutritionnelle. Table de composition des aliments, Etude NutriNet-Santé (Food Composition Database, NutriNet-Santé study). Les éditions INSERM/Economica. Bobigny, France; 2013.
42. Satija A, Bhupathiraju SN, Rimm EB, Spiegelman D, Chiuve SE, Borgi L, Willett WC, Manson JE, Sun Q, Hu FB. Plant-Based Dietary Patterns and Incidence of Type 2 Diabetes in US Men and Women: Results from Three Prospective Cohort Studies. *PLoS Med* 2016;13:e1002039.
43. Keaver L, Ruan M, Chen F, Du M, Ding C, Wang J, Shan Z, Liu J, Zhang FF. Plant- and animal-based diet quality and mortality among US adults: a cohort study. *British Journal of Nutrition* Cambridge University Press; 2021;125:1405–15.
44. Seconda L, Baudry J, Allès B, Boizot-Szantai C, Soler L-G, Galan P, Hercberg S, Langevin B, Lairon D, Pointereau P, et al. Comparing nutritional, economic, and environmental performances of diets according to their levels of greenhouse gas emissions. *Climatic Change* 2018;148:155–72.
45. Baudry J, Pointereau P, Seconda L, Vidal R, Taupier-Letage B, Langevin B, Allès B, Galan P, Hercberg S, Amiot M-J, et al. Improvement of diet sustainability with increased level of organic food in the diet: findings from the BioNutriNet cohort. *The American Journal of Clinical Nutrition* 2019;109:1173–88.
46. Pointereau P, Langevin B, Gimaret M. DIALECTE, a comprehensive and quick tool to assess the agro-environmental performance of farms. Producing and reproducing farming systems New modes of organisation for sustainable food systems of tomorrow 10th European IFSA Symposium, Aarhus, Denmark, 1-4 July 2012 [Internet] International Farming Systems Association; 2012 [cited 2023 Aug 28]; Available from: <https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/20133410218>
47. ADEME. Dia'terre. 2009.
48. Obesity: preventing and managing the global epidemic. Report of a WHO consultation. Geneva, Switzerland: World Health Organization; 2000 p. 9. Report No.: 894.
49. Lassale C, Péneau S, Touvier M, Julia C, Galan P, Hercberg S, Kesse-Guyot E. Validity of Web-Based Self-Reported Weight and Height: Results of the Nutrinet-Santé Study. *J Med Internet Res* 2013;15:e152.
50. Hagströmer M, Oja P, Sjöström M. The International Physical Activity Questionnaire (IPAQ): a study of concurrent and construct validity. *Public Health Nutr* 2006;9:755–62.
51. Ministère de la Transition écologique et de la Cohésion des territoires. Loi de transition énergétique pour la croissance verte (LTECV) [Internet]. 2017 May. Available from: <https://www.ecologie.gouv.fr/loi-transition-energetique-croissance-verte>

52. Ministère de la Transition écologique et solidaire. Stratégie Nationale Bas-Carbone (SNBC) [Internet]. France; 2022 Jul. Available from: <https://www.ecologie.gouv.fr/strategie-nationale-bas-carbone-snbc#:~:text=En%20signant%20l'Accord%20de,21%C3%A8me%20si%C3%A8cle%20au%20niveau%20mondial>.
53. WWF France, ECO2 Initiative. Vers une alimentation bas carbone, saine et abordable - Volet 2 - Prospective des régimes alimentaires et évolution de l’empreinte carbone de l’alimentation en France [Internet]. 2018 Oct. Available from: [https://www.wwf.fr/sites/default/files/doc-2022-02/20220210\\_Rapport\\_Vers-une%20alimentation\\_bas%20carbone-saine-et-abordable-Volet-2\\_WWFrance.pdf](https://www.wwf.fr/sites/default/files/doc-2022-02/20220210_Rapport_Vers-une%20alimentation_bas%20carbone-saine-et-abordable-Volet-2_WWFrance.pdf)
54. Lacour C, Seconda L, Allès B, Hercberg S, Langevin B, Pointereau P, Lairon D, Baudry J, Kesse-Guyot E. Environmental Impacts of Plant-Based Diets: How Does Organic Food Consumption Contribute to Environmental Sustainability? *Frontiers in Nutrition* [Internet] 2018 [cited 2023 Aug 11];5. Available from: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fnut.2018.00008>
55. Clark M, Springmann M, Rayner M, Scarborough P, Hill J, Tilman D, Macdiarmid JI, Fanzo J, Bandy L, Harrington RA. Estimating the environmental impacts of 57,000 food products. *Proceedings of the National Academy of Sciences Proceedings of the National Academy of Sciences*; 2022;119:e2120584119.
56. Nevalainen E, Niva M, Vainio A. A transition towards plant-based diets on its way? Consumers’ substitutions of meat in their diets in Finland. *Food Quality and Preference* 2023;104:104754.
57. Latvala T, Niva M, Mäkelä J, Pouta E, Heikkilä J, Kotro J, Forsman-Hugg S. Diversifying meat consumption patterns: Consumers’ self-reported past behaviour and intentions for change. *Meat Science* 2012;92:71–7.
58. Neff RA, Edwards D, Palmer A, Ramsing R, Righter A, Wolfson J. Reducing meat consumption in the USA: a nationally representative survey of attitudes and behaviours. *Public Health Nutrition* 2018;21:1835–44.
59. Erkkola M, Kinnunen SM, Vepsäläinen HR, Meinilä JM, Uusitalo L, Konttinen H, Saarijärvi H, Fogelholm M, Nevalainen J. A slow road from meat dominance to more sustainable diets: An analysis of purchase preferences among Finnish loyalty-card holders. *PLOS Sustainability and Transformation Public Library of Science*; 2022;1:e0000015.
60. Lacroix K. Comparing the relative mitigation potential of individual pro-environmental behaviors. *Journal of Cleaner Production* 2018;195:1398–407.
61. Andreeva VA, Salanave B, Castetbon K, Deschamps V, Vernay M, Kesse-Guyot E, Hercberg S. Comparison of the sociodemographic characteristics of the large NutriNet-Santé e-cohort with French Census data: the issue of volunteer bias revisited. *J Epidemiol Community Health BMJ Publishing Group Ltd*; 2015;69:893–8.
62. Cade J, Thompson R, Burley V, Warm D. Development, validation and utilisation of food-frequency questionnaires – a review. *Public Health Nutrition Cambridge University Press*; 2002;5:567–87.
63. Cade JE, Burley VJ, Warm DL, Thompson RL, Margetts BM. Food-frequency questionnaires: a review of their design, validation and utilisation. *Nutrition Research Reviews Cambridge University Press*; 2004;17:5–22.
64. West R. Time for a change: putting the Transtheoretical (Stages of Change) Model to rest. *Addiction* 2005;100:1036–9.
65. Povey R, Conner M, Sparks P, James R, Shepherd R. A critical examination of the application of the Transtheoretical Model’s stages of change to dietary behaviours. *Health Education Research* 1999;14:641–51.
66. Bandura A. The anatomy of stages of change. *Am J Health Promot* 1997;12:8–10.
67. Clune S, Crossin E, Verghese K. Systematic review of greenhouse gas emissions for different fresh food categories. *Journal of Cleaner Production* 2017;140:766–8



# Chapitre 6. Discussion générale

## 1. Principaux résultats

Les travaux menés au cours de cette thèse ont permis de mettre en évidence des facteurs motivationnels et sociodémographiques influençant le changement vers un rééquilibrage de consommation entre produits animaux et produits végétaux au sein d'une population d'adultes français non-végétariens.

D'une part, plusieurs motivations principales ont été mises en évidence comme étant à l'origine de la réduction de consommation de viande chez une majorité de participants (Chapitre 3). Les raisons de santé, celles liées à la nutrition et à la préservation de l'environnement, ont été les principales motivations pour la majorité des participants qui envisageaient ou réduisaient déjà leur consommation de viande. En ce qui concerne les légumineuses, les motivations liées à la santé, au plaisir de consommation, à leur rôle en tant que source de protéines et substitut de la viande ont incité les participants à augmenter leur consommation. D'autre part, réduire sa consommation de viande sur conseil de son médecin ou du fait de son environnement social étaient évoqués dans une plus petite partie de la population, mais pouvaient entraîner des changements de comportement alimentaire plus durables.

Ces différences entre les motivations semblent être expliquées par les profils sociodémographiques associés aux motivations de changement de consommation (Chapitre 3). En effet, l'influence des facteurs sociodémographiques sur les facteurs motivationnels en lien avec le changement de comportement a été mise en évidence (Chapitre 3). Par exemple, les femmes et les participants appartenant au statut socioéconomique le plus élevé étaient plus susceptibles de mentionner des raisons de santé comme motivations de changements alimentaires plus durables, tandis que les hommes et les participants de plus faible statut socioéconomique évoquaient davantage les conseils de leur médecin.

Face aux enjeux liés à la consommation de viande en France, nous nous sommes intéressés au processus qui mène à la réduction de consommation de viande. Ce travail de thèse a permis de vérifier l'application des stades de changement du modèle transthéorique dans le contexte de la réduction de la consommation de viande en France (Chapitre 4). Ces différentes étapes du processus de changement étaient influencées par des facteurs sociodémographiques spécifiques (Chapitre 4).

Indépendamment des différences sociodémographiques entre les stades, nous avons mis en évidence différents facteurs motivationnels qui induisaient ou entravaient la réduction de consommation à différents stades de changement (Chapitre 4). Par exemple, quel que soit le stade de changement, les participants envisageaient de réduire ou avaient réduit leur consommation de viande principalement pour des raisons liées à la santé, à la nutrition et à la préservation de l'environnement. Bien que les préoccupations concernant le bien-être des animaux étaient considérées comme importantes pour les participants, cette motivation n'était que modérément mentionnée pour justifier la réduction de consommation de viande. En ce qui concerne les obstacles à la réduction de la consommation de viande, le plaisir de manger de la viande était un obstacle majeur, mentionné par la plupart des participants, qu'ils envisagent ou non un changement. D'autres obstacles à la réduction de consommation de viande incluaient des raisons nutritionnelles et culturelles, évoquées par une majorité de participants. Les bénéfices pour la santé liés à la consommation de viande étaient plus souvent mentionnés par ceux qui ne prévoyaient pas de changer, alors que les habitudes alimentaires représentaient un obstacle plus important pour ceux qui envisageaient un changement.

Les déclarations de changement de consommation alimentaire, c'est-à-dire celles provenant des participants identifiés dans les stades de changement plus avancés, étaient cohérentes avec les mesures d'évolution de consommation alimentaire, obtenues grâce aux données longitudinales de l'étude NutriNet-Santé sur la période de 2009 à 2019 (Chapitre 4). Ces données longitudinales ont également mis en évidence que les individus qui avaient déclaré une réduction effective de leur consommation de viande semblaient également s'engager dans un rééquilibrage de leur consommation entre produits animaux et produits végétaux, confirmant des travaux réalisés en parallèle par notre groupe de recherche dans le projet BioNutriNet (430,431).

Ces changements effectifs vers des comportements alimentaires plus durables se traduisaient par une réduction de l'empreinte carbone de l'alimentation (Chapitre 5). Cette réduction était principalement attribuable à la réduction de consommation de viande de ruminants, mais également à la réduction de consommation de viande de monogastriques, incluant le porc et les volailles. Pour autant, l'augmentation de consommation de produits laitiers, en particulier de fromages à forte empreinte carbone, a pu partiellement compenser cette réduction des émissions de GES.

## 2. Considérations méthodologiques

### Potentiel biais de sélection

Les travaux de thèse reposent sur l'exploitation des données de volontaires issus de la cohorte NutriNet-Santé. Par conséquent, les Nutrinautes étaient probablement plus intéressés par les

thématiques de la santé et de la nutrition. De plus, la nature facultative des questionnaires ponctuels a probablement davantage intéressé les participants ayant un attrait pour les différentes thématiques de recherche développées dans ces questionnaires.

Par ailleurs, l'étude NutriNet-Santé présente une surreprésentation de femmes, de participants ayant un niveau d'études plus élevé et ceux ayant des comportements plus bénéfiques pour la santé par rapport à la population générale (36). Cette non-représentativité est un biais fréquent dans de nombreuses cohortes et études épidémiologiques, notamment du fait du mode de recrutement par volontariat (432). Ainsi, ceci aurait pu engendrer une surreprésentation des participants intéressés et/ou préoccupés par la transition alimentaire durable, d'autant plus qu'il est de plus en plus établi, notamment grâce aux travaux de cette thèse, qu'il existe des caractéristiques sociodémographiques spécifiques associées aux comportements alimentaires durables (433,434). En effet, dans notre étude, près de 60% de l'échantillon déclaraient avoir initié une réduction de consommation de viande. Cette prévalence représentait une plus forte proportion par rapport à d'autres études récentes conduites en Europe comme au Danemark (87) et par rapport aux résultats de certains sondages récents sur la population française (83). Par conséquent, notre échantillon d'étude pourrait présenter des individus avec un plus fort intérêt pour des changements alimentaires plus durables.

Les premiers travaux (Chapitre 3) ont confirmé l'influence de nombreuses caractéristiques sociodémographiques dans les associations entre les motifs et les changements alimentaires. Par ailleurs, l'utilisation d'un graphe acyclique dirigé (DAG) nous a également permis d'identifier les facteurs de confusion pertinents, en particulier dans les associations entre les émissions de GES et les stades de changement. Grâce à la grande puissance statistique de notre échantillon, nous avons bénéficié d'une variabilité suffisante pour prendre en compte les facteurs de confusion, comme le sexe ou le niveau d'études, et ajuster les modèles et les analyses descriptives en conséquence, afin de limiter un maximum le biais de sélection. Néanmoins, nous ne pouvons pas exclure totalement la présence de facteurs de confusion résiduels provenant de déterminants individuels ou environnementaux non mesurés et non pris en compte dans ces analyses, tels que les compétences culinaires, l'appartenance religieuse, les convictions politiques, la disponibilité de l'offre alimentaire, etc (87). Toutefois, par rapport à la littérature existante, nous avons pris en compte une grande diversité de facteurs de confusion, atténuant ainsi le risque de biais de confusion et renforçant la robustesse de nos résultats.

Malgré la non-représentativité, l'étude a pu capturer une diversité importante de comportements alimentaires grâce à un large échantillon. Par exemple, plus de 3 000 participants n'envisageaient pas de réduire leur consommation de viande (stade de précontemplation) et parmi eux, près de 40%

étaient des hommes. A noter également que les niveaux de consommations alimentaires relatifs à la viande étaient proches des données issues des enquêtes alimentaires nationales (44).

#### Potentiel biais liés à la mesure du changement de consommation

Dans la littérature le changement de comportement alimentaire est un concept complexe à définir et à évaluer. Dans notre étude, nous avons choisi de baser l'évaluation du changement de consommation par auto déclaration des participants, ce qui a pu engendrer un biais de déclaration, fréquemment observé dans la littérature. Afin de vérifier la déclaration de réduction de consommation de viande chez ceux qui déclaraient un changement de consommation, un premier traitement des réponses a permis de limiter les incohérences dans les déclarations, et les données déclaratives ont été également confrontées aux données alimentaires obtenues par des méthodes quantitatives validées dans NutriNet-Santé.

#### Potentiel biais liés à la mesure des motifs de changement

Dans la première partie de notre étude, notre objectif visait à identifier parmi les motifs de changement, les motifs qui poussent *réellement* les individus à changer leur consommation alimentaire. Pour répondre à cette question, un questionnaire a été élaboré par plusieurs chercheuses et chercheurs de différentes disciplines, et notamment en sociologie. L'objectif était de s'approcher des méthodes utilisées en entretiens semi-directifs en intégrant de questions conditionnelles dans le questionnaire en ligne. Ce type de questions a notamment permis de limiter le biais de désirabilité sociale, en comparaison avec des questions simples. Néanmoins, la nature originale et exploratoire de ce questionnaire rend difficile la comparaison avec la littérature existante.

Cette complexité est également accentuée par l'absence de consensus sur les définitions des concepts utilisés dans la littérature sur le comportement. Ainsi, il est possible que les motifs de changement aient été évalués sous un autre terme dans d'autres études. Afin de faciliter la compréhension et les potentielles comparaisons avec d'autres études, nous avons défini le terme « motif » comme tout facteur qui influence le changement dans le Chapitre 3, et nous avons détaillé le schéma conceptuel associé à la construction des items. Cependant, certains résultats comme le fait que les femmes soient plus concernées par la santé ou l'environnement pour diminuer leur consommation de viande ont été aussi observés dans d'autres études (355,435,436). Ainsi, la validité externe de nos résultats demeure plausible.

Dans la littérature, pour évaluer différents motifs, de nombreuses études utilisent l'échelle de Likert en la convertissant en points pour calculer un score pour chaque motif (79,346). Dans notre étude, les motifs susceptibles d'induire un changement de comportement ont été évalués par une

seconde question conditionnelle, dépendant de la réponse favorable à la première question sur le motif. Par exemple, si un participant déclarait être préoccupé par le bien-être des animaux, alors une seconde question lui était posée pour déterminer si ce motif était à l'origine de son changement de consommation. Cette approche aurait conduit au calcul de deux scores distincts, en raison de la nature conditionnelle de la seconde question. Pour simplifier l'interprétation des résultats, nous avons choisi de regrouper les participants en trois groupes en fonction de leurs réponses aux deux questions précédentes. Bien que cette méthode ait permis de simplifier l'analyse, elle a également entraîné le regroupement des réponses de l'échelle de Likert, ce qui a pu potentiellement masquer une hétérogénéité entre les réponses. À titre d'exemple, un participant choisissant l'option « Je ne sais pas » à la première question sur l'appréciation du motif était assigné au groupe « pas de motif ». Ce choix peut représenter une limite dans l'évaluation des motifs des participants, car cette réponse aurait pu justifier la création d'un quatrième groupe distinct. Cependant, pour des raisons de simplicité et de clarté, nous avons choisi de ne pas intégrer cette nuance dans ces premiers travaux de thèse.

#### Potentiel biais liés à la mesure du processus de changement par les stades de changement

Le modèle transthéorique a été développé dans le but d'étudier le processus de changement de comportement intentionnel au travers de plusieurs étapes distinctes. Toutefois, il n'a pas vocation à être exhaustif sur les différents types de changements ni les différentes temporalités associées au changement de comportement (392). Par exemple, le stade de précontemplation ne fait pas de distinction entre les individus qui reconnaissent le problème mais ne souhaitent pas modifier leurs pratiques et ceux qui ne sont pas encore conscients du problème (437). Cette absence de distinction au sein de ce stade peut restreindre l'efficacité des interventions visant à cibler les individus qui n'ont pas l'intention de changer, en ciblant des individus qui ne changeront jamais.

De plus, dans le modèle transthéorique, le processus de changement est défini uniquement selon l'intention individuelle au changement. Néanmoins, cette catégorisation ne tient pas compte de l'hétérogénéité des individus au sein d'un même stade. Par exemple, dans le contexte de la réduction de consommation de viande, la définition du stade de précontemplation ne tient pas compte des niveaux de consommations de viande des individus identifiés dans ce stade. Or, parmi ces individus qui n'ont pas l'intention de changer, certains pourraient être de plus petits consommateurs de viande par rapport à de très gros consommateurs de viande. A ce titre, d'autres propositions pour les individus qui ne s'identifient à aucun des stades de changement ont été ajoutées afin de limiter un potentiel biais de classement. Par exemple, les participants avaient la possibilité de déclarer qu'ils ne réduisaient pas leur consommation de viande en raison de leur niveau de consommation qu'ils jugeaient comme



faible. Cette option a été ajoutée pour éviter de classer ces individus de manière erronée dans un stade de non-intention de changement.

### Considérations méthodologiques pour la mesure de consommations alimentaires

Lors du recueil des données alimentaires autodéclarées, les participants ont pu sous-estimer ou surestimer leurs consommations alimentaires. Ces biais de mesure peuvent être dus à des erreurs dans les estimations des quantités d'aliments consommés mais l'utilisation de photographies validées pour évaluer les tailles de portions a contribué à atténuer ces erreurs. Les données des sous-déclarants et sur-déclarants ont également été traitées a posteriori à l'aide des méthodes décrites dans le Chapitre 2, ce qui a pu corriger ces biais potentiels. Par ailleurs, les consommations alimentaires autodéclarées ont également pu être soumises à un biais de désirabilité sociale. Ainsi, la consommation d'aliments jugés « moins favorables » pour la santé, comme le fast-food, les snacks, a pu être sous-déclarée par certains participants, alors que la consommation d'aliments jugés « plus favorables pour la santé », comme les fruits et légumes, a pu être surdéclarée. Toutefois, des recherches antérieures indiquent que ce biais peut être réduit dans le cas des questionnaires en ligne par rapport aux entretiens menés avec un enquêteur (432).

La méthode de collecte par des enregistrements de 24h autoadministrés en ligne a été évaluée dans plusieurs études de la cohorte NutriNet-Santé. Ces études ont comparé les apports autodéclarés en protéines, potassium et sodium à des biomarqueurs urinaires (408), et les apports autodéclarés en poissons, fruits, légumes et certains micronutriments ont été confrontés à des biomarqueurs sanguins (403). Les résultats de ces études ont montré que l'utilisation de trois enregistrements de 24h non consécutifs était une méthode valide pour estimer les apports alimentaires en protéines, potassium et sodium. Les enregistrements de 24h ont également été comparés aux rappels alimentaires de 24h effectués par un diététicien qualifié, et une forte concordance a été observée entre les deux méthodes pour les groupes alimentaires et les nutriments (402). Dans la littérature, le nombre optimal recommandé de journées évaluées par enregistrement alimentaire est assez hétérogène, néanmoins un minimum de deux rappels de 24h a été suggéré comme nécessaire pour estimer les apports alimentaires de façon appropriée (438). Dans ce travail de thèse, ces données ont été principalement utilisées dans les modèles mixtes dans le but de vérifier la concordance avec les stades de changement, par conséquent, nous avons choisi un nombre de 2 journées d'enregistrements de 24h afin de maximiser le nombre de suivi par participant, tout en garantissant une bonne représentation de la consommation alimentaire individuelle.

La méthode de collecte des données alimentaire par des questionnaires de fréquence alimentaire (Chapitre 5) permet d'estimer les habitudes de consommation des individus. Elle est largement

adoptée dans de nombreuses études épidémiologiques, bien qu'elle soit généralement moins précise que les enregistrements alimentaires sur 24 heures pour évaluer les apports nutritionnels. Néanmoins, cette méthode permet de s'affranchir de la variabilité saisonnière de l'alimentation, qui peut représenter une limite pour les enregistrements de 24h. Dans notre étude, le FFQ-Bio que nous avons utilisé était constitué d'un très grand nombre d'items alimentaires à évaluer. Ainsi, cela a pu engendrer des abandons ou des erreurs dans le remplissage, d'autant plus qu'il nécessite un effort de mémoire important car les participants doivent se souvenir de leurs habitudes de consommation alimentaire sur les 12 derniers mois. Des corrections et des exclusions de certains questionnaires ont été réalisées afin de minimiser de potentielles erreurs.

L'utilisation de trois méthodes d'évaluation de la consommation alimentaire, utilisant deux types de données (déclaratives versus mesurées) renforce la précision et la robustesse des résultats de ces travaux en lien avec les changements de consommation en cours dans notre échantillon d'étude.

#### Choix méthodologiques pour l'application des modèles mixtes aux données alimentaires

Dans les modèles mixtes réalisés dans notre étude (Chapitre 4), la variable « temps » a été définie comme la durée (en année) entre la date de remplissage du questionnaire alimentaire au cours du suivi, par rapport à la date de remplissage du questionnaire alimentaire à l'inclusion. Or, le design de l'étude NutriNet-Santé permet l'inclusion de participants à tout moment de l'étude, ainsi les données alimentaires remplies à l'inclusion par chaque Nutrinaute ont pu être recueillies à des dates très différentes entre 2009 et 2019. Cette variabilité des dates de collecte pose néanmoins quelques limites dans la modélisation et l'interprétation des modèles mixtes.

L'interprétation des niveaux de consommation à l'inclusion entre les stades doit être réalisée avec précaution, en raison de la variabilité des dates d'inclusion sur la période 2009-2019. Toutefois, il est important de mentionner que la distribution des dates de remplissage du questionnaire alimentaire à l'inclusion sur la période 2009-2019 est globalement similaire entre les différents stades de changement, avec une plus forte proportion de participantes et participants ayant renseigné ces données en 2009 (30 à 40%), ce qui a pu limiter la variabilité des données entre les stades.

D'autre part, les indicateurs alimentaires PDI, hPDI et uPDI sont des scores population-dépendants, obtenus à partir de quintiles de consommation pour plusieurs groupes alimentaires, calculés dans une population spécifique. Ainsi, pour chaque nouvel échantillon obtenu, de nouveaux quintiles de consommation sont calculés, générant ainsi une redistribution des individus en fonction de ces nouveaux quintiles. Dans notre étude, étant donné le design longitudinal, le calcul de ces indicateurs population-dépendants à différents points dans le temps a nécessité la détermination d'une

population de référence pour s'affranchir de la variabilité des quintiles au cours du temps. Cela est également nécessaire afin de pouvoir observer des changements en fonction d'un point de référence. Dans notre étude, nous avons choisi de prendre la date d'inclusion dans la cohorte NutriNet-Santé comme point de référence. De cette manière, nous avons ainsi fixé les seuils des quintiles de consommation des indicateurs, en calculant ces seuils à partir des données alimentaires remplies à l'inclusion de chaque participant. Par conséquent, l'évolution des indicateurs alimentaires au fil du temps est décrite en fonction des valeurs calculées avec les données d'inclusion.

Une des forces des données de BioNutriNet est que le recueil des données alimentaires est intervenu à deux dates fixes dans le temps, à savoir en 2014 et en 2018 (Chapitre 5). Ainsi, une comparaison des données alimentaires obtenues à l'aide des deux méthodes de collecte des données aurait pu être envisagée afin de renforcer la robustesse de nos résultats. Etant donné les deux seuls points de suivi disponibles, nous avons choisi de ne pas conduire d'analyses longitudinales avec les données de BioNutriNet. Une passation du FFQ-Bio a été réalisée en 2023 et l'estimation des évolutions de consommations alimentaires grâce au troisième point de suivi de BioNutriNet pourrait être intéressante afin d'explorer davantage les changements de consommation, et notamment approfondir l'étude des données alimentaires à l'inclusion.

### 3. Perspectives de recherche

#### La réduction de consommation de viande à l'échelle d'une population française

Depuis quelques années, une tendance vers une réduction de consommation de viande en France a été suggérée à partir de diverses sources de données, telles que les bilans alimentaires, des données d'achats et certains sondages d'opinions. Cependant, les enquêtes alimentaires nationales représentatives ont rencontré des difficultés pour conclure de manière définitive sur l'évolution de la consommation alimentaire individuelle en raison de changements méthodologiques entre les différents volets de ces enquêtes (42,44,71). A notre connaissance, notre étude longitudinale est la première à posséder des données de consommation alimentaire individuelle sur une période de suivi relativement conséquente (supérieure à 6 ans) permettant de conclure quant à une tendance de réduction de consommation de viande et de charcuterie à l'échelle de l'individu entre 2009 et 2019 (Chapitre 4).

D'ailleurs, nos résultats suggèrent une diminution de la consommation de volailles entre 2014 et 2018 dans notre échantillon, indépendamment du stade de changement (Chapitre 5). Ces observations contrastent avec les estimations issues des données de bilans, suggérant une augmentation de la

consommation de volailles au cours de cette même période (66). Pour confirmer ces résultats, d'autres études examinant les consommations alimentaires à l'échelle individuelle sont nécessaires.

Dans le but d'approfondir nos conclusions, des analyses complémentaires pourraient être envisagées. En modifiant l'hypothèse de base de linéarité et en utilisant des modèles de régressions avec splines, comme les fonctions splines cubiques restreintes (Restricted cubic splines ou RCS), nous pourrions capturer de manière plus précise la complexité et la non-linéarité des données de consommation alimentaire. De plus, des modélisations de trajectoires pourraient être également intéressantes pour comprendre plus précisément les différentes dynamiques de réduction de consommation de viande chez les individus qui ont déjà initié leur changement de consommation. Par exemple, une étude réalisée dans une population d'adolescents canadiens a étudié les trajectoires de consommations alimentaires, en particulier, de fruits et légumes, de boissons sucrées et d'aliments de type fast-food, entre leur 11 et 18 ans (439). Dans cette étude, des trajectoires non linéaires de consommation et différents profils de consommateurs, en particulier selon le sexe, en lien avec ces différentes trajectoires ont été identifiés. Les auteurs suggèrent la mise en place d'interventions de santé publique ciblées, étant donné les différents profils observés chez les adolescents canadiens.

A ce jour, encore peu d'études en France se sont intéressées aux facteurs qui influencent la réduction de consommation de viande, et plus largement le rééquilibrage de consommation entre produits animaux et produits végétaux (11,86,426,430). Levier essentiel dans la transition alimentaire durable, ces informations sont d'autant plus cruciales du fait du poids de la culture dans les habitudes alimentaires liées à la viande en France. Les résultats de notre étude ne sont probablement pas généralisables à d'autres populations qui ont des cultures et des traditions culinaires différentes, par exemple en Asie, mais également dans des pays de régime type Western comme en Europe et aux Etats Unis. Il est donc nécessaire de mener des études spécifiques dans chaque pays. Alors que les pays développés sont ceux qui consomment le plus de viande et où la viande joue un rôle central dans le régime alimentaire dit occidental (440), il pourrait être intéressant d'étudier la réduction de la viande dans les pays où la consommation de viande est plus faible ou en augmentation dans le cadre de la première transition nutritionnelle qui est toujours en cours dans ces pays (8).

Dans notre étude, nous nous sommes concentrés principalement sur l'étude de la réduction de viande chez les participants non-végétariens. La viande, en tant qu'aliment, va au-delà de ses qualités nutritionnelles, elle possède une forte valeur symbolique et identitaire (11,14). Par conséquent, il était essentiel, dans un premier temps, d'analyser les changements alimentaires liés à

la viande et les facteurs qui influencent sa consommation et sa réduction. Toutefois, comme le suggère le concept de deux « R » (8), l'étude de la « réduction » de consommation de viande doit s'accompagner de l'étude du « remplacement » de la viande, également appelé substitution. En effet, lorsque l'on examine les changements de comportement, il est essentiel de caractériser le nouveau comportement alimentaire mis en place. Dans le cas de la réduction de consommation de viande, des substitutions intra-catégories, par exemple une substitution par un autre type de viande, et des substitutions inter-catégories, par exemple une substitution par des légumineuses, peuvent être réalisées pour compenser ce changement de consommation.

Dans le cadre de ces travaux de thèse, nous avons pu réaliser une première caractérisation de ce changement alimentaire grâce à l'étude longitudinale (Chapitre 4). Les résultats de cette étude montrent que la réduction de consommation de viande s'accompagnait d'un rééquilibrage de consommation entre produits animaux et produits végétaux. Par ailleurs, les données issues des questionnaires de fréquence alimentaire ont également permis de mettre en évidence que la consommation de viande de monogastriques, telle que le porc et les volailles, diminuait au cours du temps, en parallèle de la réduction de consommation de viande. Ces conclusions contrastent avec la littérature, où certaines études conduites dans d'autres pays comme la Finlande, n'ont pas observé de changement significatif dans la consommation de volailles, voire ont observé une augmentation de consommation de ce type de viande (77,441,442). Ainsi, dans notre étude, les individus ne semblaient pas compenser la réduction de consommation de viande par une augmentation de la consommation d'un autre type de viande. Toutefois, il est nécessaire de confirmer ces premiers résultats observés dans une population française par d'autres études longitudinales menées dans des échantillons d'adultes français.

Par ailleurs, les résultats de notre étude longitudinale ont mis en évidence une augmentation de la consommation de produits végétaux bénéfiques pour la santé en association avec la réduction de la consommation de viande. Pourtant, il est également possible que la viande soit remplacée par d'autres produits végétaux de moindre qualité nutritionnelle chez certains participants. Par exemple, des études antérieures, comme celle dans la cohorte NutriNet-Santé, ont montré que certaines personnes végétariennes ou végétaliennes, adoptent un profil alimentaire plus riche en produits végétaux mais de moindre qualité nutritionnelle (443). En effet, depuis quelques années, le marché des substituts végétaux à la viande s'est considérablement développé en France (444). Cependant, il est important de noter que de nombreux substituts végétaux sont des produits ultra-transformés, qui ont été associés à des effets néfastes sur la santé dans des études récentes (445,446). Dans le cadre de cette thèse, des analyses complémentaires présentées lors d'une conférence Les Journées Scientifiques de

Nantes Université en juin 2022, ont été réalisées sur la consommation de substituts végétaux aux produits animaux, tels que les galettes végétariennes et les boissons végétales, à différents stades de changement (Annexe 25). Ces analyses ont montré une légère augmentation de la consommation en moyenne aux stades avancés de changement, ainsi qu'une augmentation plus marquée du nombre de consommateurs, suggérant un intérêt croissant pour ces produits (Annexe 25). Ces produits alimentaires peuvent constituer une alternative pratique et rapide pour intégrer davantage de produits végétaux dans son alimentation. Par conséquent, ils pourraient susciter l'intérêt de certains consommateurs qui rencontrent des difficultés à changer leurs habitudes alimentaires, un des principaux freins à la réduction de consommation de viande observés dans notre étude, ou qui sont plus résistants à la réduction de la consommation de viande. Ainsi, cela renforce la nécessité de mettre en place des campagnes de sensibilisation afin de favoriser des régimes alimentaires qui sont aussi, voire plus, favorables pour la santé humaine et celle de la planète et des écosystèmes.

#### [Une première étude exploratoire des motifs de changement alimentaire pour comprendre les choix alimentaires](#)

Une approche complémentaire des facteurs individuels aurait pu être envisagée, par exemple en incluant d'autres facteurs psychologiques tels que les traits de personnalité, le style cognitif par exemple. Une étude menée dans la cohorte NutriNet-Santé a révélé que les individus les plus soucieux de l'avenir, évalué au moyen d'un score reflétant leurs préoccupations quant aux conséquences futures, présentaient un régime alimentaire de meilleure qualité nutritionnelle et étaient davantage préoccupés par leur santé et par des objectifs environnementaux altruistes (447). D'autre part, une autre étude conduite en ligne en France a observé que le style cognitif, intuitif ou réfléchissant, étaient associés à des changements alimentaires plus durables, notamment les individus plus intuitifs étaient plus susceptibles de penser que la viande est indispensable à la santé et a jugé la consommation de viande comme normale (448). Par conséquent, il est possible que certains facteurs psychologiques jouent un rôle significatif sur les motivations et les obstacles liés aux changements de comportement alimentaire plus durables. Ces facteurs seront investigués dans de futurs travaux issus de NutriNet-Santé sur la base des résultats présentés dans cette thèse.

Dans notre étude, nous n'avons pas pris en compte les modes d'approvisionnement et l'environnement alimentaire comme un facteur environnemental des choix alimentaires liés à la consommation de viande et produits végétaux (259). Aujourd'hui, les analogues végétaux aux produits animaux (ex. boissons à base de soja ou d'amande, galettes végétales) sont de plus en plus présents sur le marché alimentaire mais restent une minorité par rapport à l'offre disponible dans les lieux d'achat et de consommation en France, tels que les restaurants et les magasins bio par exemple (449). Dans

une étude expérimentale, les restaurants qui proposent des menus avec des plats sans viande par défaut pourraient augmenter les chances que quelqu'un commande un plat sans viande (450). Ainsi, nous aurions pu envisager de demander aux participants si des éléments de leur environnement alimentaire tel que l'accès à une offre de menus sans viande ou d'aliments analogues végétaux des produits animaux est une motivation et également un frein à la réduction de consommation de viande.

Les choix alimentaires sont le résultat d'un ensemble de facteurs, qui interagissent entre eux. Pour comprendre ces interactions, nous nous sommes intéressés dans un premier temps aux relations entre les caractéristiques sociodémographiques et les motifs de changement à l'aide de modèles de régression logistique. Etant donné les relations entre les motifs, les caractéristiques et les changements de consommation, des modèles plus globaux prenant en compte les interconnexions entre les variables pourraient être envisagés, notamment à l'aide d'équations structurelles, comme ce fût le cas dans le cadre d'une précédente thèse menée à l'EREN (451). Cependant, cette méthode nécessite de définir les relations qui relient les variables observées (motifs) aux variables latentes (stades de changement), ce qui nécessite d'émettre des hypothèses fortes.

Dans notre étude, nous avons choisi le modèle transthéorique pour étudier le changement de comportement, toutefois, d'autres théories ont été développées dans la littérature pour étudier le changement de comportement. Par exemple, le modèle de la théorie planifié (TPB) est également un des modèles les plus utilisés, notamment en santé et a été appliqué à la réduction de viande dans le contexte français (86). A ce titre, le projet ANR TransFOOD (ANR-21-CE21-0011), financé en 2023, prévoit la passation d'un questionnaire en lien avec les changements alimentaires, incluant des items relatifs au TPB. Ainsi, une comparaison des deux études à l'échelle de la population française pourrait être intéressante pour confirmer les résultats obtenus.

#### [Apport des travaux de thèse à la question de la durabilité des changements de régime alimentaires](#)

Comme de nombreuses autres études scientifiques, rapports d'expertise et politiques publiques, notre étude s'est concentrée exclusivement sur l'évaluation de l'impact des changements alimentaires sur le changement climatique à travers l'indicateur du potentiel de réchauffement global évalué par les émissions de GES. Cependant, il est important de mentionner que le changement climatique n'est qu'un aspect parmi plusieurs autres permettant d'appréhender les diverses pressions exercées sur l'environnement. D'autres catégories d'impacts, telles que le changement d'affectation des sols, l'érosion de la biodiversité, l'épuisement des ressources en eau, sont également pertinentes à étudier dans le cadre de la réduction de consommation de viande. Certaines études récentes, comme celle de Scarborough et al., ont mis en évidence que les régimes alimentaires actuels les plus carnés étaient ceux qui avaient les plus forts impacts sur plusieurs indicateurs environnementaux, tels que

l'occupation des sols, l'eutrophisation et l'utilisation de l'eau (141). Ainsi, une approche holistique, évaluant plusieurs catégories d'impact, est essentielle pour comprendre l'ensemble des conséquences des régimes alimentaires actuels sur l'environnement. Cette approche globale est d'autant plus intéressante car une étude récente d'optimisation, sous contraintes nutritionnelles et épidémiologiques, a montré que la réduction de l'utilisation de l'eau liée au changement de régime alimentaire induit une réduction des émissions de GES, néanmoins, la réciproque n'est pas vraie (250). Ainsi, l'étude d'un ensemble d'indicateurs environnementaux permettrait de mieux caractériser les pressions exercées par les régimes alimentaires actuels sur l'environnement.

D'un point de vue méthodologique, il est important de mentionner que les bases de données concernant les impacts environnementaux des produits alimentaires sont relativement récentes en France et s'enrichissent progressivement en termes de quantité et de qualité des données disponibles. A ce titre, en 2022, la nouvelle version de la base de données française Agribalyse 3.0 a intégré des données permettant d'évaluer l'épuisement des ressources en eau pour un ensemble de produits alimentaires (112). A ce jour, la quantification de certaines catégories d'impact, comme la biodiversité ou son érosion, reste un défi au sein de la communauté scientifique et il n'existe pas de consensus scientifique sur un indicateur de l'impact des produits alimentaires sur la biodiversité, mais des travaux sont en cours en France et dans le monde (452–454). D'autre part, les bases de données ont un niveau de détail limité du fait de la complexité de la collecte des informations. Par exemple, bien que la viande de ruminants soit l'aliment le plus émetteur en termes de GES, son empreinte carbone peut varier selon plusieurs paramètres comme les pratiques d'élevage, la situation géographique, par exemple (298). Ce niveau de détail est souvent très difficile à intégrer dans les bases de données, alors que des réductions de GES pourraient être obtenues en adoptant la démarche du « moins mais mieux » que soit à l'échelle de l'élevage, de la production, mais aussi des consommations, dans une approche système alimentaire (« *less but better* ») (335,455).

Dans notre étude, la réduction de consommation comme pratique durable a été étudiée sous l'angle de la santé et de l'environnement. Toutefois, d'après la définition de la FAO, la durabilité de l'alimentation comprend également un ensemble d'enjeux économiques et socioculturels. Ainsi, une approche plus globale de la durabilité aurait pu être envisagée dans notre étude afin de caractériser la durabilité des régimes alimentaires dans son ensemble. A ce titre, un score de durabilité alimentaire, le Sustainability Diet Index (SDI) a été développé par notre équipe pour quantifier d'une manière plus globale la durabilité de l'alimentation à l'échelle individuelle, en prenant en compte les quatre composantes principales de la durabilité (santé, environnement, économie, socioculturel) (456). Nous aurions pu envisager de calculer ce score à différents stades de changement pour mieux caractériser



la durabilité des nouveaux comportements mis en place à la suite d'une réduction de consommation de viande.

#### 4. Implications de santé publique et sociétales des résultats de thèse

L'étude des facteurs qui influencent le changement de comportement permet de mieux comprendre les mécanismes sous-jacents qui poussent les individus à adopter de nouveaux comportements comme ceux liés à la réduction de la viande et des produits animaux. Ces études contribuent ainsi à l'élaboration et à l'amélioration des théories autour de l'étude des changements de comportement alimentaire. Par ailleurs, ces travaux pourraient apporter des informations utiles aux institutions publiques pour leurs travaux d'expertise en amont de la conception de politiques publiques, notamment celles qui définissent les campagnes de promotion de la santé en nutrition (ex. PNNS). Ces résultats pourraient également éclairer les acteurs économiques notamment ceux autour des déterminants des comportements des consommateurs.

##### Le rôle clé des politiques publiques dans la promotion d'une alimentation saine et durable

Les campagnes de santé publique, en tant que levier privilégié des pouvoirs publics, jouent un rôle essentiel dans la sensibilisation des consommateurs en fournissant des informations visant à encourager des comportements plus favorables à la santé. Dans notre étude, les résultats mettent en évidence que trois motivations principales sous-tendent le changement vers une réduction de consommation de viande : la santé, la nutrition et la préservation de l'environnement. Outre les motivations de santé bien documentées dans la littérature, on observe très récemment un intérêt grandissant relatif aux préoccupations environnementales chez ceux qui envisagent ou qui réduisent déjà leur consommation de viande. Ainsi, une stratégie efficace pour les campagnes de santé publique pourrait consister à combiner des informations relatives à la santé et à la préservation de l'environnement, touchant ainsi plusieurs motivations. Une étude d'intervention menée au Royaume Uni a montré que la combinaison de ces deux aspects dans des messages avait des effets encore plus bénéfiques sur la réduction de consommation de viande (457). Ainsi, la combinaison d'aspects liés à la santé et à l'environnement pourrait renforcer l'efficacité des campagnes de sensibilisation.

Parallèlement aux campagnes de santé publique, d'autres politiques publiques en faveur de l'alimentation ont été mises en place et une étude de l'IDDRI en 2023 a recensé l'ensemble de ces interventions mises en place au sein des différents secteurs de l'action publique à l'échelle nationale : affichage nutritionnel, éducation à l'alimentation, campagne de sensibilisation, offre en restauration collective, aide alimentaire, etc (239). Cependant, étant donné la minorité de consommateurs engagés dans une transition alimentaire durable, les actions publiques actuelles ne semblent pas suffisantes

pour favoriser des changements vers de comportements alimentaires plus sains et plus durables. Les politiques publiques, axées principalement sur les consommateurs, doivent également prendre en compte les influences externes des choix alimentaires telles que l'accessibilité des aliments, les options disponibles dans les lieux d'achat, les incitations financières (239). Dans notre étude, certains participants ont indiqué réduire leur consommation de viande sur les conseils de leur médecin, suggérant ainsi que les actions publiques pourraient davantage s'associer aux professionnels de la santé pour promouvoir des changements alimentaires sains et durables. De plus, les politiques publiques incitatives doivent également être alignées avec l'influence des acteurs privés qui ciblent les consommateurs et qui façonnent les imaginaires et les représentations de l'alimentation. A titre d'exemple, d'ici 2025, le Royaume Uni envisage d'interdire la publicité des produits alimentaires de faible qualité nutritionnelle entre 5h30 et 21h (458). En France, l'interdiction de la publicité pour certains produits notés D ou E par le Nutriscore à destination des enfants fait actuellement l'objet d'une proposition de loi (459). Ainsi, les actions publiques doivent se concentrer non seulement sur les comportements individuels par le biais de campagnes de sensibilisation, mais également sur l'intervention dans les environnements alimentaires plus largement (239,460).

#### [Promouvoir des politiques publiques équitables pour faciliter une transition alimentaire accessible à tous](#)

Tel que largement rapporté dans la littérature et confirmé par nos résultats, les changements vers des comportements alimentaires plus durables sont favorisés par les individus appartenant à des catégories sociales plus aisées (216). Par exemple, dans notre étude, les individus de plus haut niveau d'études étaient plus susceptibles de déclarer des motifs liés à la santé et à la préservation de l'environnement, suggérant le rôle essentiel de l'éducation et la sensibilisation dans l'adoption de pratiques alimentaires durables. Certaines populations plus modestes font face à des contraintes financières qui limitent leur accès à des aliments plus durables, comme les produits biologiques (461,462). Ces disparités socioéconomiques mettent en évidence que les changements alimentaires durables ne peuvent pas être abordés en utilisant une approche uniforme qui s'appliquerait à toutes et tous. Par conséquent, les inégalités socioéconomiques doivent être mieux prises en compte, et des politiques favorisant un accès équitable à l'alimentation sont nécessaires pour garantir à tous les individus la possibilité de mettre en place des changements alimentaires favorisant la durabilité. Aujourd'hui, des aides alimentaires sont disponibles en France, mais demeurent insuffisantes étant donné l'accroissement grandissant des inégalités sociales de santé, notamment en matière de nutrition. De nouvelles politiques publiques sont en cours d'élaboration pour rendre l'aide alimentaire plus durable, notamment pour promouvoir l'achat de produits frais (fruits et légumes, légumineuses)

sous des labels de qualité définis par la loi EGalim (463). De même, des propositions sur la mise en place d'une sécurité sociale de l'alimentation sont en cours (464), ce qui pourrait représenter un levier pour réduire les inégalités alimentaires de santé. Ces travaux de thèse soulignent l'importance d'accroître ces mesures, afin de diffuser l'évolution des comportements alimentaires favorables à la santé, en les rendant plus accessibles aux catégories les plus modestes.

### Vers une alimentation durable : intégrer les critères environnementaux dans les politiques publiques de santé en France

À ce jour, en France, les politiques publiques relatives à l'alimentation ont principalement mis l'accent sur les aspects liés à la nutrition et à la santé. Par exemple, les recommandations alimentaires destinées à la population se sont principalement concentrées sur des considérations nutritionnelles. En ce qui concerne la consommation de viande, la France se distingue en établissant un seuil de consommation dans ses recommandations (2,230), mais ce seuil est défini en fonction de critères de santé et de nutrition. Cependant, l'évolution vers une alimentation plus durable nécessite une prise en compte plus large des facteurs influençant nos choix alimentaires. Dans cette perspective, une révision du seuil de consommation de viande pourrait être envisagée en intégrant des critères environnementaux, reflétant ainsi une approche plus durable dans l'élaboration des recommandations alimentaires.

Dans le cadre du PNNS, Santé publique France propose une plateforme en ligne « La Fabrique à Menus » qui vise à encourager une alimentation plus saine (465). Cet outil offre la possibilité de générer des menus sans viande, suggérant ainsi des alternatives pour diversifier les sources protéiques. Pour aller plus loin, il serait pertinent d'inclure des recommandations explicites sur le remplacement de la viande par d'autres sources protéiques, telles que les légumineuses, dans les directives officielles pour promouvoir des changements alimentaires plus durables. En effet, d'après les résultats du Chapitre 5, les individus qui réduisaient leur consommation de viande semblaient compenser en augmentant leur consommation de fromages. Cependant, du point de vue de la durabilité environnementale, les produits laitiers, en particulier le fromage, ont une empreinte carbone plus élevée que les produits végétaux et certains produits animaux, tels que les volailles (136,466). Il est possible que cette information ne soit pas largement connue parmi les consommateurs, étant donné que la majorité des participants dans notre étude déclarait réduire leur consommation de viande pour des raisons environnementales. Ainsi, l'intégration de critères environnementaux et des campagnes de sensibilisation pourraient être utiles pour informer et orienter les consommateurs vers des choix alimentaires plus durables en parallèle de leur réduction de la consommation de viande.

La prise en compte de ces critères environnementaux dans les politiques publiques relatives à l'alimentation est d'autant plus importante étant donné les ambitions de la Stratégie Nationale Bas-Carbone (SNBC), qui intègrent des objectifs de réduction de l'empreinte carbone de la consommation individuelle (467). Alors que la réduction de consommation de viande est une des voies privilégiées pour parvenir à réduire l'empreinte carbone de l'alimentation des individus, aucune directive ou recommandation environnementale relative à l'alimentation à destination des consommateurs n'est disponible pour orienter les consommateurs dans la réduction des émissions de GES liées à leur alimentation. Ces recommandations sont d'autant plus nécessaires que des efforts encore plus importants sont à réaliser pour atteindre les objectifs nationaux et européens de réduction de GES (467,468), même chez ceux qui ont débuté une réduction de consommation de viande ou qui pensent être de petits consommateurs de viande.

Les enjeux environnementaux, souvent négligés dans les politiques de santé publique, pourraient être intégrés de manière plus explicite. Actuellement, ils ne sont que peu évoqués, comme par exemple la mention de l'agriculture biologique dans le PNNS 4 (239). Ainsi, les questions liées à l'alimentation ne doivent pas se limiter aux considérations de santé et de nutrition mais devraient intégrer plus largement les différentes considérations liées à la durabilité de l'alimentation. Dans cette perspective, le concept de santé publique doit évoluer pour prendre en compte les dimensions de la santé humaine, de la santé des écosystèmes et de la santé planétaire, adoptant une approche systémique en accord avec le principe « One Health » pour mieux répondre aux défis des changements alimentaires durables.

Cette thèse s'achève au cours d'une année déterminante pour le futur de l'alimentation en France, avec la révision de la SNBC et le développement de la Planification Ecologique, la mise en place de la Stratégie Nationale Alimentation Nutrition Climat (SNANC) (239,469), et également en Europe, dans le contexte de la mise en place de mesures liées à l'alimentation de la stratégie « De la ferme à la table » (« *Farm to fork strategy* »). Ainsi, les résultats de notre étude pourraient contribuer à informer les décideurs politiques concernant les leviers et les freins face au rééquilibrage de consommation entre produits animaux et produits végétaux. A ce titre, le premier article de thèse (Chapitre 3) a été cité dans un récent rapport de l'OMS publié en 2023 concernant la consommation de viande rouge et de charcuteries (159), montrant ainsi la portée de nos résultats au-delà de la recherche académique.

## Conclusion générale

Dans un pays où la consommation de viande est au cœur de la culture et des traditions culinaires, la question de la transition vers des pratiques alimentaires plus durables dépasse largement le cadre des choix alimentaires individuels. En effet, cette transition englobe en réalité un ensemble complexe de considérations politiques, sociales, identitaires et économiques qui la rendent complexe à mettre en œuvre. Ces travaux de thèse ont contribué à fournir des connaissances scientifiques sur les leviers et freins en lien avec le rééquilibrage de consommation entre produits animaux et produits végétaux dans une population d'adultes français non-végétariens. Bien qu'une transition alimentaire plus durables semble en cours dans certaines catégories de la population en France, elle ne semble à ce jour pas suffisamment efficace pour répondre aux enjeux de santé publique et de durabilité. Les résultats de cette thèse soulignent divers leviers et freins en lien avec les changements alimentaires, avec une attention particulière portée aux préoccupations grandissantes liées à la préservation de l'environnement. Pour réussir cette transition de manière équitable et inclusive, il semble essentiel que les acteurs de la santé publique s'engagent de manière plus efficace encore, en mettant en place des politiques publiques alignées sur les objectifs de santé et de durabilité. Ceci requiert également une collaboration étroite avec les acteurs économiques privés de l'ensemble de la chaîne de valeurs, de la production à la consommation. Une réponse collective entre les secteurs public et privé est essentielle pour favoriser des changements alimentaires durables pour tous.

# Bibliographie

1. Estaquio C, Kesse-Guyot E, Deschamps V, Bertrais S, Dauchet L, Galan P, et al. Adherence to the French Programme National Nutrition Santé Guideline Score Is Associated with Better Nutrient Intake and Nutritional Status. *Journal of the American Dietetic Association*. 2009 Jun 1;109(6):1031–41.
2. Cocking C, Walton J, Kehoe L, Cashman KD, Flynn A. The role of meat in the European diet: current state of knowledge on dietary recommendations, intakes and contribution to energy and nutrient intakes and status. *Nutrition Research Reviews*. 2020 Dec;33(2):181–9.
3. Prache S, Santé-Lhoutellier V. Qualité des aliments d'origine animale selon les conditions de production et de transformation. Synthèse de l'expertise scientifique collective [Internet]. France: INRAE; 2020 p. 111. Available from: [https://www.inrae.fr/sites/default/files/pdf/ESCo\\_Synth%C3%A8se\\_FINAL.pdf](https://www.inrae.fr/sites/default/files/pdf/ESCo_Synth%C3%A8se_FINAL.pdf)
4. Beal T, Gardner CD, Herrero M, Iannotti LL, Merbold L, Nordhagen S, et al. Friend or Foe? The Role of Animal-Source Foods in Healthy and Environmentally Sustainable Diets. *The Journal of Nutrition*. 2023 Feb 1;153(2):409–25.
5. Schneider A, Huyghe C. Les légumineuses pour des systèmes agricoles et alimentaires durables [Internet]. éditions Quae; 2015 [cited 2020 Mar 10]. Available from: <https://www.quae-open.com/produit/77/9782759223367/les-legumineuses-pour-des-systemes-agricoles-et-alimentaires-durables>
6. Denhartigh C, Metayer N. Diagnostic des filières de légumineuses à destination de l'alimentation humaine en France - Intérêt environnemental et perspectives de développement. Réseau Action Climat, Solagro; 2015 Mar.
7. Uthayakumar T, Lousteau H, Couturier C. Pulse fiction : Pour une transition agricole et alimentaire durable. WWF France, Solagro; 2019.
8. Dagevos H. Finding flexitarians: Current studies on meat eaters and meat reducers. *Trends in Food Science & Technology*. 2021 Aug 1;114:530–9.
9. Mathé T, Tavoularis G, Pilorin T. La gastronomie s'inscrit dans la continuité du modèle alimentaire français. Paris, France: Crédoc; 2009 Dec. (Cahier de recherche). Report No.: 267.
10. Herpin N. Le repas comme institution: Compte rendu d'une enquête exploratoire. *Revue française de sociologie*. 1988;29(3):503–21.
11. Poquet D, Chambaron-Ginhac S, Issanchou S, Monnery-Patris S. Interroger les représentations sociales afin d'identifier des leviers en faveur d'un rééquilibrage entre protéines animales et végétales : approche psychosociale. *Cahiers de Nutrition et de Diététique*. 2017; sous presse: np.
12. Terrien C. La consommation de viande et ses substituts: Enjeux, acceptabilité et évolution. ISTE Group; 2018. 199 p.
13. UNESCO. Le repas gastronomique des Français [Internet]. 2010. Available from: <https://ich.unesco.org/fr/RL/le-repas-gastronomique-des-francais-00437>

14. Méchin C. La symbolique de la viande. *Autrem, Série mutata* (1989). 1997;(172):121–34.
15. Fischler C. *L'Homnivore: Sur les fondamentaux de la biologie et de la philosophie*. Odile Jacob; 1990. 444 p.
16. Ha H. Alimentation carnée et ordre institutionnel : une étude de la mise en problème de la consommation de viande dans la France contemporaine [Internet] [Science politique]. [Lille]: Université de Lille; 2022. Available from: <https://theses.hal.science/tel-03889900/document>
17. La viande, un clivage politique français. *Le Monde.fr* [Internet]. 2023 Aug 20 [cited 2023 Sep 29]; Available from: [https://www.lemonde.fr/politique/article/2023/08/20/la-viande-un-clivage-politique-francais\\_6185959\\_823448.html](https://www.lemonde.fr/politique/article/2023/08/20/la-viande-un-clivage-politique-francais_6185959_823448.html)
18. « Le steak-frites est passé à droite ». *Le Monde.fr* [Internet]. 2022 Jan 27 [cited 2023 Sep 29]; Available from: [https://www.lemonde.fr/m-perso/article/2022/01/27/jean-laurent-cassely-le-steak-frites-est-passe-a-droite\\_6111150\\_4497916.html](https://www.lemonde.fr/m-perso/article/2022/01/27/jean-laurent-cassely-le-steak-frites-est-passe-a-droite_6111150_4497916.html)
19. Halbwachs M. *La Théorie de l'homme moyen: Essai sur Quételet et la statistique morale*. Collection XIX; 2016. 164 p.
20. Centre d'études et de prospective. *Les différences sociales en matière d'alimentation*. Ministère de l'Agriculture, de l'Agroalimentaire et de la Forêt; 2013 Sep. (Les publications du Service de la statistique et de la prospective). Report No.: 64.
21. FranceAgriMer. *La consommation des produits carnés en 2021* [Internet]. 2022 Sep. Available from: [https://www.franceagrimer.fr/content/download/69357/document/STA-VIA-Consommation\\_des\\_produits\\_carn%C3%A9s\\_en\\_2021.pdf](https://www.franceagrimer.fr/content/download/69357/document/STA-VIA-Consommation_des_produits_carn%C3%A9s_en_2021.pdf)
22. Champ M, Magrini MB, Simon N, Le Guillou C. Les légumineuses pour l'alimentation humaine : apports nutritionnels et effets santé, usages et perspectives. In: *Les légumineuses pour des systèmes agricoles et alimentaires durables*. QUAE Editions. France; 2015. p. 263–96.
23. Nozieres MO, Baritoux V, Couzy C, Derville M, Perrot C, Sans P, et al. Transformations des filières françaises de produits carnés et laitiers : la place des éleveurs en question. *INRAE Productions Animales*. 2018 Jun 11;31(1):69–82.
24. Kenny TA, Woodside JV, Perry IJ, Harrington JM. Consumer attitudes and behaviors toward more sustainable diets: a scoping review. *Nutrition Reviews*. 2023 Apr 4;nuad033.
25. INSEE. *Cinquante ans de consommation alimentaires : une croissance modérée, mais de profonds changements*. Insee Première. 2015 Oct; Available from: <https://www.insee.fr/fr/statistiques/1379769#titre-bloc-4>
26. Caillavet F, Darmon N, Létaille F, Nichèle V. Is nutritional quality of food-at-home purchases improving? 1969-2010: 40 years of household consumption surveys in France. *Eur J Clin Nutr*. 2018 Feb;72(2):220–7.
27. Tavoularis, Sauvage E. *Les nouvelles générations transforment la consommation de viande* [Internet]. CREDOC; 2018 Sep. (Condommations et modes de vie). Report No.: CMV300. Available from: <https://www.credoc.fr/publications/les-nouvelles-generations-transforment-la-consommation-de-viande>

28. Estève-Saillard M. Tendances de marché en France sur la présence des protéines végétales dans les produits alimentaires. OCL. 2016 Jul 1;23(4):D403.
29. FAO. Les bilans alimentaires - Manuel [Internet]. FAO; 2003 p. 94. Available from: <https://www.fao.org/publications/card/fr/c/21ba0d14-7771-5925-8ca7-779e94a4e509/>
30. Rogissart L. Réduction de la consommation de viande : des politiques publiques bien loin des objectifs de durabilité. I4CE; 2023 Feb.
31. Dagevos H, Verbeke W. Meat consumption and flexitarianism in the Low Countries. *Meat Science*. 2022 Oct 1;192:108894.
32. Prache S, Adamiec C, Astruc T, Baéza E, Bouillot PE, Clinquart A, et al. La qualité des aliments d'origine animale : enseignements d'une expertise scientifique collective. *INRAE Productions Animales*. 2023 May 5;36(1):17 p.-17 p.
33. CREDOC, Nutri Psy Consult, Protéines, Deloitte. Comportements alimentaires déclarés versus réels : mesurer et comprendre les écarts pour améliorer l'action publique. 2020.
34. Allès B, Julia C. Chapitre 44 - Mesures des apports alimentaires. In: Lecerf JM, Clément K, Czernichow S, Laville M, Oppert JM, Pattou F, et al., editors. *Les Obésités* [Internet]. Paris: Elsevier Masson; 2021 [cited 2023 Aug 13]. p. 235–9. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9782294767531000448>
35. Gruson E, Romon M. Méthodologie des enquêtes alimentaires. *Cahiers de Nutrition et de Diététique*. 2007 Nov 1;42(5):276–84.
36. Andreeva VA, Salanave B, Castetbon K, Deschamps V, Vernay M, Kesse-Guyot E, et al. Comparison of the sociodemographic characteristics of the large NutriNet-Santé e-cohort with French Census data: the issue of volunteer bias revisited. *J Epidemiol Community Health*. 2015 Sep 1;69(9):893–8.
37. Andreeva VA, Deschamps V, Salanave B, Castetbon K, Verdote C, Kesse-Guyot E, et al. Comparison of Dietary Intakes Between a Large Online Cohort Study (Etude NutriNet-Santé) and a Nationally Representative Cross-Sectional Study (Etude Nationale Nutrition Santé) in France: Addressing the Issue of Generalizability in E-Epidemiology. *American Journal of Epidemiology*. 2016 Nov 1;184(9):660–9.
38. Colombet Z, Allès B, Si Hassen W, Lampuré A, Kesse-Guyot E, Péneau S, et al. Individual characteristics associated with changes in the contribution of plant foods to dietary intake in a French prospective cohort. *Eur J Nutr*. 2018 Jun 18;58:1991–2002.
39. Ritchie H, Rosado P, Roser M. Meat and Dairy Production. *Our World in Data* [Internet]. 2017 Aug 25 [cited 2023 Aug 7]; Available from: <https://ourworldindata.org/meat-production>
40. FranceAgriMer. Consommation des produits carnés en 2014. Données et Bilans : Viandes rouges, viandes blanches. FranceAgriMer; 2015 Aug.
41. FranceAgriMer. La consommation de viande en France en 2021 [Internet]. 2022 Jul. Report No.: 394. Available from: [https://www.franceagrimer.fr/content/download/69214/document/NCO-VIA-Consommation\\_viandes\\_France\\_en\\_2021.pdf](https://www.franceagrimer.fr/content/download/69214/document/NCO-VIA-Consommation_viandes_France_en_2021.pdf)



42. Anses. Étude individuelle nationale des consommations alimentaires 3 (INCA3, 2014-2015). France: Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail (ANSES); 2017 Jun. (Avis de l'Anses).
43. Hébel P. La consommation de charcuteries en France. Cahiers de Nutrition et de Diététique. 2019 Oct 1;54(5, Supplement):5S16–22.
44. Esen. Étude de santé sur l'environnement, la biosurveillance, l'activité physique et la nutrition (Esteban), 2014-2016. Volet Nutrition. Chapitre Consommations alimentaires. [Internet]. Saint-Maurice: Santé Publique France; 2017 p. 193. Available from: <https://www.santepubliquefrance.fr/determinants-de-sante/nutrition-et-activite-physique/documents/rapport-synthese/etude-de-sante-sur-l-environnement-la-biosurveillance-l-activite-physique-et-la-nutrition-esteban-2014-2016-chapitre-consommations-alimentaire>
45. Barbier C, Couturier C, Pourouchottamin P, Cayla JM, Sylvestre M, Pharabod I. Empreinte énergétique et carbone de l'alimentation en France - De la production à la consommation. IDDRI, ADEME; 2019 Jan p. 24. (Expertises).
46. Rawal V, Navarro DK. The Global Economy of Pulses [Internet]. Rome: FAO (Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture); 2019. Available from: <https://www.fao.org/3/i7108en/i7108EN.pdf>
47. OECD. Pulses projections : Production and food consumption [Internet]. Paris: Organisation for Economic Co-operation and Development; 2021 [cited 2023 Aug 12]. Available from: [https://www.oecd-ilibrary.org/agriculture-and-food/pulses-projections-production-and-food-consumption\\_7231b941-en](https://www.oecd-ilibrary.org/agriculture-and-food/pulses-projections-production-and-food-consumption_7231b941-en)
48. Solagro, Réseau Action Climat France. Les légumes secs, quelles initiatives territoriales ? Solagro, Réseau Action Climat France; 2016 p. 66.
49. Rio C. Les légumes secs, aliments de choix à valoriser. Cahiers de Nutrition et de Diététique. 2017 Apr 1;52(2):71–7.
50. Gazan R, Maillot M, Reboul E, Darmon N. Pulses Twice a Week in Replacement of Meat Modestly Increases Diet Sustainability. Nutrients. 2021 Sep;13(9):3059.
51. Aiking H, de Boer J. The next protein transition. Trends in Food Science & Technology. 2020 Nov 1;105:515–22.
52. Anses. Actualisation des repères du PNNS : Révision des Références Nutritionnelles en vitamines et minéraux pour la population générale adulte [Internet]. Anses; 2016 Jun. (Avis de l'Anses - Rapports d'expertise collective). Available from: <https://www.anses.fr/en/system/files/NUT2012SA0103Ra-2.pdf>
53. Camilleri GM, Verger EO, Huneau JF, Carpentier F, Dubuisson C, Mariotti F. Plant and animal protein intakes are differently associated with nutrient adequacy of the diet of French adults. J Nutr. 2013 Sep;143(9):1466–73.
54. Halkjær J, Olsen A, Bjerregaard LJ, Deharveng G, Tjønneland A, Welch AA, et al. Intake of total, animal and plant proteins, and their food sources in 10 countries in the European Prospective Investigation into Cancer and Nutrition. Eur J Clin Nutr. 2009 Nov;63(4):S16–36.

55. Messina M, Duncan AM, Glenn AJ, Mariotti F. Perspective: Plant-Based Meat Alternatives Can Help Facilitate and Maintain a Lower Animal to Plant Protein Intake Ratio. *Advances in Nutrition*. 2023 May 1;14(3):392–405.
56. Phillips SM, Fulgoni VL, Heaney RP, Nicklas TA, Slavin JL, Weaver CM. Commonly consumed protein foods contribute to nutrient intake, diet quality, and nutrient adequacy. *Am J Clin Nutr*. 2015 Jun;101(6):1346S-1352S.
57. Jones N. Fungi bacon and insect burgers: a guide to the proteins of the future. *Nature*. 2023 Jul 4;619(7968):26–8.
58. Whitnall T, Pitts N. Global trends in meat consumption. *Agricultural Commodities*. 2019 Mar;9(1):96–9.
59. Popkin BM. Nutritional Patterns and Transitions. *Population and Development Review*. 1993;19(1):138–57.
60. Vranken L, Avermaete T, Petalios D, Mathijs E. Curbing global meat consumption: Emerging evidence of a second nutrition transition. *Environmental Science & Policy*. 2014 May 1;39:95–106.
61. Godfray HCJ, Aveyard P, Garnett T, Hall JW, Key TJ, Lorimer J, et al. Meat consumption, health, and the environment. *Science*. 2018 Jul 20;361(6399):eaam5324.
62. Poore J, Nemecek T. Reducing food’s environmental impacts through producers and consumers. *Science*. 2018 Jun;360(6392):987–92.
63. Springmann M, Wiebe K, Mason-D’Croz D, Sulser TB, Rayner M, Scarborough P. Health and nutritional aspects of sustainable diet strategies and their association with environmental impacts: a global modelling analysis with country-level detail. *Lancet Planet Health*. 2018;2(10):e451–61.
64. Tilman D, Clark M. Global diets link environmental sustainability and human health. *Nature*. 2014 Nov;515(7528):518–22.
65. Willett W, Rockström J, Loken B, Springmann M, Lang T, Vermeulen S, et al. Food in the Anthropocene: the EAT–Lancet Commission on healthy diets from sustainable food systems. *The Lancet*. 2019 Feb;393(10170):447–92.
66. FranceAgriMer. La consommation de viandes en France en 2022 [Internet]. Agreste, Ministère de l’Agriculture et de la Souveraineté alimentaire; 2023 Jul. Report No.: 412. Available from: <https://www.franceagrimer.fr/content/download/71709/document/SYN-VIA-Conso%20viande%20Fce2022.pdf>
67. FranceAgriMer. Combien de végétariens en Europe ? - Synthèse des résultats à partir de l’étude « Panorama de la consommation végétarienne en Europe », réalisée par le CREDOC pour FranceAgriMer et l’OCHA en 2018 [Internet]. 2019. (Les études). Available from: [https://www-rec.franceagrimer.fr/fam/content/download/62309/document/11\\_Synth%C3%A8se%20Panorama%20v%C3%A9g%C3%A9tarisme%20en%20Europe.pdf?version=1](https://www-rec.franceagrimer.fr/fam/content/download/62309/document/11_Synth%C3%A8se%20Panorama%20v%C3%A9g%C3%A9tarisme%20en%20Europe.pdf?version=1)
68. Harris Interactive. Baromètre sur la consommation de la viande : quelles nouvelles attentes ? [Internet]. Réseau Action Climat; 2023 Mar. Report No.: 2. Available from:

<https://reseauactionclimat.org/wp-content/uploads/2023/04/note-harris-sans-embargo-la-consommation-de-viande-reseau-action-climat-copie.pdf>

69. Dagnelie PC, Mariotti F. 1 - Vegetarian Diets: Definitions and Pitfalls in Interpreting Literature on Health Effects of Vegetarianism. In: Mariotti F, editor. Vegetarian and Plant-Based Diets in Health and Disease Prevention [Internet]. Academic Press; 2017 [cited 2023 Jul 18]. p. 3–10. Available from: <https://agroparistech.hal.science/hal-01576884>
70. Banati D. Flexitarianism—the sustainable food consumption? *Journal of Food Investigation*. 2022 Sep;68(3).
71. Anses. Etude Individuelle Nationale des Consommations Alimentaires 2 (INCA 2, 2006-2007). Paris: Agence Francaise de Sécurité Sanitaire des Aliments; 2009.
72. Moreira MNB, da Veiga CP, da Veiga CRP, Reis GG, Pascuci LM. Reducing meat consumption: Insights from a bibliometric analysis and future scopes. *Future Foods*. 2022 Jun 1;5:100120.
73. Rosenfeld DL. The psychology of vegetarianism: Recent advances and future directions. *Appetite*. 2018 Dec 1;131:125–38.
74. Ruby MB. Vegetarianism. A blossoming field of study. *Appetite*. 2012 Feb;58(1):141–50.
75. Cordts A, Nitzki S, Spiller A. Consumer Response to Negative Information on Meat Consumption in Germany. *IFAMR*. 2014;17:83–106.
76. Lacroix K, Gifford R. Reducing meat consumption: Identifying group-specific inhibitors using latent profile analysis. *Appetite*. 2019 Jul 1;138:233–41.
77. Latvala T, Niva M, Mäkelä J, Pouta E, Heikkilä J, Kotro J, et al. Diversifying meat consumption patterns: Consumers' self-reported past behaviour and intentions for change. *Meat Science*. 2012 Sep;92(1):71–7.
78. Bryant C, Ross E, Flores C. Going through changes: A longitudinal study of meat reduction over time in the UK. *Food Quality and Preference*. 2023 Apr 1;107:104854.
79. Lentz G, Connelly S, Miroso M, Jowett T. Gauging attitudes and behaviours: Meat consumption and potential reduction. *Appetite*. 2018 Aug 1;127:230–41.
80. Neff RA, Edwards D, Palmer A, Ramsing R, Righter A, Wolfson J. Reducing meat consumption in the USA: a nationally representative survey of attitudes and behaviours. *Public Health Nutrition*. 2018 Jul;21(10):1835–44.
81. Weibel C, Ohnmacht T, Schaffner D, Kossmann K. Reducing individual meat consumption: An integrated phase model approach. *Food Quality and Preference*. 2019 Apr;73:8–18.
82. Michel F, Knaapila A, Hartmann C, Siegrist M. A multi-national comparison of meat eaters' attitudes and expectations for burgers containing beef, pea or algae protein. *Food Quality and Preference*. 2021 Jul 1;91:104195.
83. IFOP. Végétariens et flexitariens en France en 2020 [Internet]. FranceAgriMer; 2021 May. Available from: [https://www.ifop.com/wp-content/uploads/2021/05/Synthese\\_-\\_Vegetariens-et-Flexitariens-en-France-en-2020-IFOP.pdf](https://www.ifop.com/wp-content/uploads/2021/05/Synthese_-_Vegetariens-et-Flexitariens-en-France-en-2020-IFOP.pdf)

84. Wolstenholme E, Carfora V, Catellani P, Poortinga W, Whitmarsh L. Explaining intention to reduce red and processed meat in the UK and Italy using the theory of planned behaviour, meat-eater identity, and the Transtheoretical model. *Appetite*. 2021 Nov 1;166:105467.
85. Verain MCD, Dagevos H, Jaspers P. Flexitarianism in the Netherlands in the 2010 decade: Shifts, consumer segments and motives. *Food Quality and Preference*. 2022 Mar 1;96:104445.
86. de Gavelle E, Davidenko O, Fouillet H, Delarue J, Darcel N, Huneau JF, et al. Self-declared attitudes and beliefs regarding protein sources are a good prediction of the degree of transition to a low-meat diet in France. *Appetite*. 2019 Nov 1;142:104345.
87. Hielkema MH, Lund TB. Reducing meat consumption in meat-loving Denmark: Exploring willingness, behavior, barriers and drivers. *Food Quality and Preference*. 2021 Oct 1;93:104257.
88. Malek L, Umberger WJ. How flexible are flexitarians? Examining diversity in dietary patterns, motivations and future intentions. *Cleaner and Responsible Consumption*. 2021 Dec 1;3:100038.
89. De Backer CJS, Hudders L. From meatless Mondays to meatless Sundays: motivations for meat reduction among vegetarians and semi-vegetarians who mildly or significantly reduce their meat intake. *Ecol Food Nutr*. 2014;53(6):639–57.
90. Arnaudova M, Brunner TA, Götze F. Examination of students' willingness to change behaviour regarding meat consumption. *Meat Science*. 2022 Feb 1;184:108695.
91. Barbieri P, Palma RFM, Nishimura RY, Damião R, Bevilacqua M, Massimino F, et al. Factors associated with stages of change for red meat and vegetable intake by Japanese-Brazilians. *Cadernos de Saúde Pública*. 2009 Jul;25(7):1466–74.
92. Sanchez-Sabate R, Sabaté J. Consumer Attitudes Towards Environmental Concerns of Meat Consumption: A Systematic Review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2019 Jan;16(7):1220.
93. Rosenfeld DL, Rothgerber H, Tomiyama AJ. Mostly Vegetarian, But Flexible About It: Investigating How Meat-Reducers Express Social Identity Around Their Diets. *Social Psychological and Personality Science*. 2020 Apr 1;11(3):406–15.
94. Hagmann D, Siegrist M, Hartmann C. Meat avoidance: motives, alternative proteins and diet quality in a sample of Swiss consumers. *Public Health Nutr*. 2019 Sep;22(13):2448–59.
95. Rosenfeld DL, Tomiyama AJ. When vegetarians eat meat: Why vegetarians violate their diets and how they feel about doing so. *Appetite*. 2019 Dec 1;143:104417.
96. Rothgerber H. A comparison of attitudes toward meat and animals among strict and semi-vegetarians. *Appetite*. 2014 Jan 1;72:98–105.
97. Vinnari M, Montonen J, Härkänen T, Männistö S. Identifying vegetarians and their food consumption according to self-identification and operationalized definition in Finland. *Public Health Nutr*. 2009 Apr;12(4):481–8.
98. Malek L, Umberger WJ. Distinguishing meat reducers from unrestricted omnivores, vegetarians and vegans: A comprehensive comparison of Australian consumers. *Food Quality and Preference*. 2021 Mar 1;88:104081.

99. Marchese LE, McNaughton SA, Hendrie GA, Wingrove K, Dickinson KM, Livingstone KM. A scoping review of approaches used to develop plant-based diet quality indices. *Current Developments in Nutrition*. 2023 Apr 1;7(4):100061.
100. 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<sup>1234</sup>. *The American Journal of Clinical Nutrition*. 2014 Jul 1;100:320S-328S.
101. Satija A, Bhupathiraju SN, Spiegelman D, Chiuve SE, Manson JE, Willett W, et al. Healthful and Unhealthful Plant-Based Diets and the Risk of Coronary Heart Disease in U.S. Adults. *Journal of the American College of Cardiology*. 2017 Jul 25;70(4):411–22.
102. Burlingame B, Dernini S. Sustainable Diets and Biodiversity. *Directions and Solutions for Policy, Research and Action* [Internet]. 2010 Nov 3 [cited 2023 Sep 27]; Available from: <http://ir.must.ac.ug/xmlui/handle/123456789/415>
103. WWF France, Greenpeace, BASIC. Etude de démarches de durabilité dans le domaine alimentaire - Rapport d'analyse transverse [Internet]. 2021 Jun. Available from: [https://www.wwf.fr/sites/default/files/doc-2022-02/GREENPEACE\\_WWF\\_BASIC\\_RAPPORT\\_TRANSVERSE\\_2022.pdf](https://www.wwf.fr/sites/default/files/doc-2022-02/GREENPEACE_WWF_BASIC_RAPPORT_TRANSVERSE_2022.pdf)
104. Meybeck A, Gitz V. Quelle alimentation pour des systèmes alimentaires durables ? *Cahiers de Nutrition et de Diététique*. 2016 Dec 1;51(6):304–14.
105. HLPE. Pertes et gaspillages de nourriture dans un contexte de systèmes alimentaires durables. Rapport du Groupe d'experts de haut niveau sur la sécurité alimentaire et la nutrition du Comité de la sécurité alimentaire mondiale [Internet]. Rome, Italie: Groupe d'experts de haut niveau sur la sécurité alimentaire et la nutrition (HLPE); 2014. Available from: [https://www.fao.org/fileadmin/user\\_upload/hlpe/hlpe\\_documents/HLPE\\_S\\_and\\_R/HLPE\\_2014\\_Food\\_Losses\\_and\\_Waste\\_Summary\\_FR.pdf](https://www.fao.org/fileadmin/user_upload/hlpe/hlpe_documents/HLPE_S_and_R/HLPE_2014_Food_Losses_and_Waste_Summary_FR.pdf)
106. Parsons K, Hawkes C, Wells R. Brief 2: Understanding the food system: Why it matters for food policy [Internet]. London: Centre for Food Policy; 2019 [cited 2023 Sep 27]. Available from: [https://www.city.ac.uk/\\_\\_data/assets/pdf\\_file/0008/471599/7643\\_Brief-2\\_What-is-the-food-system-A-food-policy-perspective\\_WEB\\_SP.pdf](https://www.city.ac.uk/__data/assets/pdf_file/0008/471599/7643_Brief-2_What-is-the-food-system-A-food-policy-perspective_WEB_SP.pdf)
107. Garnett T. Where are the best opportunities for reducing greenhouse gas emissions in the food system (including the food chain)? *Food Policy*. 2011 Jan 1;36:S23–32.
108. Delavaud A, Milleret E, Wroza S, Soubelet H, Silvain JF. Indicateurs et outils de mesure Évaluer l'impact des activités humaines sur la biodiversité ? [Internet]. Paris, France: FRB; 2020 p. 92. (Expertise et synthèse). Available from: <https://www.fondationbiodiversite.fr/wp-content/uploads/2021/04/Publi-FRB-Indicateurs-outils-mesure-Impact-biodiversite.pdf>
109. Turini T. Influences de l'élevage et de la production de viande de ruminants sur le climat. 2015 Nov. (Cahiers Environnement).
110. Jolliet O, Saadé M, Crettaz P. Analyse du cycle de vie: comprendre et réaliser un écobilan. PPUR Presses polytechniques; 2010. 312 p.

111. Pointereau P, Langevin B, Gimaret M. DIALECTE, a comprehensive and quick tool to assess the agro-environmental performance of farms. Producing and reproducing farming systems New modes of organisation for sustainable food systems of tomorrow 10th European IFSA Symposium, Aarhus, Denmark, 1-4 July 2012 [Internet]. 2012 [cited 2023 Aug 28]; Available from: <https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/20133410218>
112. ADEME. Agribalyse [Internet]. 2021 [cited 2023 Jul 20]. Available from: <https://doc.agribalyse.fr/documentation/acces-donnees>
113. Commission européenne. Recommendation on the use of Environmental Footprint methods - Annex 1 to 2 [Internet]. 2021 Dec. Available from: [https://environment.ec.europa.eu/publications/recommendation-use-environmental-footprint-methods\\_en](https://environment.ec.europa.eu/publications/recommendation-use-environmental-footprint-methods_en)
114. Kesse-Guyot E, Pointereau P, Brunin J, Perraud E, Toujgani H, Berthy F, et al. Trade-offs between water use and greenhouse gas emissions related to food systems: an optimization study in French adults [Internet]. medRxiv; 2023 [cited 2023 Aug 11]. p. 2023.03.16.23287343. Available from: <https://www.medrxiv.org/content/10.1101/2023.03.16.23287343v1>
115. GIEC. Bilan 2007 des changements climatiques. Contribution des Groupes de travail I, II et III au quatrième Rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat. Genève, Suisse; 2007 p. 103.
116. Campbell BM, Beare DJ, Bennett EM, Hall-Spencer JM, Ingram JSI, Jaramillo F, et al. Agriculture production as a major driver of the Earth system exceeding planetary boundaries. Ecology and Society [Internet]. 2017 [cited 2023 Aug 28];22(4). Available from: <https://www.jstor.org/stable/26798991>
117. Conijn JG, Bindraban PS, Schröder JJ, Jongschaap REE. Can our global food system meet food demand within planetary boundaries? Agriculture, Ecosystems & Environment. 2018 Jan 1;251:244–56.
118. Rockström J, Edenhofer O, Gaertner J, DeClerck F. Planet-proofing the global food system. Nat Food. 2020 Jan;1(1):3–5.
119. Rockström J, Steffen W, Noone K, Persson Å, Chapin FS, Lambin E, et al. Planetary Boundaries: Exploring the Safe Operating Space for Humanity. Ecology and Society [Internet]. 2009 [cited 2023 Aug 28];14(2). Available from: <https://www.jstor.org/stable/26268316>
120. Crippa M, Solazzo E, Guizzardi D, Monforti-Ferrario F, Tubiello FN, Leip A. Food systems are responsible for a third of global anthropogenic GHG emissions. Nat Food. 2021 Mar;2(3):198–209.
121. ADEME. Transition(s) 2050. Choisir maintenant. Agir pour le climat [Internet]. 2021 Nov. (Horizons). Report No.: 011627. Available from: <https://librairie.ademe.fr/cadic/6531/transitions2050-rapport-comprimee2.pdf>
122. Solagro. Le revers de notre assiette. Solagro; 2019 Jun p. 64.
123. Gerber PJ, Steinfeld H, Henderson B, Mottet A, Opio C, Dijkman J, et al. Tackling climate change through livestock: a global assessment of emissions and mitigation opportunities. Tackling climate change through livestock: a global assessment of emissions and mitigation opportunities

[Internet]. 2013 [cited 2023 Jul 11]; Available from: <https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/20133417883>

124. Broucek J. Production of Methane Emissions from Ruminant Husbandry: A Review. *Journal of Environmental Protection*. 2014 Nov 25;05(15):1482.
125. WWF France. Viande : manger moins, manger mieux. WWF France, CIWF France, Quantis; 2019.
126. FAO. The State of the World's Land and Water Resources for Food and Agriculture 2021 – Systems at breaking point: Main Report [Internet]. Rome, Italy: FAO; 2022 [cited 2023 Jul 11]. 393 p. Available from: <https://www.fao.org/documents/card/en/c/cb9910en>
127. Mekonnen MM, Hoekstra AY. A Global Assessment of the Water Footprint of Farm Animal Products. *Ecosystems*. 2012 Apr;15(3):401–15.
128. FAO. The state of food and agriculture 2009: Livestock in the balance [Internet]. Rome, Italy: FAO; 2009 [cited 2023 Jul 11]. 180 p. Available from: <https://www.fao.org/documents/card/fr/c/3aa4f41c-4316-5ddd-a656-22a00ef5d414>
129. European Environment Agency. Air quality in Europe — 2017 report" presents an updated analysis of air quality and its impacts, based on official data from more than 2 500 monitoring stations across Europe in 2015. 2017. (EEA Report). Report No.: No 13/2017.
130. Chan K, Millinger M, Schneider UA, Thrän D. How diet portfolio shifts combined with land-based climate change mitigation strategies could reduce climate burdens in Germany. *Journal of Cleaner Production*. 2022 Nov 20;376:134200.
131. Mottet A, de Haan C, Falcucci A, Tempio G, Opio C, Gerber P. Livestock: On our plates or eating at our table? A new analysis of the feed/food debate. *Global Food Security*. 2017 Sep 1;14:1–8.
132. Jensen ES, Peoples MB, Boddey RM, Gresshoff PM, Hauggaard-Nielsen H, J.R. Alves B, et al. Legumes for mitigation of climate change and the provision of feedstock for biofuels and biorefineries. A review. *Agron Sustain Dev*. 2012 Apr 1;32(2):329–64.
133. Voisin AS, Guéguen J, Huyghe C, Jeuffroy MH, Magrini MB, Meynard JM, et al. Legumes for feed, food, biomaterials and bioenergy in Europe: a review. *Agron Sustain Dev*. 2014 Apr 1;34(2):361–80.
134. Bedoussac L, Journet EP, Hauggaard-Nielsen H, Naudin C, Corre-Hellou G, Jensen ES, et al. Ecological principles underlying the increase of productivity achieved by cereal-grain legume intercrops in organic farming. A review. *Agron Sustain Dev*. 2015 Jul 1;35(3):911–35.
135. Bandekar PA, Putman B, Thoma G, Matlock M. Cradle-to-grave life cycle assessment of production and consumption of pulses in the United States. *Journal of Environmental Management*. 2022 Jan 15;302:114062.
136. Clark M, Springmann M, Rayner M, Scarborough P, Hill J, Tilman D, et al. Estimating the environmental impacts of 57,000 food products. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 2022 Aug 16;119(33):e2120584119.
137. Polyak E, Breitenbach Z, Frank E, Mate O, Figler M, Zsalig D, et al. Food and Sustainability: Is It a Matter of Choice? *Sustainability*. 2023 Jan;15(9):7191.

138. Aleksandrowicz L, Green R, Joy EJM, Smith P, Haines A. The Impacts of Dietary Change on Greenhouse Gas Emissions, Land Use, Water Use, and Health: A Systematic Review. *PLoS ONE*. 2016;11(11):e0165797.
139. González-García S, Esteve-Llorens X, Moreira MT, Feijoo G. Carbon footprint and nutritional quality of different human dietary choices. *Science of The Total Environment*. 2018 Dec 10;644:77–94.
140. 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. *Climatic Change*. 2014 Jul 1;125(2):179–92.
141. Scarborough P, Clark M, Cobiac L, Papier K, Knuppel A, Lynch J, et al. Vegans, vegetarians, fish-eaters and meat-eaters in the UK show discrepant environmental impacts. *Nat Food*. 2023 Jul;4(7):565–74.
142. Seconda L, Baudry J, Allès B, Boizot-Szantai C, Soler LG, Galan P, et al. Comparing nutritional, economic, and environmental performances of diets according to their levels of greenhouse gas emissions. *Climatic Change*. 2018 May 1;148(1):155–72.
143. Barbier C, Couturier C, Dumas P, Kesse-Guyot E, Pharabod I. Empreintes sol, énergie et carbone de l'alimentation. Partie 1 : Empreintes de régimes alimentaires selon les parts de protéines animales e végétales [Internet]. ADEME; 2020 Dec p. 33. Available from: <https://librairie.ademe.fr/consommer-autrement/4396-empreintes-sol-energie-et-carbone-de-l-alimentation.html>
144. Carey CN, Paquette M, Sahye-Pudaruth S, Dadvar A, Dinh D, Khodabandehlou K, et al. The Environmental Sustainability of Plant-Based Dietary Patterns: A Scoping Review. *The Journal of Nutrition*. 2023 Mar 1;153(3):857–69.
145. Perignon M, Vieux F, Soler LG, Masset G, Darmon N. Improving diet sustainability through evolution of food choices: review of epidemiological studies on the environmental impact of diets. *Nutrition Reviews*. 2017 Jan 1;75(1):2–17.
146. Lacour C, Seconda L, Allès B, Hercberg S, Langevin B, Pointereau P, et al. Environmental Impacts of Plant-Based Diets: How Does Organic Food Consumption Contribute to Environmental Sustainability? *Frontiers in Nutrition* [Internet]. 2018 [cited 2023 Aug 11];5. Available from: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fnut.2018.00008>
147. Musicus AA, Wang DD, Janiszewski M, Eshel G, Blondin SA, Willett W, et al. Health and environmental impacts of plant-rich dietary patterns: a US prospective cohort study. *The Lancet Planetary Health*. 2022 Nov 1;6(11):e892–900.
148. Veeramani A, Dias GM, Kirkpatrick SI. Carbon footprint of dietary patterns in Ontario, Canada: A case study based on actual food consumption. *Journal of Cleaner Production*. 2017 Sep 20;162:1398–406.
149. Hallström E, Carlsson-Kanyama A, Börjesson P. Environmental impact of dietary change: a systematic review. *Journal of Cleaner Production*. 2015 Mar 15;91:1–11.



150. Rooke JA, Flockhart JF, Sparks NH. The potential for increasing the concentrations of micro-nutrients relevant to human nutrition in meat, milk and eggs. *The Journal of Agricultural Science*. 2010 Oct;148(5):603–14.
151. Anses. Table de composition nutritionnelle française [Internet]. Centre d'information sur la qualité des aliments (CIQUAL), Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail (Anses); 2023 [cited 2023 Jul 15]. Available from: <https://ciqual.anses.fr>
152. Anses. Apport en protéines : consommation, qualité, besoins et recommandations. Agence Française de Sécurité Sanitaire des Aliments (Anses); 2008 May.
153. Gaudichon C. Les critères de qualité des protéines ont-ils évolué ? *Médecine des Maladies Métaboliques*. 2019 May 1;13(3):235–9.
154. Mariotti F. 35 - Plant Protein, Animal Protein, and Protein Quality. In: Mariotti F, editor. *Vegetarian and Plant-Based Diets in Health and Disease Prevention* [Internet]. Academic Press; 2017 [cited 2023 Aug 17]. p. 621–42. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780128039687000356>
155. Mariotti F. Protéines animales et végétales : quels effets sur la santé cardio-métabolique ? *Médecine des Maladies Métaboliques*. 2019 May 1;13(3):245–51.
156. Mariotti F, Huneau JF. Plant and animal protein intakes are differentially associated with large clusters of nutrient intake that may explain part of their complex relation with cvd risk. *Advances in Nutrition*. 2016;7(3):559–60.
157. Perraud E, Wang J, Salomé M, Huneau JF, Lapidus N, Mariotti F. Plant and Animal Protein Intakes Largely Explain the Nutritional Quality and Health Value of Diets Higher in Plants: A Path Analysis in French Adults. *Frontiers in Nutrition* [Internet]. 2022 [cited 2023 Aug 18];9. Available from: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fnut.2022.924526>
158. Boutron-Ruault MC, Mesrine S, Pierre F. 12 - Meat Consumption and Health Outcomes. In: Mariotti F, editor. *Vegetarian and Plant-Based Diets in Health and Disease Prevention* [Internet]. Academic Press; 2017 [cited 2023 Aug 17]. p. 197–214. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780128039687000125>
159. WHO. Red and processed meat in the context of health and the environment: many shades of red and green. Information brief [Internet]. Geneva, Switzerland: World Health Organization; 2023. Available from: <https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/370775/9789240074828-eng.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
160. Hooda J, Shah A, Zhang L. Heme, an Essential Nutrient from Dietary Proteins, Critically Impacts Diverse Physiological and Pathological Processes. *Nutrients*. 2014 Mar;6(3):1080–102.
161. Fabricius FA, Thomsen ST, Fagt S, Nauta M. The health impact of substituting unprocessed red meat by pulses in the Danish diet. *Eur J Nutr*. 2021 Sep;60(6):3107–18.
162. Kaartinen NE, Tapanainen H, Maukonen M, Päivärinta E, Valsta LM, Itkonen ST, et al. Partial replacement of red and processed meat with legumes: a modelling study of the impact on

- nutrient intakes and nutrient adequacy on the population level. *Public Health Nutrition*. 2023 Feb;26(2):303–14.
163. Reynolds AN, Mhurchu CN, Kok ZY, Cleghorn C. The neglected potential of red and processed meat replacement with alternative protein sources: simulation modelling and systematic review. *eClinicalMedicine* [Internet]. 2023 Feb 1 [cited 2023 Aug 17];56. Available from: [https://www.thelancet.com/journals/eclinm/article/PIIS2589-5370\(22\)00503-X/fulltext](https://www.thelancet.com/journals/eclinm/article/PIIS2589-5370(22)00503-X/fulltext)
  164. Dussiot A, Fouillet H, Perraud E, Salomé M, Huneau JF, Kesse-Guyot E, et al. Nutritional issues and dietary levers during gradual meat reduction - A sequential diet optimization study to achieve progressively healthier diets. *Clin Nutr*. 2022 Dec;41(12):2597–606.
  165. Campos-Vega R, Loarca-Piña G, Oomah BD. Minor components of pulses and their potential impact on human health. *Food Research International*. 2010 Mar 1;43(2):461–82.
  166. Bessada SMF, Barreira JCM, Oliveira MBPP. Pulses and food security: Dietary protein, digestibility, bioactive and functional properties. *Trends in Food Science & Technology*. 2019 Nov 1;93:53–68.
  167. Margier M, Georgé S, Hafnaoui N, Remond D, Nowicki M, Du Chaffaut L, et al. Nutritional Composition and Bioactive Content of Legumes: Characterization of Pulses Frequently Consumed in France and Effect of the Cooking Method. *Nutrients*. 2018 Nov;10(11):1668.
  168. Rööös E, Carlsson G, Ferawati F, Hefni M, Stephan A, Tidåker P, et al. Less meat, more legumes: prospects and challenges in the transition toward sustainable diets in Sweden. *Renewable Agriculture and Food Systems*. 2020 Apr;35(2):192–205.
  169. Hobbs-Grimmer DA, Givens DI, Lovegrove JA. Associations between red meat, processed red meat and total red and processed red meat consumption, nutritional adequacy and markers of health and cardio-metabolic diseases in British adults: a cross-sectional analysis using data from UK National Diet and Nutrition Survey. *Eur J Nutr*. 2021 Sep 1;60(6):2979–97.
  170. Torres MJ, Salanave B, Verdote C, Deschamps V. Adéquation aux nouvelles recommandations alimentaires des adultes âgés de 18 à 54 ans vivant en France. Étude Esteban 2014-2016. Volet Nutrition - Surveillance épidémiologique [Internet]. Saint-Maurice: Santé Publique France; 2019 p. 8. Available from: <https://www.santepubliquefrance.fr/determinants-de-sante/nutrition-et-activite-physique/documents/rapport-synthese/adequation-aux-nouvelles-recommandations-alimentaires-des-adultes-ages-de-18-a-54-ans-vivant-en-france-etude-esteban-2014-2016.-volet-nutrition>
  171. WHO. IARC Monographs evaluate consumption of red meat and processed meat [Internet]. World Health Organization - International Agency for Research on Cancer (IARC); 2015. Available from: [https://www.iarc.fr/wp-content/uploads/2018/07/pr240\\_E.pdf](https://www.iarc.fr/wp-content/uploads/2018/07/pr240_E.pdf)
  172. WCRF, AICR. Continuous Update Project Report. Food, Nutrition, Physical Activity, and the Prevention of Colorectal Cancer. World Cancer Research Fund, American Institute for Cancer Research; 2011.
  173. Chazelas E, Pierre F, Druésne-Pecollo N, Esseddik Y, Szabo de Edelenyi F, Agaesse C, et al. Nitrites and nitrates from food additives and natural sources and cancer risk: results from the NutriNet-Santé cohort. *International Journal of Epidemiology*. 2022 Aug 1;51(4):1106–19.

174. Martínez Góngora V, Matthes KL, Castaño PR, Linseisen J, Rohrmann S. Dietary Heterocyclic Amine Intake and Colorectal Adenoma Risk: A Systematic Review and Meta-analysis. *Cancer Epidemiology, Biomarkers & Prevention*. 2019 Jan 7;28(1):99–109.
175. Abete I, Romaguera D, Vieira AR, Lopez de Munain A, Norat T. Association between total, processed, red and white meat consumption and all-cause, CVD and IHD mortality: a meta-analysis of cohort studies. *Br J Nutr*. 2014 Sep 14;112(5):762–75.
176. Giosuè A, Calabrese I, Riccardi G, Vaccaro O, Vitale M. Consumption of different animal-based foods and risk of type 2 diabetes: An umbrella review of meta-analyses of prospective studies. *Diabetes Research and Clinical Practice*. 2022 Sep 1;191:110071.
177. Neuenschwander M, Ballon A, Weber KS, Norat T, Aune D, Schwingshackl L, et al. Role of diet in type 2 diabetes incidence: umbrella review of meta-analyses of prospective observational studies. *BMJ*. 2019 Jul 3;366:l2368.
178. Rouhani MH, Salehi-Abargouei A, Surkan PJ, Azadbakht L. Is there a relationship between red or processed meat intake and obesity? A systematic review and meta-analysis of observational studies. *Obesity Reviews*. 2014;15(9):740–8.
179. Swinburn BA, Kraak VI, Allender S, Atkins VJ, Baker PI, Bogard JR, et al. The Global Syndemic of Obesity, Undernutrition, and Climate Change: The Lancet Commission report. *The Lancet*. 2019 Feb 23;393(10173):791–846.
180. Hill ER, O'Connor LE, Wang Y, Clark CM, McGowan BS, Forman MR, et al. Red and processed meat intakes and cardiovascular disease and type 2 diabetes mellitus: An umbrella systematic review and assessment of causal relations using Bradford Hill's criteria. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 2022 Sep 26;1–18.
181. Lupoli R, Vitale M, Calabrese I, Giosuè A, Riccardi G, Vaccaro O. White Meat Consumption, All-Cause Mortality, and Cardiovascular Events: A Meta-Analysis of Prospective Cohort Studies. *Nutrients*. 2021 Feb;13(2):676.
182. Afshin A, Micha R, Khatibzadeh S, Mozaffarian D. Consumption of nuts and legumes and risk of incident ischemic heart disease, stroke, and diabetes: a systematic review and meta-analysis. *The American Journal of Clinical Nutrition*. 2014 Jul 1;100(1):278–88.
183. Becerra-Tomás N, Papandreou C, Salas-Salvadó J. Legume Consumption and Cardiometabolic Health. *Adv Nutr*. 2019 Nov;10(Suppl 4):S437–50.
184. Viguiliouk E, Glenn AJ, Nishi SK, Chiavaroli L, Seider M, Khan T, et al. Associations between Dietary Pulses Alone or with Other Legumes and Cardiometabolic Disease Outcomes: An Umbrella Review and Updated Systematic Review and Meta-analysis of Prospective Cohort Studies. *Advances in Nutrition*. 2019 Nov 1;10:S308–19.
185. Mendes V, Niforou A, Kasdagli MI, Ververis E, Naska A. Intake of legumes and cardiovascular disease: A systematic review and dose–response meta-analysis. *Nutrition, Metabolism and Cardiovascular Diseases*. 2023 Jan 1;33(1):22–37.
186. Jin S, Je Y. Nuts and legumes consumption and risk of colorectal cancer: a systematic review and meta-analysis. *Eur J Epidemiol*. 2022 Jun 1;37(6):569–85.

187. Martini D, Godos J, Marventano S, Tieri M, Ghelfi F, Titta L, et al. Nut and legume consumption and human health: an umbrella review of observational studies. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*. 2021 Oct 3;72(7):871–8.
188. Zargarzadeh N, Mousavi SM, Santos HO, Aune D, Hasani-Ranjbar S, Larijani B, et al. Legume Consumption and Risk of All-Cause and Cause-Specific Mortality: A Systematic Review and Dose–Response Meta-Analysis of Prospective Studies. *Advances in Nutrition*. 2023 Jan 1;14(1):64–76.
189. Anses. Actualisation des repères du PNNS : étude des relations entre consommation de groupes d'aliments et risque de maladies chroniques non transmissibles [Internet]. Anses; 2016 Nov. (Avis de l'Anses - Rapports d'expertise collective). Available from: <https://www.anses.fr/fr/system/files/NUT2012SA0103Ra-3.pdf>
190. Satija A, Bhupathiraju SN, Rimm EB, Spiegelman D, Chiuve SE, Borgi L, et al. Plant-Based Dietary Patterns and Incidence of Type 2 Diabetes in US Men and Women: Results from Three Prospective Cohort Studies. *PLOS Medicine*. 2016 Jun 14;13(6):e1002039.
191. Wang F, Ugai T, Haruki K, Wan Y, Akimoto N, Arima K, et al. Healthy and unhealthy plant-based diets in relation to the incidence of colorectal cancer overall and by molecular subtypes. *Clinical and Translational Medicine*. 2022;12(8):e893.
192. Wang F, Baden MY, Guasch-Ferré M, Wittenbecher C, Li J, Li Y, et al. Plasma metabolite profiles related to plant-based diets and the risk of type 2 diabetes. *Diabetologia*. 2022 Jul 1;65(7):1119–32.
193. Kane-Diallo A, Srouf B, Sellem L, Deschasaux M, Latino-Martel P, Hercberg S, et al. Association between a pro plant-based dietary score and cancer risk in the prospective NutriNet-santé cohort. *International Journal of Cancer*. 2018;143(9):2168–76.
194. Rigi S, Mousavi SM, Benisi-Kohansal S, Azadbakht L, Esmailzadeh A. The association between plant-based dietary patterns and risk of breast cancer: a case–control study. *Sci Rep*. 2021 Feb 9;11(1):3391.
195. Romanos-Nanclares A, Toledo E, Sánchez-Bayona R, Sánchez-Quesada C, Martínez-González MÁ, Gea A. Healthful and unhealthful provegetarian food patterns and the incidence of breast cancer: Results from a Mediterranean cohort. *Nutrition*. 2020 Nov 1;79–80:110884.
196. Wang DD, Li Y, Nguyen XMT, Song RJ, Ho YL, Hu FB, et al. Degree of adherence to plant-based diet and total and cause-specific mortality: prospective cohort study in the Million Veteran Program. *Public Health Nutrition*. 2023 Feb;26(2):381–92.
197. 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*. 2015 Oct 21;7(10):8615–32.
198. Rebouillat P, Vidal R, Cravedi JP, Taupier-Letage B, Debrauwer L, Gamet-Payraastre L, et al. Estimated dietary pesticide exposure from plant-based foods using NMF-derived profiles in a large sample of French adults. *Eur J Nutr*. 2021 Apr 1;60(3):1475–88.
199. EFSA EFS. Monitoring data on pesticide residues in food: results on organic versus conventionally produced food. *EFSA Supporting Publications*. 2018;15(4):1397E.

200. EFSA, Carrasco Cabrera L, Di Piazza G, Dujardin B, Medina Pastor P. The 2021 European Union report on pesticide residues in food. *EFSA Journal*. 2023;21(4):e07939.
201. Vanacker M, Quindroit P, Angeli K, Mandin C, Glorennec P, Brochot C, et al. Aggregate and cumulative chronic risk assessment for pyrethroids in the French adult population. *Food Chem Toxicol*. 2020 Sep;143:111519.
202. Inserm. Pesticides et effets sur la santé - Nouvelles données. Montrouge: Inserm; 2021. (Collection Expertise Collective).
203. Mostafalou S, Abdollahi M. Pesticides: an update of human exposure and toxicity. *Arch Toxicol*. 2017 Feb 1;91(2):549–99.
204. Wyckhuys KAG, Aebi A, Bijleveld van Lexmond MFIJ, Bojaca CR, Bonmatin JM, Furlan L, et al. Resolving the twin human and environmental health hazards of a plant-based diet. *Environment International*. 2020 Nov 1;144:106081.
205. Koch BJ, Hungate BA, Price LB. Food-animal production and the spread of antibiotic resistance: the role of ecology. *Frontiers in Ecology and the Environment*. 2017;15(6):309–18.
206. Hoffmann S, Devleeschauwer B, Aspinall W, Cooke R, Corrigan T, Havelaar A, et al. Attribution of global foodborne disease to specific foods: Findings from a World Health Organization structured expert elicitation. *PLOS ONE*. 2017 Sep 14;12(9):e0183641.
207. Li M, Havelaar AH, Hoffmann S, Hald T, Kirk MD, Torgerson PR, et al. Global disease burden of pathogens in animal source foods, 2010. *PLOS ONE*. 2019 Jun 6;14(6):e0216545.
208. ANSES. AVIS et RAPPORT de l'Anses relatif à l'attribution des sources des maladies infectieuses d'origine alimentaire. Agence Française de Sécurité Sanitaire des Aliments (ANSES); 2018 Nov. (Rapport d'expertise collective). Report No.: 2015-SA-0162.
209. Jones BA, Grace D, Kock R, Alonso S, Rushton J, Said MY, et al. Zoonosis emergence linked to agricultural intensification and environmental change. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 2013 May 21;110(21):8399–404.
210. WHO. One Health [Internet]. 2017 [cited 2023 Sep 28]. Available from: <https://www.who.int/news-room/questions-and-answers/item/one-health>
211. Comité de la sécurité alimentaire mondiale. « S'entendre sur la terminologie » [Internet]. Rome, Italie: Comité de la sécurité alimentaire mondiale (CSA); 2012 Oct. Report No.: CFS 2012/39/4. Available from: <https://www.fao.org/3/md776f/md776f.pdf>
212. Caillavet F, Darmon N, Dubois C, Gomy C, Kabeche DS, Paturel D, et al. Vers une sécurité alimentaire durable : enjeux, initiatives et principes directeurs. Rapport Terra Nova [Internet]. Terra Nova; 2021 Nov [cited 2023 Oct 1] p. 109 p. Available from: <https://hal.inrae.fr/hal-03466621>
213. Inserm. Inégalités sociales de santé en lien avec l'alimentation et l'activité physique [Internet]. Inserm; 2014 [cited 2021 May 4]. (Expertise Collective). Available from: <https://presse.inserm.fr/inegalites-sociales-de-sante-en-lien-avec-lalimentation-et-lactivite-physique/12530/>

214. Darmon N, Carlin G. Alimentation et inégalités sociales de santé en France. Cahiers de Nutrition et de Diététique. 2013 Nov 1;48(5):233–9.
215. Méjean C, Si Hassen W, Lecossais C, Allès B, Péneau S, Hercberg S, et al. Socio-economic indicators are independently associated with intake of animal foods in French adults. Public Health Nutr. 2016;19(17):3146–57.
216. Baudry J, Allès B, Langevin B, Reuzé A, Brunin J, Touvier M, et al. Associations between measures of socio-economic position and sustainable dietary patterns in the NutriNet-Santé study. Public Health Nutrition. 2023 May;26(5):965–75.
217. FAO. Climate change and food security: risks and responses [Internet]. Rome, Italy; 2015. Available from: <https://www.fao.org/3/i5188e/i5188E.pdf>
218. Agreste. Statistique agricole annuelle (SAA) 2021. Agreste, Ministère de l'Agriculture et de la Souveraineté alimentaire; 2022 Nov. Report No.: 15.
219. Espinosa R. Comment sauver les animaux ? : Une économie de la condition animale. Humensis; 2021. 207 p.
220. Roser M. How many animals get slaughtered every day? Our World in Data [Internet]. 2023 Sep 26 [cited 2023 Sep 29]; Available from: <https://ourworldindata.org/how-many-animals-get-slaughtered-every-day>
221. Fourquet J, Cébille P. La sensibilité des Français à la cause animale à la veille de la séquence électorale. IFOP; 2019 Jan. (Ifop pour le Collectif AnimalPolitique).
222. Dubrulle JP, Jardon G. Les Français et les bien-être des animaux. Paris: IFOP; 2021 Jan. Report No.: 117840.
223. Parlasca MC, Qaim M. Meat Consumption and Sustainability. Annual Review of Resource Economics. 2022;14(1):17–41.
224. Steinfeld H, Gerber P, Wassenaar TD, Castel V, Rosales M. M, Haan C de. Livestock's long shadow: environmental issues and options. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations; 2006. 390 p.
225. Cour des comptes. Les soutiens publics aux éleveurs de bovins [Internet]. 2023 [cited 2023 Sep 29]. Available from: <https://www.ccomptes.fr/fr/publications/les-soutiens-publics-aux-eleveurs-de-bovins>
226. Guillou C. Les saigneurs de la terre. Albin Michel. 1997.
227. Agreste. Recensement agricole 2020 [Internet]. Agreste; 2022 Oct. Report No.: 13. Available from: [https://agreste.agriculture.gouv.fr/agreste-web/download/publication/publie/Pri2213/Primeur%202022-13\\_RA2020\\_%20VersionD%C3%A9finitive.pdf](https://agreste.agriculture.gouv.fr/agreste-web/download/publication/publie/Pri2213/Primeur%202022-13_RA2020_%20VersionD%C3%A9finitive.pdf)
228. WHO. Preparation and use of food-based dietary guidelines: report of a joint FAO/WHO Consultation. In: Preparation and use of food-based dietary guidelines: report of a joint FAO/WHO Consultation [Internet]. 1998 [cited 2023 Aug 9]. p. vi,108-vi,108. Available from: <https://pesquisa.bvsalud.org/portal/resource/pt/mis-10514>

229. World Cancer Research Fund. Food, Nutrition, Physical Activity, and the Prevention of Cancer: a Global Perspective. Washington DC: AICR; 2007.
230. Aguirre-Sánchez L, Teschner R, Lalchandani NK, El Maohub Y, Suggs LS. Climate Change Mitigation Potential in Dietary Guidelines: A Global Review. *Sustainable Production and Consumption*. 2023 Sep 1;40:558–70.
231. Loi EGalim [Internet]. Code rural et de la pêche maritime, LOI n° 2018-938 Oct 30, 2018. Available from: [https://www.legifrance.gouv.fr/loda/article\\_lc/LEGIARTI000037549069](https://www.legifrance.gouv.fr/loda/article_lc/LEGIARTI000037549069)
232. Hughes J, Pearson E, Grafenauer S. Legumes—A Comprehensive Exploration of Global Food-Based Dietary Guidelines and Consumption. *Nutrients*. 2022 Jan;14(15):3080.
233. Calles T, Xipsiti M, del Castillo R. Legacy of the International Year of Pulses. *Environ Earth Sci*. 2019 Feb 18;78(5):124.
234. Ministère des Solidarités et de la Santé. Programme National Nutrition Santé 2019-2023 [Internet]. Ministère des Solidarités et de la Santé; 2019. Available from: <https://agriculture.gouv.fr/pnan-le-programme-national-de-lalimentation-et-de-la-nutrition>
235. Ministère de l’Agriculture et de la Souveraineté Alimentaire. Stratégie nationale pour les protéines végétales [Internet]. 2021. Available from: <https://agriculture.gouv.fr/batir-notre-souverainete-alimentaire-en-proteines-vegetales-0>
236. Commissariat général au développement durable. Chiffres clés du climat. 2021 [cited 2023 Oct 1]. L’Accord de Paris. Available from: <https://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/edition-numerique/chiffres-cles-du-climat/17-laccord-de-paris.php>
237. Commission européenne. Le Pacte vert pour l’Europe. 2019 Dec.
238. Degron R. La transition bas-carbone de l’Union européenne : un impact limité mais un risque systémique élevé. *Bulletin de l’association de géographes français Géographies*. 2021 Jul 30;97(4):501–10.
239. Brocard C, Saujot M. Environnement, inégalités, santé : quelle stratégie pour les politiques alimentaires françaises ? [Internet]. Paris, France: Iddri; 2023 p. 34. (Etude). Report No.: N°01/23. Available from: [https://www.iddri.org/sites/default/files/PDF/Publications/Catalogue%20Iddri/Etude/202304-ST0123-SNANC\\_1.pdf](https://www.iddri.org/sites/default/files/PDF/Publications/Catalogue%20Iddri/Etude/202304-ST0123-SNANC_1.pdf)
240. Ministère de la Transition écologique et solidaire. Stratégie Nationale Bas-Carbone - La transition écologique et solidaire vers la neutralité carbone. 2020 Mar.
241. Ministère de la Transition écologique et solidaire. Stratégie Nationale Bas-Carbone - Décryptage Agriculture [Internet]. 2018. Available from: <https://www.ecologie.gouv.fr/sites/default/files/SNBC%20Fiche%20Agriculture.pdf>
242. Commission EAT-Lancet. Rapport de synthèse de la Commission EAT-Lancet [Internet]. 2019 Jul. Available from: [https://eatforum.org/content/uploads/2019/07/EAT-Lancet\\_Commission\\_Summary\\_Report\\_French.pdf](https://eatforum.org/content/uploads/2019/07/EAT-Lancet_Commission_Summary_Report_French.pdf)

243. Berthy F, Brunin J, Allès B, Fezeu L, Touvier M, Hercberg S, et al. Association between adherence to the EAT-Lancet diet and risk of cancer and cardiovascular outcomes in the prospective NutriNet-Santé cohort. *The American Journal of Clinical Nutrition*. 2022;116(4):980–91.
244. Hirvonen K, Bai Y, Headey D, Masters WA. Affordability of the EAT-Lancet reference diet: a global analysis. *Lancet Glob Health*. 2020 Jan;8(1):e59–66.
245. Tuninetti M, Ridolfi L, Laio F. Compliance with EAT–Lancet dietary guidelines would reduce global water footprint but increase it for 40% of the world population. *Nat Food*. 2022 Feb;3(2):143–51.
246. Lassen AD, Christensen LM, Trolle E. Development of a Danish Adapted Healthy Plant-Based Diet Based on the EAT-Lancet Reference Diet. *Nutrients*. 2020 Mar;12(3):738.
247. Tucci M, Martini D, Del Bo’ C, Marino M, Battezzati A, Bertoli S, et al. An Italian-Mediterranean Dietary Pattern Developed Based on the EAT-Lancet Reference Diet (EAT-IT): A Nutritional Evaluation. *Foods*. 2021 Mar;10(3):558.
248. Gazan R, Brouzes CMC, Vieux F, Maillot M, Lluch A, Darmon N. Mathematical Optimization to Explore Tomorrow’s Sustainable Diets: A Narrative Review. *Advances in Nutrition*. 2018 Sep 1;9(5):602–16.
249. Salomé M. Place des substituts végétaux issus de la filière oléoprotéagineuse dans la transition protéique de la population française : analyses, simulations et optimisations nutritionnelles. [Sciences de la nutrition]. [Paris, France]: Université Paris-Saclay; 2021.
250. Kesse-Guyot E, Fouillet H, Baudry J, Dussiot A, Langevin B, Allès B, et al. Halving food-related greenhouse gas emissions can be achieved by redistributing meat consumption: Progressive optimization results of the NutriNet-Santé cohort. *Science of The Total Environment*. 2021 Oct 1;789:147901.
251. Nordman M, Lassen AD, Stockmarr A, van ‘t Veer P, Biesbroek S, Trolle E. Exploring healthy and climate-friendly diets for Danish adults: an optimization study using quadratic programming. *Frontiers in Nutrition* [Internet]. 2023 [cited 2023 Aug 10];10. Available from: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fnut.2023.1158257>
252. Wilson N, Cleghorn CL, Cobiack LJ, Mizdrak A, Nghiem N. Achieving Healthy and Sustainable Diets: A Review of the Results of Recent Mathematical Optimization Studies. *Advances in Nutrition*. 2019 Nov 1;10:S389–403.
253. Solagro, Couturier C, Charru M, Doublet S, Pointereau P. Le scénario Afterres 2050 - Version 2016 [Internet]. Solagro; 2016. Available from: [https://afterres2050.solagro.org/wp-content/uploads/2015/11/solagro\\_afterres2050\\_version2016.pdf](https://afterres2050.solagro.org/wp-content/uploads/2015/11/solagro_afterres2050_version2016.pdf)
254. Poux X, Aubert PM. Une Europe agroécologique en 2050 : une agriculture multifonctionnelle pour une alimentation saine. Enseignements d’une modélisation du système alimentaire européen. Paris, France: Iddri-AScA; 2018 p. 78. (Study). Report No.: N°09/18.
255. Aubert PM, Schwoob MH, Poux X. Agroecology and carbon neutrality in Europe by 2050: what are the issues? Findings from the TYFA modelling exercise [Internet]. Paris, France: Iddri-AScA; 2019 Apr. (Study). Report No.: 2. Available from:



[https://www.iddri.org/sites/default/files/PDF/Publications/Catalogue%20iddri/Etude/201904-ST0219-TYFA%20GHG\\_2.pdf](https://www.iddri.org/sites/default/files/PDF/Publications/Catalogue%20iddri/Etude/201904-ST0219-TYFA%20GHG_2.pdf)

256. Eyster HN, Satterfield T, Chan KMA. Why People Do What They Do: An Interdisciplinary Synthesis of Human Action Theories. *Annual Review of Environment and Resources*. 2022;47(1):725–51.
257. Davis R, Campbell R, Hildon Z, Hobbs L, Michie S. Theories of behaviour and behaviour change across the social and behavioural sciences: a scoping review. *Health Psychol Rev*. 2015 Aug 7;9(3):323–44.
258. Marijn Stok F, Renner B, Allan J, Boeing H, Ensenauer R, Issanchou S, et al. Dietary Behavior: An Interdisciplinary Conceptual Analysis and Taxonomy. *Frontiers in Psychology* [Internet]. 2018 [cited 2023 Aug 27];9. Available from: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpsyg.2018.01689>
259. Stok FM, Hoffmann S, Volkert D, Boeing H, Ensenauer R, Stelmach-Mardas M, et al. The DONE framework: Creation, evaluation, and updating of an interdisciplinary, dynamic framework 2.0 of determinants of nutrition and eating. *PLOS ONE*. 2017 Feb 2;12(2):e0171077.
260. Bègue L, Treich N. Immediate and 15-Week Correlates of Individual Commitment to a “Green Monday” National Campaign Fostering Weekly Substitution of Meat and Fish by Other Nutrients. *Nutrients*. 2019 Jul;11(7):1694.
261. Meier J, Andor MA, Doebbe FC, Haddaway NR, Reisch LA. Review: Do green defaults reduce meat consumption? *Food Policy*. 2022 Jul 1;110:102298.
262. Kahneman D. *Thinking, fast and slow*. New-York, USA: Farrar, Straus and Giroux; 2011.
263. Wansink B, Sobal J. Mindless Eating: The 200 Daily Food Decisions We Overlook. *Environment and Behavior*. 2007 Jan 1;39(1):106–23.
264. Stubbs RJ, Scott SE, Duarte C. Responding to food, environment and health challenges by changing meat consumption behaviours in consumers. *Nutrition Bulletin*. 2018;43(2):125–34.
265. Booth SL, Sallis JF, Ritenbaugh C, Hill JO, Birch LL, Frank LD, et al. Environmental and Societal Factors Affect Food Choice and Physical Activity: Rationale, Influences, and Leverage Points. *Nutrition Reviews*. 2001 Mar 1;59(3):S21–36.
266. Hummel E, Hoffmann I. Complexity of nutritional behavior: Capturing and depicting its interrelated factors in a cause-effect model. *Ecology of Food and Nutrition*. 2016 May 3;55(3):241–57.
267. Sobal J, Bisogni CA. Constructing Food Choice Decisions. *Annals of Behavioral Medicine*. 2009 Dec 1;38(suppl\_1):s37–46.
268. Garnett T. Changing consumption: How can we change the way we eat? A discussion paper [Internet]. Food Climate Research Network (FCRN); 2014 May. Available from: [https://www.tabledebates.org/sites/default/files/2020-10/fcrn\\_sustainable\\_diets\\_and\\_changing\\_consumption\\_final.pdf](https://www.tabledebates.org/sites/default/files/2020-10/fcrn_sustainable_diets_and_changing_consumption_final.pdf)
269. Michie S, Abraham C. Interventions to change health behaviours: evidence-based or evidence-inspired? *Psychology & Health*. 2004 Feb 1;19(1):29–49.

270. Michie S, van Stralen MM, West R. The behaviour change wheel: A new method for characterising and designing behaviour change interventions. *Implementation Sci.* 2011 Apr 23;6(1):42.
271. Glanz K, Rimer BK, Viswanath K. *Health Behavior: Theory, Research, and Practice.* John Wiley & Sons; 2015. 512 p.
272. Nilsen P. Making Sense of Implementation Theories, Models, and Frameworks. In: Albers B, Shlonsky A, Mildon R, editors. *Implementation Science* 30 [Internet]. Cham: Springer International Publishing; 2020 [cited 2022 May 16]. p. 53–79. Available from: [https://doi.org/10.1007/978-3-030-03874-8\\_3](https://doi.org/10.1007/978-3-030-03874-8_3)
273. Voorheis P, Bhuiya AR, Kuluski K, Pham Q, Petch J. Making Sense of Theories, Models, and Frameworks in Digital Health Behavior Change Design: Qualitative Descriptive Study. *Journal of Medical Internet Research.* 2023 Mar 15;25(1):e45095.
274. Ajzen I. The theory of planned behavior. *Organizational Behavior and Human Decision Processes.* 1991 Dec 1;50(2):179–211.
275. Prochaska JO, DiClemente CC, Norcross JC. In search of how people change. Applications to addictive behaviors. *Am Psychol.* 1992 Sep;47(9):1102–14.
276. Prochaska JO, Velicer WF. The Transtheoretical Model of Health Behavior Change. *Am J Health Promot.* 1997 Sep 1;12(1):38–48.
277. Michie S, Johnston M, Abraham C, Lawton R, Parker D, Walker A, et al. Making psychological theory useful for implementing evidence based practice: a consensus approach. *Qual Saf Health Care.* 2005 Feb;14(1):26–33.
278. Michie S, Carey RN, Johnston M, Rothman AJ, de Bruin M, Kelly MP, et al. From Theory-Inspired to Theory-Based Interventions: A Protocol for Developing and Testing a Methodology for Linking Behaviour Change Techniques to Theoretical Mechanisms of Action. *Annals of Behavioral Medicine.* 2018 May 18;52(6):501–12.
279. Garnett T, Mathewson S, Angelides P, Borthwick F. Policies and actions to shift eating patterns: What works? What works. 2015;
280. Rosenstock IM. Historical Origins of the Health Belief Model. *Health Education Monographs.* 1974 Dec 1;2(4):328–35.
281. Kollmuss A, Agyeman J. Mind the Gap: Why do people act environmentally and what are the barriers to pro-environmental behavior? *Environmental Education Research.* 2002 Aug 1;8(3):239–60.
282. Graves C, Roelich K. Psychological Barriers to Pro-Environmental Behaviour Change: A Review of Meat Consumption Behaviours. *Sustainability.* 2021 Jan;13(21):11582.
283. Fishbein M. A theory of reasoned action: Some applications and implications. *Nebraska Symposium on Motivation.* 1979;27:65–116.
284. Sheeran P, Klein WMP, Rothman AJ. Health Behavior Change: Moving from Observation to Intervention. *Annual Review of Psychology.* 2017;68(1):573–600.

285. Michie S. Designing and implementing behaviour change interventions to improve health. *Journal of health services research & policy*. 2008 Oct 1;13 Suppl 3:64–9.
286. Kwasnicka D, Dombrowski SU, White M, Sniehotta F. Theoretical explanations for maintenance of behaviour change: a systematic review of behaviour theories. *Health Psychology Review*. 2016 Jul 2;10(3):277–96.
287. Povey R, Conner M, Sparks P, James R, Shepherd R. A critical examination of the application of the Transtheoretical Model's stages of change to dietary behaviours. *Health Education Research*. 1999 Oct 1;14(5):641–51.
288. Michie S, West R, Campbell R, Gainforth H. *ABC of Behaviour Change Theories*. Silverback Publishing; 2014. 499 p.
289. Schwarzer R. Modeling Health Behavior Change: How to Predict and Modify the Adoption and Maintenance of Health Behaviors. *Applied Psychology*. 2008;57(1):1–29.
290. Conner M, Norman P. *Predicting Health Behaviour: Research and practice with social cognition models - Second edition*. McGraw-Hill Education (UK); 2005. 403 p.
291. Sheeran P, Maki A, Montanaro E, Avishai-Yitshak A, Bryan A, Klein WMP, et al. The impact of changing attitudes, norms, and self-efficacy on health-related intentions and behavior: A meta-analysis. *Health Psychology*. 2016;35(11):1178–88.
292. Maddux JE, Rogers RW. Protection motivation and self-efficacy: A revised theory of fear appeals and attitude change. *Journal of Experimental Social Psychology*. 1983 Sep 1;19(5):469–79.
293. Bandura A. *Social foundations of thought and action: A social cognitive theory*. Englewood Cliffs, NJ, US: Prentice-Hall, Inc; 1986. xiii, 617 p. (Social foundations of thought and action: A social cognitive theory).
294. Bandura A. Social Cognitive Theory: An Agentic Perspective. *Annual Review of Psychology*. 2001;52(1):1–26.
295. Ryan RM, Deci EL. Self-determination theory and the facilitation of intrinsic motivation, social development, and well-being. *American Psychologist*. 2000;55(1):68–78.
296. Grassian DT. *A New Way of Eating: Creating Meat Reducers, Vegetarians and Vegans* [Internet] [Doctor of Philosophy (PhD) thesis]. A New Way of Eating: Creating Meat Reducers, Vegetarians and Vegans; 2019. Available from: <https://kar.kent.ac.uk/76482/>
297. Glanz K, Bishop DB. The role of behavioral science theory in development and implementation of public health interventions. *Annu Rev Public Health*. 2010;31:399–418.
298. Garnett T. Food and the planet: is a healthy diet environmentally sustainable? Oral communication presented at: *Nutritional Determinants of Health: Recent Research Discoveries and Translation into Public Health Action*; 2023 Jun 28; Collège de France, Paris.
299. Eagly AH, Chaiken S. *The psychology of attitudes*. Orlando, FL, US: Harcourt Brace Jovanovich College Publishers; 1993. xxii, 794 p. (The psychology of attitudes).

300. Breckler SJ. Empirical validation of affect, behavior, and cognition as distinct components of attitude. *Journal of Personality and Social Psychology*. 1984;47(6):1191–205.
301. Eagly AH, Chaiken S. Attitude structure and function. In: *The handbook of social psychology*, Vols 1-2, 4th ed. New York, NY, US: McGraw-Hill; 1998. p. 269–322.
302. Fishbein M. An Investigation of the Relationships between Beliefs about an Object and the Attitude toward that Object. *Human Relations*. 1963 Aug 1;16(3):233–9.
303. Lindeman M, Stark K. Loss of pleasure, ideological food choice reasons and eating pathology. *Appetite*. 2000 Dec 1;35(3):263–8.
304. Schwartz SH. Universals in the Content and Structure of Values: Theoretical Advances and Empirical Tests in 20 Countries. In: Zanna MP, editor. *Advances in Experimental Social Psychology* [Internet]. Academic Press; 1992 [cited 2023 Aug 4]. p. 1–65. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0065260108602816>
305. Essiz O, Yurteri S, Mandrik C, Senyuz A. Exploring the Value-Action Gap in Green Consumption: Roles of Risk Aversion, Subjective Knowledge, and Gender Differences. *Journal of Global Marketing*. 2023 Jan 1;36(1):67–92.
306. de Boer J, Hoogland CT, Boersema JJ. Towards more sustainable food choices: Value priorities and motivational orientations. *Food Quality and Preference*. 2007 Oct;18(7):985–96.
307. Lai AE, Tiroto FA, Pagliaro S, Fornara F. Two Sides of the Same Coin: Environmental and Health Concern Pathways Toward Meat Consumption. *Frontiers in Psychology* [Internet]. 2020 [cited 2023 Oct 1];11. Available from: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpsyg.2020.578582>
308. Rosenfeld DL, Burrow AL. The unified model of vegetarian identity: A conceptual framework for understanding plant-based food choices. *Appetite*. 2017 May 1;112:78–95.
309. Lindeman M, Sirelius M. Food choice ideologies: the modern manifestations of normative and humanist views of the world. *Appetite*. 2001 Dec 1;37(3):175–84.
310. Stoll-Kleemann S, Schmidt UJ. Reducing meat consumption in developed and transition countries to counter climate change and biodiversity loss: a review of influence factors. *Reg Environ Change*. 2017 Jun 1;17(5):1261–77.
311. Doyal L. Sex and Gender: The Challenges for Epidemiologists. *Int J Health Serv*. 2003 Jul 1;33(3):569–79.
312. Schwartz C, Vandenberghe-Descamps M, Sulmont-Rossé C, Tournier C, Feron G. Behavioral and physiological determinants of food choice and consumption at sensitive periods of the life span, a focus on infants and elderly. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*. 2018 Apr 1;46:91–106.
313. Oakes JM, Rossi PH. The measurement of SES in health research: current practice and steps toward a new approach. *Social Science & Medicine*. 2003 Feb 1;56(4):769–84.
314. Krieger N, Williams DR, Moss NE. Measuring Social Class in US Public Health Research: Concepts, Methodologies, and Guidelines. *Annual Review of Public Health*. 1997;18(1):341–78.

315. Péneau S, Fassier P, Allès B, Kesse-Guyot E, Hercberg S, Méjean C. Dilemma between health and environmental motives when purchasing animal food products: sociodemographic and nutritional characteristics of consumers. *BMC Public Health* [Internet]. 2017 Dec [cited 2019 May 24];17(1). Available from: <https://bmcpublikehealth.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12889-017-4875-6>
316. Galobardes B, Shaw M, Lawlor DA, Lynch JW. Indicators of socioeconomic position (part 1). *J Epidemiol Community Health*. 2006 Jan;60(1):7–12.
317. Klink U, Mata J, Frank R, Schüz B. Socioeconomic differences in animal food consumption: Education rather than income makes a difference. *Front Nutr*. 2022 Nov 3;9:993379.
318. de Saint Pol T. Le temps de l'alimentation en France. Institut nationale de la statistique et des études économiques (Insee); 2012 Oct. Report No.: 1417.
319. Pingault N. Nutrition and food systems. A report by the High Level Panel of Experts on Food Security and Nutrition of the Committee on World Food Security. Rome, Italy: FAO; 2017 p. 151.
320. Capone R, El-Bilali H, Debs P, Cardone G. When economics matters in meeting food security challenge: food affordability and accessibility in the Mediterranean. Fourth International Scientific Symposium 'Agrosym 2013', Jahorina, Bosnia and Herzegovina, 3-6 October, 2013 Book of Proceedings. 2013;47–53.
321. Hwalla N, El Labban S, Bahn RA. Nutrition security is an integral component of food security. *Frontiers in Life Science*. 2016 Jul 2;9(3):167–72.
322. Maani N, Collin J, Friel S, Gilmore AB, McCambridge J, Robertson L, et al. Bringing the commercial determinants of health out of the shadows: a review of how the commercial determinants are represented in conceptual frameworks. *Eur J Public Health*. 2020 Aug 1;30(4):660–4.
323. Interbev. Interbev. 2022 [cited 2023 Sep 22]. Naturellement Flexitariens. Available from: <https://www.interbev.fr/communication/oser-et-s-affirmer/>
324. WWF France. Stop aux Meathos [Internet]. 2023 [cited 2023 Sep 22]. Available from: <https://www.wwf.fr/stopauxmeathos>
325. Tobler C, Visschers VHM, Siegrist M. Eating green. Consumers' willingness to adopt ecological food consumption behaviors. *Appetite*. 2011 Dec;57(3):674–82.
326. de Boer J, Schösler H, Aiking H. Towards a reduced meat diet: Mindset and motivation of young vegetarians, low, medium and high meat-eaters. *Appetite*. 2017 Jun 1;113:387–97.
327. Graça J, Godinho CA, Truninger M. Reducing meat consumption and following plant-based diets: Current evidence and future directions to inform integrated transitions. *Trends in Food Science & Technology*. 2019 Sep 1;91:380–90.
328. Hayley A, Zinkiewicz L, Hardiman K. Values, attitudes, and frequency of meat consumption. Predicting meat-reduced diet in Australians. *Appetite*. 2015 Jan 1;84:98–106.
329. Koch F, Heuer T, Krems C, Claupein E. Meat consumers and non-meat consumers in Germany: a characterisation based on results of the German National Nutrition Survey II. *J Nutr Sci*. 2019;8:e21.

330. Pfeiler TM, Egloff B. Examining the “Veggie” personality: Results from a representative German sample. *Appetite*. 2018 Jan 1;120:246–55.
331. Vainio A, Niva M, Jallinoja P, Latvala T. From beef to beans: Eating motives and the replacement of animal proteins with plant proteins among Finnish consumers. *Appetite*. 2016 Nov 1;106:92–100.
332. Vainio A, Irz X, Hartikainen H. How effective are messages and their characteristics in changing behavioural intentions to substitute plant-based foods for red meat? The mediating role of prior beliefs. *Appetite*. 2018 Jun 1;125:217–24.
333. Ruby MB, Alvarenga MS, Rozin P, Kirby TA, Richer E, Rutzstein G. Attitudes toward beef and vegetarians in Argentina, Brazil, France, and the USA. *Appetite*. 2016 Jan 1;96:546–54.
334. Graça J, Oliveira A, Calheiros MM. Meat, beyond the plate. Data-driven hypotheses for understanding consumer willingness to adopt a more plant-based diet. *Appetite*. 2015 Jul;90:80–90.
335. de Boer J, Schösler H, Aiking H. “Meatless days” or “less but better”? Exploring strategies to adapt Western meat consumption to health and sustainability challenges. *Appetite*. 2014 May;76:120–8.
336. de Boer J, de Witt A, Aiking H. Help the climate, change your diet: A cross-sectional study on how to involve consumers in a transition to a low-carbon society. *Appetite*. 2016 Mar 1;98:19–27.
337. Malek L, Umberger WJ, Goddard E. Committed vs. uncommitted meat eaters: Understanding willingness to change protein consumption. *Appetite*. 2019 Jul;138:115–26.
338. Sanchez-Sabate R, Badilla-Briones Y, Sabaté J. Understanding Attitudes towards Reducing Meat Consumption for Environmental Reasons. A Qualitative Synthesis Review. *Sustainability*. 2019 Jan;11(22):6295.
339. Aston LM, Smith JN, Powles JW. Meat intake in Britain in relation to other dietary components and to demographic and risk factor variables: analyses based on the National Diet and Nutrition Survey of 2000/2001. *Journal of Human Nutrition and Dietetics*. 2013;26(1):96–106.
340. Clonan A, Wilson P, Swift JA, Leibovici DG, Holdsworth M. Red and processed meat consumption and purchasing behaviours and attitudes: impacts for human health, animal welfare and environmental sustainability. *Public Health Nutrition*. 2015 Sep;18(13):2446–56.
341. Vandermoere F, Geerts R, De Backer C, Erreygers S, Van Doorslaer E. Meat Consumption and Vegaphobia: An Exploration of the Characteristics of Meat Eaters, Vegaphobes, and Their Social Environment. *Sustainability*. 2019 Jan;11(14):3936.
342. Hartmann C, Siegrist M. Consumer perception and behaviour regarding sustainable protein consumption: A systematic review. *Trends in Food Science & Technology*. 2017 Mar 1;61:11–25.
343. Deliens T, Mullie P, Clarys P. Plant-based dietary patterns in Flemish adults: a 10-year trend analysis. *Eur J Nutr*. 2022 Feb 1;61(1):561–5.
344. Malek L, Umberger W, Goddard E. Is anti-consumption driving meat consumption changes in Australia? *British Food Journal*. 2018 Oct 19;121(1):123–38.

345. Penny JC, Swift JA, Salter AM. "Meat reducers": meat reduction strategies and attitudes towards meat alternatives in an emerging group. *Proceedings of the Nutrition Society* [Internet]. 2015 [cited 2019 May 3];74(OCE5). Available from: [https://www.cambridge.org/core/product/identifcier/S0029665115003602/type/journal\\_article](https://www.cambridge.org/core/product/identifcier/S0029665115003602/type/journal_article)
346. Lacroix K. Comparing the relative mitigation potential of individual pro-environmental behaviors. *Journal of Cleaner Production*. 2018 Sep 10;195:1398–407.
347. Badji I, Caillavet F, Magrini MB, Méjean C, Amiot-Carlin MJ. Consommation de légumineuses en France : analyse des décisions d'achat des ménages [Internet]. Société Française de Nutrition (SFN). FRA. and Société Francophone Nutrition Clinique et Métabolisme (SFNEP). FRA.; 2019 Nov [cited 2023 Sep 24] p. np. (Abstracts des Journées Francophones de Nutrition (JFN 2019)). Available from: <https://hal.science/hal-02401241>
348. Badji I, Caillavet F, Amiot MJ. Changes in French purchases of pulses during an FAO awareness campaign. *Front Nutr*. 2023 Jan 26;9:971868.
349. Jallinoja P, Niva M, Latvala T. Future of sustainable eating? Examining the potential for expanding bean eating in a meat-eating culture. *Futures*. 2016 Oct 1;83:4–14.
350. IPSOS Reid. Factors Influencing Pulse Consumption in Canada [Internet]. Government of Alberta; 2010 Feb. Available from: [http://www1.agriculture.alberta.ca/\\$Department/deptdocs.nsf/all/sis13117/\\$FILE/v3\\_factors\\_influencing\\_pulse\\_consumption\\_final\\_report\\_feb24\\_2010.pdf](http://www1.agriculture.alberta.ca/$Department/deptdocs.nsf/all/sis13117/$FILE/v3_factors_influencing_pulse_consumption_final_report_feb24_2010.pdf)
351. Gurviez P, Mugel O. L'influence de l'orientation motivationnelle sur les représentations et les choix alimentaires. *Cahiers de Nutrition et de Diététique*. 2016 Nov 1;51(5):259–67.
352. Pekrun R. Teachers need more than knowledge: Why motivation, emotion, and self-regulation are indispensable. *Educational Psychologist*. 2021 Oct 2;56(4):312–22.
353. Rangel A. Regulation of dietary choice by the decision-making circuitry. *Nat Neurosci*. 2013 Dec;16(12):1717–24.
354. Marty L, Chambaron S, de Lauzon-Guillain B, Nicklaus S. The motivational roots of sustainable diets: Analysis of food choice motives associated to health, environmental and socio-cultural aspects of diet sustainability in a sample of French adults. *Cleaner and Responsible Consumption*. 2022 Jun 1;5:100059.
355. Steptoe A, Pollard TM, Wardle J. Development of a measure of the motives underlying the selection of food: the food choice questionnaire. *Appetite*. 1995 Dec;25(3):267–84.
356. Miki AJ, Livingston KA, Karlsen MC, Folta SC, McKeown NM. Using Evidence Mapping to Examine Motivations for Following Plant-Based Diets. *Current Developments in Nutrition* [Internet]. 2020 Mar 1 [cited 2021 Feb 9];4(nzaa013). Available from: <https://doi.org/10.1093/cdn/nzaa013>
357. Strässner AM, Hartmann C. Gradual behaviour change towards meat reduction: Development and validation of a novel decisional balance scale. *Appetite*. 2023 Mar 17;186:106537.
358. Schösler H, Boer J de, Boersema JJ. Can we cut out the meat of the dish? Constructing consumer-oriented pathways towards meat substitution. *Appetite*. 2012 Feb;58(1):39–47.

359. Graça J, Truninger M, Junqueira L, Schmidt L. Consumption orientations may support (or hinder) transitions to more plant-based diets. *Appetite*. 2019 Sep 1;140:19–26.
360. Lea EJ, Crawford D, Worsley A. Public views of the benefits and barriers to the consumption of a plant-based diet. *European Journal of Clinical Nutrition*. 2006 Jul;60(7):828–37.
361. Schösler H, de Boer J, Boersema JJ, Aiking H. Meat and masculinity among young Chinese, Turkish and Dutch adults in the Netherlands. *Appetite*. 2015 Jun 1;89:152–9.
362. Siegrist M, Visschers VHM, Hartmann C. Factors influencing changes in sustainability perception of various food behaviors: Results of a longitudinal study. *Food Quality and Preference*. 2015 Dec 1;46:33–9.
363. Lee L, Simpson I. Are we eating less meat? A British Social Attitudes report [Internet]. NatCen; 2016 Feb p. 33. Available from: <https://natcen.ac.uk/our-research/research/british-social-attitudes-are-we-eating-less-meat/>
364. Hartmann C, Lazzarini G, Funk A, Siegrist M. Measuring consumers' knowledge of the environmental impact of foods. *Appetite*. 2021 Dec 1;167:105622.
365. Macdiarmid JI, Douglas F, Campbell J. Eating like there's no tomorrow: Public awareness of the environmental impact of food and reluctance to eat less meat as part of a sustainable diet. *Appetite*. 2016 Jan 1;96:487–93.
366. Hestermann N, Le Yaouanq Y, Treich N. An economic model of the meat paradox. *European Economic Review*. 2020 Oct 1;129:103569.
367. Schenk P, Rössel J, Scholz M. Motivations and Constraints of Meat Avoidance. *Sustainability*. 2018 Nov;10(11):3858.
368. Hoek AC, van Boekel MAJS, Voordouw J, Luning PA. Identification of new food alternatives: How do consumers categorize meat and meat substitutes? *Food Quality and Preference*. 2011 Jun;22(4):371–83.
369. Kemper JA. Motivations, barriers, and strategies for meat reduction at different family lifecycle stages. *Appetite*. 2020 Jul 1;150:104644.
370. van den Berg SW, van den Brink AC, Wagemakers A, den Broeder L. Reducing meat consumption: The influence of life course transitions, barriers and enablers, and effective strategies according to young Dutch adults. *Food Quality and Preference*. 2022 Sep 1;100:104623.
371. Collier ES, Oberrauter LM, Normann A, Norman C, Svensson M, Niimi J, et al. Identifying barriers to decreasing meat consumption and increasing acceptance of meat substitutes among Swedish consumers. *Appetite*. 2021 Dec 1;167:105643.
372. Piazza J, Ruby MB, Loughnan S, Luong M, Kulik J, Watkins HM, et al. Rationalizing meat consumption. *The 4Ns*. *Appetite*. 2015 Aug 1;91:114–28.
373. Cheah I, Sadat Shimul A, Liang J, Phau I. Drivers and barriers toward reducing meat consumption. *Appetite*. 2020 Jun 1;149:104636.



374. Rothgerber H. Real men don't eat (vegetable) quiche: Masculinity and the justification of meat consumption. *Psychology of Men & Masculinity*. 2013;14(4):363–75.
375. Henn K, Goddyn H, Bøye Olsen S, Bredie WLP. Identifying behavioral and attitudinal barriers and drivers to promote consumption of pulses: A quantitative survey across five European countries. *Food Quality and Preference*. 2021 Nov 6;104455.
376. Melendrez-Ruiz J, Buatois Q, Chambaron S, Monnery-Patris S, Arvisenet G. French consumers know the benefits of pulses, but do not choose them: An exploratory study combining indirect and direct approaches. *Appetite*. 2019 Oct 1;141:104311.
377. Horwath CC. Applying the transtheoretical model to eating behaviour change: challenges and opportunities. *Nutrition Research Reviews*. 1999 Dec;12(2):281–317.
378. Bandura A. The anatomy of stages of change. *Am J Health Promot*. 1997 Oct;12(1):8–10.
379. Littell JH, Girvin H. Stages of Change: A Critique. *Behav Modif*. 2002 Apr 1;26(2):223–73.
380. Bamberg S. Changing environmentally harmful behaviors: A stage model of self-regulated behavioral change. *Journal of Environmental Psychology*. 2013 Jun 1;34:151–9.
381. Corrin T, Papadopoulos A. Understanding the attitudes and perceptions of vegetarian and plant-based diets to shape future health promotion programs. *Appetite*. 2016 Nov 18;
382. Carfora V, Conner M, Caso D, Catellani P. Rational and moral motives to reduce red and processed meat consumption. *Journal of Applied Social Psychology*. 2020;50(12):744–55.
383. Wyker BA, Davison KK. Behavioral Change Theories Can Inform the Prediction of Young Adults' Adoption of a Plant-based Diet. *Journal of Nutrition Education and Behavior*. 2010;42(3):10.
384. Lea EJ, Crawford D, Worsley A. Consumers' readiness to eat a plant-based diet. *European Journal of Clinical Nutrition*. 2006 Mar;60(3):342–51.
385. Klöckner CA. A stage model as an analysis framework for studying voluntary change in food choices – The case of beef consumption reduction in Norway. *Appetite*. 2017 Jan;108:434–49.
386. Prochaska JO, DiClemente CC. Stages and processes of self-change of smoking: toward an integrative model of change. *J Consult Clin Psychol*. 1983 Jun;51(3):390–5.
387. Glanz K, Patterson RE, Kristal AR, Feng Z, Linnan L, Heimendinger J, et al. Impact of work site health promotion on stages of dietary change: the Working Well Trial. *Health Educ Behav*. 1998 Aug;25(4):448–63.
388. Marcus BH, Bock BC, Pinto BM, Forsyth LH, Roberts MB, Traficante RM. Efficacy of an individualized, motivationally-tailored physical activity intervention. *Ann Behav Med*. 1998;20(3):174–80.
389. Velicer WF, Prochaska JO, Rossi JS, Snow MG. Assessing outcome in smoking cessation studies. *Psychological Bulletin*. 1992;111(1):23–41.
390. Povey R, Wellens B, Conner M. Attitudes towards following meat, vegetarian and vegan diets: an examination of the role of ambivalence. *Appetite*. 2001 Aug;37(1):15–26.

391. West R. Time for a change: putting the Transtheoretical (Stages of Change) Model to rest. *Addiction*. 2005;100(8):1036–9.
392. Diclemente CC. A Premature Obituary for the Transtheoretical Model: A Response to West (2005). *Addiction*. 2005;100(8):1046–8.
393. de Jonge J, van Trijp HCM. Meeting Heterogeneity in Consumer Demand for Animal Welfare: A Reflection on Existing Knowledge and Implications for the Meat Sector. *J Agric Environ Ethics*. 2013 Jun 1;26(3):629–61.
394. Onwezen MC. The application of systematic steps for interventions towards meat-reduced diets. *Trends in Food Science & Technology*. 2022 Jan 1;119:443–51.
395. ElHaffar G, Durif F, Dubé L. Towards closing the attitude-intention-behavior gap in green consumption: A narrative review of the literature and an overview of future research directions. *Journal of Cleaner Production*. 2020 Dec 1;275:122556.
396. Bamberg S, Möser G. Twenty years after Hines, Hungerford, and Tomera: A new meta-analysis of psycho-social determinants of pro-environmental behaviour. *Journal of Environmental Psychology*. 2007 Mar 1;27(1):14–25.
397. Elhoushy S, Jang S (Shawn). How to maintain sustainable consumer behaviours: A systematic review and future research agenda. *International Journal of Consumer Studies*. 2023 Jan 27;Early view:1–31.
398. Hercberg S, Castetbon K, Czernichow S, Malon A, Mejean C, Kesse E, et al. The Nutrinet-Santé Study: a web-based prospective study on the relationship between nutrition and health and determinants of dietary patterns and nutritional status. *BMC Public Health*. 2010 May 11;10(1):242.
399. Vergnaud AC, Touvier M, Méjean C, Kesse-Guyot E, Pollet C, Malon A, et al. Agreement between web-based and paper versions of a socio-demographic questionnaire in the NutriNet-Santé study. *Int J Public Health*. 2011 Aug 1;56(4):407–17.
400. Lassale C, Péneau S, Touvier M, Julia C, Galan P, Hercberg S, et al. Validity of Web-Based Self-Reported Weight and Height: Results of the Nutrinet-Santé Study. *J Med Internet Res*. 2013 Aug 8;15(8):e152.
401. Touvier M, Méjean C, Kesse-Guyot E, Pollet C, Malon A, Castetbon K, et al. Comparison between web-based and paper versions of a self-administered anthropometric questionnaire. *Eur J Epidemiol*. 2010 May;25(5):287–96.
402. Touvier M, Kesse-Guyot E, Méjean C, Pollet C, Malon A, Castetbon K, et al. Comparison between an interactive web-based self-administered 24 h dietary record and an interview by a dietitian for large-scale epidemiological studies. *British Journal of Nutrition*. 2011 Apr;105(7):1055–64.
403. Lassale C, Castetbon K, Laporte F, Deschamps V, Vernay M, Camilleri GM, et al. Correlations between Fruit, Vegetables, Fish, Vitamins, and Fatty Acids Estimated by Web-Based Nonconsecutive Dietary Records and Respective Biomarkers of Nutritional Status. *J Acad Nutr Diet*. 2016 Mar;116(3):427-438.e5.

404. INSEE. Definition - Consumption unit | Insee [Internet]. 2022 [cited 2023 Sep 4]. Available from: <https://www.insee.fr/en/metadonnees/definition/c1802>
405. WHO. Obesity: Preventing and Managing the Global Epidemic : Report of a WHO Consultation. World Health Organization; 2000. 267 p.
406. Craig CL, Marshall AL, Sjöström M, Bauman AE, Booth ML, Ainsworth BE, et al. International physical activity questionnaire: 12-country reliability and validity. *Med Sci Sports Exerc.* 2003 Aug;35(8):1381–95.
407. The IPAQ Group. Guidelines for Data Processing and Analysis of the International Physical Activity Questionnaire. 2015.
408. Lassale C, Castetbon K, Laporte F, Camilleri GM, Deschamps V, Vernay M, et al. Validation of a Web-based, self-administered, non-consecutive-day dietary record tool against urinary biomarkers. *Br J Nutr.* 2015 Mar 28;113(6):953–62.
409. Le Moullec N, Deheeger M, Hercberg S, Preziosi P, Monteiro P, Valeix P, et al. Validation du manuel-photos utilisé pour l'enquête alimentaire de l'étude SU.VI.MAX. *Cah nutr diét.* 1996;31(3):158–64.
410. Unité de recherche en épidémiologie nutritionnelle. Table de composition des aliments, Etude NutriNet-Santé (Food Composition Database, NutriNet-Santé study). Les éditions INSERM/Economica. Bobigny, France; 2013.
411. Black AE. Critical evaluation of energy intake using the Goldberg cut-off for energy intake:basal metabolic rate. A practical guide to its calculation, use and limitations. *Int J Obes.* 2000 Sep;24(9):1119–30.
412. Black AE. The sensitivity and specificity of the Goldberg cut-off for EI:BMR for identifying diet reports of poor validity. *Eur J Clin Nutr.* 2000 May;54(5):395–404.
413. Goldberg GR, Black AE, Jebb SA, Cole TJ, Murgatroyd PR, Coward WA, et al. Critical evaluation of energy intake data using fundamental principles of energy physiology: 1. Derivation of cut-off limits to identify under-recording. *Eur J Clin Nutr.* 1991 Dec;45(12):569–81.
414. Schofield WN. Predicting basal metabolic rate, new standards and review of previous work. *Hum Nutr Clin Nutr.* 1985 Jan 1;39 Suppl 1:5–41.
415. Kesse-Guyot E, Castetbon K, Touvier M, Hercberg S, Galan P. Relative Validity and Reproducibility of a Food Frequency Questionnaire Designed for French Adults. *Annals of Nutrition and Metabolism.* 2010 Nov 16;57(3–4):153–62.
416. Keaver L, Ruan M, Chen F, Du M, Ding C, Wang J, et al. Plant- and animal-based diet quality and mortality among US adults: a cohort study. *British Journal of Nutrition.* 2021 Jun;125(12):1405–15.
417. ADEME. Agence de la transition écologique. 2018 [cited 2023 Jul 9]. Comment réalise-t-on une ACV ? – Ademe. Available from: <https://expertises.ademe.fr/economie-circulaire/consommer-autrement/passer-a-laction/dossier/lanalyse-cycle-vie/comment-realise-t-acv>

418. ADEME. Méthode de l'Analyse du Cycle de Vie - principes clés [Internet]. 2023. (Documentation AGRIBALYSE®). Available from: <https://doc.agribalyse.fr/documentation/les-donnees/methodologie-acv>
419. Clune S, Crossin E, Verghese K. Systematic review of greenhouse gas emissions for different fresh food categories. *Journal of Cleaner Production*. 2017 Jan 1;140:766–83.
420. ISO 14040. ISO 14040:2006 - Environmental management — Life cycle assessment — Principles and framework. Geneva; 2006. p. 20.
421. ISO 14044. ISO 14044:2006 - Environmental management — Life cycle assessment — Requirements and guidelines [Internet]. Geneva; 2006 [cited 2023 Jul 9]. p. 46. Available from: <https://www.iso.org/standard/38498.html>
422. IPCC. Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Geneva, Switzerland; 2014 p. 151.
423. ADEME. Dia'terre. 2009.
424. Masset G, Vieux F, Darmon N. Which functional unit to identify sustainable foods? *Public Health Nutrition*. 2015 Sep;18(13):2488–97.
425. Sautron V, Péneau S, Camilleri GM, Muller L, Ruffieux B, Hercberg S, et al. Validity of a questionnaire measuring motives for choosing foods including sustainable concerns. *Appetite*. 2015 Apr;87:90–7.
426. Allès B, Péneau S, Kesse-Guyot E, Baudry J, Hercberg S, Méjean C. Food choice motives including sustainability during purchasing are associated with a healthy dietary pattern in French adults. *Nutrition Journal* [Internet]. 2017 Dec [cited 2019 May 16];16(1). Available from: <http://nutritionj.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12937-017-0279-9>
427. Lindeman M, Väänänen M. Measurement of ethical food choice motives. *Appetite*. 2000 Feb 1;34(1):55–9.
428. Thiébaud A, Kesse E, Com-Nougué C, Clavel-Chapelon F, Bénichou J. Ajustement sur l'apport énergétique dans l'évaluation des facteurs de risque alimentaires: Adjustment for energy intake in the assessment of dietary risk factors. *Revue d'Épidémiologie et de Santé Publique*. 2004 Dec 1;52(6):539–57.
429. Commenges D, Jacqmin-Gadda H. Modèles biostatistiques pour l'épidémiologie. Deboeck Supérieur. 2015.
430. Brunin J, Allès B, Péneau S, Reuzé A, Pointereau P, Touvier M, et al. Do individual sustainable food purchase motives translate into an individual shift towards a more sustainable diet? A longitudinal analysis in the NutriNet-Santé cohort. *Cleaner and Responsible Consumption*. 2022 Jun 1;5:100062.
431. Brunin J, Pointereau P, Allès B, Touvier M, Hercberg S, Lairon D, et al. Are recent dietary changes observed in the NutriNet-Santé participants healthier and more sustainable? *Eur J Nutr*. 2022 Feb 1;61(1):141–55.

432. Kesse-Guyot E, Assmann K, Andreeva V, Castetbon K, Méjean C, Touvier M, et al. Lessons Learned From Methodological Validation Research in E-Epidemiology. *JMIR Public Health Surveill.* 2016 Oct 18;2(2):e160.
433. Graça J. Towards an Integrated Approach to Food Behaviour: Meat Consumption and Substitution, From Context to Consumers. *Psychology, Community & Health.* 2016 Aug 8;5(2):152–69.
434. Stoll-Kleemann S, Schmidt UJ. Reducing meat consumption in developed and transition countries to counter climate change and biodiversity loss: a review of influence factors. *Regional Environmental Change.* 2017 Jun;17(5):1261–77.
435. Roininen K, Tuorila H, Zandstra EH, de Graaf C, Vehkalahti K, Stubenitsky K, et al. Differences in health and taste attitudes and reported behaviour among Finnish, Dutch and British consumers: a cross-national validation of the Health and Taste Attitude Scales (HTAS). *Appetite.* 2001 Aug 1;37(1):33–45.
436. Gifford R, Nilsson A. Personal and social factors that influence pro-environmental concern and behaviour: A review. *International Journal of Psychology.* 2014;49(3):141–57.
437. Lechner L, Brug J, De Vries H, van Assema P, Mudde A. Stages of change for fruit, vegetable and fat intake: consequences of misconception. *Health Education Research.* 1998 Mar 1;13(1):1–11.
438. Drapeau V, Provencher V, Lemieux S, Després JP, Bouchard C, Tremblay A. Do 6-y changes in eating behaviors predict changes in body weight? Results from the Québec Family Study. *Int J Obes Relat Metab Disord.* 2003 Jul;27(7):808–14.
439. Doggui R, Ward S, Johnson C, Bélanger M. Trajectories of Eating Behaviour Changes during Adolescence. *Nutrients.* 2021 Apr;13(4):1313.
440. Schösler H, de Boer J. Towards more sustainable diets: Insights from the food philosophies of ‘gourmets’ and their relevance for policy strategies. *Appetite.* 2018 01;127:59–68.
441. Nevalainen E, Niva M, Vainio A. A transition towards plant-based diets on its way? Consumers’ substitutions of meat in their diets in Finland. *Food Quality and Preference.* 2023 Mar 1;104:104754.
442. Erkkola M, Kinnunen SM, Vepsäläinen HR, Meinilä JM, Uusitalo L, Konttinen H, et al. A slow road from meat dominance to more sustainable diets: An analysis of purchase preferences among Finnish loyalty-card holders. *PLOS Sustainability and Transformation.* 2022 Jun 16;1(6):e0000015.
443. Gehring J, Touvier M, Baudry J, Julia C, Buscail C, Srour B, et al. Consumption of Ultra-Processed Foods by Pesco-Vegetarians, Vegetarians, and Vegans: Associations with Duration and Age at Diet Initiation. *The Journal of Nutrition.* 2021 Jan 4;151(1):120–31.
444. Statista Consumer Market Insights. Le secteur mondial de l’alimentation et la nutrition [Internet]. 2022 Jul. Available from: <https://fr.statista.com/infographie/29216/chiffre-affaires-mondial-du-secteur-des-produits-de-substitution-au-lait-et-a-la-viande/>
445. Srour B, Fezeu LK, Kesse-Guyot E, Allès B, Debras C, Druesne-Pecollo N, et al. Ultraprocessed Food Consumption and Risk of Type 2 Diabetes Among Participants of the NutriNet-Santé Prospective Cohort. *JAMA Intern Med.* 2019 Dec 16;

446. Srour B, Kordahi MC, Bonazzi E, Deschasaux-Tanguy M, Touvier M, Chassaing B. Ultra-processed foods and human health: from epidemiological evidence to mechanistic insights. *Lancet Gastroenterol Hepatol*. 2022 Dec;7(12):1128–40.
447. Benard M, Méjean C, Kesse-Guyot E, Bellisle F, Etilé F, Reach G, et al. Association between time perspective, food choice motives, and food intake in a general population. *Appetite*. 2018;130(1):297–8.
448. Bègue L, Vezirian K. Analytic cognitive style is inversely related to meat consumption. *Personality and Individual Differences*. 2023 Oct 1;212:112269.
449. Chojnacki R. Plant-based Beverages and Foods Have Become a Kitchen Staple in Many Homes, and an Entrée and Ingredient Option at Foodservice Outlets [Internet]. The NPD Group. 2023 [cited 2023 Sep 28]. Available from: <https://www.npd.com/news/press-releases/2023/plant-based-beverages-and-foods-have-become-a-kitchen-staple-in-many-homes-and-an-entree-and-ingredient-option-at-foodservice-outlets/>
450. Campbell-Arvai V, Arvai J, Kalof L. Motivating Sustainable Food Choices: The Role of Nudges, Value Orientation, and Information Provision. *Environment and Behavior*. 2014 May 1;46(4):453–75.
451. Lampuré A. Relations entre l’attirance sensorielle des consommateurs pour le gras, le salé et le sucré et leurs comportements alimentaires et leur état nutritionnel. Rôle modulateur des facteurs démographiques, socioéconomiques, psychologiques, de mode de vie et de santé [Internet] [phdthesis]. Université Sorbonne Paris Cité; 2016 [cited 2023 Sep 28]. Available from: <https://theses.hal.science/tel-02001839>
452. Lindner JP, Fehrenbach H, Winter L, Bloemer J, Knuepffer E. Valuing Biodiversity in Life Cycle Impact Assessment. *Sustainability*. 2019 Jan;11(20):5628.
453. Crenna E, Sozzo S, Sala S. Natural biotic resources in LCA: Towards an impact assessment model for sustainable supply chain management. *Journal of Cleaner Production*. 2018 Jan 20;172:3669–84.
454. FAO. Symposium Scientifique International : Biodiversité et régimes alimentaires durables unis contre la faim. 2010;
455. Resare Sahlin K, Trewern J. A systematic review of the definitions and interpretations in scientific literature of ‘less but better’ meat in high-income settings. *Nat Food*. 2022 Jun;3(6):454–60.
456. Seconda L, Baudry J, Pointereau P, Lacour C, Langevin B, Hercberg S, et al. Development and validation of an individual sustainable diet index in the NutriNet-Santé study cohort. *British Journal of Nutrition*. 2019 May;121(10):1166–77.
457. Wolstenholme E, Poortinga W, Whitmarsh L. Two Birds, One Stone: The Effectiveness of Health and Environmental Messages to Reduce Meat Consumption and Encourage Pro-environmental Behavioral Spillover. *Front Psychol*. 2020;11:577111.
458. UK Government. Introducing further advertising restrictions on TV and online for products high in fat, salt or sugar: consultation on secondary legislation. 2022 Dec 9; Available from: <https://www.gov.uk/government/consultations/introducing-further-advertising-restrictions-on-tv-and-online-for-products-high-in-fat-salt-or-sugar-secondary-legislation/introducing->

further-advertising-restrictions-on-tv-and-online-for-products-high-in-fat-salt-or-sugar-consultation-on-secondary-legislation

459. Assemblée Nationale. Proposition de loi n°4539 visant à interdire les publicités promouvant les aliments de Nutri-Score D ou E à destination des enfants et des adolescents. 4539 Sep 12, 2021.
460. Aubert PM, Gardin B, Alliot C. Vers une transition juste des systèmes alimentaires, enjeux et leviers politiques pour la France [Internet]. IDDRI; 2021. Available from: <https://www.aefinfo.fr/assets/medias/documents/5/0/505221.pdf>
461. Aschemann-Witzel J, Zielke S. Can't Buy Me Green? A Review of Consumer Perceptions of and Behavior Toward the Price of Organic Food. *Journal of Consumer Affairs*. 2017;51(1):211–51.
462. Brocard C, Saujot M, Brimont (Iddri) L, Dubuisson-Quellier (Iddri) S, SciencesPo-CNRS. Pratiques alimentaires durables : un autre regard sur et avec les personnes modestes. 2022 Apr 28 [cited 2023 Sep 28]; Available from: <https://policycommons.net/artifacts/3346288/pratiques-alimentaires-durables/4145188/>
463. Direction de l'information légale et administrative. « Mieux manger pour tous » : un plan d'aide alimentaire pour les personnes précaires [Internet]. 2023 [cited 2023 Sep 28]. Available from: <https://www.service-public.fr/particuliers/actualites/A16429>
464. Reporterre. Reporterre, le média de l'écologie. 2020 [cited 2023 Sep 28]. Créons une sécurité sociale de l'alimentation pour enrayer la faim. Available from: <https://reporterre.net/Creons-une-securite-sociale-de-l-alimentation-pour-enrayer-la-faim>
465. Fabrique à menus | Manger Bouger [Internet]. 2022 [cited 2021 May 17]. Available from: <https://www.mangerbouger.fr/Manger-mieux/Vos-outils/Fabrique-a-menus>
466. Poore J, Nemecek T. Reducing food's environmental impacts through producers and consumers. *Science* (New York, NY). 2018 Jun 1;360:987–92.
467. Ministère de la Transition écologique et solidaire. Stratégie Nationale Bas-Carbone (SNBC) [Internet]. France; 2022 Jul. Available from: <https://www.ecologie.gouv.fr/strategie-nationale-bas-carbone-snbc#:~:text=En%20signant%20l'Accord%20de,21%C3%A8me%20si%C3%A8cle%20au%20niveau%20mondial.>
468. Ministère de la Transition écologique et de la Cohésion des territoires. Loi de transition énergétique pour la croissance verte (LTECV) [Internet]. 2017 May. Available from: <https://www.ecologie.gouv.fr/loi-transition-energetique-croissance-verte>
469. HCSP. Avis relatif à l'élaboration de la Stratégie nationale Alimentation, Nutrition, Climat (SNANC) [Internet]. Rapport de l'HCSP. Paris: Haut Conseil de la Santé Publique; 2023 Apr [cited 2023 Sep 28]. Available from: <https://www.hcsp.fr/explore.cgi/avisrapportsdomaine?clefr=1308>

# Annexes



**Annexe 1.** Questionnaire sur les changements de consommation de viandes, fruits et légumes et légumineuses, soumis aux Nutrinautes en août 2019

Questionnaire PAV - version en ligne

Introduction

Cher(e) Nutrinaute,

Nous aimerions en savoir plus sur d'éventuels changements dans votre consommation de viandes mais aussi de fruits et légumes et de légumineuses.

La consommation de ces groupes d'aliments serait en évolution, notamment en France. Cependant, peu de données sont disponibles sur ces phénomènes de changement, mais aussi sur les raisons qui pourraient vous entraîner à diminuer ou augmenter votre propre consommation pour chacun de ces groupes d'aliments. Vous n'avez peut-être jamais changé vos habitudes de consommation, là encore, nous serions intéressés d'en savoir plus.

Dans ce but, nous vous demandons de bien vouloir remplir avec soin ce nouveau questionnaire, qui nous permettra de procéder à des analyses essentielles dans le domaine de recherche sur le comportement alimentaire et la prévention nutritionnelle des maladies.

Merci de votre participation !

Partie 1

Je suis végétarien(ne) (ovo-lacto végétarien(ne), pesco-végétarien(ne), je n'exclus pas la totalité des fruits de mer et/ou des produits laitiers de mon alimentation) ?  oui  non

Je suis végétalien(ne) (j'exclus tous les aliments et sous-produits issus des animaux de mon alimentation) ?  oui  non

Je suis végane (j'exclus tous les aliments issus des animaux de mon alimentation, les produits cosmétiques testés sur les animaux et les produits d'habillement utilisant des matériaux issus d'animaux) ?  oui  non

Consommations actuelles

Voilà 5 personnes imaginaires qui s'expriment à propos de la viande<sup>6</sup> (toutes les viandes et charcuteries, excepté les volailles), pouvez-vous nous dire de quelle affirmation vous vous sentez le plus proche ? cochez une seule case

- La viande<sup>1</sup> :  Ce n'est pas pour moi  
 Je pourrais m'en passer  
 Je ne pourrais pas m'en passer même si je n'en consomme pas tous les jours  
 Je ne pourrais pas m'en passer, c'est un pilier de mon alimentation quotidienne

Comment estimez-vous votre consommation de viandes, fruits et légumes et enfin légumineuses ? Cochez une seule case par ligne

- |   |                             |                                   |                                     |                               |   |                                       |                                      |
|---|-----------------------------|-----------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------|---|---------------------------------------|--------------------------------------|
| Ma consommation de viande <sup>1</sup> est ...            | <input type="radio"/> Nulle | <input type="radio"/> Très faible | <input type="radio"/> Plutôt faible | <input type="radio"/> Normale | <input type="radio"/> Plutôt importante | <input type="radio"/> Très importante | <input type="radio"/> Je ne sais pas |
| Ma consommation de fruits et légumes <sup>2</sup> est ... | <input type="radio"/> Nulle | <input type="radio"/> Très faible | <input type="radio"/> Plutôt faible | <input type="radio"/> Normale | <input type="radio"/> Plutôt importante | <input type="radio"/> Très importante | <input type="radio"/> Je ne sais pas |
| Ma consommation de légumineuses <sup>3</sup> est...       | <input type="radio"/> Nulle | <input type="radio"/> Très faible | <input type="radio"/> Plutôt faible | <input type="radio"/> Normale | <input type="radio"/> Plutôt importante | <input type="radio"/> Très importante | <input type="radio"/> Je ne sais pas |

---

<sup>6</sup> **Viande** = bœuf, steak haché, rôti ou steak, côte ou entrecôte, bœuf à la bourguignonne (ou braisé), pot-au-feu, bœuf haché dans un plat type lasagne ou spaghettis bolognaises ; veau (escalope, rôti, côte, sauté, blanquette, osso-bucco) ; agneau et mouton (côté, épaule ou gigot, sauté, navarin, couscous, etc.) ; porc (côte ou grillade, rôti, écuine ou travers, filet mignon, lardons, saucisses type chipolatas ou merguez) ; abats (foie de génisse, veau ou volaille, rognons, tripes, boudin, andouillette etc.) ; viande panée : cordon bleu, escalope, etc. ; gibier : chevreuil, sanglier, etc., lapin ou lièvre  
+ charcuteries : saucissons, jambons, pâtés, rillettes, et tous produits à base de viandes transformées

**HORS volailles** : dinde, poulet, canard, caille, pigeon

<sup>2</sup> **Fruits et légumes** = fruits et légumes frais, congelés ou en conserve, entier ou en préparation type purées ou soupes pour les légumes

<sup>3</sup> **Légumineuses** = Fèves, flageolets, haricots blancs, noirs, rouges, lentilles, lupins, pois cassés, pois chiches, protéines de soja, tofu et tempeh

Au cours des 12 derniers mois, à quelle fréquence avez-vous consommé de la viande<sup>7</sup>

Nombre de prises : ...  par jour  par semaine  par mois

## Changements éventuels dans la consommation de viande - Partie 1

---

### Viandes (hors volailles) et charcuteries<sup>1</sup>

**Viande** = bœuf, steak haché, rôti ou steak, côte ou entrecôte, bœuf à la bourguignonne (ou braisé), pot-au-feu, bœuf haché dans un plat type lasagne ou spaghettis bolognaises ; veau (escalope, rôti, côte, sauté, blanquette, osso-buco) ; agneau et mouton (côté, épaule ou gigot, sauté, navarin, couscous, etc.) ; porc (côte ou grillade, rôti, écuine ou travers, filet mignon, lardons, saucisses type chipolatas ou merguez) ; abats (foie de génisse, veau ou volaille, rognons, tripes, boudin, andouillette etc.) ; viande panée : cordon bleu, escalope, etc. ; gibier : chevreuil, sanglier, etc., lapin ou lièvre

+ charcuteries : saucissons, jambons, pâtés, rillettes, et tous produits à base de viandes transformées

**HORS volailles** : dinde, poulet, canard, caille, pigeon

J'ai diminué ou déjà pensé à diminuer ma consommation de viande :  oui  non

[Si non, ne pas afficher les questions suivantes]

Si oui,

Donner votre degré d'accord avec les propositions suivantes

Je n'aime pas le goût de la viande	Pas du tout d'accord	tout	Plutôt d'accord	pas	Ni d'accord d'accord	ni pas	Plutôt d'accord	Tout à fait d'accord	Je ne sais pas
[Si « Plutôt d'accord » ou « Tout à fait d'accord »] ... et cela m'encourage à diminuer ma consommation de viande	Pas du tout d'accord	tout	Plutôt d'accord	pas	Ni d'accord d'accord	ni pas	Plutôt d'accord	Tout à fait d'accord	
Je n'aime pas l'aspect visuel ou manipuler de la viande, notamment crue :	Pas du tout d'accord	tout	Plutôt d'accord	pas	Ni d'accord d'accord	ni pas	Plutôt d'accord	Tout à fait d'accord	Je ne sais pas

[Si « Plutôt d'accord » ou « Tout à fait d'accord »] ...et cela m'encourage à diminuer ma consommation de viande :	Pas d'accord	du tout	Plutôt d'accord	pas d'accord	Ni d'accord d'accord	ni pas	Plutôt d'accord	Tout à fait d'accord		
Je pense qu'il est bien de varier son alimentation et ses sources de protéines en consommant autre chose que de la viande	Pas d'accord	du tout	Plutôt d'accord	pas d'accord	Ni d'accord d'accord	ni pas	Plutôt d'accord	Tout à fait d'accord	Je ne sais pas	
[Si « Plutôt d'accord » ou « Tout à fait d'accord »] ...et cela m'encourage à diminuer ma consommation de viande :	Pas d'accord	du tout	Plutôt d'accord	pas d'accord	Ni d'accord d'accord	ni pas	Plutôt d'accord	Tout à fait d'accord		
Je pense qu'il est meilleur pour la santé de ne pas manger trop de viande	Pas d'accord	du tout	Plutôt d'accord	pas d'accord	Ni d'accord d'accord	ni pas	Plutôt d'accord	Tout à fait d'accord	Je ne sais pas	
[Si « Plutôt d'accord » ou « Tout à fait d'accord »] ...et cela m'encourage à diminuer ma consommation de viande :	Pas d'accord	du tout	Plutôt d'accord	pas d'accord	Ni d'accord d'accord	ni pas	Plutôt d'accord	Tout à fait d'accord		
Je pense qu'il est meilleur pour la santé de ne pas manger du tout de viande :										
[Si « Plutôt d'accord » ou « Tout à fait d'accord »] ...et cela m'encourage à diminuer ma consommation de viande :	Pas d'accord	du tout	Plutôt d'accord	pas d'accord	Ni d'accord d'accord	ni pas	Plutôt d'accord	Tout à fait d'accord		
J'ai des préoccupations pour le bien-être animal ou la vie animale	Pas d'accord	du tout	Plutôt d'accord	pas d'accord	Ni d'accord d'accord	ni pas	Plutôt d'accord	Tout à fait d'accord	Je ne sais pas	
[Si « Plutôt d'accord » ou « Tout à fait d'accord »] ...et cela m'encourage à diminuer ma consommation de viande :	Pas d'accord	du tout	Plutôt d'accord	pas d'accord	Ni d'accord d'accord	ni pas	Plutôt d'accord	Tout à fait d'accord		
Je pense qu'il est mieux pour l'environnement de ne pas consommer « trop » de viande	Pas d'accord	du tout	Plutôt d'accord	pas d'accord	Ni d'accord d'accord	ni pas	Plutôt d'accord	Tout à fait d'accord	Je ne sais pas	

[Si « Plutôt d'accord » ou « Tout à fait d'accord »] ...et cela m'encourage à diminuer ma consommation de viande :	Pas du tout d'accord	tout d'accord	Plutôt d'accord	pas d'accord	Ni d'accord d'accord	ni pas	Plutôt d'accord	Tout à fait d'accord	
Les personnes avec qui je vis n'aiment pas la viande	Pas du tout d'accord	tout d'accord	Plutôt d'accord	pas d'accord	Ni d'accord d'accord	ni pas	Plutôt d'accord	Tout à fait d'accord	Je ne sais pas
[Si « Plutôt d'accord » ou « Tout à fait d'accord »] ...et cela m'encourage à diminuer ma consommation de viande :	Pas du tout d'accord	tout d'accord	Plutôt d'accord	pas d'accord	Ni d'accord d'accord	ni pas	Plutôt d'accord	Tout à fait d'accord	
Mon médecin me conseille de diminuer ma consommation de viande :	Pas du tout d'accord	tout d'accord	Plutôt d'accord	pas d'accord	Ni d'accord d'accord	ni pas	Plutôt d'accord	Tout à fait d'accord	Je ne sais pas
[Si « Plutôt d'accord » ou « Tout à fait d'accord »] ...et cela m'encourage à diminuer ma consommation de viande :	Pas du tout d'accord	tout d'accord	Plutôt d'accord	pas d'accord	Ni d'accord d'accord	ni pas	Plutôt d'accord	Tout à fait d'accord	
J'allège mon budget en consommant moins de viande	Pas du tout d'accord	tout d'accord	Plutôt d'accord	pas d'accord	Ni d'accord d'accord	ni pas	Plutôt d'accord	Tout à fait d'accord	Je ne sais pas
[Si « Plutôt d'accord » ou « Tout à fait d'accord »] ...et cela m'encourage à diminuer ma consommation de viande :	Pas du tout d'accord	tout d'accord	Plutôt d'accord	pas d'accord	Ni d'accord d'accord	ni pas	Plutôt d'accord	Tout à fait d'accord	
J'ai du mal à trouver de la viande que je juge de bonne qualité (origine, traçabilité, hygiène, viande labellisé (ex : label Rouge), viande issue de l'agriculture biologique, ou autre critère qualité)	Pas du tout d'accord	tout d'accord	Plutôt d'accord	pas d'accord	Ni d'accord d'accord	ni pas	Plutôt d'accord	Tout à fait d'accord	Je ne sais pas
[Si « Plutôt d'accord » ou « Tout à fait d'accord »] ...et cela m'encourage à diminuer ma consommation de viande :	Pas du tout d'accord	tout d'accord	Plutôt d'accord	pas d'accord	Ni d'accord d'accord	ni pas	Plutôt d'accord	Tout à fait d'accord	

J'ai de la difficulté à conserver la viande que j'achète	Pas du tout	Plutôt d'accord	pas	Ni d'accord ni pas	Plutôt d'accord	Tout à fait	Je ne sais pas
--	-------------	-----------------	-----	--------------------	-----------------	-------------	----------------

<b>[Si « Plutôt d'accord » ou « Tout à fait d'accord »]</b>	Pas du tout	Plutôt d'accord	pas	Ni d'accord ni pas	Plutôt d'accord	Tout à fait	
...et cela m'encourage à diminuer ma consommation de viande :	d'accord	d'accord	d'accord	d'accord	d'accord	d'accord	

## Changements éventuels dans la consommation de viande – Partie 2

---

Viandes (hors volailles) et charcuteries

**J'ai toujours maintenu ma consommation de viande, je n'ai jamais eu envie de la diminuer :**  oui  non

J'ai plaisir à manger de la viande	Pas du tout	Plutôt d'accord	pas	Ni d'accord ni pas	Plutôt d'accord	Tout à fait	Je ne sais pas
------------------------------------	-------------	-----------------	-----	--------------------	-----------------	-------------	----------------

<b>[Si « Plutôt d'accord » ou « Tout à fait d'accord »]</b>	Pas du tout	Plutôt d'accord	pas	Ni d'accord ni pas	Plutôt d'accord	Tout à fait	
... et c'est une des raisons pour lesquelles je ne diminue pas ma consommation de viande	d'accord	d'accord	d'accord	d'accord	d'accord	d'accord	

J'ai du mal à changer mes habitudes de consommation de viande	Pas du tout	Plutôt d'accord	pas	Ni d'accord ni pas	Plutôt d'accord	Tout à fait	Je ne sais pas
---	-------------	-----------------	-----	--------------------	-----------------	-------------	----------------

<b>[Si « Plutôt d'accord » ou « Tout à fait d'accord »]</b>	Pas du tout	Plutôt d'accord	pas	Ni d'accord ni pas	Plutôt d'accord	Tout à fait	
... et c'est une des raisons pour lesquelles je ne diminue pas ma consommation de viande	d'accord	d'accord	d'accord	d'accord	d'accord	d'accord	

Je pense que la viande est bonne pour la santé	Pas du tout	Plutôt d'accord	pas	Ni d'accord ni pas	Plutôt d'accord	Tout à fait	Je ne sais pas
--	-------------	-----------------	-----	--------------------	-----------------	-------------	----------------

[Si « Plutôt d'accord » ou « Tout à fait d'accord »] ... et c'est une des raisons pour lesquelles je ne diminue pas ma consommation de viande	Pas d'accord	du tout	Plutôt d'accord	pas d'accord	Ni d'accord	ni pas	Plutôt d'accord	Tout à fait d'accord	
J'ai la volonté de soutenir les éleveurs et les producteurs de viande	Pas d'accord	du tout	Plutôt d'accord	pas d'accord	Ni d'accord	ni pas	Plutôt d'accord	Tout à fait d'accord	Je ne sais pas
[Si « Plutôt d'accord » ou « Tout à fait d'accord »] ... et c'est une des raisons pour lesquelles je ne diminue pas ma consommation de viande	Pas d'accord	du tout	Plutôt d'accord	pas d'accord	Ni d'accord	ni pas	Plutôt d'accord	Tout à fait d'accord	
Je pense que la viande me rassasie bien	Pas d'accord	du tout	Plutôt d'accord	pas d'accord	Ni d'accord	ni pas	Plutôt d'accord	Tout à fait d'accord	Je ne sais pas
[Si « Plutôt d'accord » ou « Tout à fait d'accord »] ... et c'est une des raisons pour lesquelles je ne diminue pas ma consommation de viande	Pas d'accord	du tout	Plutôt d'accord	pas d'accord	Ni d'accord	ni pas	Plutôt d'accord	Tout à fait d'accord	
Les personnes avec qui je vis aiment la viande et veulent en manger	Pas d'accord	du tout	Plutôt d'accord	pas d'accord	Ni d'accord	ni pas	Plutôt d'accord	Tout à fait d'accord	Je ne sais pas
[Si « Plutôt d'accord » ou « Tout à fait d'accord »] ... et c'est une des raisons pour lesquelles je ne diminue pas ma consommation de viande	Pas d'accord	du tout	Plutôt d'accord	pas d'accord	Ni d'accord	ni pas	Plutôt d'accord	Tout à fait d'accord	
Je ne sais pas quoi manger en remplacement de la viande	Pas d'accord	du tout	Plutôt d'accord	pas d'accord	Ni d'accord	ni pas	Plutôt d'accord	Tout à fait d'accord	Je ne sais pas
[Si « Plutôt d'accord » ou « Tout à fait d'accord »] ... et c'est une des raisons pour lesquelles je ne diminue pas ma consommation de viande	Pas d'accord	du tout	Plutôt d'accord	pas d'accord	Ni d'accord	ni pas	Plutôt d'accord	Tout à fait d'accord	
La viande fait partie de ma culture	Pas d'accord	du tout	Plutôt d'accord	pas d'accord	Ni d'accord	ni pas	Plutôt d'accord	Tout à fait d'accord	Je ne sais pas



[Si « Plutôt d'accord » ou « Tout à fait d'accord »] ... et c'est une des raisons pour lesquelles je ne diminue pas ma consommation de viande	Pas d'accord	du tout	Plutôt d'accord	pas d'accord	Ni d'accord	ni pas d'accord	Plutôt d'accord	Tout à fait d'accord	
Je ressens une pression de mon entourage pour que je consomme de la viande	Pas d'accord	du tout	Plutôt d'accord	pas d'accord	Ni d'accord	ni pas d'accord	Plutôt d'accord	Tout à fait d'accord	Je ne sais pas
[Si « Plutôt d'accord » ou « Tout à fait d'accord »] ... et c'est une des raisons pour lesquelles je ne diminue pas ma consommation de viande	Pas d'accord	du tout	Plutôt d'accord	pas d'accord	Ni d'accord	ni pas d'accord	Plutôt d'accord	Tout à fait d'accord	
Je pense que la viande est une bonne source de protéines	Pas d'accord	du tout	Plutôt d'accord	pas d'accord	Ni d'accord	ni pas d'accord	Plutôt d'accord	Tout à fait d'accord	Je ne sais pas
[Si « Plutôt d'accord » ou « Tout à fait d'accord »] ... et c'est une des raisons pour lesquelles je ne diminue pas ma consommation de viande	Pas d'accord	du tout	Plutôt d'accord	pas d'accord	Ni d'accord	ni pas d'accord	Plutôt d'accord	Tout à fait d'accord	
Je pense que la viande me donne des forces	Pas d'accord	du tout	Plutôt d'accord	pas d'accord	Ni d'accord	ni pas d'accord	Plutôt d'accord	Tout à fait d'accord	Je ne sais pas
[Si « Plutôt d'accord » ou « Tout à fait d'accord »] ... et c'est une des raisons pour lesquelles je ne diminue pas ma consommation de viande	Pas d'accord	du tout	Plutôt d'accord	pas d'accord	Ni d'accord	ni pas d'accord	Plutôt d'accord	Tout à fait d'accord	

## Changements éventuels dans la consommation de fruits et légumes - Partie 1

### Fruits et légumes

**J'ai déjà diminué ou pensé à diminuer ma consommation de fruits et légumes, ou du moins je ne cherche pas à l'augmenter :**

**oui**  **non**

[Si non, ne pas afficher les questions suivantes]

Si oui,

Je n'aime pas les fruits et légumes	Pas d'accord	du tout	Plutôt d'accord	pas d'accord	Ni d'accord	ni pas d'accord	Plutôt d'accord	Tout à fait d'accord	Je ne sais pas
[Si « Plutôt d'accord » ou « Tout à fait d'accord »] ... et c'est une des raisons pour lesquelles je n'augmente pas ma consommation :	Pas d'accord	du tout	Plutôt d'accord	pas d'accord	Ni d'accord	ni pas d'accord	Plutôt d'accord	Tout à fait d'accord	
C'est difficile de préparer/cuisiner les fruits et légumes	Pas d'accord	du tout	Plutôt d'accord	pas d'accord	Ni d'accord	ni pas d'accord	Plutôt d'accord	Tout à fait d'accord	Je ne sais pas
[Si « Plutôt d'accord » ou « Tout à fait d'accord »] ... et c'est une des raisons pour lesquelles je n'augmente pas ma consommation :	Pas d'accord	du tout	Plutôt d'accord	pas d'accord	Ni d'accord	ni pas d'accord	Plutôt d'accord	Tout à fait d'accord	
C'est difficile de changer mes habitudes de consommation de fruits et légumes	Pas d'accord	du tout	Plutôt d'accord	pas d'accord	Ni d'accord	ni pas d'accord	Plutôt d'accord	Tout à fait d'accord	Je ne sais pas
[Si « Plutôt d'accord » ou « Tout à fait d'accord »] ... et c'est une des raisons pour lesquelles je n'augmente pas ma consommation :	Pas d'accord	du tout	Plutôt d'accord	pas d'accord	Ni d'accord	ni pas d'accord	Plutôt d'accord	Tout à fait d'accord	
C'est difficile pour moi de conserver les fruits et légumes	Pas d'accord	du tout	Plutôt d'accord	pas d'accord	Ni d'accord	ni pas d'accord	Plutôt d'accord	Tout à fait d'accord	Je ne sais pas
[Si « Plutôt d'accord » ou « Tout à fait d'accord »] ... et c'est une des raisons pour lesquelles je n'augmente pas ma consommation :	Pas d'accord	du tout	Plutôt d'accord	pas d'accord	Ni d'accord	ni pas d'accord	Plutôt d'accord	Tout à fait d'accord	
Je n'ai pas le temps de cuisiner les fruits et légumes	Pas d'accord	du tout	Plutôt d'accord	pas d'accord	Ni d'accord	ni pas d'accord	Plutôt d'accord	Tout à fait d'accord	Je ne sais pas

<b>[Si « Plutôt d'accord » ou « Tout à fait d'accord »]</b> ... et c'est une des raisons pour lesquelles je n'augmente pas ma consommation :	Pas d'accord	du tout	Plutôt d'accord	pas d'accord	Ni d'accord	ni pas d'accord	Plutôt d'accord	Tout à fait d'accord	
Consommer plus de fruits et légumes coûterait plus cher	<i>Pas d'accord</i>	<i>du tout</i>	<i>Plutôt d'accord</i>	<i>pas d'accord</i>	<i>Ni d'accord</i>	<i>ni pas d'accord</i>	<i>Plutôt d'accord</i>	<i>Tout à fait d'accord</i>	<i>Je ne sais pas</i>
<b>[Si « Plutôt d'accord » ou « Tout à fait d'accord »]</b> ... et c'est une des raisons pour lesquelles je n'augmente pas ma consommation :	Pas d'accord	du tout	Plutôt d'accord	pas d'accord	Ni d'accord	ni pas d'accord	Plutôt d'accord	Tout à fait d'accord	
Les personnes avec qui je vis n'aiment pas les fruits et légumes	Pas d'accord	du tout	Plutôt d'accord	pas d'accord	Ni d'accord	ni pas d'accord	Plutôt d'accord	Tout à fait d'accord	Je ne sais pas
<b>[Si « Plutôt d'accord » ou « Tout à fait d'accord »]</b> ... et c'est une des raisons pour lesquelles je n'augmente pas ma consommation :	Pas d'accord	du tout	Plutôt d'accord	pas d'accord	Ni d'accord	ni pas d'accord	Plutôt d'accord	Tout à fait d'accord	
Je pense que les fruits et légumes ne sont pas assez rassasians	Pas d'accord	du tout	Plutôt d'accord	pas d'accord	Ni d'accord	ni pas d'accord	Plutôt d'accord	Tout à fait d'accord	Je ne sais pas
<b>[Si « Plutôt d'accord » ou « Tout à fait d'accord »]</b> ... et c'est une des raisons pour lesquelles je n'augmente pas ma consommation :	Pas d'accord	du tout	Plutôt d'accord	pas d'accord	Ni d'accord	ni pas d'accord	Plutôt d'accord	Tout à fait d'accord	
J'ai du mal à trouver des fruits et légumes que je juge de bonne qualité (origine, goût, commerce équitable, agriculture biologique, ou autre critère qualité)	Pas d'accord	du tout	Plutôt d'accord	pas d'accord	Ni d'accord	ni pas d'accord	Plutôt d'accord	Tout à fait d'accord	Je ne sais pas
<b>[Si « Plutôt d'accord » ou « Tout à fait d'accord »]</b> ... et c'est une des raisons pour lesquelles je n'augmente pas ma consommation :	Pas d'accord	du tout	Plutôt d'accord	pas d'accord	Ni d'accord	ni pas d'accord	Plutôt d'accord	Tout à fait d'accord	

Je dois limiter ma consommation de fruits et/ou légumes pour des raisons de santé (allergies, intolérances digestives, etc.)

Pas du tout d'accord    Plutôt d'accord    pas d'accord    Ni d'accord ni pas d'accord    Plutôt d'accord    Tout à fait d'accord    Je ne sais pas

[Si « Plutôt d'accord » ou « Tout à fait d'accord »]

... et c'est une des raisons pour lesquelles je n'augmente pas ma consommation :

Pas du tout d'accord    Plutôt d'accord    pas d'accord    Ni d'accord ni pas d'accord    Plutôt d'accord    Tout à fait d'accord

## Changements éventuels dans la consommation de fruits et légumes - Partie 2

---

### Fruits et légumes

J'ai augmenté ou déjà pensé à augmenter ma consommation de fruits et légumes :  oui  non

[Si non, ne pas afficher les questions suivantes]

Si oui,

J'ai plaisir à manger des fruits et légumes

Pas du tout d'accord    Plutôt d'accord    pas d'accord    Ni d'accord ni pas d'accord    Plutôt d'accord    Tout à fait d'accord    Je ne sais pas

[Si « Plutôt d'accord » ou « Tout à fait d'accord »]

...et c'est une raison pour lesquelles j'ai augmenté ou augmenterais ma consommation de fruits et légumes

Pas du tout d'accord    Plutôt d'accord    pas d'accord    Ni d'accord ni pas d'accord    Plutôt d'accord    Tout à fait d'accord

Consommer plus de fruits et légumes est meilleur pour l'environnement :

Pas du tout d'accord    Plutôt d'accord    pas d'accord    Ni d'accord ni pas d'accord    Plutôt d'accord    Tout à fait d'accord    Je ne sais pas

[Si « Plutôt d'accord » ou « Tout à fait d'accord »]

...et c'est une raison pour lesquelles j'ai augmenté ou augmenterais ma consommation de fruits et légumes

Pas du tout d'accord    Plutôt d'accord    pas d'accord    Ni d'accord ni pas d'accord    Plutôt d'accord    Tout à fait d'accord

Je pense qu'il est meilleur pour la santé de manger plus de fruits et légumes :	Pas d'accord	du tout	Plutôt d'accord	pas d'accord	Ni d'accord ni pas d'accord	Plutôt d'accord	Tout d'accord	à fait	Je ne sais pas
[Si « Plutôt d'accord » ou « Tout à fait d'accord »] ...et c'est une raison pour lesquelles j'ai augmenté ou augmenterais ma consommation de fruits et légumes	Pas d'accord	du tout	Plutôt d'accord	pas d'accord	Ni d'accord ni pas d'accord	Plutôt d'accord	Tout d'accord	à fait	
Je veux soutenir les producteurs de fruits et légumes	Pas d'accord	du tout	Plutôt d'accord	pas d'accord	Ni d'accord ni pas d'accord	Plutôt d'accord	Tout d'accord	à fait	Je ne sais pas
[Si « Plutôt d'accord » ou « Tout à fait d'accord »] ...et c'est une raison pour lesquelles j'ai augmenté ou augmenterais ma consommation de fruits et légumes	Pas d'accord	du tout	Plutôt d'accord	pas d'accord	Ni d'accord ni pas d'accord	Plutôt d'accord	Tout d'accord	à fait	
Les personnes avec qui je vis aiment les fruits et légumes	Pas d'accord	du tout	Plutôt d'accord	pas d'accord	Ni d'accord ni pas d'accord	Plutôt d'accord	Tout d'accord	à fait	Je ne sais pas
[Si « Plutôt d'accord » ou « Tout à fait d'accord »] ...et c'est une raison pour lesquelles j'ai augmenté ou augmenterais ma consommation de fruits et légumes	Pas d'accord	du tout	Plutôt d'accord	pas d'accord	Ni d'accord ni pas d'accord	Plutôt d'accord	Tout d'accord	à fait	
Je ressens une pression de mon entourage pour que je consomme des fruits et légumes	Pas d'accord	du tout	Plutôt d'accord	pas d'accord	Ni d'accord ni pas d'accord	Plutôt d'accord	Tout d'accord	à fait	Je ne sais pas
[Si « Plutôt d'accord » ou « Tout à fait d'accord »] ...et c'est une raison pour lesquelles j'ai augmenté ou augmenterais ma consommation de fruits et légumes	Pas d'accord	du tout	Plutôt d'accord	pas d'accord	Ni d'accord ni pas d'accord	Plutôt d'accord	Tout d'accord	à fait	
Mon médecin m'encourage à consommer plus de fruits et légumes	Pas d'accord	du tout	Plutôt d'accord	pas d'accord	Ni d'accord ni pas d'accord	Plutôt d'accord	Tout d'accord	à fait	Je ne sais pas
[Si « Plutôt d'accord » ou « Tout à fait d'accord »] ...et c'est une raison pour lesquelles j'ai augmenté ou augmenterais ma consommation de fruits et légumes	Pas d'accord	du tout	Plutôt d'accord	pas d'accord	Ni d'accord ni pas d'accord	Plutôt d'accord	Tout d'accord	à fait	

Les fruits et légumes sont faciles à cuisiner et consommer Pas du tout Plutôt pas Ni d'accord ni pas Plutôt d'accord Tout à fait Je ne sais pas  
d'accord d'accord d'accord

[Si « Plutôt d'accord » ou « Tout à fait d'accord »]  
...et c'est une raison pour lesquelles j'ai augmenté ou  
augmenterais ma consommation de fruits et légumes d'accord d'accord d'accord d'accord d'accord

Les fruits et légumes peuvent remplacer certains produits animaux Pas du tout Plutôt pas Ni d'accord ni pas Plutôt d'accord Tout à fait Je ne sais pas  
d'accord d'accord d'accord d'accord

[Si « Plutôt d'accord » ou « Tout à fait d'accord »]  
...et c'est une raison pour lesquelles j'ai augmenté ou  
augmenterais ma consommation de fruits et légumes d'accord d'accord d'accord d'accord d'accord

## Changements éventuels dans la consommation de légumineuses – Partie 1

### Légumineuses

J'ai déjà diminué ou pensé à diminuer ma consommation de légumineuses ou du moins je ne cherche pas à l'augmenter :  oui  non

[Si non, ne pas afficher les questions suivantes]

Je n'aime pas les légumineuses Pas du tout Plutôt pas Ni d'accord ni pas Plutôt Tout à fait Je ne sais pas  
d'accord d'accord d'accord d'accord d'accord

[Si « Plutôt d'accord » ou « Tout à fait d'accord »]  
...et c'est une des raisons pour lesquelles je n'augmente pas  
ma consommation : d'accord d'accord d'accord d'accord d'accord

C'est difficile de préparer/cuisiner les légumineuses Pas du tout Plutôt pas Ni d'accord ni pas Plutôt Tout à fait Je ne sais pas  
d'accord d'accord d'accord d'accord d'accord

[Si « Plutôt d'accord » ou « Tout à fait d'accord »] ...et c'est une des raisons pour lesquelles je n'augmente pas ma consommation :	Pas du tout d'accord	Plutôt d'accord	pas	Ni d'accord d'accord	ni pas	Plutôt d'accord	Tout à fait d'accord
J'ai de la difficulté pour changer mes habitudes	Pas du tout d'accord	Plutôt d'accord	pas	Ni d'accord d'accord	ni pas	Plutôt d'accord	Tout à fait d'accord Je ne sais pas
[Si « Plutôt d'accord » ou « Tout à fait d'accord »] ...et c'est une des raisons pour lesquelles je n'augmente pas ma consommation :	Pas du tout d'accord	Plutôt d'accord	pas	Ni d'accord d'accord	ni pas	Plutôt d'accord	Tout à fait d'accord
Je n'ai pas le temps de cuisiner les légumineuses	Pas du tout d'accord	Plutôt d'accord	pas	Ni d'accord d'accord	ni pas	Plutôt d'accord	Tout à fait d'accord Je ne sais pas
[Si « Plutôt d'accord » ou « Tout à fait d'accord »] ...et c'est une des raisons pour lesquelles je n'augmente pas ma consommation :	Pas du tout d'accord	Plutôt d'accord	pas	Ni d'accord d'accord	ni pas	Plutôt d'accord	Tout à fait d'accord
Consommer plus de légumineuses coûterait plus cher	<i>Pas du tout d'accord</i>	<i>Plutôt d'accord</i>	<i>pas</i>	<i>Ni d'accord d'accord</i>	<i>ni pas</i>	<i>Plutôt d'accord</i>	<i>Tout à fait d'accord Je ne sais pas</i>
[Si « Plutôt d'accord » ou « Tout à fait d'accord »] ...et c'est une des raisons pour lesquelles je n'augmente pas ma consommation :	Pas du tout d'accord	Plutôt d'accord	pas	Ni d'accord d'accord	ni pas	Plutôt d'accord	Tout à fait d'accord
Les personnes avec qui je vis n'aiment pas ou ne mangent pas de légumineuses	Pas du tout d'accord	Plutôt d'accord	pas	Ni d'accord d'accord	ni pas	Plutôt d'accord	Tout à fait d'accord Je ne sais pas
[Si « Plutôt d'accord » ou « Tout à fait d'accord »] ...et c'est une des raisons pour lesquelles je n'augmente pas ma consommation :	Pas du tout d'accord	Plutôt d'accord	pas	Ni d'accord d'accord	ni pas	Plutôt d'accord	Tout à fait d'accord
Je pense que les légumineuses ne sont pas assez rassasiantes	Pas du tout d'accord	Plutôt d'accord	pas	Ni d'accord d'accord	ni pas	Plutôt d'accord	Tout à fait d'accord Je ne sais pas

[Si « Plutôt d'accord » ou « Tout à fait d'accord »] ...et c'est une des raisons pour lesquelles je n'augmente pas ma consommation :	Pas du tout d'accord	Plutôt d'accord	pas	Ni d'accord d'accord	ni pas	Plutôt d'accord	Tout à fait d'accord
J'ai du mal à trouver des légumineuses que je juge de bonne qualité (origine, label commerce équitable, agriculture biologique, ou autre critère qualité)	Pas du tout d'accord	Plutôt d'accord	pas	Ni d'accord d'accord	ni pas	Plutôt d'accord	Tout à fait d'accord Je ne sais pas
[Si « Plutôt d'accord » ou « Tout à fait d'accord »] ...et c'est une des raisons pour lesquelles je n'augmente pas ma consommation :	Pas du tout d'accord	Plutôt d'accord	pas	Ni d'accord d'accord	ni pas	Plutôt d'accord	Tout à fait d'accord
Je dois limiter ma consommation de légumineuses pour des raisons de santé (allergies, intolérances digestives, etc.)	Pas du tout d'accord	Plutôt d'accord	pas	Ni d'accord d'accord	ni pas	Plutôt d'accord	Tout à fait d'accord Je ne sais pas
[Si « Plutôt d'accord » ou « Tout à fait d'accord »] ...et c'est une des raisons pour lesquelles je n'augmente pas ma consommation :	Pas du tout d'accord	Plutôt d'accord	pas	Ni d'accord d'accord	ni pas	Plutôt d'accord	Tout à fait d'accord



## Changements éventuels dans la consommation de légumineuses – Partie 2

Légumineuses

J'ai augmenté ou déjà pensé à augmenter ma consommation de légumineuses :  oui  non

[Si non, ne pas afficher les questions suivantes]

**Si oui,**

J'ai plaisir à manger des légumineuses Pas du tout Plutôt pas Ni d'accord ni pas Plutôt d'accord Tout à fait Je ne sais pas  
d'accord d'accord d'accord d'accord

[Si « Plutôt d'accord » ou « Tout à fait d'accord »]  
...et c'est une des raisons pour lesquelles je n'augmente pas ma consommation : Pas du tout Plutôt pas Ni d'accord ni pas Plutôt d'accord Tout à fait  
d'accord d'accord d'accord d'accord

C'est mieux pour l'environnement de consommer plus de légumineuses Pas du tout Plutôt pas Ni d'accord ni pas Plutôt d'accord Tout à fait Je ne sais pas  
d'accord d'accord d'accord d'accord

[Si « Plutôt d'accord » ou « Tout à fait d'accord »]  
...et c'est une des raisons pour lesquelles je n'augmente pas ma consommation : Pas du tout Plutôt pas Ni d'accord ni pas Plutôt d'accord Tout à fait  
d'accord d'accord d'accord d'accord

Je pense qu'il est meilleur pour la santé de manger plus de légumineuses Pas du tout Plutôt pas Ni d'accord ni pas Plutôt d'accord Tout à fait Je ne sais pas  
d'accord d'accord d'accord d'accord

[Si « Plutôt d'accord » ou « Tout à fait d'accord »]  
...et c'est une des raisons pour lesquelles je n'augmente pas ma consommation : Pas du tout Plutôt pas Ni d'accord ni pas Plutôt d'accord Tout à fait  
d'accord d'accord d'accord d'accord

Je veux soutenir les producteurs de légumineuses Pas du tout Plutôt pas Ni d'accord ni pas Plutôt d'accord Tout à fait Je ne sais pas  
d'accord d'accord d'accord d'accord

[Si « Plutôt d'accord » ou « Tout à fait d'accord »] ...et c'est une des raisons pour lesquelles je n'augmente pas ma consommation :	Pas d'accord	du tout	Plutôt d'accord	pas d'accord	Ni d'accord ni pas d'accord	Plutôt d'accord	Tout à fait d'accord		
Les personnes avec qui je vis aiment les légumineuses	Pas d'accord	du tout	Plutôt d'accord	pas d'accord	Ni d'accord ni pas d'accord	Plutôt d'accord	Tout à fait d'accord	Je ne sais pas	
[Si « Plutôt d'accord » ou « Tout à fait d'accord »] ...et c'est une des raisons pour lesquelles je n'augmente pas ma consommation :	Pas d'accord	du tout	Plutôt d'accord	pas d'accord	Ni d'accord ni pas d'accord	Plutôt d'accord	Tout à fait d'accord		
Je ressens une pression de mon entourage pour consommer des légumineuses	Pas d'accord	du tout	Plutôt d'accord	pas d'accord	Ni d'accord ni pas d'accord	Plutôt d'accord	Tout à fait d'accord	Je ne sais pas	
[Si « Plutôt d'accord » ou « Tout à fait d'accord »] ...et c'est une des raisons pour lesquelles je n'augmente pas ma consommation :	Pas d'accord	du tout	Plutôt d'accord	pas d'accord	Ni d'accord ni pas d'accord	Plutôt d'accord	Tout à fait d'accord		
Mon médecin m'encourage à consommer plus de légumineuses	Pas d'accord	du tout	Plutôt d'accord	pas d'accord	Ni d'accord ni pas d'accord	Plutôt d'accord	Tout à fait d'accord	Je ne sais pas	
[Si « Plutôt d'accord » ou « Tout à fait d'accord »] ...et c'est une des raisons pour lesquelles je n'augmente pas ma consommation :	Pas d'accord	du tout	Plutôt d'accord	pas d'accord	Ni d'accord ni pas d'accord	Plutôt d'accord	Tout à fait d'accord		
Les légumineuses sont faciles à cuisiner et consommer	Pas d'accord	du tout	Plutôt d'accord	pas d'accord	Ni d'accord ni pas d'accord	Plutôt d'accord	Tout à fait d'accord	Je ne sais pas	
[Si « Plutôt d'accord » ou « Tout à fait d'accord »] ...et c'est une des raisons pour lesquelles je n'augmente pas ma consommation :	Pas d'accord	du tout	Plutôt d'accord	pas d'accord	Ni d'accord ni pas d'accord	Plutôt d'accord	Tout à fait d'accord		
Les légumineuses peuvent remplacer les produits animaux	Pas d'accord	du tout	Plutôt d'accord	pas d'accord	Ni d'accord ni pas d'accord	Plutôt d'accord	Tout à fait d'accord	Je ne sais pas	

<p>[Si « Plutôt d'accord » ou « Tout à fait d'accord »]  ...et c'est une des raisons pour lesquelles je n'augmente pas ma consommation :</p>	Pas du tout d'accord	Plutôt d'accord	pas	Ni d'accord ni pas d'accord	Plutôt d'accord	Tout à fait d'accord
<p>Je pense que les légumineuses sont une bonne source de protéines</p>	Pas du tout d'accord	Plutôt d'accord	pas	Ni d'accord ni pas d'accord	Plutôt d'accord	Tout à fait d'accord Je ne sais pas
<p>[Si « Plutôt d'accord » ou « Tout à fait d'accord »]  ...et c'est une des raisons pour lesquelles je n'augmente pas ma consommation :</p>	Pas du tout d'accord	Plutôt d'accord	pas	Ni d'accord ni pas d'accord	Plutôt d'accord	Tout à fait d'accord

## Intentions concernant ma consommation de viande

---

Au cours des dernières années, avez-vous diminué votre consommation de viandes<sup>8</sup> ? (1 seule réponse possible)

- Non, mais j'ai déjà envisagé de le faire sans finalement changer ma consommation de viande
- Non, mais j'envisage de le faire prochainement sans savoir précisément comment
- Non, mais j'envisage de le faire prochainement et je sais comment

[Si réponse précédente validée]

Je pourrais (action principale, 1 réponse possible) :

- diminuer ma fréquence journalière (ex : 1 repas sur deux sans viande) et/ou hebdomadaire de consommation de viande ( ex : 1 ou 2 jours sans viande dans la semaine)
- diminuer les portions (ex : consommer 100g au lieu de 150g)
- arrêter complètement de manger de la viande et pratiquer une forme de végétarisme ou véganisme
- Autre

Veillez préciser : [champs libre]

---

<sup>8</sup> **Viande** = bœuf, steak haché, rôti ou steak, côte ou entrecôte, bœuf à la bourguignonne (ou braisé), pot-au-feu, bœuf haché dans un plat type lasagne ou spaghettis bolognaises ; veau (escalope, rôti, côte, sauté, blanquette, osso-bucco) ; agneau et mouton (côté, épaule ou gigot, sauté, navarin, couscous, etc.) ; porc (côte ou grillade, rôti, écuine ou travers, filet mignon, lardons, saucisses type chipolatas ou merguez) ; abats (foie de génisse, veau ou volaille, rognons, tripes, boudin, andouillette etc.) ; viande panée : cordon bleu, escalope, etc. ; gibier : chevreuil, sanglier, etc., lapin ou lièvre  
+ charcuteries : saucissons, jambons, pâtés, rillettes, et tous produits à base de viandes transformées  
**HORS volailles** : dinde, poulet, canard, caille, pigeon

Indiquez les raisons pour lesquelles vous envisagez de diminuer prochainement votre consommation de viande, dans l'ordre d'importance relative, de la plus importante à la moins importante.

Quelle est la **raison principale** (= raison la plus importante) ?

- J'ai pris conscience que la consommation de viande pouvait avoir un impact sur ma santé à long terme (ex : risque de maladies chroniques, etc.)
- J'ai actuellement un souci de santé
- J'ai pris conscience que la production de viande pouvait avoir un impact sur l'environnement
- J'ai connu un événement dans ma vie qui m'a amené(e) vers ce changement : mise en couple, naissance, séparation, déménagement, changement de profession, chômage, retraite, etc.
- J'achète moins de viande pour diminuer mon budget alimentaire
- J'ai de plus grandes préoccupations vis-à-vis du bien-être des animaux ou de la vie des animaux
- Autre

Veillez préciser : [champs libre]

Quelle est la **2ème raison** (= moins importante que la principale) ?

- J'ai pris conscience que la consommation de viande pouvait avoir un impact sur ma santé à long terme (ex : risque de maladies chroniques, etc.)
- J'ai actuellement un souci de santé
- J'ai pris conscience que la production de viande pouvait avoir un impact sur l'environnement

- J'ai connu un événement dans ma vie qui m'a amené(e) vers ce changement : mise en couple, naissance, séparation, déménagement, changement de profession, chômage, retraite, etc.
- J'achète moins de viande pour diminuer mon budget alimentaire
- J'ai de plus grandes préoccupations vis-à-vis du bien-être des animaux ou de la vie des animaux
- Autre

Veillez préciser : [champs libre]

Quelle est la **3ème raison** (= moins importante que la 2ème) ?

- J'ai pris conscience que la consommation de viande pouvait avoir un impact sur ma santé à long terme (ex : risque de maladies chroniques, etc.)
- J'ai actuellement un souci de santé
- J'ai pris conscience que la production de viande pouvait avoir un impact sur l'environnement
- J'ai connu un événement dans ma vie qui m'a amené(e) vers ce changement : mise en couple, naissance, séparation, déménagement, changement de profession, chômage, retraite, etc.
- J'achète moins de viande pour diminuer mon budget alimentaire
- J'ai de plus grandes préoccupations vis-à-vis du bien-être des animaux ou de la vie des animaux
- Autre

Veillez préciser : [champs libre]

Quelle est la **4ème raison** (= moins importante que la 3ème) ?

- J'ai pris conscience que la consommation de viande pouvait avoir un impact sur ma santé à long terme (ex : risque de maladies chroniques, etc.)
- J'ai actuellement un souci de santé
- J'ai pris conscience que la production de viande pouvait avoir un impact sur l'environnement
- J'ai connu un événement dans ma vie qui m'a amené(e) vers ce changement : mise en couple, naissance, séparation, déménagement, changement de profession, chômage, retraite, etc.
- J'achète moins de viande pour diminuer mon budget alimentaire
- J'ai de plus grandes préoccupations vis-à-vis du bien-être des animaux ou de la vie des animaux
- Autre

Veillez préciser : [champs libre]

Quelle est la **5ème raison** (= raison la moins importante) ?

- J'ai pris conscience que la consommation de viande pouvait avoir un impact sur ma santé à long terme (ex : risque de maladies chroniques, etc.)
- J'ai actuellement un souci de santé
- J'ai pris conscience que la production de viande pouvait avoir un impact sur l'environnement
- J'ai connu un événement dans ma vie qui m'a amené(e) vers ce changement : mise en couple, naissance, séparation, déménagement, changement de profession, chômage, retraite, etc.
- J'achète moins de viande pour diminuer mon budget alimentaire
- J'ai de plus grandes préoccupations vis-à-vis du bien-être des animaux ou de la vie des animaux

Autre

Veillez préciser : [champs libre]

Non, je ne vois pas l'intérêt

Non, car je consommait déjà peu de viande ces dernières années

Non, car je ne consommait pas de viande ces dernières années

Non, c'est une autre raison

Oui

[Si Oui]

Pourriez-vous nous dire depuis quand environ vous avez diminué votre consommation de viande ?

Moins d'1 mois

Moins d'1 an

Entre 1 et 2 ans

Plus de 2 ans

De quelle façon avez-vous diminué ma consommation de viande (action principale, 1 seule réponse possible) :

J'ai diminué ma fréquence journalière (ex : 1 repas sur deux sans viande) et/ou hebdomadaire de consommation de viande ( ex : 1 ou 2 jours sans viande dans la semaine)



- J'ai diminué les portions (ex : consommer 100g au lieu de 150g)
- J'ai arrêté complètement de manger de la viande et je suis devenu(e) végétarien, végétalien ou végane
- Autre

Veillez préciser : [champs libre]

Indiquez les raisons pour lesquelles vous avez diminué votre consommation de viande, dans l'ordre d'importance relative, de la plus importante à la moins importante

Quelle est la **raison principale** (= raison la plus importante) ?

- J'ai pris conscience que la consommation de viande pouvait avoir un impact sur ma santé à long terme (ex : risque de maladies chroniques, etc.)
- J'ai actuellement un souci de santé
- J'ai pris conscience que la production de viande pouvait avoir un impact sur l'environnement
- J'ai connu un événement dans ma vie qui m'a amené(e) vers ce changement : mise en couple, naissance, séparation, déménagement, changement de profession, chômage, retraite, etc.
- J'achète moins de viande pour diminuer mon budget alimentaire
- J'ai de plus grandes préoccupations vis-à-vis du bien-être des animaux ou de la vie des animaux
- Autre

Veillez préciser : [champs libre]

Quelle est la **2ème raison** (= moins importante que la principale) ?

- J'ai pris conscience que la consommation de viande pouvait avoir un impact sur ma santé à long terme (ex : risque de maladies chroniques, etc.)
- J'ai actuellement un souci de santé
- J'ai pris conscience que la production de viande pouvait avoir un impact sur l'environnement
- J'ai connu un événement dans ma vie qui m'a amené(e) vers ce changement : mise en couple, naissance, séparation, déménagement, changement de profession, chômage, retraite, etc.
- J'achète moins de viande pour diminuer mon budget alimentaire
- J'ai de plus grandes préoccupations vis-à-vis du bien-être des animaux ou de la vie des animaux
- Autre

Veillez préciser : [champs libre]

Quelle est la **3ème raison** (= moins importante que la 2ème) ?

- J'ai pris conscience que la consommation de viande pouvait avoir un impact sur ma santé à long terme (ex : risque de maladies chroniques, etc.)
- J'ai actuellement un souci de santé
- J'ai pris conscience que la production de viande pouvait avoir un impact sur l'environnement
- J'ai connu un événement dans ma vie qui m'a amené(e) vers ce changement : mise en couple, naissance, séparation, déménagement, changement de profession, chômage, retraite, etc.

- J'achète moins de viande pour diminuer mon budget alimentaire
- J'ai de plus grandes préoccupations vis-à-vis du bien-être des animaux ou de la vie des animaux
- Autre

Veillez préciser : [champs libre]

Quelle est la **4ème raison** (= moins importante que la 3ème) ?

- J'ai pris conscience que la consommation de viande pouvait avoir un impact sur ma santé à long terme (ex : risque de maladies chroniques, etc.)
- J'ai actuellement un souci de santé
- J'ai pris conscience que la production de viande pouvait avoir un impact sur l'environnement
- J'ai connu un événement dans ma vie qui m'a amené(e) vers ce changement : mise en couple, naissance, séparation, déménagement, changement de profession, chômage, retraite, etc.
- J'achète moins de viande pour diminuer mon budget alimentaire
- J'ai de plus grandes préoccupations vis-à-vis du bien-être des animaux ou de la vie des animaux
- Autre

Veillez préciser : [champs libre]

Quelle est la **5ème raison** (= raison la moins importante) ?

- J'ai pris conscience que la consommation de viande pouvait avoir un impact sur ma santé à long terme (ex : risque de maladies chroniques, etc.)

- J'ai actuellement un souci de santé
- J'ai pris conscience que la production de viande pouvait avoir un impact sur l'environnement
- J'ai connu un événement dans ma vie qui m'a amené(e) vers ce changement : mise en couple, naissance, séparation, déménagement, changement de profession, chômage, retraite, etc.
- J'achète moins de viande pour diminuer mon budget alimentaire
- J'ai de plus grandes préoccupations vis-à-vis du bien-être des animaux ou de la vie des animaux
- Autre

Veillez préciser : [champs libre]

## Commentaires

---

Commentaires (Nombre de caractères restants : 150)

**Annexe 2.** Consommations moyennes des groupes alimentaires chez les participants ayant déclaré avoir commencé à réduire leur consommation de viande, et en fonction de la période depuis laquelle ce changement alimentaire a eu lieu (n=11,343)

	Participants who declared that they have already initiated a meat reduction (n=11,343)					Less than 1 year (n=750)					Between 1 and 2 years (n=2,845)					More than 2 years (n=7,748)					p tot <sup>1</sup>	p conso <sup>1</sup>
	All individuals		Only consumers			All individuals		Only consumers			All individuals		Only consumers			All individuals		Only consumers				
	Mean	SD	% of consumers	Mean	SD	Mean	SD	% of cons.	Mean	SD	Mean	SD	% of cons.	Mean	SD	Mean	SD	% of cons.	Mean	SD		
<b>Fruits (g/d)</b>	258.0	134.2	99.6	259.1	133.4	230.9	129.0	98.5	234.3	126.8	247.7	129.5	99.5	249.0	128.5	264.4	135.8	99.7	265.2	135.2	<0.0001	<0.0001
<b>Vegetables (g/d)</b>	237.3	97.3	100.0	237.4	97.2	213.3	89.0	99.9	213.6	88.7	228.0	92.0	100.0	228.1	91.9	243.0	99.3	100.0	243.1	99.3	<0.0001	<0.0001
<b>Legumes (g/d)</b>	14.8	18.1	78.5	18.8	18.5	13.1	17.2	74.5	17.6	17.8	13.3	16.4	75.9	17.6	16.8	15.5	18.7	79.9	19.4	19.1	<0.0001	<0.0001
<b>Potatoes and other tubers (g/d)</b>	51.8	34.0	96.7	53.5	33.2	50.2	33.1	94.9	52.8	31.8	51.3	34.0	96.3	53.3	33.1	52.1	34.1	97.1	53.7	33.4	0.2281	0.7406
<b>Whole starchy food (g/d)</b>	43.2	43.0	91.1	47.4	42.8	36.4	38.6	87.3	41.7	38.5	36.9	38.7	88.6	41.6	38.7	46.2	44.6	92.3	50.0	44.3	<0.0001	<0.0001
<b>Refined cereals and starchy foods (g/d)</b>	121.9	67.4	99.6	122.4	67.1	123.9	60.9	99.6	124.4	60.5	123.5	66.3	99.6	124.0	66.0	121.2	68.3	99.6	121.7	68.0	0.2188	0.2089
<b>Uncooked cereals (g/d)</b>	0.9	3.6	24.0	3.7	6.7	0.6	2.6	18.3	3.1	5.5	0.8	3.2	20.6	3.7	6.3	1.0	3.9	25.8	3.8	6.9	0.0007	0.4467
<b>Other cereals (g/d)</b>	9.1	13.4	62.6	14.5	14.5	7.9	12.1	57.5	13.7	13.2	8.0	12.6	58.9	13.6	14.0	9.6	13.8	64.4	14.8	14.7	<0.0001	0.0069
<b>Nuts and grains (g/d)</b>	7.1	10.1	84.6	8.4	10.4	4.9	7.2	77.5	6.3	7.6	5.8	8.1	82.4	7.1	8.4	7.8	10.8	86.0	9.1	11.2	<0.0001	<0.0001
<b>Oils (g/d)</b>	8.7	6.8	97.7	8.9	6.7	8.2	5.8	97.1	8.4	5.7	8.3	6.3	97.4	8.5	6.2	8.9	7.0	97.9	9.1	7.0	<0.0001	0.0001
<b>Textured soy proteins foods (g/d)</b>	0.7	3.7	10.6	6.2	9.8	0.4	3.3	5.6	6.6	12.6	0.5	3.0	7.8	5.7	9.4	0.8	4.0	12.1	6.3	9.7	<0.0001	0.6898
<b>Vegetarian patties (g/d)</b>	2.0	6.5	21.1	9.4	11.3	1.8	7.3	18.9	9.7	14.3	1.7	5.7	18.7	9.2	10.3	2.1	6.6	22.1	9.5	11.3	0.0322	0.8843
<b>Germinated seeds (g/d)</b>	0.4	2.5	10.0	4.1	7.0	0.2	1.2	6.8	3.4	3.1	0.3	1.7	8.5	3.4	4.7	0.5	2.9	10.9	4.3	7.7	0.0008	0.1639
<b>Biscuits enriched with cereals (g/d)</b>	1.4	4.8	25.6	5.6	8.3	1.1	3.6	22.4	5.0	6.2	1.4	5.1	22.9	6.0	9.2	1.5	4.9	26.9	5.5	8.1	0.1093	0.2987
<b>Plant-based drinks (mL/d)</b>	16.5	47.3	27.2	60.6	74.3	13.2	40.4	23.2	56.9	67.7	13.1	40.0	24.3	53.9	66.3	18.1	50.2	28.7	63.0	77.0	<0.0001	0.0157
<b>Meat (g/d)</b>	34.9	25.3	93.5	37.3	24.4	43.9	30.6	94.4	46.5	29.5	39.4	26.5	94.4	41.7	25.4	32.4	23.9	93.1	34.8	23.0	<0.0001	<0.0001
<b>Offal (g/d)</b>	4.3	8.5	40.2	10.8	10.6	4.3	8.1	38.3	11.2	9.8	4.7	9.2	41.2	11.3	11.4	4.2	8.3	40.0	10.6	10.3	0.0618	0.0799
<b>Poultry (g/d)</b>	22.1	19.3	90.6	24.4	18.9	25.4	18.9	91.5	27.7	18.0	23.2	19.1	90.2	25.7	18.5	21.4	19.4	90.6	23.6	19.1	<0.0001	<0.0001
<b>Processed meat (g/d)</b>	27.7	20.2	96.5	28.7	19.8	32.9	21.6	96.8	34.0	21.1	29.7	21.1	97.0	30.6	20.7	26.4	19.5	96.2	27.5	19.2	<0.0001	<0.0001

<b>Meat (quest) (g/d)</b>	66.9	36.5	99.2	67.5	36.2	81.0	41.8	99.1	81.8	41.2	73.7	36.7	99.5	74.1	36.4	63.1	35.3	99.1	63.7	34.9	<0.0001	<0.0001
<b>Fish and other seafood (g/d)</b>	39.0	28.1	95.4	40.9	27.4	37.3	27.2	92.8	40.2	26.1	38.5	28.3	95.1	40.5	27.6	39.3	28.1	95.8	41.1	27.5	0.1000	0.5401
<b>Eggs (g/d)</b>	15.5	14.3	92.9	16.7	14.1	15.8	17.3	91.5	17.2	17.4	15.6	14.6	92.4	16.9	14.5	15.5	13.9	93.2	16.6	13.7	0.8874	0.5068
<b>Dairy foods (g/d)</b>	173.4	122.3	99.7	173.9	122.2	175.8	125.5	99.7	176.3	125.3	181.3	122.9	99.8	181.7	122.7	170.3	121.7	99.7	170.8	121.5	0.0002	0.0002
<b>Animal added fats (g/d)</b>	16.2	10.6	98.1	16.5	10.5	15.9	11.2	96.8	16.4	11.0	16.5	10.7	97.9	16.8	10.5	16.1	10.5	98.2	16.4	10.4	0.1652	0.1374
<b>Salty snacks and crackers (g/d)</b>	4.1	6.7	64.5	6.3	7.5	4.1	6.9	60.5	6.9	7.7	4.1	6.9	63.9	6.4	7.7	4.1	6.7	65.1	6.2	7.4	0.8934	0.1775
<b>Sweet and fatty foods (g/d)</b>	127.2	65.4	99.8	127.5	65.2	132.9	65.4	99.5	133.6	64.8	128.4	67.1	99.9	128.6	67.0	126.3	64.8	99.8	126.5	64.6	0.0151	0.0094
<b>Sugary drinks (mL/d)</b>	22.7	50.3	55.4	40.9	61.8	27.5	54.1	57.7	47.7	64.1	24.8	59.4	54.7	45.4	74.3	21.4	46.1	55.5	38.6	56.3	0.0002	<0.0001
<b>Sugary-free drinks (x10<sup>3</sup> mL/d)</b>	1145.3	481.9	100.0	1145.5	481.7	1140.3	493.0	100.0	1140.3	493.0	1128.9	477.0	99.9	1129.7	476.2	1151.8	482.6	100.0	1151.8	482.6	0.0921	0.1076
<b>Alcoholic drinks (mL/d)</b>	101.6	129.1	84.7	120.0	132.2	92.3	115.6	80.8	114.2	118.5	101.5	142.6	83.8	121.0	148.0	102.5	125.0	85.4	120.1	127.3	0.1176	0.5197
<b>Dried fruits (g/d)</b>	3.2	6.7	56.3	5.7	8.1	2.6	6.2	47.3	5.4	8.1	2.7	5.6	50.9	5.2	6.9	3.5	7.1	59.1	5.9	8.4	<0.0001	0.0107
<b>Bouillons</b>	39.6	37.0	88.7	44.6	36.3	32.9	36.7	82.5	39.9	36.8	36.2	34.3	86.6	41.8	33.5	41.5	37.8	90.0	46.1	37.0	<0.0001	<0.0001
<b>Margarines</b>	2.0	4.6	38.3	5.1	6.2	1.9	4.6	37.3	5.2	6.3	2.1	4.7	38.5	5.4	6.3	1.9	4.5	38.4	5.0	6.1	0.2886	0.2002
<b>Divers</b>	10.9	7.9	99.9	10.9	7.9	10.1	7.7	99.9	10.1	7.7	10.8	7.5	99.9	10.8	7.5	11.1	8.1	99.9	11.1	8.0	0.0024	0.0024
<b>Protein-enriched foods (g/d)</b>	0.9	11.2	3.6	25.8	53.0	2.0	24.4	4.8	42.5	104.8	1.2	14.3	3.9	30.1	66.5	0.8	7.2	3.4	21.7	32.2	0.0048	0.0519

<sup>1</sup>p for ANOVA tests

**Annexe 2 (suite).** Apports alimentaires moyens chez les participants ayant déclaré avoir commencé à réduire leur consommation de viande, et en fonction de la période depuis laquelle ce changement alimentaire a eu lieu (n=11,343)

	Participants who declared they have already initiated a meat reduction (n=11,343)		Less than 1 year (n=750)		Between 1 and 2 years (n=2,845)		More than 2 years (n=7,748)		<i>p</i> <sup>†</sup>
	Mean	Std	Mean	Std	Mean	Std	Mean	Std	
Energy intake (kcal/d)	1894.7	389.6	1877.6	354.1	1882.9	384.3	1900.7	394.6	0.0526
Energy intake (without alcohol) (kcal/d)	1836.6	375.0	1824.8	346.7	1825.2	369.9	1842.0	379.4	0.0826
Protein (g/d)	75.4	16.7	77.8	16.4	76.5	16.4	74.7	16.8	<0.0001
Plant-based protein (g/d)	25.9	7.3	24.2	6.2	24.8	6.7	26.5	7.5	<0.0001
Animal-based protein (g/d)	49.5	14.5	53.5	14.7	51.6	14.1	48.3	14.5	<0.0001
Animal-based protein (% of protein)	65.0	8.9	68.3	7.6	67.0	8.0	63.9	9.1	<0.0001
Plant-based protein (% of protein)	35.0	8.9	31.7	7.6	33.0	8.0	36.1	9.1	<0.0001
Animal-based protein/Plant-based protein	2.0	0.8	2.4	1.0	2.2	0.8	2.0	0.8	<0.0001
Plant-based protein (% of EI)	5.5	1.1	5.2	1.0	5.3	1.0	5.6	1.1	<0.0001
Plant-based protein (% of EI without alcohol)	5.7	1.1	5.3	1.0	5.5	1.0	5.8	1.1	<0.0001
Total carbohydrates (g/d)	193.7	49.4	187.0	44.7	190.1	47.9	195.7	50.2	<0.0001
Complex carbohydrates (g/d)	103.1	32.4	99.9	28.6	100.7	31.5	104.2	33.0	<0.0001
Simple carbohydrates (g/d)	90.1	27.1	86.5	25.5	88.8	26.4	90.9	27.5	<0.0001
Added simple carbohydrates (g/d)	35.5	18.0	35.6	17.5	35.6	18.5	35.5	17.9	0.9322
Lipids (g/d)	83.9	20.4	84.5	19.8	83.8	20.1	83.9	20.6	0.668
Plant-based lipids (g/d)	34.4	13.1	32.4	11.5	33.0	12.0	35.2	13.5	<0.0001
Animal-based lipids (g/d)	49.5	15.6	52.1	14.9	50.8	15.6	48.8	15.7	<0.0001
Added lipids (g/d)	24.4	10.3	23.5	10.0	24.4	10.2	24.5	10.4	0.034
Added plant-based lipids (g/d)	15.0	7.9	14.2	6.8	14.7	7.6	15.2	8.1	0.0004
Added animal-based lipids (g/d)	9.5	6.8	9.4	7.0	9.7	6.8	9.4	6.8	0.0693
Polyunsaturated fatty acids (g/d)	11.9	4.0	11.5	3.3	11.6	3.7	12.1	4.2	<0.0001
Monounsaturated fatty acids (g/d)	31.4	8.5	31.3	7.9	31.1	8.2	31.5	8.6	0.1078
Saturated fatty acids (g/d)	34.6	9.9	35.5	9.8	35.0	9.9	34.3	9.9	0.0003
Cholesterol (mg/d)	314.8	99.1	333.5	105.0	323.1	99.7	310.0	97.9	<0.0001

Omega 3 (g/d)	1.5	0.7	1.4	0.6	1.4	0.7	1.5	0.7	<0.0001
Omega 3 linolenic acid (g/d)	1.1	0.6	1.0	0.4	1.0	0.5	1.1	0.6	<0.0001
Omega 3 EPA (g/d)	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.0109
Omega 3 DPA (g/d)	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.0087
Omega 3 DHA (g/d)	0.2	0.2	0.2	0.1	0.2	0.2	0.2	0.2	0.0589
Omega 6 (g/d)	9.8	3.5	9.5	2.9	9.6	3.3	9.9	3.7	<0.0001
Omega 6 linoleic acid (g/d)	9.7	3.5	9.3	2.9	9.4	3.2	9.8	3.7	<0.0001
Omega 6 arachidonic acid (g/d)	0.1	0.1	0.2	0.1	0.2	0.1	0.1	0.1	<0.0001
Fibre (g/d)	21.1	6.3	19.2	5.8	20.0	5.8	21.6	6.5	<0.0001
Soluble fibre (g/d)	7.7	2.4	7.1	2.2	7.4	2.2	7.9	2.4	<0.0001
Insoluble fibre (g/d)	13.4	4.3	12.2	3.9	12.7	3.9	13.7	4.4	<0.0001
Alcohol (g/d)	8.3	10.3	7.5	9.6	8.3	10.8	8.4	10.2	0.0949
Calcium (mg/d)	915.7	248.8	903.2	248.3	914.4	245.8	917.4	249.9	0.3124
Magnesium (mg/d)	362.6	117.5	340.2	106.9	346.6	102.6	370.7	122.6	<0.0001
Phosphorus (mg/d)	1277.2	334.2	1270.1	332.7	1262.3	299.0	1283.4	346.2	0.0133
Potassium (mg/d)	3023.3	703.9	2903.3	669.0	2970.9	662.9	3054.2	719.3	<0.0001
Sodium (mg/d)	3150.3	874.7	3116.3	819.6	3167.1	885.7	3147.4	875.8	0.321
Copper (mg/d)	1.8	0.8	1.7	0.7	1.8	0.8	1.9	0.8	<0.0001
Iron (mg/d)	14.1	4.3	13.4	3.9	13.6	4.0	14.3	4.4	<0.0001
Haem iron (mg/d)	1.2	0.9	1.3	0.9	1.3	1.0	1.1	0.9	<0.0001
Iodine (µg/d)	193.8	110.8	183.0	122.2	187.8	103.8	197.0	112.0	0.0001
Manganese (mg/d)	4.5	1.9	4.1	1.7	4.2	1.7	4.7	2.0	<0.0001
Selenium (µg/d)	68.9	20.5	70.5	20.8	68.9	20.5	68.7	20.5	0.0787
Zinc (mg/d)	10.5	2.6	10.7	2.7	10.5	2.5	10.5	2.7	0.4166
Retinol (µg/d)	522.0	418.6	508.8	367.8	531.1	436.3	520.0	416.5	0.3239
Beta-carotene (µg/d)	3749.7	2022.0	3385.9	1793.3	3587.6	1893.8	3844.4	2080.0	<0.0001
Vitamin A 1/6 (µg/d)	1146.9	539.2	1073.1	488.8	1128.9	540.2	1160.6	542.8	
Vitamin B1 (mg/d)	1.2	0.4	1.2	0.3	1.1	0.3	1.2	0.4	0.049
Vitamin B2 (mg/d)	1.7	0.4	1.7	0.4	1.7	0.5	1.7	0.4	0.6768
Vitamin B3 / total PP (mg/d)	18.0	5.1	18.4	5.0	18.0	5.1	17.9	5.2	0.0599
Vitamin B5 (mg/d)	5.2	1.3	5.2	1.2	5.2	1.2	5.2	1.3	0.6839
Vitamin B6 (mg/d)	1.7	0.5	1.7	0.4	1.7	0.5	1.7	0.5	0.0004



<b>Vitamin B9 (µg/d)</b>	327.9	87.6	310.0	84.3	318.2	83.5	333.2	88.9	<0.0001
<b>Vitamin B12 (µg/d)</b>	5.1	3.4	5.1	3.0	5.2	3.6	5.1	3.4	0.1336
<b>Vitamin C (mg/d)</b>	111.2	49.1	104.3	46.6	108.4	46.1	112.9	50.3	<0.0001
<b>Vitamin D (µg/d)</b>	2.7	1.7	2.8	1.6	2.7	1.7	2.7	1.7	0.7186
<b>Vitamin E (mg/d)</b>	12.0	3.8	11.5	3.5	11.7	3.6	12.1	3.9	<0.0001
<b>Vitamin K (µg/d)</b>	156.9	98.4	141.3	99.1	149.3	98.6	161.3	97.9	<0.0001
<b>Water (g/d)</b>	2154.4	557.7	2106.9	577.1	2129.0	549.2	2168.4	558.4	0.0003
<b>Caffeine (mg/d)</b>	218.9	155.0	208.6	154.5	217.9	158.6	220.2	153.6	0.1373

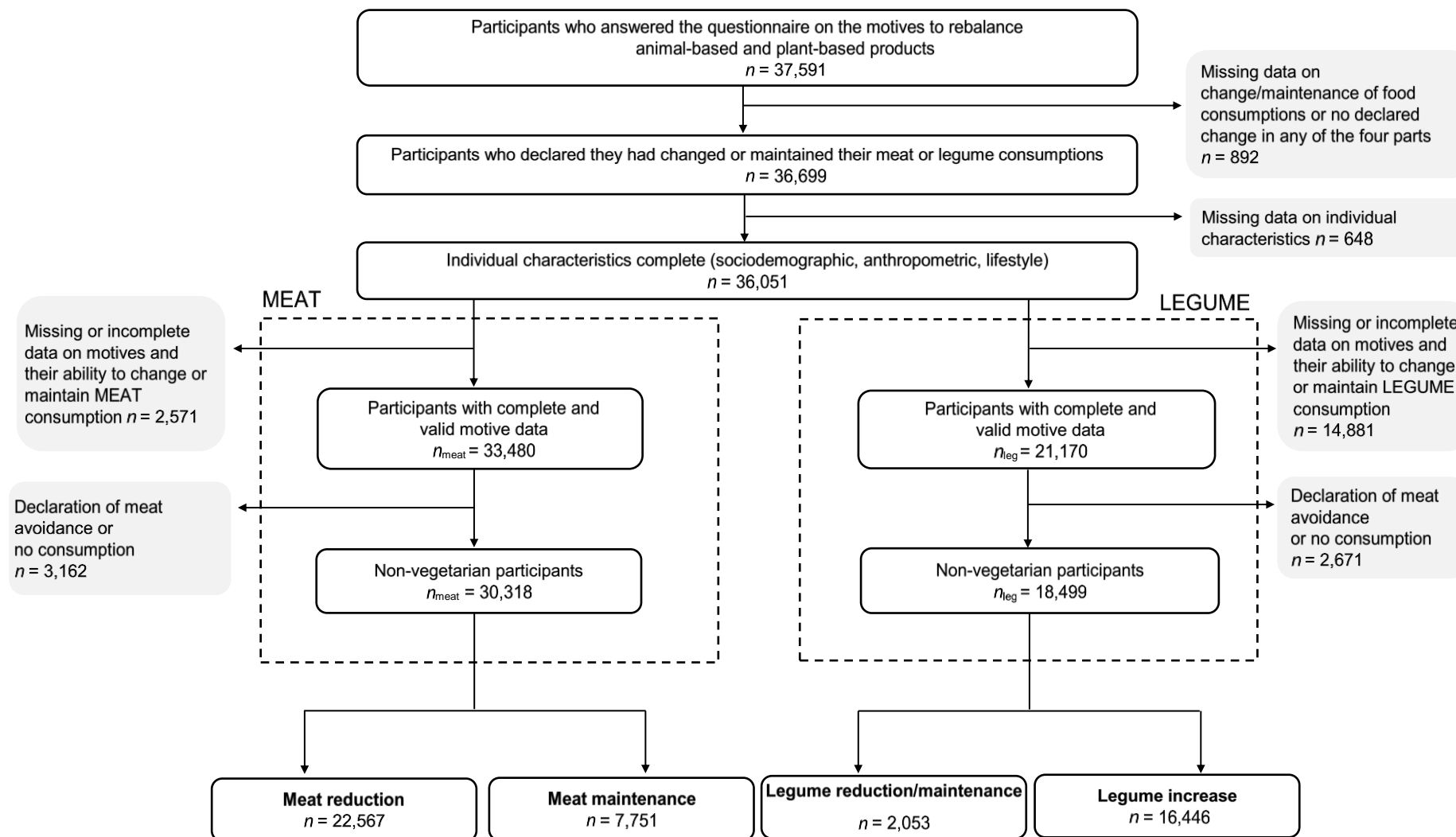
<sup>1</sup>p for ANOVA tests

**Annexe 2 (suite).** Scores PDI, hPDI et uPDI moyens chez les participants ayant déclaré avoir commencé à réduire leur consommation de viande, et en fonction de la période depuis laquelle ce changement alimentaire a eu lieu (n=11,343)

	Participants who declared that they have already initiated a meat reduction (n=11,343)		Less than 1 year (n=750)		Between 1 and 2 years (n=2,845)		More than 2 years (n=7,748)		p
	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	
<b>PDI</b>	53.8	6.7	51.5	6.3	52.4	6.6	54.5	6.7	<0.0001
<b>hPDI</b>	55.0	7.9	52.3	7.5	53.5	7.7	55.8	7.9	<0.0001
<b>uPDI</b>	53.4	7.2	54.8	7.7	54.0	7.2	53.1	7.1	<0.0001

<sup>1</sup>p for ANOVA tests

**Annexe 3.** Diagramme de flux



**Annexe 4.** Additional file 1. Motives for meat reduction and legume increase

<b>Meat reduction (n = 22,567)</b>	
<b>Motive – full denomination</b>	<b>Motive – short denomination</b>
I don't like the taste of meat	Dislike for the taste of meat
I don't like the sight or the handling of meat, especially raw meat	Dislike of meat sight
I think it's good to vary my diet and my protein sources by eating	Good to vary both diet and protein sources
I think it's healthier not to eat too much meat	Healthier to limit meat
I think it's healthier to avoid meat	Healthier to avoid meat
I care about animal welfare or the lives of animals	Animal welfare
I think it's better for the physical environment not to eat too much meat	Better for the physical environment to limit meat
The people I live with don't like or eat meat	Living with people who don't eat meat
My doctor advises me to reduce my meat consumption	Doctor's advice
I am cutting back on my budget by eating less meat	Budget concerns
I have trouble finding meat that I consider to be of good quality: origin,	Meat quality concerns
I have difficulty preserving the meat I buy	Meat preserving concerns
<b>Legume increase (n = 16,446)</b>	
<b>Motive– full denomination</b>	<b>Motive – short denomination</b>
I enjoy eating legumes	Enjoying eating legumes
It's better for the physical environment to eat more legumes	Better for the physical environment to eat more
I think it's healthier to eat more legumes	Healthier to eat more legumes
I want to support the legume farmers	Wanting to support the legume farmers
The people I live with like legumes	Living with people who like legumes
I feel pressure from those around me to eat legumes	Pressure from close relatives
My doctor encourages me to eat more legumes	Doctor's advice
Legumes are easy to cook and easy to eat	Convenient to cook and eat
Legumes can be a substitute for meat	Legumes as a substitute for meat
I think legumes are good source of protein	Legumes as a good source of protein

**Annexe 5.** Additional file 2. Groups of motives for the reduction of meat consumption, in the samples of meat reduction and rebalance in meat and legumes, NutriNet-Santé study, 2018 (motives ordered according to the frequency of individuals in “Change-inducing motive” group)

	Meat reduction (n = 22,567)	Rebalance between meat and legumes (n = 13,620)
<b>I think it's healthier not to eat too much meat</b>		
<i>Total sample (n)</i>	22567	13620
No motive (%)	12.3	8.8
Motive, not change-inducing (%)	10.5	8.2
Change-inducing motive (%)	77.2	83.0
<b>I think it's good to vary my diet and my protein sources by eating something different than meat</b>		
<i>Total sample (n)</i>	22567	13620
No motive (%)	10.3	6.8
Motive, not change-inducing (%)	17.1	13.2
Change-inducing motive (%)	72.6	80.0
<b>I think it's better for the environment not to eat too much meat</b>		
<i>Total sample (n)</i>	22567	13620
No motive (%)	17.7	13.0
Motive, not change-inducing (%)	14.8	12.7
Change-inducing motive (%)	67.5	74.4
<b>I care about animal welfare or the lives of animals</b>		
<i>Total sample (n)</i>	22567	13620
No motive (%)	30.9	27.3
Motive, not change-inducing (%)	23.8	22.5
Change-inducing motive (%)	45.4	50.2
<b>I am cutting back on my budget by eating less meat</b>		
<i>Total sample (n)</i>	22567	13620
No motive (%)	48.6	45.5

Motive, not change-inducing (%)	21.7	22.4
Change-inducing motive (%)	29.7	32.2

**I have trouble finding meat that I consider to be of good quality: origin, traceability, hygiene, labeled meat, organic meat, or other quality criteria**

<i>Total sample (n)</i>	22567	13620
No motive (%)	66.3	65.2
Motive, not change-inducing (%)	9.0	8.1
Change-inducing motive (%)	24.7	26.7

**I don't like the sight or the handling of meat, especially raw meat**

<i>Total sample (n)</i>	22567	13620
No motive (%)	82.3	81.3
Motive, not change-inducing (%)	7.3	7.5
Change-inducing motive (%)	10.5	11.2

**I think it's healthier to avoid meat**

<i>Total sample (n)</i>	22567	13620
No motive (%)	92.2	91.2
Motive, not change-inducing (%)	0.7	0.7
Change-inducing motive (%)	7.1	8.1

**I don't like the taste of meat**

<i>Total sample (n)</i>	22567	13620
No motive (%)	92.4	81.3
Motive, not change-inducing (%)	0.7	0.7
Change-inducing motive (%)	6.9	7.1

**The people I live with don't like or eat meat**

<i>Total sample (n)</i>	22567	13620
No motive (%)	90.9	90.2
Motive, not change-inducing (%)	2.2	2.0
Change-inducing motive (%)	6.9	7.8

**My doctor advises me to reduce my meat consumption**

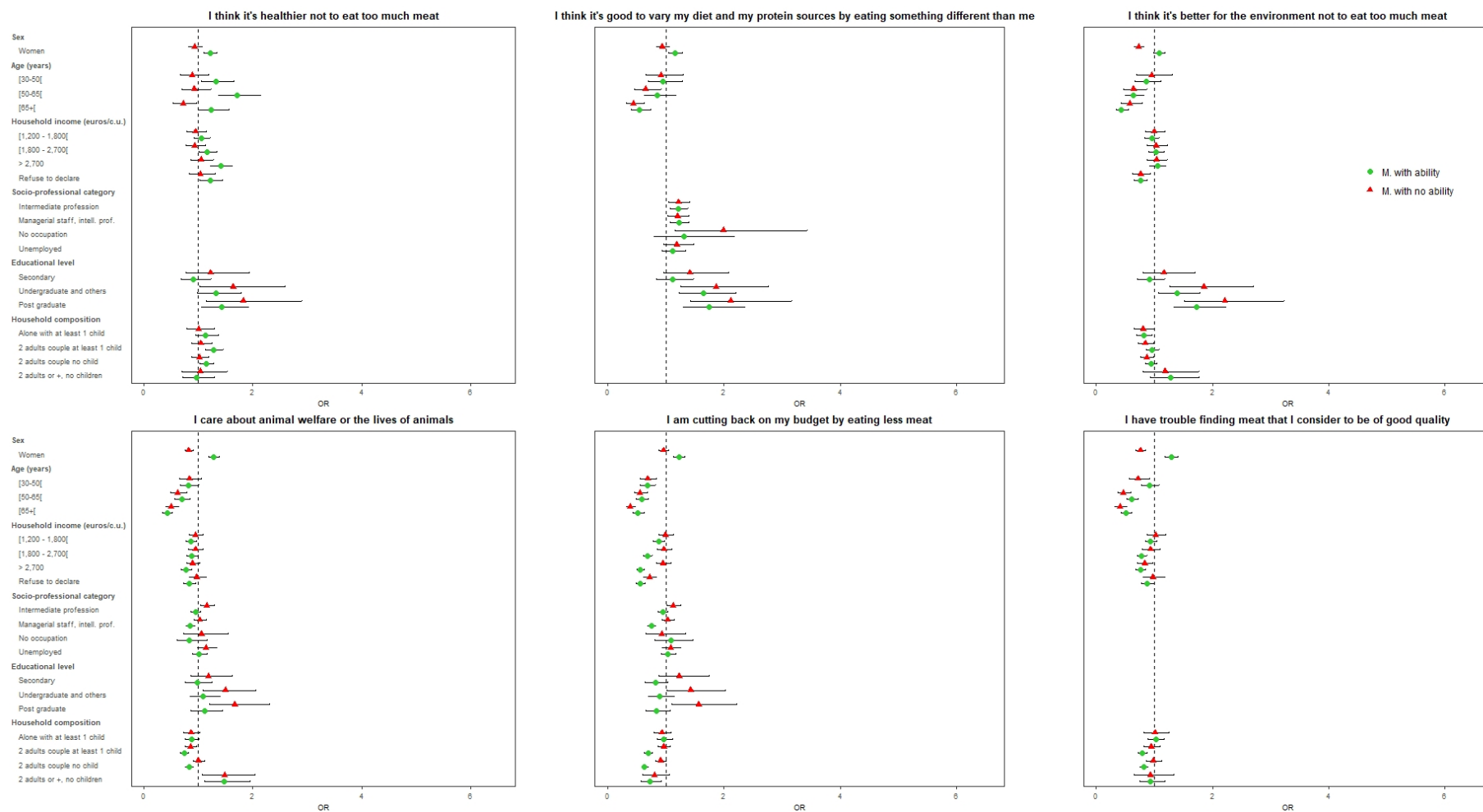
<i>Total sample (n)</i>	22567		13620	
No motive (%)		95.2		94.9
Motive, not change-inducing (%)		0.5		0.5
Change-inducing motive (%)		4.3		4.7

**I have difficulty preserving the meat I buy**

<i>Total sample (n)</i>	22567		13620	
No motive (%)		94.4		94.8
Motive, not change-inducing (%)		1.7		1.6
Change-inducing motive (%)		3.8		3.7

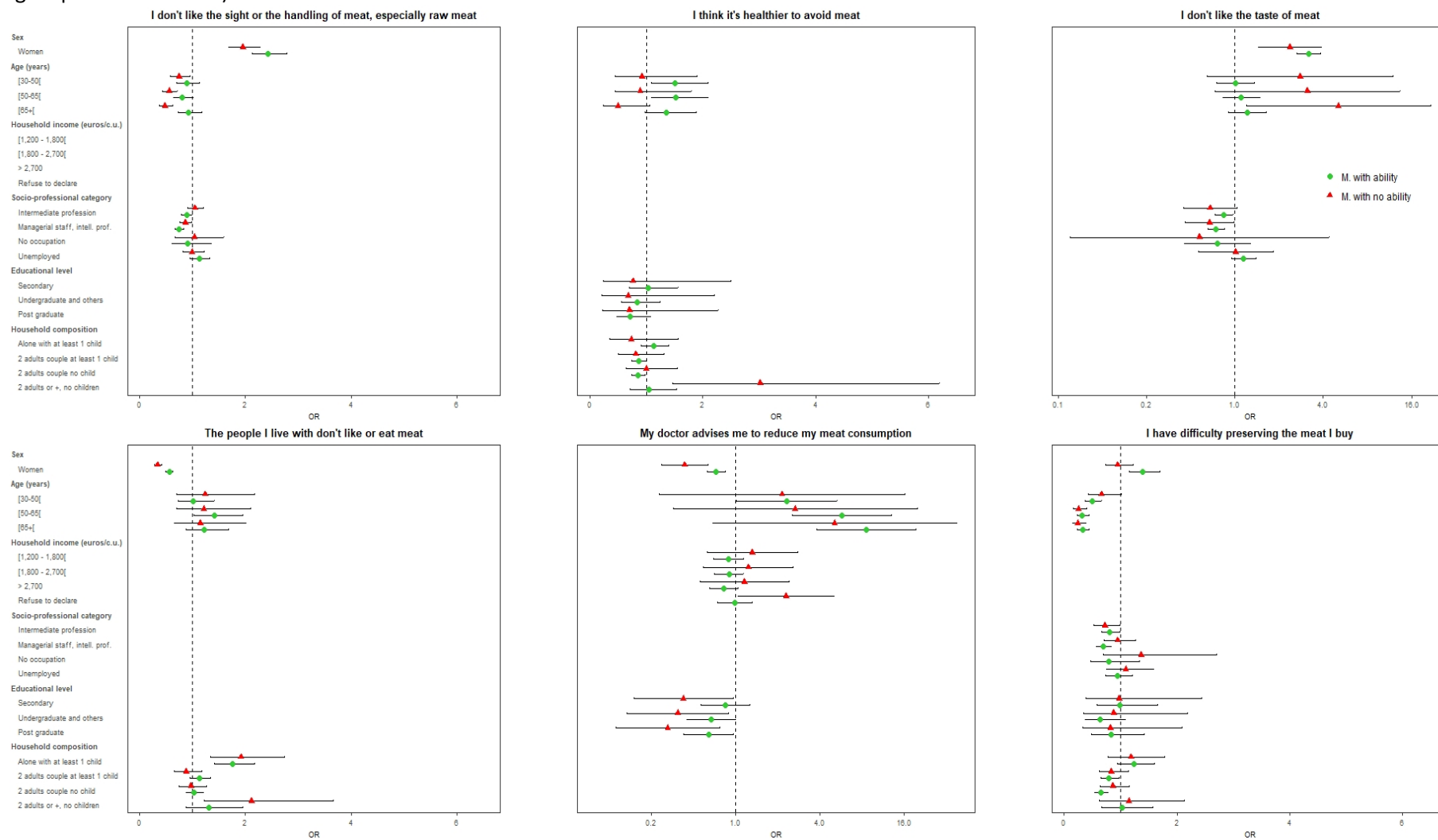
---

**Annexe 6.** Figure 4. Association entre les caractéristiques individuelles et motifs de réduction de la consommation de viande induisant un changement (vs. « pas de motif ») / (motifs classés en fonction de la fréquence des individus dans le groupe « motif induisant un changement », régression logistique multinomiale). Pour certains items, une échelle logarithmique est utilisée pour faciliter la lecture des résultats. Tous les modèles ont également été ajustés sur l'IMC, la taille de l'unité de résidence urbaine et le dernier régime de perte de poids déclaré.





**Annexe 6 (suite).** Figure 4 (suite). Association entre les caractéristiques individuelles et motifs de réduction de la consommation de viande induisant un changement (vs. "pas de motif") / (motifs classés en fonction de la fréquence des individus dans le groupe "motif induisant un changement", régression logistique multinomiale)



**Annexe 7.** Additional file 3. Groups of motives for the increase in legume consumption, in the samples of legume increase and rebalance in meat and legumes, NutriNet-Santé study, 2018 (motives ordered according to the frequency of individuals in “Change-inducing motive” group)

	<b>Legume increase (n = 16,446)</b>	<b>Rebalance between meat and legumes (n = 13,620)</b>	
<b>I think it's healthier to eat more legumes</b>			
<i>Total sample (n)</i>	16446	13620	
No motive (%)	7.7	6.9	
Motive, not change-inducing (%)	11.5	10.5	
Change-inducing motive (%)	80.8	82.7	
<b>I think legumes are a good source of protein</b>			
<i>Total sample (n)</i>	16446	13620	
No motive (%)	10.6	9.0	
Motive, not change-inducing (%)	15.6	13.6	
Change-inducing motive (%)	73.8	77.5	
<b>I enjoy eating legumes</b>			
<i>Total sample (n)</i>	16446	13620	
No motive (%)	13.8	13.3	
Motive, not change-inducing (%)	19.2	18.7	
Change-inducing motive (%)	67.0	68.1	
<b>Legumes can be a substitute for meat</b>			
<i>Total sample (n)</i>	16446	13620	
No motive (%)	25.7	22.4	
Motive, not change-inducing (%)	16.0	14.5	
Change-inducing motive (%)	58.3	63.1	
<b>It's better for the environment to eat more legumes</b>			
<i>Total sample (n)</i>	16446	13620	
No motive (%)	46.1	43.3	
Motive, not change-inducing (%)	13.0	12.8	
Change-inducing motive (%)	40.9	43.9	

**Legumes are easy to cook and easy to eat**

<i>Total sample (n)</i>	16446		13620
No motive (%)		35.8	35.5
Motive, not change-inducing (%)		29.1	28.4
Change-inducing motive (%)		35.1	36.1

**The people I live with like legumes**

<i>Total sample (n)</i>	16446		13620
No motive (%)		37.9	36.6
Motive, not change-inducing (%)		27.2	27.2
Change-inducing motive (%)		34.9	36.2

**I want to support the legume farmers**

<i>Total sample (n)</i>	16446		13620
No motive (%)		46.7	44.7
Motive, not change-inducing (%)		19.5	19.6
Change-inducing motive (%)		33.8	35.7

**My doctor encourages me to eat more legumes**

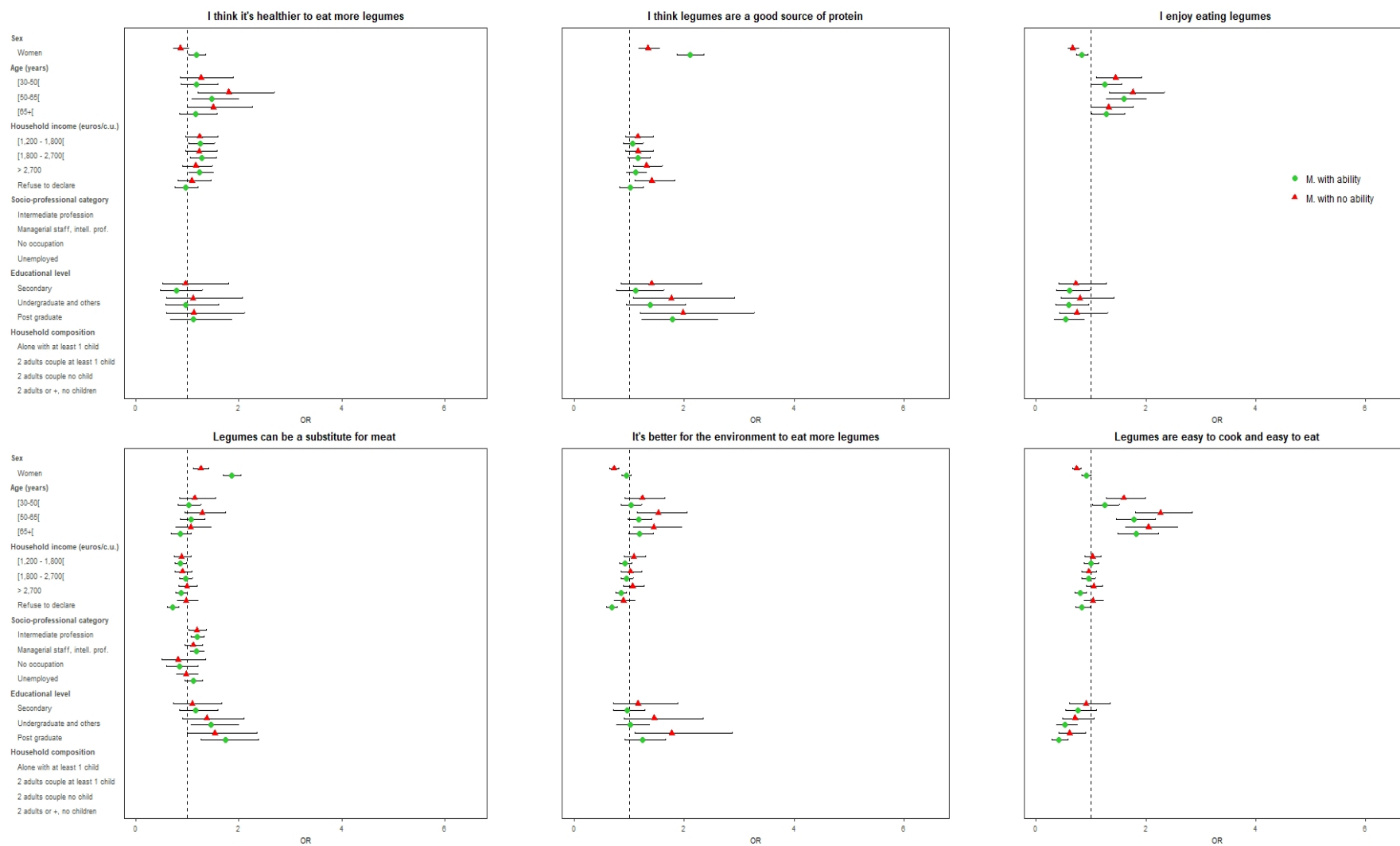
<i>Total sample (n)</i>	16446		13620
No motive (%)		89.2	90.0
Motive, not change-inducing (%)		2.7	2.4
Change-inducing motive (%)		8.1	7.7

**I feel pressure from those around me to eat legumes**

<i>Total sample (n)</i>	16446		13620
No motive (%)		93.7	93.9
Motive, not change-inducing (%)		1.3	1.2
Change-inducing motive (%)		5.0	4.9

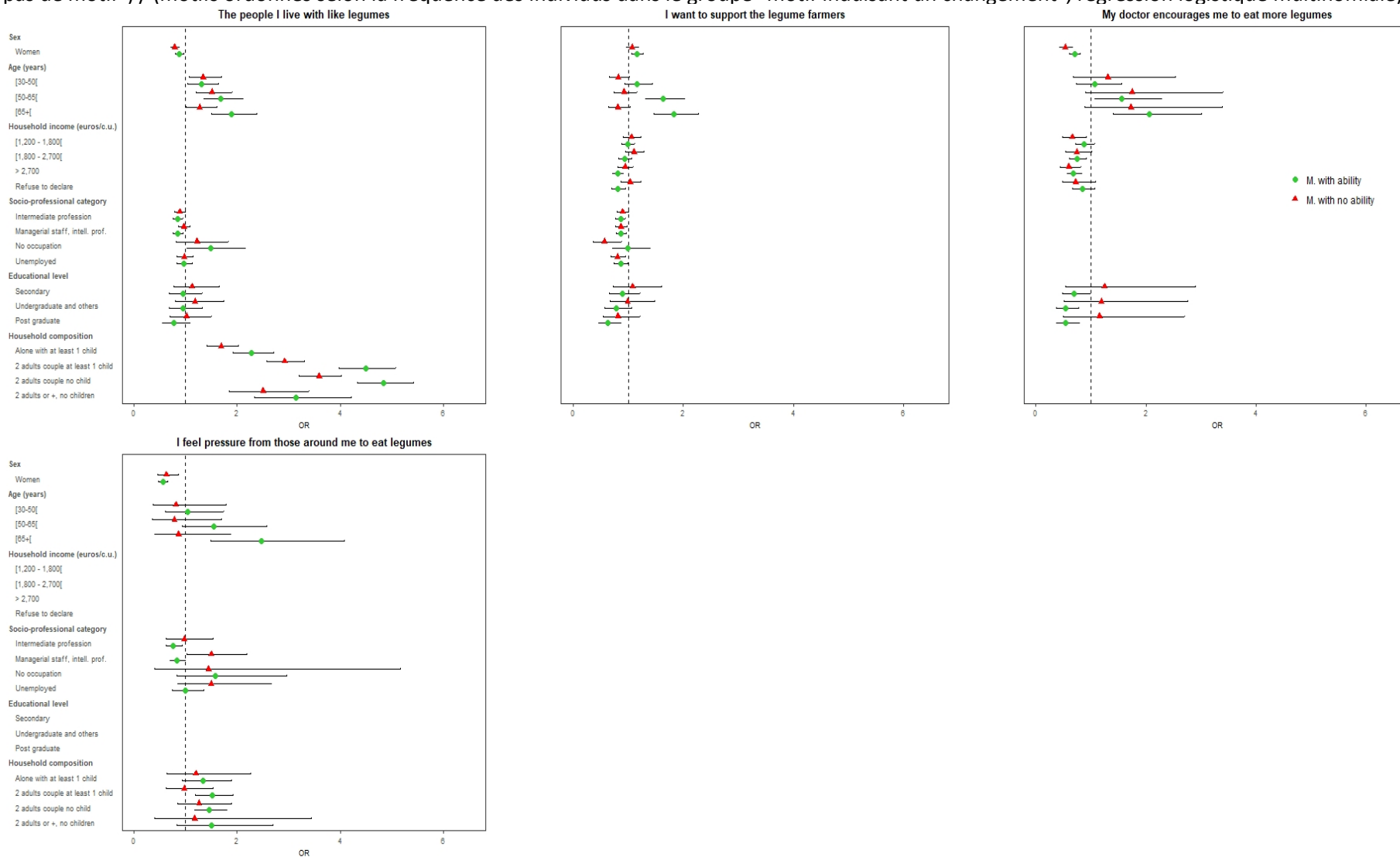
---

**Annexe 8.** Figure 6. Association entre les caractéristiques individuelles et les motifs de changement pour l'augmentation des légumineuses (vs. "pas de motif") / (motifs ordonnés selon la fréquence des individus dans le groupe "motif induisant un changement", régression logistique multinomiale) Pour certains items, une échelle logarithmique est utilisée pour faciliter la lecture des résultats. Tous les modèles ont également été ajustés sur l'IMC, la taille de l'unité de résidence urbaine et le dernier régime de perte de poids déclaré.



**Annexe 8 (suite).** Figure 6 (suite). Association entre les caractéristiques individuelles et les motifs de changement pour l'augmentation des légumineuses (vs.

"pas de motif") / (motifs ordonnés selon la fréquence des individus dans le groupe "motif induisant un changement", régression logistique multinomiale)



**Annexe 9.** Article en cours de finalisation suite au stage de Clémentine Prioux

## **Motivational patterns for the reduction of meat consumption and food sustainability: associations with nutritional, sociodemographic, anthropometric and lifestyle characteristics**

**Clémentine Prioux<sup>1</sup>, Anouk Reuzé<sup>1</sup>, Lucie Sirieix<sup>2</sup>, Julia Baudry<sup>1</sup>, Emmanuelle Kesse-Guyot<sup>1</sup>,  
Joséphine Brunin<sup>1</sup>, Nathalie Druésne-Pecollo<sup>1</sup>, Serge Hercberg<sup>1</sup>, Mathilde Touvier<sup>1</sup>, Sandrine  
Péneau<sup>1</sup>, Caroline Méjean<sup>2</sup>, Benjamin Allès<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Université Sorbonne Paris Nord and Université Paris Cité, INSERM, INRAE, CNAM, Center of Research in Epidemiology and Statistics (CRESS), Nutritional Epidemiology Research Team (EREN), F-93017 Bobigny, France

<sup>2</sup>MOISA, Université de Montpellier, CIRAD, CIHEAM-IAMM, INRAE, IRD, Institut Agro, Montpellier, France

Corresponding author: Clémentine Prioux

**Running title:** Motivational patterns for the reduction of meat

### **Highlights:**

We observed a contrast between motivational patterns characterized by higher food sustainability motives, and patterns with weak motives regarding meat reduction

One pattern exhibited both the highest levels of food sustainability motives and the highest nutritional quality of the diet, but presented the lowest animal food consumption.

Individuals with higher socioeconomic positions were found within both high and low levels of motivational patterns for reducing meat consumption.

Two very distinct patterns, exhibited low motives for meat reduction and presented the highest animal food consumption.

## **Abstract**

### **Introduction**

Current public health and environmental issues related to global warming require a dietary transition towards a new sustainable food system. Improving the balance between plant and animal food at a large scale could limit the environmental impact of the food system. Thus, it is important to better understand motives related to the reduction of animal food consumptions, especially for meat, which remains highly consumed.

### **Aim**

The aim of this cross-sectional study was to identify motivational patterns related to meat reduction, based on various levels of motives, in French adults in the NutriNet-Santé study. Another aim was to assess their association with the nutritional quality of the diet, focusing on indicators reflecting the contribution of plant foods, lifestyle, anthropometric and sociodemographic characteristics.

### **Methods**

This study included 14,866 non-vegetarian participants from the NutriNet-Santé cohort. Motives for changing or continuing meat consumption, such as health, environment, taste and animal welfare, were assessed on 5-point Likert scales, through an online questionnaire. For each motive, participants were classified into three different groups corresponding to the ability of the motive to change their meat consumption: “motive”; “motive, not change-inducing”; “change-inducing motive”. Groups were then used in a multiple correspondence analysis, followed by a cluster analysis to identify motivational patterns. Each pattern was characterized in terms of motives for reducing meat, the duration of meat reduction, and various nutritional, anthropometric, and sociodemographic characteristics.

### **Results**

Five patterns were identified. Two patterns corresponded to participants who were not objectively involved in meat reduction: Pattern 1, labelled “Weak motives”, gathered participants with the highest daily mean consumption of meat products and the highest animal/plant proteins ratio and Pattern 4, labelled “Motives, not inducing meat reduction”, had the highest consumptions of meat products, a high animal/plant proteins ratio and a higher unhealthy PDI score. On the contrary, two patterns corresponded to participants who decreased their meat intakes: Pattern 2, labelled “Partial sustainable motives”, had lower daily mean consumption of meat products, higher daily mean consumption of legumes, and also a higher contribution of plant-based foods to their diet, and

Pattern 3, labelled “Complete sustainable motives”, had the lowest meat products consumption and a higher legumes consumption. Finally, Pattern 5, labelled “Moderate motives”, had the highest contribution of plant-based food, and especially healthy plant-based food. This pattern contained the highest proportion of participants who had reduced their meat consumption more than 2 years prior answering to completing the questionnaire.

### **Conclusion**

Out of the 5 identified motivational patterns, only 2 patterns seemed objectively associated with a rebalance between animal and plant-based food. Indeed, these individuals who had a combination of change-inducing motives covering different aspects of food sustainability: health, the protection of the environment or animal welfare were the lowest consumers of meat and other animal products. Further research is required to better understand how specific motive patterns may influence long-term changes in meat consumption.

**Key-words:** motivational patterns, meat consumption, clustering, epidemiology, sustainability



## Introduction

A nutritionally sustainable transition toward new food production and consumption systems is required (1–3). In France, dietary protein intakes mainly come from animal sources (approximately 65%), and particularly from red meat (18%), whereas plant protein represents approximately 35% of these intakes (4–6). The EAT-Lancet Commission proposed an optimal dietary pattern for the dietary transition with thresholds toward less animal food and more plant food (3). For instance, among plant foods, legumes have been recognized as interesting for their protein-dense composition and their related health benefits (7,8).

In the literature, several approaches have been conducted to better understand the determinants underlying the reduction of meat consumption, and more broadly, the rebalance between animal and plant food consumptions. First, behaviour change models and theories have been applied to dietary behaviours (9), such as the reduction of meat consumption (10). In the present study, we focus on motives, with the large definition of this term given by Steptoe and Pollard (1999) in the development of the Food Choice Questionnaire: “factors thought to influence people’s dietary choices” (11). Previous studies have reported several motives that may lead to the reduction of meat consumption : taste, health, environment, price (12–15), animal protection (16), as well as social influences (17). Nevertheless, these studies have not assessed whether these motives have the ability to effectively induce a meat reduction. In a previous study (18), we already observed that some change-inducing motives, such as preserving one’s health and nutrition, and the protection of the environment, might have a greater ability to induce a meat reduction (18). Also, we observed that all motives were associated with specific sociodemographic characteristics (18,19). Then, it is possible that individuals may have various motives for changing their meat consumption. To investigate the diversity of these motives, some previous studies have used different methods, such as the latent profile analysis and the standard cluster analysis, to identify groups of individuals with similar motives (20–22). For example, a UK study using latent class analysis identified six groups of individuals according their preferences for meat and meat substitute: “price-conscious consumers”, “healthy eaters”, “taste-conscious consumers”, “green consumers”, “organic consumers” and “vegetarians”. Each group showed specific sociodemographic characteristics and meat-eating habits (22). Another study using latent profile analysis identified three groups of individuals based on their perceived benefits and inhibitors toward meat reduction (20). Few studies have been conducted specifically on motivational patterns, reflecting a combination of motives and their ability to induce a reduction in meat consumption. These motivational patterns could also be associated with specific

sociodemographic, anthropometric and lifestyle characteristics to complete previous knowledge on isolated motives.

The aim of the present study was to identify motivational patterns for the reduction of meat consumption in French adults from the NutriNet-Santé study. Another aim was also to assess their association with nutritional quality of the diet, with a focus on indicators reflecting plant food intakes and diets, lifestyle, anthropometric and sociodemographic characteristics.

## Materials and Methods

### **Study population**

The study population is part of the NutriNet-Santé cohort, which is a French prospective web-based observational cohort, launched in May 2009. This cohort includes adult volunteers aged 18 years or older. The objectives of this cohort are to study the links between nutrition and health and to analyze the determinants of dietary habits and nutritional status. This study has been described in detail previously (23).

This cohort study is being conducted according to guidelines laid down in the Declaration of Helsinki and was approved by the International Research Board of the French Institute for Health and Medical Research (IRB Inserm nu 0000388FWA00005831) and the Commission Nationale Informatique et Liberté (CNIL nu 908450 and nu 909216). Electronic informed consent was obtained from all subjects. The Clinical Trials number is NCT03335644.

### **Data collection**

#### ***Data from the questionnaire on motives for changing meat and legume consumption***

Information about changes in meat and legume consumption and motives was obtained through a questionnaire on reasons for rebalancing the consumption of animal-based and plant-based foods in the diet. This optional questionnaire was submitted in August 2018 to NutriNet-Santé participants. It was developed from a questionnaire on food choice motives (24–26).

For this study, we only used certain sections of the questionnaire: the part on self-declared diet in order to exclude participants who were following a vegetarian or vegan diet, the part on individual motives for changing meat consumption and the part on individual motives for changing or maintaining legume consumption. We defined “meat” as beef, minced or roasted steak, rib steak, stew, minced beef in a dish such as lasagna or spaghetti Bolognese, veal, lamb, pork, offal, breaded

meat, game, rabbit or hare and all processed meats or meat products. We chose to focus on ruminant meat, excluding poultry (turkey, chicken, duck, quail, pigeon), as it is recognized as the major issue of food sustainability (3). Legumes were defined as the food group including beans, flageolets, white, black and kidney beans, lentils, lupins, split peas, chickpeas, soy protein, tofu and tempeh.

For both food groups (meat and legumes), participants were asked to declare their own situation regarding each change in consumption: "I have reduced or thought about reducing my meat consumption", "I have always maintained my meat consumption, I have never felt like reducing it", "I have already reduced or thought about reducing my consumption of legumes, or, at least, I am not trying to increase it", "I have increased or thought about increasing my consumption of legumes". These questions were used to qualify participants for this study as follows: meat reducers as participants who had reduced or thought about reducing their meat consumption.

To evaluate the motives for changing meat consumption, a dozen motives were proposed among the following items: taste, health, environment, animal protection, sociocultural (see all items in Supplement 2). For each item, two questions were asked. For the first question, participants were asked to rate the motive item using a 5-point Likert scale: "Strongly disagree", "Rather disagree", "Neither agree nor disagree", "Somewhat agree", "Strongly agree" and a "I don't know" option. For those participants who answered "Somewhat agree" or "Strongly agree" to the first question, the statement "and this encourages me to reduce my meat consumption" was then proposed. This second conditional question was used to assess the ability of a given motive to induce the change in consumption using another 5-point Likert scale. These two Likert scales were then recoded to calculate agreement scores ranging from 0 to 5 and from 1 to 5 (further details were presented in a previous study (18)).

Three groups were obtained based on the two questions on motives:

"No motive": Participants were considered to have "no motive" if they gave an unfavorable response ("Strongly disagree", "Somewhat disagree", "Neither agree nor disagree" and "I don't know") for the motive. For this group, the given motive was thus not felt important.

"Motive, not change-inducing": Participants with a "motive, not change-inducing" were those who gave a favorable response ("Strongly agree" and "Somewhat agree") to the motive but an unfavorable one ("Strongly disagree", "Somewhat disagree", "Neither agree nor disagree") to the statement that the motive had induced a change in consumption. For this group, the given motive was thus felt important but was not declared as change-inducing.

“Change-inducing motive”: Participants who gave favorable responses to both sets of statements were considered as having a “change-inducing motive”. For this group, the given motive was thus felt important and did lead to a change.

Furthermore, two further questions were considered in this study. First, participants were asked whether in the recent years they had reduced their meat consumption (binary answer: yes/no). In case of a favorable answer, participants were asked for how long they had been reducing their consumption (“less than one year”; “between 1 and 2 years”; “more than 2 years”).

### ***Dietary data***

At baseline and every 6 months, dietary data were collected using 24-h dietary records, which are randomly distributed over a two-week period and include two weekdays and one weekend day. (27). All participants who completed at least one set of three 24-h records, completed within the period between five years before and one year after the questionnaire on change in food consumption, were included in the present study. Only the set of dietary records closest to the date of this questionnaire was used to estimate food consumption.

Participants reported all foods and beverages consumed throughout the day: breakfast, lunch, dinner and all other occasions. They chose the foods consumed on a list of approximately 3000 items of foods usually consumed in the French diet and portion sizes were then estimated using purchase unit, household unit and photographs, derived from a previously validated picture booklet (28). For each participant, daily mean intakes were calculated from the 24-h dietary records, weighted for the type of day of the week. Daily intakes for energy, macro and micronutrients were estimated using the published NutriNet-Santé food composition table (29). Dietary underreporting was identified on the basis of the method proposed by Black (30). This web-based dietary assessment has been validated in several studies against traditional dietitians’ interviews (31) and against biomarkers of nutritional status (32,33).

Food and beverages were classified into 18 food groups based on nutrients and culinary similarities, developed by Satija et al. (34), and was adapted for the NutriNet-Santé database to better match with French consumption habits (35) (Supplemental 2).

Four subgroups of the "Miscellaneous plant-based foods" group, gathering foods that represented plant-based foods emerging on the French vegetarian food markets as plant-based protein-dense

foods, were also created: “Plant-based drinks” (e.g. soy, almond, or rice, main plant-based drink substitutes), “Meat and processed meat substitutes” (abbreviated meat substitutes), “Dairy dessert and cheese substitutes” (abbreviated dairy substitutes), “Fermented or coagulated foods” (e.g. tempeh, tofu).

### ***Meat, plant-based food and diet indicators***

#### Meat consumption indices

We used three indicators to assess the contribution of meat products to the diet such as the contribution of meat, processed meat and meat products to the total energy intake.

We also used the percentage of individuals meeting the French and international dietary recommendations for meat and processed meat consumption (<500g/week and <150g/week, respectively) (36,37).

#### Animal/plant-based protein intake indices

We used two indicators to assess the contribution of plant foods to the diet. The first is the percentage of non-alcoholic energy intake provided by plant proteins calculated as:

Portion of plant proteins/kcal without alcohol =  $(\text{Plant protein (g)} \times 17 \text{ kJ}) / (\text{Energy intake without alcohol}) \times 100$

The second is the animal/plant proteins ratio, calculated as:

Animal/plant proteins ratio (g/d) =  $(\text{Animal protein (g/d)}) / (\text{Plant protein (g/d)})$

These indicators have already been used in epidemiological studies and have shown their interest and reliability (4,38,39).

#### Healthy and unhealthy plant-based diet indices

The Plant-Diet Index (PDI), the healthy Plant-Diet Index (healthy PDI) and the unhealthy Plant-Diet Index (unhealthy PDI) were developed by the method of Sajita et al. (34) (40) to reflect the consumption of all plant-based foods in a diet; the consumption of so-called “healthy” plant foods associated with better health outcomes (healthy PDI); and the consumption of so-called “unhealthy” plant foods (unhealthy PDI) known to be associated with a higher risk for certain diseases (34).

The healthy PDI score ranges from 12 (low plant food consumption) to 60 (high plant food consumption). A higher score on all indices reflects a lower dietary intake of animal products.

Healthy and unhealthy PDIs range from 18 to 90. A higher healthy PDI means that the diet favours

healthy plant foods over unhealthy plant foods, and vice versa for an unhealthy PDI. Further details about the methodology of these dietary indices adapted for the NutriNet-Santé study were previously published (see Supplemental 1) (35).

### **Sociodemographic, anthropometric and lifestyle data**

The French short form of the International Physical Activity Questionnaire (IPAQ) was used to assess levels of physical activity (41). Data of the IPAQ were computed for the metabolic equivalent task (MET) in MET-min per week. Energy expenditure was classified as low physical activity (< 30 min of physical activity; equivalent to brisk walking/day), moderate physical activity ( $\geq 30$  and < 60 min) or high physical activity ( $\geq 60$  min).

Height (in m) and weight (in kg) were obtained using a validated questionnaire (42) to calculate the Body Mass Index (BMI) ( $\text{kg}/\text{m}^2$ ) which is the ratio of weight to height squared. BMI was then classified according to WHO guidelines (43). Date of the latest weight loss diet was collected, and individuals were classified into three groups: no declared diet, < 5 years, > 5 years.

Sociodemographic, anthropometric and lifestyle data were collected at the date of enrolment of the participants in the NutriNet-Santé cohort, and then annually. Characteristics collected included sex, age, socioprofessional category (unemployed/self-employed, farmer, employee, manual worker/intermediate profession/managerial staff, intellectual profession/no occupation), educational level (none or primary/secondary/undergraduate and others/post graduate), household composition (alone without children/alone with at least one child/two adults living as a couple without children/ two adults living as a couple with at least one child/two or more adults without children), size of the urban residence unit (rural/< 20,000 inhabitants/20,000-200,000 inhabitants/> 200,000 inhabitants). Monthly income per household unit was calculated using information about household income and composition. Household income per month was divided by the number of consumption units (CU) calculated, that is, 1 CU for the first adult in the household, 0.5 CU for other persons aged 14 or older and 0.3 CU for children under 14. Five categories were defined and were attributed to each participant: Refused to declare/< 1,200 €/1,200-1,800€/ 1,800-2,700€ /> 2,700 € per household unit. For all sociodemographic and lifestyle characteristics, the closest available data to the questionnaire on the motives for rebalancing consumption of animal and plant-based foods in the diet completion date was used.

## **Statistical analysis**

### ***Description of study sample and motive items***

Participants included in this study were those who completed the section about meat reduction and who had complete nutritional, physical activity, sociodemographic, anthropometric and lifestyle data (see Flowchart in Figure 1). Participants who declared themselves as vegans or vegetarians were excluded.

First, sociodemographic, anthropometric, lifestyle and physical activity characteristics of were compared between the included and excluded sample using chi-square tests.

For each motive item, the frequencies of meat reducers classified in the three groups “No motive”, “Motive, not change-inducing” and “Change-inducing motive” were described.

### ***Cluster analysis to derive motivational patterns***

We conducted a cluster analysis in order to identify motivational patterns to reduce meat consumption. A preliminary step was a multiple correspondence analysis (MCA) (44), which was carried out on the three groups of motives “No motive”, “Motive, not change-inducing” and “Change-inducing motives” for the 12 motive items of the reduction of meat consumption. We used the MCA to extract the dimensions that provide the most information on the associations between the categorical variables (here, groups of motives). We selected the optimal number of dimensions based on a graphical tool, the screeplot, which represents the percentage of variation returned by the dimensions (45).

A cluster analysis was then carried out by ascending hierarchical classification of individuals using Ward's method, based on the five dimensions retained through the MCA.

The number of relevant clusters to be retained was determined using a dendrogram and other statistical criteria, such as the pseudo-T2. In order to stabilize the clusters and to better distribute the individuals, especially those bordering between two clusters, we performed a step using the K-mean clustering technique (46).

Finally, to assess the reliability of the method used, we tested it by evaluating the agreement between the clustering procedure performed on the whole sample and the same procedure on 50 random samples of the same size drawn with replacement. The Kappa coefficients of agreement were high with a median value of 92%.

### ***Description and interpretation of the obtained clusters, called motivational patterns***

A description of groups of motives for each pattern was also conducted, using adjusted frequencies on sociodemographic characteristics from multivariable polytomous regression models. We used Tukey's method to account for multiple comparisons.

We also described daily mean intakes for food groups and nutrients, adjusted on sex, age and energy intake, using the residual method proposed by Willett et al. (47).

Percentage of individuals meeting the French and international nutritional guidelines for meat and processed meat consumption, dietary indices and the duration of the reduction in meat according to each pattern was described according to each pattern.

A description of lifestyle and sociodemographic characteristics of patterns was conducted, computing adjusted percentages using the same methods previously used in a study from the NutriNet-Santé study (48). This method allows multiple adjusting of sociodemographic characteristics, to take them into account and improve the accuracy of the results.

A p-value < 0.05 was considered significant. Statistical analyses were performed with SAS (version 9.4, SAS Institute, Inc.).

## **Results**

### **Sample selection and description**

Of the 37,579 participants in the NutriNet-Santé study who completed the questionnaire, 36,934 participants had complete sociodemographic, anthropometric and lifestyle characteristics. Among these participants, 22,558 declared they thought about or have reduced their meat consumption and had complete and valid data on motives. Finally, after excluding participants with incomplete data on their diet and their physical activity, the final sample includes 14,866 participants (Figure 1).

Compared to those excluded, the participants included in the study represented higher proportion of women, older participants, with higher level of education, higher incomes and with an occupation corresponding to managerial staff, intermediate profession or no occupation. They also represented higher proportions of participants living in couples without children, participants with a lower BMI and that declared a weight loss diet (Table 1).



## **Description of motivational patterns for meat reduction**

The cluster analysis allowed to identify five patterns of participants according to their declared motives and corresponding ability to reduce meat consumption which were interpreted in terms of motivational patterns. From Patterns 1 to Pattern 5, each pattern represented respectively 17.7% (n=2,627), 52.6% (n=7,813), 11.8% (n=1,748), 16.7% (n=2,485) and 1.3% (n=193) of our total sample.

## **Description of motives for each motivational pattern**

First, for all patterns, three motives were the most frequently declared as effectively induce a meat reduction: “vary diet and proteins sources”, “healthier not too much meat” and “concern about the environment” (Table 2).

Compared to the other patterns, Pattern 1 included participants who had the highest frequencies of declarations corresponding to a lack of motivation to reduce their meat consumption. Indeed, more than 90% of the participants declared no motive for four items: “dislike taste of meat” (98.7%), “healthier not eat meat at all” (99%), “doctor's advice” (96%) and “dislike visual aspect of meat” (95%). Two-thirds of the participants of the pattern declared no motive for three other items: “quality” (73.1%), “concern about the environment” (69.7%) and “budget” (65.2%). Pattern 1 was interpreted as the “Weak motives” pattern.

Pattern 2 had the highest frequencies of participants who declared the following motives as having the ability to reduce meat consumption: “healthier not too much meat” (95.7%), “concern about the environment” (92.9%), “vary diet and proteins sources” (91.2%), “animal welfare” (66%), “budget” (49.2%), “quality” (31.1%) and “doctor's advice” (7.3%). Pattern 2 was interpreted as the “Partial sustainable motives” pattern.

Pattern 3 included participants who had the highest frequencies of declaration corresponding to high level of motivation. Also, in comparison to the other patterns, this pattern was characterized by higher proportions of individuals declaring the following motives as having the ability to change such as “dislike visual aspect of meat” (73.2%), “dislike taste of meat” (50.11%), “the people I live with don't like or eat meat” (28.3%) et “healthier not eat meat at all” (24.94%). Pattern 3 was interpreted as the “Complete sustainable motives” patterns.

Pattern 4 and Pattern 5 included more participants who declared low to moderate motives for the reduction of meat consumption. In Pattern 4, we observed that motives such as “animal welfare” and “concern about the environment” were quite frequently declared as motives but not change

inducing (respectively 67.1% and 62.9%), and similarly for health and nutrition motives (respectively 55.7% and 61%). Pattern 4 was interpreted as the “Motives, no inducing meat reduction” pattern. In Pattern 5, we also observed a higher proportion of individuals declaring the following motives with an ability to change: “concern about the environment” (56.9%), “vary diet and proteins sources” (54.5%), “healthier not too much meat” (49.3%), “animal welfare” (48.4%). Pattern 5 was interpreted as the “Moderate motives” pattern.

### **Sociodemographic, anthropometric and lifestyle characteristics for each motivational pattern**

Compared to the other patterns and the total sample, the “Weak motives” pattern was characterized by a higher proportion of men, older participants, participants with no occupation, unemployed or with occupations such as managerial staff and intellectual profession, those living in a rural area and those in couples without children. They were also more likely to be overweight or obese and to declare a weight loss diet at least 5 years before to the questionnaire. The “Partial sustainable motives” pattern and the “Complete sustainable motives” pattern were mainly characterized by a higher proportion of women. The “Partial sustainable motives” pattern included more participants under 65, those living in couples with at least one child and those with higher incomes. This pattern also included a large proportion of participants who had a higher level of education, those with a normal BMI and those with a moderate and high physical activity. The “Complete sustainable motives” pattern had the highest proportion of self-employed, farmers, employees, or manual workers, those with incomes between 1200 and 1800 euros, those living alone with or without children those having a lower level of education. This pattern also had the highest proportion of individuals with a normal BMI and had a higher physical activity.

The “Motives, no inducing meat reduction” pattern included the highest proportion of young individuals, postgraduate participants, those with an occupation corresponding to managerial staff and intellectual profession, those living in bigger urban areas and those with lower incomes. This pattern was also characterized by a high proportion of men, overweight or obese participants, those with a low physical activity and those who declared a weight loss diet at least 5 years before the questionnaire.

The “Moderate motives” pattern had the highest proportion of participants aged between 50 and 65, participants with lower incomes, those living alone without children, or living with two or more adults without children, those living in a city with less than 20,000 inhabitants. This pattern had also the highest proportions of individuals who had the lowest level of education, those without an

occupation or an intermediate profession and higher proportions of self-employed, farmers, employees and manual workers. They had higher proportion of underweight participants and those with moderate physical activity.

### **Comparison of the nutritional quality of the diet by patterns**

Compared to the other patterns, “Weak motives” and “Motives, no inducing meat reduction” patterns had the highest daily mean intakes for meat products, fish and seafood and dairy foods (Figure 2). These two patterns had the lowest daily mean consumptions for the vegetables, legumes, fruits, oils, nuts, uncooked cereals, eggs, meat substitutes, plant-based drinks, vegetarian patties, fermented and coagulated foods, textured soy foods and dairy substitutes (Figure 2).

The “Full sustainable motives” and “Moderate motives” patterns had the lowest daily mean consumptions for meat products and poultry (Figure 2). The “Moderate motives” pattern had the highest daily mean consumptions for vegetables, legumes, nuts, whole grains, textured soy foods and fermented coagulated foods (Figure 2). The “Full sustainable motives” pattern had the highest daily mean consumptions for plant-based drinks, fruits, eggs, vegetarian patties, and sweets and desserts (Figure 2).

The “Partial sustainable motives” pattern showed daily mean intakes close to “Full sustainable motives” and “Moderate motives” patterns, with a lower daily mean consumption of meat products and a higher consumption of vegetables, legumes, fruits, vegetarian patties, dairy substitutes and plant-based drinks (Figure 2).

Regarding nutritional indices, “Weak motives” and “Motives, no inducing meat reduction” patterns had the lowest animal/plant proteins ratio and the lowest frequencies of individuals meeting the French and international nutritional guidelines for meat and processed meat consumption (Figure 2).

The “Partial sustainable motives”, “Complete sustainable motives” and “Moderate motives” patterns had the lowest means contribution of meat, processed meat and meat product to total energy intake (Figure 2).

The “Weak motives” pattern had the lowest PDI and the “Moderate motives” pattern had the highest. Regarding healthy and unhealthy PDI, “Moderate motives” pattern had also the highest healthy PDI whereas “Motives, no inducing meat reduction” pattern had the highest unhealthy PDI and the lowest healthy PDI. The “Complete sustainable motives” pattern had both a high PDI and a high healthy PDI (Table 5).

### **Declared recent changes in meat consumption**

Among our total sample, 12,590 participants had declared that they have recently reduced their meat consumption (less than 2 years) (Table 2). Compared to the other patterns, the “Moderate motives” pattern included a higher proportion of participants who declared they had reduced their meat consumption for more than 2 years before the questionnaire (80.3%), followed by the “Complete sustainable motives” pattern (75.6%). The “Weak motives” pattern had the highest proportion of participants who had reduced their meat consumption for less than 2 year (36.9%).

### **Summary of the characteristics of motivational patterns**

We identified three different types of motivational patterns: i) two patterns interpreted as “Weak motives” (Pattern 1) and “Motives, not inducing meat reduction” (Pattern 4), which were both associated with a lack of evidence for meat reduction in our study; ii) one pattern interpreted as “Moderate motives” (Pattern 5) associated with a moderate evidence for meat reduction in our study and iii) two patterns interpreted as “Partial sustainable motives” (Pattern 2) and “Complete sustainable motives” (Pattern 3) associated with a higher (Pattern 2) and the highest (Pattern 3) evidence for meat reduction in our study (Figure 3).

## **Discussion**

The present study identified five motivational patterns for meat reduction. We identified two patterns reflecting evidence of meat reduction, both through declared motives and observed animal food consumptions. Another pattern reflected a moderate motivation for meat reduction, also because individuals belonging to this pattern declared they had initiated a reduction of meat consumptions years before they were interrogated. Finally, two patterns did not seem to reflect evidence of motivation for meat reduction. All patterns were associated with specific nutritional, sociodemographic, anthropometric and lifestyle characteristics.

### **Patterns reflecting evidence of meat reduction**

Firstly, we identified two patterns with evidence for meat reduction: one was interpreted as the partial sustainable motives pattern, and the other one as the complete sustainable motives pattern. For these two patterns, health, nutrition and the environment were the most frequently

declared motives as having the ability to reduce meat consumption. Previous studies on the reduction of meat consumption also found that health and ethical concerns were more frequently declared (14,15,49). For example, a Canadian study identified three patterns: “meat-reducers”, “moderate-hindrance meat eaters” and “strong-hindrance meat eaters”. For all these three patterns, health was the most frequently declared motive for making conscious efforts to reduce their meat consumption (49) followed by ethics and the environment motives for the pattern “meat reducers”.

Concerning animal welfare motive, it was also quite frequently reported as a change-inducing motive by participants in the “Complete sustainable motives” pattern and to a lesser extent, in the “Partial sustainable motives” pattern. The current analyses allowed to identify a group of individuals with high concerns for animal welfare, while our previous analyses did not (18,50). These results add to previous studies reporting that animal welfare could be a lever to promote the reduction of meat consumption for some segments of the French population.

We can note that the “Complete sustainable motives” pattern” had the lowest contribution of meat and animal products to the diet, but also the highest adherence to dietary guidelines regarding red and processed meat. This in line with previous observations we made in a study about stage of change toward meat reduction where those already engaged in a sustainable food transition had a higher nutritional quality of their diet (50)

Also, the “Partial sustainable motives” and “Moderate motives” patterns were both characterized by higher consumptions of legumes and soy products, and lower consumption of meat products, compared to the “Weak motives” and “Motives, not inducing meat reduction” patterns. Consistently, they also showed a high contribution of plant foods to the diet. Based on dietary data, we can suppose that they had already started their meat reduction and they had probably adopted a diet with a higher contribution of plant food including protein-rich plant foods such as legumes. In a previous study about motives to rebalance meat and legume consumptions, we highlighted that among participants who declared a meat reduction, 60.4% also declared an increase in their consumption of legumes (18). A previous study using a latent class analysis identified six patterns according to self-reported consumption of beef, beans and soy products, and authors examined differences between their food choice motives (15). The pattern reflecting a diet of beans and soy (no consumption of beef) was composed by participants with “health and natural concerns” than the pattern composed by individuals who did not consume these plant foods. Another study on the potential reduction of meat consumption in New Zealand distinguished three groups of consumers (“abstainers”, “reducers” and “standard”) according to their reported meat consumption (51).

Environmental, animal welfare and weight control motivations were statistically higher in the “reducers” than in the “standard” consumers.

These ethical motives, including environment and animal welfare motives, could have a strong ability to induce a change for these patterns, notably for patterns “Partial sustainable motives” and “Complete sustainable motives” and may also explained their better balance between consumption of meat and legumes. Moreover, the patterns “Partial sustainable motives”, “Complete sustainable motives” and “Moderate motives” presented the highest proportions of participants who declared they have changed their meat consumption for more than two years, compared to patterns “Weak motives” and “Motives, not inducing meat reduction”. These data allowed us to confirm our results based on the observation of animal food consumption. It can be also supposed that these motives may establish eating habits that persist over the long-term. This was also highlighted by Reuzé et al, who showed in a study about dietary changes and steps towards meat reduction that people in the maintenance stage were the most concerned about animal welfare and the environment compared to the other stages of change (50). This can be explained by the fact that people who have reduced their meat consumption or who have become vegetarian for ethical reasons have had an awareness and diet consistent with their thoughts, making these individuals more likely to continue their transition to veganism or vegetarianism (52–54).

It’s important to note that the “Complete sustainable motives” pattern included participants reporting more frequently motives related to hedonistic aspects such as the dislike of meat taste and its visual appearance. Looking at their characteristics, this pattern included a higher proportion of women and reflected the lowest consumption of meat products. These results can be compared to a pattern identified in a Portuguese study (“pattern [1]”, see 5). Authors found that this pattern was partially described by the meat disgust motive and included a majority of women with low levels of animal product consumption (55). We have highlighted a pattern with the same characteristics: “Complete sustainable motives” pattern.

We highlighted that “Partial sustainable motives” “Complete sustainable motives” and “Moderate motives” patterns had a higher proportion of women, which is consistent with previous studies, where women tend to be more sensitive to animal welfare (56,57). These patterns have also the highest percentages of participants with high levels of education. These data are in accordance with the literature. It has been shown that women were more motivated to reduce their meat consumption (18) and meat consumption was higher among those with the lowest level of education than among those with the highest level (58). These results must be qualified, however, because gender, concern for animal welfare, and level of education cannot be considered the only

explanatory variables. Rather, it is related to a vegetarian identity that includes multiple factors (psychological and moral phenomena, motivations, perceptions of vegetarianism, gender, socioeconomic status, levels of education, moral values, attitudes and worldviews).

### **Patterns reflecting weak motivation for meat reduction**

The two patterns corresponding representing no evidence of motivation: “Motives, no inducing meat reduction”, and pattern “Weak motives”, represented the largest proportions of individuals who declared all motives as not important. Also, these two patterns had the highest consumption of meat products. It could be then suggested that these participants are considering reducing their meat consumption but have not yet done so. It is also important to note that these patterns had the highest proportions of overweight or obese participants, participants who had completed a weight loss diet and large percentages of participants with a low level of physical activity, especially for the pattern “Motives, no inducing meat reduction”. These are people with imbalances in animal and plant product intake, which results in the lowest average hPDI compared to the other patterns.

Nonetheless, it is important to note that these patterns have the highest proportions of participants who reported reducing their meat consumption in the last year, that is to say quite recently. This reinforces the hypothesis that these individuals are potentially at an earlier stage of food consumption changes (9,59), and may therefore still have barriers to reducing their consumption. It would therefore be interesting to study them to better understand the process of consumption change (60). For example, our results showed that these two patterns had the lowest consumption of legumes and the highest ratio of protein sources. Thus, these individuals may potentially lack of practical information on how to substitute meat products, particularly with the preparation of meals containing legumes.

In addition, higher proportions of men were observed for these two patterns. The literature is well documented on the social and cultural representations of meat, particularly those associated with masculinity and virility (61,62). A nationally representative online survey of meat reduction attitudes and behaviours in the United States found that men were more likely than women to say that they considered meat to be part of a healthy diet, and that meals were incomplete, boring or unsatisfying without meat (14). Finally, in comparison with the other patterns, and in particular with pattern “Weak motives”, pattern “Motives, no inducing meat reduction” is distinguished by its higher proportion of individuals who declared the motives as important but who do not have the ability to

induce a reduction in meat consumption. These individuals seem to be aware of the stakes involved in reducing meat consumption, which is in line with the differences in sociodemographic characteristics observed in our article and in the literature, such as being more educated, younger and living in bigger cities. Nevertheless, the individuals in pattern “Motives, no inducing meat reduction” seem to have still too many barriers that hinder the induction of a change in behavior. It is therefore important to target prevention to this type of population.

### **Strengths and limits**

Some limitations of our study must be mentioned. First, as the participants of the NutriNet-Santé cohort are volunteers, they might be more health conscious and interested in nutrition-related topics. A potential social desirability bias can be hypothesized as described in other questionnaires about nutrition and dietary behaviours. However, it should be noted that previous studies have observed a lower bias for online assessments compared to traditional assessments (63). Also, the large sample size of this study allowed us to identify several motivational patterns regarding the meat reduction. For instance, we identified a pattern with individuals having a higher meat consumption and a lower legumes consumption. Also, patterns with the motives having a greater ability to reduce meat were those with lower consumptions of meat-based products, estimated through 24-h dietary records. However, participants with the “Moderate motives” pattern had fairly high intakes of plant foods. This result of discrepancy between nutritional data and motives could be explained by the fact that more than 80% this pattern declared to have reduced their meat consumption for more than two years. We hypothesized that these participants had probably already modified their meat consumption earlier and thus reached a higher contribution of plant food to their diet.

On the other hand, the cluster analysis is based on subjective choices. Then, the robustness of this analysis allowed us to justify relevance of these choices, and indicated the stability of the method. Furthermore, its validity was confirmed by the interpretability of the patterns and their associations with nutritional, sociodemographic and lifestyle data.

To the best of our knowledge, it is the first cluster analysis that has been conducted using the motives and their ability to induce a reduction in meat consumption in a large sample. The sample size of the study allowed to identify, among self-declared meat-reducers, a broad diversity of motivational patterns. Individual characteristics such as nutritional, sociodemographic,



anthropometric and lifestyle characteristics and physical activity data enhanced a complete interpretation of the identified patterns.

## **Conclusion**

We identified five different patterns. Three patterns appeared to be associated with a rebalance between animal and plant foods; two of which are predominantly by female individuals who had a combination of change-inducing motives covering the greatest aspects of food sustainability (health, the protection of the environment or animal welfare) were the lowest consumers of meat and other animal products and another pattern that appears to have reduced their meat consumption for a long time. In comparison, the other two patterns had more men with participants who reported changing their meat consumption but their motivation levels remained relatively low and their meat consumption higher than the groups with higher motivation. Those who reported wanting to reduce their meat consumption but did not seem to be able to do so could be targeted by public health nutrition interventions and information campaigns. Further research is needed to better understand how specific motivations may influence long-term changes in meat consumption.

## **Acknowledgments**

The authors warmly thank all the volunteers of the NutriNet-Santé cohort.

We thank Cédric Agaesse, Alexandre De Sa, Rebecca Lutchia (dietitians); Thi Hong Van Duong, Younes Esseddik (IT manager), Régis Gatibelza, Jagatjit Mohinder and Aladi Timera (computer scientists); Julien Allegre, Nathalie Arnault, Laurent Bourhis and Fabien Szabo de Edelenyi, PhD (supervisor) (data-manager/statisticians) for their technical contribution to the NutriNet-Santé study and Nathalie Druesne-Pecollo, PhD (operational coordination).

## **Funding**

The NutriNet-Santé study is supported by the French Ministry of Solidarity and Health, the National Agency for Public Health (Santé Publique France), the National Institute for Health and Medical Research (INSERM), the National Research Institute for Agriculture, Food and Environment (INRAE), the National Conservatory of Arts and Crafts (CNAM), the Centre for Epidemiological Research and Statistics (CRESS) and Sorbonne Paris Nord University. The funders had no role in the design of the study, in the collection, analyses, or interpretation of data, in the writing of the manuscript, or in the decision to publish the results.

### **Contributions**

SH, CM, MT, SP, BA, EKG and NDP: Cohort study design and implementation; BA, CM, LS, AR and CP: Conceptualization; AR, CP and BA: Data curation; CP, AR, MC and BA: Formal analysis; CM and BA: Funding acquisition; CP, AR, CM, LS and BA: Investigation; CP, AR, MC and BA: Methodology; BA, CM, LS: Resources; BA and AR: Supervision; All authors : Validation; CP, AR and BA: Writing – original draft; All authors: Writing – review & editing.

### **Ethics approval and consent to participate**

The NutriNet-Santé study is conducted according to the Declaration of Helsinki guidelines and was approved by the Institutional Review Board of the French Institute for Health and Medical Research (IRB Inserm n°0000388FWA00005831) and the “Commission Nationale de l’Informatique et des Libertés” (CNIL n°908450/n°909216). The study protocol is recorded under the number: NCT03335644. All subjects provided informed consent.

### **Competing interests**

The authors declare that they have no known competing financial interests or personal relationships that could have appeared to influence the work reported in this paper

Figure 1. Flowchart of the study

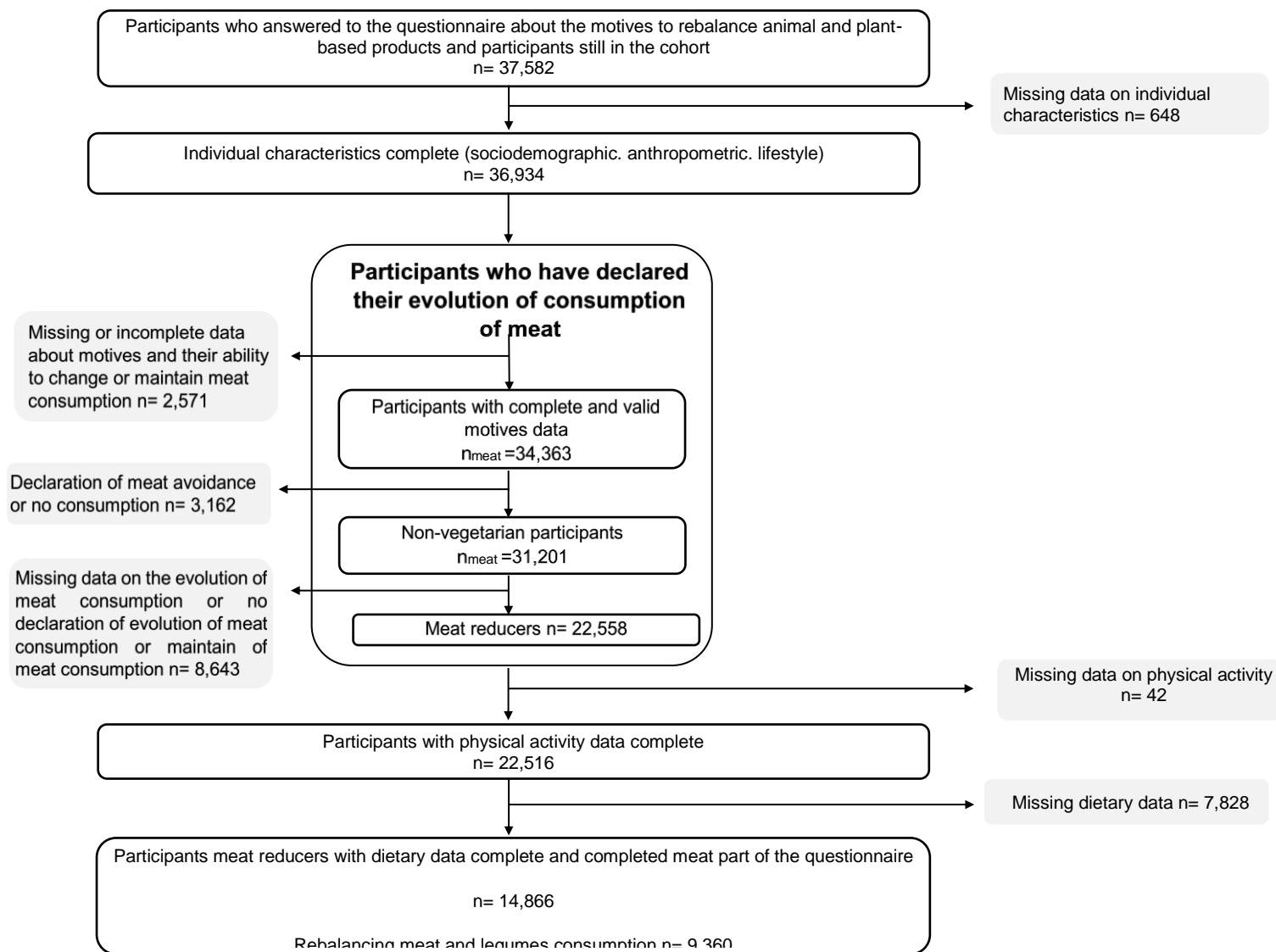


Table 1. Sociodemographic, lifestyle and anthropometrics of included, excluded and total samples, NutriNet-Santé 2009-2018, n=37,579

	Included		Excluded		p	All	
	n	%	n	%		n	%
<b>Sex</b>					<0.0001		
Men	3432	23.1	5827	25.7		9259	24.6
Women	11434	76.9	16886	74.4		37579	100
<b>Age</b>					< 0.0001		
[18-30[	504	3.4	1125	4.9		1629	4.3
[30-50[	4084	27.5	7149	31.5		11233	29.9
[50-65[	5235	35.2	7522	33.1		12757	33.9
[65+[	5043	33.9	6917	30.5		11960	31.8
<b>Age continuous (year)</b>	56.1 ± 13.9		54.51 ± 14.7		0.2	55.6 ± 14.4	
<b>Monthly household income classes</b>					< 0.0001		
< 1200 €	1754	11.8	3780	16.6		5534	14.7
1200 - 1800 €	2859	19.2	4853	21.4		7712	20.5
1800 - 2700 €	3552	23.9	5101	22.5		8653	23
> 2700 €	5374	36.2	6284	27.7		11658	31
Refused to declare	1327	8.9	2695	11.9		4022	10.7
<b>Socio-professional category<sup>1</sup></b>					< 0.0001		
Unemployed	1055	7.1	2136	9.5		3191	8.5
Self-employed, farmer, employee, manual	144	0.8	754	3.3		898	2.4
Intermediate profession	3477	23.4	6452	28.6		9929	26.5
Managerial staff, intellectual profession	3792	25.5	5121	22.7		8913	23.8
No occupation	6398	43	8125	35.9		14523	38.8
<b>Educational level<sup>1</sup></b>					<0.0001		
None or Primary	186	1.3	519	2.3		705	1.9
Secondary	3544	23.8	6621	29.2		10165	27.1
Undergraduate and others	4810	32.4	7123	31.4		11933	31.8
Post graduate	6326	42.6	8398	37.1		14724	39.2
<b>Household composition<sup>1</sup></b>					< 0.0001		

Alone without children	2682	18	4488	19.9	7170	19.1
Alone with at least one child	896	6	1698	7.5	2594	6.9
Two adults living as a couple without	6511	43.8	8779	38.9	15290	40.8
Two adults living as a couple with at least	4533	30.5	6933	30.7	11466	30.6
Two or more adult without children	244	1.6	693	3.1	937	2.5
<b>Size of the urban residence unit <sup>1</sup></b>					0.0004	
Rural	3235	21.8	4948	22.3	8183	22.1
< 20,000 inhabitants	2763	18.6	4063	18.3	6826	18.4
20,000 – 200,000 inhabitants	2275	15.3	3408	15.3	5683	15.3
> 200,000 inhabitants	6593	44.4	9791	44.1	16384	44.2
<b>BMI (kg/m<sup>2</sup>)<sup>1</sup></b>					< 0.0001	
Underweight	657	4.4	1086	5	1743	4.8
Normal	9835	66.2	12456	57.4	22291	61
Overweight	3330	22.4	5503	25.4	8833	24.2
Obesity	1044	7	2658	12.3	3702	10.1
<b>BMI continuous (kg/m<sup>2</sup>)<sup>1</sup></b>	23.7 ± 4.1		24.5 ± 4.9		< 0.0001	24.2 ± 4.6
<b>Latest weight loss diet</b>					< 0.0001	
No declared diet	6172	41.5	11296	49.7	17468	46.5
Last food diet followed in the first 5 years	1131	7.6	1210	5.3	2341	6.2
Last food diet followed after the first 5 years	7563	50.9	10207	44.9	17770	47.3
<b>Physical activity</b>					< 0.0001	
High physical activity	6483	43.6	10167	45	16650	44.5
Moderate physical activity	5990	40.3	8380	37.1	14370	38.4
Low physical activity	2393	16.1	4057	18	6450	17.2

<sup>1</sup> Missing data in the excluded group

Table 2. Description of motive items for meat reduction according to the five patterns and total sample, NutriNet-Santé study, 2018

	<b>Total sample</b>	<b>Pattern 1</b>	<b>Pattern 2</b>	<b>Pattern 3</b>	<b>Pattern 4</b>	<b>Pattern 5</b>
		Weak motives	Partial sustainable motives	Complete sustainable motives	Motives, no inducing meat reduction	Moderate motives
	<b>n = 14,866</b>	<b>n= 2,627</b>	<b>n= 7,813</b>	<b>n= 1,748</b>	<b>n= 2,485</b>	<b>n= 193</b>
	<b>%</b>	<b>%</b>	<b>%</b>	<b>%</b>	<b>%</b>	<b>%</b>
<b>Motives</b>						
<b>Dislike taste of meat<sup>1</sup></b>						
No motive	92.9	98.7	100	49.9	98.3	44
Motive, not change-inducing	0.7	0	0	0	0	50.8
Change-inducing motive	6.5	1.3	0	50.1	1.7	5.2
<b>Dislike visual of meat</b>						
No motive	84.7	95	92.5	24.2	89	64.7
Motive, not change-inducing	6.7	3.6	7.2	2.6	9.5	23.3
Change-inducing motive	8.5	1.4	0.3	73.2	1.5	12
<b>Vary diet and proteins sources</b>						
No motive	10.4	38.8	2.5	2.4	6.3	9.7
Motive, not change-inducing	20.5	21.4	6.2	4.3	61	35.8
Change-inducing motive	69.1	39.9	91.2	93.4	32.6	54.5
<b>Healthier not too much meat</b>						
No motive	15.6	62	2.6	3.2	8.8	11.3
Motive, not change-inducing	13.7	4.8	1.7	2.8	55.7	39.3
Change-inducing motive	70.8	33.1	95.7	94	35.5	49.3
<b>Healthier not eat meat at all<sup>1</sup></b>						
No motive	92.7	99	93.6	75.1	99.5	43.5
Motive, not change-inducing	0.7	0	0	0	0	52.9
Change-inducing motive	6.6	1	6.4	24.9	0.5	3.6
<b>Animal welfare</b>						
No motive	27	57.4	18.2	12.5	24.9	20.9
Motive, not change-inducing	27.4	30.3	15.8	5.4	62.9	30.7
Change-inducing motive	45.6	12.3	66	82.1	12.2	48.4
<b>Environment</b>						

No motive	17.6	69.7	2.8	5.1	10.5	14.1
Motive, not change-inducing	15.4	8.2	4.3	3.8	67.1	29
Change-inducing motive	64.4	22.1	92.9	91	22.4	56.9
<b>The people I live with don't like/eat</b>						
No motive	89.4	96	89.5	69.9	92.6	84.1
Motive, not change-inducing	2.27	1.9	2	1.8	5.7	5.5
Change-inducing motive	7.9	2.1	8.5	28.3	1.8	10.4
<b>Doctor's advice<sup>2</sup></b>						
No motive	94.1	96	92.6	90.9	97.2	93.4
Motive, not change-inducing	0.5	0.6	0.2	0.2	1.2	1.6
Change-inducing motive	5.5	3.4	7.3	8.9	1.6	5
<b>Budget</b>						
No motive	42.6	65.2	33.2	29.6	47.7	47.1
Motive, not change-inducing	19.9	14.8	17.5	13.1	33.7	26.7
Change-inducing motive	37.4	20	49.2	57.3	18.6	26.2
<b>Quality</b>						
No motive	63.2	73.1	63	48.4	61.7	57.7
Motive, not change-inducing	10.8	11	5.9	5.9	24	17.7
Change-inducing motive	26.1	16	31.1	45.7	14.2	24.7
<b>Conservation</b>						
No motive	91.9	94.3	94.7	81.5	89.5	86.1
Motive, not change-inducing	2.6	2.6	1.3	1.3	5.9	6.7
Change-inducing motive	5.5	3.2	4.1	17.2	4.6	7.3
<b>Duration of the reduction in meat</b>						
More than 2 years	68.3	63.1	68.2	75.6	68.1	80.3

<sup>1</sup> Not adjusted on sociodemographic variables

<sup>2</sup> Adjusted on sociodemographic variables except age, socio-professional category and household composition

Table 3. Description of sociodemographic, anthropometric and lifestyle characteristics according to the total sample and the five patterns, NutriNet-Santé study, 2018 (n=14,866)

	<b>Total sample</b>	<b>Pattern 1</b> Weak motives	<b>Pattern 2</b>	<b>Pattern 3</b> Complete	<b>Pattern 4</b> Motives, no	<b>Pattern 5</b> Moderate motives
	<b>n = 14,866</b>	<b>n= 2,627</b>	<b>n= 7,813</b>	<b>n= 1,748</b>	<b>n= 2,485</b>	<b>n= 193</b>
	<b>%</b>	<b>%</b>	<b>%</b>	<b>%</b>	<b>%</b>	<b>%</b>
<b>Sex</b>						
Men	11.7	13.1	11.5	6.3	15	12.3
Women	88.3	86.9	88.5	93.7	85	87.7
<b>Socio-professional category</b>						
Unemployed	7.7	8.1	7.6	9.3	7	6
No occupation	1.8	2.4	1.3	1.5	2.1	3.6
Self-employed, farmer, employee, manual worker	40.5	39.5	41	42.1	39.5	41.7
Intermediate profession	23.8	22.9	24.2	22.9	24.2	25.7
Managerial staff, intellectual profession	26.2	27.2	25.9	24.3	27.2	23
<b>Age (continous)</b>	56.1 ± 13.8	60.3 ± 13.0	55.2 ± 13.6	55.4 ± 13.7	55.0 ± 14.6	56.5 ± 14.3
<b>Age<sup>1</sup></b>						
[18-30[	2.7	1.8	2.7	2.8	3.7	1.1
[30-50[	26.6	19.4	28.2	26.4	30.3	23.9
[50-65[	40.9	38.9	42.3	41.2	38.3	45.3
[65+[	29.8	39.9	26.8	29.6	27.7	29.6
<b>Educational level</b>						
None or Primary	0	0.1	0	0.1	0.04	0.1
Secondary	22.5	29.4	20	23.3	21.2	24.9
Undergraduate and others	38.3	36	39.3	39.7	38	34.1
Post graduate	39.2	34.5	40.7	36.9	40.8	40.9
<b>Monthly household income classes</b>						
Refused to declare	13.4	14.8	13.5	12.8	12	14.7
< 1200 €	28.7	27.5	28.1	27.8	31.1	33.4



1200 - 1800 €	30.3	30.8	29.6	32.4	30.2	27.9
1800 - 2700 €	16.9	16.8	17.3	16.5	16.8	14.7
> 2700 €	10.7	10.1	11.5	10.5	9.9	9.3
<b>Household composition</b>						
Alone without children	35.6	34.4	35.2	38.7	36.1	40.4
Alone with at least one child	6.4	6.6	6.1	7.1	7	5.3
Two adults living as a couple without children	45.8	46.5	45.7	42.4	45.4	43.6
Two adults living as a couple with at least one child	11.5	11.6	12.2	11.1	10.9	9.6
Two or more adult without children	0.7	0.8	0.7	0.7	0.6	1.1
<b>Size of the urban residence unit</b>						
Rural	19	20.2	18.7	18.2	18.9	16.8
< 20,000 inhabitants	14.6	14.3	14.5	15.7	14.2	19.2
20,000 – 200,000 inhabitants	19.3	19.1	19.4	19.9	18.8	19.4
> 200,000 inhabitants	47.2	46.4	47.4	46.3	48.1	44.6
<b>Latest weight loss diet</b>						
No declared diet	47.7	46.3	48.5	47.9	46.8	54
Last food diet followed in the first 5 years prior to the questionnaire	11.3	11.9	11.1	11.3	11.5	10.2
Last food diet followed after the first 5 years prior to the questionnaire	40.9	41.8	40.4	40.8	41.8	35.8
<b>BMI</b>						
Underweight	1.5	1.2	1.5	2.1	1.23	2.5
Normal	66.5	60.9	69.4	71.3	62.9	68.4
Overweight	24.8	28.7	23	20.6	27.3	24.3
Obesity	7.2	9.2	6.1	6	8.5	4.9
<b>Physical activity</b>						
High physical activity	41.8	43.6	42	42.4	39.3	38.5
Moderate physical activity	38	36.8	38.8	38.2	37.5	41
Low physical activity	20.2	19.6	19.3	19.5	23.3	20.5

<sup>1</sup> Adjusted only on BMI, Latest weight loss diet, Size of the urban residence unit, Household composition, Monthly household income classes, Age and Sex

Figure 2. Mean food groups consumption intake or % consumers, mean indices or scores reflecting animal and plant food sources and nutritional quality of plant-based diets according the five patterns, NutriNet-Santé study, 2018 (n=14,866)

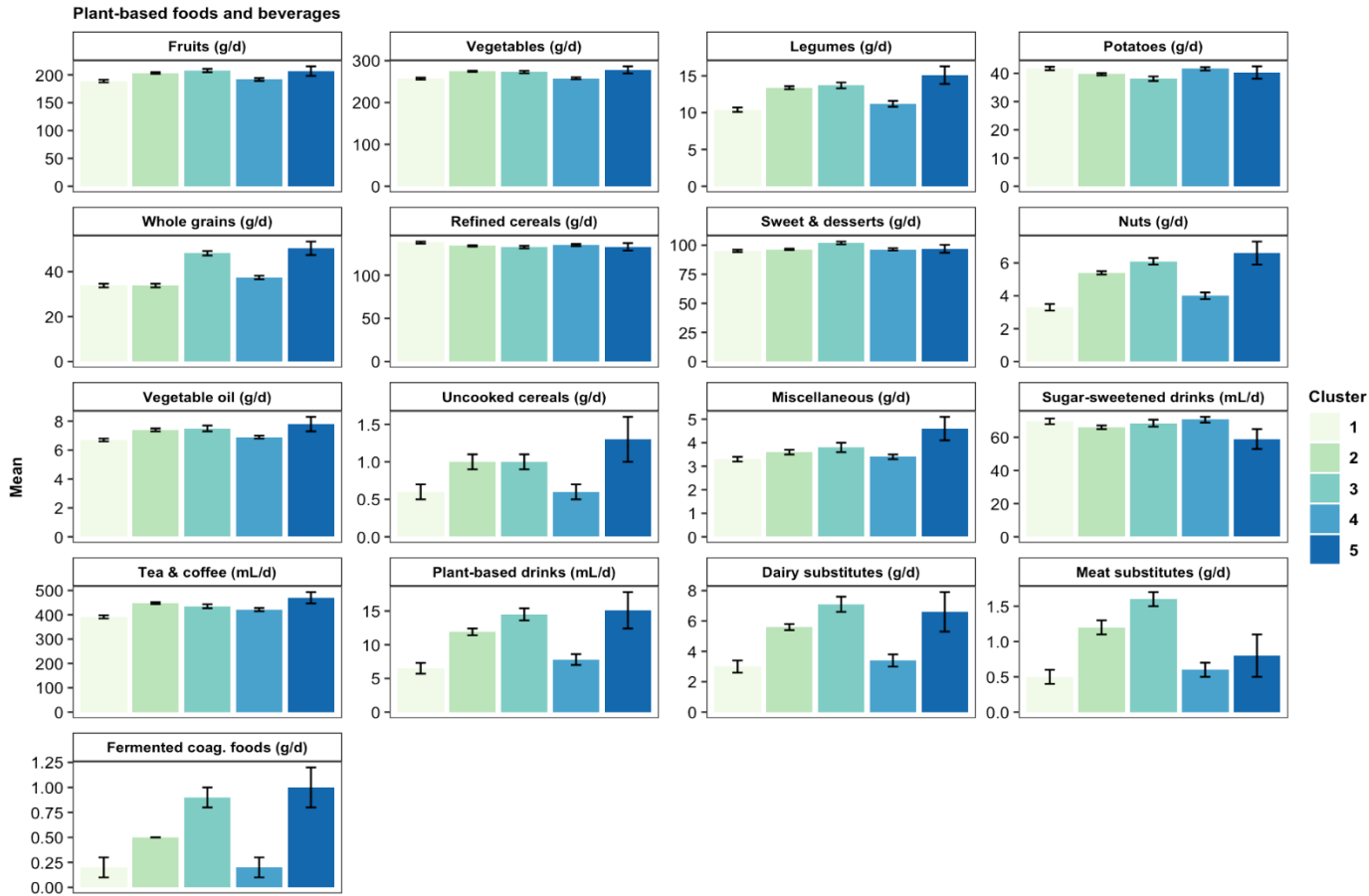
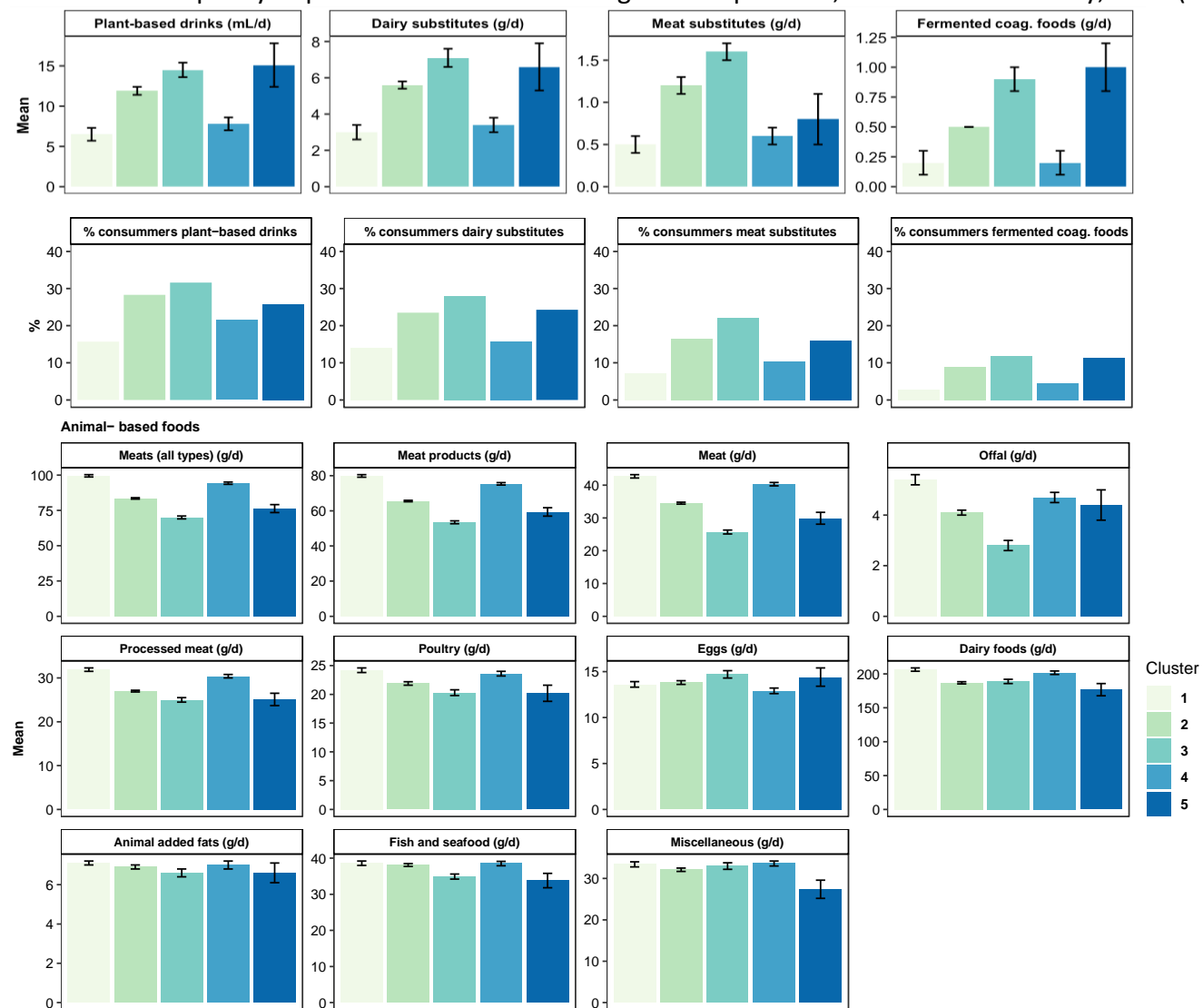
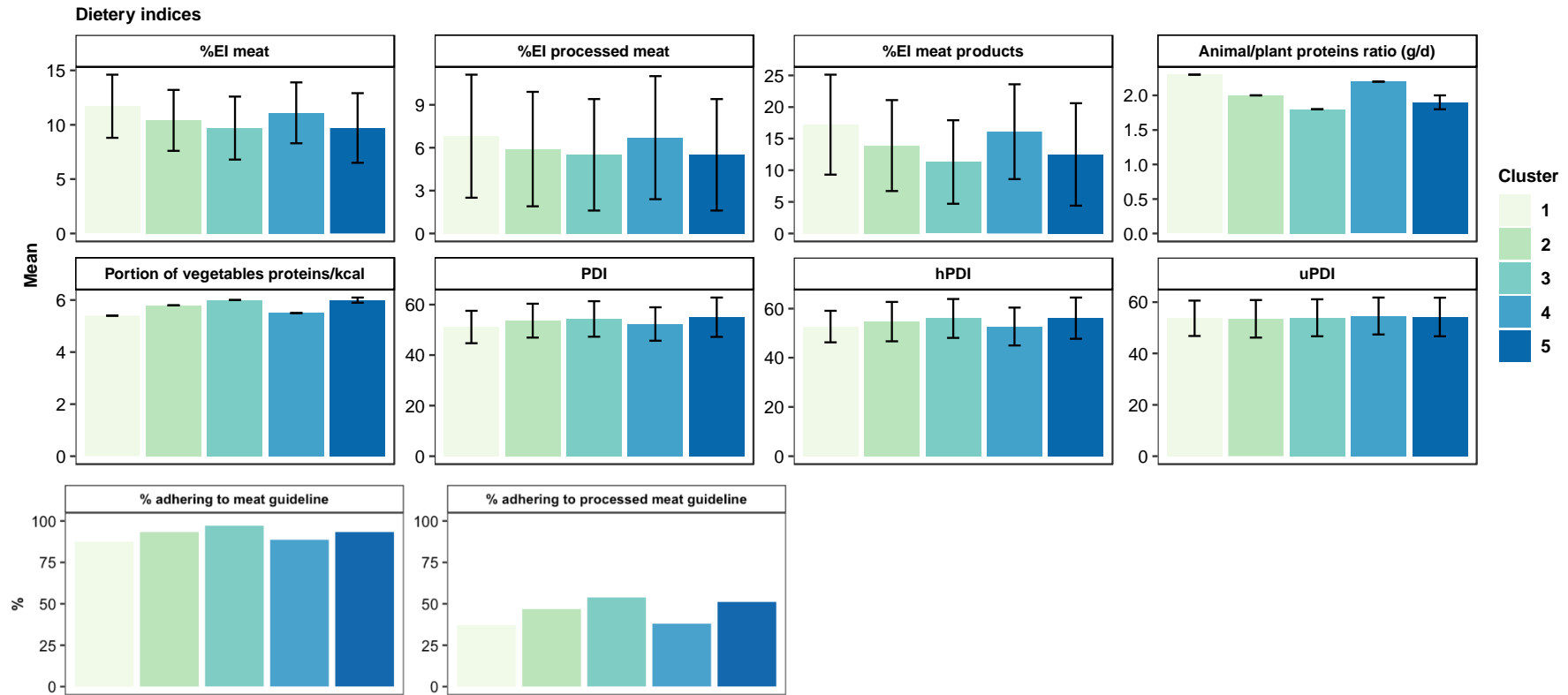


Figure 2 (continued). Mean food groups consumption intake or % consumers, mean indices or scores reflecting animal and plant food sources and nutritional quality of plant-based diets according the five patterns, NutriNet-Santé study, 2018 (n=14,866)<sup>1</sup>





<sup>1</sup> Values are means adjusted for age, sex and total energy intake  $\pm$  SEM

"Meat products": meat, offal and processed meat

"Miscellaneous plant-based foods" group includes plant-based sugary or salty snacks, nuts and peanut butter, and plant-based meat and dairy substitutes. including all plant products used as substitutes for animal and all processed vegetarian products (protein substitutes, plant-based processed meats, dairy substitutes, plant-based salty snacks and fast food).

"Miscellaneous animal foods" group includes all dressings, sauces and animal-based salty snacks and fast foods.

"Fermented coag. foods": Fermented and coagulated food

## References

1. Garnett T. Where are the best opportunities for reducing greenhouse gas emissions in the food system (including the food chain)? *Food Policy*. 2011;36:S23-32. DOI: 10.1016/j.foodpol.2010.10.010
2. Tilman D, Clark M. Global diets link environmental sustainability and human health. *Nature*. Nature Publishing Group; 2014;515(7528):518-22. DOI: 10.1038/nature13959
3. Willett W, Rockström J, Loken B, Springmann M, Lang T, Vermeulen S, et al. Food in the Anthropocene: the EAT–Lancet Commission on healthy diets from sustainable food systems. *The Lancet*. 2019;393(10170):447-92. DOI: 10.1016/S0140-6736(18)31788-4
4. Camilleri GM, Verger EO, Huneau J-F, Carpentier F, Dubuisson C, Mariotti F. Plant and Animal Protein Intakes Are Differently Associated with Nutrient Adequacy of the Diet of French Adults. *The Journal of Nutrition*. 2013;143(9):1466-73. DOI: 10.3945/jn.113.177113
5. Halkjær J, Olsen A, Bjerregaard LJ, Deharveng G, Tjønneland A, Welch AA, et al. Intake of total, animal and plant proteins, and their food sources in 10 countries in the European Prospective Investigation into Cancer and Nutrition. *Eur J Clin Nutr*. Nature Publishing Group; 2009;63(4):S16-36. DOI: 10.1038/ejcn.2009.73
6. de Gavelle E, Huneau J-F, Bianchi CM, Verger EO, Mariotti F. Protein Adequacy Is Primarily a Matter of Protein Quantity, Not Quality: Modeling an Increase in Plant:Animal Protein Ratio in French Adults. *Nutrients*. 2017;9(12). DOI: 10.3390/nu9121333
7. FAO. *Légumineuses: des graines pour un avenir durable*. Rome, Italy: FAO; 2016. DOI: 10.4060/i5528f
8. Rio C. Les légumes secs, aliments de choix à valoriser. *Cahiers de Nutrition et de Diététique*. 2017;52(2):71-7. DOI: 10.1016/j.cnd.2016.11.006
9. Klöckner CA. A stage model as an analysis framework for studying voluntary change in food choices – The case of beef consumption reduction in Norway. *Appetite*. 2017;108:434-49. DOI: 10.1016/j.appet.2016.11.002
10. Poquet D, Chambaron-Ginhac S, Issanchou S, Monnery-Patris S. Interroger les représentations sociales afin d'identifier des leviers en faveur d'un rééquilibrage entre protéines animales et végétales : approche psychosociale. *Cahiers de Nutrition et de Diététique*. 2017;52(4):193-201. DOI: 10.1016/j.cnd.2017.05.002
11. Steptoe A, Wardle J. Motivational factors as mediators of socioeconomic variations in dietary intake patterns. *Psychology & Health*. Routledge; 1999;14(3):391-402. DOI: 10.1080/08870449908407336
12. Tobler C, Visschers VHM, Siegrist M. Eating green. Consumers' willingness to adopt ecological food consumption behaviors. *Appetite*. 2011;57(3):674-82. DOI: 10.1016/j.appet.2011.08.010
13. Lentz G, Connelly S, Miroso M, Jowett T. Gauging attitudes and behaviours: Meat consumption and potential reduction. *Appetite*. 2018;127:230-41. DOI: 10.1016/j.appet.2018.04.015
14. Neff RA, Edwards D, Palmer A, Ramsing R, Righter A, Wolfson J. Reducing meat consumption in the USA: a nationally representative survey of attitudes and behaviours. *Public Health Nutr*. 2018;21(10):1835-44. DOI: 10.1017/S1368980017004190
15. Vainio A, Niva M, Jallinoja P, Latvala T. From beef to beans: Eating motives and the replacement of animal proteins with plant proteins among Finnish consumers. *Appetite*. 2016;106:92-100. DOI: 10.1016/j.appet.2016.03.002
16. [En ligne]. Segmentation Based on Consumers' Perceived Importance and Attitude toward Farm Animal Welfare | The International Journal of Sociology of Agriculture and Food [cité le 9 juin 2021]. Disponible: <http://ijsaf.org/index.php/ijsaf/article/view/286>
17. Nestle M, Wing R, Birch L, DiSogra L, Drewnowski A, Middleton S, et al. Behavioral and Social Influences on Food Choice. *Nutrition Reviews*. 1998;56(5):50-64. DOI: 10.1111/j.1753-4887.1998.tb01732.x
18. Reuzé A, Méjean C, Carrère M, Sirieix L, Druésne-Pecollo N, Péneau S, et al. Rebalancing meat and legume consumption: change-inducing food choice motives and associated individual characteristics in non-vegetarian adults. *Int J Behav Nutr Phys Act*. 2022;19:112. DOI: 10.1186/s12966-022-01317-w
19. Reuzé, A., Méjean, C., Carrère, M., Sirieix, L., Pecollo, N., Péneau, S., Touvier, M., Kesse-Guyot, E., Allès, B. Identifying attitudes and their ability to decrease meat consumption among non-vegetarians from the NutriNet- Santé cohort. *The Future of Food and Healthcare*. VegMed Web 2021. Scientific Congress for Plant-Based Nutrition and Medicine. February 28 to March 2, 2021. Abstracts. *Complement Med Res*. 2021;28(Suppl. 1):1-14. DOI: 10.1159/000514476
20. Lacroix K, Gifford R. Reducing meat consumption: Identifying group-specific inhibitors using latent profile analysis. *Appetite*. 2019;138:233-41. DOI: 10.1016/j.appet.2019.04.002

21. Graça J, Calheiros MM, Oliveira A. Attached to meat? (Un)Willingness and intentions to adopt a more plant-based diet. *Appetite*. 2015;95:113-25. DOI: 10.1016/j.appet.2015.06.024
22. Apostolidis C, McLeay F. Should we stop meat like this? Reducing meat consumption through substitution. *Food Policy*. 2016;65:74-89. DOI: 10.1016/j.foodpol.2016.11.002
23. Hercberg S, Castetbon K, Czernichow S, Malon A, Mejean C, Kesse E, et al. The Nutrinet-Santé Study: a web-based prospective study on the relationship between nutrition and health and determinants of dietary patterns and nutritional status. *BMC Public Health*. 2010;10(1):242. DOI: 10.1186/1471-2458-10-242
24. Allès B, Péneau S, Kesse-Guyot E, Baudry J, Hercberg S, Méjean C. Food choice motives including sustainability during purchasing are associated with a healthy dietary pattern in French adults. *Nutr J*. 2017;16. DOI: 10.1186/s12937-017-0279-9
25. Péneau S, Fassier P, Allès B, Kesse-Guyot E, Hercberg S, Méjean C. Dilemma between health and environmental motives when purchasing animal food products: sociodemographic and nutritional characteristics of consumers. *BMC Public Health*. 2017;17(1):876. DOI: 10.1186/s12889-017-4875-6
26. Sautron V, Péneau S, Camilleri GM, Muller L, Ruffieux B, Hercberg S, et al. Validity of a questionnaire measuring motives for choosing foods including sustainable concerns. *Appetite*. 2015;87:90-7. DOI: 10.1016/j.appet.2014.12.205
27. Hercberg S, Castetbon K, Czernichow S, Malon A, Mejean C, Kesse E, et al. The Nutrinet-Santé Study: a web-based prospective study on the relationship between nutrition and health and determinants of dietary patterns and nutritional status. *BMC Public Health*. 2010;10:242. DOI: 10.1186/1471-2458-10-242
28. LE MOULLEC N, DEHEEGER M, HERCBERG S, PREZIOSI P, MONTEIRO P, VALEIX P, et al. Validation du manuel-photos utilisé pour l'enquête alimentaire de l'étude SU.VI.MAX. *Cah Nutr Diét*. Paris: Masson; 1996;31(3):158-64.
29. Arnault N, Caillot L, Castetbon K, Coronel S, Deschamps V, Fezeu L. Table de composition des aliments NutriNet-Santé. Paris (France): Editions Économica; 2013.
30. Black AE. Critical evaluation of energy intake using the Goldberg cut-off for energy intake: basal metabolic rate. A practical guide to its calculation, use and limitations. *Int J Obes Relat Metab Disord*. 2000;24(9):1119-30. DOI: 10.1038/sj.ijo.0801376
31. Touvier M, Kesse-Guyot E, Méjean C, Pollet C, Malon A, Castetbon K, et al. Comparison between an interactive web-based self-administered 24 h dietary record and an interview by a dietitian for large-scale epidemiological studies. *Br J Nutr*. 2011;105(7):1055-64. DOI: 10.1017/S0007114510004617
32. Lassale C, Castetbon K, Laporte F, Camilleri GM, Deschamps V, Vernay M, et al. Validation of a Web-based, self-administered, non-consecutive-day dietary record tool against urinary biomarkers. *Br J Nutr*. 2015;113(6):953-62. DOI: 10.1017/S0007114515000057
33. Lassale C, Castetbon K, Laporte F, Deschamps V, Vernay M, Camilleri GM, et al. Correlations between Fruit, Vegetables, Fish, Vitamins, and Fatty Acids Estimated by Web-Based Nonconsecutive Dietary Records and Respective Biomarkers of Nutritional Status. *J Acad Nutr Diet*. 2016;116(3):427-438.e5. DOI: 10.1016/j.jand.2015.09.017
34. Satija A, Bhupathiraju SN, Rimm EB, Spiegelman D, Chiuve SE, Borgi L, et al. Plant-Based Dietary Patterns and Incidence of Type 2 Diabetes in US Men and Women: Results from Three Prospective Cohort Studies. *PLoS Med*. 2016;13(6). DOI: 10.1371/journal.pmed.1002039
35. Gehring J, Touvier M, Baudry J, Julia C, Buscail C, Srour B, et al. Consumption of Ultra-Processed Foods by Pesco-Vegetarians, Vegetarians, and Vegans: Associations with Duration and Age at Diet Initiation. *J Nutr*. 2021;151(1):120-31. DOI: 10.1093/jn/nxaa196
36. HCSP. Pour une Politique nutritionnelle de santé publique en France. PNNS 2017-2021 [En ligne]. Rapport de l'HCSP Paris: Haut Conseil de la Santé Publique; 12 sept 2017 [cité le 18 oct 2022]. Disponible: <https://www.hcsp.fr/explore.cgi/avisrapportsdomaine?clefr=632>
37. Continuous Update Project Report. Food, nutrition, physical activity, and the prevention of colorectal cancer. Colorectal cancer 2011 report [Internet]. London: WCRF; 2011. Available from: <https://www.wkof.nl/sites/default/files/Colorectal-Cancer-2011-Report.pdf>. [En ligne]. [cité le 18 oct 2022].
38. de Gavelle E, Huneau J-F, Bianchi CM, Verger EO, Mariotti F. Protein Adequacy Is Primarily a Matter of Protein Quantity, Not Quality: Modeling an Increase in Plant:Animal Protein Ratio in French Adults. *Nutrients*. 2017;9(12). DOI: 10.3390/nu9121333
39. Bianchi CM, Egnell M, Huneau J-F, Mariotti F. Plant Protein Intake and Dietary Diversity Are Independently Associated with Nutrient Adequacy in French Adults. *The Journal of Nutrition*. 2016;146(11):2351-60. DOI: 10.3945/jn.116.236869

40. Satija A, Bhupathiraju SN, Spiegelman D, Chiuve SE, Manson JE, Willett W, et al. Healthful and unhealthful plant-based diets and the risk of coronary heart disease in US adults. *J Am Coll Cardiol*. 2017;70(4):411-22. DOI: 10.1016/j.jacc.2017.05.047
41. Hagströmer M, Oja P, Sjöström M. The International Physical Activity Questionnaire (IPAQ): a study of concurrent and construct validity. *Public Health Nutr*. 2006;9(6):755-62. DOI: 10.1079/phn2005898
42. Lassale C, Péneau S, Touvier M, Julia C, Galan P, Hercberg S, et al. Validity of Web-Based Self-Reported Weight and Height: Results of the Nutrinet-Santé Study. *J Med Internet Res*. 2013;15(8). DOI: 10.2196/jmir.2575
43. WHO [En ligne]. WHO | Obesity: preventing and managing the global epidemic [cité le 29 avr 2021]. Disponible: [http://www.who.int/entity/nutrition/publications/obesity/WHO\\_TRS\\_894/en/index.html](http://www.who.int/entity/nutrition/publications/obesity/WHO_TRS_894/en/index.html)
44. Khattree R, Naik D. *Multivariate Data Reduction and Discrimination With SAS Software*. 2000;
45. Lebart L, Piron M, Morineau A. *Statistique exploratoire multidimensionnelle*. Paris: Dunod; 1995.
46. Steinfeld Henning. *Livestock's long shadow: environmental issues and options* [En ligne]. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations; 2006 [cité le 10 mai 2021]. Disponible: <http://proxy.insermbiblio.inist.fr/login?url=http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&AuthType=ip,url,uid&db=edshlc&AN=edshlc.010210548.0&lang=fr&site=eds-live>
47. Willett W. *Nutritional Epidemiology*. Third Edition. Oxford, New York: Oxford University Press; 2012. (Monographs in Epidemiology and Biostatistics).
48. Seconda L, Baudry J, Allès B, Hamza O, Boizot-Szantai C, Soler L-G, et al. Assessment of the Sustainability of the Mediterranean Diet Combined with Organic Food Consumption: An Individual Behaviour Approach. *Nutrients*. 2017;9(1). DOI: 10.3390/nu9010061
49. Lacroix K, Gifford R. Reducing meat consumption: Identifying group-specific inhibitors using latent profile analysis. *Appetite*. 2019;138:233-41. DOI: 10.1016/j.appet.2019.04.002
50. Reuzé A, Méjean C, Sirieix L, Baudry J, Kesse-Guyot E, Druésne-Pecollo N, et al. Stages of change toward meat reduction: Associations with motives and longitudinal dietary data on animal-based and plant-based food intakes in French adults. *The Journal of Nutrition*. 2023; DOI: 10.1016/j.tjnut.2023.09.017
51. Lentz G, Connelly S, Miroso M, Jowett T. Gauging attitudes and behaviours: Meat consumption and potential reduction. *Appetite*. 2018;127:230-41. DOI: 10.1016/j.appet.2018.04.015
52. Mathieu S, Dorard G. Végétarisme, végétalisme, véganisme : aspects motivationnels et psychologiques associés à l'alimentation sélective. *La Presse Médicale*. 2016;45(9):726-33. DOI: 10.1016/j.lpm.2016.06.031
53. Ruby MB, Alvarenga MS, Rozin P, Kirby TA, Richer E, Rutzstein G. Attitudes toward beef and vegetarians in Argentina, Brazil, France, and the USA. *Appetite*. 2016;96:546-54. DOI: 10.1016/j.appet.2015.10.018
54. Fox N, Ward KJ. You are what you eat? Vegetarianism, health and identity. *Social Science & Medicine*. 2008;66(12):2585-95. DOI: 10.1016/j.socscimed.2008.02.011
55. Graça J, Oliveira A, Calheiros MM. Meat, beyond the plate. Data-driven hypotheses for understanding consumer willingness to adopt a more plant-based diet. *Appetite*. 2015;90:80-90. DOI: 10.1016/j.appet.2015.02.037
56. Tamioso PR, Rucinke DS, Miele M, Boissy A, Molento CFM. Perception of animal sentience by Brazilian and French citizens: The case of sheep welfare and sentience. *PLoS One*. 2018;13(7). DOI: 10.1371/journal.pone.0200425
57. Ruby MB. Vegetarianism. A blossoming field of study. *Appetite*. 2012;58(1):141-50. DOI: 10.1016/j.appet.2011.09.019
58. Méjean C, Hassen WS, Lecossais C, Allès B, Péneau S, Hercberg S, et al. Socio-economic indicators are independently associated with intake of animal foods in French adults. *Public Health Nutrition*. 2016;19(17):3146-57. DOI: 10.1017/S1368980016001610
59. Weibel C, Ohnmacht T, Schaffner D, Kossmann K. Reducing individual meat consumption: An integrated phase model approach. *Food Quality and Preference*. 2019;73:8-18. DOI: 10.1016/j.foodqual.2018.11.011
60. Reuzé A, Méjean C, Sirieix L, Baudry J, Kesse-Guyot E, Pecollo ND, et al. Changes in animal and healthy plant food consumptions over time: associations with stages of change towards meat reduction and their motives. *Dans: 2022* [cité le 17 févr 2023].
61. [En ligne]. Real men don't eat (vegetable) quiche: Masculinity and the justification of meat consumption. - *PsycNET* [cité le 10 juin 2021]. Disponible: <https://doi.apa.org/doiLanding?doi=10.1037%2Fa0030379>

62. Kildal CL, Syse KL. Meat and masculinity in the Norwegian Armed Forces. *Appetite*. 2017;112:69-77. DOI: 10.1016/j.appet.2016.12.032

63. [En ligne]. *JMIR Public Health and Surveillance - Lessons Learned From Methodological Validation Research in E-Epidemiology* [cité le 10 juin 2021]. Disponible: <https://publichealth.jmir.org/2016/2/e160/>



Supplemental 1. Mean nutrients<sup>1</sup> consumption intake according to the five patterns, NutriNet-Santé study, 2018 (n=14,866)

	Pattern 1	Pattern 2	Pattern 3	Pattern 4	Pattern 5	p
	Weak motives	Pattern 2	Complete sustainable motives	Motives, no inducing meat reduction	Moderate motives	
	m ± SEM	m ± SEM	m ± SEM	m ± SEM	m ± SEM	
Kcal	1854.3 ± 423	1859.5 ± 407.6	1800.4 ± 389.9	1891.4 ± 417.6	1890.5 ± 489.2	<0.0001
Proteins (g/d)	77.3 ± 0.2	74.2 ± 0.1	71.6 ± 0.3	76.1 ± 0.2	72 ± 0.8	<0.0001
Plant proteins (g/d)	24.2 ± 0.1	26 ± 0.1	26.8 ± 0.1	24.6 ± 0.1	27.1 ± 0.4	<0.0001
Animal proteins (g/d)	53.1 ± 0.2	48.2 ± 0.2	44.7 ± 0.3	51.6 ± 0.3	44.9 ± 0.9	<0.0001
Total carbohydrates (g/d)	188.2 ± 0.6	191.5 ± 0.4	196.7 ± 0.7	189.2 ± 0.6	194.2 ± 2	<0.0001
Complex carbohydrates (g/d)	101.9 ± 0.4	103.8 ± 0.3	105.9 ± 0.6	101.9 ± 0.5	106.5 ± 1.6	<0.0001
Simple glucides (g/d)	85.7 ± 0.4	87.1 ± 0.3	90.3 ± 0.5	86.7 ± 0.4	87.1 ± 1.5	<0.0001
Added simple sugars (g/d)	33.7 ± 0.3	33.5 ± 0.2	35.2 ± 0.4	34 ± 0.3	33.6 ± 1.1	<0.0001
Lipids (g/d)	80.3 ± 0.2	80.4 ± 0.1	80.4 ± 0.3	80.3 ± 0.2	80.1 ± 0.8	<0.0001
Vegetable lipids (g/d)	30.4 ± 0.2	33.3 ± 0.1	34.8 ± 0.3	31.6 ± 0.2	35.4 ± 0.8	<0.0001
Animal lipids (g/d)	49.8 ± 0.2	47.1 ± 0.1	45.5 ± 0.3	48.8 ± 0.2	44.6 ± 0.8	<0.0001
Added lipids (g/d)	22.8 ± 0.2	23.3 ± 0.1	23.1 ± 0.2	22.9 ± 0.2	23.2 ± 0.7	<0.0001
Added vegetable lipids (g/d)	13.9 ± 0.2	14.6 ± 0.1	14.8 ± 0.2	14.2 ± 0.2	14.9 ± 0.5	<0.0001
Added animal lipids (g/d)	8.8 ± 0.1	8.7 ± 0.1	8.4 ± 0.2	8.7 ± 0.1	8.3 ± 0.5	<0.0001
Polyunsaturated fatty acids (g/d)	11.1 ± 0.1	11.6 ± 0	11.9 ± 0.1	11.3 ± 0.1	11.9 ± 0.2	<0.0001
Monounsaturated fatty acids (g/d)	29.7 ± 0.1	30.2 ± 0.1	30.1 ± 0.1	29.9 ± 0.1	30.2 ± 0.4	<0.0001
Saturated fatty acids (g/d)	33.4 ± 0.1	32.8 ± 0.1	32.6 ± 0.2	33.2 ± 0.1	32.1 ± 0.4	<0.0001
Cholesterol (mg/d)	320.8 ± 1.7	302.1 ± 1.1	290.8 ± 2.1	311.3 ± 1.7	292.2 ± 6	<0.0001
Omega 3 (g/d)	1.4 ± 0	1.4 ± 0	1.4 ± 0	1.4 ± 0	1.4 ± 0	<0.0001
Omega 3 linoleic acid (g/d)	0.9 ± 0	1 ± 0	1.1 ± 0	1 ± 0	1 ± 0	<0.0001
EPA Omega 3 (g/d)	0.1 ± 0	0.1 ± 0	0.1 ± 0	0.1 ± 0	0.1 ± 0	<0.0001
DPA Omega 3 (g/d)	0.1 ± 0	0.1 ± 0	0.1 ± 0	0.1 ± 0	0.1 ± 0	<0.0001
DHA Omega 3 (g/d)	0.2 ± 0	0.2 ± 0	0.2 ± 0	0.2 ± 0	0.2 ± 0	<0.0001
Omega 6 (g/d)	9.1 ± 0.1	9.5 ± 0	9.8 ± 0.1	9.3 ± 0.1	9.9 ± 0.2	<0.0001
Omega 6 linoleic acid (g/d)	9 ± 0.1	9.4 ± 0	9.7 ± 0.1	9.2 ± 0.1	9.8 ± 0.2	<0.0001
Omega 6 arichidonic acid (g/d)	0 ± 0	0.1 ± 0	0.1 ± 0	0.1 ± 0	0.1 ± 0	<0.0001
Fibers (g/d)	19.3 ± 0.1	21 ± 0.1	21.6 ± 0.1	19.8 ± 0.1	21.8 ± 0.4	<0.0001
Soluble fibers (g/d)	7.2 ± 0	7.7 ± 0	7.9 ± 0.1	7.3 ± 0	7.8 ± 0.1	<0.0001
Insoluble fibers (g/d)	12.1 ± 0.1	13.3 ± 0	13.7 ± 0.1	12.5 ± 0.1	14 ± 0.3	<0.0001
Alcohol (g/d)	9.7 ± 0.2	9.4 ± 0.1	8 ± 0.2	9.8 ± 0.2	9.6 ± 0.7	<0.0001
Calcium (mg/d)	889.6 ± 4.1	887.4 ± 2.6	897.7 ± 5	887.3 ± 4.1	877.3 ± 14.4	<0.0001
Magnesium (mg/d)	336.4 ± 2.	363.5 ± 1.3	367.6 ± 2.5	346 ± 2.1	363.5 ± 7.3	<0.0001
Phosphorus (mg/d)	1240.7 ± 5.2	1259.5 ± 3.3	1262.2 ± 6.4	1250.6 ± 5.3	1247.1 ± 18.3	<0.0001
Potassium (mg/d)	2924.6 ± 10.9	2986.6 ± 6.9	2970.2 ± 13.5	2950.5 ± 11.1	2955.4 ± 38.6	<0.0001
Sodium (mg/d)	3150.1 ± 14	3090.3 ± 8.9	2962 ± 17.2	3122.6 ± 14.2	3052.7 ± 49.5	<0.0001
Copper (mg/d)	1.7 ± 0	1.8 ± 0	1.8 ± 0	1.7 ± 0	1.9 ± 0.1	<0.0001
Iron (mg/d)	13.2 ± 0.1	14 ± 0	13.9 ± 0.1	13.5 ± 0.1	14.1 ± 0.2	<0.0001
Heme iron (mg/d)	1.3 ± 0	1.1 ± 0	0.9 ± 0	1.3 ± 0	1 ± 0.1	<0.0001
Iodine (µg/d)	184.4 ± 2.2	188.3 ± 1.4	187.1 ± 2.7	184.1 ± 2.3	190.7 ± 7.8	<0.0001
Manganese (mg/d)	4 ± 0	4.6 ± 0	4.7 ± 0	4.2 ± 0	4.8 ± 0.1	<0.0001
Selenium (µg/d)	68 ± 0.4	68.2 ± 0.2	65.9 ± 0.5	68.2 ± 0.4	68.9 ± 1.3	<0.0001
Zinc (mg/d)	10.5 ± 0	10.4 ± 0	10 ± 0	10.5 ± 0	10.2 ± 0.1	<0.0001
Retinol (µg/d)	533.3 ± 8.3	495 ± 5.3	450.9 ± 10.3	502.1 ± 8.5	452.8 ± 29.5	<0.0001
Beta-carotene (µg/d)	3448.2 ± 41.2	3719.3 ± 26.1	3679.6 ± 50.9	3452.4 ± 41.8	3717.7 ± 145.9	<0.0001
Vitamin A (µg/d)	1108 ± 10.5	1114.8 ± 6.7	1064 ± 13	1077.4 ± 10.7	1072.3 ± 37.3	<0.0001
Vitamin B1 (mg/d)	1.1 ± 0	1.1 ± 0	1.1 ± 0	1.1 ± 0	1.1 ± 0	<0.0001

Vitamin B2 (mg/d)	1.7 ± 0	1.6 ± 0	1.6 ± 0	1.7 ± 0	1.6 ± 0	<0.0001
Vitamin B3 / PP totale (mg/d)	18.2 ± 0.1	18 ± 0.1	17.4 ± 0.1	18.3 ± 0.1	17.5 ± 0.3	<0.0001
Vitamin B5 (mg/d)	5.1 ± 0	5.1 ± 0	5 ± 0	5.1 ± 0	5.00 ± 0.10	<0.0001
Vitamin B6 (mg/d)	1.7 ± 0	1.7 ± 0	1.7 ± 0	1.7 ± 0	1.7 ± 0	<0.0001
Vitamin B9 (µg/d)	310.8 ± 1.5	322.5 ± 1	324.4 ± 1.9	311.4 ± 1.5	318.7 ± 5.3	<0.0001
Vitamin B12 (µg/d)	1.7 ± 0	1.6 ± 0	1.6 ± 0	1.7 ± 0	1.6 ± 0	<0.0001
Vitamin C (mg/d)	105.5 ± 1	109.1 ± 0.6	110.1 ± 1.2	104.7 ± 1	100.4 ± 3.5	<0.0001
Vitamin D (µg/d)	2.7 ± 0	2.7 ± 0	2.6 ± 0	2.7 ± 0	2.5 ± 0.1	<0.0001
Vitamin E (mg/d)	11 ± 0.1	11.6 ± 0	12 ± 0.1	11.2 ± 0.1	12.1 ± 0.2	<0.0001
Vitamin K (µg/d)	143.2 ± 2	155.1 ± 1.3	148.1 ± 2.5	142.4 ± 2	153 ± 7.1	<0.0001
Caffeine (mg/d)	214.4 ± 3.1	216.5 ± 2	206 ± 3.9	219.8 ± 3.2	207.2 ± 11.1	<0.0001

<sup>1</sup> Values are means adjusted for age, sex and total energy intake ± SEM

**SEM:** Standard error of the mean

Supplemental 2. Percentages of consumers and food groups mean consumption according the five patterns, NutriNet-Santé study, 2018

	Pattern 1 Weak motives		Pattern 2 Partial sustainable motives		Pattern 3 Complete sustainable motives		Pattern 4 Motives, no inducing meat reduction		Pattern 5 Moderate motives		p
	% consumers	m ± SD	% consumers	m ± SD	% consumers	m ± SD	% consumers	m ± SD	% consumers	m ± SD	
Fruits (g/d)	98.4	205.1 ± 121.9	98.8	207.2 ± 125.5	98.9	209.5 ± 124.8	97.5	198.8 ± 121.2	97.9	217.7 ± 156.4	0.018
Vegetables (g/d)	99.9	123.8 ± 17.7	99.9	279.9 ± 123.3	100.0	277.4 ± 123.5	99.9	262.8 ± 122.5	100.0	287.5 ± 139.2	<0.0001
Legumes (g/d)	67.9	15.0 ± 15.9	70.4	18.6 ± 19.3	70.9	18.4 ± 17.5	75.1	16.2 ± 15.7	70.5	21.3 ± 19.4	<0.0001
Potatoes	91.4	46.5 ± 30.8	90.9	43.3 ± 30.1	90.2	40.6 ± 29.3	92.6	45.3 ± 31.0	92.2	44.4 ± 33.8	<0.0001
Whole grains (g/d)	85.7	40.2 ± 38.0	90.8	48.6 ± 42.9	92.0	50.0 ± 43.3	88.2	42.0 ± 39.3	91.2	55.2 ± 55.5	<0.0001
Refined cereals <sup>1</sup> (g/d)	99.4	130.8 ± 69.9	99.6	128.6 ± 68.0	99.3	121.3 ± 63.7	99.4	133.8 ± 68.7	100.0	128.7 ± 69.0	<0.0001
Sweet and desserts (g/d)	99.2	97.1 ± 53.5	99.5	101.9 ± 55.0	99.5	104.4 ± 56.7	99.4	103.6 ± 55.8	99.0	104.6 ± 55.1	<0.0001
Nuts (g/d)	70.4	5.6 ± 8.6	77.4	7.4 ± 10.4	78.3	8.1 ± 11.4	72.8	6.1 ± 8.4	75.1	9.6 ± 11.3	<0.0001
Vegetable oil (g/d)	95.5	7.4 ± 6.2	96.3	7.9 ± 6.7	96.2	8.0 ± 6.8	96.3	7.5 ± 6.3	95.3	8.6 ± 7.4	0.0002
Uncooked cereals (g/d)	96.5	8.3 ± 6.4	97.3	8.9 ± 6.8	96.9	8.9 ± 6.8	97.4	8.4 ± 6.4	95.9	9.6 ± 7.4	<0.0001
Miscellaneous plant-based foods (g/d)	52.2	5.6 ± 7.2	58.5	6.4 ± 8.1	54.2	7.2 ± 9.9	59.2	6.1 ± 8.1	56.5	8.2 ± 18.0	<0.0001
Textured soy foods (g/d)	14.1	8.5 ± 10.5	21.8	10.2 ± 12	27.6	9.5 ± 10	16.1	8.7 ± 11.5	24.9	7.2 ± 6.2	0.0139
Vegetarian patties (g/d)	6.4	3.6 ± 6.4	10.6	4.01 ± 5.9	11.3	5.74 ± 11	7.4	4.1 ± 7.1	13.5	3.3 ± 3.1	0.0165
Plant-based drinks <sup>3</sup> (g/d)	15.7	39.9 ± 70.7	28.3	41.7 ± 63.7	31.6	45 ± 64.8	21.5	36.2 ± 57.9	25.9	58.0 ± 88.6	0.0669
Dairy substitutes (g/d)	14.1	25.1 ± 34.0	23.6	24.7 ± 32.9	27.9	26.6 ± 36.0	15.8	22.9 ± 31.5	24.3	28.6 ± 35.4	0.5174
Meat substitutes (g/d)	7.3	6.5 ± 6.3	16.5	7.3 ± 8.5	22.2	7.3 ± 7.4	10.4	6.3 ± 7.0	16.1	5.2 ± 4.2	0.1791
Fermented and coagulated foods (g/d)	2.8	5.3 ± 10.5	8.8	6.0 ± 8.2	11.9	7.2 ± 9.4	4.5	5.1 ± 5.2	11.4	9.0 ± 8.8	0.0706
Sugar-sweetened drinks (mL/d)	78.5	78.7 ± 92.9	82.0	79.4 ± 87.4	81.0	79.7 ± 84.4	82.3	87.0 ± 96.8	78.8	73.0 ± 77.4	0.008
Tea & coffee (mL/d)	96.9	453.8 ± 297.0	97.6	501.7 ± 322.3	96.2	508.5 ± 332.2	96.2	472.1 ± 320.4	98.4	523.7 ± 442.7	<0.0001
Meats (all types) (g/d)	99.4	98.9 ± 43.1	99.4	81.5 ± 40.2	98.8	65.9 ± 35.8	99.6	93.5 ± 42.2	99.0	75.8 ± 47.0	<0.0001
Meat products (g/d)	99.4	78.9 ± 38.4	99.0	64.12 ± 34.8	97.5	50.4 ± 30.3	99.0	75.3 ± 36.8	97.9	59.5 ± 43.3	<0.0001
Meat (g/d)	95.0	44 ± 25.9	92.7	35.9 ± 23.7	85.8	27.3 ± 20.3	94.9	41.8 ± 25.2	90.2	32.3 ± 27.5	<0.0001
Offal (g/d)	46.8	12.01 ± 11.9	37.4	10.6 ± 10.7	27	9.4 ± 9.6	40.8	11.3 ± 10	35.2	12.6 ± 11.2	<0.0001
Processed meat <sup>4</sup> (g/d)	96.9	31.8 ± 21.3	95.8	27.5 ± 19.3	93.6	24.9 ± 17.8	96.3	31.5 ± 21	93.3	26.5 ± 20.3	<0.0001
Poultry (g/d)	90.6	26.5 ± 19.5	89.0	24.12 ± 18.9	88.1	22.3 ± 17.7	91.0	25.7 ± 19.3	89.6	22.2 ± 17.1	<0.0001
Eggs (g/d)	87.1	16.5 ± 15.1	91.7	16.1 ± 13.7	88.1	17.0 ± 14.7	86.8	15.2 ± 14.1	88.1	16.9 ± 14.3	0.0014
Dairy foods (g/d)	99.6	212.8 ± 135.9	99.5	192.3 ± 123.5	99.4	191.4 ± 126.8	99.6	208.3 ± 133.2	99.0	185.9 ± 141.9	<0.0001
Animal added fats (g/d)	89.2	8.6 ± 7.4	89.2	8.2 ± 7.4	87.4	7.8 ± 7.4	89.4	8.3 ± 7.9	91.7	8.3 ± 10.1	0.0388
Fish and other seafood (g/d)	93.6	42.8 ± 28.5	94.7	36.7 ± 25.5	92.5	40.5 ± 27.8	94.0	37.0 ± 25.3	92.8	37.4 ± 25.5	<0.0001
Miscellaneous animal foods (g/d)	85.2	34.9 ± 31.6	85.2	38.0 ± 33.0	83.7	38.3 ± 32.3	85.03	40.8 ± 36.3	80.3	33.9 ± 27.4	<0.0001

<sup>1</sup>“Meat products”: meat, offal and processed meat

<sup>3</sup>“Miscellaneous plant-based foods” group includes plant-based sugary or salty snacks, nuts and peanut butter, and plant-based meat and dairy substitutes. including all plant products used as substitutes for animal and all processed vegetarian products (protein substitutes, plant-based processed meats, dairy substitutes, plant-based salty snacks and fast food).

<sup>4</sup>“Miscellaneous animal foods” group includes all dressings, sauces and animal-based salty snacks and fast foods.

<sup>5</sup>“Fermented coag. foods”: Fermented and coagulated foods

**Annexe 10.** Supplemental Table 1: Items for meat reduction (for contemplation, preparation, action and maintenance stages) and meat continuation (for precontemplation and contemplation stages)

<b>Meat reduction</b>	<b>Meat continuation</b>
I don't like the taste of meat	I enjoy eating meat
I don't like the sight or the handling of meat, especially raw meat	I have trouble changing my meat-eating habits
I think it's good to vary my diet and my protein sources by eating something different than meat	I think meat is good for my health
I think it's healthier not to eat too much meat	I have the will to support the farmers and the meat producers
I think it's healthier to avoid meat	I think eating meat allows me to reach satiety
I care about animal welfare or the lives of animals	The people I live with like meat and want to eat some
I think it's better for the environment not to eat too much meat	I don't know what to eat as a substitute of meat
The people I live with don't like or eat meat	Meat is part of my culture
My doctor advises me to reduce my meat consumption	I feel pressure from those around me to eat meat
I am cutting back on my budget by eating less meat	I think meat is a good source of protein
I have trouble finding meat that I consider to be of good quality: origin, traceability, hygiene, labeled meat, organic meat, or other quality criteria	I think meat gives me strength
I have difficulty preserving the meat I buy	

**Annexe 11.** Supplemental Table 2: Food groups used to calculate PDI, healthy PDIs and unhealthy PDIs.

		<b>PDI</b>	<b>hPDI</b>	<b>uPDI</b>
<b>Plant-based foods</b>	<b>Healthy</b> Whole grains Fruits Vegetables Nuts Legumes Vegetable oil Tea and coffee	Positive score (1 to 5 based on consumption quintiles)	Positive score (1 to 5 based on consumption quintiles)	Reverse score (5 to 1 based on consumption quintiles)
	<b>Unhealthy</b> Refined grains Potatoes Sugar sweetened beverages <sup>1</sup> Sweets and desserts Miscellaneous plant-based foods <sup>2</sup>		Reverse score (5 to 1 based on consumption quintiles)	Positive score (1 to 5 based on consumption quintiles)
<i>Plant-based Range</i>			<i>12 to 60</i>	
<b>Animal-based foods</b>	Animal added fats Dairy foods Eggs Fish and seafood Meat Miscellaneous animal-based foods	Reverse score (5 to 1 based on consumption quintiles)	Reverse score (5 to 1 based on consumption quintiles)	Reverse score (5 to 1 based on consumption quintiles)
<i>Animal-based Range</i>			<i>6 to 30</i>	
<b>Total Range</b>			<b>18 to 90</b>	

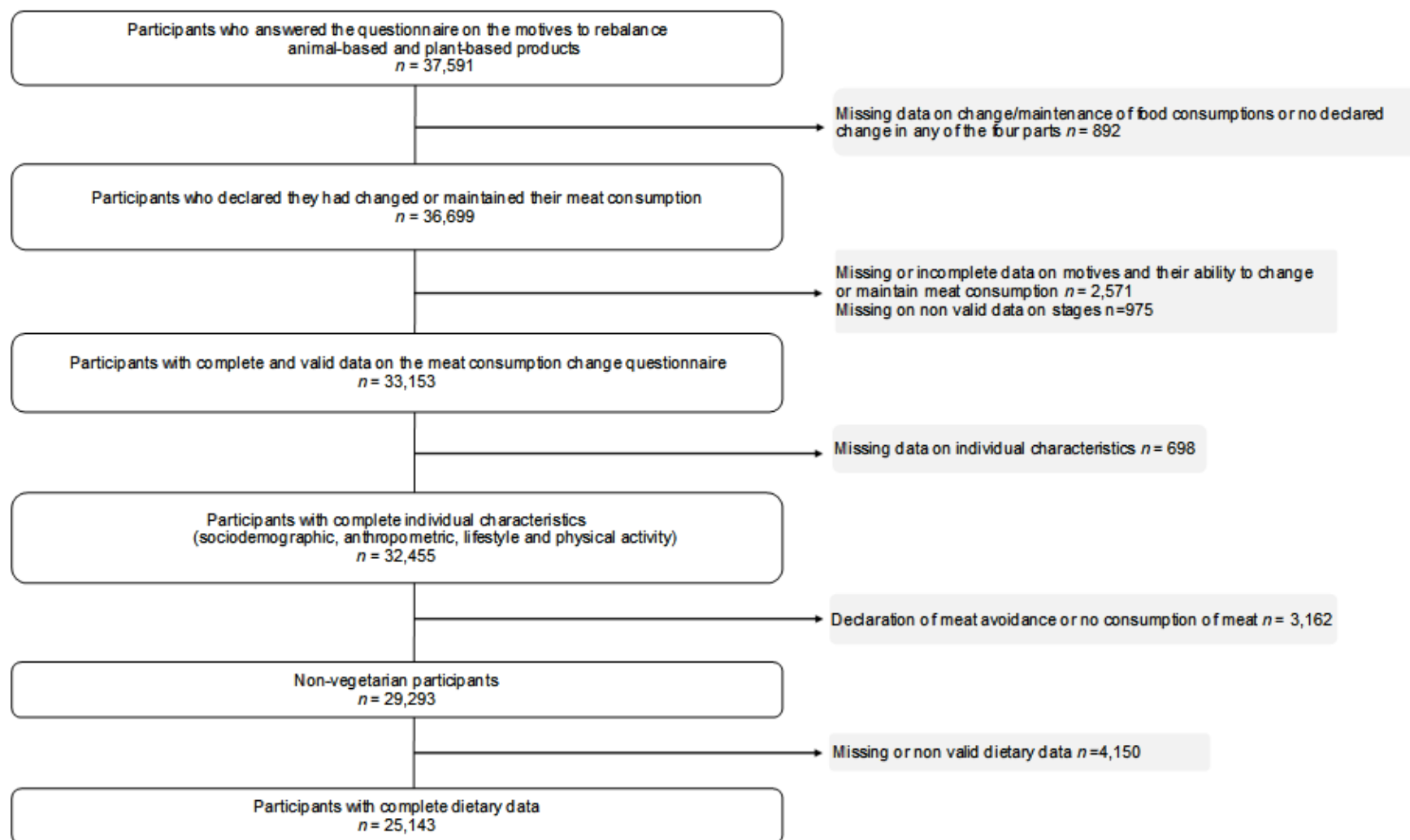
Abbreviations: PDI: Plant-based Diet Index

**List of modifications from the original study Satija et al.**

<sup>1</sup> Clustering of “Fruit juices” and “Sugar-sweetened beverages” groups

<sup>2</sup> Creation of the “Miscellaneous plant-based foods” group, including plant-based sugary or salty snacks, nuts and peanut butter, and plant-based meat and dairy substitutes. including all plant products used as substitutes for animal and all processed vegetarian products (protein substitutes, plant-based processed meats, dairy substitutes, plant-based salty snacks and fast food)

Annexe 12. Supplemental Figure 1. Flowchart of the study.



**Annexe 13.** Supplemental Table 3. Sociodemographic, anthropometric and lifestyle characteristics of participants according to stages of change, NutriNet-Santé, 2009-2018, n=25,143

	Precontemplation (n=3,141)		Contemplation (n=1,454)		Preparation (n=184)		Action (n=5,052)		Maintenance (n=10,509)		Others <sup>1</sup> (n=4,803)		p <sup>2</sup>
	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	
<b>Sex</b>													< 0.0001
Men	1232	39.2	436	30.0	47	25.5	985	19.5	2657	25.3	969	20.2	
Women	1909	60.8	1018	70.0	137	74.5	4067	80.5	7852	74.7	3834	79.8	
<b>Age (y)</b>	57.6 (14.4)		54.1 (14.6)		55.0 (14.2)		54.3 (14.0)		57.2 (13.2)		56.7 (13.9)		< 0.0001
<b>Age (y, category)</b>													< 0.0001
[18-30[	84	2.7	55	3.8	7	3.8	196	3.9	211	2.0	130	2.7	
[30-50[	885	28.2	525	36.1	55	29.9	1642	32.5	2677	25.5	1343	28.0	
[50-65[	908	28.9	425	29.2	69	37.5	1816	36.0	3920	37.3	1605	33.4	
[65+[	1264	40.2	449	30.9	53	28.8	1398	27.7	3701	35.2	1725	35.9	
<b>Monthly household income classes (per c.u.)</b>													< 0.0001
< 1200 €	452	14.4	239	16.4	25	13.6	702	13.9	1172	11.2	703	14.6	
1200 - 1800 €	706	22.5	346	23.8	46	25.0	1093	21.6	1876	17.9	977	20.3	
1800 - 2700 €	763	24.3	354	24.4	40	21.7	1132	22.4	2546	24.2	1131	23.6	
> 2700 €	894	28.5	380	26.1	52	28.3	1648	32.6	4020	38.3	1484	30.9	
Refused to declare	326	10.4	135	9.3	21	11.4	477	9.4	895	8.5	508	10.6	
<b>Occupational category</b>													< 0.0001
Self-employed. farmer. employee. manual worker	963	30.7	401	27.6	52	28.3	1346	26.6	2371	22.6	1377	28.7	
Intermediate profession	738	23.5	380	26.1	47	25.5	1246	24.7	2626	25.0	1217	25.3	
Managerial staff. intellectual profession	1215	38.7	571	39.3	60	32.6	2049	40.6	4683	44.6	1810	37.7	
Unemployed	203	6.5	91	6.3	20	10.9	376	7.4	776	7.4	364	7.6	
No occupation	22	0.7	11	0.8	5	2.7	35	0.7	53	0.5	35	0.7	
<b>Educational level</b>													< 0.0001
None or Primary	85	2.7	27	1.9	3	1.6	88	1.7	135	1.3	90	1.9	
Secondary	1099	35.0	408	28.1	57	31.0	1264	25.0	2491	23.7	1377	28.7	
Undergraduate and others	927	29.5	487	33.5	51	27.7	1682	33.3	3377	32.1	1520	31.7	
Post graduate	1030	32.8	532	36.6	73	39.7	2018	39.9	4506	42.9	1816	37.8	
<b>Household composition</b>													< 0.0001

Alone without children	569	18.1	185	12.7	18	9.8	863	17.1	1970	18.8	1007	21.0
Alone with at least one child	194	6.2	80	5.5	10	5.4	335	6.6	690	6.6	312	6.5
Two adults living as a couple without children	1394	44.4	619	42.6	82	44.6	2041	40.4	4605	43.8	2059	42.9
Two adults living as a couple with at least one child	945	30.1	549	37.8	69	37.5	1732	34.3	3075	29.3	1344	28.0
Two or more adult without children	39	1.2	21	1.4	5	2.7	81	1.6	169	1.6	81	1.7
<b>Size of the urban residence unit</b>												< 0.0001
Rural	814	25.9	351	24.1	34	18.5	1168	23.1	2198	20.9	1037	21.6
< 20.000 inhabitants	514	16.4	231	15.9	31	16.9	815	16.1	1576	15.0	710	14.8
20.000 - 200.000 inhabitants	591	18.8	278	19.1	38	20.7	900	17.8	1935	18.4	965	20.1
> 200.000 inhabitants	1222	38.9	594	40.9	81	44.0	2169	42.9	4800	45.7	2091	43.5
<b>Latest weight-loss diet followed</b>												< 0.0001
No declaring a weight-loss diet	1213	38.6	505	34.7	58	31.5	1634	32.3	4133	39.3	2072	43.1
< 5 years	189	6.0	106	7.3	9	4.9	370	7.3	741	7.1	285	5.9
> 5 years	1739	55.4	843	58.0	117	63.6	3048	60.3	5635	53.6	2446	50.9
<b>BMI</b>												< 0.0001
Underweight	95	3.0	43	3.0	6	3.3	179	3.5	448	4.3	269	5.6
Normal	1577	50.2	821	56.5	94	51.1	3017	59.7	6800	64.7	3117	64.9
Overweight	1003	31.9	413	28.4	50	27.2	1315	26.0	2421	23.0	1027	21.4
Obesity	466	14.8	177	12.2	34	18.5	541	10.7	840	8.0	390	8.1
<b>Physical activity</b>												< 0.0001
Low physical activity	625	19.9	337	23.2	44	23.9	938	18.6	1610	15.3	757	15.8
Moderate physical activity	1129	35.9	596	41.0	67	36.4	2121	42.0	4093	39.0	1834	38.2
High physical activity	1387	44.2	521	35.8	73	39.7	1993	39.5	4806	45.7	2212	46.1

<sup>1</sup> Other: participants who answered “No, it’s for another reason” and “No, because I was already eating little meat.” to the question “*In recent years, have you reduced your meat consumption?*”.

<sup>2</sup> Chi2 tests or ANOVA



**Annexe 14.** Supplemental Table 4. Percentage of consumers and adjusted mean daily consumption and dietary indices (mean and SEM), among consumers, at the inclusion in the cohort and at the latest available follow-up, according to stages of changes, NutriNet-Santé, n=25,143<sup>1</sup>

	Precontemplation (n=3,141)						Contemplation (n=1,454)						Preparation (n=184)					
	Inclusion			Latest available follow-up			Inclusion			Latest available follow-up			Inclusion			Latest available follow-up		
	% of consumer s	Mea n	SE M	% of consumer s	Mea n	SE M	% of consumer s	Mea n	SE M	% of consumer s	Mea n	SE M	% of consumer s	Mea n	SE M	% of consumer s	Mea n	SE M
<b>Plant-based foods</b>																		
Fruits (g/d)	89.9	200.3	2.8	89.0	191.9	2.8	92.2	203.1	4	89.8	193.2	4	93.5	203.3	11. 10.	92.9	198.5	11. 1
Vegetables (g/d)	99.2	229.3	2.7	98.6	222.4	2.7	99.0	237.3	3.9	98.7	234.3	4	99.5	259.3	9	100.0	261	11
Legumes (g/d)	26.5	37.2	1.2	23.2	39.3	1.4	27.8	40.7	1.8	24.5	39.3	2	27.2	33.8	5.1	27.2	38.7	5.2
Potatoes and other tubers (g/d)	68.2	66	1.1	66.0	66.9	1.1	70.9	67.2	1.5	67.5	68.2	1.5	66.3	60.1	4.4	65.2	66.2	4.4
Whole grains (g/d)	48.7	52.1	1.3	48.2	57.5	1.3	57.3	54.2	1.8	55.8	55.2	1.8	63.0	60.2	4.6	56.0	59.4	4.9
Refined cereals and grains (g/d)	98.2	155	1.5	96.8	137	1.4	98.4	160.4	2.1	97.2	140.5	2	98.9	156.9	5.9	97.3	137.9	5.7
Sweet and desserts (g/d)	97.3	98.9	1.2	95.3	95.9	1.2	97.9	97.5	1.7	96.5	96.7	1.7	97.3	105.5	4.8	96.7	96.5	4.8
Nuts (g/d)	21.7	10.9	0.6	25.0	9.3	0.6	23.0	11.5	0.9	28.5	9.9	0.8	28.8	9.9	2.3	31.5	9	2
Vegetable oil (g/d)	75.2	9.4	0.2	72.2	8.4	0.2	79.8	9.7	0.3	73.8	8.5	0.3	81.5	9.8	0.7	72.3	7.9	0.7
Uncooked cereals and seeds (g/d)	2.1	12.9	1.6	2.3	15.7	1.6	2.1	11.1	2.3	3.7	10.2	1.9	3.8	9.6	4.8	7.1	15	3.8
Miscellaneous (g/d)	22.8	14.3	0.6	20.2	16.4	0.9	22.6	13.1	0.9	21.1	12.1	1.2	19.6	12.6	2.8	22.3	17	3.4
Dairy substitutes (g/d)	2.0	85.6	6.3	2.5	78.6	6.1	4.8	74.9	6	4.1	74.5	7.2	6.0	58.5	15. 19.	4.3	63.2	1
Meat substitutes (g/d)	0.4	38.3	5.8	0.5	43.3	6.9	0.6	39.9	6.4	1.6	48.1	6	0.5	30.6	3	1.1	30.7	20
Fermented and coagulated foods (g/d)	0.3	27.5	7.1	0.1	37.6	6	0.5	38.5	8.1	0.4	41.5	10. 3	0.5	1	3	1.1	26.8	18
<b>Animal-based foods</b>																		
Meats (all types) (g/d)	98.9	123.2	1	98.4	117	1	98.6	119.3	1.5	98.8	111.1	1.4	98.9	113.1	4.1	99.5	107.4	4
Meat products <sup>2</sup> (g/d)	96.5	98.9	0.9	95.8	92	0.9	96.1	93.8	1.3	95.1	88.2	1.3	95.7	88.1	3.7	96.2	82.6	3.6

Meat (g/d)	80.5	66.9	0.7	75.8	62.6	0.7	80.2	63.2	1.1	75.0	63.2	1.1	78.3	62	3.1	70.1	58.9	3.2
Offal (g/d)	13.0	41.8	1.2	79.9	42.8	1.3	12.9	41.2	1.7	10.5	39.3	2.1	12.0	40	5	12.5	35.8	5.3
Processed meat (g/d)	81.7	44.6	0.6	56.8	44.2	0.6	80.4	42.5	0.9	78.7	40.4	0.9	76.1	40.2	2.5	77.7	42.2	2.5
Poultry (g/d)	57.6	45.9	0.8	56.8	47.7	0.8	61.0	45.2	1.1	56.8	45	1.2	63.6	43.6	3	62.5	43.9	3.1
Eggs (g/d)	47.5	27.3	0.6	48.9	28.3	0.7	46.6	26.1	0.9	50.0	28	1	55.4	28.5	2.3	48.4	27.5	2.7
Dairy foods (g/d)	98.6	249.8	2.9	97.9	227	2.6	98.7	234.9	4.2	97.6	206.2	3.9	98.4	252.9	7	97.8	212.1	7
Animal added fats (g/d)	67.5	10.4	0.2	63.3	11.8	0.2	72.1	10.5	0.3	67.4	12	0.3	67.9	9.9	0.7	61.4	11.4	0.8
Fish and other seafood (g/d)	73.1	58.3	0.9	68.0	54.4	0.9	74.8	58.6	1.4	67.2	57.8	1.4	79.9	54.8	3.7	77.2	53.3	3.6
Miscellaneous (g/d)	51.8	63	1.2	50.6	73	1.4	52.8	61.8	1.8	52.8	70.6	2.1	47.8	62.6	5.1	52.2	65.2	5.8
<b>Beverages</b>																		
Sugar-sweetened drinks (mL/d)	61.6	160.6	2.8	50.6	155.8	3	62.3	155.1	4.1	51.7	131.9	4.4	62.0	159.3	5	50.0	145	5
Tea and coffee (mL/d)	88.9	391.1	6.6	89.0	393	6.4	89.7	392.2	9.6	89.9	397	9.3	89.1	452.8	8	91.3	441.9	7
Plant-based drinks (mL/d)	2.3	137.3	7	3.0	155.1	3	3.4	129.4	4	5.0	128.4	8	7.1	81.6	30	8.2	91.1	7
<b>Indices</b>																		
Contribution of meat products <sup>2</sup> (% of TEI)	97.7	10.9	0.1	97.3	10.9	0.1	97.9	10.4	0.2	96.6	10.6	0.2	97.3	9.6	0.4	98.9	10	0.4
Contribution of meat (% of TEI)	85.2	6.6	0.1	82.2	6.5	0.1	86.3	6.2	0.1	81.6	6.8	0.1	82.1	6.1	0.3	79.3	5.8	0.4
Contribution of processed meat (% of TEI)	85.8	5.1	0.1	84.0	5.4	0.1	86.0	4.8	0.1	82.7	4.9	0.1	82.1	4.4	0.3	84.2	5.4	0.3
PDI	100.0	48.1	0.1	100.0	47.5	0.1	100.0	49	0.2	100.0	48.2	0.2	100.0	49.4	0.4	100.0	49	0.4
healthyPDI	100.0	52.7	0.1	100.0	53.7	0.1	100.0	53.6	0.2	100.0	54.5	0.2	100.0	54.2	0.5	100.0	55	0.5
unhealthyPDI	100.0	58.4	0.1	100.0	58.3	0.1	100.0	57.6	0.2	100.0	57.7	0.2	100.0	56.5	0.5	100.0	57.1	0.5

Abbreviations: TEI, total energy intake

<sup>1</sup> Mean daily consumption and mean PDIs, healthy PDIs and unhealthy PDIs have been adjusted for sex, age (continuous) and the mean total energy intake. Contribution of meat, processed meat and meat products to the total energy intake have been adjusted for sex and age.

<sup>2</sup> Including meat, offal and processed meat.

**Annexe 14.** Supplemental Table 4 (continued). Percentage of consumers and adjusted mean daily consumption and dietary indices (mean and SEM), among consumers, at the inclusion in the cohort and at the latest available follow-up, according to stages of changes, NutriNet-Santé, n=25,143<sup>1</sup>

	Action (n=5,052)						Maintenance (n=10,509)						Other (n=4,803)					
	Inclusion			Latest available follow-up			Inclusion			Latest available follow-up			Inclusion			Latest available follow-up		
	% of consumer s	Mea n	SE M	% of consumer s	Mea n	SE M	% of consumer s	Mea n	SE M	% of consumer s	Mea n	SE M	% of consumer s	Mea n	SE M	% of consumer s	Mea n	SE M
<b>Plant-based foods</b>																		
Fruits (g/d)	93.3	204.3	2.3	92.3	208.6	2.2	95.6	223	1.6	94.3	220.4	1.6	95.1	224.1	2.3	92.9	220.5	2.3
Vegetables (g/d)	99.6	248.5	2.2	99.4	254.2	2.2	99.7	268.8	1.6	99.6	268.1	1.6	99.6	263	2.2	99.6	257.1	2.3
Legumes (g/d)	28.1	37.2	1	26.8	41.9	1.1	28.6	40.5	0.7	28.8	45.3	0.7	27.9	42	1	25.9	44.4	1.1
Potatoes and other tubers (g/d)	66.4	64.1	0.9	62.5	63.2	0.9	64.1	65.2	0.6	60.1	64.6	0.6	64.1	65.6	0.9	59.8	63.2	0.9
Whole grains (g/d)	61.3	56.1	1	64.4	60.5	0.9	67.4	63	0.7	68.6	66.1	0.7	65.9	63	0.9	64.8	63.6	1
Refined cereals and grains (g/d)	98.0	155.8	1.2	96.7	137.2	1.1	97.7	154.9	0.9	95.8	134.8	0.8	97.6	154.9	1.2	95.7	137.7	1.2
Sweet and desserts (g/d)	98.0	103.4	1	96.5	96.6	1	97.9	104.4	0.7	96.9	96.9	0.7	98.0	106.9	1	96.9	101.1	1
Nuts (g/d)	26.5	11.1	0.5	35.9	11.5	0.4	33.1	13	0.3	44.2	13.1	0.3	31.6	13.1	0.5	39.6	12.9	0.4
Vegetable oil (g/d)	79.7	9.9	0.1	75.0	9.1	0.1	81.5	10.4	0.1	76.1	9.5	0.1	79.3	10.2	0.1	74.2	9.3	0.1
Uncooked cereals and seeds (g/d)	5.1	11.6	0.9	6.7	11.8	0.8	6.1	11.2	0.6	9.5	11.3	0.5	6.1	9.9	0.8	7.8	11.7	0.8
Miscellaneous (g/d)	23.1	13.8	0.5	21.6	17.4	0.7	21.3	14.1	0.4	21.7	17.2	0.5	19.8	13.6	0.6	20.0	17.5	0.7
Dairy substitutes (g/d)	5.1	70.1	3.3	6.0	77.9	3.4	7.6	75.2	2	8.1	79.8	2.2	6.7	76.4	3	7.3	81.1	3.1
Meat substitutes (g/d)	1.0	41.7	2.8	3.2	42.5	2.4	1.6	40.9	1.7	3.7	39.9	1.6	1.7	39.8	2.3	2.9	40.8	2.6
Fermented and coagulated foods (g/d)	0.6	33.4	4.1	1.0	31.8	4	1.4	32.9	2.2	1.6	36.1	2.5	1.2	31.8	3.1	1.1	29	3.7
<b>Animal-based foods</b>																		
Meats (all types) (g/d)	98.5	112.7	0.8	96.6	99.6	0.8	96.9	97.5	0.6	93.9	87.5	0.6	96.0	94.2	0.9	94.6	88.2	0.8
Meat products <sup>2</sup> (g/d)	95.8	88.4	0.7	91.4	78.3	0.7	92.3	76.6	0.5	87.6	68.4	0.5	90.8	73.8	0.8	88.5	68.9	0.8

Meat (g/d)	77.7	61.9	0.6	67.5	56.6	0.6	70.0	55.9	0.5	60.2	50.9	0.5	66.4	54.2	0.7	60.9	50.9	0.7
Offal (g/d)	11.6	41.5	1	10.3	41.3	1.1	10.5	41.3	0.7	10.2	40.5	0.8	10.4	40.9	1.1	9.9	41.2	1.2
Processed meat (g/d)	77.6	40.4	0.5	73.2	38.6	0.5	74.5	36.2	0.4	69.8	35.4	0.4	73.0	35.8	0.5	69.9	36	0.6
Poultry (g/d)	59.2	44.5	0.6	54.8	44.4	0.7	56.0	42.2	0.5	51.6	42.8	0.5	55.1	41.6	0.7	52.1	42.7	0.7
Eggs (g/d)	49.3	26.8	0.5	49.7	28.7	0.5	49.3	26.3	0.4	51.0	28.8	0.4	49.7	26.7	0.5	49.8	28.2	0.5
Dairy foods (g/d)	98.9	237.2	2.3	97.9	202.7	2.2	98.3	223.5	1.7	97.6	191.8	1.5	98.4	237.1	2.4	97.7	208.7	2.2
Animal added fats (g/d)	69.8	10.1	0.1	64.8	11.3	0.2	68.6	9.8	0.1	64.5	10.9	0.1	67.6	9.9	0.2	63.8	11.1	0.2
Fish and other seafood (g/d)	75.0	60.4	0.8	68.9	56.1	0.8	76.1	59	0.5	70.4	54.7	0.5	76.1	58.3	0.8	68.7	53.8	0.8
Miscellaneous (g/d)	53.0	61.6	1	51.2	70.1	1.2	49.4	60.1	0.7	47.5	69.4	0.9	49.3	61.3	1	47.3	69.8	1.3
<b>Beverages</b>																		
Sugar-sweetened drinks (mL/d)	62.2	146	2.3	49.9	132.1	2.5	60.7	143.8	1.7	49.6	128.8	1.8	60.1	145	2.4	48.6	134.8	2.6
Tea and coffee (mL/d)	90.9	425.2	5.4	91.9	433.2	5.2	93.1	478.4	3.8	93.5	481.1	3.7	91.7	467.7	5.4	92.9	471.5	5.2
Plant-based drinks (mL/d)	4.9	117.1	7.2	8.2	144.7	5.7	7.8	126.8	4.3	10.1	135	3.8	6.6	124.2	6.4	8.0	136.4	5.9
<b>Indices</b>																		
Contribution of meat products <sup>2</sup> (% of TEI)	97.1	9.9	0.1	94.4	9.3	0.1	94.6	8.5	0.1	90.7	8.2	0.1	93.2	8.3	0.1	91.6	8.3	0.1
Contribution of meat (% of TEI)	83.8	6	0.1	75.4	5.9	0.1	76.7	5.4	0	67.8	5.2	0.1	73.2	5.3	0.1	68.2	5.3	0.1
Contribution of processed meat (% of TEI)	83.0	4.6	0.1	79.1	4.7	0.1	79.5	4.1	0	74.9	4.4	0.1	77.6	4.1	0.1	74.7	4.4	0.1
PDI	100.0	49.5	0.1	100.0	49.7	0.1	100.0	51.2	0.1	100.0	51.2	0.1	100.0	50.8	0.1	100.0	50.5	0.1
healthyPDI	100.0	54.1	0.1	100.0	56.2	0.1	100.0	56	0.1	100.0	57.8	0.1	100.0	55.6	0.1	100.0	57	0.1
unhealthyPDI	100.0	57.2	0.1	100.0	56.8	0.1	100.0	56.7	0.1	100.0	56.3	0.1	100.0	57	0.1	100.0	56.9	0.1

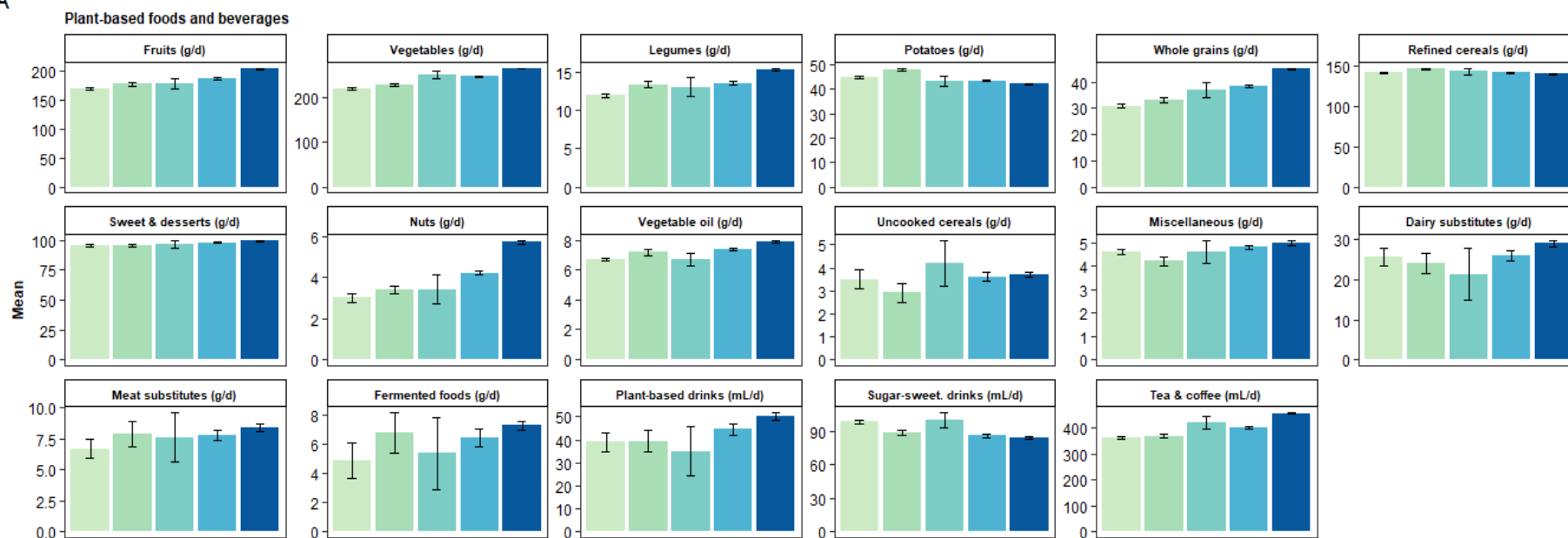
Abbreviations: TEI, total energy intake

<sup>1</sup> Mean daily consumption and mean PDIs, healthy PDIs and unhealthy PDIs have been adjusted for sex, age (continuous) and the mean total energy intake. Contribution of meat, processed meat and meat products to the total energy intake have been adjusted for sex and age.

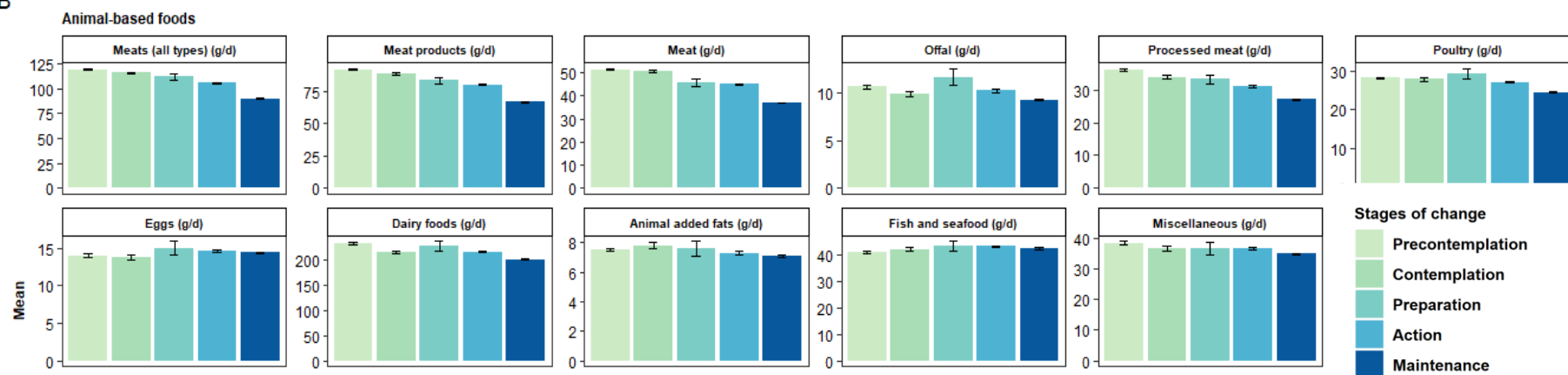
<sup>2</sup> Including meat, offal and processed meat.

**Annexe 15.** Supplemental Figure 2. Adjusted mean daily consumption and contribution of plant-based and animal-based foods groups among consumers over the 2009-2019 period, NutriNet-Santé, n=25,143 <sup>1</sup>

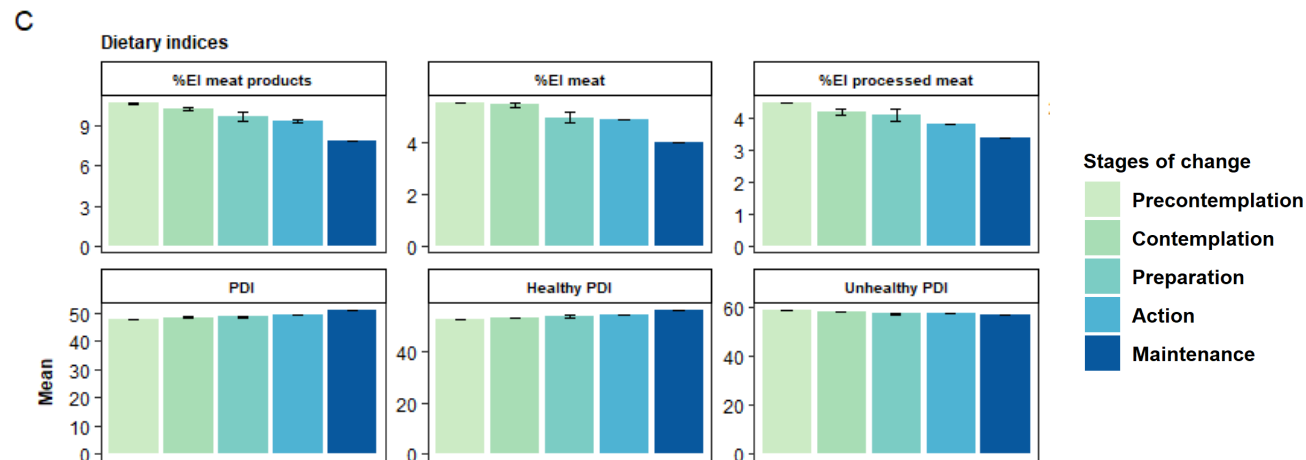
**A**



**B**



**Annexe 15.** Supplemental Figure 2 (continued). Adjusted mean daily consumption and contribution of plant-based and animal-based foods groups among consumers over the 2009-2019 period, NutriNet-Santé, n=25,143 <sup>1</sup>



<sup>1</sup> Mean daily consumptions and indices have been calculated among consumers of the given food item. Mean daily consumption and mean PDIs, healthy PDIs and unhealthy PDIs have been adjusted for sex, age (continuous) and the mean total energy intake. Contribution of meat, processed meat and meat products to the total energy intake have been adjusted for sex and age. Data not shown for the group “Other”

“Miscellaneous plant-based foods” group includes plant-based sugary or salty snacks, nuts and peanut butter, and plant-based meat and dairy substitutes. including all plant products used as substitutes for animal and all processed vegetarian products (protein substitutes, plant-based processed meats, dairy substitutes, plant-based salty snacks and fast food).

“Miscellaneous animal foods” group includes all dressings, sauces and animal-based salty snacks and fast foods.

“Fermented foods”: Fermented or coagulated foods (e.g. tempeh, tofu...)

“Sugar-sweet. drinks”: Sugar-sweetened drinks

**Annexe 16.** Supplemental Table 5. Multivariate linear mixed analysis for the associations between stages of change towards meat reduction and changes in percent energy intake provided by meat, processed meat and meat products (logarithm of the contribution of the given food to total energy intake) over the 2009-2019 period in French adults participating in the NutriNet-Santé cohort (n = 25,143)<sup>1</sup>

	Contribution of meat to total energy intake (n=24,715) <sup>2</sup>			Contribution of processed meat to total energy intake (n=24,820) <sup>2</sup>			Contribution of meat products <sup>3</sup> to total energy intake (n=25,085) <sup>2</sup>		
	$\beta$	95%IC	<i>p</i>	$\beta$	95%IC	<i>p</i>	$\beta$	95%IC	<i>p</i>
<b>Intercept</b>	0.29	[-0.07;0.65]	0.12	<b>1.43</b>	<b>[1.06;1.8]</b>	<b>&lt;0.0001</b>	<b>2.13</b>	<b>[1.91;2.36]</b>	<b>&lt;0.0001</b>
<b>Time</b>	<b>-0.23</b>	<b>[-0.31;-0.15]</b>	<b>&lt;0.0001</b>	<b>-0.13</b>	<b>[-0.21;-0.05]</b>	<b>0.001</b>	<b>-0.09</b>	<b>[-0.14;-0.04]</b>	<b>0.001</b>
<b>Contemplation</b>	0.05	[-0.12;0.21]	0.57	-0.15	[-0.31;0.02]	0.08	-0.04	[-0.14;0.06]	0.45
<b>Contemplation*time</b>	0.00	[-0.03;0.04]	0.92	0.00	[-0.03;0.03]	0.98	0.00	[-0.02;0.03]	0.76
<b>Preparation</b>	-0.38	[-0.77;0.02]	0.06	-0.25	[-0.65;0.15]	0.22	-0.20	[-0.44;0.05]	0.11
<b>Preparation*time</b>	-0.01	[-0.09;0.08]	0.89	0.04	[-0.05;0.12]	0.39	0.01	[-0.04;0.07]	0.58
<b>Action</b>	<b>-0.12</b>	<b>[-0.24;0]</b>	<b>0.05</b>	<b>-0.21</b>	<b>[-0.33;-0.08]</b>	<b>0.001</b>	<b>-0.07</b>	<b>[-0.15;0]</b>	<b>0.05</b>
<b>Action*time</b>	<b>-0.06</b>	<b>[-0.09;-0.04]</b>	<b>&lt;0.0001</b>	<b>-0.04</b>	<b>[-0.07;-0.02]</b>	<b>0.001</b>	<b>-0.04</b>	<b>[-0.06;-0.03]</b>	<b>&lt;0.0001</b>
<b>Maintenance</b>	<b>-0.77</b>	<b>[-0.88;-0.67]</b>	<b>&lt;0.0001</b>	<b>-0.53</b>	<b>[-0.64;-0.43]</b>	<b>&lt;0.0001</b>	<b>-0.46</b>	<b>[-0.52;-0.39]</b>	<b>&lt;0.0001</b>
<b>Maintenance*time</b>	<b>-0.08</b>	<b>[-0.1;-0.06]</b>	<b>&lt;0.0001</b>	<b>-0.05</b>	<b>[-0.07;-0.02]</b>	<b>&lt;0.0001</b>	<b>-0.06</b>	<b>[-0.07;-0.04]</b>	<b>&lt;0.0001</b>

<sup>1</sup> Multivariate linear mixed models were performed on the total sample, including participants in precontemplation, contemplation, preparation, action and maintenance stages and the group "Other". Non-consumers were excluded in each sample. Precontemplation stage was used as the category of reference. No significance over time for the group "Other", data not shown.

<sup>2</sup> Coefficients  $\beta$  were computed using a linear multilevel mixed model expressing the relationship between stages of change and dietary indices (expressed by the mean) and time (in years). Logarithm of the contribution of meat, processed meat and meat products to the total energy intake was used to increase normality and model's residual fitness. The coefficient for intercept represents the association of individuals in the precontemplation stage (reference) with baseline consumption and the coefficient for time represents the evolution of consumption over time for the precontemplation stage. The coefficient for stages of change represents the association of individuals in the stage of change with baseline consumption. The coefficient for the interaction term represents the association of individuals in stages of change with evolution of consumption over time, compared to the evolution of consumption of those in the precontemplation stage.

Models for sex, age (continuous), educational level, number of follow-up at which dietary data were recorded (continuous), monthly household income classes, occupational category, household composition, size of the urban residence unit, BMI category, latest weight-loss diet and physical activity level.

<sup>3</sup> Including meat, offal and processed meat.

**Annexe 17.** Supplemental Table 6. Multivariate linear mixed analysis showing associations between stages of change towards meat reduction and changes in PDI, healthy PDI and unhealthy PDI over the 2009-2019 period in French adults participating in the NutriNet-Santé cohort (n = 25,143)<sup>1</sup>

	PDI <sup>2</sup>			healthyPDI <sup>2</sup>			unhealthyPDI <sup>2</sup>		
	$\beta$	95%CI	<i>p</i>	$\beta$	95%CI	<i>p</i>	$\beta$	95%CI	<i>p</i>
<b>Intercept</b>	<b>41.43</b>	<b>[40.67;42.2]</b>	<b>&lt;0.0001</b>	<b>44.91</b>	<b>[44;45.82]</b>	<b>&lt;0.0001</b>	<b>71.62</b>	<b>[70.79;72.44]</b>	<b>&lt;0.0001</b>
<b>Time</b>	-0.04	[-0.17;0.08]	0.49	<b>1.24</b>	<b>[1.09;1.38]</b>	<b>&lt;0.0001</b>	-0.07	[-0.21;0.07]	0.35
<b>Contemplation</b>	<b>0.93</b>	<b>[0.62;1.25]</b>	<b>&lt;0.0001</b>	<b>0.78</b>	<b>[0.41;1.15]</b>	<b>&lt;0.0001</b>	<b>-0.63</b>	<b>[-0.97;-0.3]</b>	<b>0.00</b>
<b>Contemplation*time</b>	-0.04	[-0.09;0.01]	0.16	-0.01	[-0.07;0.04]	0.67	0.02	[-0.04;0.07]	0.55
<b>Preparation</b>	<b>1.35</b>	<b>[0.6;2.09]</b>	<b>0.00</b>	<b>1.16</b>	<b>[0.28;2.04]</b>	<b>0.01</b>	<b>-1.26</b>	<b>[-2.06;-0.46]</b>	<b>0.00</b>
<b>Preparation*time</b>	0.00	[-0.12;0.12]	0.96	0.02	[-0.12;0.15]	0.83	0.00	[-0.14;0.13]	0.98
<b>Action</b>	<b>1.13</b>	<b>[0.91;1.36]</b>	<b>&lt;0.0001</b>	<b>1.11</b>	<b>[0.84;1.38]</b>	<b>&lt;0.0001</b>	<b>-0.94</b>	<b>[-1.18;-0.7]</b>	<b>&lt;0.0001</b>
<b>Action*time</b>	<b>0.13</b>	<b>[0.09;0.16]</b>	<b>&lt;0.0001</b>	<b>0.16</b>	<b>[0.11;0.2]</b>	<b>&lt;0.0001</b>	-0.04	[-0.08;0]	0.05
<b>Maintenance</b>	<b>2.63</b>	<b>[2.43;2.83]</b>	<b>&lt;0.0001</b>	<b>2.91</b>	<b>[2.67;3.15]</b>	<b>&lt;0.0001</b>	<b>-1.44</b>	<b>[-1.66;-1.22]</b>	<b>&lt;0.0001</b>
<b>Maintenance*time</b>	<b>0.10</b>	<b>[0.07;0.13]</b>	<b>&lt;0.0001</b>	<b>0.11</b>	<b>[0.07;0.14]</b>	<b>&lt;0.0001</b>	-0.02	[-0.06;0.01]	0.25

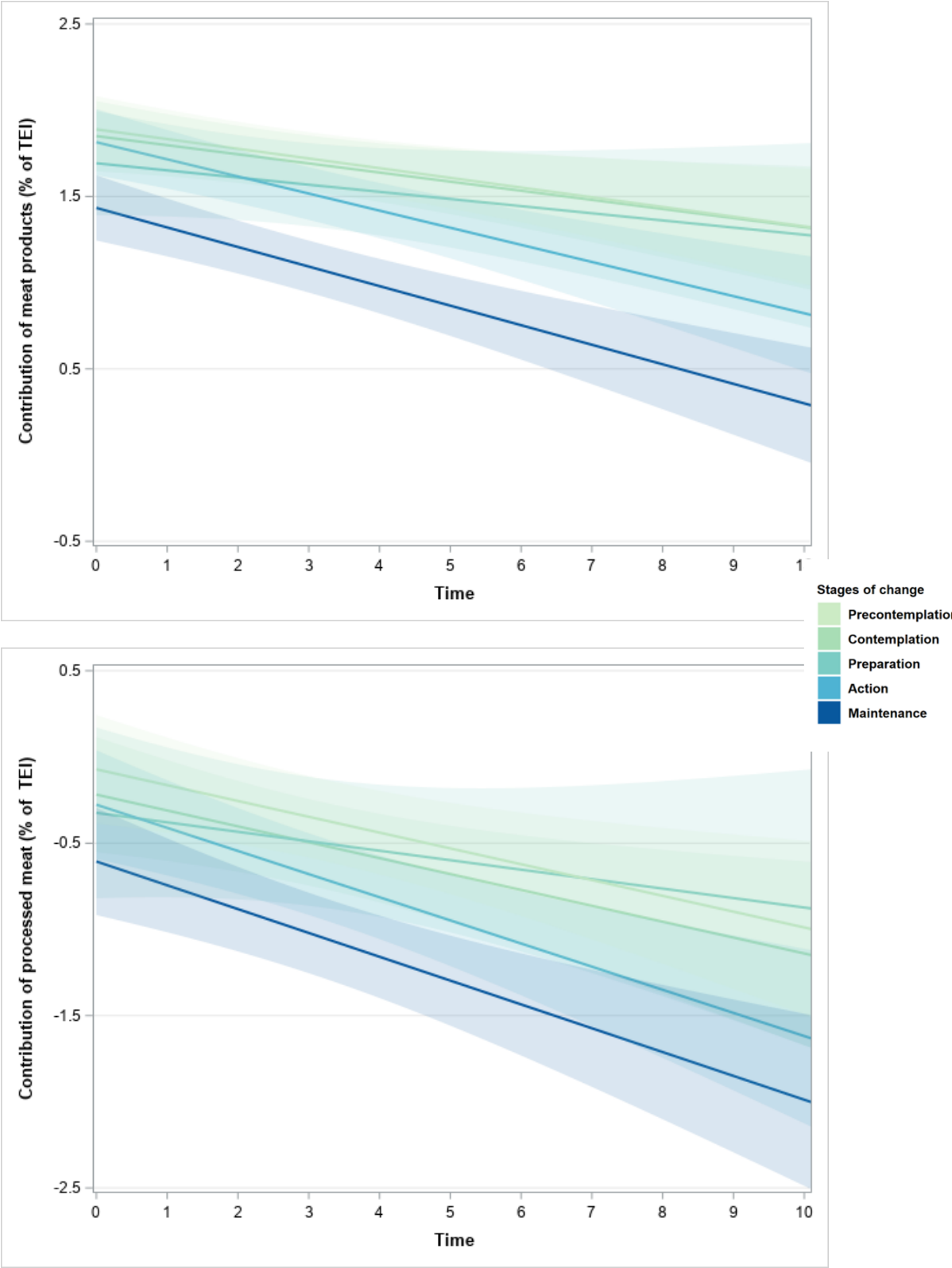
<sup>1</sup> Multivariate linear mixed models were performed on the total sample, including participants in precontemplation, contemplation, preparation, action and maintenance stages and the group "Other". Precontemplation stage was used as the category of reference. No significance over time for the group "Other", data not shown.

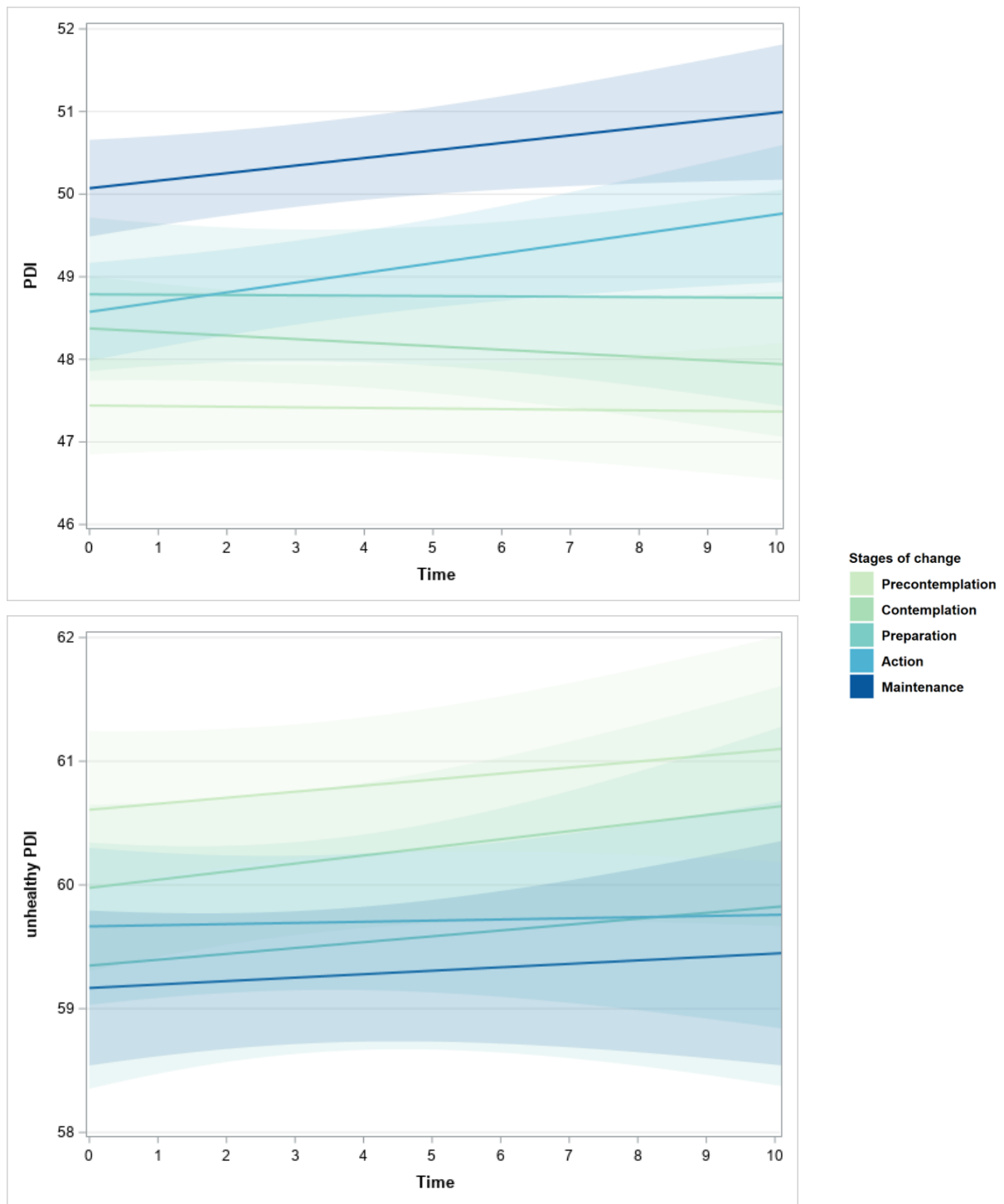
<sup>2</sup> Coefficients  $\beta$  were computed using a linear multilevel mixed model expressing the relationship between stages of change and dietary indices (expressed the mean) and time (in days). The coefficient for intercept represents the association of individuals in the precontemplation stage (reference) with baseline consumption and the coefficient for time represents the evolution of consumption over time for the precontemplation stage. The coefficient for stages of change represents the association of individuals in stages of change with baseline consumption. The coefficient for the interaction term represents the association of individuals in stages of change with evolution of consumption over time, compared to the evolution of consumption those in the precontemplation stage.

Models were adjusted for sex, age (continuous), educational level, number of follow-up at which dietary data were recorded (continuous), monthly household income classes, occupational category, household composition, size of the urban residence unit, BMI category, latest weight-loss diet, physical activity level and total energy intake.



**Annexe 18.** Figure (Analyses complémentaires). Changes in percent energy intake provided by processed meat (n=24,820) and meat products (n=25,085) (logarithm of the contribution of the given food to total energy intake) and in PDI and uPDI (n = 25,143) over time according to the group of individuals in stages of change in French adults participating in the NutriNet-Santé cohort (multivariate linear mixed models)<sup>1</sup>





<sup>1</sup> The mean predicted trajectories (solid lines) with 95% confidence intervals (indicated with shading) were plotted for a chosen profile of covariates. We chose the mean number of dietary records (7.8), of an average study participant profile at the date of the questionnaire on stages of change: a woman, aged 56.4 years, with a total energy intake equal to 1832 kcal (for hPDI only), with an educational level higher than primary, with an occupational category not corresponding to self-employed, farmer, employee or manual worker, with a monthly household income higher than 1200 €, not living in alone, living in a city, with a BMI corresponding to WHO categories of “underweight”, “overweight” or “obesity”, declaring a weight-loss diet and with a moderate or high physical activity. Note that the choice of profile was made to optimize graphical representation and has no influence on the differences in trajectories estimated by the model. Data not shown for the group “Other”.

**Annexe 19.** Supplemental Table 1. Scoring for the PDI, hPDI and uPDI computation

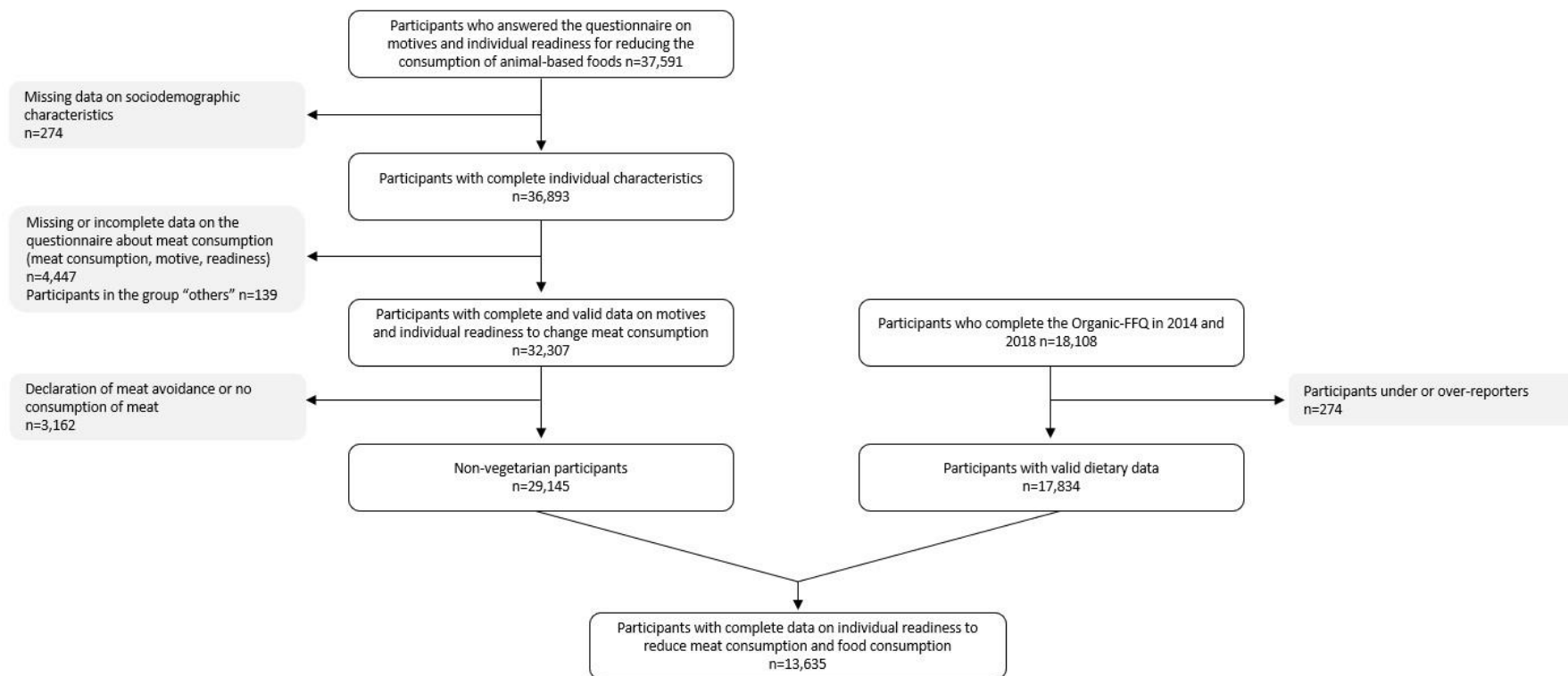
Food groups		PDI	hPDI	uPDI
<b>Plant-based foods</b>	Whole grains			
	Vegetables	<b>Positive</b> scores	<b>Positive</b> scores	<b>Reverse</b> scores
	Fruits	Assign 1 to 5 points	Assign 1 to 5 points	Assign 5 to 1 points
	<b>Healthy</b> Nuts	according to consumption quintile	according to consumption quintile	according to consumption quintile
	Legumes			
	Vegetable oil			
	Tea and coffee			
<b>Unhealthy</b>	Refined grains	<b>Positive</b> scores	<b>Reverse</b> scores	<b>Positive</b> scores
	Potatoes	Assign 1 to 5 points	Assign 5 to 1 points	Assign 1 to 5 points
	Sugar sweetened beverages	according to consumption quintile	according to consumption quintile	according to consumption quintile
	Sweets and desserts			
	Fruit juices			
<b>Animal-based foods</b>	Dairy foods			
	Animal added fats	<b>Reverse</b> scores	<b>Reverse</b> scores	<b>Reverse</b> scores
	Eggs	Assign 5 to 1 points	Assign 5 to 1 points	Assign 5 to 1 points
	Fish and seafood	according to consumption quintile	according to consumption quintile	according to consumption quintile
	Meat			
	Miscellaneous			
<b>Total</b>		<b>PDI = [18 ; 90]</b>	<b>hPDI = [18 ; 90]</b>	<b>uPDI = [18 ; 90]</b>

**Annexe 20.** Supplemental Table 2. Scoring for the Comprehensive Diet Quality Index (cDQI)

computation

	<b>Min Score (0)</b>	<b>Max score (5)</b>
<b>Plant-based food</b>		
Healthful		
Whole grains	No consumption	≥ 45g per 1000/kcal
Vegetables (excluding potatoes)	No consumption	≥ 125g per 1000/kcal
Fruit	No consumption	≥ 125g per 1000/kcal
Nuts, seeds, legumes	No consumption	≥ 14.175g per 1000/kcal
Vegetable oils	Lowest quintile	Highest quintile
Coffee, tea	Lowest quintile	Highest quintile
Unhealthy		
Fruit juices	≥79.38g per 1000/kcal	No consumption
Refined grains	≥129g per 1000/kcal	<54g per 1000/kcal
Potatoes	≥ 35g per 1000/kcal	No consumption
Sugar-sweetened beverages	≥ 226.8 per 1000/kcal	No consumption
Sweets and desserts	Highest quintile	Lowest quintile
Range pDQI (Plant-based diet quality index)	0 to 55 (based on consumption of quintiles)	
<b>Animal-based food</b>		
Healthful		
Fish, seafood	No consumption	≥ 14.175g per 1000/kcal
Dairy	No consumption	≥ 312g per 1000/kcal
Poultry	Lowest quintile	Highest quintile
Unhealthy		
Processed meat	≥ 28.35g per 1000/kcal	No consumption
Red meat	≥ 45.36g per 1000/kcal	No consumption
Eggs	Highest quintile	Lowest quintile
Range aDQI (Animal-based diet quality index)	0 to 30 (based on consumption of quintiles)	
<b>Total Range</b>	<b>0 to 85</b>	

**Annexe 21. Supplemental Figure 1. Flow chart**



**Annexe 22.** Supplemental Table 3. Sociodemographic characteristics according to stages of change in 2018, NutriNet-Santé, n=13,635

	All (n=13,635)	Precontemplation (n=1859)	Contemplation/Preparation (n=834)	Action (n=2624)	Maintenance (n=5745)	Already small meat eaters (n=2573)	<i>p</i> <sup>1</sup>
	%	%	%	%	%	%	
<b>Sex</b>							< 0.0001
Men	27.5	41.6	33.5	20.8	27.9	21.3	
Women	72.5	58.4	66.6	79.2	72.1	78.7	
<b>Age (y., continuous)</b>	59.4 ± 12.7	59.7 ± 13.7	58.6 ± 13.3	57.7 ± 13	60.1 ± 11.9	59.8 ± 12.9	< 0.0001
<b>Age (y., categorical)</b>							< 0.0001
[18-30[	1.2	1.6	1.2	1.9	0.8	1.1	
[30-50[	20.7	23.4	24.9	23.8	17.8	20.8	
[50-65[	36.0	28.9	32.5	39.2	38.4	33.5	
[65+[	42.1	46.1	41.4	35.0	43.0	44.5	
<b>Monthly household income classes</b>							< 0.0001
Refused to declare	9.1	9.1	9.4	9.3	8.0	11.1	
< 1200 €	11.8	14.2	13.9	12.2	9.8	13.2	
1200 - 1800 €	19.3	20.8	22.1	21.4	17.3	20.0	
1800 - 2700 €	24.8	26.1	26.0	23.6	25.3	23.7	
> 2700 €	35.0	29.9	28.7	33.5	39.6	32.0	
<b>Occupational categories</b>							< 0.0001
Unemployed	6.6	6.1	6.5	7.5	6.6	6.1	
No occupation	0.3	0.3	0.2	0.2	0.2	0.4	
Self-employed, farmer, employee, manual worker	26.4	30.3	28.7	26.7	22.9	30.0	
Intermediate profession	26.3	24.5	27.6	26.7	26.3	26.6	
Managerial staff, intellectual profession	40.5	38.8	37.1	38.9	43.9	36.8	
<b>Educational level</b>							< 0.0001
None or Primary	2.1	3.3	2.4	2.1	1.5	2.3	
Secondary	30.6	37.4	33.5	29.3	27.3	33.6	
Undergraduate and others	32.0	28.9	33.5	33.4	32.5	31.4	
Post graduate	35.3	30.3	30.7	35.2	38.8	32.7	

<b>Household composition</b>								< 0.0001
Alone without children	19.4	18.2	13.9	18.4	20.0	21.5		
Alone with at least one child	6.1	5.7	5.9	6.0	5.8	6.9		
Two adults living as a couple without children	46.9	47.6	49.2	43.7	47.7	47.0		
Two adults living as a couple with at least one child	26.4	27.5	29.5	30.3	25.1	23.7		
Two or more adults without children	1.3	1.0	1.6	1.6	1.4	0.9		
<b>Size of the urban residence unit</b>								< 0.0001
Rural	23.0	26.5	24.0	24.1	21.7	22.0		
< 20,000 inhabitants	16.0	16.8	16.9	17.5	15.1	15.5		
20,000 - 200,000 inhabitants	19.1	19.2	19.3	18.2	19.0	20.0		
> 200 000 inhabitants	41.9	37.6	39.8	40.2	44.2	42.5		
<b>Latest weight-loss diet followed</b>								< 0.0001
No declared diet	37.6	38.8	34.9	30.9	38.0	43.4		
Last diet followed in the first 5 years prior to the change questionnaire	6.0	5.4	5.9	6.3	6.3	5.7		
Last diet followed before the 5 years prior to the change questionnaire	56.4	55.7	59.2	62.8	55.7	51.0		
<b>BMI (kg/m<sup>2</sup>, continuous)</b>	24.5 ± 4.5	25.5 ± 4.8	25.6 ± 5	24.8 ± 4.6	24.1 ± 4.3	23.8 ± 4.3		< 0.0001
<b>BMI (kg/m<sup>2</sup>, categorical)</b>								< 0.0001
Underweight	3.9	3.1	1.9	3.0	4.0	5.9		
Normal	59.2	49.0	53.0	56.8	62.9	63.0		
Overweight	26.5	33.5	29.9	28.2	24.5	23.2		
Obesity	10.4	14.5	15.2	12.0	8.7	8.0		
<b>Physical activity (MET-min/week, categorical)</b>								< 0.0001
Low	15.9	19.4	21.9	17.5	14.0	14.2		
Moderate	37.9	35.6	38.7	39.8	38.3	36.7		
High	46.1	45.0	39.3	42.8	47.7	49.1		

<sup>1</sup>p values were based on Chi<sup>2</sup> test (categorical variables) or ANOVA (continuous variables).

**Annexe 23.** Supplemental Table 4. Daily mean consumption by food groups in 2014 and 2018, according to stages of change, NutriNet-Santé, n=13,635 <sup>1</sup>

	Precontemplation (n=1859)				Cont./Prep. (n=834)				Action (n=2624)			
	2014		2018		2014		2018		2014		2018	
	Mean	SEM	Mean	SEM	Mean	SEM	Mean	SEM	Mean	SEM	Mean	SEM
Fruits and vegetables (g/day)	642.6	8.1	670.1	8.2	631.7	12.1	664.7	12.3	676.6	6.8	740.2	6.9
Cereals (g/day)	175.9	2	170.8	2.1	190	2.9	182	3.1	186.6	1.6	183.7	1.8
Legumes (g/day)	11.5	0.5	12.1	0.5	12.1	0.7	13.7	0.8	12.1	0.4	17.1	0.4
Potatoes (g/day)	24.8	0.5	26	0.5	25.1	0.7	25.6	0.7	21.8	0.4	21.2	0.4
Oils (g/day)	16.8	0.3	18.9	0.4	18.3	0.5	20.6	0.6	19.5	0.3	22.8	0.3
Sweet or salty fatty processed foods (g/day)	120.7	1.5	137.9	1.4	120.6	2.3	132.5	2.1	122.5	1.3	133.5	1.2
Dairy products (g/day)	269.7	4.6	260.8	4.7	261	6.8	249.8	7	272.5	3.8	260.3	3.9
Cheese (g/day)	43.6	1	45.3	1	42.5	1.4	46.2	1.5	43.4	0.8	45.4	0.8
Milk (g/day)	71.8	3	60.5	3	63.5	4.5	51.1	4.5	61.4	2.5	49.6	2.5
Yoghurt and cottage cheese (g/day)	154.2	3.4	154.9	3.5	155	5.1	152.4	5.2	167.7	2.9	165.2	2.9
Ruminant meat (g/day)	62.9	0.9	60.6	0.7	59.1	1.4	58.5	1.1	53.3	0.8	43.3	0.6
Monogastric meat (g/day)	86.7	1	89	1	83.4	1.5	86	1.5	81	0.8	73.4	0.9
Poultry (g/day)	23.9	0.5	24.1	0.6	25.4	0.8	25.1	0.8	26.3	0.5	24.8	0.5
Eggs (g/day)	10.7	0.3	13.2	0.4	10.9	0.4	12.7	0.6	11.2	0.2	15.1	0.3
Animal and other plant-based added fats (g/day)	10.8	0.2	11.3	0.2	11.1	0.3	11.8	0.3	10.8	0.2	11.2	0.2
Fish and seafood (g/day)	44.5	0.9	45.3	0.9	45.1	1.4	47	1.3	46.4	0.8	50.2	0.8
Non-alcoholic beverages (mL/day)	794.4	11.2	817.6	12	800	16.8	831.1	17.9	835.7	9.5	871.8	10.1
Alcohol (mL/day)	130.2	3.4	131.2	3.3	116	5.1	117.1	4.9	98.9	2.8	97.3	2.8
Meat and dairy substitutes (g/day)	7.3	1.8	7.9	2	13.3	2.7	16	3	18.5	1.5	31.5	1.7

Abbreviations: SEM: Standard Error of the Mean

<sup>1</sup>Values are means adjusted for energy intake, either in 2014 or 2018

<sup>2</sup>p values are based on ANCOVA for comparison across the six groups.



**Annexe 23.** Supplemental Table 4 (continued). Daily mean consumption by food groups in 2014 and 2018 according to stages of change, NutriNet-Santé, n=13,635 <sup>1</sup>

	Maintenance (n=5745)				Already small ME (n=2573)				Across groups in 2014	Across groups in 2018
	2014		2018		2014		2018		p <sup>2</sup>	p <sup>2</sup>
	Mean	SEM	Mean	SEM	Mean	SEM	Mean	SEM		
Fruits and vegetables (g/day)	754.5	4.6	792.3	4.7	758.7	6.9	805.4	7	<0.0001	<0.0001
Cereals (g/day)	196.9	1.1	194	1.2	191.5	1.7	184.5	1.8	<0.0001	<0.0001
Legumes (g/day)	16	0.3	20.1	0.3	14.8	0.4	16.9	0.4	<0.0001	<0.0001
Potatoes (g/day)	20.9	0.3	21	0.3	20.6	0.4	20.9	0.4	<0.0001	<0.0001
Oils (g/day)	20.5	0.2	23.8	0.2	20.2	0.3	23.3	0.3	<0.0001	<0.0001
Sweet or salty fatty processed foods (g/day)	119	0.9	129.3	0.8	121.6	1.3	133.7	1.2	0.1964	<0.0001
Dairy products (g/day)	247.9	2.6	235.8	2.7	266.2	3.9	256.1	4	<0.0001	<0.0001
Cheese (g/day)	42.5	0.5	45.4	0.6	43	0.8	44.7	0.8	0.803	0.9293
Milk (g/day)	51.6	1.7	43.3	1.7	54.8	2.6	49.5	2.6	<0.0001	<0.0001
Yoghurt and cottage cheese (g/day)	153.7	1.9	147.1	2	168.4	2.9	161.9	2.9	<0.0001	<0.0001
Ruminant meat (g/day)	41.1	0.5	35	0.4	38.1	0.8	34.8	0.6	<0.0001	<0.0001
Monogastric meat (g/day)	65.5	0.6	61.8	0.6	64.7	0.8	63	0.9	<0.0001	<0.0001
Poultry (g/day)	22	0.3	20.8	0.3	20.9	0.5	20.9	0.5	<0.0001	<0.0001
Eggs (g/day)	11.6	0.1	15.3	0.2	11.4	0.2	15.4	0.3	0.0105	<0.0001
Animal and other plant-based added fats (g/day)	9.6	0.1	10.2	0.1	10	0.2	10.7	0.2	<0.0001	<0.0001
Fish and seafood (g/day)	49.8	0.5	51.6	0.5	49.3	0.8	51.3	0.8	<0.0001	<0.0001
Non-alcoholic beverages (mL/day)	872	6.4	906.7	6.8	872.6	9.6	922.6	10.2	<0.0001	<0.0001
Alcohol (mL/day)	108.4	1.9	107.1	1.9	99.5	2.9	91.9	2.8	<0.0001	<0.0001
Meat and dairy substitutes (g/day)	30.7	1	38.3	1.1	24.8	1.6	29.4	1.7	<0.0001	<0.0001

Abbreviations: SEM: Standard Error of the Mean

<sup>1</sup>Values are means adjusted for energy intake, either in 2014 or 2018

<sup>2</sup>p values are based on ANCOVA for comparison across the six groups.

**Annexe 24.** Supplemental Table 5. Diet-related GHGe by food groups in 2014 and 2018 according to stages of change, NutriNet-Santé, n=13,635 <sup>1</sup>

	Precontemplation (n=1,859)					Contemplation/Preparation (n=834)					Action (n=2,624)				
	2014		2018		2014 vs. 2018	2014		2018		2014 vs. 2018	2014		2018		2014 vs. 2018
	Mean	SEM	Mean	SEM	p <sup>2</sup>	Mean	SEM	Mean	SEM	p <sup>2</sup>	Mean	SEM	Mean	SEM	p <sup>2</sup>
Fruits and vegetables (kg CO <sub>2</sub> eq/day)	0.24	0	0.25	0	<b>0.002</b>	0.23	0.01	0.25	0.01	<b>0.011</b>	0.25	0	0.27	0	<b>&lt;.0001</b>
Cereals (kg CO <sub>2</sub> eq/day)	0.09	0	0.09	0	0.074	0.1	0	0.09	0	<b>0.016</b>	0.09	0	0.09	0	0.583
Legumes (kg CO <sub>2</sub> eq/day)	0	0	0	0	0.170	0	0	0	0	0.083	0	0	0	0	<b>&lt;.0001</b>
Potatoes (kg CO <sub>2</sub> eq/day)	0.07	0	0.07	0	<b>0.025</b>	0.08	0	0.08	0	0.225	0.07	0	0.07	0	0.868
Oils (kg CO <sub>2</sub> eq/day)	0.04	0	0.04	0	<b>&lt;.0001</b>	0.04	0	0.05	0	<b>0.000</b>	0.04	0	0.05	0	<b>&lt;.0001</b>
Sweet of salty fatty processed foods (kg CO <sub>2</sub> eq/day)	0.29	0.01	0.34	0.01	<b>&lt;.0001</b>	0.28	0.01	0.32	0.01	<b>&lt;.0001</b>	0.29	0.01	0.31	0.01	<b>0.041</b>
Ruminant meat (kg CO <sub>2</sub> eq/day)	2.75	0.04	2.67	0.03	0.078	2.49	0.06	2.56	0.05	0.357	2.34	0.03	1.91	0.03	<b>&lt;.0001</b>
Monogastric meat (kg CO <sub>2</sub> eq/day)	0.6	0.01	0.61	0.01	0.161	0.58	0.01	0.59	0.01	0.634	0.56	0.01	0.5	0.01	<b>&lt;.0001</b>
Poultry (kg CO <sub>2</sub> eq/day)	0.16	0	0.15	0	<b>0.000</b>	0.17	0.01	0.16	0.01	<b>0.000</b>	0.18	0	0.15	0	<b>&lt;.0001</b>
Dairy products (kg CO <sub>2</sub> eq/day)	0.64	0.01	0.65	0.01	0.286	0.62	0.01	0.65	0.01	0.102	0.64	0.01	0.66	0.01	<b>0.050</b>
Milk (kg CO <sub>2</sub> eq/day)	0.06	0	0.05	0	<b>0.004</b>	0.06	0	0.04	0	<b>0.019</b>	0.05	0	0.04	0	<b>&lt;.0001</b>
Yoghurt and cottage cheese (kg CO <sub>2</sub> eq/day)	0.18	0	0.18	0	0.234	0.18	0.01	0.19	0.01	0.626	0.2	0	0.21	0	<b>0.014</b>
Cheese (kg CO <sub>2</sub> eq/day)	0.4	0.01	0.41	0.01	0.114	0.38	0.01	0.42	0.01	<b>0.023</b>	0.39	0.01	0.41	0.01	<b>0.032</b>
Eggs (kg CO <sub>2</sub> eq/day)	0.02	0	0.03	0	<b>&lt;.0001</b>	0.02	0	0.03	0	<b>0.001</b>	0.02	0	0.03	0	<b>&lt;.0001</b>
Animal and other plant-based added fats (kg CO <sub>2</sub> eq/day)	0.03	0	0.04	0	<b>&lt;.0001</b>	0.03	0	0.04	0	<b>&lt;.0001</b>	0.03	0	0.04	0	<b>&lt;.0001</b>
Fish and seafood (kg CO <sub>2</sub> eq/day)	0.1	0	0.1	0	0.578	0.1	0	0.11	0	0.567	0.11	0	0.11	0	<b>&lt;.0001</b>
Non-alcoholic beverages (kg CO <sub>2</sub> eq/day)	0.11	0	0.1	0	0.468	0.11	0	0.11	0	0.972	0.1	0	0.09	0	<b>&lt;.0001</b>
Alcohol (kg CO <sub>2</sub> eq/day)	0.04	0	0.04	0	0.464	0.03	0	0.03	0	0.215	0.03	0	0.03	0	<b>0.004</b>
Meat and dairy substitutes (kg CO <sub>2</sub> eq/day)	0	0	0	0	0.475	0	0	0	0	0.220	0	0	0	0	<b>&lt;.0001</b>

Abbreviations: SEM: Standard Error of the Mean

<sup>1</sup>Values are means adjusted for energy intake, either in 2014 or 2018

<sup>2</sup>p values are based on paired Student test comparing residuals of GHGe in 2014 to those in 2018.

<sup>3</sup>p values are based on ANCOVA for comparison across the six groups.

**Annexe 24.** Supplemental Table 5 (contin.) Diet-related GHGe by food products in 2014 and 2018 according to stages of change, NutriNet-Santé, n=13,635 <sup>1</sup>

	Maintenance (n=5,745)					Already small meat eaters (n=2,573)					Between groups in 2014	Between groups in 2018
	2014		2018		2014 vs. 2018	2014		2018		2014 vs. 2018	<i>p</i> <sup>3</sup>	<i>p</i> <sup>3</sup>
	Mean	SEM	Mean	SEM	<i>p</i> <sup>2</sup>	Mean	SEM	Mean	SEM	<i>p</i> <sup>2</sup>		
Fruits and vegetables (kg CO <sub>2</sub> eq/day)	0.26	0	0.27	0	<b>0.003</b>	0.27	0	0.28	0	<b>&lt;.0001</b>	<b>&lt;0.0001</b>	<b>&lt;0.0001</b>
Cereals (kg CO <sub>2</sub> eq/day)	0.1	0	0.1	0	<b>0.020</b>	0.09	0	0.09	0	<b>0.002</b>	<b>&lt;0.0001</b>	<b>&lt;0.0001</b>
Legumes (kg CO <sub>2</sub> eq/day)	0	0	0	0	<b>&lt;.0001</b>	0	0	0	0	<b>&lt;.0001</b>	<b>&lt;0.0001</b>	<b>&lt;0.0001</b>
Potatoes (kg CO <sub>2</sub> eq/day)	0.07	0	0.07	0	0.556	0.07	0	0.07	0	0.293	0.074	<b>0.000</b>
Oils (kg CO <sub>2</sub> eq/day)	0.04	0	0.05	0	<b>&lt;.0001</b>	0.04	0	0.05	0	<b>&lt;.0001</b>	<b>&lt;0.0001</b>	<b>&lt;0.0001</b>
Sweet or salty fatty processed foods (kg CO <sub>2</sub> eq/day)	0.26	0	0.29	0	<b>&lt;.0001</b>	0.27	0.01	0.29	0.01	<b>0.005</b>	<b>&lt;0.0001</b>	<b>&lt;0.0001</b>
Ruminant meat (kg CO <sub>2</sub> eq/day)	1.85	0.02	1.59	0.02	<b>&lt;.0001</b>	1.67	0.03	1.53	0.03	<b>&lt;.0001</b>	<b>&lt;0.0001</b>	<b>&lt;0.0001</b>
Monogastric meat (kg CO <sub>2</sub> eq/day)	0.46	0	0.43	0	<b>&lt;.0001</b>	0.45	0.01	0.43	0.01	<b>0.001</b>	<b>&lt;0.0001</b>	<b>&lt;0.0001</b>
Poultry (kg CO <sub>2</sub> eq/day)	0.15	0	0.13	0	<b>&lt;.0001</b>	0.14	0	0.13	0	<b>&lt;.0001</b>	<b>&lt;0.0001</b>	<b>&lt;0.0001</b>
Dairy products (kg CO <sub>2</sub> eq/day)	0.61	0.01	0.63	0.01	<b>0.001</b>	0.64	0.01	0.65	0.01	0.249	<b>0.012</b>	0.087
Milk (kg CO <sub>2</sub> eq/day)	0.03	0	0.04	0	<b>&lt;.0001</b>	0.05	0	0.04	0	<b>0.028</b>	<b>&lt;0.0001</b>	<b>&lt;0.0001</b>
Yoghurt and cottage cheese (kg CO <sub>2</sub> eq/day)	0.19	0	0.19	0	0.899	0.2	0	0.21	0	0.587	<b>&lt;0.0001</b>	<b>&lt;0.0001</b>
Cheese (kg CO <sub>2</sub> eq/day)	0.39	0	0.41	0.01	<b>&lt;.0001</b>	0.39	0.01	0.4	0.01	0.104	0.769	0.882
Eggs (kg CO <sub>2</sub> eq/day)	0.02	0	0.03	0	<b>&lt;.0001</b>	0.02	0	0.03	0	<b>&lt;.0001</b>	<b>0.001</b>	<b>&lt;0.0001</b>
Animal and other plant-based added fats (kg CO <sub>2</sub> eq/day)	0.02	0	0.03	0	<b>&lt;.0001</b>	0.03	0	0.04	0	<b>&lt;.0001</b>	<b>&lt;0.0001</b>	<b>&lt;0.0001</b>
Fish and seafood (kg CO <sub>2</sub> eq/day)	0.11	0	0.12	0	<b>0.000</b>	0.11	0	0.12	0	0.077	<b>&lt;0.0001</b>	<b>&lt;0.0001</b>
Non-alcoholic beverages (kg CO <sub>2</sub> eq/day)	0.09	0	0.09	0	<b>0.000</b>	0.09	0	0.09	0	0.392	<b>&lt;0.0001</b>	<b>&lt;0.0001</b>
Alcohol (kg CO <sub>2</sub> eq/day)	0.03	0	0.03	0	<b>&lt;.0001</b>	0.03	0	0.02	0	<b>&lt;.0001</b>	<b>&lt;0.0001</b>	<b>&lt;0.0001</b>
Meat and dairy substitutes (kg CO <sub>2</sub> eq/day)	0	0	0.01	0	<b>&lt;.0001</b>	0	0	0	0	<b>0.037</b>	<b>&lt;0.0001</b>	<b>&lt;0.0001</b>

Abbreviations: SEM: Standard Error of the Mean

<sup>1</sup>Values are means adjusted for energy intake.

<sup>2</sup>p values are based on paired Student test comparing residuals of GHGe in 2014 to those in 2018.

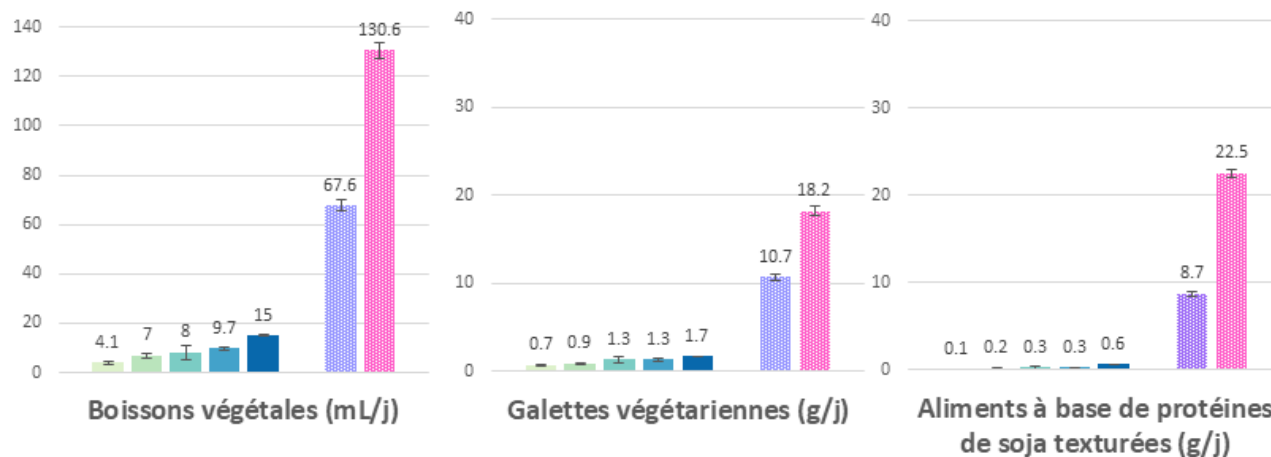
<sup>3</sup>p values are based on ANCOVA for comparison across the six groups

**Annexe 25.** Moyennes de consommations et pourcentage de consommateurs d'analogues végétaux des produits végétaux en fonction des stades de changement et des régimes végétariens et végétaliens sur la période 2009-2019, NutriNet-Santé, n=25,143 <sup>1</sup>

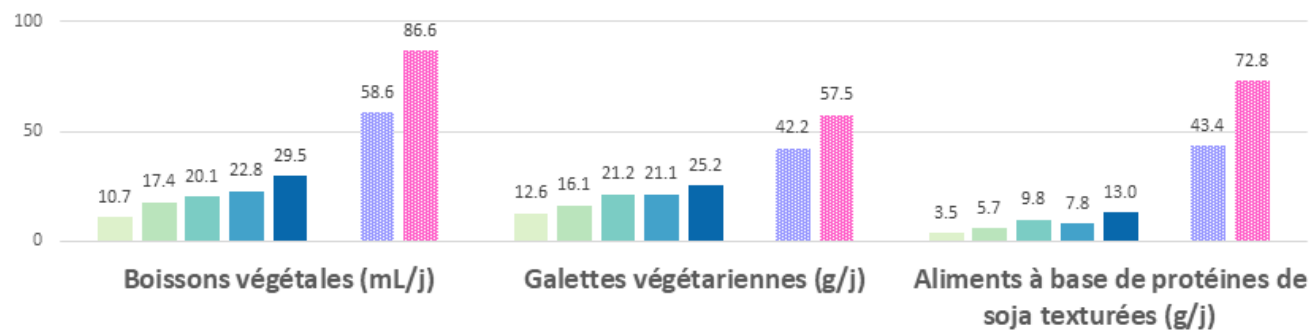
## Résultats ► Consommation d'analogues végétaux des produits animaux (1)

Classification de 2017

### ► Moyenne des consommations alimentaires sur la période de suivi



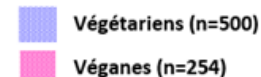
### ► % de consommateurs



#### Stades de changement



#### Régimes restrictifs (Gehring et al., 2020)





# Abstract

## **Rebalancing consumption between animal-based and plant-based foods: an epidemiological approach of motivational and socio-demographic factors influencing the process of change toward more sustainable behaviours**

One key lever of sustainable food transition involves shifting dietary habits towards more sustainable practices, such as rebalance in the consumption between animal-based and plant-based foods. However, limited information is available, especially in the context of France, regarding the enablers and barriers associated with these dietary changes.

This PhD thesis uses a transdisciplinary approach to investigate motivational and sociodemographic factors associated with the adoption of more sustainable dietary behaviours, specifically the reduction in meat consumption and the increase in legume consumption. It was conducted using a large study sample of French adults from the NutriNet-Santé study. Data on dietary changes and associated motives were assessed through a questionnaire administered to participants in 2018. Dietary intakes were estimated using 24-hour dietary records and food frequency questionnaires.

Diverse motives, including health, nutrition, environment, and food preferences, as well as secondary motivations such as those related to social influences, were associated with changes in meat and legume consumption. Specific sociodemographic factors were also identified in association with different change-inducing motives. The study of the process leading to reduced meat consumption was estimated through the stages of change from the transtheoretical model. Differences in motives and sociodemographic factors at different stages of change were observed. The modelling of the evolution of dietary intake led to the conclusion that reducing meat consumption was accompanied by a rebalancing between consumptions of animal-based and healthy plant-based foods. These more sustainable dietary changes have led to a decrease in diet-related carbon footprint.

These findings underline the that only a part of the French population seems to be engaged in long-term dietary changes, and highlight the need for more efforts in terms of health promotion in nutrition in order to extend sustainable eating practices to the whole population.

**Keywords:** nutritional epidemiology; sustainability; meat reduction; change-inducing motives; sociodemographic factors; stages of change.

**Discipline:** public health and epidemiology

**Host laboratory:** Equipe de Recherche en Epidémiologie Nutritionnelle (EREN), Centre de Recherche en Epidémiologie et Statistique (CRESS), Inserm UMR 1153, INRAE 1125, Cnam, Université Sorbonne Paris Nord, 74 rue Marcel Cachin 93017, Bobigny, France

# Résumé

## **Rééquilibrage de consommation entre produits d'origine animale et d'origine végétale : approche épidémiologique des facteurs motivationnels et sociodémographiques influençant le processus de changement vers des comportements plus durables**

L'un des principaux leviers de la transition alimentaire durable consiste à modifier les habitudes alimentaires vers des comportements alimentaires plus durables, tels que le rééquilibrage de consommation entre produits animaux et produits végétaux. Cependant, à ce jour, encore peu d'informations sont disponibles concernant les leviers et freins associés à ces changements alimentaires, notamment en France.

Ce travail de thèse vise à explorer, à l'aide d'une approche transdisciplinaire, les facteurs motivationnels et sociodémographiques associés aux changements de comportements alimentaires plus durables, en particulier la réduction de consommation de viande et l'augmentation de consommation de légumineuses. Il a été effectué grâce aux données issues d'une large population d'adultes français de la cohorte NutriNet-Santé. Les données relatives aux changements de consommation alimentaires et aux facteurs motivationnels associés ont été évaluées grâce à un questionnaire soumis en 2018 aux participants de l'étude. Les consommations alimentaires ont été estimées par des enregistrements de 24h ainsi que des questionnaires de fréquence alimentaire. Des données permettant d'estimer l'empreinte carbone des régimes alimentaires ont également été utilisées.

Plusieurs motivations principales, telles que la santé, la nutrition, l'environnement, et les préférences alimentaires, ainsi que des motivations plus secondaires, comme celles liées aux influences sociales, ont été associées aux changements de consommation alimentaire de viande et de légumineuses. Des profils sociodémographiques spécifiques associés aux différents motifs de changement alimentaire ont également été mis en évidence. Le processus de réduction de consommation de viande a été caractérisé via l'étude des stades de changement du modèle transthéorique. Des différences dans les facteurs motivationnels et sociodémographiques aux différents stades de changement ont été mises en évidence. La modélisation de l'évolution des consommations alimentaires a permis de conclure que la réduction de consommation de viande s'accompagnait d'un rééquilibrage de consommation entre produits animaux et produits végétaux plus favorables à la santé. Ces changements alimentaires plus durables ont entraîné une réduction de l'empreinte carbone liée au régime alimentaire.

Ces résultats mettent en évidence qu'une partie de la population française semble engagée dans des changements de comportement alimentaire au long terme, mais soulignent la nécessité d'efforts importants en termes de promotion de la santé en nutrition pour généraliser les pratiques alimentaires durables à l'ensemble de la population.

**Mots-clés :** épidémiologie nutritionnelle ; durabilité ; réduction de consommation de viande ; motivations de changement ; facteurs sociodémographiques ; stades de changement ;

**Discipline :** santé publique et épidémiologie

**Laboratoire d'accueil :** Equipe de Recherche en Epidémiologie Nutritionnelle (EREN), Centre de Recherche en Epidémiologie et Statistique (CRESS), Inserm UMR 1153, INRAE 1125, Cnam, Université Sorbonne Paris Nord, 74 rue Marcel Cachin 93017, Bobigny, France